



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Sử dụng và quản lý thiết bị điện trong mạng điện nông nghiệp

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

PGS.TS TRẦN MẠNH HÙNG (*Chủ biên*)

GIÁO TRÌNH
SỬ DỤNG VÀ QUẢN LÝ THIẾT BỊ ĐIỆN
TRONG MẠNG ĐIỆN NÔNG NGHIỆP

(*Dùng trong các trường THCN*)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủyban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đồng đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm "50 năm giải phóng Thủ đô", "50 năm thành lập ngành" và hướng tới kỷ niệm "1000 năm Thăng Long - Hà Nội".

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Giáo trình “Sử dụng và quản lý thiết bị điện trong mạng điện nông nghiệp” được biên soạn dựa trên đề cương được Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội xây dựng, nhằm đáp ứng các nhu cầu nâng cao chất lượng đào tạo, phục vụ cho công cuộc công nghiệp hóa hiện đại hóa sản xuất nông nghiệp. Giáo trình được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Tuy nhiên, do lượng kiến thức khá lớn từ nhiều ngành liên quan đối với chuyên ngành đào tạo, giáo viên và học viên cần tham khảo thêm các giáo trình và tài liệu liên quan để có thể sử dụng giáo trình hiệu quả hơn.

Trong giáo trình, chúng tôi đã cố gắng tập hợp, cập nhật và trình bày hệ thống những kiến thức cơ bản chuyên ngành, có định hướng với điều kiện sản xuất nông nghiệp. Các nội dung môn học được lựa chọn phù hợp đối tượng đào tạo, kết hợp giữa lý thuyết và thực hành các vấn đề bức thiết thường đặt ra trong thực tiễn sản xuất, đời sống ở nông thôn hiện nay.

Giáo trình được biên soạn với dung lượng 150 tiết, được chia làm hai phần chính sau:

Phần một: Truyền động và sử dụng điện năng trong sản xuất nông nghiệp, gồm 5 chương:

Chương 1: Truyền động điện trong sản xuất nông nghiệp.

Chương 2: Lắp đặt vận hành và chăm sóc bảo dưỡng động cơ điện.

Chương 3: Sử dụng điện trong sản xuất nông nghiệp.

Chương 4: Chất lượng điện năng mạng điện hạ áp.

Chương 5: Biện pháp an toàn điện trong lưới điện hạ áp.

Phần hai: Quản lý và vận hành lưới điện nông thôn, gồm 3 chương:

Chương 6: Máy và thiết bị điện trong lưới điện hạ áp.

Chương 7: Tính chọn và lắp đặt các phần tử lưới điện nông thôn.

Chương 8: Quản lý và vận hành lưới điện hạ áp nông thôn.

Giáo trình được biên soạn dưới sự chủ biên của PGS.TS. Trần Mạnh Hùng. Từ chương 1 đến 7 do PGS.TS. Trần Mạnh Hùng và TS. Nguyễn Đình Lục phối hợp biên soạn. Chương 8 do TS. Nguyễn Đình Lục và KS. Nguyễn Văn Thiệu biên soạn. Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh THCN, công

nhân kỹ thuật ngành Cơ điện nông nghiệp. Tuy nhiên, có thể sử dụng giáo trình này làm tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên cao đẳng kỹ thuật, cán bộ quản lý các cơ sở sản xuất thuộc lĩnh vực Cơ điện nông nghiệp và các lĩnh vực liên quan.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng, song giáo trình sẽ không tránh khỏi những khiếm khuyết nhất định. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp xây dựng của các bạn đọc và đồng nghiệp để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

TẬP THỂ TÁC GIẢ

Phần một

TRUYỀN ĐỘNG VÀ SỬ DỤNG ĐIỆN NĂNG TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Chương 1

TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

I. KHÁI QUÁT CHUNG

1. Khái niệm

Hệ thống truyền động điện là một tập hợp bao gồm các thiết bị cơ khí và thiết bị điện, điện tử, điện tử... phục vụ cho mục đích biến đổi điện năng thành cơ năng để điều khiển, vận hành các cơ cấu, máy công tác...

2. Cấu trúc của hệ thống truyền động điện

Động cơ điện một chiều và xoay chiều là thiết bị cơ bản của quá trình biến đổi điện năng thành cơ năng. Các máy cơ khí trong các dây chuyền sản xuất được cung cấp cơ năng từ động cơ điện (xoay chiều một pha/ba pha hoặc một chiều) với dải công suất khá rộng. Động cơ điện xoay chiều một pha chỉ được dùng ở dải công suất nhỏ. Động cơ điện một chiều do có cấu tạo phức tạp và yêu cầu cao về điều kiện vận hành, bảo dưỡng nên ít được sử dụng hơn so với động cơ điện xoay chiều. Tuy nhiên, động cơ điện một chiều có khả năng đáp ứng được các yêu cầu công nghệ đặc thù khác nhau, linh hoạt hơn trong các thiết bị sản xuất mà động cơ điện xoay chiều không có khả năng hoặc đòi hỏi cơ cấu truyền động phức tạp hơn.

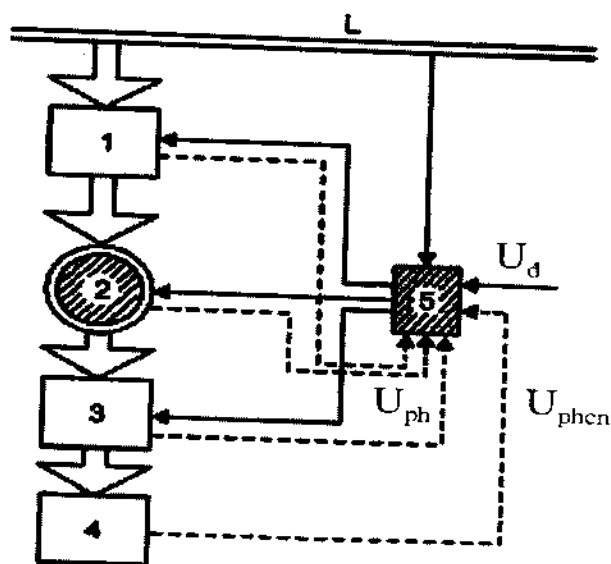
Vận hành và điều khiển động cơ điện đã được quan tâm nghiên cứu ứng dụng ngay từ khi động cơ điện mới ra đời. Ngày nay, cùng với sự phát triển

các máy móc thiết bị công nghệ hiện đại trong mọi lĩnh vực, đòi hỏi quá trình điều khiển chuyển đổi điện năng thành cơ năng - nhờ động cơ điện - cho các mục đích khác nhau cũng ngày càng đa dạng và phức tạp.

Truyền động điện (TĐĐ) là truyền động năng cho máy công tác, đây chuyển sản xuất từ nguồn điện năng. Tập hợp tất cả các thiết bị biến đổi điện năng thành cơ năng và các thiết bị điều khiển quá trình biến đổi đó được gọi là hệ thống truyền động điện (HTTĐĐ).

Ngày nay, các HTTĐĐ tự động thường sử dụng kỹ thuật vi xử lý, các mạch điều khiển kỹ thuật số với chương trình phần mềm linh hoạt, dễ thay đổi luật điều khiển và cấu trúc tham số; có tốc độ tác động nhanh, linh hoạt và có độ chính xác cao.

Cấu trúc điển hình của một HTTĐĐ cho trong hình 1.1. Bộ biến đổi (1) có chức năng biến đổi dạng điện năng (từ điện xoay chiều thành một chiều hoặc ngược lại), biến đổi độ lớn điện áp hoặc dòng điện, biến đổi số pha, biến đổi tần số... Bộ biến đổi điện (BBĐ) thường dùng có thể là bộ chỉnh lưu không điều khiển (cầu diod), bộ chỉnh lưu có điều khiển (cầu thyristor), máy biến đổi điện áp (MBA), bộ biến tần (BBT)...



Hình 1.1 - Sơ đồ cấu trúc HTTĐĐ điển hình

- L - Lưới điện; U_d - Tín hiệu đặt; U_{ph} , U_{phcn} - Tín hiệu phản hồi và phản hồi công nghệ
 1 - Bộ biến đổi; 2 - Động cơ điện; 3 - Thiết bị truyền lực;
 4 - Máy công tác cơ cấu chấp hành; 5 - Thiết bị điều khiển.

Động cơ điện (2) có chức năng biến đổi điện năng thành cơ năng (chế độ động cơ) hay biến đổi cơ năng thành điện năng (chế độ hãm điện). Các động cơ điện thông thường được chia thành các loại sau:

- Động cơ điện một chiều kích từ độc lập, song song, nối tiếp, hỗn hợp hay kích từ bằng nam châm vĩnh cửu.
- Động cơ điện xoay chiều một pha, ba pha không đồng bộ, rotor lồng sóc hay dây quấn.
- Động cơ điện xoay chiều một pha, ba pha có cổ góp.
- Động cơ điện đồng bộ...

Thiết bị truyền lực (3) (hay còn gọi là cơ cấu truyền động) có chức năng truyền năng lượng từ trục động cơ điện đến cơ cấu máy công tác, thực hiện biến đổi từ chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến, chuyển động lắc hoặc chuyển đổi thích nghi tốc độ, mômen, lực... Thành phần cấu thành cơ bản của cơ cấu truyền lực là bánh răng, thanh răng, trục vít, xích, đai truyền, các bộ li hợp cơ hoặc điện từ... Cơ cấu máy công tác (4) thực hiện các thao tác công nghệ thừa hành, các chuyển động nâng, hạ tải trọng, dịch chuyển... Thiết bị điều khiển (5) có chức năng điều khiển bộ biến đổi, động cơ điện, thiết bị truyền lực, phối hợp hoạt động theo các thuật toán xác định.

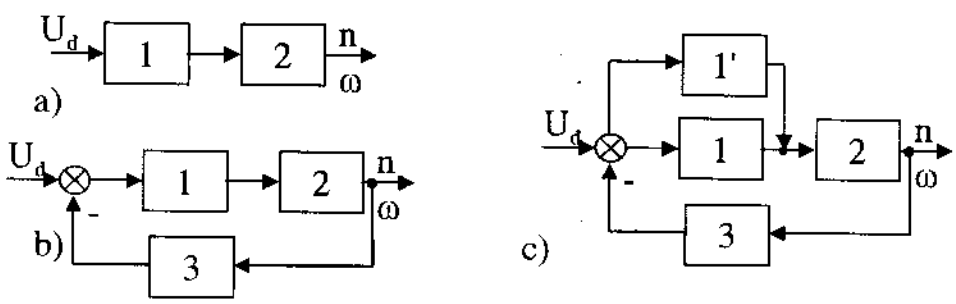
Thiết bị điều khiển bao gồm:

- Các khí cụ đóng cắt mạch có tiếp điểm như công tắc, nút bấm, rơle, công tắc tơ...
- Các tiếp điểm điện tử, bán dẫn.
- Các bộ khuếch đại, điều chỉnh (regulator), vi xử lý (microprocessor), máy tính (computer), bộ điều khiển logic lập trình PLC, điều khiển số NC, CNC...
- Các thiết bị đo lường, chỉ báo, bộ chuyển đổi tín hiệu phản hồi, cảm biến đo lường điện áp, dòng điện, tần số, cảm biến tiệm cận điện từ, cơ, quang...

Một HTTĐĐ có thể có đầy đủ tất cả hoặc chỉ có một vài khối chức năng nêu trên. Tuy nhiên, HTTĐĐ tối thiểu phải có khâu (2) và khâu (5), đôi khi có cả khâu (1) (hình 1.1).

Sơ đồ khối của hệ thống truyền động hở, kín và hỗn hợp (hình 1.2a, b, c) bao gồm thiết bị điều khiển và đối tượng điều khiển là động cơ điện, có phản hồi (hệ kín) hoặc không có phản hồi (hệ hở). Ví dụ: Tổ hợp máy bơm nước gồm động cơ điện truyền động, kéo máy bơm nước điều khiển trực tiếp bằng cầu dao cung cấp nguồn điện lưới được xem là hệ hở (hình

1.2a). Nếu vận tốc quay của động cơ được duy trì ổn định nhờ mạch phản hồi (gồm máy phát tốc, mạch điều khiển điện tử thích hợp) được xem là hệ kín (hình 1.2b).



Hình 1.2 - Sơ đồ khối hệ truyền động; a) Hở; b) Khép kín; c) Hỗn hợp
 1, 1' - Thiết bị điều khiển; 2 - Đối tượng điều khiển (động cơ điện);
 3 - Khâu phản hồi.

Tương tự, một hệ truyền động máy công tác trong dây chuyền công nghệ có mạch ổn định tốc độ vòng quay n , min^{-1} (vòng/phút) hay vận tốc góc ω , rad/s (radian/giây), đại lượng ra là tốc độ sẽ được đo lường, xử lý và đưa trở lại đầu vào dưới dạng tín hiệu điện để so sánh với tín hiệu đặt. Giả sử, vì lý do nào đó giá trị đặt chế độ làm việc của thiết bị điều khiển động cơ quay ở tốc độ quay n bị thay đổi. Ví dụ: Vận tốc động cơ tăng vượt giá trị đặt ($> n$), tín hiệu phản hồi quay về thiết bị điều khiển sẽ được so sánh với giá trị đặt (thường là điện áp U_d) và sai lệch giữa 2 tín hiệu sẽ tác động lên thiết bị điều khiển làm động cơ quay chậm lại, trở về tốc độ n . Tương tự, nếu tốc độ động cơ giảm đi ($< n$) thì quá trình diễn biến ngược lại và động cơ được điều khiển để quay nhanh lên, trở về tốc độ n . Quá trình điều khiển giữ ổn định vận tốc quay động cơ như trên gọi là điều khiển theo sai lệch. Vì tín hiệu phản hồi có tác dụng ngược với tín hiệu đặt nên gọi là phản hồi âm, biểu thị bằng dấu (-).

HTTĐĐ kín đảm bảo chất lượng điều khiển tốt hơn HTTĐĐ hở. Trong một số trường hợp áp dụng hệ thống truyền động điện hỗn hợp để đáp ứng yêu cầu công nghệ khác nhau.

3. Phân loại

Hệ thống truyền động điện được phân thành hai loại cơ bản:

- Hệ thống truyền động điện không điều chỉnh: Thường chỉ có động cơ điện nối trực tiếp với lưới điện và quay máy sản xuất với một tốc độ nhất định.

- Hệ thống truyền động điện có điều chỉnh: Điều chỉnh tốc độ, mômen quay, điều chỉnh các vị trí, dùng một hoặc nhiều động cơ.

Tùy thuộc vào phương thức truyền cơ năng từ động cơ điện đến máy công tác hay cơ cấu thừa hành, có thể phân ra các kiểu truyền động điện theo nhóm động cơ, truyền động điện một động cơ (riêng biệt) và truyền động điện nhiều động cơ.

Truyền động điện theo nhóm là đảm bảo truyền động cho một số các cơ cấu thừa hành của một nhóm các máy công tác (cơ năng truyền từ trục động cơ chung đến các cơ cấu thừa hành của các máy khác nhau) hay truyền động một số cơ cấu thừa hành của một máy công tác (cơ năng truyền từ trục động cơ riêng rồi truyền đến các cơ cấu thừa hành của chính máy đó). Do chưa hoàn thiện, truyền động điện theo nhóm nói trên ít được áp dụng trong thực tiễn sản xuất.

Do có nhiều ưu điểm, truyền động điện riêng biệt và truyền động điện nhiều động cơ được quan tâm nghiên cứu ứng dụng phát triển.

- Truyền động điện một động cơ: Có kết cấu truyền động đơn giản linh hoạt, an toàn, dễ bảo trì sửa chữa... Có thể thực hiện điều khiển vận tốc quay, hãm điện, đảo chiều... được sử dụng rộng rãi trong các hệ truyền động điện tự động điều khiển các quá trình công nghệ phức tạp.

- Truyền động điện nhiều động cơ: Có đặc điểm là một số động cơ làm việc trên một trục truyền động chung, liên kết với trục động cơ thành phần. Hệ truyền động này có ưu điểm là có thể duy trì (khi một trong các động cơ bị sự cố) hay thay đổi chế độ làm việc của tổ hợp máy, giảm mômen quán tính của hệ so với truyền động bằng một động cơ.

Ngoài ra, hệ thống truyền động điện còn được phân loại theo các dấu hiệu khác nhau:

- Truyền động quay và truyền động thẳng (tuyến tính).
- Truyền động liên tục và rời rạc (số hoá).
- Truyền động một chiều hay xoay chiều (đồng bộ hay không đồng bộ).
- Truyền động điều chỉnh hay không điều chỉnh.
- Truyền động tự động hay không tự động.

Xu thế phát triển chung của truyền động điện là tự động hoá liên hoàn, tạo ra yếu tố tích cực tác động lên quá trình công nghệ sản xuất, tăng năng suất và sản phẩm, giảm thiểu diện tích mặt bằng sản xuất và sức lao động của con người.

4. Phương trình cơ bản của truyền động điện

4.1. Phương trình cơ bản

Giả sử gọi mômen quán tính (đặc trưng sức ì) của hệ thống truyền động điện là J , Nm. Ứng với vận tốc quay là ω thì động năng của hệ được tính theo công thức:

$$\Delta W = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (1.1)$$

Gọi W là năng lượng đưa vào động cơ, W_t là năng lượng tiêu thụ của máy công tác. Mức chênh lệch năng lượng vào và năng lượng ra của động cơ điện chính bằng động năng của hệ thống truyền động điện.

$$\text{Vì} \quad W - W_t = \Delta W$$

$$\text{Suy ra} \quad W - W_t = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (1.2)$$

Đạo hàm hai vế biểu thức (1.2) theo thời gian, ta nhận được phương trình cơ bản của hệ thống truyền động điện (với điều kiện $J = \text{const}$) có dạng sau:

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1.3)$$

$$\text{Hay} \quad M - M_c = J a(t) \quad (1.4)$$

Trong đó: M - mômen do động cơ sinh ra, Nm;

M_c - mômen cản của máy công tác, Nm;

J - mômen quán tính của hệ, Nm;

$a(t)$ - gia tốc góc, rad/s^2 ;

ω - vận tốc góc, rad/s .

Ví dụ: Biết mômen sinh ra của động cơ điện là $M = 2000 \text{ Nm}$, mômen cản của máy công tác là 1500 Nm , mômen quán tính của hệ là 250 Nm . Hãy tìm gia tốc góc của hệ và vận tốc góc tại thời gian đó biết rằng thời gian khởi động của động cơ là $t = 12 \text{ s}$.

Giải:

Từ (1.4) ta có gia tốc góc của hệ được tính theo công thức:

$$a(t) = \frac{M - M_c}{J} = \frac{2000 - 1500}{250} = 2,0 \text{ rad/s}^2$$

Vận tốc góc của hệ tính theo công thức:

$$a(t) = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} = \frac{\omega_t}{t}$$

Trong đó: ω_1, ω_0 - vận tốc góc của hệ ở thời điểm kết thúc và bắt đầu khởi động ($t = 0$).

$$\Rightarrow \omega_1 = a(t).t = 1.12 = 12 \text{ rad/s}$$

Vận tốc quay của động cơ, biểu thị bằng số vòng quay trong một phút (min^{-1}), tính theo công thức:

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30.12}{\pi} = 114,65 \text{ min}^{-1}$$

4.2. Ý nghĩa của phương trình cơ bản

Phương trình mô tả mối quan hệ cơ học của hệ thống truyền động điện giữa mômen, vận tốc góc, gia tốc góc, thời gian khởi động cần thiết;

- Nếu $M > M_c$ thì $a(t) > 0$ suy ra động cơ tăng tốc;
- Nếu $M < M_c$ thì $a(t) < 0$ suy ra động cơ giảm tốc;
- Nếu $M = M_c$ thì $a(t) = 0$ suy ra vận tốc không đổi, động cơ quay đều (ổn định).

II. ĐẶC ĐIỂM TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TRONG NÔNG NGHIỆP

1. Hiện trạng và triển vọng sử dụng truyền động điện trong nông nghiệp

Truyền động điện được xem là cơ sở, yếu tố quan trọng để tiến hành cơ khí hóa và điện khí hóa sản xuất nông nghiệp.

Hiện nay, trong sản xuất nông nghiệp sử dụng khá nhiều động cơ không đồng bộ lồng sóc và động cơ rotor lồng sóc làm nguồn động lực cho các máy tuốt lúa, xay xát, nghiền, đùn ép thức ăn gia súc... có công suất từ 0,4 đến 40kW và máy bơm thủy lợi đến trên 200kW (trong các trạm bơm tưới tiêu đầu mối).

Theo thống kê chưa đầy đủ, hàng năm có khoảng 30% động cơ bị cháy, hỏng. Động cơ điện trong sản xuất nông nghiệp có tuổi thọ từ 2 - 3 năm (ngắn hơn khu vực công nghiệp 3 - 5 lần). Lý do chính là vì vấn đề truyền động điện trong sản xuất nông nghiệp ở nước ta ít được quan tâm nghiên cứu và phổ biến ứng dụng. Nhiều nông dân trực tiếp sử dụng vận hành thiết bị truyền động điện trong sản xuất nông nghiệp chưa qua đào tạo, chưa được hướng dẫn sử dụng, không có hiểu biết cần thiết về đặc tính kỹ thuật và các biện pháp bảo vệ an toàn cho người và thiết bị...

Đầu tư nghiên cứu, học tập kinh nghiệm của các nước tiên tiến, áp dụng vào điều kiện thực tiễn cụ thể của nước ta là việc làm thường xuyên cần được Nhà nước quan tâm đầu tư nghiên cứu, phổ biến ứng dụng.

Nông dân trước khi trực tiếp sử dụng vận hành thiết bị truyền động điện trong sản xuất nông nghiệp cần được đào tạo, hướng dẫn sử dụng để được trang bị các hiểu biết cần thiết về đặc tính kỹ thuật và các biện pháp bảo vệ an toàn cho người và thiết bị..., tăng hiệu quả khai thác vận hành trang bị điện.

2. Đặc điểm truyền động điện trong sản xuất nông nghiệp

Phổ biến hiện nay trong sản xuất nông nghiệp sử dụng truyền động điện một trục, nối trực tiếp động cơ điện với máy công tác bằng hệ thống đai truyền động. Trong trường hợp chung, hệ thống truyền động điện là tập hợp bao gồm bộ biến đổi 1, động cơ điện 2, cơ cấu truyền (hộp số) 3, máy công tác 4 và các thiết bị điều khiển 5 (hình 1.1).

2.1. Máy công tác

Máy công tác trong sản xuất nông nghiệp có các đặc điểm sau:

- Bánh đà lớn: Được gắn vào trục máy động lực để tạo quán tính chuyển động quay hoặc tịnh tiến cần thiết (phụ thuộc vào khối lượng m và đường kính D của bánh đà).

- Dải vận tốc quay rộng từ 10 đến 10.000 min^{-1} theo yêu cầu công nghệ của sản xuất.

- Tổ hợp nhiều máy trong các dây chuyền chế biến hạt, thức ăn gia súc, có mức độ tải và chế độ làm việc khác nhau.

Điều chỉnh và duy trì tốc độ quay của máy công tác trong sản xuất nông nghiệp là yếu tố quan trọng để tối ưu các quá trình công nghệ. Hệ thống truyền động điện có điều chỉnh phải được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu đặc tính truyền động (đặc tính cơ học, thủy khí và điện) của máy công tác, các thiết bị và máy riêng biệt. Do hầu hết các máy sử dụng trong sản xuất nông nghiệp có đặc tính giống hoặc gần giống nhau, có thể khái quát và phân loại máy nông nghiệp theo đặc tính cơ học qua biểu thức:

$$M_C = M_0 + (M_{C_{\text{nom}}} - M_0) \left(\frac{n}{n_{\text{nom}}} \right)^x \quad (1.5)$$

Trong đó: M_C - mômen cản của cơ cấu (máy công tác) tại vận tốc quay n ;

M_0 - mômen cản tĩnh (không phụ thuộc vào vận tốc quay);

$M_{C_{\text{nom}}}$ - mômen cản tại vận tốc quay định mức;

x - chỉ số đặc trưng cho sự biến đổi mômen cản khi thay đổi vận tốc quay.

Tùy thuộc trị số của chỉ số x , phân biệt một số trường hợp điển hình sau (bảng 1.1).

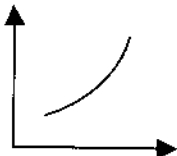
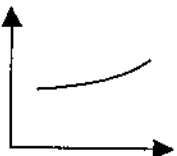
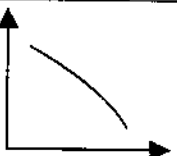
- Khi $x = 0$: Cơ cấu có mômen cản không phụ thuộc vận tốc quay, còn công suất tỷ lệ thuận với vận tốc quay (tời, băng tải, vít tải và bơm pittông làm việc ở cột áp không đổi...).

- Khi $x = 1$: Cơ cấu có đặc tính cơ và công suất tăng tỷ lệ thuận với bình phương vận tốc quay (máy làm sạch hạt, bơm chân không vắt sữa bò...).

- Khi $x = 2$: Cơ cấu có đặc tính cơ tăng không tuyến tính với vận tốc quay (bơm ly tâm, máy quạt, máy phân loại, trống búa máy ở chế độ không tải. Khi $x = 2$ quy ước gọi là đặc tính của quạt, tương tự đúng cho quạt và bơm làm việc với cột áp tính bằng không).

- Khi $x < 0$: Cơ cấu có đặc tính cơ giảm không tuyến tính, còn công suất không phụ thuộc vào vận tốc quay (máy cắt gọt, gia công kim loại, gầu tải hạt...).

Bảng 1.1 - Tóm tắt phân loại máy nông nghiệp theo đặc tính cơ

STT	Loại máy, thiết bị	Phương trình quan hệ	Đặc tính cơ học
1	Làm sạch hạt, nghiền, bơm phun mưa, thái củ, cắt bánh mì kiểu búa.	$M = a_1 n^2 + b_1 n \pm c_1$	
2	Vò, sấy, máy chế biến đay, chế biến dầu thực vật, nghiền đất làm sạch, nghiền thức ăn gia súc.	$M = \pm a_2 n^2 + b_2 n \pm c_2$	
3	Búa nghiền ngô	$M = -a_3 n^2 + b_3 n - c_3$	
4	Phân loại và làm sạch sữa, nghiền, thái cắt rom rạ	$M = a_4 n^2 + b_4 n + c_4$	
5	Xát nghiền củ.	$M = a_5 n^2 - b_5 n - c_5$	

Chú thích: $a_1 \div a_5, b_1 \div b_5, c_1 \div c_5$ là các hệ số và hằng số.

2.2. Hệ thống truyền động điện

Hệ thống truyền động điện phải được thiết kế dựa trên cơ sở đặc tính cơ của động cơ điện để đáp ứng yêu cầu quá trình công nghệ của máy công tác hay cơ cấu truyền động và phải thỏa mãn điều kiện:

$$M = M_C + M_d$$

Trong đó: M_d - mômen động học của động cơ ($M_d = J.d\Omega/dt$), Nm;

M_C - mômen cản, Nm;

M - mômen tổng trên trục động cơ, Nm;

Yêu cầu cơ bản đối với các quá trình công nghệ và cơ cấu truyền động đối với hệ truyền động điều khiển cho trong bảng 1.2. Trong đó, điều khiển tần số truyền động bằng bộ biến tần, điều khiển điện áp truyền động bằng bộ điều chỉnh điện áp thyristor, điều khiển bằng bộ ly hợp trượt (ma sát) sử dụng thiết bị đóng ngắt điện không tiếp xúc và cảm biến đo lường.

Bảng 1. 2 - Yêu cầu cơ bản đối với các quá trình và cơ cấu điều khiển truyền động

STT	Tên/kiểu máy công tác	Công suất truyền động cực đại, kW	Vận tốc quay lớn nhất/ tỉ số điều chỉnh	Công dụng điều chỉnh	Kiểu dẫn động thích hợp
1.	Băng tải nạp liệu cho máy nghiền thức ăn gia súc.	3	1500 / 1:6	Điều chỉnh vận tốc băng tải theo vận tốc quay động cơ tải liệu máy nghiền.	Khớp điện từ trượt ma sát (ĐTT).
2.	Băng tải máy sấy khối xanh.	1,5	1500 / 1:6	Điều chỉnh tốc độ băng tải theo độ ẩm khối xanh ở cửa ra máy sấy.	ĐTT
3.	Băng tải nạp liệu máy sấy dạng trống.	1,1	1500 / 1:6		
4.	Thùng chứa liệu thức ăn gia súc xanh ủ chua.	0,6	1500 / 1:7	Điều chỉnh tốc độ cấp liệu theo động cơ máy định lượng và độ dày khối xanh trên băng tải.	ĐTT

5.	Thùng chứa liệu chế biến thức ăn gia súc/ máy định lượng thức ăn thân thảo mộc.	0,37 0,3	1500 / 1:8 1500 / 1:6	Điều chỉnh vận tốc quay theo khối lượng thức ăn gia súc.	ĐTT
6.	Máy định lượng thức ăn gia súc dạng lỏng.	3,0	1500	Ổn định vận tốc quay xác định.	
7.	Máy định lượng thức ăn đậm đặc. Cấp liệu bột cỏ thùng chứa máy chia thức ăn gia súc.	1,1 1,5 3,0	1500 / 1:6 1500 / 1:6 1500 / 1:5	Thay đổi tần số quay theo bước.	ĐTT
8.	Thiết bị cấp thức ăn gia súc tự hành.	3,0	1500 / 1:5	Ổn định vận tốc quay thiết bị tháo liệu có điều tốc theo bước.	ĐTT
9.	Xe vắt sữa tự hành.	3,0	1500 / 1:5	Thay đổi vận tốc quay vô cấp bằng tay.	ĐTT
10.	Quạt hướng trục trong chăn nuôi gia cầm .	10÷30	1500 / 1:5	Điều chỉnh điện áp bằng Thyristor và biến tần.	ĐTT
11.	Quạt ly tâm trong chăn nuôi gia cầm.	40÷100	1000÷1500 (1:10)	Thay đổi vận tốc quay theo nhiệt độ.	
12.	Trạm bơm ly tâm cấp 2.	100	1500 / 1:10 với $M \approx n^2$	Duy trì cột nước ổn định đối với lưu lượng $Q = 0$ đến cực đại.	ĐTT
13.	Trạm bơm ly tâm cấp 1 và cấp 2.	200	3000 / 1:10 với M $\approx n^2$	Duy trì cột áp ổn định đối với lưu lượng $Q = 0$ đến cực đại, hiệu chỉnh áp suất theo hàm bình phương.	Biến tần Thyristor với khối điều khiển áp suất.

III. ĐỘNG CƠ ĐIỆN TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Động cơ điện không đồng bộ được sử dụng khá phổ biến trong các hệ truyền động máy công tác tĩnh tại, cơ cấu vận chuyển nâng hạ... phục vụ sản xuất nông nghiệp. Trong một số cơ sở sản xuất nông nghiệp, công suất lắp đặt điện ngày càng gia tăng, có tỷ lệ ngang bằng và vượt công suất trang bị động cơ xăng dầu (ôtô, máy kéo...).

Động cơ điện trong nông nghiệp làm việc ở điều kiện khí hậu môi trường bất lợi: Hóa chất hoạt nghiệm trong nhà chăn nuôi, độ bụi cao trong dây chuyền chế biến, làm sạch và sấy hạt, độ ẩm cao trong xưởng chế biến thức ăn gia súc và thậm chí ngoài trời không mái che. Ở Liên bang Nga và các nước tiên tiến người ta chế tạo các loại động cơ chuyên dùng, tăng cường cách điện, khả năng chống ẩm phục vụ sản xuất nông nghiệp (bảng 1.3).

Bảng 1.3 - Thông số cơ bản của một số động cơ chuyên dùng trong sản xuất nông nghiệp

Lĩnh vực	Dải công suất, kW	Tốc độ vòng quay, min ⁻¹	Chiều cao tâm trục h, mm	Khối lượng, kg
Chăn nuôi, chế biến hạt ngoài sân	1,5 ÷ 13	1000 ÷ 3000		34 ÷ 114
	0,25 ÷ 1,1	750 ÷ 3000	71	12,5 ÷ 15
Động cơ có bảo vệ nhiệt	0,12 ÷ 0,18	1500 ÷ 3000	56	4,5
Chăn nuôi gia súc và gia cầm	0,37 ÷ 1,1	1000		1,4 ÷ 15,8

Các động cơ này được tẩm sấy cuộn dây và sơn phủ bảo vệ chống ăn mòn. Động cơ quạt thông thoáng trong nhà trại chăn nuôi có kết cấu kín, cách ly khỏi môi trường bên ngoài. Động cơ với vận tốc quay 1500 min⁻¹ có chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao nhất, chiếm khoảng 90% động cơ dùng trong nông nghiệp. Động cơ quay 3000 min⁻¹ truyền động cho bơm ly tâm và quạt, động cơ 1000 min⁻¹ truyền động cho bơm pittông, quạt cột áp trung bình lưu lượng cao.

Động cơ điện phải được xem xét lựa chọn dựa trên nhu cầu công suất, đặc tính cơ của máy công tác. Thông thường, đối với chế độ làm việc dài hạn ổn định và chế độ thay đổi công suất đến 1000kW - chọn động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc là kinh tế nhất. Tuy nhiên, đối với tải công suất trên 100kW - nên sử dụng động cơ đồng bộ (khi có thể). Đối với chế độ làm việc tải thay đổi đột ngột công suất đến 100kW - nên sử dụng động cơ có độ trượt cao, còn công suất trên 100kW - sử dụng động cơ không đồng bộ rotor dây quấn.

Cần lưu ý hiện tượng sụt áp khi tính chọn công suất động cơ điện cho mục đích sản xuất nông nghiệp, nếu nguồn lưới điện cung cấp có công suất nhỏ (máy phát điện, trạm điện dự phòng có công suất lớn hơn không đáng kể hoặc tương đương với công suất của động cơ, hay lưới điện có đường dây cung cấp điện dài...).

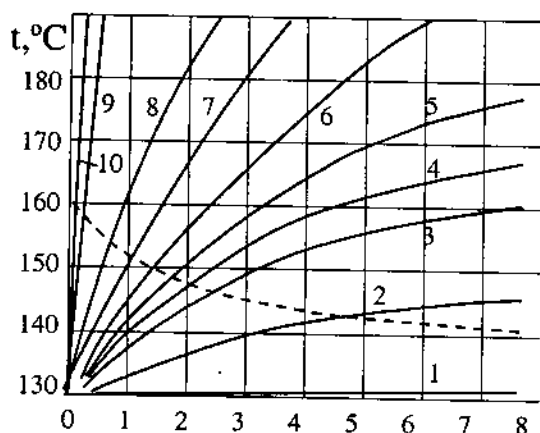
Trong trường hợp lưới điện đồng thời cung cấp cho động cơ điện và thiết bị chiếu sáng, điện áp thấp nhất cho phép là 90%, khi khởi động động cơ không thường xuyên - là 85% và đối với một số phụ tải riêng biệt - cho phép đến 70 ÷ 80% điện áp định mức. Nếu khởi động trực tiếp động cơ gây nên sụt áp quá mức cho phép, phải sử dụng các phương pháp khởi động thích hợp sao cho mômen của động cơ khi sụt áp trong giai đoạn khởi động phải lớn hơn mômen cần tính của động cơ (xem mục 4.2)

IV. BẢO VỆ ĐỘNG CƠ TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

Theo thống kê, ở Liên bang Nga và các nước tiên tiến có nền nông nghiệp phát triển, hàng năm có khoảng 20 ÷ 25% động cơ bị hỏng, có sự cố, gây thất thoát đáng kể trong cân thu nhập quốc dân. Nguyên nhân gây sự cố động cơ do hỏng cách điện là 90%, khoảng 5% do hỏng ổ bi và 5% còn lại là do nguyên nhân khác.

Trong đó: - Sự cố do mất 1 pha	40 ÷ 50%;
- Kẹt rotor	20 ÷ 25%;
- Thường xuyên quá tải	10 ÷ 15%;
- Cách điện bị đánh thủng do làm mát không đủ	15 ÷ 25%.

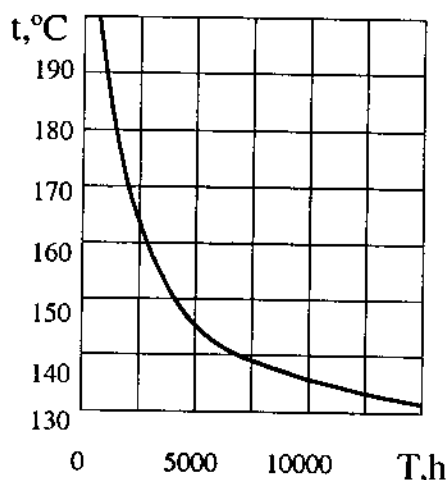
Có thể sử dụng cầu chảy, role nhiệt, ngắt mạch tự động, cấy thiết bị bảo vệ nhiệt vào động cơ, role dòng điện chuyên dùng để bảo vệ động cơ.



Hình 1.3 - Họ đường cong đốt nóng động cơ bị quá tải khi đang làm việc ở chế độ định mức.

Hệ số quá tải ứng với đường cong: 1) - 1,1; 2) - 1,3; 3) - 1,4; 5) - 1,6; 6) - 1,7; 7) - 1,8; 8) - 2,0; 9) - Mất pha; 10) - Kẹt rotor.

Trong hình 1.3 cho họ đường cong phát nóng động cơ điện của dây 4A1006Y3 (Nga) đang làm việc ở chế độ định mức trong môi trường nhiệt độ 40°C ứng với các mức độ quá tải khác nhau. Nhiệt độ tối hạn được coi là nhiệt độ ở chế độ quá tải 20 lần sau 2 phút, còn khi bị kẹt rotor - chỉ sau 10 giây, nhiệt độ lên đến 160°C .



Hình 1.4 - Tuổi thọ cách điện phụ thuộc nhiệt độ đốt nóng.

Trong hình 1.4 cho đường cong quan hệ tuổi thọ cách điện của động cơ, phụ thuộc vào nhiệt độ phát nóng.

Thông thường, đặc tính tối ưu của thiết bị bảo vệ động cơ điện, sử dụng trong sản xuất nông nghiệp nằm trong các khoảng sau:

- Mức độ quá tải so với dòng danh định:	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
- Thời gian tác động, s:	∞	1800	700	300	150	120
- Mức độ quá tải so với dòng danh định:	1,6	1,7	1,8	1,9	2	5 & lớn hơn
- Thời gian tác động, s:	90	70	60	50	40	6

V. KHỞI ĐỘNG VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN

1. Khái quát chung

Khởi động động cơ (mở máy) là quá trình cung cấp nguồn điện để động cơ chuyển động quay từ trạng thái tĩnh đạt vận tốc làm việc định mức. Trong quá trình khởi động động cơ dòng điện tăng cao, thường từ $5 \div 7$ lần dòng điện định mức của động cơ. Nếu công suất động cơ lớn hơn so với khả năng dẫn dòng của lưới cung cấp sẽ gây sụt áp lưới điện, ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường của các thiết bị khác trong cùng mạng lưới điện.

Để vận hành lưới điện an toàn và khai thác hiệu quả các thiết bị điện trong sản xuất nông nghiệp cần phải có hiểu biết tốt về các điều kiện khởi động động cơ, áp dụng các biện pháp giảm dòng điện khởi động tới trị số cho phép để đảm bảo lưới điện làm việc ổn định.

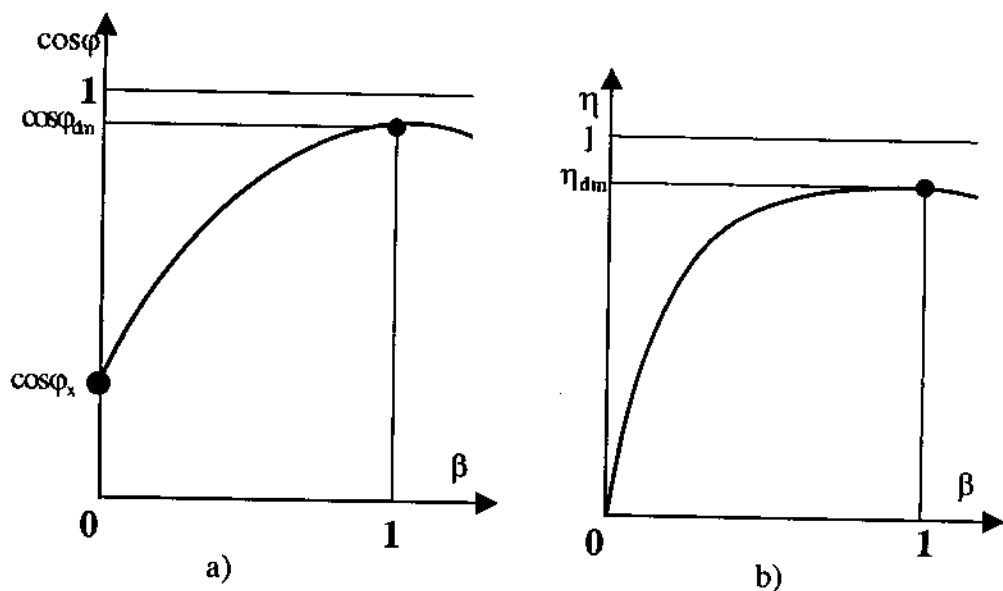
Nhìn chung, điều kiện khởi động động cơ điện phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Mômen khởi động đủ lớn để thích ứng với đặc tính cơ của máy công tác;
- Dòng điện khởi động càng nhỏ càng tốt;
- Phương pháp và thiết bị khởi động phù hợp, đơn giản, rẻ tiền và ổn định, chắc chắn, giá thành hạ;
- Tổn hao công suất trong quá trình khởi động nhỏ.

Những yêu cầu trên thường mâu thuẫn với nhau, ví dụ: Khi dòng điện khởi động nhỏ, làm cho mômen khởi động giảm theo và ngược lại mômen khởi động tăng làm dòng điện khởi động tăng. Vì vậy, phải căn cứ vào điều kiện làm việc cụ thể của động cơ điện để chọn phương pháp và thiết bị khởi động thích hợp. Tuy nhiên, để giảm được dòng điện và cải thiện mômen khởi động, cần có thiết bị khởi động phức tạp, giá thành cao.

1.1. Biểu đồ năng lượng điện, hệ số công suất và hiệu suất của động cơ không đồng bộ

Hệ số công suất của động cơ điện phụ thuộc hệ số tải, biến đổi trong khoảng rộng từ $0,1 \div 0,95$. Thông thường, đối với động cơ điện $\cos\varphi = 0,75 \div 0,93$ (hình 1.5). Động cơ điện không đồng bộ nhận điện năng của lưới điện, nhờ từ trường quay biến điện năng thành cơ năng. Đồ thị quá trình năng lượng được vẽ trên hình 1.6. Các biểu thức sau đây đúng cho trường hợp cuộn dây stator của động cơ điện có số pha $m_1 = 3$.



Hình 1.5 - Hệ số công suất a) và hiệu suất b) của động cơ điện phụ thuộc hệ số tải

Công suất động cơ tiêu thụ từ lưới điện P_1 , W:

$$P_1 = 3U_1 I_1 \cos\varphi \quad (1.6)$$

Trong đó: U_1 , I_1 - điện áp pha (V) và dòng điện pha (A).

Công suất điện từ quay rotor P_{dt} , W:

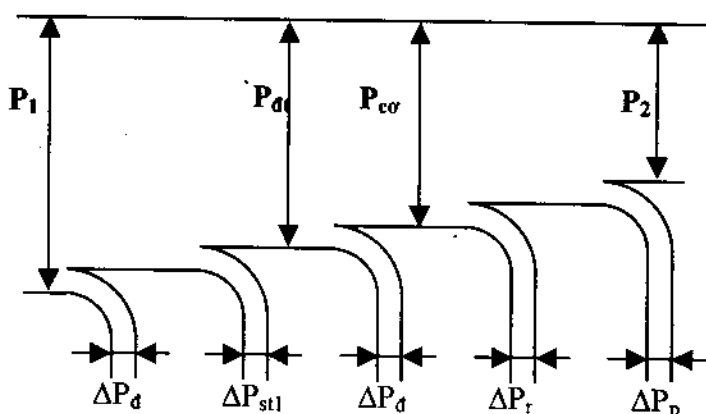
$$P_{dt} = P_1 - \Delta P_{d1} - \Delta P_{st1} \quad (1.7)$$

Trong đó: ΔP_{d1} - tổn hao điện từ (do dòng Phucô) trong lõi sắt từ stator;
 ΔP_{st1} - tổn hao trong cuộn dây stator.

Công suất cơ toàn phần trên trục động cơ P_{cv} , W:

$$P_{cv} = P_{dt} - \Delta P_{d2} \quad (1.8)$$

Trong đó: ΔP_{d2} - tổn hao điện từ trong lõi sắt từ rotor.



Hình 1.6 - Cân bằng điện năng của động cơ điện

P_1 - Công suất động cơ tiêu thụ từ lưới điện; ΔP_{dt} - Tổn hao điện từ; ΔP_{stl} - Tổn hao sắt từ stator; ΔP_{d1} - Tổn hao trên điện trở dây quấn stator.

Thông thường người ta xác định gần đúng hiệu suất như sau:

$$\eta \approx \frac{P_2}{P_2 + P_0 + k_1^2 P_n} \quad (1.9)$$

Trong đó: $k_1 = \frac{I_1}{I_{1dm}}$ - hệ số tải; (1.10)

$$P_0 = \Delta P_{stl} + \Delta P_{ph} - \text{tổn hao không tải}; \quad (1.11)$$

P_n - tổn hao trên điện trở dây quấn stator và rotor khi dòng điện bằng định mức.

1.2. Mômen quay của động cơ không đồng bộ ba pha

Mômen điện từ tạo ra mômen quay của động cơ, được tính theo biểu thức:

$$M = M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} \quad (1.12)$$

Trong đó: P_{dt} - Công suất điện từ được tính:

$$P_{dt} = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s} \quad (1.13)$$

ω_1 - vận tốc góc quay đồng bộ của từ trường stator:

$$\omega_1 = \frac{\omega}{p} \quad (1.14)$$

Trong đó: ω - vận tốc góc của dòng điện stator;

p - số cặp cực từ.

Dòng điện I'_2 được xác định gần đúng:

$$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (1.15)$$

Trong đó: X_1 - điện kháng cuộn dây stator;

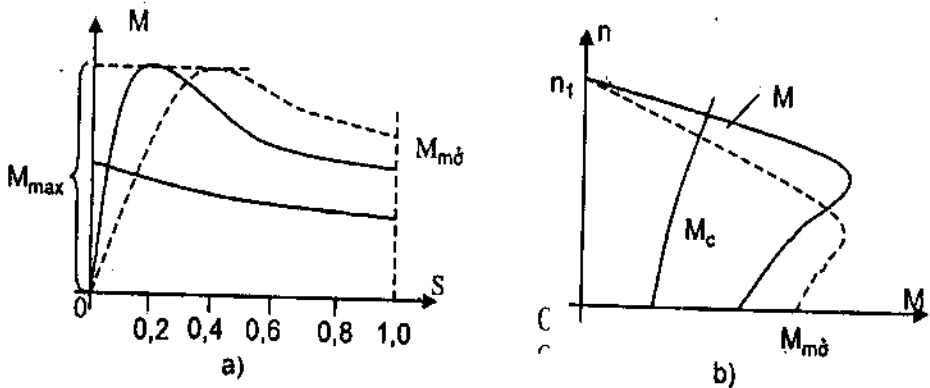
X_2 - điện kháng cuộn dây rotor đã quy đổi về số vòng cuộn stator.

Thay (1.13), (1.14), (1.15) vào (1.12), cuối cùng ta có:

$$M = \frac{3pU_1^2 R'_2}{s\omega \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]} \quad (1.16)$$

Trên hình 1.7a cho đồ thị quan hệ của mômen theo hệ số trượt $M = f(s)$.

Nếu thay $s = \frac{n_1 - n}{n}$ ta sẽ có đường đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ (hình 1.7b) theo hàm số $n = f(M)$.



Hình 1.7 - Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ

Động cơ sẽ làm việc ở điểm cân bằng động, tại đó mômen quay bằng mômen cản M_c .

Đặc điểm của mômen quay động cơ không đồng bộ:

- Mômen quay tỷ lệ bình phương với điện áp. Do vậy nếu điện áp đặt vào động cơ thay đổi thì mômen động cơ thay đổi rất nhanh (theo luật bình phương). Trên hình 1.8b minh họa họ đường cong $M = f(s)$ với các điện áp khác nhau: $U'_1 < U_1$;

- Mômen quay đạt trị số cực đại M_{max} tại giá trị tới hạn s_m , (đạo hàm $\delta M / \delta s = 0$).

Tính trị số s_{th} và M_{max} theo công thức, bỏ qua giá trị R_1 (khá nhỏ), có:

$$s_{th} = \frac{R'_2}{R_1 + X_1 + X'_2} \approx \frac{R'_2}{X_1 + X'_2} \quad (1.17)$$

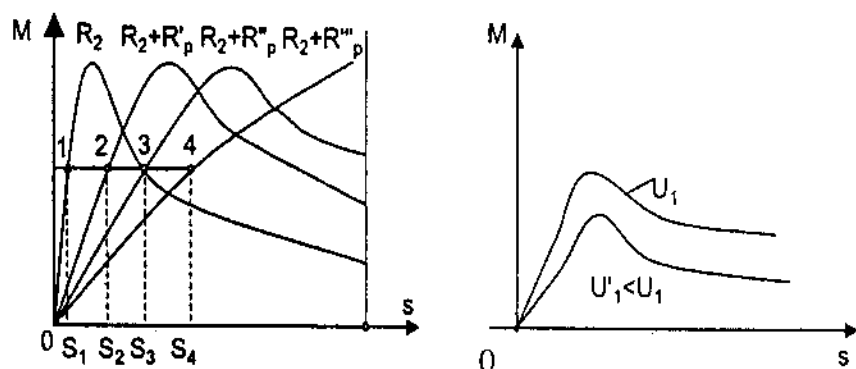
Thay vào (1.16) được:

$$M_{max} = \frac{3pU_1^2}{2\omega \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2} \right]} \approx \frac{3pU_{12}^2}{2\omega (R_1 + X_1 + X'_2)} \quad (1.18)$$

Khác với hệ số trượt tới hạn s_{th} tỷ lệ thuận với điện trở rotor, M_{max} không phụ thuộc vào điện trở rotor. Khi cho tăng lượng số điện trở phụ R_p vào rotor, đường đặc tính $M = f(s)$ thay đổi như hình 1.8a. Tính chất này được sử dụng để điều chỉnh vận tốc trong quá trình khởi động động cơ rotor dây quấn.

Quan hệ gần đúng giữa M , M_{max} và s_{th} được biểu diễn bằng công thức:

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}} \quad (1.19)$$



Hình 1.8 - Quan hệ giữa mômen quay và độ trượt $M = f(s)$

a) Phụ thuộc điện trở rotor (động cơ rotor dây quấn)

b) Phụ thuộc điện áp nguồn cung cấp.

Tại thời điểm đầu của quá trình khởi động, hệ số trượt $s = 1$, công thức tính mômen khởi động động cơ có dạng:

$$M_{kd} = \frac{3pU_1^2 R'_2}{\omega [(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2]} \quad (1.20)$$

Đối với động cơ lồng sóc thường cho các tỷ số giữa mômen khởi động và mômen cực đại với mômen định mức như sau:

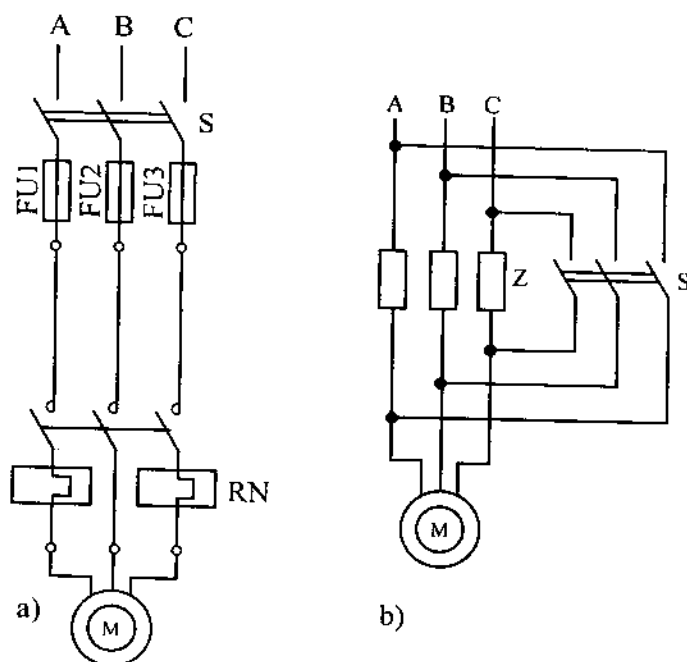
$$\frac{M_{kd}}{M_{dm}} = 1,1 \div 1,7; \quad \frac{M_{max}}{M_{dm}} = 1,6 \div 2,5 \quad (1.21)$$

2. Phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

2.1. Khởi động trực tiếp

Đây là phương pháp khởi động đơn giản nhất, chỉ việc cung cấp điện lưới trực tiếp vào động cơ điện (hình 1.9a).

Mở máy trực tiếp có nhược điểm là dòng điện khởi động lớn, nếu quán tính của tải lớn dẫn đến thời gian mở máy kéo dài, có thể làm cho động cơ điện phát nóng quá mức, ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện áp lưới. Tuy nhiên nếu công suất nguồn điện đủ lớn so với công suất động cơ, nên dùng phương pháp mở máy trực tiếp, vì thời gian mở máy nhanh, phương pháp mở máy đơn giản, mômen mở máy lớn. Phương pháp này hiệu quả đối với máy bơm, quạt, băng tải liệu, máy tiện công suất nhỏ...



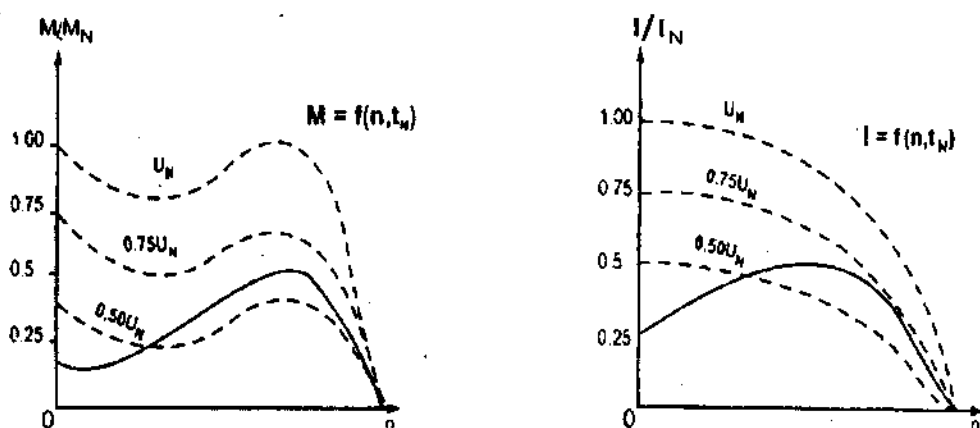
Hình 1.9 - Sơ đồ mở máy trực tiếp động cơ điện KĐB

a) Trực tiếp; b) Bằng điện kháng

FU₁, FU₂, FU₃ - Cầu chảy; S - Cầu dao (aptomat, contactor);
L - Cuộn điện kháng; RN - Role nhiệt

2.2. Điều khiển điện áp khởi động

Hình 1.10 là đường cong quan hệ giữa mômen và dòng điện mở máy tại mỗi giá trị hằng của điện áp nguồn so với điện áp định mức, thể hiện bằng các đường chấm chấm. Đường liền nét là đặc tuyến khi điện áp là hàm của thời gian.



Hình 1.10 - Đường cong mômen và dòng điện khởi động

Phương pháp này có ưu điểm giảm dòng điện khởi động, nhưng đồng thời cũng làm giảm mômen khởi động, không thích hợp cho máy công tác có yêu cầu mômen khởi động lớn. Ngược lại, phương pháp này rất thích hợp đối với trường hợp không có yêu cầu mômen khởi động lớn như: Máy bơm nước thủy lợi, quạt gió... Sau đây là một số sơ đồ khởi động bằng cách điều khiển (giảm) điện áp điển hình:

2.2.1. Nối nối tiếp điện kháng vào mạch stator

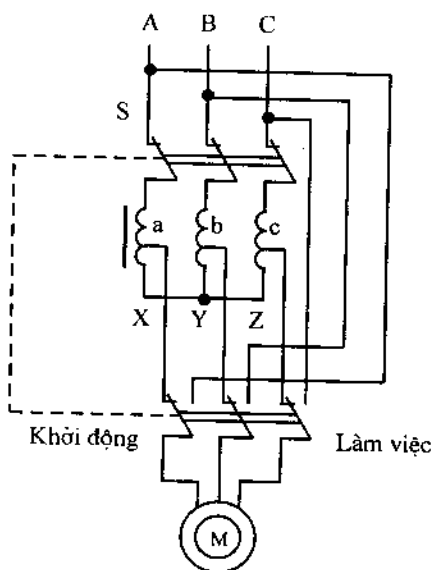
Khi khởi động, cầu dao S_1 đóng mạch cung cấp điện cho cuộn dây stator qua điện kháng KĐ (hình 1.9b). Sau thời gian thích hợp khi trục động cơ đạt vận tốc quay nhất định, cầu dao S_2 đóng, nối ngắn mạch các điện kháng KĐ cung cấp đủ điện áp cho động cơ điện làm việc. Thay đổi trị số điện kháng KĐ có thể chọn dòng điện khởi động cần thiết. Trong quá trình khởi động do điện áp rơi trên điện kháng KĐ, điện áp đặt lên động cơ điện nhỏ hơn điện áp định mức, làm giảm mômen khởi động (vì mômen khởi động tỉ lệ với bình phương điện áp $M \approx U^2$). Ví dụ: Trong quá trình khởi động động cơ điện, điện áp trên

cực động cơ giảm $U_{đc} = 0,7 U_{đm}$. Mômen khởi động $M = (0,7U_{đm})^2 = 0,49 U_{đm}^2$, nghĩa là mômen khởi động giảm đi một nửa so với phương pháp mở máy trực tiếp.

Phương pháp sử dụng thiết bị (cuộn cảm) đơn giản, điện áp cung cấp vào động cơ phụ thuộc vào trạng thái đóng mở của điện kháng này (hai cấp điện áp).

2.2.2. Dùng máy biến áp tự ngẫu giảm điện áp để khởi động động cơ

Trên hình 1.11 cho sơ đồ giảm điện áp khởi động bằng máy biến áp tự ngẫu (đặt con chạy ở vị trí sao cho điện áp đặt lên động cơ bằng $0,7U_{đm}$). Khi đóng cầu dao S_1 và S_3 , di chuyển con chạy để điện áp đặt lên động cơ tăng dần bằng điện áp lưới - quá trình khởi động khi đó được xem là kết thúc. Sau đó, đóng cầu dao S_2 và mở cầu dao S_3 , cách ly máy biến áp tự ngẫu khi động cơ đã khởi động xong.

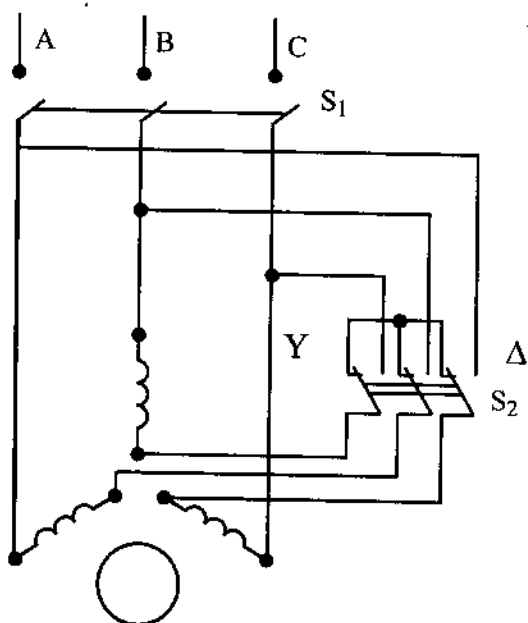


Hình 1.11 - Khởi động động cơ điện bằng tự ngẫu

Ưu điểm của phương pháp này là dòng điện mở máy nhỏ, nếu thời gian tăng điện áp cung cấp phù hợp sẽ tạo được mômen khởi động lớn. Tuy nhiên, giá thành thiết bị khởi động biến áp tự ngẫu đắt tiền hơn phương pháp dùng điện kháng.

2.2.3. Khởi động bằng phương pháp đổi nối sao - tam giác (Y/Δ)

Phương pháp này chỉ áp dụng được khi động cơ có khả năng đấu nối các cuộn dây stator theo cả hai sơ đồ sao và tam giác và làm việc bình thường với sơ đồ đấu nối tam giác. Khi bắt đầu khởi động, điện áp lưới đưa vào động cơ đấu nối theo sơ đồ hình sao, sau thời gian thích hợp chuyển sang sơ đồ đấu nối tam giác.



Hình 1.12 - Sơ đồ khởi động động cơ điện bằng phương pháp Y-Δ

Sơ đồ mở máy động cơ điện bằng phương pháp đổi nối Y-Δ cho trên hình 1.12. Bắt đầu khởi động, đóng cầu dao S_1 và cầu dao S_2 đấu nối sơ đồ hình Y, như vậy điện áp đặt lên động cơ bằng $U/\sqrt{3}$. Sau thời gian nhất định, động cơ chạy đạt được một tốc độ thích hợp, chuyển cầu dao S_2 đấu nối sơ đồ Δ.

Theo phương pháp mở máy Y/Δ, khi đấu Y, điện áp pha trên dây quấn có trị số:

$$U_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} U_1 \quad (1.22)$$

$$I_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_K \quad (1.23)$$

$$\text{Và } M_{kf} = \frac{1}{3} M_K \quad (1.24)$$

Trong đó: U_{K1} - điện áp pha khởi động, V;

U_1 - điện áp pha của lưới cung cấp điện, V;

I_{K1} - dòng điện khởi động khi nối Y, A;

I_K - dòng điện khởi động trực tiếp, A;

M_K - mômen khởi động khi nối Y, Nm;

M_K - mômen khởi động khi nối trực tiếp, Nm.

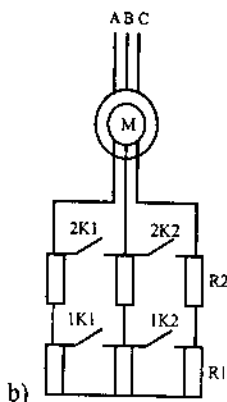
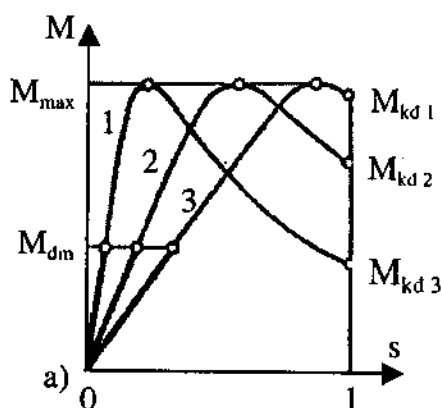
Trong các phương pháp giảm điện áp khởi động động cơ, phương pháp Y- Δ đơn giản, làm việc tin cậy, được sử dụng phổ biến đối với những động cơ làm việc với sơ đồ đấu nối tam giác.

3. Khởi động động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn

3.1. Khởi động động cơ điện bằng cách nối điện trở phụ vào cuộn dây rotor

Đặc điểm của loại động cơ này có thể thêm điện trở vào cuộn dây rotor.

Đối với động cơ không đồng bộ rotor dây quấn, mômen khởi động ban đầu tại thời điểm hệ số trượt $s = 1$ phụ thuộc vào trị số điện trở thuần đấu vào mạch cuộn dây rotor (hình 1.13) khi đóng đồng thời các tiếp điểm K_1 và K_2 (khởi động trực tiếp) động cơ có mômen khởi động M_{kd1} bằng $0,5 \div 1,0$ giá trị mômen định mức M_{dm} , dòng khởi động khi đó $I_{kd} = (5 \div 7) I_{dm}$ và lớn hơn, đốt nóng cuộn dây động cơ gây nguy hiểm. Nếu lưới có công suất nhỏ gây sụt áp đáng kể làm ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của các động cơ trong cùng mạng điện. Trong một số trường hợp phải tách riêng mạng cung cấp điện cho động cơ không đồng bộ rotor dây quấn khởi động trực tiếp ra khỏi mạng điện có các động cơ máy công tác khác.



Hình 1.13 - Đặc tính a) và Sơ đồ b) khởi động động cơ điện bằng phương pháp đấu điện trở vào mạch dây quấn rotor

Đưa điện trở khởi động vào mạch cuộn rotor cho phép giảm dòng khởi động và tăng đáng kể mômen khởi động đến giá trị cực đại $M_{\max}$ (hình 1.13a - đường cong 3) nếu hệ số trượt tới hạn $s_{th} = 1$.

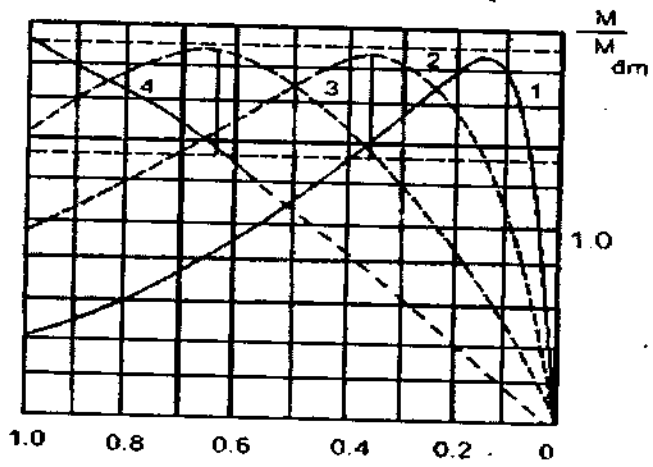
$$s_{th} = \frac{R'_2 + R'_p}{X_1 + X_2} = 1 \tag{1.25}$$

Trong đó: R'_p - điện trở thuần đấu vào mạch cuộn dây pha rotor quy đổi về pha cuộn stator.

Tăng trị số điện trở R'_p lớn hơn là không có lợi, làm giảm dòng khởi động, giảm mômen khởi động và vượt ra khỏi vùng trượt ($s > 1$) khiến cho động cơ không tăng tốc được.

Trị số điện trở chọn sao cho quá trình khởi động khi $M_{kd} = (0,1 \div 0,4) M_{dm}$, khởi động bình thường khi $M_{kd} = (0,5 \div 0,75) M_{dm}$ và khởi động nặng nhọc khi $M_{kd} \geq M_{dm}$ là thích hợp.

Để duy trì mômen quay đủ lớn trong quá trình tăng tốc của liên hợp máy nhằm rút ngắn thời gian quá độ, giảm sự đốt nóng động cơ, cần thiết phải giảm dần trị số điện trở khởi động R_p . Giới hạn thay đổi mômen cho phép trong quá trình tăng tốc được xác định bởi các điều kiện cơ - điện, không được vượt quá giá trị mômen cực đại (không lớn hơn $0,85M_{\max}$), thời điểm chuyển mạch $M_2 > M_c$ (hình 1.14), tương tự như đối với gia tốc quay trực động cơ: Thay đổi lần lượt trị số điện trở khởi động nhờ tiếp điểm của công tắc K_1, K_2 ở các thời điểm t_1, t_2 tương ứng với mômen khởi động trong quá trình tăng tốc (khi mômen quay M bằng mômen chuyển mạch M_2). Nhờ vậy, trong quá trình khởi động tất cả các đỉnh mômen được khống chế bằng nhau, không vượt quá mômen chuyển mạch.



Hình 1.14 - Đặc tính mômen khởi động khi thêm điện trở vào cuộn dây rotor

Vì mômen và dòng điện khởi động tỷ lệ thuận, quá trình tăng tốc diễn ra với dòng khởi động không vượt quá $1,5 \div 2,5$ lần dòng điện định mức và dòng chuyển mạch I_2 phải đảm bảo mômen chuyển mạch $M_2 > M_C$.

Ngắt điện cung cấp cho động cơ không đồng bộ rotor dây quấn luôn phải thực hiện khi đấu ngắt mạch rotor để tránh quá áp trong cuộn dây rotor, nếu để hở mạch, điện áp quá áp có thể vượt $3 \div 4$ lần điện áp định mức tại thời điểm ngắt điện.

Sử dụng động cơ rotor dây quấn với mạch điều khiển khởi động bằng điện trở thích hợp có thể đạt được mômen khởi động lớn, đồng thời duy trì dòng điện mở máy nhỏ, áp dụng tốt cho trường hợp điều kiện khởi động nặng nhọc. Nhược điểm của động cơ điện rotor dây quấn là chế tạo phức tạp hơn loại động cơ điện rotor lồng sóc, bảo quản, vận hành khó khăn hơn. Hiệu suất động cơ điện rotor dây quấn thấp hơn động cơ rotor lồng sóc.

4. Khởi động động cơ điện không đồng bộ bằng bộ khởi động mềm

4.1. Khái quát chung

Động cơ không đồng bộ ba pha được dùng rộng rãi trong công nghiệp, vì chúng có cấu trúc đơn giản, làm việc chắc chắn, nhưng có nhược điểm dòng điện khởi động khá lớn, gây ra sụt áp trên lưới điện. Phương án tối ưu hiện nay là sử dụng bộ điều khiển điện tử để hạn chế dòng điện khởi động, đồng thời có thể điều khiển tăng mômen khởi động một cách hợp lý. Nhờ vậy, các chi tiết của động cơ chịu va đập về cơ khí ít hơn, gia tăng tuổi thọ và làm việc an toàn. Ngoài việc tránh dòng đỉnh trong quá trình khởi động động cơ, còn làm cho điện áp nguồn ổn định hơn, không gây ảnh hưởng xấu đến các thiết bị khác trong lưới điện.

Sử dụng bộ khởi động thyristor cho phép dễ dàng tăng dần điện áp ở đầu cực động cơ trong quá trình khởi động theo luật điều khiển thích hợp, ví dụ điện áp nguồn nuôi tăng tuyến tính từ một giá trị xác định đến điện áp định mức. Toàn bộ quá trình khởi động được thực hiện nhờ điều khiển góc mở (góc trễ) của các van thyristor bằng mạch điều khiển chuyên dùng (soft starter), đóng mở nhịp nhàng đồng bộ với điện áp lưới điện cung cấp. Bộ khởi động mềm hiện đại có tính năng cao, cho phép khởi động và dừng mịn (vô cấp), dừng đột ngột, phanh dòng trực tiếp, tiết kiệm năng lượng điện khi non tải, bảo

vệ quá tải, quá áp động cơ, chống mất điện áp pha... Các bộ khởi động mềm được chế tạo với tính năng ngày càng hoàn thiện và giá cả hợp lý được ứng dụng ngày càng nhiều trong các dây chuyền công nghệ sản xuất chế biến có yêu cầu như:

- Băng tải cấp liệu;
- Bơm thủy lợi, cấp liệu, nhiên liệu;
- Thang máy, máy công cụ, máy nghiền, máy cắt gọt, máy dệt, máy ép, lò, máy khuấy...

Mạch lực của bộ khởi động mềm gồm 3 cặp thyristor đấu song nghịch cho 3 pha tương ứng. Điều chỉnh góc mở của các cặp thyristor có thể điều khiển điện áp đặt vào cực động cơ và qua đó điều khiển mômen khởi động động cơ.

Do tiến bộ vượt bậc của ngành kỹ thuật điện tử, bán dẫn, vi xử lý và tin học, các hãng Siemens, Fairford Electronics, Control Techniques... đã cung cấp các sản phẩm khởi động mềm trên thị trường (công suất từ vài trăm W đến vài trăm kW và điện áp làm việc 230V, 400V và 460V) với nhiều tính năng và thông số kỹ thuật nổi trội, đáp ứng các yêu cầu truyền động điện tự động hiện đại các động cơ điện:

- Dễ lắp đặt, tiết kiệm không gian;
- Hiện thị dòng điện pha và trạng thái điều khiển;
- Chọn đặt và thay đổi thông số khởi động dễ dàng bằng bàn phím;
- Ghi lại mômen và dòng khởi động cực đại, thời gian khởi động (dừng), luật khởi động;
- Chọn đặt cảnh báo quá tải theo yêu cầu của người sử dụng;
- Ghi lại dữ liệu lần khởi động cuối cùng;
- Điện áp cung cấp mạch điện điều khiển hai cấp 110/230V;
- Khả năng tự chọn chế độ khởi động đặc biệt;
- Điều khiển chương trình khởi động/dừng;
- Tín hiệu cửa vào cách ly 24VDC, 110/230VAC;
- Tự động ngắt quá trình theo thời gian định trước hoặc duy trì;
- Mức nhảy non dòng và trễ: $0 - 1 \times \text{FLC}$;
- Độc lập điều chỉnh tăng giảm thời gian khởi động/dừng (từ 1 đến 240s);
- Điều chỉnh điện áp ban đầu và mômen khởi động;

- Khởi động động cơ theo hai sơ đồ đấu nối Δ và Y;
- Nối cổng máy tính;
- Cấp bảo vệ IP20;
- Giảm đáng kể dòng khởi động;

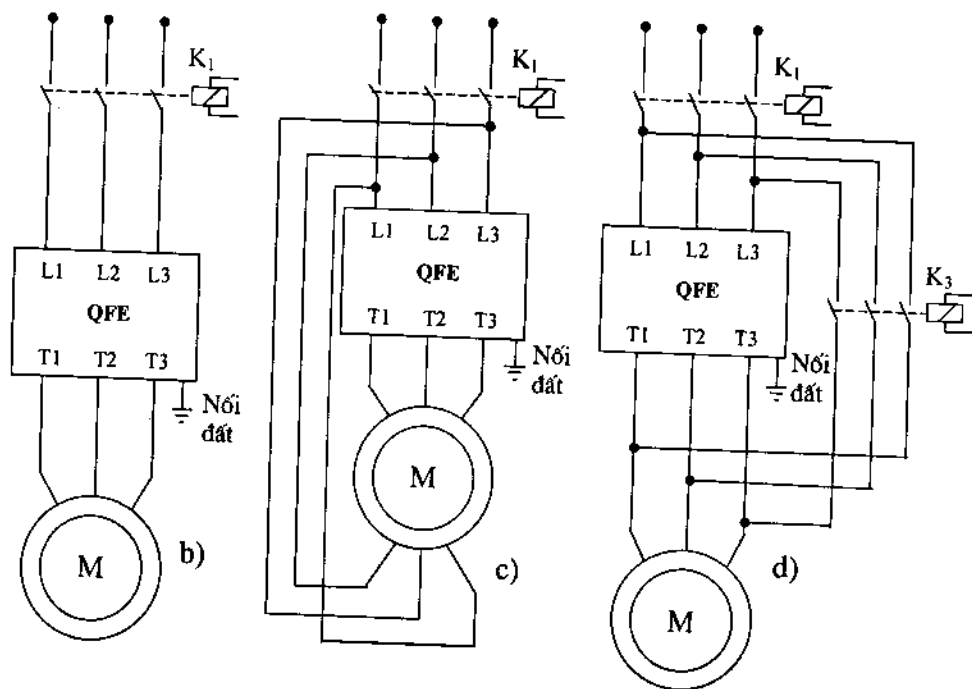
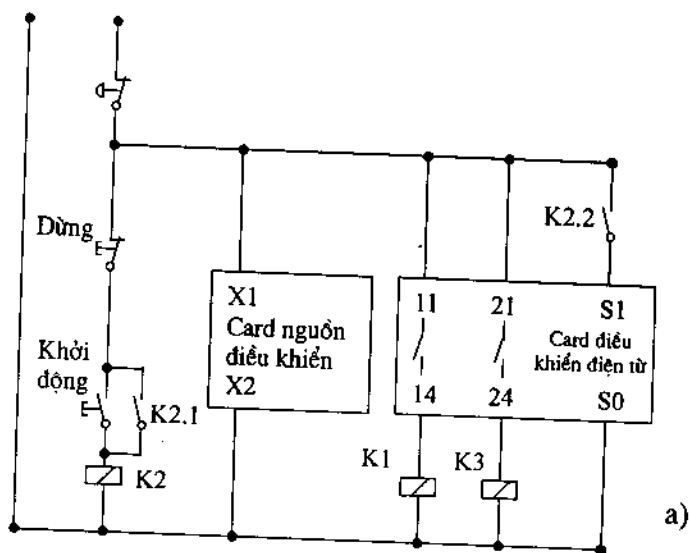
Hiệu quả chính của việc sử dụng bộ khởi động mềm như sau:

- Loại bỏ dòng quá độ;
- Khởi động mịn đến vận tốc cực đại (định mức);
- Giảm thiểu xung điện và các va đập cơ khí;
- Kéo dài tuổi thọ tiếp điểm mạch lực;
- Giảm hao mòn các thành phần truyền động cơ khí;
- Tự động tối ưu hóa công suất;
- Tăng hệ số $\cos\varphi$, giảm thiểu yêu cầu công suất lưới cung cấp điện;
- Phù hợp cho nhiều loại động cơ cảm ứng;

Hình 1.15 cho một sơ đồ đấu nối điển hình của thiết bị khởi động mềm QFE (Anh quốc).

Mạch điều khiển trình bày trong hình 1.15a có cấu trúc đơn giản, vận hành dễ dàng và an toàn nhờ các nút điều khiển khởi động (start), dừng (stop) và dừng khẩn cấp (emergency stop), công tắc từ K2 cung cấp nguồn nuôi cho card điều khiển điện tử. Công tắc từ K1 cung cấp điện áp lưới cho hệ thống và công tắc từ K3, bộ tiếp điểm thế. Nối mạch điện như sau: Khi bộ khởi động mềm (khoảng 2s) thực hiện xong chức năng khởi động và được duy trì ở chế độ chờ sẵn sàng điều khiển thực hiện quá trình hãm động cơ (hình 1.15d). Trong hình 1.15b hướng dẫn cách đấu nối mạch lực trực tiếp, còn hình 1.15c - nối sơ đồ Δ .

Tính năng hãm mềm (hãm từ từ) rất phù hợp cho các ứng dụng đối với máy bơm, tránh được hiện tượng sóng áp lực (va đập) do sự tăng giảm đột ngột cột áp chất lỏng trong quá trình đóng ngắt máy. Thời gian hãm mềm phụ thuộc vào công suất mômen quán tính, đặc tính của hệ. Ví dụ đối với máy bơm công suất 100kW điện áp khởi động ban đầu chọn 70% U_{dm} , thời gian khởi động máy bơm khoảng 10s, dòng khởi động được giới hạn không quá $3,5I_{dm}$.



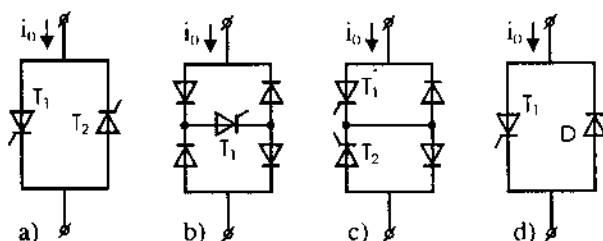
Hình 1.15 - Sơ đồ điều khiển và mạch công suất của bộ khởi động mềm QFE (Anh quốc)

4.2. Khởi động động cơ không đồng bộ bằng bộ khởi động mềm

Chọn cấu trúc mạch truyền động động cơ không đồng bộ bằng thyristor có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, cũng như xác định khả năng của hệ thực hiện các

chế độ làm việc khác nhau, khả năng đáp ứng linh hoạt và các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.

Trong hình 1.16 giới thiệu một số mạch động lực cơ bản.



Hình 1.16 - Một số mạch động lực cơ bản

Trong đó, cặp thyristor song nghịch được sử dụng rộng rãi nhất, thích hợp cho mạch sơ đồ đấu nối cuộn stator. Đối với điện áp lưới điện hình sin, mỗi thyristor làm việc ứng với nửa chu kỳ dương của điện áp, dẫn dòng điện qua các cuộn dây pha stator. Điện áp thuận và nghịch cực đại đặt lên thyristor tùy thuộc sơ đồ đấu nối bằng $\sqrt{2}U_{\text{dây}}$ ($U_{\text{dây}}$ - điện áp dây). Dòng điện tức thời qua thyristor về cuộn stator:

$$I_u = \sqrt{\frac{\int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2 \omega t d\omega t}{2\pi}} = \frac{I_m}{2} \quad (1.26)$$

Dòng điện trung bình qua các cuộn dây stator:

$$I_{ub} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t d\omega t = \frac{2}{\pi} I_m \quad (1.27)$$

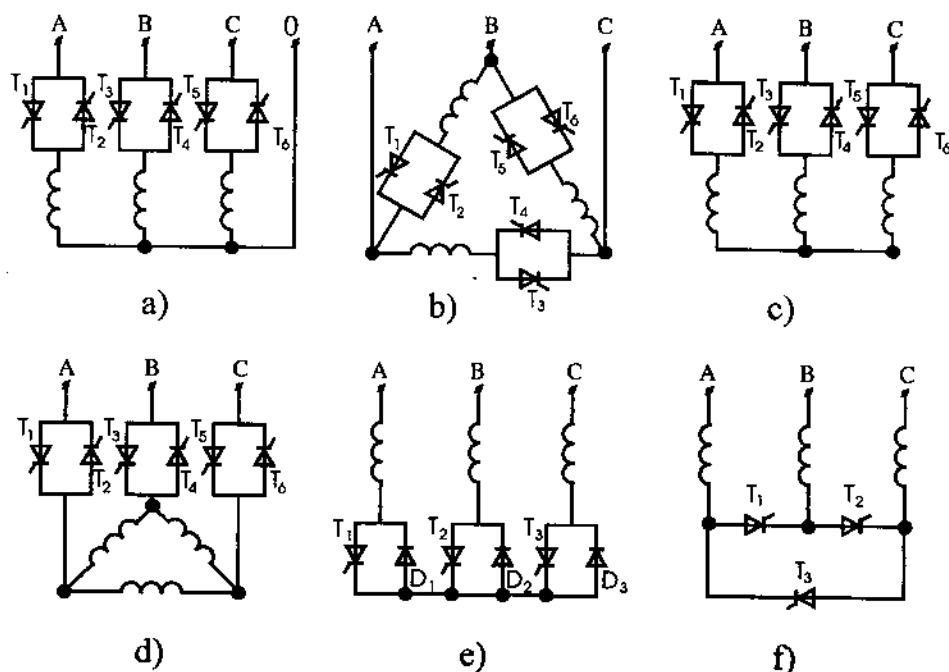
Dòng điện qua mỗi thyristor:

$$I_{thh} = \frac{I_{cp}}{2} = 0,45 I_u \quad (1.28)$$

Sơ đồ hình 1.16b tương tự như hình 1.16a nhưng gồm một thyristor và 4 diod, dòng điện trung bình chạy qua thyristor $I_{th} = 0,9 I_u$. Điện áp thuận cực đại đặt lên thyristor $U_{th} = \sqrt{2} U_{\text{dây}}$, nhưng điện áp ngược đặt lên thyristor rất nhỏ (gần bằng 0). Ở đây, điện áp điều khiển đặt vào thyristor theo cả hai nửa chu kỳ (tần số xung điện điều khiển bằng hai lần tần số điện áp lưới). Trong sơ đồ hình 1.16c điện áp thuận đặt lên thyristor tương tự hai trường hợp trên (bằng $\sqrt{2} U_{\text{dây}}$), điện áp ngược trên các thyristor rất nhỏ (tương tự hình 1.16b).

Sơ đồ hình 1.16b chỉ thích hợp với động cơ không đảo chiều quay với sơ đồ cuộn dây stator hình Y ba dây (không dây trung tính). Đối với sơ đồ đấu hình tam giác phần tử chỉ thị có thể đấu vào điện áp dây, dòng điện chạy qua thyristor $I_{thh} = 0,45 I_n$ và điện áp thuận cực đại $U_{th} = \sqrt{2} U_{dây}$, điện áp ngược trên thyristor bằng điện áp thuận rơi trên diod (gần bằng 0).

Đối với sơ đồ các hình 1.16 a, b, c góc điều khiển mở thyristor có thể thay đổi từ 0 đến 180° ($0 < \alpha < 180^\circ$), còn ở sơ đồ hình 1.16d chỉ thay đổi một nửa chu kỳ, còn nửa chu kỳ kia hầu như tự dẫn (không điều khiển). Đối với sơ đồ hình 1.16d, góc điều khiển α thay đổi từ góc lệch pha của phụ tải φ đến góc 210° ($\varphi < \alpha < 210^\circ$). Để mở rộng vùng điều khiển của góc α cần sơ đồ điều khiển khá phức tạp.

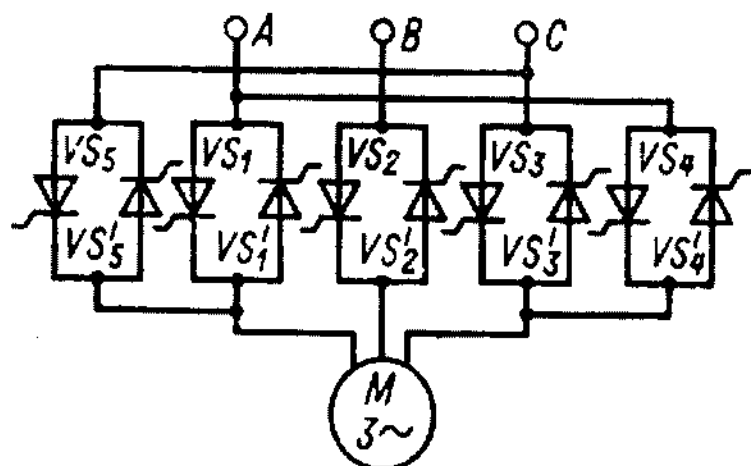


Hình 1.17 - Sơ đồ đấu điện hình các phần tử (van bán dẫn) vào cuộn dây stator của động cơ điện.

Điều khiển điện áp đặt vào stator động cơ bằng van bán dẫn thyristor bằng phương pháp điều khiển góc mở α làm phát sinh các sóng hài trong

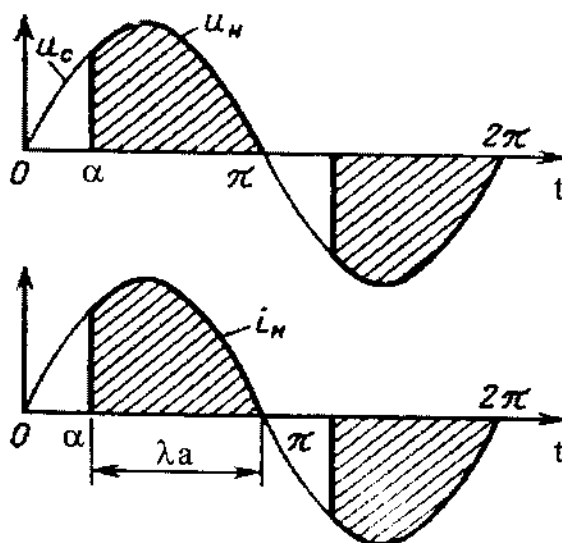
mạch điện gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện năng (tăng hệ số không sin của điện áp nguồn cung cấp, làm tăng quá trình đốt nóng động cơ, giảm hiệu suất của động cơ và gây nhiễu sóng đối với các thiết bị đo lường, điều khiển trong mạch).

Sơ đồ hình 1.17a, b làm phát sinh các sóng hài bậc lẻ. Sơ đồ hình 1.17c, d tạo các sóng hài bậc lẻ, ngoại trừ sóng hài bậc 3 và sơ đồ hình 1.17e, f có tất cả các sóng hài bậc chẵn và lẻ ngoại trừ sóng hài bậc 3.



Hình 1.18 - Sơ đồ điều khiển vận tốc và đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha

Đặc tính cơ tổng hợp của động cơ không đồng bộ chịu ảnh hưởng của các sóng hài điện áp lưới như sau: Hài bậc $(3k + 1)$ có tác dụng tạo ra từ trường quay 3 pha, trùng với chiều quay của hài cơ bản (bậc 1). Hài bậc $(3k - 1)$ có thứ tự ngược, còn hài bậc $3k$ có thứ tự không (không tạo ra từ trường quay mà tạo ra từ trường đập mạch một pha). Với k là số nguyên dương bất kỳ ($k = 1, 2, 3, \dots$). Sơ đồ hình 1.17a, c là hai sơ đồ để thực hiện và hiệu quả nhất. Nếu đầu thêm hai cặp song nghịch vào cực cuộn dây stator có tín hiệu điều khiển thích hợp đảo thứ tự pha nguồn cung cấp (hình 1.18), sơ đồ có khả năng khởi động và đảo chiều quay động cơ không đồng bộ ba pha với 5 cặp thyristor song nghịch.



Hình 1.19 - Góc điều khiển α và góc dẫn λ trong biểu đồ thời gian của điện áp U_H và dòng điện i_H điều khiển khởi động mềm động cơ

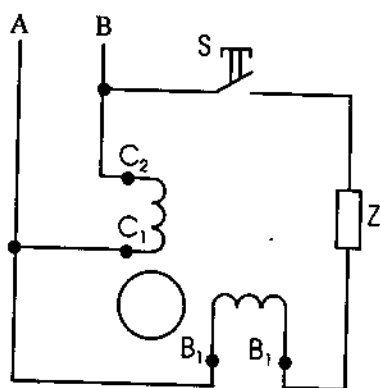
Ở chế độ khởi động (quay thuận chiều thứ tự pha A-B-C do các cặp thyristor song nghịch VS_1 - VS_2 , VS_3 - VS_4 và VS_5 - VS_6 đảm nhận), khi đảo chiều theo thứ tự pha tương ứng B-A-C do các cặp VS_9 - VS_{10} , VS_7 - VS_8 và VS_5 - VS_6 lần lượt đóng mở nhịp nhàng.

Chất lượng của quá trình khởi động phụ thuộc vào giá trị điện áp tại thời điểm động cơ bắt đầu khởi động (góc α_1) và luật điều khiển gia tăng điện áp nguồn nuôi đến giá trị lớn nhất, thường là giá trị định mức. Nói cách khác là luật điều khiển giảm dần góc mở α (hình 1.19).

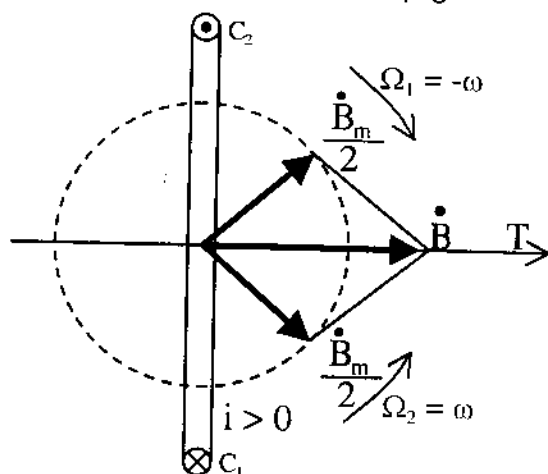
Thông thường, góc trễ ban đầu α_1 chọn đặt với giá trị trong khoảng $120^\circ \div 130^\circ$ (ứng với $30 \div 80$ % điện áp định mức U_{dm}) tùy thuộc công suất và quán tính của hệ, thời gian khởi động thường kéo dài từ vài trăm mili giây đến vài chục giây.

5. Động cơ không đồng bộ một pha

Động cơ không đồng bộ một pha công suất nhỏ có kết cấu tương tự động cơ điện không đồng bộ 3 pha lồng sóc. Đặc điểm của loại động cơ này là trong rãnh sắt từ stator có cuộn dây hai pha, tạo thành bởi cuộn dây chính (làm việc) C_1 - C_2 có pha (vùng pha) 120° điện và cuộn dây phụ (khởi động) B_1 - B_2 có pha (vùng pha) 60° điện (hình 1.20). Trục từ chính các cuộn dây pha này lệch nhau 90° điện.



Hình 1.20 - Sơ đồ đấu nối cuộn dây động cơ không đồng bộ một pha rotor lồng sóc
Z - phần tử mạch khởi động.



Hình 1.21 - Phân bố từ trường xoay chiều so với trục đối xứng của hai từ trường quay như nhau có chiều quay ngược nhau.

Một pha làm việc, nối vào lưới cung cấp điện xoay chiều không thể làm quay rotor, vì chỉ tạo ra từ trường quay với trục đối xứng 1 không đối, đặc trưng bởi cảm ứng từ B biến đổi điều hòa theo thời gian (hình 1.21). Từ trường này gồm hai từ trường quay tròn thành phần, quay với cùng vận tốc $|\Omega_1| = |\Omega_2|$ theo hai chiều thuận nghịch với độ lớn $B_m/2$.

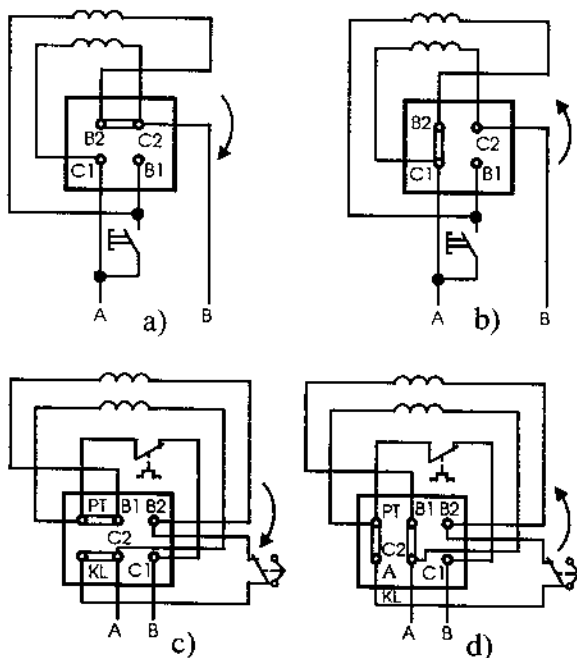
$$B = \frac{B_m}{2} (\sin \omega t + j \cos \omega t + \sin \omega t - j \cos \omega t) = \frac{B_m}{2} e^{-j(\omega t - \frac{\pi}{2})} + \frac{B_m}{2} e^{j(\omega t - \frac{\pi}{2})} \quad (1.29)$$

Trong đó: B_m - biên độ cảm ứng từ, kích thích bởi dòng điện trong cuộn dây pha chính, duy trì chuyển động khi rotor bắt đầu quay theo chiều xác định (ví dụ: Dưới tác động khởi động ban đầu).

Sau khi đóng mạch cung cấp điện cho động cơ, dòng điện trong hai cuộn dây stator (cảm ứng từ trong khe hở giữa rotor và stator) phụ thuộc vào độ lệch pha tạo nên bởi thiết bị Z (điện trở, điện cảm hay điện dung) và các thành phần mạch điện của các cuộn dây stator. Vector cảm ứng từ trong khe hở không khí giữa rotor và stator vẽ nên đường elip, tạo sức điện động, dòng điện và từ trường trong mạch cuộn rotor ngắn mạch tác động tương hỗ qua lại tạo mômen quay rotor theo chiều đã định, đạt vận tốc định mức trong vòng vài giây chuyển động.

Chuyển động của rotor duy trì theo chiều đã định kể cả sau khi công tắc khởi động cắt mạch, rotor quay chậm hơn từ trường quay bởi hiệu ứng trượt (hệ số trượt s). Thông thường, duy trì công tắc khởi động quá 3s là không cần thiết, có thể gây nóng quá mức cho cuộn dây, cách điện... làm hỏng động cơ.

Để tăng độ tin cậy trong vận hành, sử dụng động cơ điện một pha không đồng bộ, trong thực tiễn thường sử dụng cơ cấu li tâm hay rơle nhiệt (cấy vào động cơ) để ngắt thiết bị khởi động ra khỏi mạch sau khởi động để tránh sự cố sau khi động cơ đạt vận tốc định mức hoặc ngắt nguồn điện lưới khi cuộn dây stator bị đốt nóng quá mức.



Hình 1.22 - Sơ đồ đấu nối hộp cực đổi chiều quay của động cơ

Đổi chiều quay của động cơ có thể thực hiện bằng cách đổi chiều dòng điện của một trong hai cuộn dây stator trong quá trình khởi động bằng cách bố trí lại thanh dẫn trên hộp nối của động cơ (hình 1.22a, b).

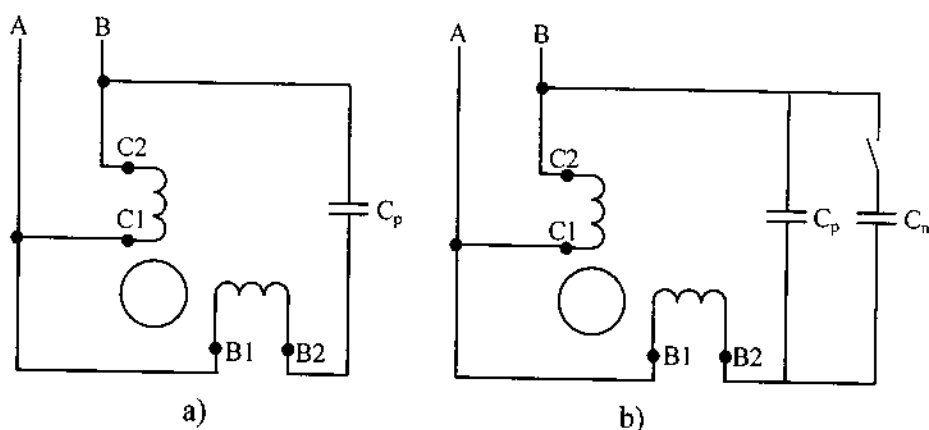
Động cơ không đồng bộ một pha có hệ số (tỷ lệ) mômen khởi động nhỏ hơn so với động cơ ba pha có cùng công suất ($k_M = 1,0 \div 1,5$).

$$k_M = \frac{M_{kd}}{M_{dm}} \quad (1.30)$$

và hệ số (tỷ lệ) dòng khởi động lớn hơn ($k_I = 5 \div 9$)

$$k_I = \frac{I_{kd}}{I_{dm}} \quad (1.31)$$

Đặc tính khởi động của động cơ 1 pha cũng thua kém đặc tính của động cơ 3 pha không đồng bộ (do xuất hiện hiệu ứng hãm bởi từ trường elíp, cấu thành từ hai từ trường quay ngược chiều nhau). Nhược điểm này sẽ được khắc phục nếu chọn trị số tụ khởi động thích hợp và phải cắt tụ khởi động ra khỏi cuộn dây phụ khi vận tốc quay đạt 0,8 lần vận tốc quay định mức. Động cơ 1 pha không đồng bộ khởi động bằng tụ có chất lượng khởi động khá hơn (hệ số $k_M = 1,7 \div 2,4$ và $k_I = 3 \div 5$).



Hình 1.23 - Sơ đồ đấu nối động cơ hai pha không đồng bộ rotor lồng sóc

Động cơ điện không đồng bộ với hai cuộn dây pha stator có vùng pha 90° điện, được bố trí trong rãnh sắt từ stator. Mặc dù hai cuộn dây pha ở chế độ làm việc có công suất hoàn toàn bằng nhau, nhưng có số vòng và điện áp, dòng điện công tác khác nhau. Một pha luôn được nối với tụ điện C_p vừa có tác dụng khởi động vừa làm việc (hình 1.23a), tính theo công thức:

$$C_p = \frac{I_1 \sin \varphi_1}{2\pi f \cdot U \cdot n^2} \quad (1.32)$$

Trong đó: I_1 , φ_1 - dòng điện và góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện mạch stator (khi không có tụ điện đối với từ trường quay tròn A và độ điện φ);

f , U - tần số và điện áp lưới cung cấp, Hz và V;

n - hệ số quy đổi.

$$n = \frac{k_2 w_2}{k_1 w_1} \quad (1.33)$$

Trong đó: k_1 , k_2 - hệ số cuộn dây stator với số vòng W_1 và W_2 tương ứng.

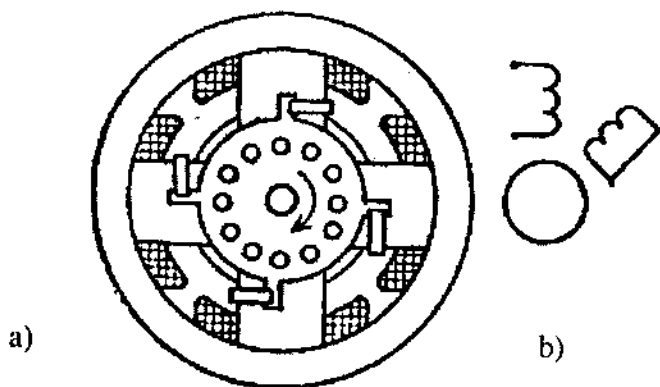
Điện áp trên cực tụ điện:

$$U_C = U \sqrt{1 + n^2} \quad (1.34)$$

Phương pháp khởi động tụ này chỉ phù hợp với điều kiện khởi động nhẹ nhàng vì M_{kd} luôn nhỏ hơn $0,3M_{dm}$. Để cải thiện đặc tính khởi động của hệ này cần bố trí thêm tụ điện khởi động C_{kd} (hình 1.23b). Trị số tụ điện này lớn hơn tụ điện C_p và phụ thuộc vào mômen khởi động (tối đa đạt tới trên $2M_{kd}$). Sau khi vận tốc khởi động đạt $0,6 \div 0,7 n_{dm}$, cắt tụ C_{kd} để tránh đốt nóng không cần thiết động cơ. Như vậy có thể đạt $k_M = 1,7 \div 2,4$ và $k_I = 4 \div 6$.

Động cơ khởi động bằng tụ điện có chỉ tiêu năng lượng, hệ số $\cos \varphi$ cao hơn động cơ một pha khởi động bằng cuộn khởi động stator có cùng công suất.

5.1. Động cơ điện một pha kiểu vòng ngắn mạch



Hình 1.24 - Động cơ không đồng bộ kiểu vòng ngắn mạch

a) Kết cấu; b) Ký hiệu

Điện cực trong động cơ điện một pha được xé rãnh, gắn vòng ngắn mạch (hình 1.24a).

Khi cấp điện xoay chiều hình sin vào cuộn stator, dòng điện chạy trong cuộn dây tạo từ trường xoay chiều với trục đối xứng cố định, tạo sức điện động và dòng điện trong vòng ngắn mạch sinh ra sức từ động chống lại sự gia tăng hay suy giảm từ trường chính trong phần điện cực bị chặn (bên trong vòng ngắn mạch), nhưng vì không đồng pha chúng tạo từ trường quay elip trong không gian hướng từ trục từ phần không bị “chặn” của điện cực đến trục từ phần bị “chặn”. Do lực tương tác điện từ trong rotor tạo mômen khởi động ban đầu $M_{kd} = (0,2 \div 0,6)M_{dm}$, đưa rotor quay đến vận tốc định mức nếu mômen cản trục động cơ không vượt quá trị số mômen khởi động ban đầu.

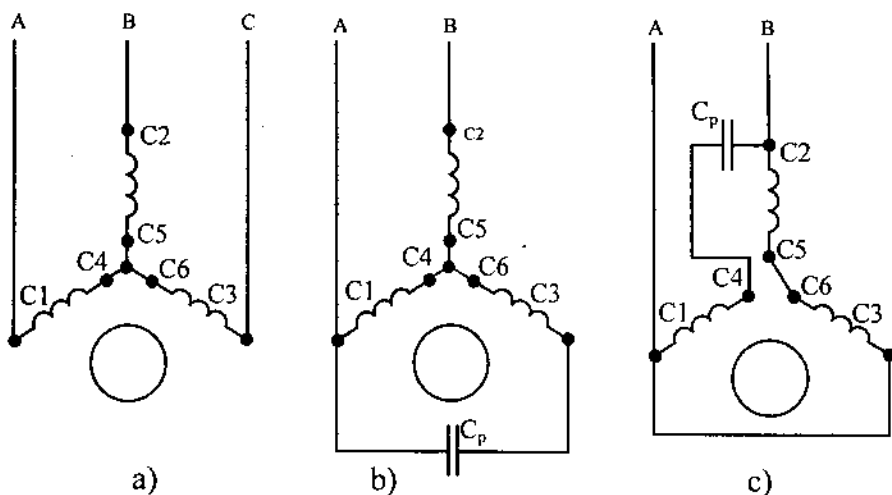
Để tăng mômen khởi động của loại động cơ này giữa các điện cực bố trí các “sơn từ” làm bằng thép lá để làm tròn hơn từ trường quay.

Động cơ kiểu vòng ngắn mạch có chiều quay xác định do kết cấu lắp ráp, tần suất khởi động cho phép dòng lớn, có thể làm việc ở chế độ phanh dài hơn, thông thường có 4 cực, công suất từ 0,5 đến 30W. Trường hợp đặc biệt có công suất đến 300W, hiệu suất $\eta_{dm} = 0,2 \div 0,4$ đối với tần số lưới cung cấp 50Hz.

5.2. Sử dụng động cơ điện ba pha ở lưới điện một pha

Theo điều kiện địa lý của gian sản xuất, tần suất chế biến không liên tục địa bàn phân tán, hoặc không có hiệu quả trang bị lưới điện ba pha. Tương tự, dưới giác độ kỹ thuật, truyền động điện cho các máy thiết bị có tính lưu động cao như máy phân loại, làm sạch hạt, phân phối thức ăn gia súc, máy sấy liên động... sử dụng động cơ điện nuôi bằng lưới điện một pha là hợp lý hơn cả.

Trong các thiết bị điều khiển sử dụng khá phổ biến động cơ không đồng bộ đa năng - máy điện ba pha công suất nhỏ (từ 1,5 đến 70W), nuôi bằng nguồn lưới điện ba pha hay một pha (công suất từ 1 đến 55kW), hiệu suất $\eta_{dm} = 0,09 \div 0,65$ (hình 1.25a, b, c).



Hình 1.25 - Sơ đồ nối động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc ba pha làm việc ở lưới điện ba pha a) và một pha b), c)

Khi nuôi bằng nguồn lưới điện một pha, đặc tính khởi động và đặc tính làm việc của động cơ thấp hơn so với khi nuôi bằng nguồn lưới điện ba pha. Để khởi động động cơ ba pha làm việc ở lưới điện một pha công suất đến 14kW có thể áp dụng một trong các sơ đồ đấu nối thông dụng cho trong hình 1.25b, c.

Trong trường hợp động cơ giữ nguyên ba cuộn dây pha stator, điện dung đấu nối trực tiếp vào hai đầu nối ở hộp cực của cuộn khởi động tính theo công thức (hình 1.26):

$$C_{kd} = C_p + C_0 \quad (1.35)$$

Trong đó: C_{kd} - điện dung khởi động, μF ;

C_p - điện dung làm việc thường trực, μF ;

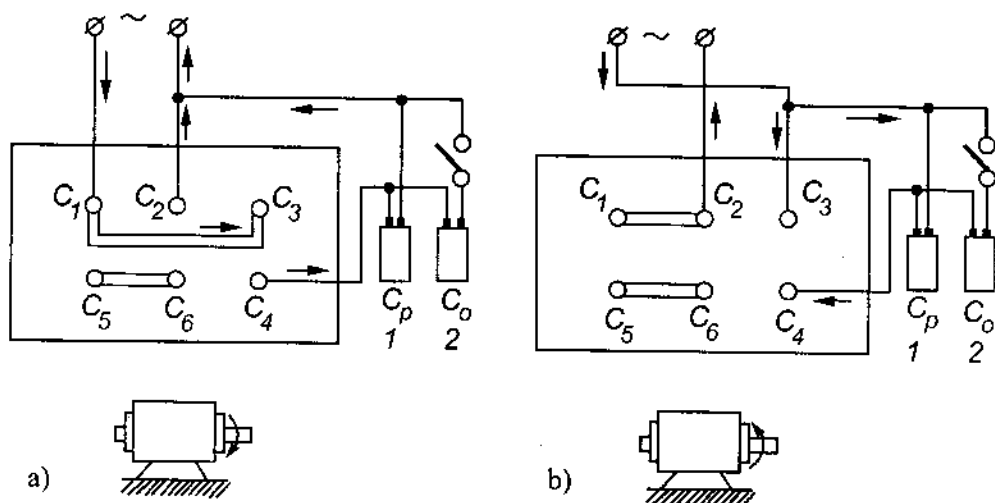
C_0 - điện dung khởi động bổ sung, μF .

Chiều quay của trục động cơ có thể thay đổi bằng cách đảo đầu dây cung cấp nguồn điện lưới từ một đầu cực sang điện cực bên kia của tụ điện.

Trong hình 1.25b, dòng điện chạy trong cuộn dây stator của động cơ theo thứ tự $I_A - I_B - I_C$, tương ứng với chiều quay xác định của từ trường. Khi chuyển đầu dây cung cấp điện lưới từ điện cực bên phải sang điện cực bên trái của tụ điện, dòng điện trong cuộn dây stator đổi chiều theo thứ tự ngược lại $I_A - I_C - I_B$, đổi chiều quay của trục động cơ.

Trong hình 1.25c cho các phương án đấu nối tụ điện khởi động vào ba cuộn dây stator đã đấu thành hai cuộn. Một trong hai cuộn dây được tạo thành từ hai cuộn dây pha (hai pha), gọi là cuộn dây pha tụ điện (cuộn khởi động). Cuộn dây còn lại được cấp điện áp lưới cung cấp, gọi là cuộn dây chính (cuộn làm việc).

Cách đổi nối đầu các cuộn dây stator, dây cấp nguồn cung cấp điện trên hộp nối điện đảo chiều quay của động cơ không đồng bộ một pha theo sơ đồ nguyên lý hình 1.25b, c minh họa trong hình 1.26.



Hình 1.26 - Đảo chiều quay của động cơ bằng cách đổi nối đầu dây và dây nguồn cung cấp trên hộp đấu nối

Cách cắt tụ điện khởi động khỏi mạch khởi động đối với động cơ ba pha làm việc ở chế độ một pha tương tự động cơ một pha và hai pha trong các mạch tự động truyền động được thực hiện nhờ role li tâm, role nhiệt hoặc bằng cầu dao trong các hệ truyền động đơn giản.

Trị số tụ điện công tác tỷ lệ thuận với công suất của động cơ (dòng điện định mức) và tỷ lệ nghịch với điện áp cung cấp. Trong lưới điện tần số công nghiệp 50Hz đối với các sơ đồ điển hình trong hình 1.27 tính gần đúng theo các công thức tương ứng sau:

$$\text{a) Hình 1.27a: } C_p \approx 2800 \frac{I_{dm}}{U} \quad (1.36)$$

$$\text{b) Hình 1.27b: } C_p \approx 4800 \frac{I_{dm}}{U} \quad (1.37)$$

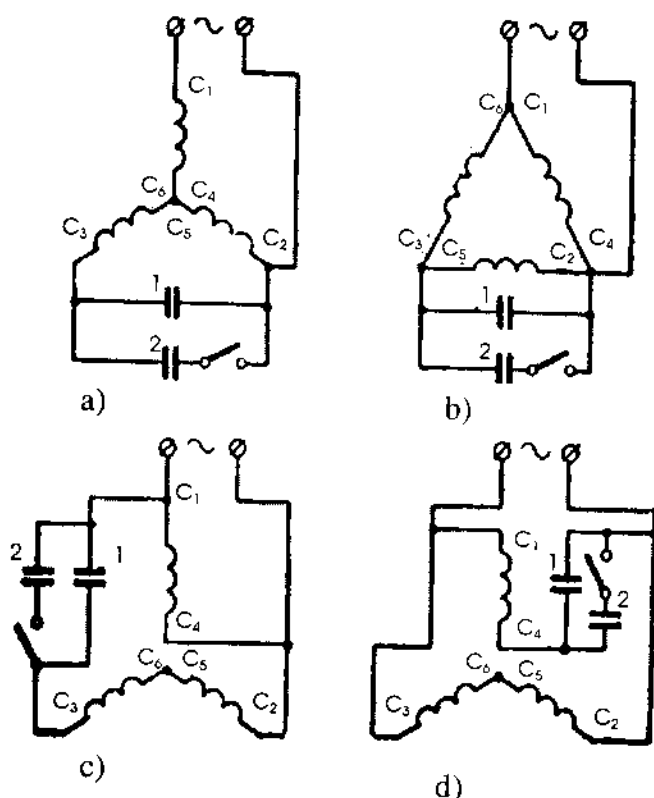
c) Hình 1.27c: $C_p \approx 1600 \frac{I_{dm}}{U}$ (1.38)

d) Hình 1.27d: $C_p \approx 2740 \frac{I_{dm}}{U}$ (1.39)

Trong đó: I_{dm} - dòng điện định mức, A; .

U - điện áp lưới cung cấp, V.

Để đạt được mômen khởi động gần bằng mômen định mức tụ điện khởi động chọn theo điều kiện $C_{kd} = (2 \div 3) C_p$.



Hình 1.27 - Một số sơ đồ đấu nối động cơ ba pha chạy ở lưới điện một pha

Ví dụ: Hãy tính điện dung cần thiết để khởi động động cơ có công suất 0,25kW, 127/220V, 2/1,15A nếu động cơ đấu nối theo sơ đồ hình 1.27a, điện áp lưới cung cấp là 220V/50Hz.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài:

Dòng điện qua tụ điện:

$$I_C = I_{dm} = 1,15A$$

Áp dụng công thức:

$$C_p \approx 2800 \frac{I_{dm}}{U} = 2800 \frac{1,15}{220} \approx 14,6\mu F$$

Chọn $C = 15\mu F$.

Tụ điện khởi động:

$$C_{kd} = (C_p + C_0) = (2 + 3) \cdot 15\mu F = 30 + 45\mu F$$

Chọn $C_0 = 27\mu F$

$$C_{kd} = 15 + 27 = 42\mu F.$$

6. Điều chỉnh tốc độ động cơ

Điều chỉnh tốc độ động cơ được thực hiện dựa trên mối quan hệ cơ bản sau:
Theo vận tốc góc rad/s:

$$\omega = \frac{2\pi f}{p}(1-s) \quad (1.40)$$

Khi quy đổi về vận tốc quay, min⁻¹:

$$n = \frac{60f}{p}(1-s)$$

Theo đó, có thể thay đổi vận tốc quay rotor động cơ bằng cách thay đổi tần số điện áp cung cấp trong cuộn stator (f), số cặp cực (p) hay hệ số trượt (s).

Điều chỉnh vận tốc quay động cơ bằng tần số được thực hiện nhờ bộ biến tần (bộ biến tần đảm bảo tạo ra đặc tính cơ “cứng” và khả năng điều chỉnh mịn liên tục vận tốc quay trong khoảng $\omega_{max}/\omega_{min} = 12/1$).

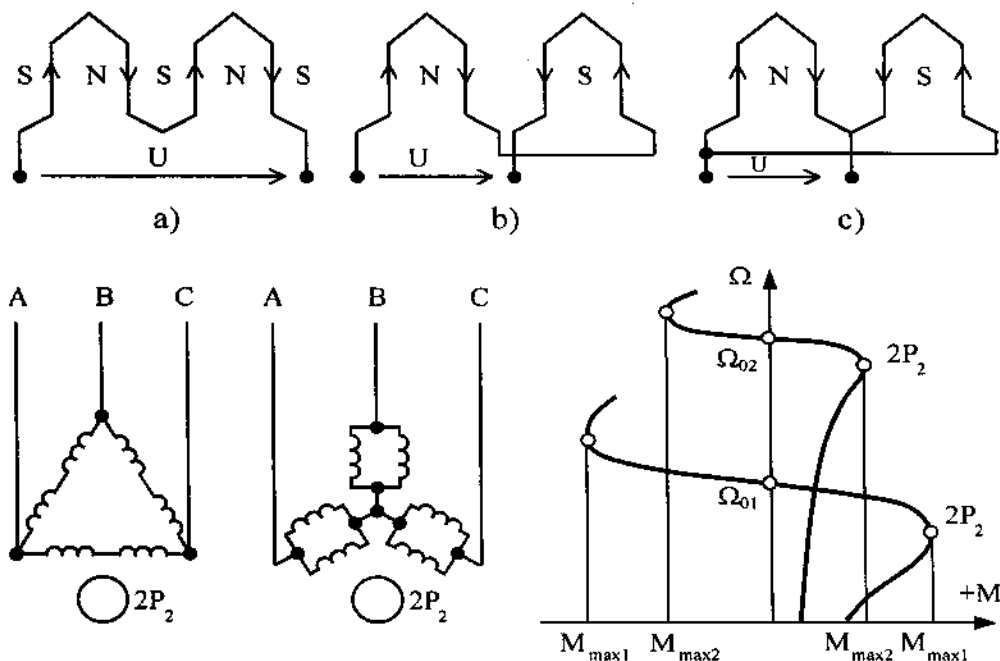
Thay đổi tần số điện áp lưới cung cấp đảm bảo chuyển động cơ sang đường cong đặc tính cơ với vận tốc quay tương ứng Ω' tại mômen quay xác định (hình 1.8b).

Để đảm bảo đặc tính ổn định cao, đồng thời phải điều chỉnh giá trị điện áp đặt trên cực nối điện stator phù hợp để duy trì không đổi tỷ số U/f .

Điều chỉnh số cặp cực cuộn stator bằng cách đổi nối có thể điều chỉnh vận tốc quay theo bậc đảm bảo đặc tính cứng và rất kinh tế. Muốn vậy, động cơ loại này phải được chế tạo với các cuộn dây stator đặc biệt, cho phép đổi nối số cặp cực ngay trên hộp cực.

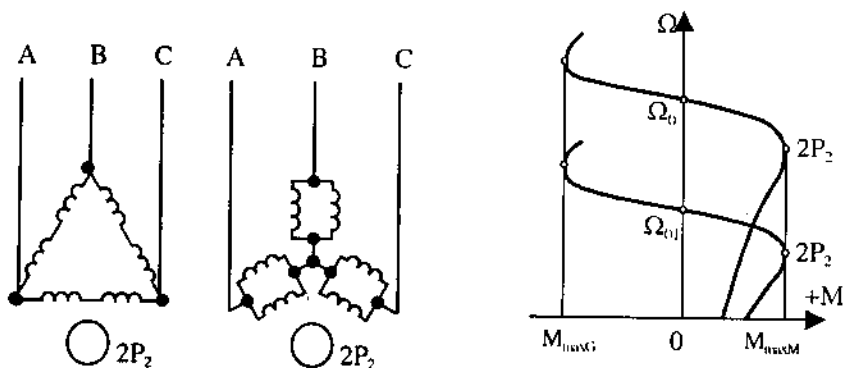
Trong cuộn dây stator động cơ không đồng bộ hai tốc độ có vận tốc góc đồng bộ Ω_{01} và Ω_{02} (cao thấp khác nhau hai lần), mỗi cuộn dây stator cho phép nối các cuộn dây cùng loại bằng các phương tiện khác nhau, đổi chiều dòng

điện một trong hai nửa cuộn dây (hình 1.28a, b, c). Nhờ vậy vận tốc đồng bộ thay đổi hai lần, cực từ của stator được xác định theo chiều đường sức từ (ví dụ: Dòng điện đi vào có cực bắc, còn dòng điện đi ra có cực nam).



Hình 1.28 - Điều chỉnh tốc độ bằng cách đổi chiều cuộn dây

Trong thực tế pha của cuộn dây stator đổi nối từ sơ đồ sao sang sơ đồ sao kép, đảm bảo tăng công suất gần như gấp đôi và giữ nguyên mômen cực đại và mômen cực tiểu (hình 1.29).



Hình 1.29 - Đổi nối từ sơ đồ sao sang sơ đồ sao kép

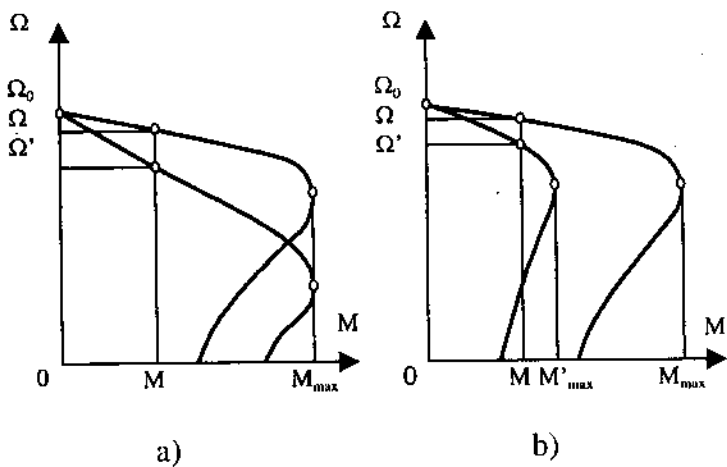
Đối với pha cuộn dây stator từ sơ đồ Δ sang Y, hầu như giữ nguyên công suất ở cả hai tốc độ, nhưng khi vận tốc quay thấp hơn tăng gần gấp đôi mômen cực đại và mômen cực tiểu. Tuy nhiên khi đổi nối số cặp cực cần thiết phải đồng thời thay đổi thứ tự pha điện áp nguồn điện lưới để giữ nguyên chiều quay của rotor.

Vào thời điểm đổi nối cuộn dây pha stator theo chiều tăng số cặp cực (giảm vận tốc quay), động cơ tự động chuyển từ chế độ động cơ sang chế độ phát điện, trả năng lượng về lưới điện, xảy ra quá trình tự hãm đưa động cơ về xác lập tại vận tốc quay thấp hơn.

Một số động cơ hai tốc độ có cuộn dây stator riêng rẽ tương ứng hai vận tốc quay, thay đổi tốc độ thực hiện đơn giản bằng cách đấu một trong hai cuộn dây vào lưới điện.

Động cơ nhiều tốc độ thường có tỷ số thay đổi không lớn hơn 8:1, do cấu tạo phức tạp và kích thước quá công kênh.

Điều chỉnh vô cấp (mềm) vận tốc trục động cơ có thể thực hiện bằng cách thay đổi hệ số trượt s khi mômen quay không đổi và giảm vận tốc đến trị số $\Omega' < \Omega$ (hình 1.30a).



Hình 1.30 - Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi hệ số trượt

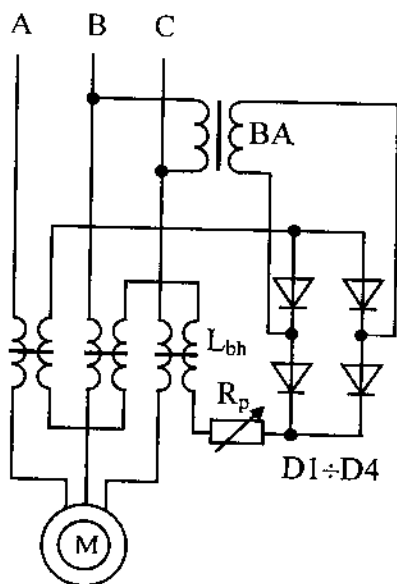
Thay đổi điện trở trong mạch cuộn dây stator cho phép thay đổi vận tốc quay của động cơ không đồng bộ ba pha khi mômen quay đủ lớn đạt tỷ số 3:1, làm giảm độ cứng của đặc tính cơ. Do sự phát nóng của điện trở trong mạch stator, phương thức này không kinh tế đối với chế độ làm việc dài hạn.

Nếu thay đổi hệ số trượt bằng cách thay đổi điện áp đặt lên hộp cực động cơ bằng cuộn cảm, điện trở hay van điều chỉnh thyristor... có thể điều khiển vô cấp vận tốc quay trong dải hẹp, nhưng giảm độ cứng của đặc tính cơ, giảm tính ổn định của hệ - chỉ phù hợp với một số máy công tác có đặc tính gần giống quạt, máy bơm...

Trong hình 1.31 cho sơ đồ nguyên lý điều khiển vận tốc quay của động cơ không đồng bộ bằng bộ điện kháng ba pha, điện cảm của bộ điện kháng thay đổi nhờ cầu nắn 4 diod và điện trở phụ R_p (điều chỉnh độ bão hòa của cuộn điện kháng). Vào thời điểm bắt đầu khởi động R_p có trị số lớn (dòng 1 chiều qua điện kháng nhỏ), điện áp rơi trên điện kháng lớn giảm dần trị số điện trở R_p làm giảm sụt áp trên điện kháng, tăng điện áp đặt vào động cơ - tăng vận tốc quay của động cơ. Phương pháp này luôn kèm theo sự phát nóng trong mạch rotor, không phù hợp với động cơ công suất lớn. Mặt khác, điện kháng công kênh, tăng chi phí thiết bị điều khiển, hệ số $\cos\phi$ thấp.

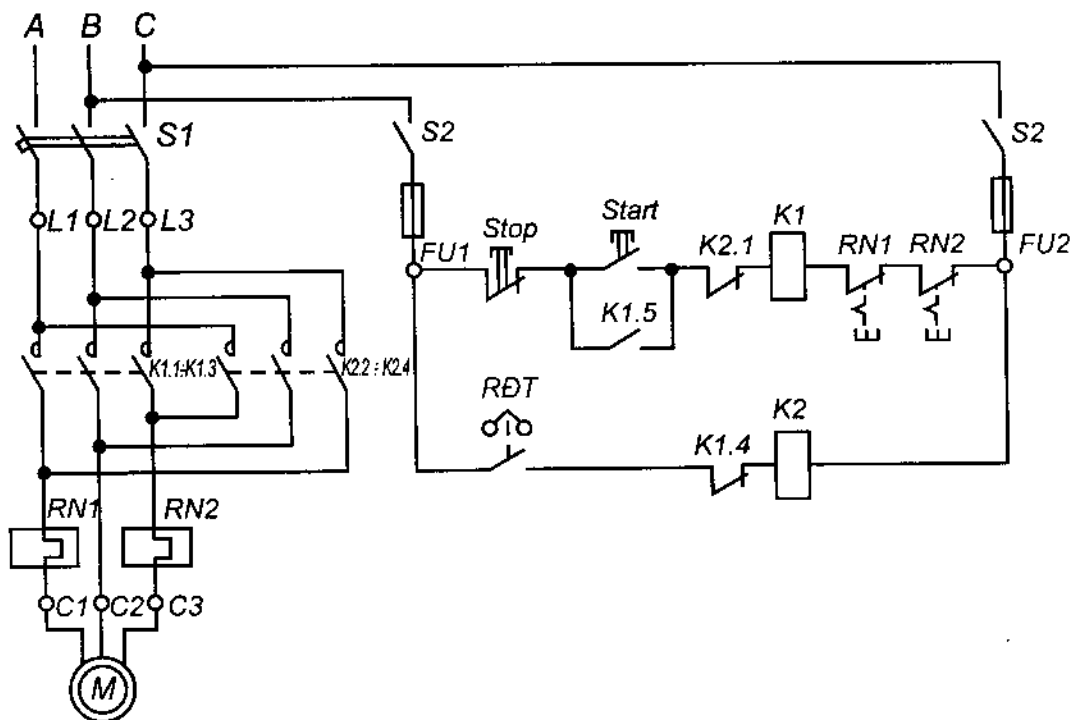
Điều chỉnh vận tốc quay động cơ bằng bộ điều chỉnh điện áp thyristor có nhiều ưu điểm: gọn nhẹ, hiệu suất cao, tác động nhanh, được sử dụng rộng rãi trong các hệ truyền động tự động trong các dây chuyền sản xuất chế biến hiện đại.

Điều khiển tự động phải thỏa mãn các yêu cầu bao gồm khởi động, đảo chiều, hãm (phanh), điều chỉnh vận tốc quay và duy trì chế độ vận hành ở giá trị đặt theo yêu cầu của các công nghệ sản xuất, chế biến khác nhau.



Hình 1.31 - Sơ đồ nguyên lý điều khiển vận tốc quay của động cơ không đồng bộ nhờ bộ điện kháng 3 pha.

Để thực hiện các chức năng trên trong hệ thống điều khiển truyền động điện tự động (máy, thiết bị độc lập, liên hợp máy, dây chuyền thiết bị công nghệ...) sử dụng tổ hợp các khí cụ điện như các loại role, contactor... kết hợp với các thiết bị đo lường điều khiển điện tử chuyên dùng (mạch vi xử lý, máy tính điện tử...). Cầu chảy và role nhiệt (quản tính lớn hơn) có chức năng bảo vệ quá tải dài hạn (từ vài giây đến vài chục phút). Role điện từ, role dòng cực đại, role điện áp cực đại, cực tiểu... được sử dụng trong mạch có yêu cầu thời gian đáp ứng nhanh (vài giây đến vài chục giây). Đối với các yêu cầu đáp ứng nhanh hơn (đến vài trăm miligiây), phải sử dụng các mạch bảo vệ và thừa hành điện tử - bán dẫn.



Hình 1.32 - Sơ đồ điều khiển động cơ rotor lồng sóc

Đối với động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc công suất đến 75kW, điện áp 380V/50Hz thông thường sử dụng bộ công tắc tiếp điểm điện từ để đóng và mở mạch. Nếu công suất lớn hơn phải sử dụng các trạm hoặc tủ điều khiển chuyên dùng.

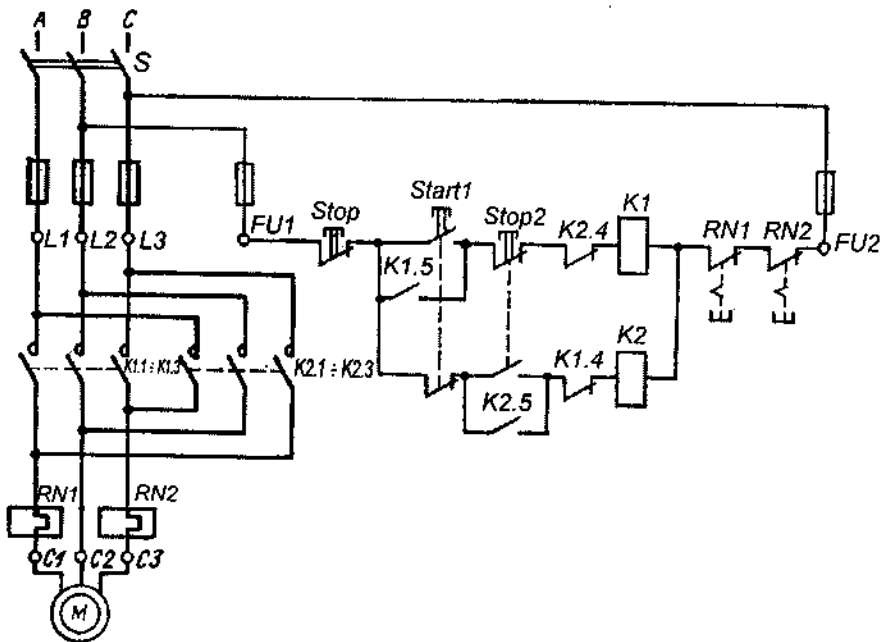
Trong hình 1.32 cho sơ đồ điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc. Điện áp cung cấp từ lưới điện được đưa về cực nối điện qua cầu chảy, bộ tiếp điểm K1.1, K1.2 và K1.3 của contactor K1 và rơle nhiệt RN.

Mạch điều khiển gồm có nút bấm ngắt mạch stop, nút khởi động start, tiếp điểm duy trì K1.4, cuộn hút của contactor K1 và tiếp điểm của role nhiệt RN. Sơ đồ này phù hợp cho động cơ có công suất đến 10kW.

Sau khi đưa điện áp lưới vào mạch nhờ aptomat S1, mạch điều khiển được cung cấp nguồn nuôi, sẵn sàng chờ làm việc. Nếu ấn nút start dòng điện đi qua cuộn hút K1 đóng các công tắc thường mở K1.1, K1.2 và K1.3 cung cấp điện cho động cơ M làm việc. Nhờ công tắc K1.4, khi thả nút start, cuộn K1 và động cơ được duy trì điện áp làm việc. RDT là rơ le điều tốc, ngắt mạch khi vận tốc quay đạt trị số cho phép.

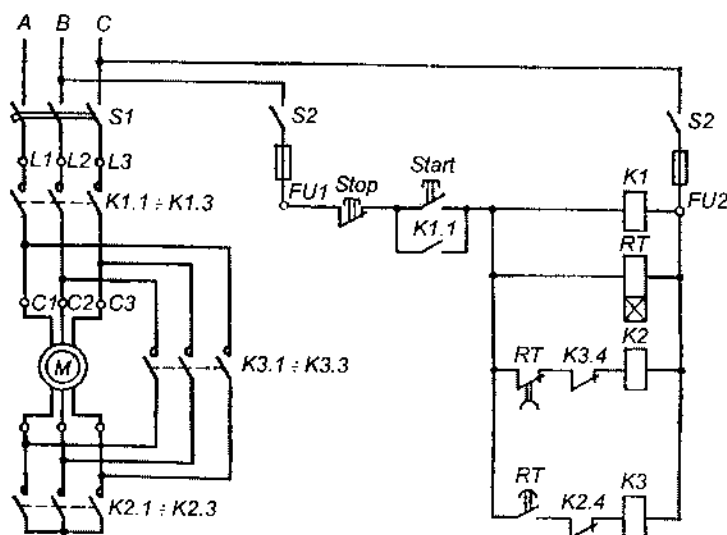
Khi dừng máy, chỉ cần bấm nút stop: K1 mất nguồn nuôi và ngắt nguồn cung cấp cho động cơ. Khi có sự cố hay bị quá tải (dòng điện qua động cơ lớn hơn giá trị đặt cho trước, role nhiệt tác động ngắt nguồn điều khiển cuộn K1 dẫn đến cắt nguồn cung cấp, dừng động cơ).

Đối với động cơ công suất trên 10kW, điện áp cung cấp cho mạch điều khiển lấy trước cầu chảy của mạch động lực và bố trí cầu chảy riêng cho mạch (hình 1.33).



Hình 1.33 - Sơ đồ điều khiển đảo chiều động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc

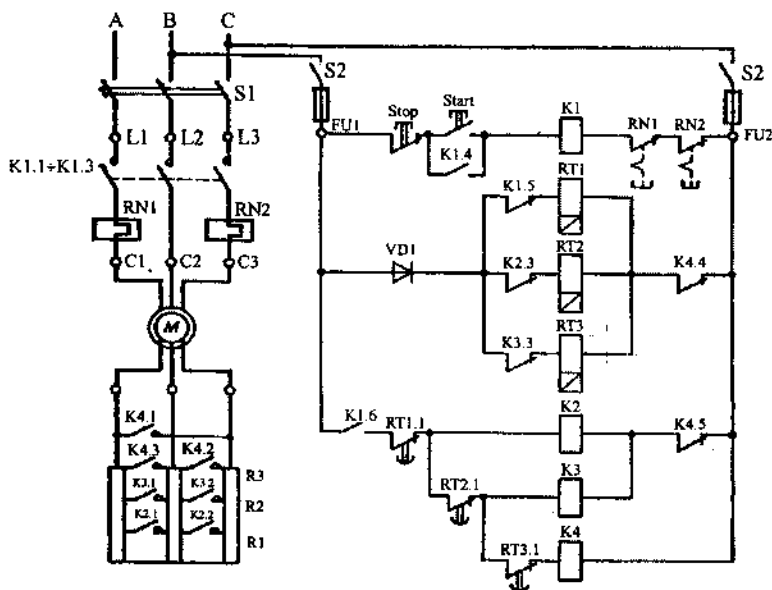
Đặc điểm của sơ đồ này là công tắc tơ K1 điều khiển động cơ làm việc theo chiều thuận, còn K2 đảo chiều động cơ trong mạch điều khiển của cuộn K1, K2 có bố trí công tắc K1.4 và K2.4 để loại trừ khả năng kích hoạt (bấm hai nút start1 và start2) đồng thời hai chế độ điều khiển. Nút start1 cung cấp điện cho động cơ làm việc theo chiều thuận, còn nút start2 theo chiều ngược lại (đảo chiều). Chức năng và nguyên lý hoạt động của các phần tử khác tương tự như trong hình 1.32.



Hình 1.34 - Sơ đồ điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc theo phương pháp Y - Δ

Trong hình 1.34 cho sơ đồ điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc khởi động theo phương pháp đổi nối Y - Δ , sử dụng rơle thời gian PB. Khi cung cấp nguồn cho mạch điều khiển qua công tắc S2, mạch sẵn sàng chờ hoạt động. Công tắc tơ K1 cung cấp nguồn điện lưới cho động cơ, còn K2 và K3 có nhiệm vụ đổi nối cuộn dây stator từ sơ đồ Y sang Δ . Quá trình khởi động diễn ra như sau: điện áp cung cấp đồng thời vào mạch động cơ nhờ K1 và cuộn dây stator sơ đồ đấu Y nhờ K2 và vào rơle thời gian PB ngay lập tức sau khi kích hoạt nút start. Sau thời gian trễ thích hợp (đặt trên rơle PB) để vận tốc trục động cơ đạt khoảng $0,7 n_{\text{dm}}$ kích hoạt cắt điện K2 (mở công tắc K2.1, K2.2, K2.3) và cung cấp điện cho K3 đưa cuộn dây stator về sơ đồ Δ . Tương tự sơ đồ hình 1.33, trong sơ đồ này cũng sử dụng khóa liên động K2.4 và K3.4 để tránh K2 và K3 bị kích hoạt đồng thời. Động cơ dừng nhờ nút Stop.

Trong hình 1.35 cho sơ đồ điều khiển khởi động động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây cuộn. Đặc điểm của sơ đồ này là có các role tăng tốc RT1, RT2 và RT3 định thời gian tác động (đóng điện cuộn hút) của các role thừa hành theo trình tự K2, K3 và K4, giảm dần giá trị điện trở khởi động trong mạch cuộn dây rotor của động cơ R1, R2 và R3. Các tiếp điểm ngay sau khi cung cấp điện cho mạch điều khiển qua công tắc S2 (khi K1 chưa làm việc). Các tiếp điểm RT1.1, RT2.1 và RT3.1 đều hở do các cuộn hút của RT1, RT2 và RT3 đều được cung cấp điện qua VD1. Khi ấn nút start, điện áp lưới được đưa vào cực động cơ và vào K1, role thời gian RT1 bị cắt nguồn nuôi. Sau thời gian trễ nhờ tiếp điểm RT1.1 và K1.6 lần lượt đưa nguồn nuôi vào cuộn hút K2, và qua RT2.1 để vào K3. Quá trình diễn ra tương tự đối với K4, cuối cùng ở giai đoạn khởi động cuối (điện trở khởi động trong mạch rotor giảm dần từ $R = R_1 + R_2 + R_3$ đến $R = 0$). Sau khi hút các tiếp điểm K4.4 và K4.5 của K4 cắt điện áp nuôi mạch khởi động gồm các cuộn RT1, RT2, RT3, K2 và K3. Động cơ được bảo vệ quá tải nhờ hai role nhiệt RN1 và RN2. Động cơ dừng nhờ nút bấm stop, cắt điện áp nuôi cuộn K1 và các tiếp điểm K1.1, K1.2 và K1.3 hở mạch.



Hình 1.35 - Sơ đồ điều khiển động cơ rotor dây quấn có role tăng tốc

Ví dụ: Hãy đọc và phân tích sơ đồ điều khiển truyền động nhóm dây chuyền chế biến hạt gồm ba thiết bị băng tải liệu, các động cơ khởi động theo trình tự để không gây ùn tắc vật liệu khi khởi động và dừng máy.

Giải:

Khởi động/dừng theo trình tự M1 - M2 - M3.

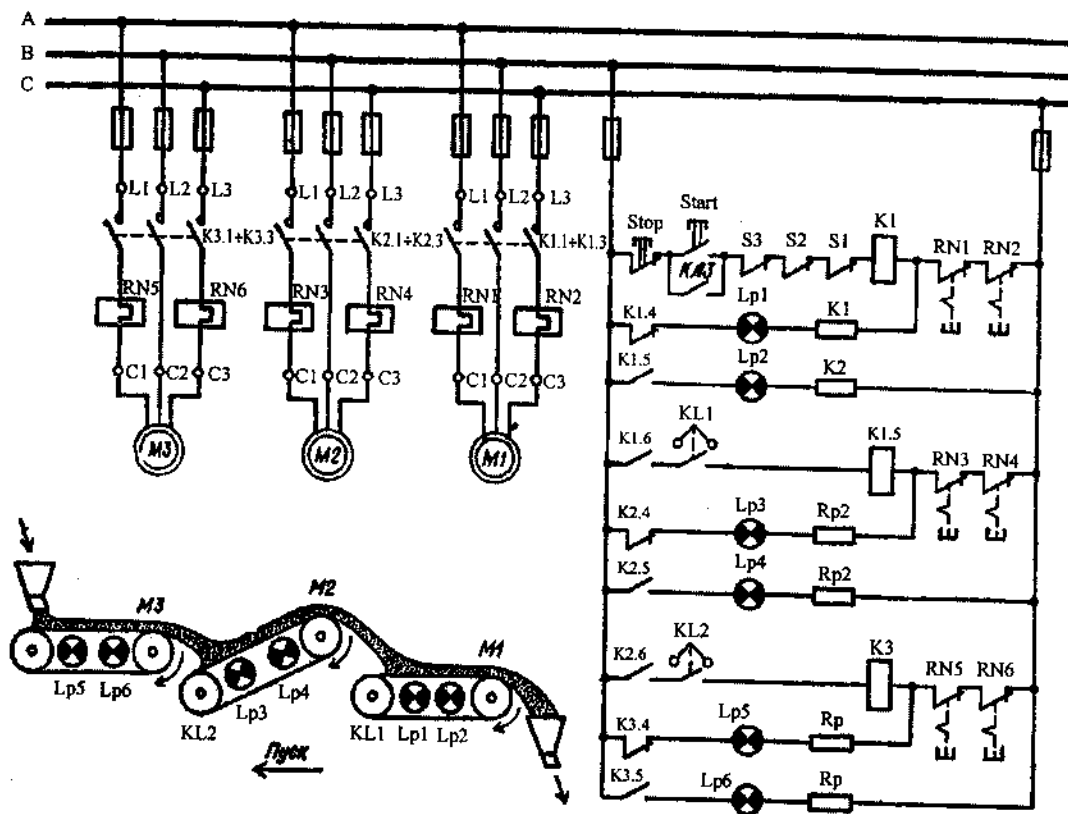
M1, M2, M3 - động cơ điện;

KL1, KL2 - rơle li tâm;

LP1 ÷ LP6 - đèn báo hiệu;

START, STOP - nút khởi động và nút dừng;

K1, K2, K3 - công tắc từ...



Hình 1.36 - Sơ đồ điều khiển tự động truyền động điện 3 động cơ nhóm dây chuyền chế biến hạt

VI. TÍNH CHỌN ĐỘNG CƠ ĐIỆN

1. Khái quát chung

Về nguyên tắc, chọn động cơ điện truyền động máy công tác và các cơ cấu cơ khí nói chung phải được tiến hành dựa trên các thông số chính sau:

- Điện áp làm việc;
- Lưới điện cung cấp (một chiều hay xoay chiều);
- Vận tốc trục quay;
- Điều kiện môi trường;
- Đặc tính và độ lớn của tải;

Chọn động cơ điện theo điện áp làm việc và kiểu lưới cung cấp điện về nguyên tắc là tương tự nhau, vì cung cấp điện cho các đối tượng tiêu thụ điện trong nông nghiệp được thực hiện theo hệ 380/220V xoay chiều. Trong truyền động điện nông nghiệp phổ biến sử dụng động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc vì giá cả hợp lý, đơn giản và bền. Động cơ không đồng bộ rotor dây quấn được sử dụng ít hơn, chủ yếu khi cần mômen khởi động lớn và dòng khởi động nhỏ (như máy nghiền, xay xát, máy búa...). Sử dụng các loại động cơ trên chỉ phù hợp với nguồn lưới điện cung cấp công suất nhỏ, đảm bảo điều kiện vận hành bình thường khi động cơ lồng sóc có công suất không lớn. Để truyền động cho các thiết bị có công suất nhỏ (máy lạnh, máy giặt, máy hút bụi, máy khoan, quạt công suất bé...) thường sử dụng động cơ không đồng bộ một pha công suất từ 18 đến 600W với điện áp 380/220V. Trong một số trường hợp, có thể sử dụng động cơ ba pha làm việc ở chế độ một pha, khi đó công suất làm việc một pha bị giảm $30 \div 40\%$ so với công suất định mức 3 pha.

2. Chọn động cơ điện theo vận tốc quay

Khi chọn động cơ điện theo điều kiện vận tốc quay, nên chọn sao cho càng gần với vận tốc quay của máy công tác càng tốt. Tuy nhiên, phải tính đến yếu tố kích thước và chi phí kim loại. Thường thì tăng kích thước, trọng lượng và giá thành khi chọn động cơ có số vòng quay thấp, đồng thời cũng giảm hệ số công suất và hiệu suất của động cơ. Vì vậy, động cơ điện không đồng bộ phổ biến được chế tạo có dải vận tốc đồng bộ từ 600 đến 3000min^{-1} (vg/ph).

Dải vận tốc của các máy nông nghiệp trong thực tế khá lớn, trong khoảng $20 \div 3000\text{min}^{-1}$. Trong đó chỉ có khoảng 10% có thể lắp trực tiếp với động cơ điện. Do đó, khi chọn động cơ phải quan tâm đến điều kiện phối hợp tốt nhất của động cơ với hệ truyền động.

Nếu vận tốc quay của trục không cho phép lắp trực tiếp động cơ với máy công tác, nên chọn sử dụng động cơ có vận tốc quay cao (ví dụ: 1500min^{-1}) khi có thể.

Khi vận tốc của máy công tác là 500min^{-1} , nên chọn động cơ điện có vận tốc quay 1500min^{-1} có lợi hơn so với chọn động cơ điện 600min^{-1} .

Hiệu suất truyền động phụ thuộc vào nguyên lý, kết cấu của cơ cấu truyền động được sử dụng.

Truyền động bằng đai bẹt có hiệu suất bằng $0,85 \div 0,9$; đai thang: $0,97 \div 0,98$; và truyền động bằng bánh răng: $0,98$. Khi nối trực tiếp trực động cơ và máy công tác bằng khớp nối có thể đạt hiệu suất bằng 1.

3. Chọn động cơ điện không đồng bộ theo khả năng chịu quá tải

Phải kiểm tra khả năng chịu quá tải của động cơ ở chế độ làm việc dài hạn và điều kiện khởi động, nhất là nếu động cơ được lắp đặt trong cùng mạng lưới điện cung cấp với các động cơ khác.

Kiểm tra điều kiện động cơ chịu quá tải nảy sinh trong quá trình làm việc, tiến hành theo điều kiện.

$$P_{dm} \geq \frac{P_{max}}{\lambda_{Mcp}} \quad (1.41)$$

Trong đó: P_{dm} - công suất định mức của động cơ đã chọn, kW;

P_{max} - công suất động cơ cực đại theo chế độ tải (đồ thị phụ tải), kW;

λ_{Mcp} - khả năng chịu quá tải cho phép theo mômen cực đại.

Điện áp trên các cực của động cơ đang làm việc khi có động cơ khác khởi động không được thấp hơn $0,8U_{dm}$. Theo đó λ_{Mcp} có thể xác định theo công thức:

$$\lambda_{Mcp} = \left(\frac{0,8U_{dm}}{U_{dm}} \right)^2 \frac{M_{max}}{M_{dm}} = 0,64 \frac{M_{max}}{M_{dm}} \quad (1.42)$$

Trong đó: U_{dm} - điện áp lưới cung cấp, V;

M_{max} - mômen cực đại của động cơ (theo catalog), Nm;

M_{dm} - mômen định mức của động cơ (theo catalog), Nm.

Đối với một số động cơ thông dụng (A_2 , $A02$, A_{0112} - Nga) tỷ số $\frac{M_{max}}{M_{dm}} = 2,2$; 2,0; 1,8 và 1,7 khi số vòng quay đồng bộ $n = 3000$; 1500; 1000 và 600 min^{-1} tương ứng.

4. Xác định công suất động cơ điện theo định mức

Trong trường hợp khi công suất của máy công tác chưa biết và rất khó xác định bằng tính toán, công suất cần thiết của động cơ được xác định theo năng suất trên giờ của máy công tác và chi phí điện năng riêng trên một đơn vị sản phẩm:

Công suất của máy công tác P_{ct} , kW được tính theo biểu thức:

$$P_{ct} = a \cdot Q \quad (1.43)$$

Trong đó: a - chỉ phí năng lượng riêng trên một đơn vị sản phẩm, kWh/t hay kWh/kg;

Q - năng suất máy công tác trong một giờ (t/h hoặc kg/h).

Công suất đầu trục của động cơ:

$$P_{dt} = \frac{P_{dm}}{\eta_l} \quad (1.44)$$

Ví dụ 1: Chọn động cơ điện làm việc ở chế độ dài hạn với tải thay đổi theo biểu đồ hình 1.37a. Công suất $P_1 = 8\text{kW}$, $P_2 = 12\text{kW}$, $P_3 = 6\text{kW}$, $P_4 = 12\text{kW}$, $t_1 = 6\text{s}$, $t_2 = 4\text{s}$, $t_3 = 8\text{s}$, $t_4 = 5\text{s}$. Truyền động thực hiện qua cơ cấu có hiệu suất $\eta = 0,97$, vận tốc trục quay là 250min^{-1} .

Giải:

Công suất tương đương trên trục động cơ:

$$P_{td} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3 + P_4^2 t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}} = \sqrt{\frac{8^2 \cdot 6 + 12^2 \cdot 4 + 6^2 \cdot 8 + 12^2 \cdot 5}{6 + 4 + 8 + 5}} = 9,3 \text{ kW}$$

Công suất trên trục động cơ:

$$P = \frac{P_{td}}{\eta} = \frac{9,3}{0,97} = 9,55 \text{ kW}$$

Chọn động cơ theo catalog (ví dụ: $P = 10\text{kW}$, $n = 1440\text{min}^{-1}$, $\lambda_M = 2$).

Kiểm tra điều kiện chịu quá tải cho phép khi sụt áp điện lưới 20%.

$$\lambda_{Mep} = 0,64 \frac{M_{max}}{M_{dm}} = 0,64 \cdot 2 = 1,28$$

Công suất định mức của động cơ cần thiết

$$P_{dm} \geq \frac{P_{max}}{\lambda_{Mep}} = \frac{12}{1,28} = 9,4 \text{ kW}$$

Vì $9,4\text{kW} < 10\text{kW}$ nên động cơ chịu được quá tải.

Ví dụ 2: Hãy xác định công suất động cơ làm việc theo chế độ đóng cắt ngắn hạn, biểu đồ hình 1.37c, với $P_1 = 9\text{kW}$, $P_2 = 4\text{kW}$, $P_3 = 6\text{kW}$, $t_1 = 4\text{s}$, $t_2 = 16\text{s}$, $t_3 = 10\text{s}$, $t_0 = 55\text{s}$.

Giải:

Khoảng thời gian làm việc:

$$\varepsilon = \frac{t_{lv}}{t_{ck}} = \frac{4 + 16 + 10}{4 + 16 + 10 + 55} = 0,35$$

Công suất động cơ ứng với $\varepsilon = 0,35$:

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} = \sqrt{\frac{9^2 \cdot 4 + 4^2 \cdot 16 + 6^2 \cdot 10}{4 + 16 + 10}} = 5,6 \text{ kW}$$

Nếu chọn động cơ gần thời gian làm việc quy định chuẩn $\varepsilon_c = 0,4$, khi đó:

$$P_{ec} = P_e \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_c}} = 5,6 \sqrt{\frac{0,35}{0,4}} = 5,15 \text{ kW}$$

Nếu chọn động cơ làm việc dài hạn:

$$P_{dh} = P_e \sqrt{\varepsilon} = 5,6 \sqrt{0,35} = 3,36 \text{ kW}$$

5. Chọn động cơ điện theo các điều kiện môi trường

Sử dụng bảng 1.4 khi chọn động cơ điện theo điều kiện môi trường.

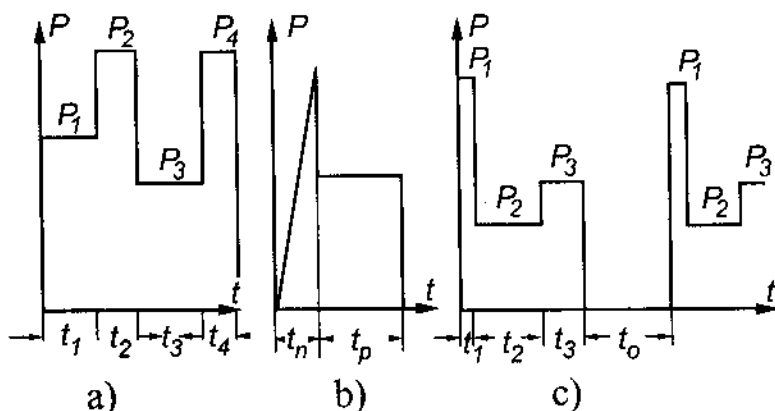
Bảng 1.4 - Hướng dẫn chọn động cơ điện theo điều kiện môi trường

Nơi làm việc của động cơ	Kiểu động cơ	
	Khuyến cáo	Cho phép
Rất khô: Nhà ở thành phố	Có bảo vệ (ví dụ: Kiểu A, A ₂ - Nga).	
Khô: Trụ sở, nhà ở nông thôn, ký túc xá cho công nhân...	Có bảo vệ (ví dụ: A, A ₂ - Nga).	
Ấm, không được sưởi ấm: Hành lang, bếp, nhà ăn, kho, gara...	Có bảo vệ với cách điện chống ẩm (ví dụ: A, A ₂ - Nga).	
Độ ẩm cao: Nhà tắm, xưởng chế biến thức ăn...	Kín, cách điện chống ẩm (ví dụ: AO, AO2 - Nga).	Có bảo vệ kiểu A, A ₂ khi có phòng riêng cho động cơ.
Trong nhà có hơi amoniac: Chuồng nuôi gia súc, gia cầm, bể ủ phân...	Kín có cách điện chống ẩm (kiểu AO, AO2 - Nga).	Có bảo vệ kiểu A, A ₂ (trong điều kiện lắp đặt nơi có bảo vệ lửa).
Nơi có nhiều bụi: Nhà máy nghiền, kho chứa hạt.	Kín, chống nổ (kiểu BAO - Nga).	Kín, chống nổ bình thường.
Ngoài trời.	Có bảo vệ với cách điện chống ẩm (kiểu A ₁ , A ₂ - Nga).	Có bảo vệ kiểu A.

6. Chọn động cơ điện theo đặc điểm và độ lớn của tải

Đặc điểm và đại lượng phụ tải của động cơ điện phụ thuộc vào công suất và chế độ làm việc của cơ cấu truyền động và máy công tác.

Chọn động cơ điện hợp lý đảm bảo điều kiện phát nóng của các bộ phận không vượt quá nhiệt độ định mức cho phép theo biểu đồ phụ tải của máy công tác xác định.



Hình 1.37 - Chế độ tải của động cơ a) dài hạn; b) ngắn hạn; c) ngắn hạn lặp lại

Chọn động cơ điện có công suất gần với công suất máy công tác để đảm bảo động cơ làm việc với hệ số công suất ($\cos\varphi$) gần trị số định mức. Tuy nhiên, không cho phép động cơ chịu quá tải dài hạn vì sẽ làm giảm đáng kể tuổi thọ động cơ. Động cơ làm việc non tải dẫn đến giảm hệ số $\cos\varphi$ và không sử dụng hết công suất, gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng làm việc của thiết bị điện. Vì vậy, khi công suất động cơ điện và máy công tác không bằng nhau nên chọn động cơ điện có công suất lớn hơn không quá $5 \div 10\%$.

Phải quan tâm đến đặc tính phụ tải của các máy công tác và cơ cấu cơ khí theo chế độ làm việc của động cơ điện dài hạn, ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại (hình 1.37) để chọn động cơ cho phù hợp.

6.1. Chế độ dài hạn

Chế độ dài hạn là chế độ làm việc của động cơ, tại đó nhiệt độ của tất cả các bộ phận của động cơ đạt đến giá trị xác lập ổn định.

Công suất của động cơ điện ở chế độ làm việc dài hạn có phụ tải không đổi, nếu biết công suất đầu trục của máy công tác P_{dt} , kW được xác định theo công thức:

$$P_{dc} = \frac{P_{max}}{\eta_t} \quad (1.45)$$

Trong đó: P_{dc} , P_{max} - công suất tính toán và công suất cực đại của động cơ điện, kW;

η_t - hiệu suất truyền động.

Nếu công suất của máy công tác chưa biết P_{dc} , kW được xác định theo công thức sau:

$$P_{dc} = \frac{F_{dc} \cdot v}{10,4 \eta_{ct} \eta_t} \quad (1.46)$$

Trong đó: F_{dc} - lực của động cơ, kG ($1 \text{ kG} \approx 9,8 \text{ N}$);

v - tốc độ chuyển động, m/s;

η_{ct} - hiệu suất của máy công tác.

Công suất động cơ điện ở chế độ làm việc dài hạn có phụ tải thay đổi (hình 1.37a) có thể tìm được theo giá trị dòng tương đương, công suất hay mômen (phụ thuộc vào đặc tính phụ tải của máy công tác).

Giá trị dòng điện tương đương I_{td} , M_{td} và P_{td} được xác định bằng các biểu thức tương ứng sau:

$$I_{td} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}; \quad M_{td} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}; \quad P_{td} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \quad (1.47)$$

Sau khi xác định được các giá trị tương đương, chọn động cơ điện có thông số định mức bằng hoặc lớn hơn không đáng kể so với giá trị tương đương.

Phương pháp dòng điện tương đương là tiện lợi hơn cả, cho kết quả khá chính xác, nếu tổn hao công suất ít thay đổi trong chu kỳ làm việc của động cơ. Phương pháp mômen tương đương được khuyến cáo sử dụng khi mômen động cơ tỷ lệ với dòng điện, còn phương pháp công suất tương đương - khi công suất của cơ cấu truyền động không thay đổi hoặc ít thay đổi.

Động cơ chọn theo dòng điện tương đương cần phải được kiểm tra về khả năng chịu dòng quá tải theo công thức sau:

$$I_{dm} \geq \frac{I_{max}}{\lambda_1} \quad (1.48)$$

Trong đó: I_{max} - dòng điện cực đại của động cơ theo đồ thị phụ tải cho trước, A;

λ_1 - hệ số qua tải về dòng điện (theo catalog).

Khi chọn động cơ theo mômen tương đương, kiểm tra khả năng chịu quá tải theo công thức:

$$M_{dm} \geq \frac{M_{max}}{\lambda_M} \quad (1.49)$$

Trong đó: M_{max} - mômen cực đại theo đồ thị phụ tải, Nm;

λ_M - hệ số quá tải theo mômen (theo catalog).

Mômen đầu trục động cơ điện M, Nm có thể xác định theo công thức:

$$M = \frac{30P}{\pi n} \quad (1.50)$$

Trong đó: P - công suất của động cơ điện, kW;

n - số vòng quay của động cơ, min^{-1} .

6.2. Chế độ ngắn hạn

Chế độ ngắn hạn có biểu đồ phụ tải, biểu diễn trên hình 1.37b ở đó trong chu kỳ làm việc, nhiệt độ của động cơ điện trong quá trình làm việc chưa kịp đạt đến giá trị xác lập, còn trong khoảng thời gian nghỉ tương đối dài - đủ để làm nguội động cơ đến nhiệt độ môi trường. Chọn công suất động cơ theo công suất tương đương, xác định theo công thức

$$P_{td} = \sqrt{\frac{P_K^2 t_{kd} + P_{lv}^2 t_{lv}}{t_{kd} + t_{lv}}} \text{ (kW)} \quad (1.51)$$

Trong đó: $P_K = k_i P_{dm}$ - công suất khởi động giả định, tính đến sự gia tăng dòng điện trong thời gian khởi động, kW;

k_i - bội số của dòng khởi động;

P_{lv} - công suất của động cơ trong thời gian làm việc, kW;

t_{kd} - thời gian khởi động, s;

t_{lv} - thời gian làm việc, s.

Hiện nay nhiều loại động cơ điện được chế tạo đặc biệt cho điều kiện làm việc ngắn hạn với chu kỳ làm việc là 15, 30, 60 và 90 phút.

6.3. Chế độ ngắn hạn lặp lại

Ở chế độ ngắn hạn lặp lại, phụ tải có đặc điểm được mô tả trên biểu đồ phụ tải hình 1.37c, trong mỗi chu kỳ động cơ làm việc chưa bị nóng đến giá trị nhiệt độ xác lập, nhưng trong khoảng thời gian nghỉ cũng chưa kịp làm nguội đến nhiệt độ môi trường.

Chế độ ngắn hạn lặp lại được đặc trưng bởi khoảng thời gian máy làm việc t_{lv} tính theo % hay đơn vị tương đối ε .

$$t_{lv} \% = \frac{t_{lv}}{t_{ck}} \cdot 100 \quad (1.52)$$

Hoặc $\varepsilon = \frac{t_{lv}}{t_{ck}} \quad (1.53)$

Trong đó: t_{lv} - độ dài thời gian chu kỳ làm việc, min;
 $t_{ck} = t_{lv} + t_0$ - thời gian của một chu kỳ, min;
 t_0 - thời gian của khoảng nghỉ, min.

Nếu chu kỳ làm việc và khoảng nghỉ luân phiên không bằng nhau thì độ dài thời gian máy làm việc được xác định theo công thức:

$$t_{lv} \% = \frac{\sum t_{lv}}{\sum t_{ck}} \cdot 100 \quad (1.54)$$

Hoặc $\varepsilon = \frac{\sum t_{lv}}{\sum t_{ck}} \quad (1.55)$

Thông thường nếu $t_{ck} > 30$ phút, thì chế độ làm việc đó được xem là chế độ dài hạn.

Động cơ cần cấu chuyên dùng, làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại có độ dài thời gian đóng máy 15, 20, 40 và 60%, mômen khởi động và mômen cực đại khá cao, trục và ổ bi được tăng cường khả năng chịu tải hơn.

Công suất động cơ đối với bất kỳ độ dài thời gian đóng máy theo đồ thị hình 1.37c được xác định theo công thức

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} \quad (1.56)$$

Nếu khoảng thời gian làm việc của máy khác với tiêu chuẩn quy định phải chọn động cơ gần với tiêu chuẩn, nhưng lớn hơn và tính lại công suất theo công thức:

$$P_{elc} = P_e \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{lc}}} \quad (1.57)$$

Trong đó: P_{elc} - công suất tính toán của động cơ có độ dài thời gian đóng máy gần với tiêu chuẩn;

ε - độ dài thời gian đóng máy tính toán theo đồ thị;

ε_{lc} - độ dài thời gian đóng máy tiêu chuẩn quy ước.

Khi $\varepsilon < 0,1$ phải chuyển sang chọn động cơ làm việc ngắn hạn, khi $\varepsilon > 0,6$ chuyển sang chọn động cơ làm việc dài hạn.

Khi sử dụng động cơ điện ở chế độ ngắn hạn lặp lại ở chế độ làm việc dài hạn ($\varepsilon = 1$) thì xác định công suất theo biểu thức:

$$P_{dh} = P_{100\%} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}} \quad (1.58)$$

$$\text{Hoặc} \quad P_{dh} = P_e \sqrt{\varepsilon} \quad (1.59)$$

Công thức trên luôn đúng trong mọi trường hợp khi điều kiện làm mát không thay đổi. Trong trường hợp khác phải tính đến điều kiện thông thoáng không đảm bảo trong quá trình khởi động, hãm và dừng động cơ. Khi đó, xác định công suất động cơ theo công thức:

$$P_{dh} = P_{100\%} = \sqrt{\frac{P_{kd}^2 t_{kd} + P_{lv}^2 t_{lv} + P_h^2 t_h}{\beta_1 t_{kd} + t_{lv} + \beta_1 t_h + \beta_2 t_0}} \quad (1.60)$$

Trong đó: β_1 - hệ số đặc trưng điều kiện làm mát kém (không đảm bảo) khi khởi động, hãm động cơ ($\beta_1 = 0,75$);

β_2 - hệ số đặc trưng điều kiện làm mát kém (không đảm bảo) khi dừng động cơ ($\beta_2 = 0,5$);

P_{kd} , P_{lv} , P_h - công suất động cơ khi khởi động, làm việc và hãm tương ứng;

t_{kd} , t_{lv} , t_h , t_0 - thời gian khởi động, làm việc, hãm và nghỉ tương ứng.

7. Tính chọn động cơ điện máy bơm

Điện khí hóa cấp nước trong nông nghiệp làm giảm đáng kể chi phí lao động phục vụ các quá trình sản xuất, giảm nhẹ lao động của công nhân và cải thiện điều kiện vệ sinh tại chỗ làm việc. Tiết kiệm lớn nhất về chi phí và phương tiện lao động chỉ đạt được khi tiến hành tự động hóa hoàn toàn quá trình cấp nước.

Để cấp nước cho các đối tượng trong nông nghiệp, các trạm bơm thường sử dụng bơm ly tâm, hướng trục, hỗn lưu, bơm pittông và các thiết bị liên quan khác. Ưu điểm của bơm ly tâm là kích thước không lớn, dễ vận hành, có khả năng gắn trực tiếp với các động cơ có vận tốc quay cao, sử dụng thuận lợi.

Bơm pittông êm, công kênh được sử dụng để cấp nước với lưu lượng không lớn nhưng cột áp cao. Chọn bơm được tiến hành theo chi phí lượng nước theo giờ cực đại và cột áp tính toán.

Bơm hướng trục, bơm hỗn lưu phù hợp cho địa hình cột nước không cao và lưu lượng tưới tiêu lớn.

Bơm và động cơ điện được chọn theo trình tự sau:

1. Lượng nước tiêu thụ trung bình một ngày đêm

$$Q_{nd} = g_1 N_1 + g_2 N_2 + \dots + g_n N_n \quad (1.61)$$

Trong đó: $g_1, g_2, \dots, g_n$ - định mức tiêu thụ nước trung bình một ngày đêm cho đối tượng hộ tiêu thụ, l/d-n (lit/ngày);

$N_1, N_2, \dots, N_n$ - số lượng đối tượng xác định (hộ) tiêu thụ.

2. Lượng nước tiêu thụ trong giờ cao điểm

$$Q_{\max, h} = \frac{Q_{d-n} \cdot k_{d-n} \cdot k_h}{t_\eta} \quad (1.62)$$

Trong đó: k_{d-n} - hệ số tính đến sự không đồng đều tiêu thụ nước trong vòng một ngày đêm;

k_h - hệ số tính đến độ không đồng đều tiêu thụ nước trong một ngày;

t - thời gian làm việc của bơm, h;

η - hiệu suất của thiết bị ($\eta = 0,9$);

3. Lượng nước tiêu thụ trong một giây

$$Q_s = \frac{Q_{\max, h}}{3600} + Q_{cc} \quad (1.63)$$

Trong đó: Q_{cc} - tiêu thụ bổ sung để chữa cháy (2,5 ÷ 10 l/s).

4. Cột áp tính toán toàn phần

$$H = h_h + h_x + h_{tot} \quad (1.64)$$

Trong đó: h_h - chiều cao hút, là khoảng cách theo chiều thẳng đứng tính từ mức nước ở nguồn đến mức đặt bơm, m;

h_x - chiều cao nén (xả), là hiệu giữa mức nước ở điểm cao nhất và mức đặt bơm, m;

h_{tot} - chiều cao tương ứng với tổn thất cột áp trong hệ hay còn gọi là cột áp động, m.

Cột áp động h_{tot} được xác định gần đúng theo công thức:

$$h_{tot} = \frac{v^2}{2g} \left(\alpha \frac{L}{d} + \sum \beta \right) \quad (1.65)$$

Trong đó: v - vận tốc chuyển động của nước, m/s;

g - gia tốc trọng trường, m/s²;

L - chiều dài đường ống dẫn nước, m;

d - đường kính đường ống, m;

α - hệ số cản phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của nước và vật liệu của ống dẫn trong mạng cấp nước nông nghiệp;

β - hệ số cản cục bộ, tính đến chỗ đổi hướng, van, van điều chỉnh, chỗ ống thu nhỏ..., m.

Bảng 1.5 - Hệ số cản cục bộ của một số kết cấu, mm H₂O (đối với quạt gió)

STT	Tên/đặc điểm kết cấu	Hệ số cản cục bộ β , mm H ₂ O
1	Cút vòng	1,5
2	Cút cong 90 ÷ 135°	0,5
3	Cút cong cuộn tròn dần	0,12
4	Đường ống phân nhánh	1,5 ÷ 2,5
5	Cửa tròn	0,5
6	Cửa ra	3,0
7	Đoạn ống thắt nhỏ dần	0,1
8	Đoạn ống thắt nhỏ đột ngột	0,18 ÷ 0,29
9	Cửa van	9,0

Bảng 1.6 - Hệ số cản cục bộ của một số kết cấu, mm H₂O (đối với nước)

STT	Tên/đặc điểm kết cấu	Hệ số cản cục bộ β , mm H ₂ O
1.	Cửa ra đường ống không tròn	0,5
2	Cửa ra đường ống có lưới bảo vệ hoặc nắp	5 ÷ 10
3	Lưới nhận không có nắp	2 ÷ 3
4	Van tiết lưu	0,49
5	Đoạn	1,0
6	Đoạn ống uốn cong dần 90°	0,5
7	Cút cong gấp 90°	1,25 ÷ 1,5
8	Tấm chắn mở toàn phần	0,1
9	Tấm chắn mở một nửa	2,0
10	Vòi nước	5 ÷ 7

Ví dụ: Hãy chọn bơm và động cơ điện truyền động bơm cung cấp nước cho đội sản xuất 150 người. Cho lượng vật nuôi: 300 con bò sữa, 25 con bò thịt, 120 con bê, 10 con ngựa, 6000 con gà mẹ. Ngoài ra, trạm sơ chế sữa

2000l/d-n và trường học 100 học sinh. Biết đường ống dẫn nước dài 250m bằng thép đường kính 75mm có 1 cút gấp cong 90° và hai đoạn uốn cong không gấp và 5 vôi van. Vận tốc dòng nước trong ống dẫn là 1,2m/s. Chiều cao hút 4m, chiều cao đẩy 16m.

Giải

Trong bảng 1.7 là ví dụ về định mức tiêu thụ nước cho các đối tượng tiêu thụ chính.

Bảng 1.7 - Ví dụ về định mức lượng nước tiêu thụ

STT	Hộ tiêu thụ	Số lượng	Định mức, l/d-n	Lượng nước tiêu thụ, m ³ /d-n
1	Khu dân cư	150	60	9
2	Bò sữa	300	115	34,5
3	Bò thịt	25	60	1,5
4	Bê	120	30	3,6
5	Ngựa	10	30	0,3
6	Gà mẹ	6000	0,5	3,0
7	Sơ chế sữa	2000	10	20,0
8	Trường học	100	15	1,5
	Tổng			63,8

Lượng nước tiêu thụ cực đại trong 1 giờ $Q_{\max, h}$, m³/h:

$$Q_{\max, h} = \frac{Q_{d-n} \cdot k_{d-n} \cdot k_h}{t.n} = \frac{63,8 \cdot 1,25 \cdot 2,5}{24 \cdot 0,9} = 9,35$$

Lượng nước tiêu thụ trong một giây Q_s , m³/s:

$$Q_s = \frac{Q_{\max, h}}{3600} = \frac{9,35}{3600} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 2,6$$

Cột áp động h_{tot} , m:

$$h_{\text{tot}} = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{\alpha L}{d} + \sum \beta \right) = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} \left(0,02 \frac{250}{0,075} + 1,5 + 20,5 + 50,49 + 0,1 \right) = 5,25$$

Cột áp toàn phần H , m:

$$H = h_{\text{hút}} + h_{\text{đẩy}} + h_{\text{tot}} = 4 + 16 + 5,25 = 25,25$$

Chọn bơm theo catalog (ví dụ: kiểu 2K-60) có lưu lượng $10 \div 30 \text{ m}^3/\text{h}$ và cột áp 20 - 28,5m. Chiều cao hút cho phép $5,7 \div 8,7 \text{ m}$, hiệu suất $\eta = 0,6$.

Công suất tính toán của bơm P_b , kW:

$$P_b = \frac{9,81Q_s.H}{\eta_b} = \frac{9,81.2,6.10^{-3}.25,25}{0,6} = 1,08$$

Công suất động cơ điện P_{dc} , kW:

$$P_{dc} = \frac{P_b.k}{\eta_{tot}} = \frac{1,08.1,2}{1} = 1,3$$

Theo catalog chọn động cơ (ví dụ: A02-21-2) có công suất $P = 1,5\text{kW}$, $\eta = 0,805$, $\cos\varphi = 0,88$, $k_i = 7$.

5. Chọn bơm theo lưu lượng nước tiêu thụ trong giờ cao điểm và cột áp tính toán toàn phần từ catalog và những điều kiện sau

$$Q_b \geq Q_{\max,h} \quad (1.66)$$

$$H_b \geq H \quad (1.67)$$

Trong đó: Q_b - lưu lượng của bơm, m^3/h ;

H_b - cột áp của bơm, m

6. Công suất tính toán của bơm P_b , kW

$$P_b = \frac{Q_s \gamma H}{102 \eta_b} = \frac{9,81 Q_s H}{\eta_b} \quad (1.68)$$

Trong đó: Q_s - lượng nước tiêu hao trong một giây, m^3/s ;

γ - khối lượng riêng 1m^3 nước ($1000\text{kg}/\text{m}^3$);

H - cột áp tính toán, m;

η_b - hiệu suất của bơm.

7. Công suất tính toán của động cơ điện P_{dc} , kW

$$P_{dc} = \frac{P_b.K}{\eta_b} = \frac{9,81 Q_s.H.k}{\eta_b \eta_i} \quad (1.69)$$

Trong đó: η_i - hiệu suất truyền động;

k - hệ số dự trữ tính đến khả năng chịu quá tải.

8. Từ catalog chọn động cơ điện tương ứng với các điều kiện sau:

$$P_{dm} \geq P_{dc} \quad (1.70)$$

Trong đó: P_{dm} - công suất định mức của động cơ, kW.

Lưu lượng của bơm pittông được xác định theo công thức:

a) Đối với bơm tác động đơn, m^3/s :

$$Q = K_0 \frac{F.l.n}{60} \quad (1.71)$$

b) Đối với bơm tác động kép, m^3/s :

$$Q = K_0 \frac{(2F - f).l.n}{60} \quad (1.72)$$

Trong đó: K_0 - hệ số thể tích;

F - diện tích đỉnh đáy xilanh, m^2 ;

f - diện tích đỉnh đáy pittông, m^2 ;

l - hành trình của pittông, m ;

n - số hành trình của pittông trong 1 phút, min^{-1} .

8. Tính chọn động cơ điện máy vận chuyển

Công việc vận chuyển khá nặng nhọc, chiếm tới 30 ÷ 40% toàn bộ khối lượng công việc trong trang trại chăn nuôi. Do đó cơ - điện khí hóa các thiết bị vận chuyển có tác dụng lớn trong việc giảm giá thành sản phẩm, cải thiện điều kiện và tăng năng suất lao động. Tuy nhiên, cần phải xây dựng luận chứng kinh tế sử dụng truyền động điện so sánh với các dạng truyền động khác (đặc biệt là với truyền động cơ khí) bởi vì trong nhiều trường hợp truyền động cơ khí rẻ và thuận tiện hơn cả.

Thiết bị vận chuyển được chọn theo vòng tải yêu cầu. Trước hết, phụ thuộc vào số lượng gia súc, dạng, lượng tải cần vận chuyển, vị trí các kho chứa và đặc điểm bố trí vật nuôi trong nhà trại. Vòng tải được tính theo các chu kỳ nuôi vật nuôi trong chuồng, còn thiết bị vận chuyển được chọn theo chu kỳ mà vòng tải đạt giá trị cực đại.

Trong chuồng trại, phương tiện vận chuyển được dùng khá phổ biến là dạng đường treo và băng tải. Công suất động cơ điện truyền động cơ cấu vận chuyển theo đường ray P_{dc} , kW được xác định theo công thức:

$$P_{dc} = \frac{F.v.k}{102\eta_t} \quad (1.73)$$

Trong đó: F - lực kéo, kG ($1kG \approx 9,8N$);

v - vận tốc chuyển động (nhận giá trị $1 \div 1,5m/s$), m/s ;

k - hệ số dự trữ ($k = 2$);

η_t - hiệu suất truyền.

Lực kéo F , N được tính theo công thức:

$$F = f.G \quad (1.74)$$

Trong đó: f - hệ số ma sát (thường lấy bằng $0,3 \div 0,4$);

G - trọng lực một đơn vị phương tiện vận chuyển, N .

Công suất động cơ điện P_{dc} , kW được tính gần đúng theo các biểu thức sau:

a) Đối với băng chuyền

$$P_{dc} = \frac{Q(0,15L + H)}{210\eta_t} \quad (1.75)$$

b) Đối với băng gạt

$$P_{dc} = \frac{Q(L + 0,5H)}{82\eta_t} \quad (1.76)$$

c) Đối với vít tải

$$P_{dc} = \frac{Q(kL + H)}{306\eta_t} \quad (1.77)$$

Trong đó: k - sức cản riêng khi dịch chuyển 1kg tải trọng trên 1m chiều dài vít tải (đối với hạt $k = 1,85$);

d) Đối với gầu tải

$$P_{dc} = \frac{QH}{367\eta_t\eta_g} \quad (1.78)$$

Trong đó: Q - năng suất vận chuyển, tấn/h;

L - quãng đường vận chuyển theo phương nằm ngang, m;

η_g - hiệu suất truyền của gầu tải (đối với gầu tải thẳng đứng $\eta_g = 0,5 \div 0,7$, loại nằm nghiêng $\eta_g = 0,3 \div 0,4$).

Băng chuyền phổ biến được sử dụng ở độ nghiêng dưới 20° . Đối với đậu và ngô - đến 12° ; bột - đến 24° ; củ - đến 22° và rơm - đến 20° .

Băng gạt vận chuyển phân, củ quả làm việc với góc nghiêng đến 30° .

Gầu tải được sử dụng trong vận chuyển vật liệu rời theo phương thẳng đứng hay phương nghiêng không lớn so với phương thẳng đứng.

9. Tính chọn động cơ điện máy quạt

Thông thoáng chuồng trại chăn nuôi có tác dụng duy trì nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ cho phép các loại khí có hại trong giới hạn cho phép.

Trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp, quạt ly tâm và quạt hướng trục truyền động bằng động cơ điện được sử dụng khá phổ biến cho mục đích thông thoáng.

Chọn quạt thông thoáng theo các chỉ tiêu lưu lượng và áp lực toàn phần. Lưu lượng tính toán của quạt có thể được xác định gần đúng trên cơ sở thể tích chuồng trại hoặc theo định mức thể tích xây dựng trên một đầu gia súc và gia

cầm. Áp suất tính toán được xác định dựa trên sức cản không khí trong ống dẫn, bao gồm cả tổn thất cục bộ.

Khi tính thiết kế quạt điện cần xác định các đại lượng cơ bản sau:

1. Thể tích không khí cần đẩy ra khỏi chuồng trong một giờ

a) Nếu tính toán dựa trên cơ sở thể tích chuồng gia súc thì:

$$Q = V \cdot k \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (1.79)$$

Trong đó: Q - lưu lượng thể tích không khí cần đẩy ra, m³/h;

V - thể tích chuồng trại, m³;

K - số lần trao đổi không khí trong 1 giờ.

b) Nếu tính toán tiến hành theo định mức kỹ thuật thú y thì:

$$Q = V_r \cdot N \cdot k \quad (1.80)$$

Trong đó: V_r - thể tích xây dựng tính theo định mức cho một đầu gia súc hoặc gia cầm, m³/con;

N - số lượng gia súc.

Để tính toán chính xác lưu lượng quạt thường căn cứ vào lượng thải khí độc hại trong chuồng nuôi gia súc (khí cacbonic, nước tiểu, hơi nước, nhiệt dư...).

2. Cột áp tính toán có tính đến lực cản

$$H = \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \left(\frac{\alpha L}{d} + \sum \beta \right) \quad (1.81)$$

Trong đó: γ - khối lượng 1m³ không khí, kg/m³;

v - vận tốc không khí trong ống, m/s;

g - gia tốc trọng trường, m/s²;

α - hệ số ma sát của không khí trong ống;

L - chiều dài đường ống dẫn, m;

d - đường kính trong của ống dẫn, m;

$\sum \beta$ - tổng hệ số cản cục bộ, mm H₂O (nước).

3. Chọn quạt theo catalog từ các giá trị lưu lượng, áp suất tính toán. Xác định công suất động cơ điện cho quạt P_{dc}, kW

$$P_{dc} = \frac{Q \cdot H}{102 \eta_1 \eta_2 \cdot 3600} \quad (1.82)$$

Trong đó: η - hiệu suất của quạt (đối với quạt ly tâm η = 0,4 ÷ 0,6; đối với quạt hướng trục η = 0,2 ÷ 0,3);

η_t - hiệu suất truyền động;

Công suất định mức của động cơ được chọn theo điều kiện sau:

$$P_{dm} \geq P.k \quad (1.83)$$

Trong đó: k - hệ số dự trữ ($k = 9$ khi $P \leq 1kW$; $k = 1,5$ khi $P = (1 \div 2)kW$; $k=1,25$ khi $P = (2 \div 5)kW$ và $k = (1,1 \div 1,15)$ khi $P \geq 5kW$).

VII. BIẾN ĐỔI ĐIỆN

1. Khái quát chung

Trong truyền động điện khâu biến đổi điện có vai trò quan trọng, tạo ra nguồn điện cung cấp phù hợp để vận hành và duy trì hoạt động hiệu quả của động cơ điện và thiết bị điều khiển, bảo vệ liên quan...

Trong bảng 1.8 dưới đây giới thiệu tóm tắt các kiểu biến đổi điện thông dụng thường gặp và các đặc điểm chính.

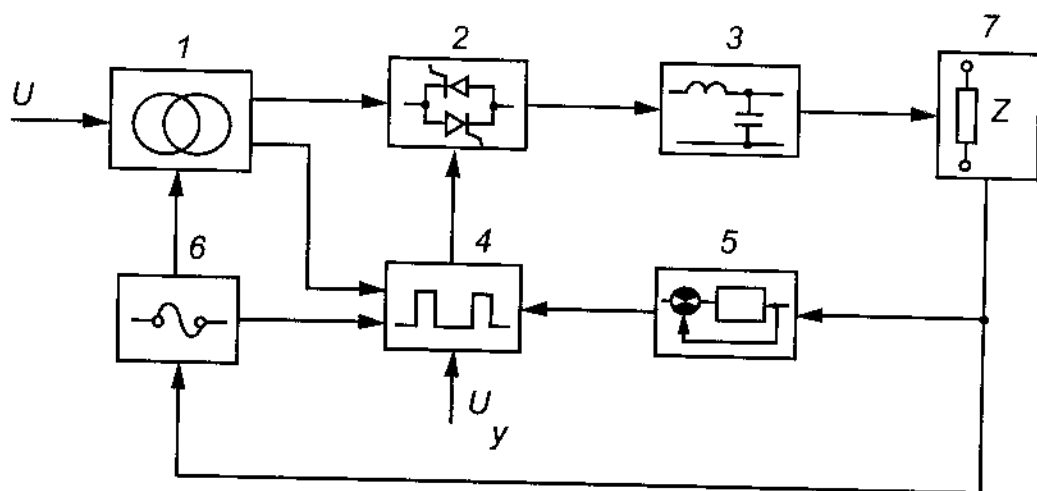
Bảng 1.8 - Các loại biến đổi điện năng thông dụng

STT	Đại diện bên sơ cấp	Kiểu biến đổi	Chức năng biến đổi (đại lượng yêu cầu bên thứ cấp)
1	Điện áp xoay chiều 1 pha/ 3 pha.	Chỉnh lưu (nắn điện).	Điện áp một chiều ổn định/điều chỉnh ở mức xác định.
2	Điện áp xoay chiều.	Biến đổi điện lệ thuộc lưới điện.	Truyền năng lượng điện xoay chiều 1 pha/ 3 pha.
3	Điện áp một chiều.	Biến đổi điện độc lập.	Điện áp xoay chiều có biên độ, tần số và số pha xác định.
4	Điện áp 3 pha xoay chiều.	Biến đổi tần số trực tiếp.	Điện áp xoay chiều có biên độ, tần số (thấp hơn tần số lưới) và số pha xác định.
5	Điện áp xoay chiều 1 pha/ 3 pha.	Điều chỉnh điện áp (công suất) xoay chiều 1 pha/ 3 pha.	Điện áp xoay chiều cùng tần số nguồn lưới điện, điều chỉnh độ lớn (thấp hơn điện áp lưới).
6	Điện áp một chiều.	Điều chỉnh điện áp một chiều.	Điện áp một chiều có độ lớn xác định (thấp hoặc cao hơn điện áp nguồn cung cấp).

Trong thực tế, tên phân loại của bộ biến đổi điện có thể được đặt theo dấu hiệu/đặc tính theo đại lượng bên sơ cấp, kiểu chuyển đổi hay đại lượng bên thứ cấp.

Trong truyền động điện tự động, các bộ biến đổi điện lệ thuộc lưới điện (2), biến tần (4) và chỉnh lưu điện (1) được ứng dụng khá phổ biến do tính linh hoạt và hiệu suất cao. Thuận lợi nhất là sử dụng điện năng từ nguồn điện áp lưới xoay chiều công nghiệp. Tuy nhiên, trong thực tiễn truyền động điện, động cơ điện một chiều, kích thước máy điện, công nghệ điện hóa (điện phân, mạ) và hầu hết các mạch (thiết bị) điện tử, khí cụ điện đều sử dụng nguồn điện một chiều, có độ lớn và yêu cầu chất lượng rất đa dạng.

Để biến đổi nguồn điện áp từ lưới điện xoay chiều thành nguồn điện áp một chiều cần thiết phải sử dụng bộ chỉnh lưu điện.



Hình 1.38 - Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu

Sơ đồ khối của bộ chỉnh lưu điện cho trong hình 1.38 gồm: Máy biến áp (1), cầu chỉnh lưu (2), mắt lọc (3), phụ tải điện (7) và mạch điều khiển (4), bảo vệ (6) và chỉ thị (5).

Máy biến áp (1) có chức năng phối hợp, cách ly, biến đổi số pha và độ lớn điện áp ra giữa mạch lưới điện xoay chiều và mạch điện một chiều. Trong một số trường hợp, cầu chỉnh lưu có thể đấu trực tiếp vào lưới cung cấp điện mà không qua máy biến áp. Cầu chỉnh lưu (nắn) điện áp xoay chiều thành điện áp một chiều, ghép trên cơ sở tổ hợp các van điện tử có

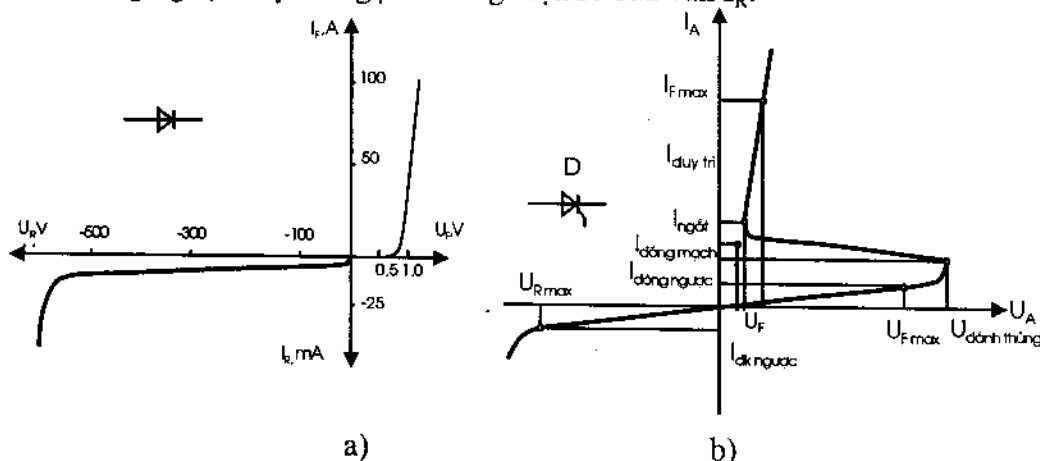
tính năng dẫn điện theo một chiều xác định (chiều thuận) và không dẫn theo chiều ngược lại (chiều nghịch).

Van điện tử được chia làm các loại chính sau:

- Đèn điện tử chân không: Đèn kenotron, đèn điện tử có lưới điều khiển.
- Đèn ion khí: Gasotron, tiratron, exitron, ignitron...
- Van bán dẫn: Diod, thyristor, transistor...

Ngoài ra van điện tử còn được chia ra làm hai loại chính: Không điều khiển và điều khiển được. Trong hình 1.39 cho ký hiệu và đặc tính của diod và thyristor bán dẫn, được sử dụng khá phổ biến trong các bộ chỉnh lưu điện. Van điện tử có các thông số cơ bản sau:

- Dòng điện trung bình cho phép theo chiều I_F , giới hạn bởi công suất tổn hao riêng (tự đốt nóng) mà van có thể làm việc bình thường, không bị hỏng.
- Dòng điện cực đại cho phép I_{Fmax} , giới hạn bởi nguyên lý kết cấu và vật liệu chế tạo.
- Điện trở R_i hay sụt áp theo chiều thuận trên van U_0 .
- Điện áp nghịch chu kỳ (theo chiều nghịch) U_R , van có thể chịu được trong suốt quá trình làm việc.
- Biên độ điện áp cực đại điện áp nghịch U_{Rmax} , không chu kỳ mà van không bị đánh thủng (không bị thủng).
- Dòng ngược hay còn gọi là dòng điện rò của van I_R .



Hình 1.39 - Ký hiệu và đặc tính diod (a) và thyristor (b)

Van điều khiển được các hãng chế tạo đều chỉ rõ các thông số điều khiển (ví dụ: điện áp điều khiển U_G hay dòng điều khiển I_G ...).

Mắt lọc là thành phần cấu thành thứ ba của bộ biến đổi điện có chức năng san bằng điện áp và lọc các sóng nhiễu trước khi đưa điện áp một chiều ổn định sau chỉnh lưu về phụ tải điện (cho các thành phần hữu ích qua và chặn giữ các thành phần hài bậc cao không có lợi).

Tính chất của phụ tải cũng gây tác động lên chế độ làm việc của bộ chỉnh lưu, nhất là khi giữa cầu chỉnh lưu và phụ tải điện có mắt lọc, trong đó điển hình nhất là các chế độ làm việc của bộ chỉnh lưu với:

- Phụ tải thuần trở;
- Phụ tải thuần kháng;
- Phụ tải thuần dung;
- Phụ tải có suất điện động ngược.

Dựa vào số pha điện áp xoay chiều được nắn qua cầu chỉnh lưu, phân biệt loại chỉnh lưu một nửa chu kỳ hay chỉnh lưu hai nửa chu kỳ, một pha, ba pha... Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ có dòng điện một chiều chạy qua cuộn dây của máy biến áp nối với diod chỉnh lưu. Trong sơ đồ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ không có thành phần dòng điện một chiều chạy qua máy biến áp - hiệu suất làm việc của bộ chỉnh lưu cao hơn.

2. Sơ đồ chuyển đổi điện

Trong mục này giới thiệu những sơ đồ chuyển đổi (biến đổi điện) điển hình thường gặp trong thực tiễn, đề cập đến những vấn đề cơ bản nhất, chỉ ra những ưu điểm và yếu điểm chính của giải pháp (bảng 1.9).

Bảng 1.9 - Các loại chuyển đổi năng lượng thông dụng

STT	Bên sơ cấp (cửa vào)	Kiểu chuyển đổi	Chức năng chuyển đổi yêu cầu bên thứ cấp (cửa ra)
1	Điện áp xoay chiều một pha/ba pha.	Nắn điện.	Điện áp một chiều ổn định (điều chỉnh) ở mức yêu cầu.
2	Điện áp xoay chiều.	Đổi điện lệ thuộc (thụ động) nguồn lưới.	Truyền năng lượng điện xoay chiều một pha/ba pha.
3	Điện áp một chiều.	Đổi điện độc lập.	Điện áp xoay chiều có mức, tần số và số pha theo yêu cầu.
4	Điện áp ba pha xoay chiều.	Biến đổi tần số trực tiếp.	Điện áp xoay chiều có mức, tần số (thấp hơn tần số lưới) và số pha xác định.

5	Điện áp xoay chiều một pha/ba pha.	Điều chỉnh điện áp xoay chiều một pha/ba pha.	Điện áp xoay chiều cùng tần số nguồn lưới nhưng có mức điều chỉnh được (thường thấp hơn điện áp lưới).
6	Điện áp một chiều.	Điều chỉnh điện áp một chiều.	Điện áp một chiều có mức xác định (thấp hoặc cao hơn điện áp nguồn).

Trong thực tế, tên phân loại của chuyển đổi điện có thể được đặt theo dấu hiệu (đặc tính) bên sơ cấp, kiểu chuyển đổi hay bên thứ cấp...

Loại hình sơ đồ nắn điện rất đa dạng và được phân biệt chủ yếu theo thành phần sóng hài trong điện áp ra và dòng điện phụ tải từ nguồn nuôi xoay chiều 1 pha/ 3 pha, hệ số cos ϕ của nguồn vào, thời gian xác lập điện áp một chiều ở cửa ra, số lượng van, loại biến áp sử dụng.

Tham số quan trọng đặc trưng sơ đồ chuyển đổi (nắn điện) là số lượng pha xác định tần số hài cơ bản (bậc thấp nhất) chứa trong điện áp ra so với cửa vào (độ gợn) của sơ đồ. Về nguyên tắc, số pha càng lớn độ gợn càng nhỏ. Trong chương này ta phân loại sơ đồ theo số pha. Khi phân tích có thể xem các thành phần của mạch là lý tưởng: Nguồn nuôi ổn định, bỏ qua sụt áp trên van, biến thể... Ngoài ra, nắn nửa chu kỳ có cảm kháng trong mạch điện một chiều đủ lớn để duy trì dòng tải liên tục (không bị ngắt quãng).

2.1. Nắn điện một pha nửa chu kỳ

Phụ tải thuận trở: Kiểu sơ đồ này ít gặp trong thực tiễn, nhưng cho phép cắt nghĩa dễ dàng nguyên lý làm việc. Phụ tải R được nuôi qua van V (diod hoặc thyristor) từ nguồn nuôi xoay chiều. Dòng điện i_d qua R theo một chiều xác định (hình b. c trong bảng 1.10). Trình bày biểu đồ điện áp thứ cấp U_2 , dòng và áp phụ tải i_d , U_d phụ thuộc góc $\theta = \omega t = 2\pi f t$ với f là tần số lưới điện, t là thời điểm quan sát.

Ở sơ đồ nắn không điều khiển, giá trị tức thời của U_d , i_d thay đổi từ trị số bằng 0 đến giá trị cực đại $U_{d\max} = \sqrt{2} U_d$ ứng với góc quay θ : $U_2 = \sqrt{2} U_2 \sin\theta$ (U_2 là giá trị hiệu dụng).

Giá trị trung bình điện áp nắn:

$$U_{d0} = 0,45U_2$$

Giá trị hiệu dụng nửa chu kỳ:

$$U_{dio} = 0,45U_2 \quad (1.84)$$

Tương ứng dòng nắn thực :

$$I_d = U_{dio}/R_d \quad (1.85)$$

$$I_{d(h)} = U_{d(h)}/R_d \quad (1.86)$$

Phân tích đường cong điện áp theo dãy Phuriê có đầy các giá trị U_{dio} tương ứng các hài bậc cao (bậc 1, 2, 3, 4...). Giá trị điện áp thực bao gồm các hài thành phần là điện áp gợn U_q .

Hệ số gợn xác định bởi công thức:

$$Q = U_q/U_{dio} \quad (1.87)$$

$$\text{hay } q' = (U_{dmax} - U_{dmin})/(U_{dmax} + U_{dmin}) \quad (1.88)$$

Trong đó: U_{dmax} và U_{dmin} xác định trong một chu kỳ.

Nếu điện áp một chiều chỉ chứa một hài thành phần duy nhất, hệ số gợn xác định theo (1.88) lớn $\sqrt{2}$ lần so với (1.87).

Bảng 1.10 - Sơ đồ nắn điện một pha nửa chu kỳ

Loại phụ tải		Thuần trở	Thuần kháng có tụ lọc	Có suất điện động phản kháng	Thuần trở-cảm kháng có diod không
Sơ đồ					
Biểu đồ dòng và áp	Góc điều khiển $\alpha=0$ (nắn không điều khiển)				
	Góc điều khiển $\alpha=\pi/6$				
	Ứng dụng điển hình		Nguồn một chiều công suất nhỏ	Nạp acqui dung lượng bé	Nuôi nam châm điện từ (cuộn kích thích máy điện một chiều) đến vài trăm watt

Điện áp gợn sinh ra từ sơ đồ nắn nửa chu kỳ thuần kháng lớn hơn điện áp không điều chỉnh 21%, thành phần sóng hài lớn làm giảm mômen quay động cơ, gây phản ứng hoá học phụ khi nạp ắc quy, tăng tổn hao... Vì vậy, chỉ dùng cho các phụ tải công suất nhỏ và phải có khâu lọc khi cần thiết.

Khi nắn điều khiển góc pha thyristor V không mở ở góc $\theta = 0$ mà tại thời điểm $\theta = \alpha$ (hình c bảng 1.10), khi đó:

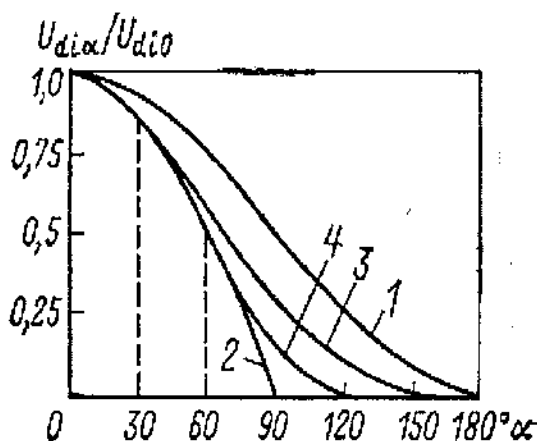
$$0 \leq U_{d\alpha} \leq U_{d0} \text{ theo quy luật}$$

$$U_{d\alpha} = U_{d0} (1 + \cos \alpha) / 2 \quad (1.89)$$

Đạt trị số trung bình khi $\alpha = 90^\circ$. Đặc tính điều chỉnh là $U_{d\alpha} / U_{d0} = f(\alpha)$ (hình 1.40). Dòng nắn trung bình:

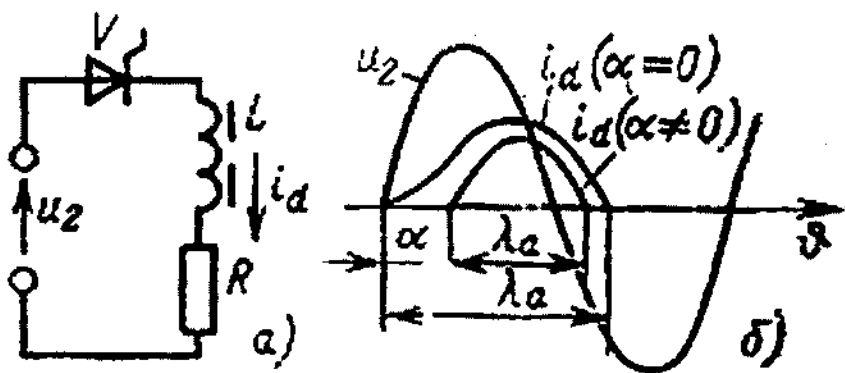
$$I_{d\alpha} = U_{d\alpha} / R_d \quad (1.90)$$

Lọc bằng cuộn cảm kháng: Tác dụng của cuộn cảm kháng khi đấu nối tiếp với phụ tải R như sau (hình 1.41): Năng lượng dự trữ trong cuộn dây khi dòng I_d tăng, làm kéo dài thời gian dòng phụ tải chạy trong van λ_a . Khi $\alpha = 0$ thì $\lambda_a > \pi$ và khi $\alpha \neq 0$ λ_a giảm. Thời gian λ_a phụ thuộc α và $\varphi_{11} = \arctg \omega L_d / R$ (hình 1.42).



Hình 1.40 - Họ đặc tính điều chỉnh nắn điện

1. Số tia $p = 1$ hay 2, thuần trở hay có diod không cũng như cầu nắn đối xứng bán điều khiển một pha/ ba pha ở chế độ dòng liên tục;
2. $p = 2; 3; 6$ chế độ dòng liên tục;
3. $p = 3$ tải thuần kháng hay R-L có diod không;
4. $p = 6$ có diod không.



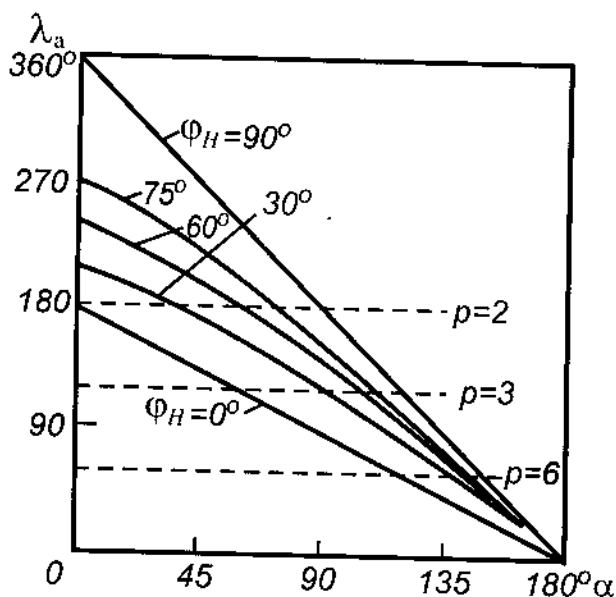
Hình 1.41 - Sơ đồ nắn nửa chu kỳ với tải R-L

- a) Sơ đồ;
 b) Biểu đồ dòng nắn khi không ($\alpha = 0$) và có điều chỉnh ($\alpha \neq 0$);
 λ_a - thời gian duy trì trạng thái mở của van

Lọc bằng tụ điện: Sử dụng trong trường hợp dòng phụ tải nhỏ (hình d, e bảng 1.10). Trong khoảng $\theta_1 < \theta < \theta_2$ dòng tiêu thụ từ lưới điện chảy qua van và nạp tụ điện C. Sau khi van ngắt mạch, tụ điện tiếp tục cấp năng lượng cho phụ tải, điện áp U_u giảm theo dạng hàm mũ với hằng thời gian $\tau = RC$. Nếu $\tau > 3/f$ thì cuộn dây biến áp có điện trở nhỏ hơn phụ tải, điện áp nắn duy trì hầu như không đổi $\sqrt{2} U_2$ suốt chu kỳ.

Như vậy, dòng i_a chảy qua diod trong khoảng thời gian rất ngắn (một phần nhỏ của chu kỳ) nên hệ số sử dụng diod thấp.

Mạch nắn suất điện động nghịch: Sử dụng trong mạch nạp acquy, nuôi (kích thích) máy điện một chiều (hình f, g bảng 1.10) thường dùng cho máy có công suất nhỏ bởi chất lượng nắn thấp, hệ số sử dụng biến thế thấp. Dòng tải chảy trong khoảng thời gian $\sigma \leq \theta \leq \pi - \sigma$ khi điện áp xoay chiều U_2 lớn hơn suất điện động E_0 .



Hình 1.42 - Thời gian mở van trong chế độ dòng ngắt quãng phụ thuộc góc mở ứng với các giá trị $\varphi_H = \arctg \omega L_d / R$

Đối với sơ đồ $p \geq 3$ thay α bằng $(\alpha' = \alpha + \pi/2 - \pi/p)$;

L, R - tham số phụ tải;

ω - tần số góc của lưới điện

Sơ đồ diod nối không: Sử dụng khi phụ tải có cảm kháng lớn, hằng thời gian $\tau = L_d/R$ lớn hơn nhiều so với $1/f$ (trong mạch kích thích máy điện một chiều) khi đó $i_d \approx \text{const}$. Nếu $\alpha = 0$ thì V_1 dẫn một nửa chu kỳ khi điện áp U_2 dương. Ở đây dòng duy trì được nhờ năng lượng dự trữ trong mạch cảm ứng (bởi năng lượng từ) và khép mạch nhờ V_0 .

Nếu V_1 được điều chỉnh ($\alpha \neq 0$) thì chỉ mở một phần trong suốt thời gian nửa chu kỳ $U_2 > 0$ và có giá trị luôn nhỏ hơn hoặc bằng giá trị điện áp nắn trung bình khi $\alpha = 0$. Nếu diod không mở trong thời gian lớn hơn π , dòng tải sẽ liên tục.

Ví dụ: Tính điện áp, dòng điện của ra của bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ có “diod không” cung cấp cho cuộn dây kích thích của máy phát điện ứng với góc điều khiển $\alpha = 0, \alpha = 60^\circ$. Biết điện cảm của cuộn kích thích $L_d = 1,5H$, điện trở thuần $R = 30\Omega$ được cung cấp từ lưới điện 220V/50Hz.

Giải

Tính hằng số thời gian của phụ tải:

$$\tau = \frac{L_d}{R} = \frac{1,5}{30} = 0,05s$$

Hằng số thời gian của điện áp lưới cung cấp:

$$\tau_{cc} = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02s$$

Vì $\tau > \tau_{cc}$ suy ra dòng điện chỉnh lưu được là lọc tốt.

Điện áp chỉnh lưu:

$$U_{di0} = 0,45.220 = 99V$$

Suy ra dòng điện chỉnh lưu:

$$I_d = \frac{U_{di0}}{R} = \frac{99}{30} = 3,3A$$

Dòng điện trung bình qua thyristor và diod khi $\alpha = 0$ là:

$$I_{Ta} = I_{Da} \approx \frac{3,3}{2} = 1,65A$$

Khi $\alpha = 60^\circ$ điện áp chỉnh lưu:

$$U_{i\alpha} = \frac{99(1 + \cos 60^\circ)}{2} = 74,3V$$

Dòng điện tương ứng là:

$$I_{d\alpha} = \frac{74,3}{30} = 2,48A$$

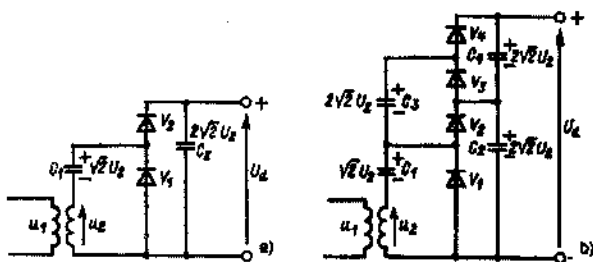
Dòng điện qua thyristor và qua diod trong các khoảng thời gian ứng với $(180-60)^\circ$ và $(180+60)^\circ$ tương ứng.

Dòng điện qua thyristor:

$$I_{Ta} = \frac{2,48(180 - 60)}{360} = 0,83A$$

Dòng điện qua diod:

$$I_{Da} = \frac{2,48(180 + 60)}{360} = 1,65A$$

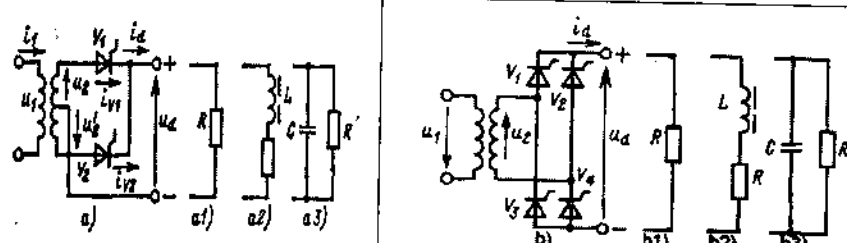
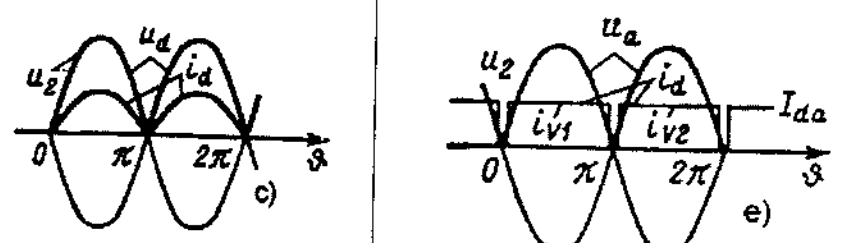
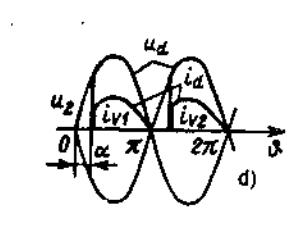
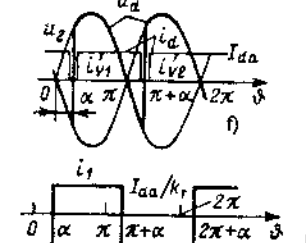
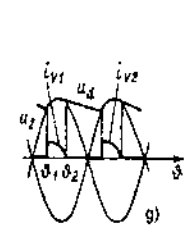


Hình 1.43 - Sơ đồ nắn điện nhân áp
a) Tăng hai lần; b) Tăng bốn lần

Mạch nắn nhân áp: Trong mạch nắn nhân áp hai lần (hình 1.43a), tụ điện C_1 nạp điện qua V_1 khi $U_2 < 0$ đến $\sqrt{2} U_2$. Khi $U_2 > 0$, C_2 nạp điện áp có giá trị tổng điện áp trên C_1 đã nạp từ trước đó và cuộn thứ cấp biến áp nguồn, bằng $2\sqrt{2} U_2$.

Trên hình 1.43b là sơ đồ nhân áp bốn lần. Đồng thời C_1 được V_1 nạp và C_2 qua C_3 (được nạp trước đó) đến $2\sqrt{2} U_2$. Diod V_3 , tụ C_1 và cuộn thứ cấp biến áp và như vậy điện áp trên C_3 cũng bằng $2\sqrt{2} U_2$. Ở chu kỳ sau điện áp trên C_1 và C_3 chồng chất tạo $U_d = 4\sqrt{2} U_2$, trong khi điện áp này phân đều trên C_4 và C_2 .

Bảng 1.11 - Sơ đồ nắn điện hai nửa chu kỳ

Sơ đồ			
Góc điều khiển $\alpha = 0$ (nắn không điều chỉnh)			
Góc điều khiển $\alpha = \pi/4$			
Loại phụ tải	Tải thuần trở R	Tải thuần trở cảm kháng R-L có dòng được lọc lý tưởng	Tải thuần trở R được lọc bằng tụ điện C
Lĩnh vực ứng dụng	Nguồn nuôi, nạp acqui, điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều, đặc biệt là cho điện áp thấp	Tương tự như sơ đồ điểm không, nuôi động cơ kéo trong thiết bị điện cho giao thông	

2.2. Nắn điện một pha hai nửa chu kỳ

Có ứng dụng rộng rãi trong ngành điện tử công suất, trong thiết bị nguồn nuôi công suất nhỏ, điện xoay chiều một pha và cấp nguồn nuôi động cơ tải-kéo một chiều trong giao thông với tần số lưới công tác $16\frac{2}{3}$ hay 50Hz có công suất đến vài megawatt.

Sơ đồ cầu và điểm không: Trong sơ đồ điểm không (hình a bảng 1.11), dòng nắn i_d chạy qua V_1 , V_2 trong khoảng thời gian điện áp thứ cấp biến thể $U_{2a} > 0$ hay $U_{2b} > 0$.

Sơ đồ cầu hình b bảng 1.11, cuộn thứ cấp biến thế nguồn không có điểm giữa. Khi $U_2 > 0$ dòng điện chạy qua V_1 và V_4 khi điện áp U_2 đảo chiều dòng tải chạy qua V_2 và V_3 nhưng giữ nguyên chiều dòng điện qua phụ tải.

Hai sơ đồ trên có cùng biểu đồ dòng và áp. Với U_{21} hay U_{22} ký hiệu điện áp xoay chiều sơ đồ điểm không và U_2 hay $-U_2$ cho sơ đồ cầu.

Tải thuận trở: Trên hình c, d bảng 1.11, $U_2 = U_{21} = U_{22}$ cho cả hai sơ đồ khi $\alpha = 0$ điện áp nắn biến thiên từ 0 đến $\sqrt{2} U_2$ và có giá trị trung bình:

$$U_{d0} = 0,9 U_2 \quad (1.91)$$

Điện áp nắn chứa các hài bậc chẵn 2, 4, 6... Điện áp gợn $U_q = 0,48U_{d0}$. Hệ số gợn tương ứng $q = 0,48$.

Nếu trong sơ đồ điểm không V_1 và V_2 hay V_1 và V_4 trong sơ đồ cầu (đối xứng điều chỉnh toàn phần) là thyristor, biểu đồ dòng và áp khi $\alpha \neq 0$ tương ứng hình d bảng 1.11 $U_{d\alpha}$ ứng với đường cong đặc tính điều khiển 1 hình 1.40, xác định theo công thức (1.89).

Tải thuần kháng với khâu lọc L hay C: Xem xét sơ đồ nắn điện điểm không và sơ đồ cầu nắn có điều khiển. Cuộn cảm kháng làm tăng thời gian mở cửa van. Nếu $\lambda_a < \pi$ thì dòng bị ngắt quãng, còn nếu $\lambda_a \geq \pi$ thì dòng sẽ liên tục và nếu $\tau = L/R \gg 1/2f$ có thể xem là điều kiện lý tưởng (hình e bảng 1.11 khi $\alpha = 0$).

Điều khiển pha khi đó :

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha \quad (1.92)$$

Đặc tính điều chỉnh $U_{d\alpha}/U_{d0}$ cho ở hình 1.40, đường cong 2.

Cầu nắn có thể làm việc trực tiếp từ lưới điện, không có biến thế cách ly, khi đó $U_1 = U_2$, dòng ngắn mạch có nguy cơ tăng rất lớn. Trong trường hợp này cần thiết phải có cuộn cảm trong mạch xoay chiều để hạn chế dòng.

Dòng điện sơ cấp của biến thế i_1 bằng tổng các dòng i_{a1} và i_{a2} (liên quan đến hệ số truyền k_{TP}), chạy ngược chiều nhau trong cuộn dây thứ cấp biến thế.

Trong mạch cầu, dòng i_d chạy 2 lần trong một chu kỳ và đổi chiều, cho cả hai trường hợp dòng cuộn sơ cấp biến thế có dạng cho ở hình h bảng 1.11.

Điện áp nắn hay điện áp cầu ở đầu thứ cấp biến thế, lấy từ nguồn lưới, cũng như thành phần hài bậc cao có thể tính theo các hệ số cho ở bảng 1.12 đối với trường hợp dòng nắn là lý tưởng.

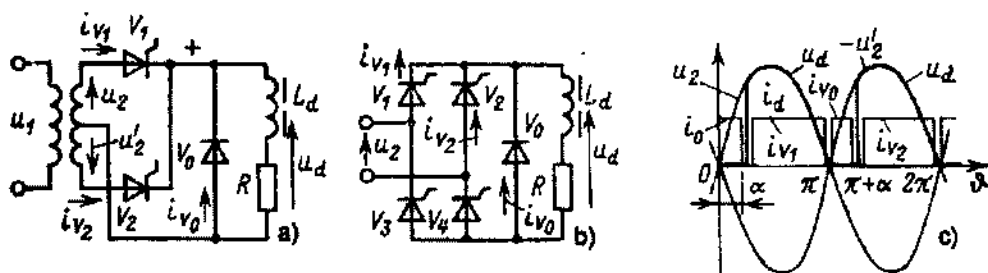
Bảng 1.12 - Trị số tính toán cho sơ đồ nắn khi dòng tải được xem là lý tưởng

ST T	Tên sơ đồ	Hình Bảng	Điện áp nắn			Dòng tiêu thụ từ lưới		
			Giá trị không tải trung bình U_{uo}/U_2	Bội số hài bậc cao γ_1	Hệ số gợn sóng q	Giá trị dòng hình dạng tương đôi $k_{11}I_1/I_d$	Bội số hài	Hệ số hài cơ bản k_j
1	Nửa chu kỳ với diod không	h, 3.2	0,45	1,2,3,4..	1,21	0,5	1,2,3,4..	0,90
2	Hai nửa chu kỳ điểm không	a2, 3.3	0,90	2,4,6..	0,48	1	3,5,7...	0,90
3	Cầu nắn hai nửa chu kỳ	b2, 3.3	0,90	2,4,6..	0,48	1	3,5,7...	0,90
4	Ba pha điểm không, nối ziczac cuộn thứ cấp	d, 3.5	1,17	3,6,9...	0,19	0,47	2,4,5,7,8,10..	0,83
5	Cầu nắn ba pha	a, 3.6	2,34	6,12,18..	0,042	0,82	5,7,11,13...	0,96
6	Sao kép với cảm kháng dung hoà	g, 3.6	1,35; 1,17	6,12,18..	0,042	0,41	5,7,11,13...	0,96
7	12 pha nối cầu song song	a, 3.7	2,34	12,24,3 6..	0,011	0,79	11,13,23,25..	0,989
8	12 pha nối cầu nối tiếp	d, 3.7	2x2,34	12,24,3 6..	0,011	1,6	11,13,23,25..	0,989

Công suất là chỉ tiêu quan trọng mà bộ nắn đảm bảo cho trường hợp nắn lý tưởng U_{dio} và dòng i_d là toàn phần:

$$P_{dio} = U_{dio} \cdot i_d \quad (1.93)$$

Khi lọc bằng tụ điện (hình g bảng 1.11), hình dáng dòng và áp nắn qua van thay đổi rõ rệt tương tự trường hợp nắn nửa chu kỳ (hình e bảng 1.10), song gợn sóng điện áp nắn với cùng hằng thời gian $\tau = RC$ ở đây khá bé bởi tụ điện phải nạp điện hai lần trong một chu kỳ.



Hình 1.44 - Sơ đồ nắn hai nửa chu kỳ có diod không a); cầu nắn b) và biểu đồ dòng áp nắn, cũng như dòng van i_{v1}, i_{v2}, i_{v3} c)

Sơ đồ điểm không và cầu nắn không đối xứng: Quá trình lọc dòng một chiều khi $\alpha \neq 0$ được cải thiện nếu trong sơ đồ có điểm giữa hay sơ đồ cần có tải thuần trở, cảm kháng được nối tắt bằng diod không V_0 (hình 1.44). Thời gian mở $0 \leq \theta \leq \alpha$ và $\pi \leq \theta \leq \pi + \alpha$ và ngắt mạch tạm thời điểm cuối trong khoảng này xuất hiện điện áp âm trên phụ tải (hình f bảng 1.11).

Giá trị điện áp nắn (một chiều) xác định theo biểu thức (1.89), đặc tính điều khiển tương ứng đường 1 hình 1.40. Nhờ diod không hệ số công suất được cải thiện. Sơ đồ điểm không có thể làm việc theo chế độ đổi điện.

Thay thế hai thyristor trong sơ đồ hình b bảng 1.11 bằng hai diod sẽ có mạch không đối xứng hay cầu bán điều chỉnh làm việc như cầu nắn hai nửa chu kỳ với diod không. Loại sơ đồ này giảm chi phí van thyristor, hệ điều khiển, khả năng lọc dòng điện tốt, cải thiện hệ số công suất, song không làm việc được theo chế độ đổi điện.

Hai phương án cầu nắn không đối xứng hình thành: Nếu V_1 và V_3 là thyristor (hình b bảng 1.11) còn V_2 và V_4 là diod đóng vai trò diod không và nếu V_1 và V_2 có catod chung (diod) còn V_3 và V_4 là thyristor. Lúc này sơ đồ mạch điều khiển khá đơn giản nhưng không làm việc ổn định khi phụ tải trội về cảm kháng, nếu không được nối tắt bằng diod không.

Ví dụ: Cầu chỉnh lưu một pha thyristor được lọc tốt và được nuôi từ lưới điện 220V/50Hz, cung cấp điện một chiều cho phụ tải (sơ đồ số 3) có điện trở $R = 20\Omega$. Hãy tính:

- Điện áp và dòng điện chỉnh lưu U_{dio} và I_d tại $\alpha = 0$ và $\alpha = 45^\circ$, điện áp gợn đặt lên điện áp chỉnh lưu U_q ;

- Dòng điện tiêu thụ lưới cung cấp I_1 , công suất của bộ chỉnh lưu lý tưởng.

Biết hệ số $k_{ba} = I_1/I_d = 1$ (hệ số máy biến áp $k_{ba} = 1$).

Giải:

Khi $\alpha = 0$:

Điện áp chỉnh lưu trung bình (đã lọc lý tưởng).

$$U_{dio} = 0,9U_2 = 0,9.220 = 198V$$

Điện áp gợn:

$$U_q = qU_{dio} = 0,48.198 = 95V$$

Dòng điện nắn trung bình:

$$I_d = \frac{U_{dio}}{R} = \frac{198}{20} = 9,9A$$

Dòng điện tiêu thụ từ lưới điện:

$$I_1 = I_d = 9,9A$$

Công suất bộ chỉnh lưu lý tưởng:

$$P_{do} = U_{dio}.I_d = 198.9,9 = 1960,2W$$

Công suất biểu kiến:

$$S = U_1.I_1 = 220.9,9 = 2,18kVA$$

Khi $\alpha = 45^\circ$:

$$U_{dia} = 198.\cos 45^\circ = 140V$$

Dòng điện tương ứng:

$$I_{da} = \frac{U_{dia}}{R} = 7A$$

Sử dụng "diod không", điện áp chỉnh lưu sẽ là:

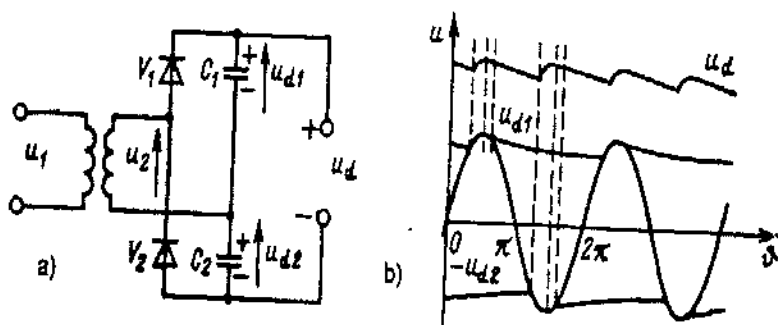
$$U_{dia} = \frac{198(1 + \cos 45^\circ)}{2} = 169V$$

Sơ đồ nắn điện nhân đôi áp: Tương tự sơ đồ nắn nửa chu kỳ có thể nhân đôi điện áp nắn một chiều bằng sơ đồ nắn hai nửa chu kỳ (hình 1.45).

Tụ điện C_1 và C_2 luân phiên nạp nửa chu kỳ điện áp tương ứng từ biến thế $U_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \theta$ đến $\sqrt{2} U_2$. Do vậy, điện áp U_{d1} và U_{d2} có hình dáng tương tự nhau (hình 3.6). Điện áp ra:

$$U_d = U_{d1} + U_{d2} \text{ ở chế độ không tải}$$

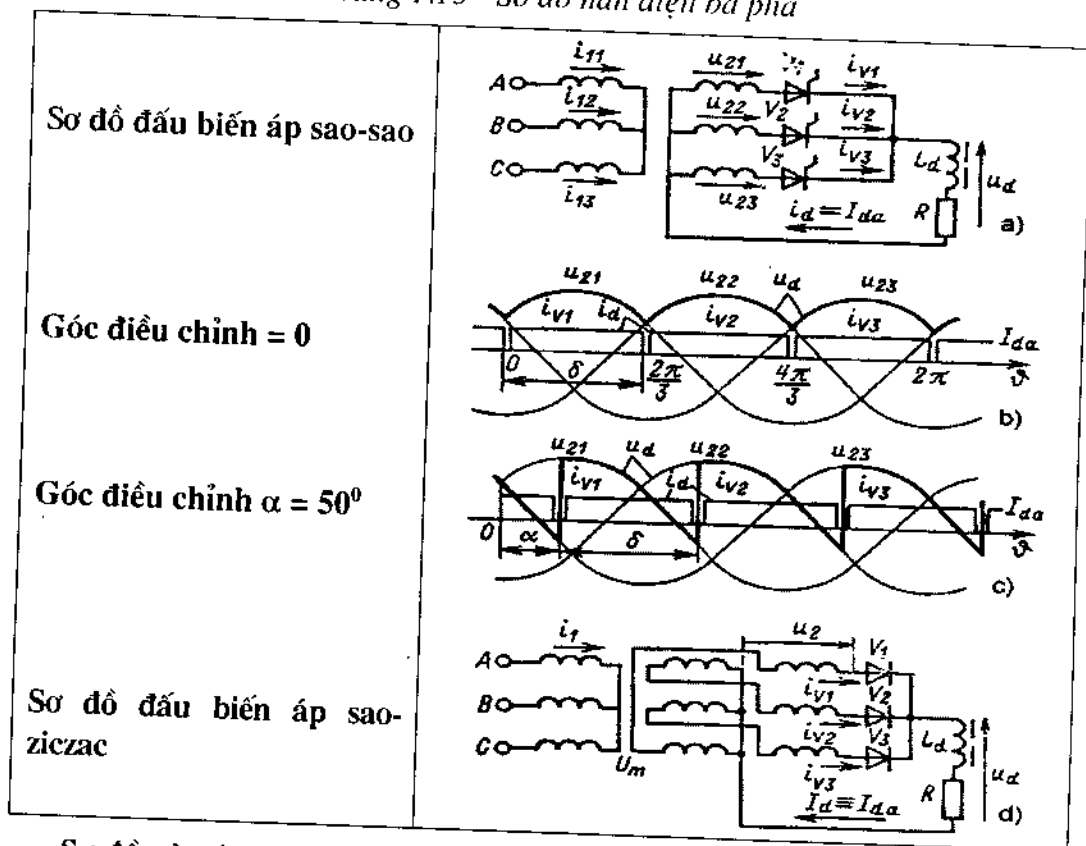
$$U_d = 2\sqrt{2} U_2 \quad (1.94)$$



Hình 1.45 - Sơ đồ nắn điện nhân đôi áp a);
biểu đồ điện áp U_{d1} , U_{d2} và tổng điện áp b)

2.3. Nắn điện ba pha điểm không

Bảng 1.13 - Sơ đồ nắn điện ba pha



Sơ đồ này ít gặp vì hệ số sử dụng máy biến áp thấp và điện áp ngược trên van khá cao (bảng 1.13). Nhưng sơ đồ cầu nắn ba pha gồm hai sơ đồ

nắn ba pha điểm không đầu nối tiếp có vị trí khá quan trọng. Ta xem xét các trường hợp cảm kháng L_d của cuộn cảm đủ lớn, do vậy dòng nắn không bị ngắt quãng và có giá trị $I_d = \text{const}$. Trong mạch nắn không điều khiển đường cong điện áp nắn bao gồm các khoảng điện áp xoay chiều ba pha U_{21} , U_{22} , U_{23} (hình c bảng 1.13). Giá trị trung bình điện áp nắn một chiều:

$$U_{d0} = 1,17 U_2 \quad (1.95)$$

Điện áp một chiều sau khi nắn chứa hài bậc 3, 6, 9...

Điện áp gợn sóng $U_q = 0,19U_{d0}$, lớn hơn hẳn so với sơ đồ cầu nắn 3 pha.

Khi $\alpha \neq 0$ (hình c bảng 1.13), điện áp xoay chiều (ví dụ U_{21}) xác định đường cong điện áp nắn từ thời điểm $\theta = \alpha$, khi mà van V_1 nhận được xung điều khiển. Đặc tính điều khiển cho ở hình 1.40, đường cong 3.

Để giảm độ gợn sóng điện áp nắn một chiều đối với $\alpha > \pi/6$ có thể đưa diod không vào mạch và đồng thời cải thiện hệ số công suất.

Đường cong dòng điện sau khi nắn $i_d = I_d$ bao gồm các xung một chiều qua các van i_{v1} , i_{v2} , i_{v3} . Quá trình giao điện diễn ra đối với $V_1 \rightarrow V_2$ và $V_2 \rightarrow V_3$ trong mạch nắn không điều chỉnh tại thời điểm $\theta = 0$; $2\pi/3$; $4\pi/3$, còn đối với sơ đồ nắn có điều chỉnh $\theta = \alpha$; $(2\pi/3 + \alpha)$; $(4\pi/3 + \alpha)$. Bởi vậy, dòng van khi được lọc tốt không phụ thuộc góc α có hình xung vuông và kéo dài $\lambda_0 = 2\pi/3$ (hình b, c bảng 1.13). Các tham số cơ bản của sơ đồ này cho ở bảng 1.12.

Đối với biến áp đầu sao-sao (hình a bảng 1.13), các dòng thành phần i_{v1} , i_{v2} , i_{v3} gây điện áp phản hồi làm méo dạng điện áp vào. Để loại trừ ảnh hưởng này, cuộn thứ cấp biến áp đầu theo kiểu zigzag (hình d bảng 1.13), như vậy trên mỗi trụ từ biến áp cần có hai cuộn dây (van của hai pha khác nhau) đấu đảo chiều để khử nguồn điện áp phản hồi.

2.4. Nắn điện sáu tia

Sơ đồ dạng này giảm đáng kể độ gợn điện áp một chiều, có hệ số sử dụng biến áp và van cao (bảng 1.14). Có thể đấu kết hợp song song hay nối tiếp sơ đồ nắn điện sáu tia, tăng số lượng pha nắn điện đến $p = 12, 18, \dots$ và tăng công

suất đến vài chục megawatt. Van bán dẫn thường được đấu theo mạch cầu, tuy nhiên khi điện áp thấp $500 \div 1000V$ có thể dùng cuộn cảm cân bằng (trước đây hay dùng trong mạch van đèn thủy ngân).

Sơ đồ cầu 3 pha: Sơ đồ được hợp thành từ hai mạch nắn điểm không $V_1 - V_3$ và $V_4 - V_6$ đấu nối tiếp. Điện áp một chiều được tạo thành từ các điện áp dây $U_{2ab}, U_{2bc}, U_{2ca}$ (hình b bảng 1.14). Trong khoảng $\pi/3$ ở cửa ra mạch nắn chịu tác động của điện áp có giá trị lớn nhất trong thời điểm quan sát. Giả sử điện áp nắn được là lý tưởng.

Giá trị trung bình điện áp nắn khi $\alpha = 0$:

$$U_{d0} = 2,34 U_2 \quad (1.96)$$

Trong đó: U_2 - giá trị hiệu dụng điện áp pha.

Hài bậc cao U_d có bậc 6, 12, 18... Giá trị hiệu dụng gợn xung khoảng 4% điện áp ra một chiều.

Dòng ra i_{V1}, i_{V2}, i_{V3} có dạng xung vuông với $\lambda_a = 120^\circ$. Nếu dòng định mức I_{dm} , chọn van có dòng trung bình:

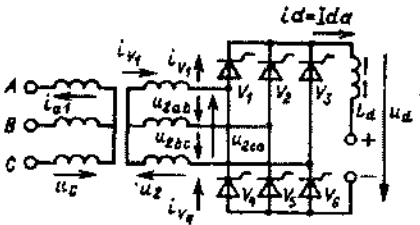
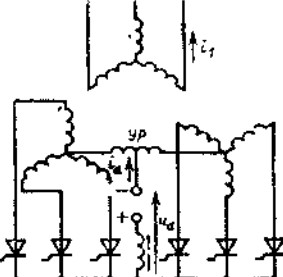
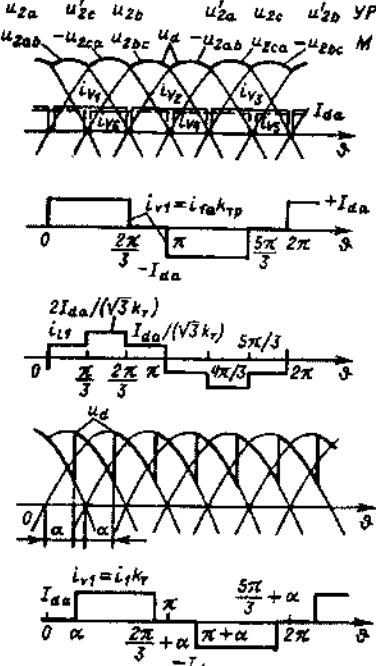
$$I_a = I_{dm}/3 \quad (1.97)$$

Đặc điểm nổi bật là trong các cuộn dây biến áp chỉ chạy dòng xoay chiều (không có thành phần một chiều) i_{2a}, i_{2b}, i_{2c} . Dòng i_{1a}, i_{1b}, i_{1c} trong sơ đồ Y/Y có hình dáng tương tự dòng i_{2a}, i_{2b}, i_{2c} (hình c, f bảng 1.14). Trong sơ đồ Δ/Y hình dáng dòng sơ cấp cho ở hình d bảng 1.14. Trong cả hai sơ đồ biến áp có hệ số sử dụng tốt. Sơ đồ cầu có thể đấu nguồn trực tiếp từ lưới điện. Song cần có cuộn cảm và biện pháp chống ngắn mạch.

Điện áp ngược đối với các van không lớn. Trong bảng 1.12 và bảng 1.16 cho thấy các chỉ tiêu kỹ thuật sơ đồ cầu ba pha khá cao. Nếu dòng van làm việc 300A, điện áp ngược chu kỳ là 1000V. Công suất tương ứng:

$$P_{d0} = 3.300.1000 = 900kW$$

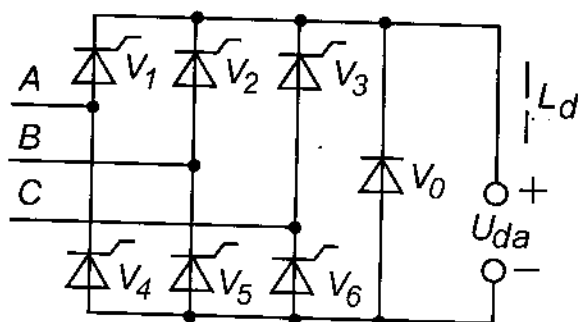
Bảng 1.14 - Sơ đồ nắn điện sáu tia

Góc điều khiển	Sơ đồ cầu	Sơ đồ cuộn cảm cân bằng
$\alpha \neq 0; \alpha = 0$		 
Lĩnh vực ứng dụng	Đến 500kW	Công suất lớn và điện áp một chiều đến 500V

Có hai phương án: Sơ đồ cầu nắn ba pha điều chỉnh điện áp đối xứng (cầu toàn phần) và không đối xứng (bán điều khiển).

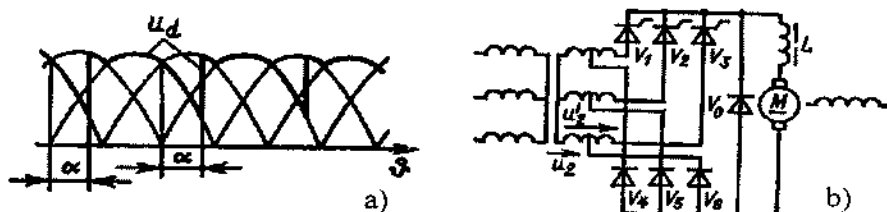
Sơ đồ đối xứng $V_1 - V_6$ là thyristor (hình 1.46). Dạng điện áp nắn U_d cho ở hình f bảng 1.14. Khi dòng điện liên tục giá trị trung bình xác định theo công thức (1.92) và đặc tính điều chỉnh cho ở hình 1.40, đường cong 2.

Sơ đồ này có ưu điểm là giảm cảm ứng từ cuộn cảm mà vẫn duy trì dòng nắn liên tục và cải thiện chất lượng lọc dòng điện một chiều.



Hình 1.46 - Cầu nắn ba pha có diod không
 V_1 - V_6 - Thyristor; V_0 - diod ; L_d - cuộn cảm

Trong sơ đồ nắn không đối xứng (bán điều khiển), khi đó điện áp nắn U_d (hình 1.47) chứa hài bậc 3, 6, 9... Giá trị trung bình điện áp nắn bao gồm thành phần điều khiển và không điều khiển ba pha có điểm không, tính riêng biệt theo công thức (1.89) và (1.95). Đặc tính điều chỉnh cho ở hình 1.40, đường cong 1.



Hình 1.47 - Hình dáng điện áp nắn một chiều U_d a)
 và cầu nắn điện ba pha không đối xứng b)

Trong vùng $0 < U_{d\alpha} < U_{d0}/2$ góc α lớn hơn 90° và nhóm van $V_1 - V_3$ làm việc ở chế độ đổi điện tạo suất điện động nghịch, không vượt quá điện áp không tải lý tưởng bằng $1,17U_2$. Bởi vậy, nếu cần giảm điện áp ra đến 0, điện áp U'_2 cấp cho $V_1 - V_3$ cần phải lớn hơn U_2 cấp vào $V_4 - V_6$

Yêu cầu này có thể thực hiện bằng cách bố trí đầu nối phụ cuộn thứ cấp biến áp (hình 1.47b).

Sơ đồ cầu nắn ba pha không đối xứng giảm chi phí van và mạch điều khiển và có hệ số công suất lớn hơn sơ đồ cầu đối xứng, tuy nhiên cần cuộn cảm lọc lớn hơn. Ngoài ra, trong một số trường hợp cần có diod không, ứng dụng tốt cho dải công suất nhỏ hơn 100kW.

Sơ đồ nắn điện với cuộn cảm cân bằng: Thiết lập từ hai sơ đồ nắn điện ba pha nối không $V_1 - V_3$ và $V_4 - V_6$, nuôi từ hai hệ điện áp ba pha U_{2a}, b, c và $U_{2a'}, b', c'$ lệch pha nhau 60° và làm việc song song đối với phụ tải chung (hình g bảng 1.14).

Máy cảm lọc có cuộn dây gồm hai nửa đối xứng, ba đầu nối bố trí trên trụ từ, tiếp nhận và cân dịu các gợn sóng tức thời và là hiệu điện áp nắn từ hai mạch nắn điện (ví dụ, khi dòng tải tăng 1% so với định mức), điều hoà chế độ làm việc song song. Sơ đồ này có tác dụng giảm hài bậc cao tương tự sơ đồ sáu tia.

Biểu đồ điện áp nắn một chiều U_d và dòng van i_v trong mạch điều khiển và không điều khiển (hình b, e bảng 1.14) và biểu đồ dòng điện lưới i_l đối với sơ đồ biến áp Y/YY hay Δ/YY (hình c, d bảng 1.14) ứng với các tham số trong bảng 1.12.

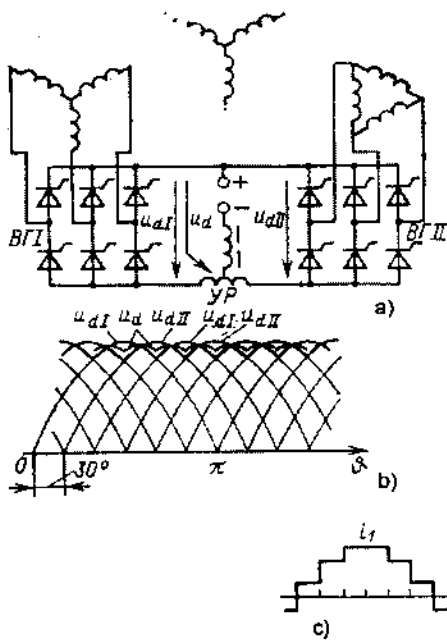
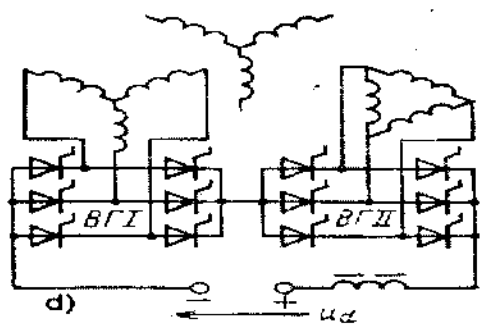
Sơ đồ nắn điện có cuộn cảm cân bằng so với cầu nắn 3 pha có hệ số sử dụng biến áp thấp hơn, tuy nhiên thích hợp cho điện áp thấp bởi vì dòng điện nắn chỉ chạy qua một van thay vì hai van.

2.5. Nắn điện liên hợp nhiều tia

Sơ đồ nắn điện nhiều pha ($p = 12, 24, \dots$) được xây dựng từ các mạch nắn điện sáu tia (thông thường là cầu nắn ba pha) nối song song khi làm việc với điện áp thấp và đấu nối tiếp khi điện áp làm việc cao.

Có thể thiết lập sơ đồ nắn điện nhiều tia với cuộn cảm bù, song cũng như đối với van thủy ngân, ở đây van bán dẫn cũng ít được sử dụng.

Bảng 1.15 - Sơ đồ nắn điện 12 tia

Đấu song song hai cầu nắn ba pha qua cuộn cân bằng (bù)	Đấu nối tiếp hai cầu nắn ba pha
 a) b) c) Lĩnh vực ứng dụng	 d) Điện áp thay đổi theo thời gian tương tự biểu đồ b)
Tăng công suất	Tăng công suất khi điện áp cao

Bộ nắn điện 12 tia: Đấu song song hai sơ đồ cầu (hình a bảng 1.15), các cuộn thứ cấp hai biến áp nối theo Δ và Y sao cho nhóm van BTI và BTII được nuôi từ hai hệ điện ba pha lệch nhau 30° điện. Cuộn cân bù san các trị số điện áp nắn tức thời U_{dI} và U_{dII} từ hai nhóm van làm việc song song. Kết quả loại trừ hài bậc 6, 18, 30... khỏi điện áp một chiều và bậc 5, 7, 11, 13... khỏi dòng vào sơ cấp i_1 . Điện áp gợn không quá 1% và điện áp nắn một chiều được lọc tốt (hình b bảng 1.15). Biểu đồ dòng i_1 có hình dáng gần như hình sin (hình c bảng 1.15).

Đấu nối tiếp hai cầu ba pha BTI và BTII (hình d bảng 1.15) trong trường hợp điện áp làm việc cao (trên 800V). Sơ đồ này làm việc tương tự trường hợp đấu song song hai cầu ba pha 12 tia. Tuy nhiên, dòng nắn (phụ tải) nhỏ hơn hai lần, còn điện áp cao hơn hai lần so với đấu song song. Ngoài ra, đấu nối tiếp sơ đồ làm

việc ở chế độ nắn và đổi điện có thể giảm đáng kể công suất phản kháng tiêu thụ từ lưới điện, trong khi tăng thành phần hài bậc cao trong điện áp một chiều và dòng sơ cấp so với sơ đồ 12 tia khi hai cầu nắn làm việc cùng một chế độ.

Ví dụ: Bộ chỉnh lưu cầu ba pha nối tiếp vào lưới điện 380V/50Hz, có dòng điện được coi là lọc tốt $I_d = 300A$. Hãy tính:

- Điện áp, công suất chỉnh lưu;
- Dòng điện hiệu dụng I_1 ;
- Tính góc α để điện áp ra $U_{dio} = 440V$.

Biết rằng sụt áp trên lưới cung cấp và cầu chỉnh lưu là 10% khi có phần tử hạn chế dòng ngắn mạch.

Giải:

Điện áp pha:

$$U_2 = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

Điện áp chỉnh lưu:

$$U_{dio} = 3,34.220 = 515V$$

Công suất của bộ chỉnh lưu:

$$P_{dio} = 515.300 = 145,5kW$$

Dòng điện hiệu dụng tiêu thụ từ lưới cung cấp (với $k_{ba} = 1$):

$$I_1 = 0,82.300 = 246A$$

Tính góc điều khiển α

Đối với cầu chỉnh lưu điều khiển toàn phần:

$$\cos \alpha = \frac{440}{515} = 0,854 \quad \text{suy ra } \alpha = 31,3^\circ$$

Đối với cầu chỉnh lưu bán điều khiển

$$\cos \alpha = \frac{2.440}{515 - 1} = 0,709 \quad \text{suy ra } \alpha = 44,9^\circ$$

Câu hỏi

1. Vẽ sơ đồ cấu trúc, nêu chức năng và đặc điểm các thành phần của hệ thống truyền động điện. Viết phương trình cơ bản của truyền động điện và giải thích ý nghĩa các đại lượng.

2. Nêu đặc điểm truyền động điện và sử dụng, bảo vệ động cơ điện trong nông nghiệp.
3. Vẽ sơ đồ, giải thích nguyên lý và đặc điểm của các phương pháp khởi động động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc, động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn, bộ khởi động mềm, động cơ không đồng bộ một pha.
4. Các phương pháp chọn động cơ điện theo: vận tốc vòng quay, khả năng chịu quá tải, các điều kiện môi trường, đặc điểm và độ lớn của tải và xác định công suất động cơ theo định mức.
5. Nêu các công thức và giải thích ý nghĩa các đại lượng sử dụng tính chọn động cơ điện máy bơm, động cơ điện máy vận chuyển và tính chọn động cơ điện máy quạt.
6. Cho biết ký hiệu và đặc tính cơ bản của các van bán dẫn diod và thyristor. Nêu công dụng của các bộ biến đổi điện. So sánh các đặc tính của các bộ biến đổi điện (chỉnh lưu điện), từ đó suy ra phạm vi ứng dụng của chúng.

Chương 2

LẮP ĐẶT VẬN HÀNH VÀ CHĂM SÓC BẢO DƯỠNG ĐỘNG CƠ ĐIỆN

I. LẮP ĐẶT ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Công việc lắp đặt động cơ điện được chia ra làm 3 bước:

- Bước 1: Kiểm tra tổng thể, chuẩn bị trang thiết bị, phụ kiện cần thiết cho lắp đặt, sấy động cơ điện tại nhà xưởng.

- Bước 2: Chuẩn bị trang thiết bị đồ lễ, kiểm tra khung bệ nơi sẽ lắp đặt máy.

- Bước 3: Lắp đặt máy trên khung bệ, đi dây cáp lực và cáp điều khiển, kiểm tra sơ đồ lắp ráp cuối cùng trước khi chạy thử. Sấy lại động cơ nếu có yêu cầu.

1. Yêu cầu chung

Chọn vị trí lắp đặt động cơ ở nơi khô ráo, ít bụi, dễ bảo quản, sửa chữa. Động cơ điện phải lắp đặt trên bệ kim loại chắc chắn, gắn trên nền xi măng bằng liên kết đai ốc (ít nhất 10 ÷ 15 ngày sau khi cấy đinh bulông vào nền xi măng). Đinh ốc phải có kích thước đủ lớn, không nhỏ hơn M10 đối với động cơ đến 2,5kW; M12 - đến 17kW; M16 - đến 30kW và M20 - đến 40kW.

Động cơ phải được lắp đặt chắc chắn để giảm thiểu dao động ảnh hưởng xấu đến độ ổn định và tuổi thọ của động cơ.

Kiểm tra, tra dầu mỡ, nếu cần thiết sử dụng loại mỡ bôi trơn phù hợp (về chủng loại và số lượng) với loại ổ bi và chế độ làm việc của động cơ (theo quy định của nhà chế tạo).

Phải có biện pháp che chắn để tránh nguy hiểm, nếu động cơ chuyển động bằng đai truyền. Đai truyền phải được điều chỉnh để có độ chùng nhất định, tránh đai truyền quá căng làm cong trục, làm cho hiệu suất truyền động kém.

Nếu động cơ truyền động bằng khớp nối phải sử dụng các thiết bị hoặc cơ cấu cân chỉnh để đảm bảo độ đồng tâm giữa trục động cơ và trục máy công tác theo hướng dẫn của nhà chế tạo, hoặc theo các yêu cầu dưới đây (nếu không có quy định riêng biệt).

Bảng 2.1 - Khe hở cho phép giữa stator và rotor động cơ

Tốc độ động cơ, min ⁻¹	Khe hở đối xứng qua tâm cho phép, mm
3000	0,04 ÷ 0,05
1500	0,08 ÷ 0,1
750	0,1 ÷ 0,12
500	0,15 ÷ 0,2

Bố trí thiết bị bảo vệ cần thiết để tăng hiệu quả kinh tế kỹ thuật.

Điện trở cách điện của động cơ phải được đo kiểm tra bằng megômmét có dải đo, điện áp thử và cấp chính xác thích hợp. Nếu điện trở cách điện nhỏ hơn 0,5MΩ, phải có biện pháp sấy và xử lý kịp thời trước khi cho phép đóng điện.

Thông thường, có thể sấy động cơ bằng cách thổi không khí nóng 90 ÷ 100°C từ ngoài bằng sợi đốt hay bóng đèn công suất 500 ÷ 1000W vào động cơ hoặc gia nhiệt trực tiếp bằng dòng điện trong cuộn dây của động cơ. Phương pháp sấy trực tiếp bằng dòng điện có thể áp dụng cho tất cả các loại động cơ điện nhờ khống chế nguồn điện áp thấp và dòng điện (máy biến thế hàn hay thiết bị tương tự).

Điện áp và dòng điện sấy thường chọn theo điện áp và dòng điện định mức của động cơ.

Bảng 2.2 - Điện áp và dòng điện sấy cho phép đối với động cơ

Điện áp định mức của động cơ, V	Điện áp sấy, V	Dòng điện sấy so với dòng điện định mức
220	22 ÷ 37	0,4 ÷ 1,0
380	37 ÷ 65	0,4 ÷ 1,0
500	37 ÷ 110	0,3 ÷ 0,87

Điện áp cung cấp, sơ đồ đấu nối của động cơ đọc trên nhãn động cơ phải phù hợp với lưới điện cung cấp. Ví dụ: Các thông số trên nhãn động cơ không đồng bộ ba pha:

- Công suất định mức P_{dm} , kW;
- Điện áp pha U_{dm} tương ứng với sơ đồ đấu nối hình tam giác hoặc sao (Δ/Y);
- Điện áp pha 220V/ điện áp dây 380V (220V/380V);
- Dòng điện pha I_Δ và dòng điện dây I_Y định mức của động cơ, A;
- Vận tốc quay định mức của động cơ n , min^{-1} ;
- Hệ số công suất của động cơ, $\cos\varphi$;
- Hiệu suất của động cơ η_{dm} ;
- Một số hãng chế tạo cho công suất của động cơ bằng mã lực, HP thay vì kW. Hệ số quy đổi là $1\text{HP} = 0,736\text{kW}$.

2. Xác định đầu cuộn dây và sơ đồ đấu nối

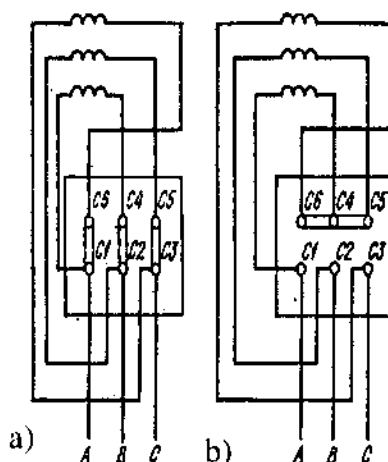
Động cơ không đồng bộ ba pha có hai cách ký hiệu:

- Đầu của các pha lần lượt ký hiệu là A, B, C.
- Cuối của các pha lần lượt ký hiệu là X, Y, Z.

Hoặc 6 đầu dây ký hiệu từ C_1 đến C_6 :

- Đầu của các pha lần lượt ký hiệu là C_1, C_2, C_3 .
- Cuối của các pha lần lượt ký hiệu là C_4, C_5, C_6 .

Sau đây hướng dẫn cách xác định thứ tự (chiều cực) cuộn dây pha (hình 2.1).



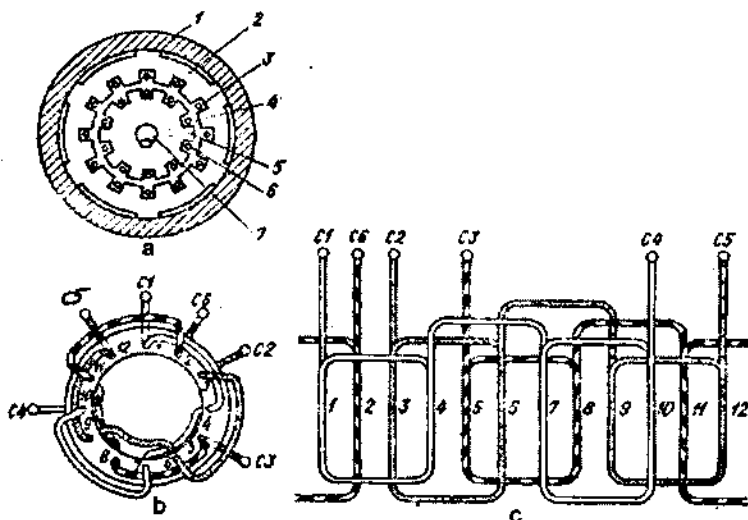
Hình 2.1 - Đánh dấu đầu nối cuộn dây pha động cơ không đồng bộ ba pha và cách nối.

a) Nối tam giác;

b) Nối hình sao.

Trong stator máy điện ba pha có $3p$ (p là số cặp cực) cuộn dây giống nhau bằng dây đồng hoặc nhôm tiết diện tròn hay hình chữ nhật, được phủ hoặc bọc cách điện cách ly với lõi sắt từ bằng bìa cách điện hoặc vật liệu cách điện sợi thủy tinh bằng azbest.

Mỗi nhóm p cuộn dây đầu nối tiếp hoặc song song, hợp thành một cuộn dây pha stator. Trục từ của cặp cuộn dây pha kề nhau hợp thành góc 120° điện hay $120^\circ/p$ (hình 2.2).



Hình 2.2 - Cấu tạo động cơ không đồng bộ 3 pha

a) Mặt cắt ngang:

1 - Vỏ kim loại; 2 - Lõi sắt từ stator; 3 - Cuộn dây rotor; 4 - Khe hở không khí; 5 - Lõi sắt từ rotor; 6 - Cuộn dây rotor; 7 - Trục rotor;

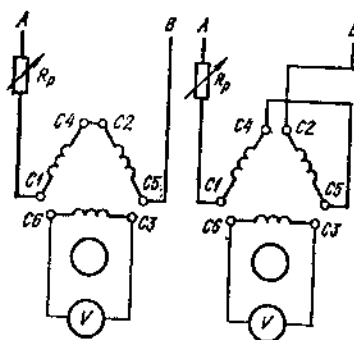
b) Mặt cắt ngang cuộn dây stator có hai cuộn dây đầu nối tiếp (mỗi cuộn một vòng ứng với một pha);

c) Sơ đồ cuộn dây dàn trải của các cuộn dây nhiều vòng.

Tập hợp 3 cuộn dây pha bố trí trong rãnh lõi sắt từ stator tạo nên cuộn dây ba pha với 6 đầu dây đưa ra cọc hộp cực (theo chiều cuộn dây 3 cọc dây đầu vào ký hiệu C_1 , C_2 và C_3 , còn ba cọc dây còn lại - đầu cuối ký hiệu C_4 , C_5 và C_6 tương ứng (hình 2.2). Bằng cách bố trí các thanh nối giữa các đầu dây pha (cọc hộp cực) thích hợp có thể thực hiện sơ đồ đấu tam giác hoặc hình sao, cho phép sử dụng động cơ điện với hai cấp điện áp dây khác nhau $\sqrt{3}$ lần. Ví dụ: 127/220V; 220/380V hay 380/660V (tử số là điện áp đấu theo sơ đồ Δ , còn mẫu số là điện áp đấu Y).

Trong trường hợp bị mất dấu các đầu dây pha, có thể xác định thứ tự đầu cuối của chúng nhờ vônmet điện từ đấu vào hai đầu dây của một cuộn dây pha (ví dụ pha A). Hai cuộn dây pha còn lại đấu nối tiếp và đóng vào điện áp lưới. Lần lượt thay đổi đầu các đầu dây của cuộn pha B đối với cuộn dây pha C, đọc chỉ số vônmet như hình 2.3. Nếu hai cuộn dây pha đấu thuận chiều quấn $C_1 - C_4 - C_2 - C_5$ trên vônmet sẽ chỉ trị số điện áp lớn, và khi đấu ngược chiều quấn $C_1 - C_4 - C_5 - C_2$, trên vônmet sẽ chỉ trị số nhỏ.

Trình tự xác định cực đầu và cuối của các cuộn dây pha còn lại tiến hành tương tự nhờ tổ hợp của cuộn dây đó cặp với một trong hai cuộn dây đã thử trước đó.



Hình 2.3 - Sơ đồ xác định cực tính cuộn dây pha stator động cơ không đồng bộ 3 pha
a) Vônmet chỉ trị số lớn;
b) Vônmet chỉ trị số bé (triệt tiêu)

3. Đấu nối dây vào hộp cực

Sáu đầu ra của ba cuộn dây pha động cơ điện được đánh dấu và bố trí trong hộp cực như trình bày trong hình 2.1.

4. Đấu nối dây vào nguồn cung cấp

Nếu động cơ ký hiệu Δ/Y : 220V/380V và điện áp lưới 380V thì đấu nối động cơ theo sơ đồ hình Y.

Chú ý:

- Khi đấu hình sao thì 3 đầu cuối của 3 pha đấu chung nhau về một điểm, 3 đầu còn lại đấu về lưới điện cung cấp.

- Trong trường hợp đấu Δ , đấu nối đầu pha A với cuối pha B, đầu pha B đấu với cuối pha C, đầu pha C đấu với cuối pha A. Ba đầu của 3 pha đấu về nguồn điện cung cấp.

Xác định “đầu cuối” của các cuộn dây pha nếu bị mất dấu (xem mục 2 của mục I).

II. NỐI ĐẤT AN TOÀN ĐỘNG CƠ ĐIỆN

1. Mục đích

Việc tiếp đất vỏ máy cho động cơ nhằm mục đích không gây nguy hiểm cho người khi chạm vào động cơ bị rò điện.

2. Sơ đồ tiếp đất

Hệ thống tiếp đất phải được đặt gần động cơ điện, điện trở tiếp đất phải nhỏ hơn 4Ω , mạch tiếp đất là mạch vòng khép kín với dây. Dây chính được nối với hệ thống cọc tiếp đất, dây nhánh nối dây chính với vỏ động cơ (Xem 10TCN 564 - 2003: Máy nông lâm nghiệp và thủy lợi - Mạng cung cấp điện và thiết bị điều khiển - Yêu cầu chung về an toàn và các tài liệu liên quan khác).

Dây tiếp đất chính có thể bằng đồng hoặc thép, tiết diện dây $S \geq 25\text{mm}^2$ đối với dây đồng và $S \geq 100\text{mm}^2$ đối với dây thép.

Dây nhánh có tiết diện tương ứng là $S \geq 16\text{mm}^2$ và 50mm^2 .

III. VẬN HÀNH, CHĂM SÓC VÀ BẢO DƯỠNG ĐỘNG CƠ ĐIỆN

1. Vận hành động cơ điện

Để bảo đảm an toàn cho người và động cơ điện, người vận hành phải tuân thủ các yêu cầu kỹ thuật và các quy định về an toàn điện.

Trước khi đưa vào vận hành động cơ điện, phải kiểm tra để chắc chắn.

- Động cơ được lắp đặt hợp cách, trục quay trơn, các bulông, êcu đã được siết chặt.

- Hệ thống dây điện cung cấp và điều khiển không bị chạm chập. Điện áp nguồn phù hợp với điện áp làm việc của động cơ. Động cơ đã được tiếp đất an toàn.

Vận hành động cơ không tải để kiểm tra chiều quay, nếu chưa đúng chiều phải đổi vị trí 2 dây pha bất kỳ của cáp.

Chỉ cho động cơ mang tải sau khi động cơ chạy không tải bình thường.

Trong quá trình vận hành người vận hành phải theo dõi thường xuyên các thông số: Nhiệt độ, dòng điện, điện áp và các hiện tượng không bình thường để có các biện pháp xử lý sự cố kịp thời (xem mục IV).

Để động cơ điện có tuổi thọ cao ngoài việc chế tạo có chất lượng tốt, cần kiểm tra chăm sóc bảo dưỡng, làm sạch và siết mối nối điện, tra dầu mỡ, lau chùi... động cơ định kỳ và tiến hành trung tu, đại tu đầy đủ và đúng kỹ thuật. Sau đây hướng dẫn vắn tắt quy trình tháo lắp động cơ điện.

Sử dụng bộ đồ nghề thích hợp để tháo lắp động cơ. Không sử dụng đồ nghề sai mục đích, chức năng (không dùng kìm để mở đai ốc).

2. Trình tự tháo động cơ điện

- Cắt điện;
- Tháo các đầu dây điện đấu vào động cơ;
- Tháo rời động cơ ra khỏi máy công tác;
- Tháo puli, bộ phận truyền động ra khỏi động cơ;
- Tháo nắp che cánh quạt và cánh quạt;
- Tháo nắp mỡ sau của động cơ;
- Tháo các bulông nắp trước và sau;
- Rút nắp sau bằng cách dùng búa gỗ nhẹ qua một tấm đệm bằng gỗ;
- Tháo trục và nắp trước ra ngoài vỏ;
- Trước khi rút rotor ra ta đặt một miếng bìa đệm xuống dưới rotor để tránh xước dây;

Thứ tự lắp động cơ thì làm ngược lại thứ tự tháo động cơ.

3. Sửa chữa nhỏ động cơ điện

Ngoài nhiệm vụ thường xuyên của người vận hành phải luôn theo dõi hoặc làm vệ sinh, tra dầu, thay thế, sửa chữa nhỏ tại chỗ để động cơ điện làm việc bình thường. Định kỳ 3 tháng 1 lần tiến hành tiểu tu, nội dung bao gồm:

- Lau chùi bụi, vết bẩn bên ngoài động cơ bằng vải giẻ sạch, thích hợp bằng xăng dầu hoặc nước xà phòng. Không dùng các chất dung môi mạnh để tránh làm hỏng sơn hoặc các bộ phận của động cơ;
- Kiểm tra điện trở cách điện bằng megômmet thích hợp;
- Dùng khí nén khô thổi sạch bụi;
- Siết chặt các bulông, êcu bảo vệ, siết chặt dây dẫn điện và dây tiếp đất;
- Kiểm tra (vệ sinh hoặc thay thế) cầu chì, role, tra dầu vòng bi...

4. Sửa chữa vừa và đại tu động cơ điện

4.1. Sửa chữa vừa

Đối với các động cơ điện, phải thực hiện trung tu định kỳ cứ 4000 giờ một lần, ngoài các nội dung tiểu tu phải thực hiện thêm các nội dung sau:

- Kiểm tra ổ bi, bạc đồng, nếu cần thiết phải thay thế;
- Thay mỡ mới, khi thay mỡ phải cho điền đầy 2/3 khoảng trống của nắp mỡ. Mỡ phải là loại mỡ rắn chịu nhiệt;

- Kiểm tra điện trở cách điện giữa các mối dây;

- Sấy động cơ khi cần thiết.

Đối với sửa chữa vừa và đại tu, nếu cơ sở không có điều kiện, cơ sở vật chất kỹ thuật và cán bộ kỹ thuật phải đưa đi sửa chữa ở các cơ sở sửa chữa chuyên nghiệp.

4.2. Đại tu

Đại tu được áp dụng cho những động cơ bị lão hóa hoặc bị hỏng hóc lớn.

Ngoài các thao tác của trung tu phải quán lại, sửa chữa cuộn dây và thay thế các bộ phận khi kiểm tra thấy hư hỏng.

IV. NHỮNG SỰ CỐ THƯỜNG GẶP VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

1. Khái quát chung

Một số hiện tượng, nguyên nhân của sự cố hỏng hóc và biện pháp khắc phục thông thường đối với động cơ không đồng bộ được tóm tắt trong bảng 2.3

Bảng 2.3 - Những sự cố thường gặp và phương pháp khắc phục động cơ không đồng bộ

Hiện tượng	Nguyên nhân	Phương pháp khắc phục
Sau khi đóng điện: động cơ điện không quay và kêu rú	Đường dây cung cấp điện cho động cơ bị hư hỏng (đứt dây, cháy cầu chảy). Cháy một trong các cầu chảy (chỉ làm việc hai pha). Đứt trong cuộn dây stator.	Kiểm tra điện áp giữa từng đôi pha (bằng vôn mét): bắt đầu từ cực động cơ điện, mạch cung cấp điện, rồi đến động cơ. Kiểm tra, thay cầu chảy ở tất cả ba pha nếu cần. Kiểm tra để chắc chắn cuộn dây stator không bị đứt (bằng megôm mét hoặc bóng điện).
Sau khi đóng điện: động cơ không quay và kêu rú.	Đứt mạch rotor : do đứt mối hàn nối các thanh dẫn trong "lồng sóc" của động cơ rotor ngắn mạch; đứt biến trở khởi động ở động cơ có vành góp; tiếp xúc điện giữa chổi với vòng tiếp điện kém. Điện áp giảm quá thấp khi	Kiểm tra khởi động động cơ không tải. Đấu nối lại, nếu cần.

	khởi động động cơ điện. Đấu cuộn dây stator không đúng (phải đấu tam giác nhưng lại đấu hình sao).	
Khi đóng điện cho động cơ: đứt cầu chảy hoặc aptomat nhảy (cắt điện)	Ngắn mạch trong cuộn dây stator	Kiểm tra cách điện và điện trở của từng pha cuộn dây stator (bằng megômmet)
Khi đóng điện cho động cơ: đứt cầu chảy hoặc aptomat nhảy (cắt điện)	Biến trở khởi động (đối với động cơ có vòng tiếp điện) không đặt đúng ở vị trí khởi động ban đầu. Máy công tác của động cơ điện bị hư hỏng hoặc công suất động cơ điện không đủ.	Kiểm tra và đặt biến trở vào vị trí khởi động ban đầu . Kiểm tra khởi động khi không tải để xác định.
Trong quá trình làm việc, không có xung động ở phía máy công tác của động cơ điện nhưng kim amperemét trong mạch stato dao động liên tục.	Đứt hoặc tiếp xúc xấu ở mạch rotor	Kiểm tra các mối hàn ở phần đầu các thanh dây rotor và khắc phục chỗ tiếp xúc xấu.
Trong quá trình làm việc, động cơ điện rú mạnh, stator nóng không đều, có khói trong cuộn dây stator.	Ngắn mạch giữa các pha của cuộn dây stator hoặc đoạn mạch vòng dây trong cùng một pha của cuộn dây.	Kiểm tra cách điện và điện trở tác dụng của từng pha cuộn dây stator (bằng megômmet). Khắc phục, sửa chữa nếu cần.

Sau đây trình bày hiện tượng, nguyên nhân một số trường hợp sự cố điển hình và cách xử lý

2. Động cơ không khởi động được khi không tải

2.1. Hiện tượng

Khi đấu động cơ không có tải vào lưới điện thì động cơ không quay, không có mômen khởi động.

2.2. Nguyên nhân

- Đứt 1 trong 3 pha dây cung cấp hoặc dây dẫn phía tụ điện.
- Đứt 1 cuộn dây stator trong động cơ đấu Y, đứt 2 cuộn dây stator của động cơ đấu Δ .
- Đứt 2 cuộn dây rotor của rotor dây quấn.

2.3. Kiểm tra phát hiện

2.3.1. Không sử dụng dụng cụ đo

- Kiểm tra trực quan bằng cách xem xét các đầu tiếp xúc, cầu chì, cầu dao, khởi động từ, các tiếp điểm để phát hiện chỗ bị hỏng, không tiếp xúc hoặc đứt.

- Kiểm tra bằng tay: Khi đóng điện thấy có tiếng kêu ù ù, động cơ không quay, lấy tay quay rotor theo chiều thuận và chiều nghịch mà động cơ đều quay chậm là bị đứt một pha phía hình sao.

2.3.1. Sử dụng vôn kế

Đóng điện cho động cơ đấu theo sơ đồ hình Y, đo điện áp giữa các điểm 1-0, 2-0, 3-0. Nếu điện áp pha nào chỉ bằng 0, pha đó bị đứt mạch ngoài.

Nếu các pha có điện áp và chỉ các giá trị điện áp khác nhau, kết luận bị đứt bên trong cuộn dây stator. Pha nào không bị đứt thì số chỉ của vôn kế bằng $U_{dm}/2$. Ngược lại, pha nào mà vôn kế chỉ khác $U_{dm}/2$ thì pha đó bị đứt bên trong cuộn dây stator.

Để phát hiện pha bị đứt phải tháo động cơ, kiểm tra xác định bối dây bị đứt như sau:

- Giả sử pha A bị đứt có 4 bối dây đầu nối tiếp, để xác định mối nào bị đứt, đặt vào hai đầu cuộn pha đó điện áp nhỏ hơn U_{dm} (ví dụ: $\leq U_{dm}/4$).
- Đo điện áp vào hai đầu từng bối dây, nếu điện áp giữa 2 đầu bối dây bằng điện áp đặt (điện áp thử) thì bối dây đó bị đứt. Còn điện áp chỉ giá trị khác 0 thì bối dây đó không bị đứt.

Ngoài ra, có thể sử dụng ampe kế để kiểm tra dòng điện trong mạch hoặc để phát hiện chỗ đứt, người ta có thể dùng ôm kế. Nếu pha nào

không đứt thì điện trở rất nhỏ (gần bằng 0Ω), nếu pha nào bị đứt thì điện trở rất lớn (bằng ∞).

2.4. Cách khắc phục

Tùy nguyên nhân sự cố, có thể thay dây chảy cầu chì, đánh sạch các tiếp điểm điện hoặc quấn lại mối dây bị đứt.

3. Động cơ quay không tải, khi có tải thì dừng lại

3.1. Hiện tượng

Khi đóng điện vào động cơ có tải (máy công tác) động cơ không khởi động được. Nhưng khi tháo tải thì động cơ khởi động được.

3.2. Nguyên nhân

3.2.1. Nguyên nhân cơ khí

- Bị kẹt hãm ở bộ phận truyền động hoặc phía máy công tác.
- Mômen cản của máy công tác quá lớn.
- Động cơ bị sát cốt do hư hỏng vòng bi, cong trục.

3.2.2. Nguyên nhân điện

- Điện áp của nguồn thấp dưới giá trị cho phép, mômen quay của động cơ nhỏ.
- Đứt một pha stator trong sơ đồ đấu hình Δ .
- Cuộn dây stator bị chập.

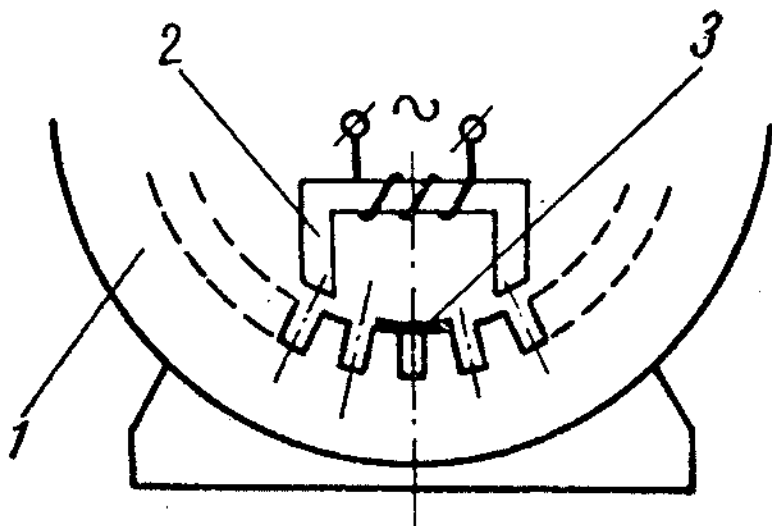
3.3. Kiểm tra phát hiện

- Dùng vôn kế để kiểm tra điện áp nguồn, nếu điện áp nguồn bị sụt giảm hơn $10\%U_{dm}$, kết luận là do điện áp thấp.
- Dùng ampe kìm đo dòng điện trên các pha, nếu dòng điện trên các pha bằng nhau, tìm nguyên nhân cơ khí: Kiểm tra dây cuaroa để tránh căng quá mức, xử lý kẹt bánh răng hộp số. Nếu hư hỏng bên ngoài không thấy, phải tháo phần cơ bên trong (vòng bi, khe hở...).
- Trong trường hợp dòng điện trong 1 pha nào đó khác với các pha còn lại, pha đó bị đứt hay chập mạch vòng (đoạn mạch vòng).
- Kiểm tra phát hiện mối dây bị đứt như tiến hành ở mục 2 của mục IV hoặc sử dụng ômkế.

Trong trường hợp cuộn dây pha A bị chập mạch vòng, sử dụng ômkế đo xác định điện trở của từng mối dây. Điện trở của mối dây nào nhỏ hơn các mối

dây còn lại là bồi dây đó bị chập. Ngược lại, nếu điện trở của bồi dây nào bằng ∞ thì bồi dây đó bị đứt.

Để phát hiện chỗ vòng dây bị chập (đoản mạch vòng), có thể kiểm tra các vòng dây bị chạm chập bằng dụng cụ rônha chuyên dùng, hoặc sử dụng nam châm điện với tấm thép mỏng (hình 2.4).



Hình 2.4 - Xác định vị trí vòng chập mạch bằng nam châm điện với tấm thép mỏng. Nam châm điện nuôi bằng điện áp lưới 50Hz. Khi có đoản mạch vòng tấm thép mỏng rung động.

1 - Lõi thép stator; 2 - Nam châm điện; 3 - Lá thép

3.4. Cách sửa chữa

Thực hiện lắp ráp, căn chỉnh lại máy đúng kỹ thuật hoặc quấn lại hoặc thay thế bồi dây bị chập.

4. Động cơ không phát huy vận tốc định mức

4.1. Hiện tượng

Động cơ khởi động được khi không tải, vận tốc đạt tới trị số định mức. Khi có tải vận tốc giảm rõ rệt (ví dụ: Tới một nửa vận tốc định mức).

4.2. Nguyên nhân

- Điện áp lưới giảm quá mức cho phép.
- Thanh dẫn trong rotor lồng sóc bị đứt mạch.
- Điện trở của mạch rotor dây quấn tăng do chổi than hư hỏng, mất tiếp xúc.

4.3. Kiểm tra phát hiện

Kiểm tra điện áp lưới bằng vôn kế và khi cần thiết, làm thí nghiệm tạo dòng ngắn mạch động cơ (giữ chặt rotor động cơ đứng yên) đưa điện lưới của động cơ, dùng ampe kim hoặc đồng hồ ampe kế để đo.

- Nếu dòng điện ngắn mạch không đạt tới trị số quy định, kết luận mạch rotor bị đứt.

- Nếu rotor lỏng sóc bị đứt, phải thay thế lỏng sóc mới hoặc thay thế, phục hồi thanh dẫn bị đứt.

Kiểm tra vành trượt, chổi than, làm sạch (bàn giấy ráp) các tiếp điểm và kiểm tra bộ biến trở khởi động để chắc chắn là mạch điện trở khởi động có tiếp xúc tốt và trị số điện trở đúng quy định.

5. Động cơ không có đà, kêu vang

5.1. Hiện tượng

Động cơ khởi động khó khăn, không có đà và kêu vang, trị số dòng điện trong các pha rất khác nhau, có pha vượt trị số định mức.

5.2. Nguyên nhân

Do đấu nhầm cực tính cuộn dây stator.

5.3. Cách kiểm tra phát hiện

Kiểm tra để chắc chắn động cơ có sơ đồ đấu Δ hoặc Y thích hợp.

Để đấu đúng cực tính của các cuộn dây stator ta phải xác định được đầu là đầu và cuối của một pha. Sau đó nếu đấu hình Y thì 3 đầu cuối phải chung một mối. Nếu đấu hình Δ đầu pha này đấu với cuối pha kia và các đầu pha đấu với lưới điện.

5.3.1. Xác định hai đầu dây của cuộn dây pha

** Sử dụng ôm kế*

Dùng ôm kế đo điện trở từng cặp dây, cặp dây nào có $R \approx 0$ là hai đầu dây của cùng một pha. Cặp dây nào có $R \approx \infty$ là hai đầu dây của hai pha khác nhau.

** Sử dụng bóng điện*

Có thể sử dụng bóng điện nếu không có ôm kế. Bóng điện có vai trò chỉ thị, đấu vào hai đầu của cuộn dây pha cần kiểm tra. Điện áp đưa vào cuộn dây pha khác đã biết.

Nếu đèn sáng thì 2 đầu dây đó là 2 đầu dây của cùng một pha, nếu đèn không sáng thì 2 đầu dây đó là 2 đầu dây của 2 pha khác nhau.

5.3.2. Xác định đầu đầu và đầu cuối của 1 pha

* Sử dụng von kế (xem mục 2 của mục I)

* Sử dụng bóng điện

Cách xác định tương tự như bằng von kế, nếu đèn sáng ta kết luận: hai pha nối tiếp nhau bởi hai đầu trái cực tính, nếu đèn không sáng - hai đầu nối tiếp nhau bởi hai đầu cùng cực tính.

6. Động cơ phát tiếng kêu không bình thường

6.1. Hiện tượng

Động cơ làm việc có tiếng kêu khác thường (tiếng rú, huýt gió, tiếng cọ sát cơ khí...).

6.2. Nguyên nhân

6.2.1. Nguyên nhân điện từ

Lõi thép ghép lỏng, lá tôn ở vùng răng bị tõe đầu, khe hở rotor, stator không đồng đều.

6.2.2. Nguyên nhân cơ khí

- Động cơ bị chấn động quá lớn.
- Ổ đỡ, ổ trượt bị hư hỏng, bị lỏng.
- Các lá thép, lõi thép rotor, stator bị hỏng, ghép không chặt.

6.3. Kiểm tra - sửa chữa

Tiếng kêu trầm to quá mức thường do liên kết không chắc chắn của đai ốc, ghép gông, lá thép, nêm rãnh bố dây, bulông chân đế của động cơ.

Tiếng kêu thanh: Thường do dòng điện 3 pha không cân bằng hoặc nếu dòng điện cân bằng thì do lõi thép stator và rotor bị tõe hoặc ghép chưa chặt hay ổ bị khô mỡ, phát nóng.

Tiếng kêu thanh và lớn: Nếu dòng điện các pha không cân bằng, do bị chập mạch vòng cuộn dây stator, sử dụng ampe kế, ôm kế hoặc rônha để xác định và thay thế bố dây bị chập (xem mục 3 trong IV).

7. Động cơ phát nóng không bình thường

7.1. Cuộn dây lõi thép stator quá nóng

7.1.1. Hiện tượng

Khi động cơ làm việc stator phát nóng quá mức.

7.1.2. Nguyên nhân

Do dòng điện tăng đồng đều cả 3 pha hoặc do dòng điện tăng không đồng đều trên 3 pha của cuộn dây stator. Ví dụ: Đứt một pha dây dẫn cung cấp điện vào động cơ làm cho động cơ làm việc 2 pha.

- Đứt một cuộn dây pha phía trong của stator.
- Điện áp lưới vượt quá giá trị cho phép so với định mức.
- Điện áp lưới nguồn giảm quá giá trị cho phép so với định mức khi động cơ mang tải lớn.
- Do quá tải, chập mạch vòng cuộn dây stator hoặc hư hỏng cách điện giữa cuộn dây, các lá tôn lõi thép stator.

7.1.3. Kiểm tra sửa chữa

- Dùng vôn kế để kiểm tra chất lượng điện áp lưới nguồn.
- Dùng ampe kế để kiểm tra dòng điện giữa các pha. Nếu dòng điện các pha khá đồng đều và lớn hơn dòng điện định mức, phải giảm tải động cơ. Nếu dòng điện giữa các pha không đồng đều, động cơ bị chập, đứt một pha stator.
- Kiểm tra để chắc chắn hệ thống quạt làm mát hoạt động bình thường.

7.2. Rotor dây quấn của động cơ phát nóng quá mức

7.2.1. Hiện tượng

Rotor động cơ rất nóng, vận tốc quay chậm, không đạt trị số định mức khi mang tải.

7.2.2. Nguyên nhân

Do dòng điện trong các pha của rotor lớn hơn trị số định mức. Có thể do:

- Điện áp lưới nguồn giảm dưới giá trị cho phép so với định mức khi động cơ mang tải.
- Động cơ bị quá tải.
- Đứt mạch hoặc chập mạch vòng cuộn dây rotor.

7.2.3. Sửa chữa

Tùy nguyên nhân mà ta có thể giảm tải cơ, kiểm tra xác định đối tượng, vị trí để sửa chữa thay thế các cuộn dây bị chập mạch hoặc bị đứt.

Khi động cơ bị đốt nóng quá mức làm cháy sơn cách điện. Thông thường, sơn cách điện có nhiệt độ làm việc cho phép không quá 60 - 80°C. Nếu sử dụng cách điện áp cao hơn (E, F...) có thể cho phép làm việc đến 120°C và cao hơn.

8. Động cơ bị hư hỏng cách điện

8.1. Hiện tượng

70% các hiện tượng hư hỏng động cơ là do hỏng cách điện cuộn dây stator, rotor... Khi cách điện của các cuộn dây trong động cơ bị hư hỏng thường phát cháy, bốc khói và mùi khét, thúc đẩy quá trình đốt nóng động cơ.

8.2. Nguyên nhân

- Cách điện kém do bị ẩm ướt, lão hóa.
- Bụi bẩn, dầu mỡ, có bụi kim loại trong không khí và bề mặt cách điện.
- Môi trường có chất ăn mòn kim loại.
- Động cơ làm việc quá tải lâu ngày.

8.3. Kiểm tra và sửa chữa

- Làm sạch bề mặt cách điện, các cuộn dây bằng khí nén khô.
- Kiểm tra cách điện bằng megômmét thích hợp (ví dụ: Điện áp thử 500V) điện trở cách điện giữa các cuộn dây pha, các bối dây giữa các cuộn dây và vỏ máy.
- Phải sấy lại các cuộn dây, nếu điện trở cách điện nhỏ hơn $0,5M\Omega$ (xem mục 1 của I).

Đấu cực dương nguồn điện một chiều vào 2 đầu cực của cuộn dây pha bị rò điện, cực âm của nguồn được đấu vào máy. Đo điện áp một chiều bằng milivônmet, kiểm tra điện áp giữa hai đầu của từng bối dây. Nếu điện áp của hai bối dây ngược chiều nhau thì bối dây ở giữa bị rò điện ra vỏ máy.

Câu hỏi

1. Nêu yêu cầu chung và cách xác định đầu cuộn dây và sơ đồ đấu nối: Đấu nối dây vào hộp cực và đấu nối dây vào nguồn cung cấp.
2. Mục đích của nối đất an toàn động cơ điện và các sơ đồ tiếp đất.
3. Trình tự tháo động cơ điện, bảo trì và sửa chữa động cơ điện.
4. Hãy nêu những sự cố thường gặp và biện pháp khắc phục trong thực tiễn vận hành sử dụng động cơ điện.

Chương 3.

SỬ DỤNG ĐIỆN TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

I. SỬ DỤNG ĐIỆN NHIỆT TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

1. Khái quát chung

Nghiên cứu ứng dụng điện nhiệt trong sản xuất nông nghiệp là một trong những nhiệm vụ có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Trên 40% quá trình sản xuất trong nông nghiệp sử dụng năng lượng điện cho mục đích sưởi ấm nuôi gia cầm, gia súc, trong trồng trọt và đốt nóng gia công, chế biến nông sản thực phẩm... Năng lượng dùng cho khu vực nông nghiệp, nông thôn ở các nước nông nghiệp phát triển chiếm khoảng 70 - 80% chi phí năng lượng chung.

Ngoài việc sử dụng điện năng trong truyền động điện, tùy thuộc cách thức chuyển đổi và sử dụng, năng lượng điện còn được biết đến như nguồn phát nhiệt (điện - nhiệt) và sử dụng điện năng dưới dạng dòng điện hoặc điện từ trường (công nghệ điện).

1.1. Điện nhiệt

Bản chất của điện nhiệt là biến đổi điện năng thành nhiệt năng, gồm các dạng chính sau:

- Đốt nóng bằng điện trở, đặc trưng bằng năng lượng điện đi qua điện trở của dây dẫn rắn hoặc lỏng đầu trong mạch điện phát nóng.
- Đốt nóng bằng hồ quang điện: Điện năng chuyển thành nhiệt năng nhờ hồ quang điện, duy trì trong môi trường khí (đốt nóng bằng tia hồ quang điện trực tiếp, gián tiếp và thiết bị hồ quang điện plasma).
- Đốt nóng kiểu cảm ứng: Điện năng biến thành nhiệt năng trong chất rắn hoặc lỏng nằm trong từ trường biến đổi nhanh (50Hz đến 500kHz) dưới tác động của dòng Foucault.

- Đốt nóng kiểu điện môi: Điện năng biến thành nhiệt năng trong chất rắn hoặc chất lỏng nằm trong điện trường biến đổi nhanh (0,2 đến 50MHz) dưới tác động của dòng điện “phân cực và dịch chuyển”.

- Đốt nóng kiểu điện từ: Điện năng biến thành nhiệt năng khi vật cần nung gặp dòng điện từ tăng tốc trong điện trường, có mật độ năng lượng cao (đến $5.10^8 \text{ kW.cm}^{-2}$, cao hơn hàng nghìn lần tia hồ quang điện).

- Đốt nóng quang học: Xuất hiện khi vật cần đốt nóng gặp bức xạ tập trung của máy phát lượng tử ánh sáng (laser) - tia ánh sáng đơn sắc trong dải ánh sáng. Năng lượng của xung lượng ánh sáng rất nhỏ (đến 30J) nhưng vì đường kính tia sáng rất nhỏ ($1 \div 5\mu\text{m}$), tồn tại trong thời gian cực ngắn (phần triệu của giây) nên có thể đốt nóng đến vài nghìn °C. Yếu điểm là hiệu suất thấp (dưới 0,5%).

1.2. Đốt nóng bằng điện

Do dễ thực hiện và có hiệu suất chuyển đổi khá cao, đốt nóng bằng điện trở ngày càng được nghiên cứu ứng dụng phổ biến trong các ngành kinh tế quốc dân. Các đối tượng cần được đốt nóng trong sản xuất nông nghiệp thường là nước, không khí, sản phẩm nông nghiệp, thực phẩm, thức ăn gia súc, gỗ...

Ưu điểm cơ bản của phương pháp đốt nóng bằng điện là:

- Thao tác và tác động nhanh, dễ điều khiển không chế theo yêu cầu đặc biệt của các công nghệ khác nhau.

- Bỏ qua giai đoạn chuẩn bị (tích nhiệt...), tiết kiệm thời gian và công sức.

- Dễ thực hiện tối ưu hóa các quá trình công nghệ nhiệt, nâng cao năng suất, hiệu quả và chất lượng sản phẩm trong trồng trọt, chăn nuôi và chế biến.

Dựa vào đặc điểm và mối quan hệ giữa vật cần đốt nóng và phần tử phát nhiệt, phân thành hai kiểu đốt nóng trực tiếp (đối tượng cần đốt nóng cho dòng điện đi qua trực tiếp phát nhiệt) và đốt nóng gián tiếp (đối tượng phát nóng riêng biệt - dòng điện không đi qua vật cần đốt nóng).

Nhiệt lượng phát ra từ các phần tử điện trở phát nhiệt bằng điện được tính theo công thức:

$$Q = I^2 R t \quad (3.1)$$

Trong đó: Q - nhiệt lượng tỏa ra, J;

I - dòng điện chạy qua sợi đốt kiểu điện trở, A;

R - điện trở của phần tử phát nhiệt, Ω ;

t - thời gian làm việc, s.

Thiết bị chuyển đổi điện năng thành nhiệt năng bằng điện trở thông thường gồm có ba bộ phận chủ yếu như phần tử đốt nóng, vỏ cách điện và thiết bị điều khiển.

2. Phần tử phát nhiệt bằng kim loại

Phần tử phát nhiệt bằng kim loại có cấu trúc hở hoặc kín trong vỏ bọc bằng gốm, thạch anh hoặc kim loại... Vật liệu điện trở phải có nhiệt độ làm việc dài hạn cao, ổn định, có điện trở suất cao, hệ số thay đổi vì nhiệt thấp, tốc độ oxy hóa bề mặt sợi đốt chậm, chống chịu hóa chất, cách cách điện và dầu mỡ... Vật liệu làm phần tử phát nhiệt không quá đắt, dễ chế tạo.

Nhóm vật liệu sau đây cho trong bảng 3.1, đáp ứng tốt các yêu cầu trên nên được sử dụng khá phổ biến.

Bảng 3.1 - Nhóm vật liệu chế tạo phần tử đốt nóng

STT	Ký mã hiệu	Điện trở suất ở nhiệt độ 20°C, Ωmm ² /m	Nhiệt độ cho phép, °C	
			Giới hạn	Tối ưu
1	X25H20 (Crôm - Sắt tăng cường)	1	900	800
2	X15H60 (Crôm ba)	1,1	1000	900
3	X20H80 (Crôm hai)	1,11	1100	1000
4	X20H80 (Crôm hai với Titan)	1,27	1150	1000

Nhiệt độ nóng chảy của Crôm là 1390 - 1400°C, khối lượng riêng 8,2 ÷ 8,4g/cm³, hệ số nhiệt độ, 0,09x10⁻³ đến 0,35x10⁻³ (mức X25H20).

Nhóm vật liệu thứ hai, hợp kim Sắt - Crôm - Nhôm (Phekhral) với thành phần Fe: 70 - 75%, Cr: 12 - 15%, Al: 3,5 - 5,5% có nhiệt độ làm việc đến 700°C. Nhóm Kantal có thành phần Fe: 72%, Cr: 20%, Al: 5%, Co: 3% có nhiệt độ cho phép đến 1300°C.

Nhóm vật liệu thứ ba, hợp kim Constan chứa Đồng - Niken - Constant phù hợp cho dải nhiệt độ thấp dưới 100 ÷ 350°C.

Nhóm Molipden và nhóm Volfram có nhiệt độ làm việc đến 2000°C và 3000°C.

Trong thiết kế thiết bị phát nhiệt thông thường sử dụng các công thức tính toán sau:

Nhiệt lượng của một sợi đốt q (W), tính theo biểu thức

$$q = \alpha \cdot C \cdot l \cdot \theta \quad (3.2)$$

Trong đó: α - hệ số truyền nhiệt, W/m^2K ;

l, d, C - chiều dài, đường kính và chu vi sợi đốt (dây điện trở), m ;

θ - nhiệt độ sợi đốt, K .

Công suất tiêu thụ P, W được tính theo công thức

$$P = p.C.l \quad (3.3)$$

Trong đó: p - công suất riêng bề mặt sợi đốt, W/m^2

Đường kính dây điện trở sợi đốt, tính theo biểu thức

$$d_d = 0,74 \sqrt{\left(\frac{P}{U}\right)^2 \cdot \frac{\rho}{p}} \quad (3.4)$$

Trong đó: ρ - điện trở suất của dây điện trở sợi đốt, $\Omega.m$;

Thông thường đường kính ngoài của lò xo dây điện trở chọn trong khoảng $D_{ng} = (5 : 8)d$, nhưng đường kính trung bình D_{tb} không nhỏ hơn $15mm$; bước lò xo $h > d$, nhưng không nhỏ hơn $8mm$; số vòng lò xo $w = l/h$, với l và l_w ký hiệu chiều dài của toàn bộ và chiều dài dây điện trở của một vòng lò xo. Chiều dài của lò xo $L = w.h$.

Có thể xác định số vòng lò xo theo công thức sau:

$$w = \frac{1000.l}{\sqrt{h^2 + (\pi D_{tb})^2}} \quad (3.5)$$

Ngoài các phân tử phát nhiệt để trần trong thực tiễn phổ biến các sợi đốt dạng ống dễ sử dụng và an toàn hơn, có tuổi thọ đến 10^4h , đặc biệt là sợi đốt dạng ống trong bình nấu hơi nước, thiết bị Karapu, thiết bị bức xạ nhiệt...

3. Phần tử đốt nóng phi kim loại

Thường sử dụng các thanh đốt Silit (SiC) dạng que hay ống (dòn, dễ vỡ) có thể đốt nóng đến $1450^{\circ}C$. Đến $800^{\circ}C$ hệ số nhiệt của phân tử đốt này âm, ở nhiệt độ trên $800^{\circ}C$ hệ số nhiệt của nó dương. Để duy trì nhiệt độ xác định cần tăng điện áp cung cấp bằng biến áp điều chỉnh (vì công suất, tỉ lệ với bình phương điện áp: $P = U^2/R$).

Phần tử Kantal - Super làm từ $MoSi_2$ làm việc trong chân không hầu như không bị ôxy hóa, dòn dễ vỡ, có thể làm việc đến $1600 \div 1700^{\circ}C$. Đặc tính ổn định, có hệ số nhiệt dương, tăng nhanh khi nhiệt độ tăng.

Các phần tử đốt nóng phi kim loại (gốm hoặc gốm kim loại) được chế tạo theo công nghệ đặc biệt.

Trên nhãn có ghi công suất, điện áp, dòng điện làm việc và điện trở, kích thước. Khi tính công suất chỉ cần tổ hợp (nối tiếp hoặc song song). Số lượng phần tử đốt được xác định theo biểu thức:

$$n = \frac{l}{a} - 1 \quad (3.6)$$

Trong đó: n - số phần tử phát nhiệt;

l - chiều dài làm việc của phần tử, m;

a - khoảng cách bố trí, chọn $a = 4d$ (đường kính thanh/ống phát nhiệt).

Kiểm tra sức tải nhiệt bề mặt cho phép đối với thanh đốt Silit theo điều kiện:

$$P_s = P_0 / \pi \cdot d \cdot l \quad (3.7)$$

Trong đó: P_0 - Công suất của một thanh điện trở (phần tử phát nhiệt):

$$\text{Tại } 1100 \div 1200^\circ\text{C: } P_s \leq 22\text{W/cm}^2,$$

$$\text{Tại } 1250 \div 1300^\circ\text{C: } P_s \leq 16\text{W/cm}^2,$$

$$\text{Tại } 1250 \div 1400^\circ\text{C: } P_s \leq 6\text{W/cm}^2.$$

Từ đó xác định công suất toàn phần:

$$P_{tp} = N \cdot P_0 \quad (3.8)$$

Trong các thiết bị gia nhiệt nhiệt độ cao thường sử dụng chất cách nhiệt như azbest, Cliuda, cát thạch anh, ôxit manhê nóng chảy, đáp ứng các yêu cầu trên, nhiệt độ làm việc đến 1000°C , sau ôxit manhê là ôxit nhôm.

4. Tính chọn sợi đốt và quạt gió cho máy sấy nông sản

Máy sấy là thiết bị dùng để làm khô nông sản (hạt nông sản, rau quả, thực phẩm...) đến độ ẩm đủ thấp (ví dụ: dưới 14% đối với thóc và dưới 12% đối với rau củ) để có thể đảm bảo điều kiện bảo quản an toàn, lâu dài ngay cả khi thời tiết xấu...

Tuỳ theo mục đích và chất lượng nông sản mà xác định nhiệt độ sấy cho thích hợp. Thông thường, chọn nhiệt độ sấy cao hơn nhiệt độ môi trường không khí khoảng $3 \div 30^\circ\text{C}$ (trong một số trường hợp, nhiệt độ sấy cao hơn 80°C).

Quạt gió được tính toán và chọn theo các thông số lưu lượng và cột áp không khí. Lượng không khí cần thiết để làm bay hơi nước trong nguyên vật liệu sấy nông sản, tính theo công thức:

$$V = \frac{B_{bh}}{\delta}, \quad \text{với } B_{bh} = \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{100 - \varphi_2} m_1 \quad (3.9)$$

Trong đó: V - lượng không khí, m^3 ;

B_{bh} - lượng hơi nước cần làm bốc hơi, kg ;

m_1 - khối lượng nông sản đưa vào sấy, t ;

φ_1, φ_2 - độ ẩm tương đối của nguyên vật liệu trước và sau khi sấy, %;

δ - khả năng chứa ẩm của không khí, g/m^3 (tra bảng xác định theo biểu đồ $i - d$, ứng với độ ẩm không khí tương ứng. Ví dụ: tại độ ẩm không khí $55 \div 60\%$, giá trị $\delta_{RH} = 20g/m^3$ ứng với nhiệt độ $20^\circ C$, khả năng chứa ẩm tối đa là $\delta_{T20} = 17g/m^3$, còn ở $50^\circ C$: $\delta_{T50} = 83g/m^3$ và ở $90^\circ C$: $\delta_{T90} = 428g/m^3$).

Năng suất quạt (lưu lượng không khí) L (m^3/h), tính theo biểu thức:

$$L = \frac{V}{t_c} \quad (3.10)$$

Trong đó: t_c - Thời gian sấy cần thiết (thường chọn $t_c = 4$ ÷ $12h$);

Cột áp của quạt H (m), xác định theo công thức:

$$H = H_v + H_1 + H_2 + H_{ll} \quad (3.11)$$

Trong đó: H_v - cột áp vận tốc, $H_v = \frac{\gamma v^2 h_{ll}}{2g}$

γ - tỷ trọng không khí (tại nhiệt độ $95^\circ C$: $\gamma_{95} = 0,95$), kg/m^3 ;

h_{ll} - áp suất bão hòa không khí ở nhiệt độ xác định;

v - tốc độ luồng không khí (tác nhân sấy), chọn bằng $3 \div 10m/s$;

H_{v1} - tổn thất cột áp qua lớp vật liệu sấy, m ;

H_o - tổn thất cột áp trên thành ống ($H_o = 4\rho' \frac{L_T}{d_T} . H_{v1}$), m ;

ρ' - hệ số ma sát, đối với ống bằng kim loại và bằng gỗ: $\rho' = 0,0034$;

d_T, L_T - đường kính và chiều dài ống, m ;

$H_2 = \mu H_v$ - tổn thất cột áp tại các cổ cong (μ - hệ số thực nghiệm).

Công suất động cơ quạt $P_1(W)$ được xác định theo biểu thức:

$$P_1 = \frac{L.H.k_z}{102.3,6.10^3 \eta_{ld} \eta_q} \quad (3.12)$$

Trong đó: L - năng suất quạt, m^3/h ;

H - cột áp, m ;

k_z - hệ số dự trữ ($k_z = 1,1 \div 1,5$);

η_{ld} - hiệu suất;

η_q - hiệu suất quạt gió (chọn $\eta_q = 0,4 \div 0,6$).

Xác định nhiệt lượng tính toán

$$Q_{\pi 2} = m_1 \cdot p \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{100 - \varphi_2} \quad (3.13)$$

Trong đó: p - nhiệt lượng hóa hơi nước ($p = 2674 \text{ kJ/kg}$);

Nhiệt lượng của thiết bị gia nhiệt được xác định theo công thức:

$$Q_k = \frac{B_{bh} \cdot p}{\eta_m \eta_k} \quad (3.14)$$

Trong đó: η_m - hiệu suất của máy sấy ($\eta_m = 0,5 \div 0,7$);

η_k - hiệu suất của thiết bị phát nhiệt ($\eta_k = 0,9 \div 0,98$).

Công suất thiết bị điện cung cấp nhiệt (Kaloripher) P_2 , W được xác định theo biểu thức:

$$P_2 = \frac{Q_k}{3600 \eta_k} \quad (3.15)$$

Công suất của một phần tử phát nhiệt P_{pt} , tính theo công thức:

$$P_{pt} = \frac{P_2}{3n} \quad (3.16)$$

Trong đó: n - số phần tử nhiệt (điện trở) đấu song song.

Dòng làm việc qua mỗi sợi đốt (phần tử phát nhiệt), tính theo công thức:

$$I_{pt} = \frac{P_{pt}}{U_{pt}} \quad (3.17)$$

Chọn đường kính sợi đốt bằng dây điện trở crôm-niken, trên cơ sở dòng điện và nhiệt độ làm việc của dây điện trở theo thiết kế: từ 200°C đến 800°C (bảng 3.2). Ví dụ: Thông thường, chọn nhiệt độ làm việc 600°C , và nếu dòng điện làm việc tính toán (theo thiết kế) là 5,4A, tra bảng chọn dây crôm-niken đường kính 0,6 mm, tiết diện $0,283 \text{ mm}^2$.

*Bảng 3.2 - Hướng dẫn chọn dây điện trở crôm - niken:
theo dòng điện và nhiệt độ làm việc*

Dòng điện và nhiệt độ làm việc của sợi dây điện trở, $^\circ\text{C}$				Tiết diện dây dẫn, mm^2	Đường kính dây dẫn, mm
200	400	600	800		
1,00	1,63	2,13	2,78	0,0707	0,3
1,50	2,35	3,10	4,05	0,1257	0,4
1,95	3,15	4,20	5,45	0,1963	0,5
2,48	4,00	5,40	7,05	0,2827	0,6
3,00	4,90	6,64	8,75	0,3848	0,7

3,55	5,80	7,95	10,50	0,5027	0,8
4,10	6,80	9,40	12,40	0,6362	0,9
4,70	7,80	10,90	14,40	0,7854	1,0
5,90	9,80	13,70	18,70	1,1310	1,2
7,30	12,00	17,00	23,20	1,5394	1,4
8,70	14,40	20,20	27,80	2,0106	1,6
10,20	17,00	23,80	32,70	2,5447	1,8
11,90	19,70	27,60	37,90	3,1416	2,0
15,40	25,40	35,70	48,70	4,5239	2,4
19,30	31,50	44,50	60,00	6,1575	2,8
21,20	34,50	49,00	66,00	7,0786	3,0
25,40	41,80	58,50	79,00	9,0782	3,4
32,20	53,20	74,20	99,00	12,5669	4,0

Xác định chiều dài dây điện trở của một phần tử phát nhiệt, theo biểu thức:

$$l_{pt} = \frac{3600P_{pt}}{\pi d \alpha [t_{pt} - 0,5(t_2 + t_1)]} \quad (3.18)$$

Trong đó: t_{pt} - nhiệt độ phần tử phát nhiệt, °C;

t_1, t_2 - nhiệt độ lớn nhất và bé nhất của không khí trong dải làm việc, °C;

α - hệ số truyền nhiệt đối lưu, kJ/h.m².°C.

$$\alpha = 11,3 \sqrt{\frac{v}{d}}; \text{ với } v = \frac{V}{3600F_k}, \text{ (thông thường } v = 5 \div 10 \text{ m/s)}$$

Trong đó: V - lượng không khí đi qua các phần tử phát nhiệt, m³/h;

F_k - mặt cắt ngang của buồng phát nhiệt, m².

Số vòng của cuộn dây sợi đốt tính theo mục 2 của mục I.

Ví dụ: Hãy thiết kế thiết bị cấp nhiệt cho máy sấy, nuôi từ lưới điện công nghiệp 220/380V. Nếu biết nhiệt lượng yêu cầu là $Q_k = 50000 \text{ kJ/h}$.

Giải:

Giả sử hiệu suất của thiết bị cấp nhiệt là $\eta_k = 0,95$, công suất của thiết bị đốt nóng:

$$P = \frac{Q}{3600 \cdot \eta_k} = \frac{50000}{3600 \cdot 0,95} = 14,6 \text{ kW}$$

Nếu bố trí mỗi pha hai phần tử đốt nóng (hai cuộn dây điện trở), công suất của mỗi phần tử:

$$P_{pt} = \frac{14,6}{3,2} = 2,43 \text{ kW}$$

Dòng điện qua mỗi phân tử đốt nóng:

$$I_{pt} = \frac{P_{pt}}{U_{pha}} = \frac{2,43}{220} = 11,1 \text{ A}$$

Giả sử chọn dây crôm - niken với nhiệt độ đốt nóng 600°C , tra bảng có: Đường kính dây điện trở $d = 1,0 \text{ mm}$ (tiết diện $0,7854 \text{ mm}^2$). Chọn tốc độ gió 5 m/s , tính gần đúng hệ số truyền nhiệt đối lưu:

$$\alpha = 11,3 \sqrt{\frac{5000}{1,0}} = 799 \text{ kJ/h.m}^2.^{\circ}\text{C}$$

Chiều dài sợi dây điện trở:

$$l_{pt} = \frac{3600.P_{pt}}{\pi d \alpha [600 - 0,5(50 + 70)]} = \frac{3600.2,43.1000}{3,14.1,0.799.540} = 6,457 \text{ m}$$

Chiều dài toàn bộ dây điện trở:

$$L = 3.n.6,457 = 3.2.6,457 = 38,74 \text{ m}$$

Tính bước lò xo: $h = (2 \div 4)d = 2 \div 4 < 8 \text{ mm}$, chọn $h = 8 \text{ mm}$.

Tính đường kính trung bình của lò xo: $D_{tb} = (5 \div 8)d = 5 \div 8 < 15 \text{ mm}$, chọn $D_{tb} = 15 \text{ mm}$.

Xác định số vòng dây trong một phân tử phát nhiệt (cuộn dây điện trở):

$$w = \frac{1000 l_{pt}}{\sqrt{h^2 + (\pi D_{tb})^2}} = \frac{1000.6,457}{\sqrt{8^2 + (3,14.15^2)}} = 135$$

Chiều dài của lò xo sợi đốt (phần tử phát nhiệt): $L_{PT} = 1000.h.w = 1,08 \text{ m}$.

II. CHIẾU SÁNG TRONG SINH HOẠT VÀ SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

1. Khái quát chung

Con người nhận biết các vật thể xung quanh bằng các giác quan. Nhờ cơ quan thị lực con người cảm nhận ánh sáng phát xạ hoặc phản xạ từ các vật, tạo khái niệm về hình dáng kích thước và vị trí của chúng trong môi trường làm việc xung quanh. Con người có thể nhận biết 80% thông tin từ môi trường sống, định hướng, vận động, tiếp cận và cầm nắm, điều khiển công cụ lao động nhờ thị lực. Các giác quan còn lại thường chỉ đóng vai trò bổ sung, làm phong phú hơn khái niệm đặc thù của các vật thể. Ví dụ, thính giác và khứu giác cảm nhận âm thanh và mùi vị, còn nhờ xúc giác có thể sờ mó để khẳng định chắc chắn hình dáng, kích thước và vị trí...

Cơ quan thị giác cảm nhận các vật thể được quan sát và môi trường sinh hoạt, lao động càng tốt, khi lượng ánh sáng phát hoặc phản xạ từ các vật và mặt phẳng nền càng lớn. Bởi vậy, độ chiếu sáng, biểu thị bằng lux được xem là thông số cơ bản của môi trường làm việc đối với các hoạt động sản xuất.

Trong các công trình nhà ở, gian sản xuất, ngoài ánh sáng (chiếu sáng) tự nhiên, cần phải sử dụng các nguồn chiếu sáng nhân tạo, như các loại đèn điện sợi đốt, đèn huỳnh quang, đèn chân không, đèn khí kềm... Chiếu sáng bằng điện dễ thực hiện, giá thành hợp lý, sử dụng thuận tiện và nhất là có thể tạo ra các nguồn ánh sáng gần giống với ánh sáng tự nhiên và ánh sáng có phổ ánh sáng thích hợp...

Căn cứ vào đối tượng chiếu sáng, phân làm hai loại chiếu sáng:

- Chiếu sáng dân dụng: Căn hộ gia đình, phòng ốc cơ quan, bệnh viện trường học, khách sạn...

- Chiếu sáng công nghiệp: Khu vực nhà xưởng sản xuất, chế biến, trang trại, kho bãi...

Căn cứ vào mục đích chiếu sáng, phân làm hai loại:

- Chiếu sáng chung: Tạo nên độ sáng đồng đều trên toàn bộ diện tích cần chiếu sáng (phòng khách, hội trường, nhà hàng, phân xưởng...).

- Chiếu sáng cục bộ: Tập trung ánh sáng vào một điểm hoặc một diện tích nhỏ (bàn làm việc, chi tiết cần gia công chính xác như tiện, khoan, đường chỉ máy khâu...).

- Chiếu sáng sự cố: Chiếu sáng dự phòng khi xảy ra mất điện lưới nhằm mục đích đảm bảo an toàn cho con người trong các khu vực sản xuất hoặc nơi công cộng (nhà hát, hội trường...).

Căn cứ vào mục đích chiếu sáng, còn phân làm các kiểu: Chiếu sáng trong nhà, ngoài trời, chiếu sáng trang trí, chiếu sáng bảo vệ...

Mỗi loại hình chiếu sáng có đặc điểm và yêu cầu riêng biệt, dẫn tới phương pháp tính toán, cách sử dụng loại đèn, bố trí đèn khác nhau cho điều kiện cụ thể.

2. Các đại lượng đặc trưng chiếu sáng

2.1. Quang thông

Quang thông là phần nhìn thấy được (sóng điện từ có bước sóng trong khoảng $\lambda = 380\text{-}780\text{nm}$) của nguồn ánh sáng phát ra (phát xạ).

Đối với nguồn có phổ ánh sáng dẹt quăng:

$$\Phi = \frac{1}{M_{ld}} \sum_{\lambda=1}^n V_{\lambda} P_{\lambda} = 683(V_{\lambda 1} P_{\lambda 1} + V_{\lambda 2} P_{\lambda 2} + \dots + V_{\lambda n} P_{\lambda n}) \quad (3.19)$$

Trong đó: Φ - quang thông (luồng sáng), lm;

$M_{ld} = \frac{1}{683}$ lm/W - hệ số tương đương cơ học của ánh sáng;

V_{λ} - độ nhạy của phổ ánh sáng (đặc trưng cho độ rõ);

P_{λ} - công suất phát xạ ánh sáng đơn sắc, W;

n - số phổ ánh sáng đơn sắc của nguồn ánh sáng.

Đối với nguồn có phổ ánh sáng liên tục:

$$\Phi = 863 \int_{\lambda_1=380}^{\lambda_2=760} V_{\lambda} p_{\lambda} d_{\lambda}, \quad (3.20)$$

Trong đó: $p_{\lambda} = \frac{dP_{\lambda}}{d_{\lambda}}$, (trong thực tế tính toán đôi khi sử dụng đại lượng

$$e_{\lambda} = 683 \cdot p_{\lambda}).$$

Đặc trưng chính của bóng đèn điện bao gồm: Công suất định mức P_{dm} (W), điện áp định mức U_{dm} (V) và quang thông định mức Φ_{dm} (lm), phổ ánh sáng... do nhà chế tạo cung cấp. Từ các số hiệu này, ta có thể đánh giá so sánh lựa chọn đèn trong thiết kế để phù hợp cho các mục đích ứng dụng cụ thể, và tiết kiệm chi phí đầu tư, chi phí điện năng...

2.2. Cường độ ánh sáng

Trong trường hợp chiếu sáng đồng đều của lượng quang thông $\Delta\Phi$ (lm) trong góc không gian $\Delta\omega$ (sr):

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (3.21)$$

Trong đó: I - cường độ ánh sáng, cd/sr;

Trong trường hợp không đồng đều, tính cường độ ánh sáng:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (3.22)$$

Trong đó: $d\Phi$ - quang thông, lm;

$d\omega$ - góc không gian, sr.

Góc không gian bao quanh tâm O của bóng đèn tròn Ω (sr) được xác định theo biểu thức:

$$d\omega = \frac{dS}{r^2} \quad (3.23)$$

Trong đó: r , dS - bán kính, m và diện tích phần cắt của mặt cầu, m^2 .

Công thức này cũng đúng cho trường hợp góc không gian bao quanh mặt cầu tâm O (khi đó diện tích S được thay bằng diện tích toàn bộ mặt cầu).

Ví dụ: Tính cường độ sáng I của mặt trời, ứng với một lượng quang thông xuống trái đất $d\Phi = 1,45 \cdot 10^{19}$ lm, trong một góc không gian $d\omega = 5,55 \cdot 10^{-9}$ sr.

Giải:

Cường độ sáng của mặt trời chiếu xuống quả đất là:

$$I = d\Phi/d\omega = 1,45 \cdot 10^{19} / 5,55 \cdot 10^{-9} = 2,61 \cdot 10^{27} \text{ cd}$$

2.3. Độ rọi và độ trung

Độ rọi E là phần quang thông tới trên một đơn vị diện tích dS , tính theo biểu thức, biểu thị bằng lux (lx)

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (3.24)$$

Độ trung R của nguồn sáng có quang thông $d\Phi$, phân bố đều trên một diện tích giới hạn dS , cũng được tính theo biểu thức trên nhưng biểu thị bằng lm/m^2

Nếu một vật phản xạ hay cho qua toàn phần nguồn sáng chiếu tới độ rọi trên vật E luôn nhỏ hơn độ trung chiếu tới nó.

Giả thiết có nguồn sáng C , diện tích được chiếu sáng dS có phương theo pháp tuyến N (hình 3.1).

Thông lượng của nguồn C đi qua diện tích dS là $d\Phi = Id\omega$.

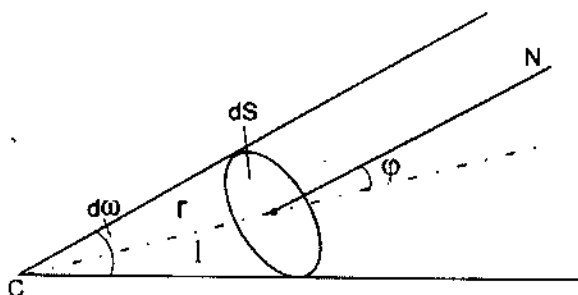
$$d\omega = \frac{dS \cos \varphi}{l^2} \quad (3.25)$$

Trong đó: l - khoảng cách từ C đến tâm dS , m.

Thay vào công thức (3.25) trên có:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{IdS \cos \varphi}{l^2 dS} = \frac{I \cos \varphi}{l^2} \quad (3.26)$$

Độ rọi của nguồn sáng tỷ lệ thuận với cường độ ánh sáng, tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ nguồn tới tâm diện tích được chiếu sáng và phụ thuộc vào hướng tới của nguồn sáng.



Hình 3.1 - Minh họa xác định độ rọi

Khi một quang thông đều chiếu tới mặt phẳng xác định, mật độ quang thông rơi trên đơn vị diện tích bề mặt, tính theo biểu thức

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (3.27)$$

Trong đó: Φ - quang thông của nguồn sáng, lm;

S - diện tích chiếu sáng, m^2 .

Bảng 3.3 giới thiệu một số trị số độ rọi cho các khu vực khác nhau được quy định ở các nước phát triển.

Bảng 3.3 - Trị số độ rọi quy định ở các nước phát triển

Đối tượng chiếu sáng	Độ rọi, lx
Phòng làm việc, bàn giấy	400 ÷ 600
Nhà ở	150 ÷ 300
Đường phố, chiếu sáng công cộng	20 ÷ 50
Cửa hàng, kho tàng	100
Phòng ăn	200 ÷ 300
Phòng học, phòng thí nghiệm	300 ÷ 500
Phòng vẽ thiết kế, siêu thị	750
Công nghiệp màu	1000
Công việc tỉ mỉ với các chi tiết nhỏ	> 1000

Sau đây cho một số trị số độ rọi đặc trưng:

Ngoài trời, buổi trưa hè trời nắng 100.000 lx.

Ngoài trời, trời có mây, mùa đông 2000 ÷ 3000 lx.

Đêm trăng rằm 0,25 lx.

Phòng làm việc 300 ÷ 500 lx.

Nhà ở 150 ÷ 300 lx.

Đường phố 20 ÷ 30 lx.

Ví dụ: Một lớp học có chiều rộng $a = 7,5m$, chiều dài $b = 11,5m$, được chiếu sáng bằng 6 bộ đèn, mỗi bộ đèn có 2 ống huỳnh quang 1,2 m (công suất $P = 36 W$, $\Phi_d = 3350 lm$). Biết hệ số sử dụng quang thông $k_{sd} = 0,65$. Tính độ rọi trên bề mặt làm việc (bề mặt ngang bàn học, cách nền nhà 0,8 ÷ 0,85 m).

Giải:

Diện tích bề mặt làm việc :

$$S = b.a = 11,5 \times 7,5 = 86,25 m^2$$

Theo định nghĩa, hệ số sử dụng quang thông là:

$$k_{sd} = \Phi_s / \Phi_i$$

Trong đó: Φ_s - quang thông nhận được trên diện tích bề mặt làm việc, lm;
 Φ_i - quang thông thu được từ tất cả các nguồn sáng, lm.

Số ống huỳnh quang trong lớp N là:

$$N = 6 \times 2 = 12 \text{ (ống huỳnh quang)}$$

Tổng quang thông của tất cả các ống huỳnh quang

$$\Phi_i = N\Phi_{\text{đèn}} = 12 \times 3350 = 40200 \text{ (lm)}$$

Từ đó, xác định quang thông nhận được trên bề mặt làm việc

$$\Phi_s = k_{sd} \Phi_i$$

$$\Phi_s = 0,65 \times 40200 = 26130 \text{ (lm)}$$

Độ rọi E trên bề mặt làm việc là :

$$E = \Phi_s / S = 26130 / 86,25 = 303 \text{ (lx)}$$

2.4. Hệ số phản xạ ρ , hệ số thấu xạ τ , hệ số hấp thụ α

Nguồn ánh sáng rọi tới một vật thể, phân tán thành các thành phần phản xạ, xuyên qua vật thể, và một phần bị vật thể hấp thụ. Do vậy, quang thông được đặc trưng bởi các hệ số sau:

2.4.1. Hệ số phản xạ ρ

Hệ số phản xạ ρ của bề mặt vật thể được tính theo biểu thức

$$\rho = \Phi_p / \Phi_s \quad (3.28)$$

Trong đó: Φ_p - quang thông phản xạ;

Φ_s - quang thông rọi tới bề mặt.

2.4.2. Hệ số thấu xạ τ

Hệ số thấu xạ τ của vật thể, được tính theo biểu thức:

$$\tau = \Phi_x / \Phi_s \quad (3.29)$$

Trong đó: Φ_x - quang thông xuyên qua vật thể.

Hệ số thấu xạ τ còn gọi là hệ số dẫn quang:

2.4.3. Hệ số hấp thụ α

Hệ số hấp thụ quang thông của vật thể:

$$\alpha = \Phi_h / \Phi_s \quad (3.30)$$

Trong đó: Φ_h là quang thông hấp thụ bởi vật thể.

Vì tổng quang thông phản xạ Φ_p , quang thông xuyên qua Φ_x , quang thông hấp thụ Φ_h bằng quang thông rọi tới bề mặt Φ_s , có:

$$\Phi_p + \Phi_x + \Phi_h = \Phi_s$$

Chia cả hai vế cho Φ_s

$$\text{Ta có: } \rho + \tau + \alpha = 1 \quad (3.31)$$

Các hệ số này phụ thuộc vào màu của vật thể, khi thiết kế có thể ước lượng dựa vào màu sắc của vật thể theo các chỉ dẫn chọn $\rho\%$ như sau:

- Màu trắng sáng, thạch cao trắng 80%
- Màu trắng nhạt, các màu rất sáng 70%
- Màu vàng, xanh sáng, màu xi măng 50%
- Các màu rực rỡ, màu gạch 30%
- Các màu tối, kính 10%

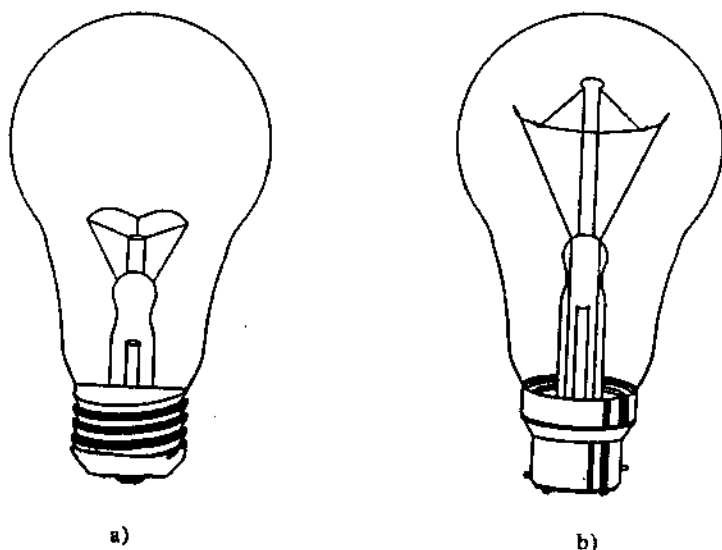
3. Thiết bị chiếu sáng và thiết bị khởi động, điều khiển

Để tạo ra nguồn sáng, người ta thường dùng các loại đèn điện, thông dụng nhất là đèn sợi đốt và đèn huỳnh quang (đèn tuýp, đèn neon).

Hiện nay, số lượng đèn sợi đốt đang được sử dụng trên thế giới lớn khoảng gấp 5 lần các loại đèn khác. Ở Nhật Bản, đèn huỳnh quang được sử dụng phổ biến, có số lượng tương đương đèn sợi đốt...

3.1. Đèn sợi đốt

Đèn sợi đốt còn gọi là đèn dây tóc do Thomas Edison phát minh năm 1879, do có cấu tạo và điều kiện sử dụng đơn giản, lắp đặt dễ dàng nên được dùng rộng rãi trong khắp các lĩnh vực. Nguyên tắc làm việc của đèn sợi đốt dựa trên cơ sở bức xạ nhiệt. Khi dòng điện đi qua sợi dây tóc, đốt nóng đến nhiệt độ

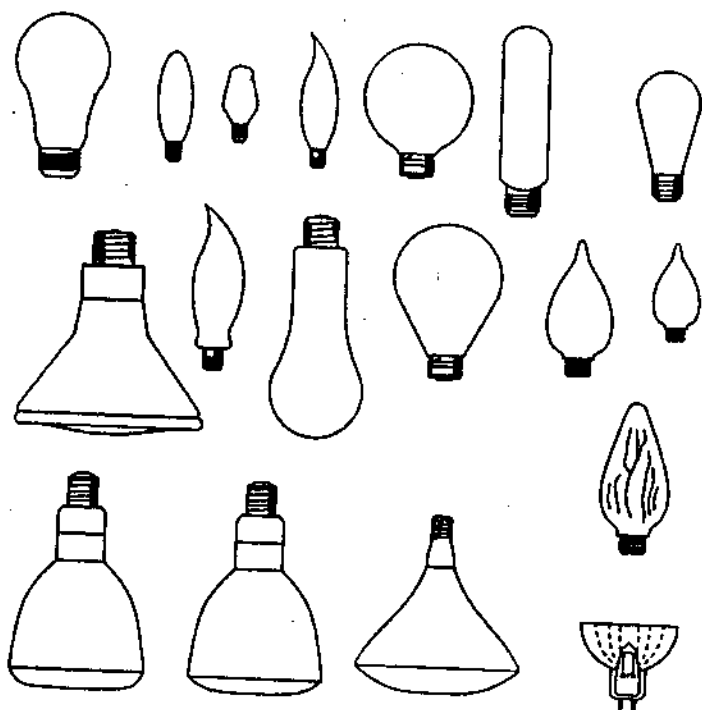


Hình 3.2 - Cấu tạo đèn sợi đốt đuôi xoáy (a) và đuôi cài (b)

rất cao (khoảng 2700 - 3100 K) và phát sáng. Dây tóc bóng đèn thường làm từ sợi trơn wolfram, tungsten hoặc vặn xoắn ốc, mắc zigzắc trên các cực treo và được cung cấp nguồn điện qua hai cực chính. Trong môi trường chứa khí trơ hoặc chân không, nhiệt độ của dây tóc trong đó có thể lên đến 2500 - 3000°C

(hút chân không đối với bóng đèn công suất nhỏ, còn bóng đèn công suất lớn trên 75W - nạp khí trơ nitơ, argon hay kripton để chống oxy hóa và tăng nhiệt độ làm việc của sợi đốt).

Tuy nhiên, khi có khí trơ trong bóng đèn, tổn thất dẫn nhiệt tăng lên, công suất đèn tăng lên và hiệu suất phát quang giảm. Ngày nay, người ta sử dụng công nghệ làm sợi đốt xoắn kép hoặc xoắn ba, giảm bớt tổn thất nhiệt và hiệu suất phát quang của đèn tăng lên đáng kể, từ 10 đến 20 lm/W và tuổi thọ khoảng 1000h.



Hình 3.3 - Hình dáng một số đèn sợi đốt

Đèn sợi đốt có ưu điểm là gọn nhẹ, hệ số $\cos\phi = 1$, nhưng hiệu suất phát quang của đèn khá thấp.

Từ những năm 60, sử dụng khí halogen, cho phép đạt nhiệt độ làm việc của đèn sợi đốt lên tới trên 3100K, tăng hiệu suất phát quang tới $20 \div 27$ lm/W, và tuổi thọ tới 2000h.

Vỏ bóng đèn sợi đốt thông dụng, công suất từ 15 đến 300W làm bằng thủy tinh pha chì. Để giảm độ chói đèn sợi đốt bên trong đèn phủ lớp bột mờ mịn, có khả năng lọc màu nguồn sáng và hấp thụ từ 1% đến 4% nguồn sáng. Tráng một lớp bạc hoặc nhôm vào vị trí thích hợp trên vỏ thủy tinh của đèn tạo lớp gương phản chiếu, có thể định hướng được chùm ánh sáng của đèn.

Đèn halogen có kết cấu đặc biệt, làm bằng thạch anh hoặc hai lần vỏ, có khả năng phát sáng cao, thường dùng làm đèn pha xe ô tô, đèn chiếu phim và cho các công trình văn hoá thể thao. Sau đây là một số ký hiệu thường dùng để chỉ các loại đèn thông dụng: A - ký hiệu đèn tiêu chuẩn; G - đèn hình cầu; PAR - đèn parabol; R - đèn phản quang; PS,P - đèn quả lê và T - đèn ống.

Trong hình 3.3 giới thiệu các dạng đèn đuôi xoáy và đuôi ngành khác nhau thường gặp. Đui xoáy dùng phổ biến cho mọi công suất, còn đèn đuôi ngành thường chỉ dùng cho công suất dưới 150W. Đèn được lắp vào đui đèn, nối với nguồn điện.

Nhược điểm chủ yếu của đèn sợi đốt là tổn điện và phát nóng. Ngoài ra, tính năng của đèn thay đổi đáng kể theo biến thiên điện áp nguồn. Mọi biến thiên điện áp dẫn tới biến thiên dòng điện và do đó biến thiên sợi đốt nóng làm ảnh hưởng đến quang thông và tuổi thọ của đèn. Ví dụ: Nếu điện áp giảm đi 10% tuổi thọ đèn là 3700h, khi quá điện áp 5% tuổi thọ của đèn nhỏ hơn 500h.

Thời gian sử dụng đèn sợi đốt, thông thường $T_{dm} = 1000 \div 2000h$. Đặc tính kỹ thuật của đèn phụ thuộc nhiều vào điện áp cung cấp. Khi điện áp thay đổi, dẫn đến dòng điện thay đổi, kéo theo sự phát nóng, quang thông và tuổi thọ của đèn cũng thay đổi.

Bảng 3.4 - Thông số kỹ thuật chính của bóng đèn sợi đốt

Công suất, W	Quang thông, lm				Thời gian sử dụng T_{dm} , h
	12V	30V	110V	220V	
10	100	-	66	-	1000
15	-	-	124	111	
25	-	200	222	197	
40	500	-	376	336	
60	-	-	670	506	
75	-	-	904	684	
100	-	-	1327	1004	
150	-	-	2217	1722	
200	-	-	3100	2528	
300	-	-	4926	4224	
500	-	-	6715	7640	
750	-	-	12375	10875	
1000	-	-	30500	18300	

Ví dụ: Cho đèn sợi đốt $U_{dm} = 220V$; $P_{dm} = 40 W$; $\Phi_{dm} = 430 lm$; $T_{dm} = 1000h$.

a) Tính quang thông của đèn, khi đèn làm việc với điện áp $U = 200V$.

b) Tính tuổi thọ của đèn khi đèn làm việc với điện áp $U = 240V$.

Giải:

a) Áp dụng công thức tính quang thông ta có:

$$\Phi = \Phi_{dm} \cdot (U / U_{dm})^{3,67} = 430 \cdot (200/220)^{3,67} \approx 320 lm$$

Khi $U = 200V$, quang thông của đèn giảm rất nhiều so với khi làm việc với điện áp định mức $220V$.

b) Áp dụng công thức tính tuổi thọ của đèn:

$$T = T_{dm} \cdot (U_{dm} / U)^{-14,8} = 1000 \cdot (220 / 240)^{-14,8} \approx 400 h$$

Ta thấy rằng, khi điện áp tăng 10% ($U = 240V$), tuổi thọ của đèn giảm gần 3 lần ($T_{dm} = 400$ giờ) so với ở điện áp định mức $220V$.

Bảng 3.5 là đặc tính công suất và quang thông của đèn sợi đốt chuẩn và đèn sợi đốt halogen loại $U_{dm} = 220V$.

Bảng 3.5 - Đặc tính công suất và quang thông của đèn sợi đốt chuẩn

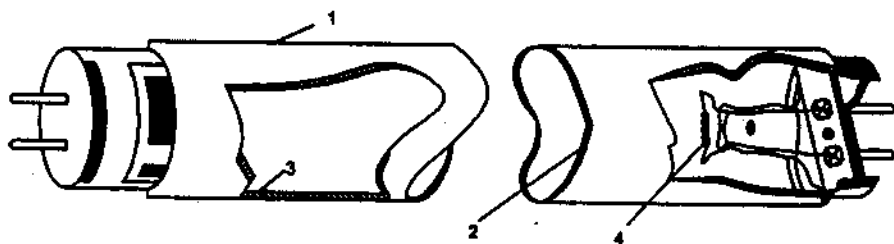
Đèn sợi đốt chuẩn 220V				Đèn halogen	
P, W	Φ , lm	P, W	Φ , lm	P, W	Φ , lm
15	120	150	2200	100	2100
25	220	200	3000	300	6300
40	430	300	5000	500	10500
60	740	500	8700	1000	22000 - 26000
75	970	1000	18700	1500	33000
100	1390	1500	27700	2000	44000 - 54000

3.2. Đèn huỳnh quang

3.2.1. Cấu tạo

Đèn huỳnh quang (đèn tuýp) có hình ống trụ thẳng, hình xuyến, tiết diện tròn và nhiều hình dạng khác nhau... Phổ biến nhất là loại đèn có hình ống (hình 3.4)

Vỏ đèn thường được làm từ ống thủy tinh (1), dài 0,6m; 1,2m; 1,5m; 2,4m, bịt kín hai đầu có hai chân điện cực mỗi bên, mặt trong phủ một lớp bột huỳnh quang (2). Trong ống nạp khí trơ (argon) ở áp suất thấp và vài giọt thủy ngân (3). Hai điện cực bằng vonfram ở hai đầu ống được phủ lớp oxit bari, kích thích phát xạ điện tử (4).



Hình 3.4 - Cấu tạo đèn huỳnh quang

3.2.2. Nguyên lý làm việc

Khi cung cấp điện áp làm việc, sự phóng điện giữa 2 điện cực trong môi trường có hơi thủy ngân ở áp suất thấp làm ion hoá hơi thủy ngân và phát ra các tia tử ngoại (không nhìn thấy). Tia sơ cấp (tử ngoại) tác dụng vào lớp bột huỳnh quang ở thành ống, tạo ra các bức xạ thứ cấp có phổ sóng ánh sáng trong dải ánh sáng nhìn thấy. Màu của ánh sáng phụ thuộc vào tính chất và liều lượng của lớp bột huỳnh quang.

3.2.3. Đặc tính

Công suất tiêu thụ của đèn ống huỳnh quang có đường kính ống 38mm truyền thống khá lớn. Ngày nay, nhờ chế tạo được lớp bột huỳnh quang mịn, có khả năng phát xạ thứ cấp tốt, hiệu suất phát quang tăng hơn 4 ÷ 5 lần đèn sợi đốt, cho phép giảm nhỏ đường kính ống (từ 38mm xuống 32mm, 26mm đến dưới 26mm) có công suất tiêu thụ giảm (từ 20W xuống 18W, 40W xuống 36W, 65W xuống 58W) mà vẫn có quang thông phát ra lớn hơn (bảng 3.6).

Bảng 3.6 - Quang thông của một số loại đèn ống huỳnh quang Φ , lm

Đèn ống thế hệ 1 đường kính ống 38 mm	0,6m 20W	1,2m 40W	1,5m 65W	2m 105W
Ánh sáng trắng	1350	3200	-	8950
Ánh sáng ban ngày	1000	2450	-	6300
Ánh sáng trắng Z	930	2450	3750	8900
Ánh sáng trắng công nghiệp	1150	3200	5100	
Đèn ống thế hệ 2, đường kính 26 mm				
Ánh sáng ban ngày	1350	3200	5100	
Ánh sáng trắng	1400	3350	5300	

Hiệu suất phát quang đạt khoảng từ 40 lm/W +90 lm/W. Tuổi thọ của đèn phụ thuộc vào số lần bật tắt đèn - đạt khoảng 6000giờ.

So với đèn sợi đốt, đèn huỳnh quang có ưu điểm là tuổi thọ dài hơn, hiệu suất phát quang cao hơn, sử dụng đèn huỳnh quang sẽ tiết kiệm điện năng hơn, vì thế đèn ống huỳnh quang được sử dụng phổ biến để chiếu sáng trong nhà, lớp học, công sở, nhà máy... Tuy nhiên, đèn ống huỳnh quang có nhược điểm là giá thành cao cần thiết phải có thiết bị điều khiển (mồi thấp sáng) và lắp đặt phức tạp.

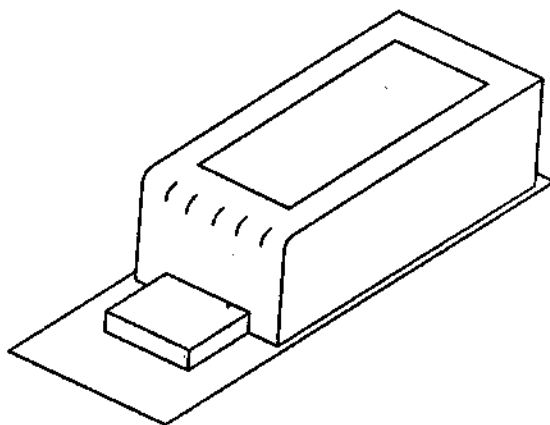
Cũng như các loại đèn phóng điện khác, đèn ống huỳnh quang chỉ làm việc tốt ở điện áp định mức ổn định.

3.2.4. Mồi điện kích sáng

Vì khoảng cách giữa hai điện cực đèn phóng điện lớn, khi đóng đèn vào nguồn điện tần số 50Hz, các đèn phóng điện không phát sáng làm việc ngay được mà cần phải mồi phóng điện để bật đèn sáng. Có thể sử dụng một trong các phương pháp và thiết bị mồi phóng điện sau:

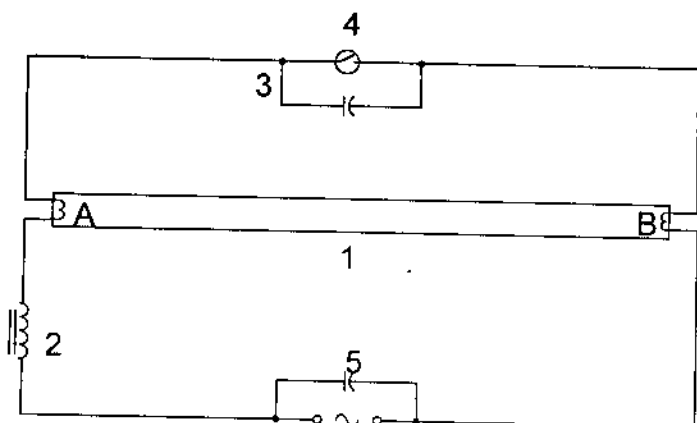
Chấn lưu điện từ:

Chấn lưu điện từ gồm một cuộn dây, quấn quanh lõi thép, đặt trong hộp bảo vệ (hình 3.5)



Hình 3.5 - Chấn lưu điện từ

Sơ đồ đấu nối mạch điện đèn huỳnh quang cho trong hình 3.6. Hiện nay, thường dùng loại tắcte khí (4), gồm có hai điện cực nằm trong bóng thủy tinh nhỏ. Cực động là cực lưỡng kim (gồm 2 miếng kim loại có hệ số giãn nở về nhiệt khác nhau, ghép chặt vào nhau). Tụ điện (5) có tác dụng chống nhiễu cho mạch.



Hình 3.6 - Sơ đồ đấu nối mạch điện đèn huỳnh quang
1 - Đèn huỳnh quang; 2 - Chấn lưu; 3 - Tắc te; 4 - Tụ bù cosφ

Khi đóng nguồn cung cấp, điện áp đặt giữa hai điện cực A - B của đèn huỳnh quang 1 khá lớn chưa đủ điều kiện để đèn bật sáng. Điện áp đồng thời đặt vào hai cực của tắc te, bắt đầu quá trình phóng điện, các cực của tắc te bị đốt nóng, cực động uốn cong dần và chạm vào cực tĩnh - đóng mạch tắc te, khép mạch dòng điện chạy qua chấn lưu (2) - điện cực A-B đèn huỳnh quang 1 về nguồn cung cấp. Dòng điện này có tác dụng đốt nóng 2 điện cực A và B của đèn huỳnh quang và tích lũy năng lượng từ trường trong cuộn điện cảm (chấn lưu).

Khi 2 cực tắc te nối mạch (chập vào nhau), quá trình phóng điện giữa 2 cực tắc te chấm dứt, cực động bắt đầu nguội dần và tách ra khỏi cực tĩnh (làm hở mạch cực tắc te). Do dòng điện qua chấn lưu bị cắt đột ngột, tạo ra quá điện áp đủ lớn đặt lên 2 cực đèn huỳnh quang, bắt đầu quá trình phóng điện trong đèn và duy trì nguồn sáng.

Bình thường, chấn lưu đóng vai trò bộ san áp (thay đổi điện áp rơi trên chấn lưu), điện áp đặt lên đèn và dòng điện được duy trì ổn định trong khoảng cần thiết, bảo vệ được điện cực và đèn làm việc ổn định lâu dài.

Nhược điểm của chấn lưu điện cảm là làm cho hệ số công suất mạch điện đèn thấp (cỡ $0,45 \div 0,55$), phải dùng tụ điện C để bù sao cho hệ số công suất đạt trên $0,85 \div 0,9$. Tổn hao công suất trong chấn lưu điện cảm chiếm khoảng $15\% \div 25\%$ công suất đèn.

Chấn lưu điện tử:

Chấn lưu điện tử thực chất là bộ biến tần công suất nhỏ, biến đổi điện áp tần số công nghiệp 50Hz thành tần số cỡ 20 - 30kHz, cung cấp cho đèn. Ở tần

số cao, quá trình phóng điện bật sáng đèn diễn ra thuận lợi (đèn dễ dàng bật sáng ngay sau khi đóng điện), hiệu suất phát quang của đèn được phát huy (tăng thêm cỡ 10%), hệ số công suất cao - đạt khoảng 0,9 mà không cần tụ bù cos ϕ , đồng thời tổn hao công suất trong chấn lưu điện tử nhỏ. Chấn lưu điện tử có nhiều ưu điểm, ngày càng có xu thế sử dụng rộng thay cho chấn lưu điện từ. Khi thay đổi điện áp trong giới hạn cho phép, quang thông giảm không đáng kể (1%).

Bảng 3.7 - Thông số kỹ thuật của đèn tuýp

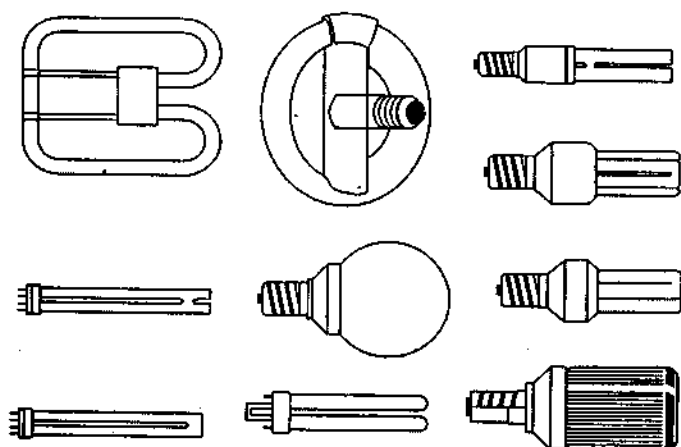
Công suất, W	Điện áp, V	Ánh sáng trắng		Ánh sáng ban ngày		Thời gian sử dụng, h
		Quang thông Φ , lm	lm/W	Quang thông Φ , lm	lm/W	
30	220	1230	41	1080	36	2500
40	220	1720	43	1520	38	
100	220	-	-	4000	-	
200	220	10990	-	8000	-	

Ngoài ra, đèn huỳnh quang còn có nhược điểm nữa là quang thông của đèn phụ thuộc vào nhiệt độ của đèn (tắt để làm việc khó khăn dưới 15°C).

3.3. Đèn compact

Mặc dù các đèn phóng điện, đèn ống huỳnh quang được cải tiến liên tục, có đặc tính kỹ thuật ngày càng tốt hơn, nhưng các yêu cầu về hệ thống kích sáng và điều khiển cũng như vị trí và diện tích lắp đặt làm cho khả năng ứng dụng của các loại đèn này bị hạn chế, chủ yếu cho mục đích chiếu sáng trong nhà.

Gần đây, áp dụng lớp bột huỳnh quang mịn có chất lượng ánh sáng tốt, hiệu suất phát quang cao cho phép thu nhỏ hơn nữa đường kính ống, đồng thời phối ghép chấn lưu với đui xoáy thành một bộ phận làm cho đèn có kết cấu gọn nhẹ (compact) với nhiều đặc tính nổi bật, gọi ngắn gọn là đèn compact (hình 3.7). Nhờ được trang bị đui xoáy truyền thống, đèn compact có thể thay thế trực tiếp đèn sợi đốt với hiệu suất phát quang cao hơn (vào khoảng 50 lm/W), tiết kiệm điện năng, tuổi thọ cao hơn (vào khoảng 7000h) so với đèn sợi đốt (bảng 3.8).



Hình 3.7 - Hình dáng một số loại đèn compact thông dụng

Bảng 3.8 - Đặc tính một số loại đèn compact

Loại đèn	Chiều dài, mm	Công suất P,W	Quang thông Φ , lm	Hiệu suất phát quang, 1m/W
Đèn compact bóng hình trụ, đui xoáy	148	9	425	47
	158	13	600	46
	168	18	900	50
	178	25	1200	48
Đèn compact bóng hình tròn, đui xoáy	Đường kính			
	165	12	700	58
	165	18	1000	55
	216	24	1450	60

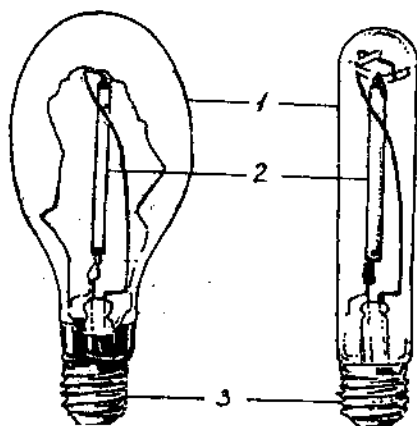
Đèn compact ngày càng được thực tiễn chấp nhận và sử dụng rộng rãi để thực hiện chiếu sáng hiệu suất cao.

3.4. Đèn phóng điện áp suất

3.4.1. Đèn natri áp suất thấp

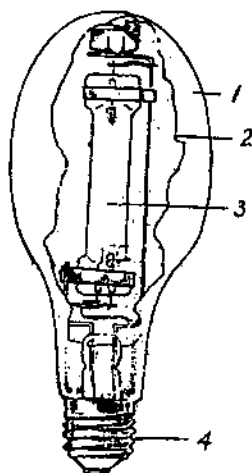
Cấu tạo của đèn natri thấp áp bao gồm một ống thủy tinh chứa natri, nạp vào môi trường có khí neon áp suất thấp (khoảng $4 \cdot 10^{-3}$ mm Hg với áp trong). Thoạt đầu, khi nguội natri có dạng hạt. Sau khi mỗi vài phút, natri bốc hơi phát ra ánh sáng màu vàng da cam. Đèn loại này có hiệu suất phát quang cao, đạt đến 190 lm/W - đứng hàng đầu các loại nguồn sáng điện, phù hợp cho chiếu

sáng đường phố, xa lộ và sân kho... nhất là ở các nước xứ lạnh, có sương mù. Tuy nhiên, chỉ số về độ trung thực màu sắc kém, không thích hợp cho chiếu sáng trong nhà và nơi có nhu cầu cao về độ trung thực màu sắc và độ nét. Tuổi thọ đạt khoảng 8000 giờ.



- 1 - Bóng thủy tinh ngoài
- 2 - Ống phóng điện
- 3 - Đui xoáy

Hình 3.8 - Đèn natri cao áp



- 1 - Bóng thủy tinh ngoài
- 2 - Lớp bột huỳnh quang
- 3 - Ống phóng điện
- 4 - Đui xoáy

Hình 3.9 - Đèn thủy ngân cao áp

3.4.2. Đèn natri áp suất cao

Cấu tạo của đèn natri áp suất cao gồm vỏ thủy tinh bên ngoài hình ôvan và ống phóng điện bên trong bằng thủy tinh alumin, có kích thước tương đối nhỏ. Áp suất hơi natri trong ống phóng điện khoảng 250 mmHg. Trong hình 3.8 cho hình dáng đèn natri cao áp đui xoáy. Hiệu suất phát quang của đèn đạt tới 120lm/W. Chỉ số thể hiện màu thấp. Tuổi thọ đạt khoảng 10.000h.

Ở nhiệt độ trên 1000°C và áp suất cao, đèn natri cao áp phát ra ánh sáng màu trắng ấm, được sử dụng chủ yếu để chiếu sáng ngoài trời, chiếu sáng các khu vực công cộng, đường phố, bãi đỗ xe, công trình văn hoá, thể thao...

3.4.3. Đèn thủy ngân cao áp

Cấu tạo của đèn thủy ngân cao áp gồm vỏ bóng bằng thủy tinh bên ngoài và ống phóng điện bên trong. Sự phóng điện trong ống thạch anh có hơi thủy

ngân ở áp suất cao từ 1 đến 10 at (1at = 100kPa) tạo ra ánh sáng trắng. Ngoài ra, mặt trong của bóng thủy tinh có phủ một lớp huỳnh quang, để các bức xạ tử ngoại biến thành bức ánh sáng (hình 3.9). Đèn thủy ngân cao áp có hiệu suất phát quang từ 40 đến 60 lm/W, chỉ số trung thực màu sắc trung bình. Do có hiệu suất thấp hơn, đèn thủy ngân cao áp (trước đây được sử dụng nhiều trong chiếu sáng công cộng, ngoài trời và trong công nghiệp) dần được thay thế bởi đèn natri cao áp.

3.5. Đèn halogen kim loại

Đèn này có nguyên lý làm việc dựa trên sự phóng điện cao áp trong hơi thủy ngân và halogen (iodua natri, iodua tali), có phổ ánh sáng trắng giống ánh sáng ban ngày. Hiệu suất phát quang đạt tới 95lm/W. Chỉ số trung thực màu sắc tương đối tốt. Tuổi thọ đạt khoảng 4000h.

Đèn halogen kim loại được sử dụng để chiếu sáng công cộng, các công trình văn hóa thể thao có yêu cầu chất lượng chiếu sáng tốt, có nhu cầu tiếp phát truyền hình màu...

3.6. Thiết bị chiếu sáng

Trong thực tiễn, ít khi sử dụng nguồn sáng điện trần, mà sử dụng thêm chao đèn để bảo vệ, cải thiện chất lượng của nguồn sáng và chiếu sáng (che chắn, phản xạ, khuếch tán...) và để tạo ra các hiệu ứng mỹ thuật và kỹ thuật cần thiết.

Thiết bị chiếu sáng được phân loại tương đối như sau:

3.6.1. Chiếu sáng trực tiếp

Thiết bị này có đặc điểm hướng trên 90% quang thông xuống phía dưới (bề mặt làm việc). Đây là phương pháp chiếu sáng kinh tế, song thường gây chói mắt và độ rọi phân bố không đồng đều.

Phương pháp chiếu sáng trực tiếp hay được sử dụng trong công xưởng, nhà kho, văn phòng, cửa hiệu...

3.6.2. Chiếu sáng bán trực tiếp

Đặc điểm: Hướng 60% ÷ 90% quang thông xuống bề mặt làm việc và 40% ÷ 10% quang thông hướng lên trần, phản xạ trở lại xuống bề mặt làm việc... Phương pháp này không kinh tế bằng phương pháp chiếu sáng trực tiếp, song đỡ chói mắt, sử dụng cho chiếu sáng văn phòng, nhà ở, lớp học...

3.6.3. Chiếu sáng hỗn hợp

Đặc điểm: Hướng 40% ÷ 60% quang thông xuống bề mặt làm việc, còn 60% ÷ 40% quang thông hướng lên trần, rồi phản xạ phân bố trở lại.

3.6.4. Bộ đèn chiếu sáng bán gián tiếp

Đặc điểm: Hướng 10% ÷ 40% quang thông xuống bề mặt làm việc, còn 90% ÷ 60% quang thông hướng lên trần, rồi phản xạ phân bố trở lại.

3.6.5. Chiếu sáng gián tiếp

Đặc điểm: Hướng trên 90% quang thông lên trần rồi phản xạ lại phân bố cho toàn phòng. Phương pháp chiếu sáng này không kinh tế, song có ưu điểm là không gây chói mắt, rất tiện lợi cho người sử dụng, thường dùng chiếu sáng phòng biểu diễn, phòng khách...

3.7. Chao đèn

Chao đèn là bộ phận bao bên ngoài, có chức năng phân phối lại quang thông từ nguồn sáng của đèn một cách hợp lý, theo các yêu cầu chiếu sáng nhất định.

Ví dụ: Chao đèn giữ cho mắt khỏi bị chói, bảo vệ bóng khỏi va đập, chống bụi bẩn hoặc các khí ăn mòn... Chao đèn được chia ra làm ba loại chính:

Chiếu trực tiếp: Có thể tập trung hơn 90% quang thông của nguồn sáng xuống phía dưới.

Phản xạ: Tập trung hơn 90% quang thông của nguồn sáng lên phía trên rồi phản xạ trở xuống.

Khuếch tán: Tạo ra ánh sáng khuếch tán, không chiếu sáng trực tiếp.

4. Phương pháp thiết kế chiếu sáng theo hệ số sử dụng

Thiết kế chiếu sáng trong nhà, thực chất là thực hiện tính toán lựa chọn nguồn sáng, số lượng bộ đèn (thiết bị chiếu sáng), bố trí và phân bố các bộ đèn trên trần... Phải tuân thủ các yêu cầu cơ bản trong thiết kế chiếu sáng, đảm bảo:

- Độ rọi E cần thiết, lx;
- Tiện lợi cho người sử dụng (chiếu sáng đồng đều, màu sắc phù hợp, không gây chói hoặc loá mắt...).
- Mỹ thuật và kinh tế.

4.1. Hệ số sử dụng k_{sd}

Hệ số sử dụng phụ thuộc vào kiểu bộ đèn, đặc tính kích thước hình học và đặc tính phản xạ của địa điểm (phòng học, văn phòng, nhà ở, xưởng...).

Dưới đây đưa ra bảng tra cứu hệ số sử dụng cho thiết kế chiếu sáng trong nhà (bảng 3.9).

Bảng 3.9 - Hệ số sử dụng trung bình cho một số kiểu bộ đèn

Phương pháp chiếu sáng - kiểu bộ đèn	Chỉ số K	Hệ số phản xạ					
		Trần: 70%			Trần: 50%		
		Tường			Tường		
		50%	30%	10%	50%	30%	10%
Chiếu sáng trực tiếp - bộ đèn công nghiệp cho bóng huỳnh quang	0,6	0,49	0,42	0,39	0,46	0,42	0,39
	0,8	0,58	0,51	0,48	0,54	0,51	0,48
	1	0,64	0,56	0,53	0,59	0,55	0,53
	1,25	0,69	0,60	0,58	0,62	0,60	0,57
	1,5	0,73	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61
	2	0,78	0,68	0,66	0,69	0,67	0,65
	2,5	0,81	0,71	0,69	0,72	0,70	0,69
	3	0,84	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71
	4	0,87	0,75	0,74	0,75	0,74	0,73
	5	0,88	0,76	0,76	0,76	0,75	0,74
Chiếu sáng trực tiếp - bộ đèn chôn trong trần ống huỳnh quang	0,6	0,31	0,24	0,20	0,28	0,23	0,20
	0,8	0,39	0,31	0,28	0,36	0,31	0,27
	1	0,45	0,37	0,33	0,41	0,36	0,33
	1,25	0,51	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38
	1,5	0,56	0,46	0,43	0,50	0,45	0,42
	2	0,62	0,52	0,49	0,55	0,51	0,48
	2,5	0,67	0,56	0,53	0,58	0,55	0,53
	3	0,70	0,59	0,56	0,61	0,58	0,56
	3	0,74	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60
	5	0,76	0,65	0,63	0,65	0,64	0,62
Chiếu sáng trực tiếp - bộ đèn cho ống huỳnh quang	0,6	0,32	0,27	0,25	0,30	0,27	0,25
	0,8	0,38	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30
	1	0,42	0,36	0,34	0,38	0,36	0,33
	1,25	0,46	0,40	0,37	0,42	0,39	0,37
	1,5	0,48	0,42	0,40	0,44	0,41	0,39
	2	0,52	0,45	0,43	0,46	0,44	0,43
	2,5	0,55	0,47	0,46	0,48	0,46	0,45
	3	0,57	0,49	0,47	0,49	0,48	0,47
	3	0,59	0,51	0,49	0,51	0,50	0,49
	5	0,61	0,52	0,51	0,52	0,51	0,50

Chiếu sáng hỗn hợp - bộ đèn cho đèn sợi đốt	0,6	0,37	0,30	0,26	0,33	0,28	0,24
	0,8	0,45	0,37	0,32	0,40	0,35	0,31
	1	0,52	0,42	0,38	0,45	0,40	0,36
	1,25	0,58	0,48	0,44	0,50	0,46	0,42
	1,5	0,63	0,52	0,48	0,53	0,49	0,46
	2	0,69	0,58	0,54	0,59	0,55	0,51
	2,5	0,74	0,62	0,59	0,62	0,58	0,56
	3	0,77	0,65	0,62	0,64	0,61	0,58
	3	0,82	0,69	0,66	0,67	0,65	0,63
	5	0,85	0,72	0,69	0,70	0,67	0,65
Chiếu sáng hỗn hợp - hai ống huỳnh quang	0,6	0,21	0,16	0,13	0,19	0,15	0,13
	0,8	0,28	0,22	0,19	0,24	0,20	0,18
	1	0,33	0,27	0,23	0,29	0,24	0,22
	1,25	0,38	0,31	0,27	0,32	0,28	0,25
	1,5	0,42	0,35	0,31	0,35	0,32	0,29
	2	0,48	0,40	0,37	0,40	0,36	0,3
	2,5	0,53	0,44	0,41	0,43	0,39	0,37
	3	0,56	0,47	0,44	0,45	0,42	0,39
	3	0,60	0,51	0,48	0,47	0,45	0,43
	5	0,63	0,53	0,51	0,49	0,47	0,45

4.2. Các bước thiết kế chiếu sáng trong nhà

Bước 1:

- Xác định các thông số hình học của khu vực chiếu sáng: Chiều rộng a ; chiều dài b ; chiều cao từ trần đến nền H , chiều cao từ "đèn" đến bề mặt làm việc $h \approx H - h' - 0,85$;

- Xác định chỉ số khu vực K

$$K = \frac{ab}{h(a+b)} \quad (3.32)$$

- Xác định các hệ số phản xạ của trần ρ_1 , của tường ρ_2 theo bảng 3.9;

- Xác định độ rọi E cần thiết theo bảng 3.10 (nếu không có các quy định và yêu cầu riêng biệt).

Bảng 3.10 - Độ rọi cần thiết cho một số đối tượng chiếu sáng

Đối tượng chiếu sáng	Độ rọi cần thiết, lx
Trang trại chăn nuôi gia cầm, gia súc	30 ÷ 75
Chiếu sáng chung khu nhà ở	130
Đường giao thông, bến bãi xe, nhà kho	100 ÷ 150
Xưởng cơ khí, chế biến; khách sạn, phòng ăn	200 ÷ 500
Phòng học, thí nghiệm, triển lãm, thư viện	300 ÷ 500
Phòng thiết kế; lắp ráp thiết bị điện-điện tử; siêu thị	500 ÷ 750
Gia công, lắp ráp cơ khí chính xác; công nghiệp màu	1000

Bước 2:

Từ các kết quả tính toán tại bước 1, lựa chọn các hạng mục và tính toán kiểm tra:

- Nguồn sáng điện (loại đèn);
- Phương pháp chiếu sáng và thiết bị đèn;
- Quang thông toàn phần Φ_t ;
- Số lượng thiết bị chiếu sáng;
- Phân bố và bố trí thiết bị chiếu sáng;

Ví dụ: Tính toán chiếu sáng cho phòng học có kích thước như sau: Chiều rộng $a=6,85m$; chiều dài $b=8,6m$, chiều cao từ trần đến nền $H = 3,9m$. Đèn được gắn vào trần, khoảng cách từ nguồn sáng đến bề mặt làm việc tính theo công thức:

$$h = H - 0,85m.$$

Giải:

Khoảng cách từ nguồn sáng đến bề mặt làm việc:

$$h = 3,9 - 0,85 = 3,05$$

Chỉ số kích thước:

$$K = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{6,58.8,6}{3,05(6,85+8,6)}$$

Xác định hệ số phản xạ:

- Trần trắng sáng $\rho_1 = 0,7$
- Tường xanh nhạt $\rho_2 = 0,5$

Xác định trị số độ rọi:

- Cho lớp học chọn $E=300lx$

Nguồn sáng: Chọn thiết bị đèn ống huỳnh quang, chiếu sáng trực tiếp gắn vào trần. Tổng quang thông Φ_t cho toàn lớp học.

$$K = \frac{ES}{k_{sd}} \kappa_{dt}$$

Trong đó: $S = ab$ - diện tích phòng học

k_{dt} - hệ số bù quang thông, do quang thông đèn giảm theo thời gian: $k_{dt} = 1,2 \div 1,6$

Hệ số khu vực $K = 1,25$. Tra bảng hệ số phản xạ trần $\rho_1 = 0,7$, hệ số phản xạ tường $\rho_2 = 0,5$. Hệ số sử dụng $k_{sd} = 0,46$.

Tính tổng quang thông:

$$\Phi_t = \frac{300 \cdot 6,85 \cdot 8,6}{0,46} \cdot 1,3 = 49945 \text{ lm}$$

Chọn thiết bị đèn huỳnh quang thế hệ 2, ánh sáng ban ngày (xem bảng thông số đèn huỳnh quang):

$$\Phi_{\text{đèn}} = 3200 \text{ lm}$$

$$\Phi_{\text{đèn}} = \frac{49945}{3200} = 15,6 \approx 16 \text{ ống đèn}$$

Cho bộ đèn có hai ống, số bộ đèn là:

$$\frac{N}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ bộ đèn}$$

Kiểm tra lại độ đồng đều độ rọi:

Theo tiêu chuẩn để đảm bảo đồng đều độ rọi, khoảng cách 1 giữa 2 bộ đèn không được vượt quá 1,5h

$$l_{\text{max}} = 1,5 \cdot 3,05 = 4,575 \text{ m}$$

Trong thiết kế ta có khoảng cách 3,8m.

Vậy thoả mãn điều kiện đồng đều độ rọi.

5. Phương pháp thiết kế chiếu sáng theo định mức công suất

Định mức công suất (công suất riêng) là đại lượng được tính bằng biểu thức:

$$p = \frac{P}{S} \quad (3.33)$$

Trong đó: p - định mức công suất, W/m^2 ;

P - công suất toàn bộ của băng đèn, W ;

S - diện tích mặt bằng cần chiếu sáng.

Phương pháp định mức công suất dựa trên cơ sở các bảng công suất riêng (định mức) cho trước, không đòi hỏi trình tự tính toán như phương pháp hệ số sử dụng. Tổng công suất chiếu sáng được tính từ công suất định mức tra bảng.

$$P = pS$$

Từ tổng công suất chiếu sáng theo yêu cầu, xác định được số bóng đèn (nguồn sáng):

$$N = \frac{P}{P_0} \quad (3.34)$$

Trong đó: N, P_0 - số lượng và công suất của một nguồn sáng (bóng đèn hoặc thiết bị chiếu sáng);

Từ đó xác định số thiết bị chiếu sáng và phân bố các bộ đèn trên trần như ví dụ 7.

Phương pháp tính toán đơn giản, độ chính xác không cao, phù hợp cho các tính toán chiếu sáng chung trong nhà xưởng chế biến, kho bãi... hoặc tính toán kiểm tra, tính phụ tải điện cho trạm biến thế.

6. Phương pháp thiết kế chiếu sáng điểm

Bằng phương pháp chiếu sáng điểm có thể xác định được độ sáng ở mỗi một điểm của mặt phẳng để bố trí các nguồn sáng, dùng để tính độ sáng cục bộ, tại chỗ mặt bằng thoáng, kể cả mặt phẳng nghiêng và thẳng đứng.

Độ rọi của mặt phẳng nằm ngang bằng phương pháp chiếu sáng điểm được tính theo trình tự sau:

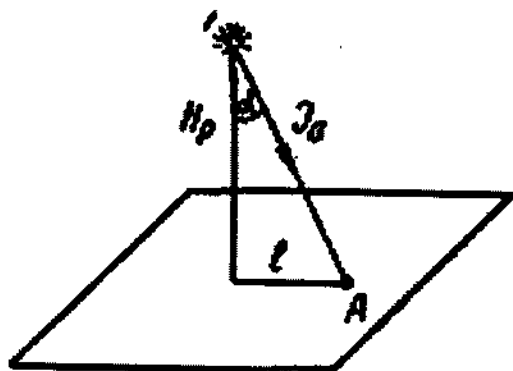
1. Bố trí các nguồn sáng trên bản vẽ thiết kế nhà xưởng, và đánh dấu các điểm cần kiểm tra có độ sáng được coi là nhỏ nhất trên mặt phẳng cần chiếu sáng.

2. Đối với mỗi điểm đã đánh dấu xác định độ rọi E (lx), ước lượng trên cơ sở bóng đèn có quang thông 1000lm theo biểu thức:

$$E = \frac{I_0 \cos^3 \alpha}{H_p^2} \quad (3.35)$$

Trong đó: I_0 - Cường độ ánh sáng của nguồn sáng quy ước (1000lm) theo hướng điểm được chiếu sáng, xác định trên đường cong phân bố ánh sáng của các nguồn sáng hay tra bảng.

α - Góc giữa trục nguồn sáng với phương của tia sáng.



Hình 3.10 - Minh họa tính toán chiếu sáng trên mặt phẳng ngang

Trên hình 3.10 cho sơ đồ tính độ rọi bằng phương pháp chiếu sáng điểm, khi mặt phẳng được chiếu sáng từ một nguồn sáng. Nếu điểm tính toán A được chiếu sáng bởi nhiều nguồn sáng thì độ rọi tại điểm A được xác định bằng công thức:

$$E_A = E_{A1} + E_{A2} + \dots + E_{An} \quad (3.36)$$

Trong đó: $E_{A1}, E_{A2}, \dots, E_{An}$ - độ rọi tại các điểm đặc trưng, tính từ mỗi nguồn sáng (số nguồn sáng hữu hạn, chủ yếu quanh điểm tính toán).

Lấy điểm có độ rọi ước lượng nhỏ nhất để thực hiện tính toán các bước tiếp theo.

3. Xác định quang thông của đèn theo công thức:

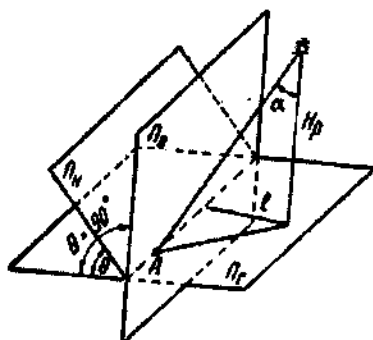
$$\Phi = \frac{1000 E_{\min} \cdot k}{\mu E_A} \text{ lm} \quad (3.37)$$

Trong đó: $E_{\min}$ - độ rọi nhỏ nhất cho phép theo định mức, lux.

K_{dt} - hệ số dự trữ (chọn như phương pháp hệ số sử dụng).

μ - hệ số độ rọi bổ sung, có tính đến tác dụng của các nguồn sáng ở xa và quang thông phản xạ (tra bảng).

4. Chọn bóng đèn có công suất tương ứng quang thông Φ (từ các catalog).



Hình 3.11 - Minh họa tính toán chiếu sáng đối với mặt phẳng nghiêng

Trên hình 3.11 cho sơ đồ tính độ rọi của các bề mặt phẳng nghiêng và mặt thẳng đứng.

Độ rọi của bề mặt không nằm ngang được xác định theo công thức:

$$E = \Psi E_n = \left(\cos \theta \pm \frac{1}{H_p} \sin \theta \right) E_n \quad (3.38)$$

Trong đó: l - khoảng cách ngắn nhất từ trục đối xứng của nguồn sáng đến đường cắt mặt phẳng nghiêng F_n hay mặt thẳng đứng F_d đi qua điểm A;

θ - Góc nghiêng của mặt phẳng cần tính so với mặt phẳng nằm ngang. Cho mặt phẳng thẳng đứng: $\theta = 90^\circ$, khi đó:

$$\Psi = \frac{1}{H_p}$$

Trong đó: H_p - chiều cao treo nguồn sáng so với mặt phẳng chiếu sáng, m.

7. Thiết kế mạch điện chiếu sáng

Bản thiết kế chiếu sáng, thông thường có các nội dung công việc sau:

1. Lựa chọn loại đèn (nguồn phát sáng), công suất và xác định số lượng bóng đèn.
2. Bố trí đèn trong không gian cần chiếu sáng.
3. Thiết kế lưới điện chiếu sáng, gồm:

- Sơ đồ nguyên lý lưới điện chiếu sáng.

- Lựa chọn các thiết bị bảo vệ: aptomat, cầu chì.

a) Chọn aptomat theo các điều kiện điện áp và dòng điện sau:

$$U_{dmAp} \geq U_{dmLD}$$

$$I_{dmAp} \geq I_u$$

$$I_{cdmAp} \geq I_N$$

Trong đó: U_{dmAp} , I_{dmAp} , I_{cdmAp} - điện áp, dòng điện định mức, dòng điện cắt của aptomat;

U_{dmLD} , I_u , I_N - điện áp, dòng điện tính toán, dòng điện làm việc của mạch chiếu sáng;

Chọn cầu chảy theo các điều kiện điện áp định mức của cầu chảy và lưới điện, dòng điện định mức cầu chảy và dòng điện tính toán:

$$U_{dmCC} \geq U_{dmLD}$$

$$I_{dmCC} \geq I_u$$

Không cần kiểm tra điều kiện cắt dòng ngắn mạch khi cầu chì hạ áp đặt ra biến áp nguồn (dòng ngắn mạch nhỏ). Cầu chì cấp trên phải được sao cho đảm bảo điều kiện tác động chọn lọc.

Tuy aptomat có cấu tạo phức tạp và đắt tiền nhưng làm việc tin cậy và thao tác dễ dàng, đóng lại nhanh (thời gian mất điện ngắn) ngày càng được sử dụng nhiều trong lưới điện chiếu sáng dân dụng và công nghiệp.

b) Tính chọn dây dẫn

Dây dẫn trong lưới điện chiếu sáng hạ áp chọn theo dòng phát nóng cho phép:

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq I_u \quad (3.39)$$

Trong đó: K_1 - Hệ số hiệu chỉnh giữa nhiệt độ quy định và làm việc (tra bảng theo hướng dẫn của nhà chế tạo);

K_2 - Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ, kể đến số lượng dây hoặc cáp đi chung ống (hoặc một rãnh);

I_{cp} - Dòng cho phép của dây ứng với tiết diện cần chọn (tra bảng theo hướng dẫn của nhà chế tạo);

Kiểm tra dây dẫn đã chọn theo điều kiện kết hợp với thiết bị bảo vệ.

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq \frac{1,25 I_{dmAp}}{1,5}, \text{ trong trường hợp bảo vệ bằng aptomat và:}$$

- Sơ đồ nguyên lý lưới điện chiếu sáng.

- Lựa chọn các thiết bị bảo vệ: aptomat, cầu chì.

a) Chọn aptomat theo các điều kiện điện áp và dòng điện sau:

$$U_{dmAp} \geq U_{dmLD}$$

$$I_{dmAp} \geq I_{tt}$$

$$I_{cdmAp} \geq I_N$$

Trong đó: U_{dmAp} , I_{dmAp} , I_{cdmAp} - điện áp, dòng điện định mức, dòng điện cắt của aptomat;

U_{dmLD} , I_{tt} , I_N - điện áp, dòng điện tính toán, dòng điện làm việc của mạch chiếu sáng;

Chọn cầu chảy theo các điều kiện điện áp định mức của cầu chảy và lưới điện, dòng điện định mức cầu chảy và dòng điện tính toán:

$$U_{dmCC} \geq U_{dmLD}$$

$$I_{dmCC} \geq I_{tt}$$

Không cần kiểm tra điều kiện cắt dòng ngắn mạch khi cầu chì hạ áp đặt ra biến áp nguồn (dòng ngắn mạch nhỏ). Cầu chì cấp trên phải được sao cho đảm bảo điều kiện tác động chọn lọc.

Tuy aptomat có cấu tạo phức tạp và đắt tiền nhưng làm việc tin cậy và thao tác dễ dàng, đóng lại nhanh (thời gian mất điện ngắn) ngày càng được sử dụng nhiều trong lưới điện chiếu sáng dân dụng và công nghiệp.

b) Tính chọn dây dẫn

Dây dẫn trong lưới điện chiếu sáng hạ áp chọn theo dòng phát nóng cho phép:

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq I_{tt} \quad (3.39)$$

Trong đó: K_1 - Hệ số hiệu chỉnh giữa nhiệt độ quy định và làm việc (tra bảng theo hướng dẫn của nhà chế tạo);

K_2 - Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ, kể đến số lượng dây hoặc cáp đi chung ống (hoặc một rãnh);

I_{cp} - Dòng cho phép của dây ứng với tiết diện cần chọn (tra bảng theo hướng dẫn của nhà chế tạo);

Kiểm tra dây dẫn đã chọn theo điều kiện kết hợp với thiết bị bảo vệ.

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq \frac{1,25 I_{dmAp}}{1,5}, \text{ trong trường hợp bảo vệ bằng aptomat và:}$$

$K_1 K_2 I_{cp} \geq \frac{I_{dmCC}}{0,8}$, trong trường hợp bảo vệ bằng cầu chì.

Khi cần thiết, phải kiểm tra dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp (nếu đường dây dài) và điều kiện ổn định nhiệt dòng ngắn mạch (nếu gần nguồn).

Chiếu sáng chung các khu vực ánh sáng sinh hoạt như nhà ở, hội trường, trường học, cơ quan, văn phòng đại diện, cửa hàng, siêu thị, bệnh viện, không đòi hỏi tính toán thiết kế chính xác, có thể áp dụng phương pháp công suất riêng. Tùy theo khả năng kinh phí, mức độ yêu cầu mỹ quan có thể sử dụng mọi loại đèn: đèn sợi đốt, đèn tuýp, đèn halogen, đèn natri cao và thấp áp.

Trình tự thiết kế chiếu sáng như sau:

1. Căn cứ vào tính chất của đối tượng cần chiếu sáng, chọn suất phụ tải chiếu sáng p (W/m^2) thích hợp. Từ đây tính được tổng công suất chiếu sáng cho khu vực có diện tích S (m^2).

$$P = P_0 \cdot S \quad (3.40)$$

2. Chọn loại đèn, công suất đèn P_0 , xác định tổng số bóng đèn cần lắp trong khu vực:

$$N = \frac{P}{P_0} \quad (3.41)$$

3. Phải căn cứ vào diện tích cần chiếu sáng, số lượng bóng đèn và tính chất yêu cầu sử dụng ánh sáng để chọn kiểu bố trí đèn cho thích hợp (rải đều, theo cụm, số lượng bóng trong mỗi cụm...).

4. Vẽ sơ đồ mạng điện chiếu sáng (từ bảng điện đến từng bóng đèn).

5. Lựa chọn và kiểm tra các phần tử trên sơ đồ (aptomat, cầu chì, thanh cái, dây dẫn).

Ví dụ: Thiết kế chiếu sáng cho một nhà xưởng có diện tích $10 \times 20 = 200m^2$.

Giải:

Giả sử, yêu cầu mức độ chiếu sáng trong gian sản xuất khá cao. Chọn công suất chiếu sáng (công suất riêng): $p = 30W/m^2$

Tổng công suất chiếu sáng:

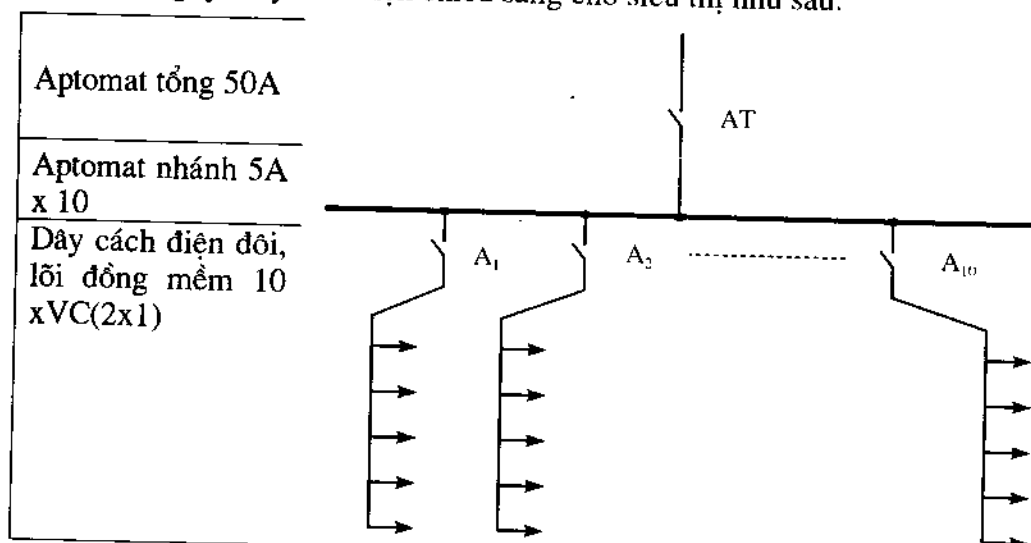
$$P = p \cdot S = 30 \cdot 200 = 6000W$$

Chọn đèn tuýp dài 1,2m, công suất 40W. Tổng số bóng đèn tính theo biểu thức:

$$n = \frac{6000}{40} = 150$$

Tổng số đèn tuýp tính được là 150 chiếc được bố trí làm 10 dãy, mỗi dãy 15 bóng đèn, chia làm 5 cụm, mỗi cụm 3 bóng.

Sơ đồ nguyên lý lưới điện chiếu sáng cho siêu thị như sau:



Hình 3.12 - Sơ đồ bố trí mạch điện chiếu sáng

Lựa chọn aptomat tổng AT:

$$I_{dmAT} \geq I_n = \frac{6000}{220 \cdot 0,8} = 34,1 \text{ A}$$

Chọn aptomat có $I_{dm} = 50 \text{ A}$.

Lựa chọn các aptomat nhánh:

Có 5 nhánh, dòng tính toán cho mỗi nhánh là dòng của 15 đèn:

$$I_{dmAi} \geq I_n = \frac{15 \cdot 40}{220 \cdot 0,8} = 3,409 \text{ A}$$

Chọn dùng 10 aptomat với $I_{dm} = 5 \text{ A}$.

Thông số kỹ thuật chính của các aptomat đã tính chọn (ví dụ của hãng LG) như sau:

Tên aptomat	U_{dm} , V	I_{dm} , A	Loại	Kiểu	Số cực	I_{cdm} , kA	Số lượng
AT	600	30	50AF	ABE53a	3	2,5	1
A1 → A10	600	5	16AF	BKM C10	3	2,5	5

Giả sử phụ tải chiếu sáng ở xa nguồn, không kiểm tra điều kiện cắt ngắn mạch.

Lựa chọn dây dẫn cho 10 dây đèn:

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq I_{tt} = 3,409 \text{ A.}$$

Dự định dùng dây đồng bọc nhựa hạ áp, lõi mềm nhiều sợi do Trần Phú chế tạo, đi riêng rẽ: $K_1 = K_2 = 1$.

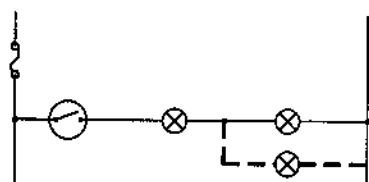
Chọn dùng dây đôi mềm tròn 2x1, với $I_{cp} = 10 \text{ A}$.

Kiểm tra điều kiện kết hợp aptomat bảo vệ:

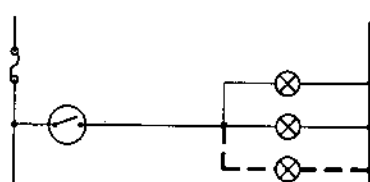
$$I_{cp} = 10 \text{ A} >> \frac{1,25 I_{dmAp}}{2,5} = \frac{1,25 \cdot 5}{2,5}$$

Vậy dây 2x1 trên thỏa mãn điều kiện dòng điện cho phép đối với các dây đèn. Không kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp và ổn định nhiệt dòng ngắn mạch vì xa nguồn và vì đường dây ngắn.

Sau đây giới thiệu một số sơ đồ mạch điện chiếu sáng thông dụng:

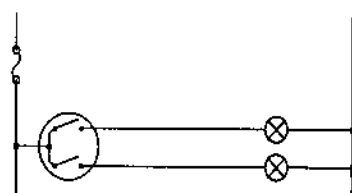


Đèn mắc nối tiếp

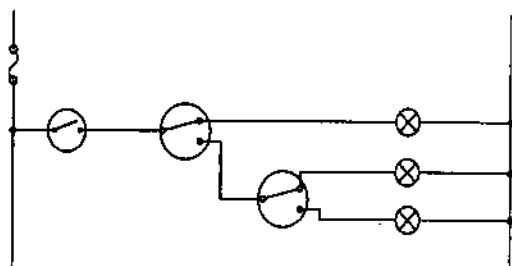


Đèn mắc song song

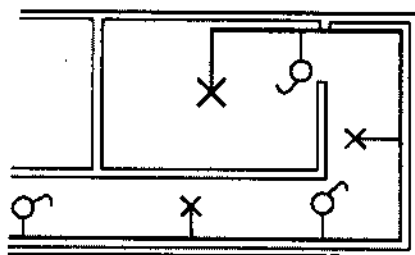
Hình 3.13 - Sơ đồ mắc đèn chiếu sáng nối tiếp và song song



Hình 3.14 - Sơ đồ đóng cắt hai đèn ở hai vị trí khác nhau dùng một công tắc

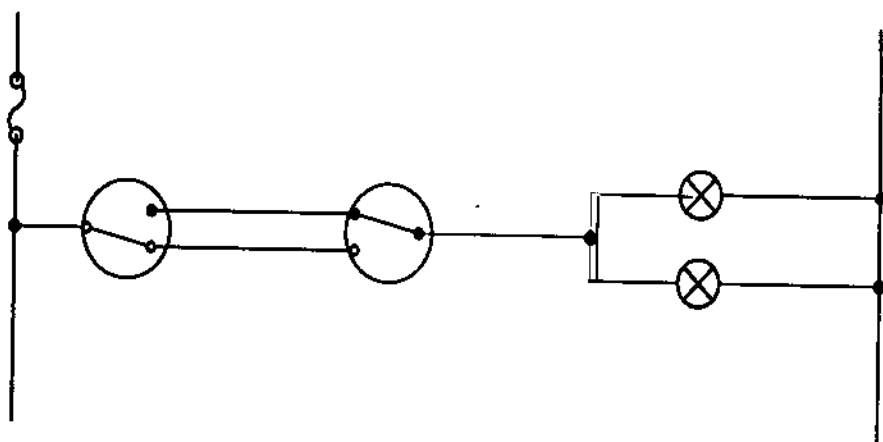


Sơ đồ khai triển



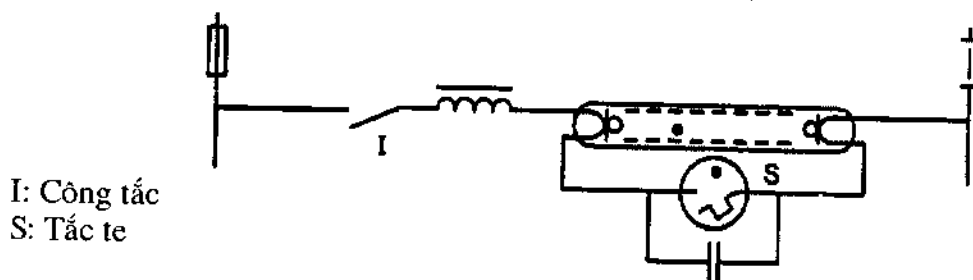
Sơ đồ kiến trúc

Hình 3.15 - Sơ đồ mắc đèn chiếu sáng cầu thang



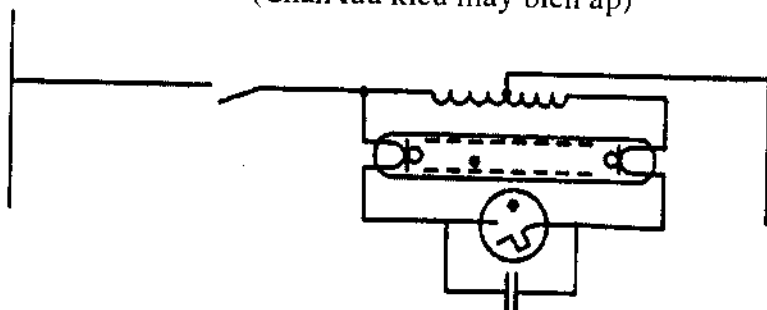
Hình 3.16 - Sơ đồ ngắt mạch chiếu sáng ở hai vị trí

ĐÈN HUỖNH QUANG
Có cuộn cảm dùng để ổn định
(Chấn lưu sắt từ)



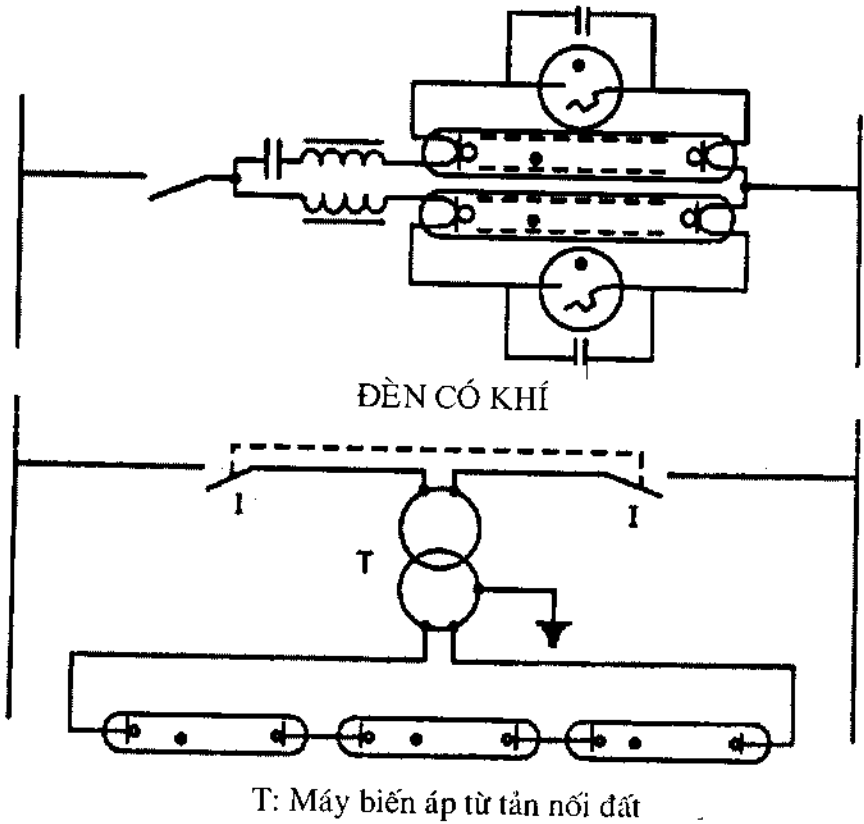
I: Công tắc
S: Tắc te

Có ổn định bằng biến áp tự ngẫu từ tản
(Chấn lưu kiểu máy biến áp)



Hình 3.17 - Sơ đồ mắc đèn huỳnh quang và đèn có khí

2 đèn huỳnh quang: Sơ đồ kép



Hình 3.18 - Sơ đồ mắc đèn huỳnh quang và đèn có khí

8. Vận hành chăm sóc và bảo dưỡng thiết bị chiếu sáng

Độ bền của đèn ống phụ thuộc vào chất lượng lắp đặt, điều kiện sử dụng và chế độ bảo quản. Nguyên nhân trực tiếp làm hỏng đèn là do bị đứt dây tóc. Khi tóc đèn bị đứt, thay thế đèn mới là tốt nhất.

Phải tuân thủ quy định của nhà chế tạo về quy cách trong thi công lắp đặt các thiết bị chiếu sáng, đặc biệt là đối với các loại đèn ống có các phụ tùng, mạch điều khiển đi kèm. Sau đây là một số quy tắc chính để đấu đúng sơ đồ và đảm bảo chất lượng đèn huỳnh quang sau lắp đặt:

- Kiểm tra để đảm bảo thông mạch dẫn từ dây pha của nguồn điện đi qua công tắc đến chấn lưu, đi qua điện cực vào của đầu tóc đèn, qua tácte, rồi qua

điện cực ra của cực đèn còn lại, khép mạch về dây nguồn (dây trung tính). Nếu mạch có tụ điện bù $\cos\phi$, hai cực của tụ điện nối với hai đầu dây nguồn của mạng điện chiếu sáng.

- Nếu sơ đồ đi dây đúng, khi đồng thời xoa nhẹ tay xoay bóng đèn đến vị trí các điện cực của đèn tiếp xúc tốt với các điện cực ở đế đèn - tắcte sẽ phát sáng, giữ nguyên ở vị trí này đèn sẽ kích sáng. Nếu đèn không kích sáng, nguyên nhân có thể là do không tiếp xúc điện ở đế đèn, dây tóc bóng đèn bị đứt hoặc tắcte không làm việc (dùng đồng hồ vạn năng hoặc bút thử điện để kiểm tra thông mạch).

- Có thể dùng bút thử điện kiểm tra thông mạch như sau: Nối một đầu điện cực (sợi dây tóc) vào dây lửa của nguồn cung cấp, chạm bút thử điện vào đầu điện cực còn lại, nếu bút phát sáng như khi cắm vào dây pha là dây tóc điện cực không bị đứt (tuyệt đối không cầm trực tiếp hai điện cực bóng đèn vào hai lỗ ổ cắm, sẽ làm ngắn mạch và cháy dây tóc). Nếu điện cực đèn còn tốt, kiểm tra thay tắcte, nếu cần.

Khả năng phát xạ điện tử của catốt (điện cực) của đèn giảm dần trong quá trình làm việc, khi khả năng phát xạ của catốt không đủ để đèn kích sáng, gây ra hiện tượng phóng điện trong đèn... thúc đẩy quá trình lão hóa của đèn và làm hỏng tắcte, nếu không kịp tắt đèn và thay thế. Bóng đèn thường có tuổi thọ 5000 giờ.

Tuổi thọ của đèn huỳnh quang, đèn khí phụ thuộc nhiều vào số lần khởi động đèn vì khả năng phát xạ của đèn mau bị tiêu hao, già hóa, giảm khả năng phát sáng... Nếu tắcte chức năng không bình thường sẽ gây ra hiện tượng nhấp nháy (đèn lúc tắt lúc sáng), làm đèn giảm rất nhanh tuổi thọ. Điện áp nguồn, nhiệt độ môi trường làm việc quá cao hoặc quá thấp cũng đều ảnh hưởng xấu lên đặc tính kỹ thuật và độ bền sử dụng của đèn. Trong quá trình sử dụng đèn loại này, phải thay thế ngay tắcte hoặc các bộ phận đi kèm nếu bị hỏng hóc. Sau đây, giới thiệu một số hỏng hóc thường gặp, nguyên nhân và biện pháp khắc phục (bảng 3.11).

Bảng 3.11 - Một số hư hỏng thông thường, nguyên nhân và biện pháp xử lý

STT	Hiện tượng	Nguyên nhân	Cách xử lý
1	Đèn không sáng, đầu đèn đen, đèn nhấp nháy.	Đèn đã hết thời gian sử dụng.	Thay mới.
2	Một hay hai đầu đèn có vầng đen sẫm rộng.	Đèn đã hết thời gian sử dụng.	Thay mới.

3	Có vành đen 2mm sát đầu đèn.	Thủy ngân ngưng tụ.	Đèn làm việc một lúc sẽ tự hết.
4	Đèn sử dụng chưa lâu có vành đen, có hiện tượng lúc sáng lúc tắt. Khó khởi động, nhưng đèn vẫn sáng.	- Tắc tế hỏng. - Tiếp xúc đầu đèn không tốt. - Hỏng điện dung tắc tế. - Điện áp nguồn quá cao, quá thấp. - Bộ hạn chế không phù hợp.	- Thay mới - Sửa lại chỗ tiếp xúc - Thay tắc tế. - Dùng ổn áp. - Thay chấn lưu thích hợp.
5	Trên ống đèn có vệt đen.	Nhiệt độ nửa dưới thấp làm thủy ngân ngưng tụ.	Xoay đèn quanh trục nửa vòng.
6	Khi tắt đèn, đèn vẫn sáng.	Tụ điện trong tắc tế chập. Đầu nối sai sơ đồ.	Thay tắc tế. Kiểm tra, đầu nối lại.
7	Đèn sáng nhấp nháy, lúc sáng lúc tối.	Đã hết thời gian sử dụng.	Thay mới.
8	Mạch 2 đèn khi làm việc chỉ sáng 1 đèn.	Đầu sai tắc tế.	Đầu nối lại sơ đồ.
9	Đèn không lên hoặc không thể khởi động được.	Dây tóc bị đứt, hỏng tắc tế, đứt dây nguồn hoặc điện áp quá thấp.	Thay tắc tế/thay đèn mới, đầu nối hoặc nâng điện áp nguồn.
10	Ánh sáng đèn có hình xoắn ốc, hình sóng.	- Đèn mới: do hơi thủy ngân chưa ổn định hoặc do điện áp nguồn quá cao. - Bộ tắc tế có hiện tượng rò điện qua tiếp điểm hoặc chấn lưu không hợp.	- Dùng vài lần sẽ hết hoặc giảm điện áp cho phù hợp. - Thay mới tắc tế hoặc chấn lưu.
11	Cường độ phát sáng yếu.	- Nhiệt độ đèn lạnh hoặc quá cao. - Điện áp nguồn quá cao.	- Che chắn giữ nhiệt hoặc thông gió. - Giảm điện áp.
12	Chấn lưu quá nóng.	- Chấn lưu không hợp. - Tụ điện tắc tế bị chập. - Điện áp nguồn quá cao.	- Thay chấn lưu mới. - Thay tắc tế mới. - Giảm điện áp.

III. CHIẾU XẠ TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

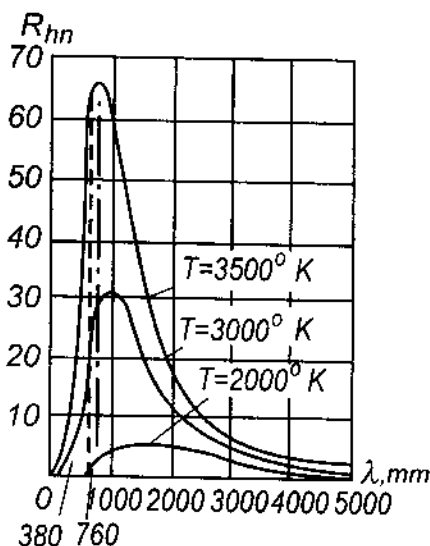
1. Khái quát chung

Bức xạ tia hồng ngoại có hiệu suất truyền nhiệt cao hơn hẳn phương thức truyền nhiệt đối lưu, bức xạ cực tím và bức xạ ánh sáng nhìn thấy, tương đương với thiết bị đốt nóng bằng điện. Kỹ thuật bức xạ hồng ngoại có hiệu suất cao, dễ thực hiện điều khiển theo các yêu cầu công nghiệp gia nhiệt đến 300°C , nâng cao đáng kể chất lượng sản phẩm. Được sử dụng rộng rãi cho mục đích sấy nông sản, rau quả, sưởi ấm gia súc, gia cầm.

Bản chất tia hồng ngoại là dao động sóng điện từ có bước sóng $\lambda = 0,76 \div 420\mu\text{m}$ (chia làm ba dải với phổ bước sóng tương ứng: dải ngắn $\lambda_{\text{ngắn}} = 0,76 \div 2,5\mu\text{m}$, dải trung bình $\lambda_{\text{tr}} = 2,5 \div 25\mu\text{m}$ và dải dài $\lambda_{\text{dài}} > 25\mu\text{m}$).

Bức xạ nhiệt là tính chất chuyển đổi nhiệt năng thành dao động sóng điện từ, truyền từ nguồn phát vào môi trường xung quanh và các vật thể... Các vật thể tiếp nhận nguồn năng lượng dưới dạng tia bức xạ sóng điện từ, kích hoạt các chuyển động nguyên tử, phân tử bên trong - làm tăng nhiệt độ của vật.

Nhiệt lượng truyền dẫn theo định luật Stephan-Bonsman sang vật cần đốt nóng, tỷ lệ với căn bậc bốn nhiệt độ nguồn phát nhiệt trên $400 - 500^{\circ}\text{C}$, lớn hơn so với truyền nhiệt đối lưu bằng không khí. (hình 3.19).



Hình 3.19 - Phân bố phổ bức xạ hồng ngoại của vật đen tuyệt đối

Ưu điểm của bức xạ hồng ngoại trước tác nhân không khí là:

- Hiệu suất này còn cao hơn 4 - 5 lần khi nhiệt độ phát xạ hồng ngoại ở nhiệt độ 2500°K , và còn tăng hơn nữa khi nhiệt độ bức xạ tăng đến khoảng trên 3500°K .

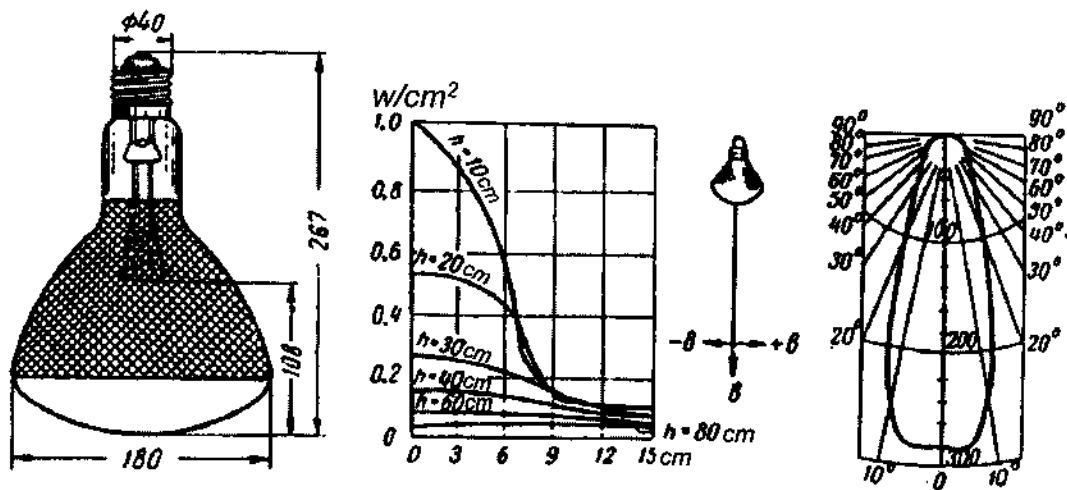
- Luồng bức xạ nhiệt dễ dàng tập trung về một phía nhờ cơ cấu gương, tăng hiệu suất đốt nóng.

- Bức xạ nhiệt hồng ngoại cho phép thanh khử trùng sản phẩm nông nghiệp bằng cách tác động nhiệt có lựa chọn lên đối tượng đốt nóng: tăng dần từ hạt thóc khô mảy, đến hạt thóc lép lửng ở độ ẩm cao hơn và mạnh nhất - lên cơ thể sâu mọt (cơ thể chứa nhiều nước) dựa trên tính chất hấp thụ bức xạ hồng ngoại của nước và hơi nước.

- Bức xạ hồng ngoại có khả năng xuyên sâu vào lớp vật liệu (vật cần đốt nóng).

2. Tính chọn phần tử phát bức xạ hồng ngoại sấy nông sản

Trong trường hợp chung, sử dụng cảm nang chuyên ngành, dựa vào các định mức chỉ tiêu kỹ thuật các nguồn (đèn chiếu xạ), công suất và phổ tán xạ, chi phí năng lượng điện (hình 3.20).



Hình 3.20 - Hình dáng và đặc tính chiếu xạ của đèn hồng ngoại 3C - 250W

Về cơ bản, bóng đèn phát tia hồng ngoại có cấu trúc tương tự bóng đèn sợi đốt, làm việc ở nhiệt độ khoảng 1500°C (đèn sợi đốt làm việc ở $2800 \div 3500^{\circ}\text{K}$).

Khi cần nguồn phát xạ hồng ngoại lớn trên 250 ÷ 500W thường sử dụng đèn hồng ngoại đặc biệt làm việc trong môi trường khí iod. Trong một số trường hợp, có thể sử dụng đèn sợi đốt thay thế đèn hồng ngoại, tuy nhiên hiệu suất bức xạ bị giảm sút.

Vì tia hồng ngoại chỉ chiếm 60 - 80% phát xạ ánh sáng chung của đèn.

Nhiệt lượng Q cần thiết để làm nóng và sấy sản phẩm (làm bốc hơi nước) xác định theo công thức:

$$Q = Q' + Q'' \quad (3.42)$$

Trong đó: Q' - nhiệt lượng cần thiết để làm nóng G kg vật liệu từ nhiệt độ t_2 , J.

Q'' - nhiệt lượng cần thiết để sấy G kg vật liệu từ độ ẩm $W_1\%$ đến $W_2\%$, J.

Nhiệt lượng tính toán (chọn hệ số dự trữ $k = 1,4$).

$$Q_{tt} = 1,4Q \quad (3.43)$$

Nếu Q_{tt} có đơn vị đo là J/h, xác định công suất theo công thức:

$$P = \frac{Q_{tt}}{3,6 \cdot 10^6} \quad (3.44)$$

Trong đó: P - công suất, kW.

Nếu đơn vị đo của Q là kcal:
$$P = \frac{Q_{tt}}{860} \quad (3.45)$$

Nếu sử dụng nguồn phát bức xạ hồng ngoại là vật đốt nóng (lò xo, thanh hay tấm), lượng năng lượng phát ra trên $1m^2$ ở nhiệt độ $T^{\circ}K$ theo định luật Stephan-Bonsman đối với vật đen tuyệt đối.

$$R = \sigma T^4 \quad (3.46)$$

Trong đó: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$

Trong thực tế đối với vật đen không tuyệt đối sử dụng công thức gần đúng:

$$R' = A \cdot C_s \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (3.47)$$

Trong đó: $C_s = 5,67 W/m^2 K^4$ - hằng số.

A - khả năng hấp thụ nhiệt của nguồn phát. Đối với vật đen không tuyệt đối $A < 1$. Đối với vật liệu dây điện trở phát nhiệt lò xo nhận $A \approx 0,9$.

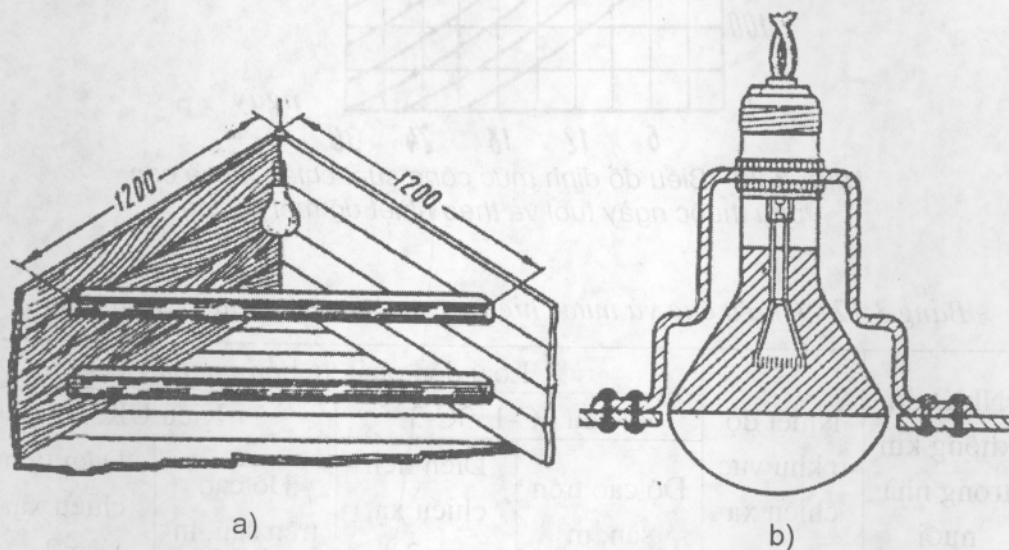
3. Tính chọn phần tử phát bức xạ tia hồng ngoại sưởi ấm gia súc

Lợn con đến 15 ngày tuổi sẽ phát triển thuận lợi nếu duy trì nhiệt độ trong chuồng nuôi 25 - 27⁰C. Ở nhiệt độ dưới 21⁰C lợn con sẽ bị nhiễm lạnh nếu ở

một mình. Dưới 15°C , lợn con khó giữ cân bằng thân nhiệt. Duy trì nhiệt độ nền chuồng lợn ở 20°C trong mùa lạnh bằng các phương pháp gia nhiệt khác là việc làm khó và tốn kém vì hiệu suất nhiệt thấp. Sử dụng phương pháp chiếu xạ hồng ngoại là phù hợp nhất. Mật độ chiếu xạ hồng ngoại được xác định thông qua công suất tính toán nhiệt lượng bức xạ hồng ngoại để bù nhiệt lượng cân bằng nhiệt cho một đàn lợn con 2 tuần tuổi và diện tích sàn $400\text{cm}^2/\text{con}$:

$$P^* = \frac{4,6\text{W}}{400\text{cm}^2} = 0,011\text{W}/\text{cm}^2 \quad (3.48)$$

Nếu sử dụng đèn phát xạ hồng ngoại 3C-250 (hình 3.21) ứng với cường độ chiếu sáng $0,0011\text{W}/\text{cm}^2$, đèn treo ở độ cao 1,6m trên sàn.



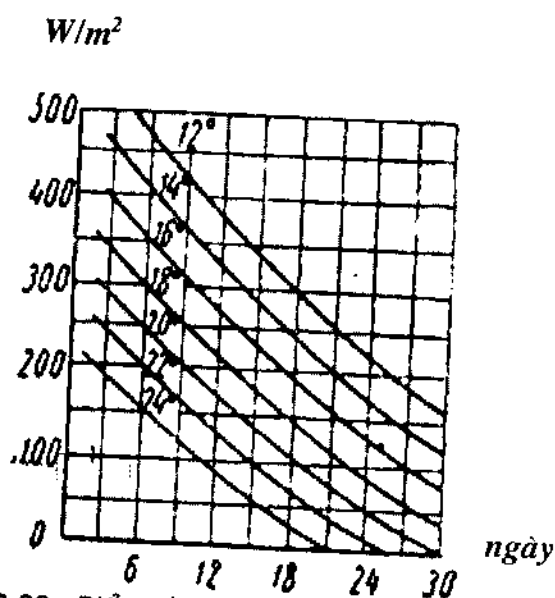
Hình 3.21 - Bố trí đèn hồng ngoại sưởi ấm cho lợn: a) dạng treo; b) gắn cố định

Kết cấu của máng đèn sưởi cho lợn phải được thiết kế sao cho phù hợp với các ứng dụng cụ thể. Còn nguồn phát nhiệt bức xạ hồng ngoại có thể chọn bóng đèn hồng ngoại, thanh hay tấm phát xạ (dựa vào các thông số và đặc tính kỹ thuật do nhà chế tạo cung cấp).

Để đảm bảo an toàn nguồn chiếu xạ hồng ngoại phải treo cao ít nhất 1m trên nền sàn chuồng lợn và xa vật liệu dễ cháy.

4. Tính chọn phần tử phát bức xạ tia hồng ngoại sưởi ấm gia cầm

Đối với gà con nuôi thả tự do trên sàn: Chọn chiều cao thích hợp theo biểu đồ hình 3.22 và bảng 3.12 dưới đây.



Hình 3.22 - Biểu đồ định mức công suất chiếu xạ gà con, phụ thuộc ngày tuổi và theo nhiệt độ môi trường

Bảng 3.12 - Chiều cao và mức chiếu xạ sưởi gia cầm dưới 1 tuần tuổi

Nhiệt độ không khí trong nhà nuôi	Nhiệt độ ở khu vực chiếu xạ	Loại đèn phát xạ hồng ngoại			
		Kiểu 3C-1, 3C-3		Kiểu UK3	
		Độ cao trên sàn, m	Diện tích chiếu xạ, m ²	Độ cao trên sàn, m	Diện tích chiếu xạ, m ²
16	37 - 25	0,9	0,37	-	-
18	37 - 26	0,95	0,46	0,6	0,23
20	36 - 25	1,0	0,52	0,65	0,3
22	37 - 26	1,1	0,68	0,7	0,39
24	37 - 26	1,15	0,78	0,8	0,51

Chú thích: Sau mỗi tuần lễ, độ cao treo đèn hồng ngoại được nâng lên thêm 0,1m.

Chụp đèn treo có hình chóp cụt, đường kính phần dưới 1,6m; trong đó gắn 4 - 5 bóng đèn hồng ngoại. Bóng đèn cần được bố trí sao cho thoát nhiệt tốt để tăng tuổi thọ của dui đèn.

IV. DÂY CHUYỀN CHẾ BIẾN HẠT

Khi thu hoạch bằng máy liên hợp, lượng tạp chất trong hạt có thể lên đến 15 - 18% và độ ẩm của hạt trong điều kiện thu hoạch không thuận lợi: Trong khoảng 28 - 30%. Thông thường để điều kiện bảo quản tốt, độ ẩm hạt không được cho phép vượt quá 13 ÷ 16%. Để tách tạp chất, hạt lép lửng chứa độ ẩm cao, cần thiết phải tiến hành làm sạch, phân loại hạt ở các công đoạn: trước, trong hoặc sau khi sấy.

Ở các cơ sở sản xuất nhỏ, chưa có dây chuyền gia công chế biến hạt nông sản hoàn chỉnh thường được trang bị đơn lẻ các loại máy làm sạch phân loại dạng sàng kết hợp khí động, bán phân loại theo khối lượng để gia công hạt giống. Ngoài ra còn trang bị máy sấy, băng tải, gầu tải để vận chuyển hạt... Khi được trang bị dây chuyền chế biến hoàn chỉnh, có khả năng tự động hóa cao, giảm đáng kể chi phí chế biến hạt.

Sơ đồ công nghệ sấy, làm sạch phân loại hạt gồm các khâu chính sau: Vận chuyển hạt từ máy gặt liên hợp đưa về trạm trại, cân, bốc dỡ từ ô tô vào thùng chứa, làm sạch và phân loại, sấy làm khô hạt đến độ ẩm bảo quản an toàn, vận chuyển trung gian giữa các máy (công đoạn gia công), vận chuyển phế phụ phẩm, cân và đưa hạt đã được gia công vào kho, thang máy vận chuyển thay ô tô...

Phụ thuộc vào độ ẩm hạt, quy trình công nghệ gia công có thể xây dựng theo sơ đồ sau:

- 1) Khi độ ẩm hạt thấp hơn và đến 16%: làm sạch sơ bộ - làm sạch tinh.
- 2) Khi độ ẩm từ 17 đến 21%: làm sạch sơ bộ - sấy - làm sạch tinh.
- 3) Khi độ ẩm trên 21%: làm sạch sơ bộ - sấy hai giai đoạn - làm sạch tinh.

Ở hình 3.23 giới thiệu sơ đồ truyền động điện các động cơ điện a) sơ đồ công nghệ b) và sơ đồ mạch điều khiển c) của dây chuyền gia công hạt của Nga (ví dụ: tổ hợp máy 3AB - 20) gồm: Ô tô ben Gaz-2, hai máy làm sạch phân loại 3BC-10b, hai trống phân loại, tháp chứa, hệ thống đường ống dẫn khí và tủ điều khiển động cơ điện. Khi làm việc với máy tổ hợp sấy trong dây chuyền còn được trang bị máy làm sạch sơ bộ OBB-20.

Tổ hợp máy có thể làm việc theo sáu sơ đồ công nghệ hình 3.23b

Sơ đồ điều khiển hình 3.23c làm việc theo nguyên tắc sau:

a) Cung cấp điện cho các động cơ điện làm việc, theo trình tự “ngược” so với dòng chảy của quy trình công nghệ. Ngược lại, khi dừng máy - theo chiều ngược lại.

b) Khi ngắt sự cố một máy nào đó, thì toàn bộ máy trong dây chuyền đều tự động ngắt.

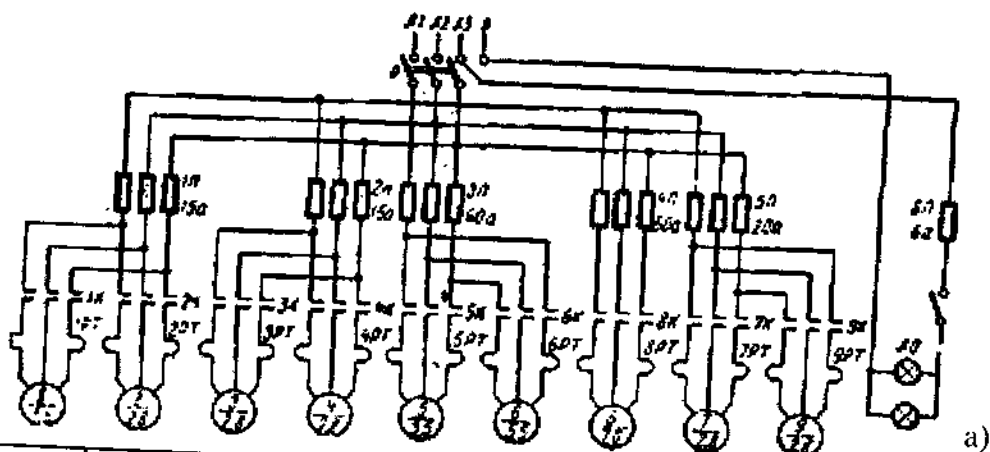
c) Có khả năng điều khiển từng máy riêng biệt, khi tiến hành sửa chữa và điều chỉnh.

Sau đây, minh họa trình tự khởi động các máy gia công hạt trong dây chuyền làm việc theo sơ đồ công nghệ I (trong sơ đồ này, tất cả các máy đều làm việc, ngoại trừ máy làm sạch 8 và tháp gầu tải 9):

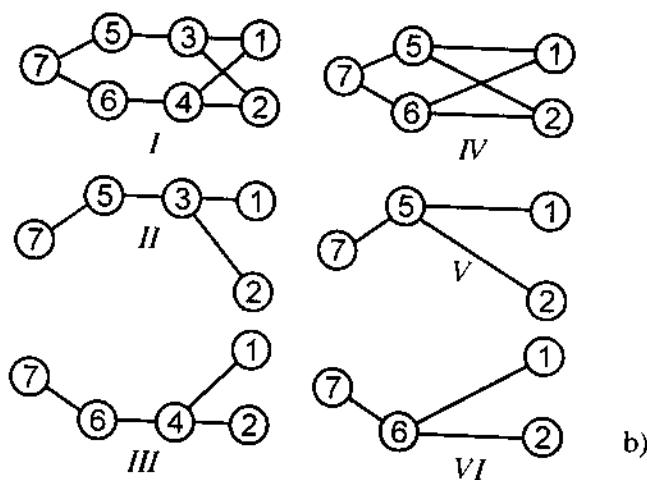
Trình tự vận hành dây máy được thực hiện như sau: Ấn nút KC, phát tín hiệu còi để thông báo “dây chuyền thiết bị chuẩn bị hoạt động”. Tiếp theo, đặt bộ chuyển mạch S vào chế độ làm việc để các tiếp điểm S2 và S3 đóng mạch cuộn dây khởi động từ K3 ÷ K6, mạch K7 hở, chuyển mạch S1 đặt ở vị trí trung gian. Ấn nút khởi động start 1 và start 2, đóng K1 và K2 khởi động tháp gầu tải “hạt sạch” và “phụ phẩm”, đồng thời đóng tiếp điểm kích hoạt mạch role trung gian RN2 và RN3, cấp điện cho khởi động từ K3 và K4 điều khiển trống phân loại làm việc. Bộ tiếp điểm của K3 và K4 đóng mạch chuẩn bị cho khởi động K5 và K6 sẵn sàng hoạt động, sau khi ấn nút K3 và K4 đưa động cơ máy làm sạch vào hoạt động, tiếp điểm của khởi động từ K5 và K6 nối mạch chuẩn bị sẵn sàng cho khởi động từ K7 làm việc: Chỉ chờ ấn nút KP7 là đóng động cơ điện cho gầu tải cửa vào làm việc. Đến đây quá trình khởi động dây chuyền đã hoàn tất.

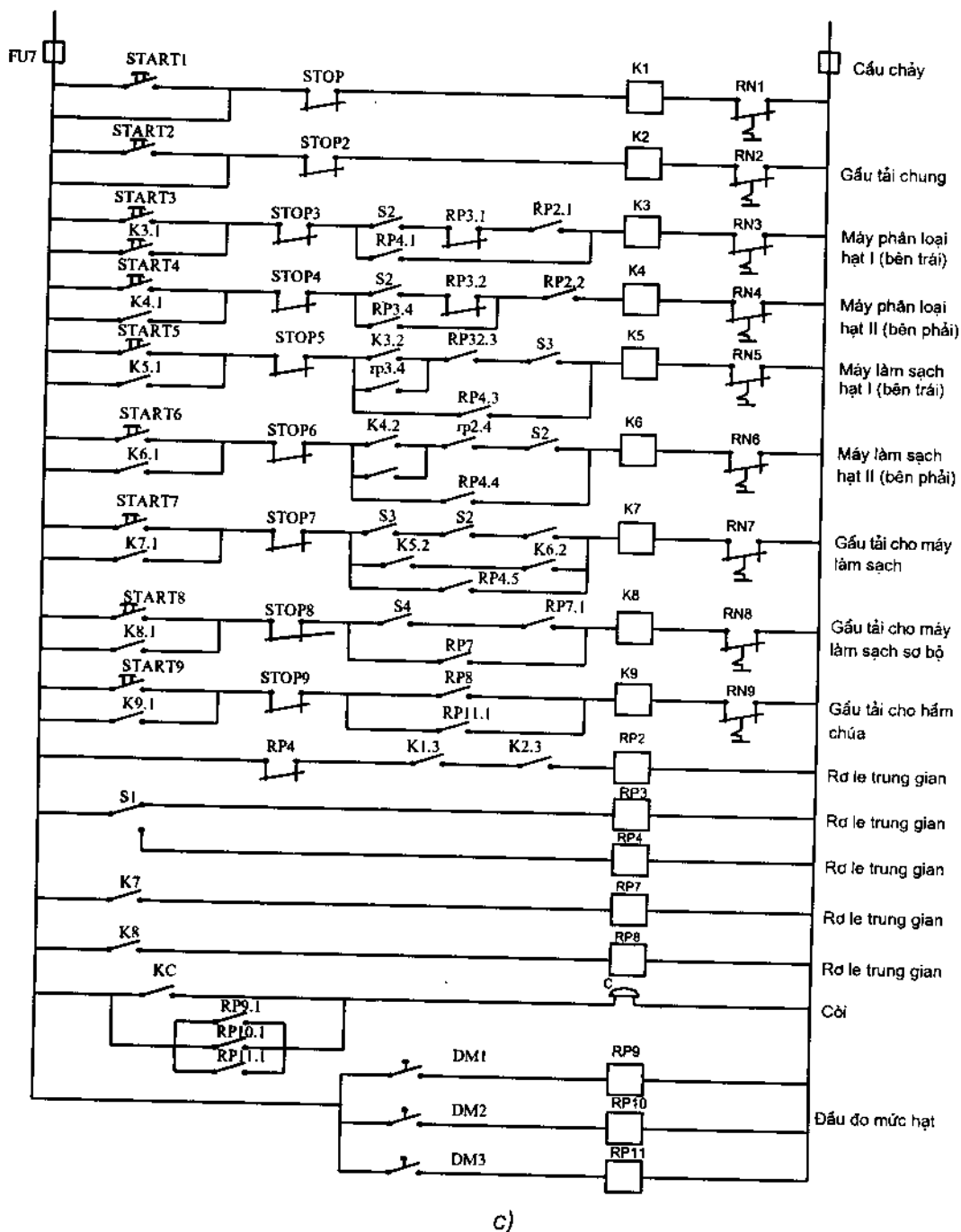
Khi ngắt sự cố một máy nào đó, tất cả các máy khác cung cấp vật liệu phía trước tự động ngắt. Những máy nằm phía sau trong dây chuyền vẫn tiếp tục hoạt động. Ví dụ, khi sự cố máy làm sạch 6 khởi động từ K6 mở tiếp điểm trong mạch động cơ của máy có sự cố và đồng thời ngắt tiếp điểm mạch cuộn dây khởi động từ K7, dừng tháp gầu tải của máy làm sạch.

Trống phân loại và tháp gầu tải đựng phụ phẩm và hạt sạch tiếp tục làm việc cho đến lúc người vận hành chủ định tắt chúng.



Tháp gấu tải hạt sạch (1,5kW)	Tháp gấu tải phụ phẩm (2,8kW)	Trống phân loại bên trái (2,8kW)	Trống phân loại bên phải (2,8kW)	Máy làm sạch bên trái (5,5kW)	Máy làm sạch bên phải (5,5kW)	OBB- 20 làm sạch sơ bộ (7kW)	Tháp gấu tải hạt làm sạch (2,8kW)	Tháp gấu tải hạt nguyên liệu (2,8kW)
---	---	--	--	---	--	--	---	--





Hình 3.23 - Sơ đồ mạch truyền động các động cơ điện
 (a) sơ đồ chế độ công nghệ làm sạch hạt (b) và sơ đồ mạch điều khiển
 (c) của tổ hợp máy làm sạch 3AB-20

Khi điều chỉnh và sửa chữa, chuyển mạch S1 chuyển sang vị trí đóng mạch cuộn dây role RN4 làm ngắt tiếp điểm mạch nguồn nuôi khởi động từ K3 - K7, tiếp điểm của K3 + K7 ngắt nguồn nuôi cuộn dây role RN2 làm hở mạch khởi động từ K3 + K6. Ở vị trí này điều khiển độc lập từng máy.

V. CÁC PHƯƠNG PHÁP MỚI SỬ DỤNG ĐIỆN NĂNG TRONG NÔNG NGHIỆP

1. Khái quát chung

Vào những năm gần đây, song song với các lĩnh vực công nghệ truyền thống sử dụng điện năng trong sản xuất đã hình thành một hướng mới, mang tên “công nghệ điện tử - ion” dựa trên cơ sở ứng dụng các lực tác động tương hỗ của điện trường và điện tích để điều khiển chuyển động các phân tử hạt của chất rắn và chất lỏng một cách có trật tự. Điểm nổi bật của công nghệ điện tử - ion là các quá trình nói trên xảy ra trong không gian của các thiết bị công nghệ, trong môi trường khí quyển tại nơi sản xuất, chứ không phải trong môi trường chân không của ống phóng đèn điện tử.

Trong thiết bị công nghệ điện tử - ion, ứng dụng các tính chất của trường điện từ, đặc biệt là trường phóng điện coron và trường tĩnh điện.

Trường điện từ là dạng vật chất đặc biệt, mang năng lượng, đặc trưng và tuân thủ các tính chất của từ trường và điện trường. Trường tĩnh điện là một dạng đặc biệt của trường điện từ, tạo bởi những điện tích tĩnh lại (so với người quan sát) phân bố trong không gian và không thay đổi theo thời gian.

Phóng điện coron xuất hiện trong điện trường một chiều hoặc điện trường xoay chiều không đồng nhất. Khi tăng điện áp giữa các điện cực đến một giá trị xác định đủ lớn, bắt đầu quá trình ion hóa, đánh thủng không khí giữa các điện cực. Giá trị điện áp này phụ thuộc vào cấu trúc và hình dáng của điện cực, mật độ và nhiệt độ của chất khí. Phóng điện bắt đầu đánh thủng không khí giữa các điện cực gọi là phóng điện coron, còn hiệu ứng của nó gọi là hiệu ứng coron. Khi phóng điện đánh thủng toàn phần không khí giữa các điện cực gọi là phóng điện tia lửa.

Công nghệ điện tử - ion ngay từ khi mới ra đời đã được ứng dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực sản xuất công nông nghiệp: Từ tuyển quặng, lọc bụi đến phân loại làm sạch hạt nông sản, kích thích hạt giống nảy mầm, cây trồng phát triển, bảo quản hạt giống, trừ diệt cỏ dại, khử trùng, xử lý nước thải...

Năm 1930, phân loại bằng điện được ứng dụng thành công trong công nghiệp thực phẩm để làm sạch và phân loại sản phẩm hạt như cà phê, hạt cải...

Năm 1947 ở Canada, Đông Đức cũ và nhiều nước khác như Megleria công nghệ điện tử - ion đã được ứng dụng thành công trong phân loại làm sạch quặng công nghiệp, công suất đạt 6 triệu tấn/năm và chế biến hạt nông sản.

Từ những năm 1954 ở Liên Xô cũ, máy phân loại coron tĩnh điện, điện môi được nghiên cứu sử dụng đại trà trong các ngành tuyển mỏ sa khoáng và làm sạch, phân loại hạt ngũ cốc, hạt rau quả trong nông nghiệp.

Ở nước ta, Viện Cơ điện Nông nghiệp đã nghiên cứu thiết kế chế tạo mô hình máy phân loại hạt bằng điện trường đầu tiên dùng để phân loại hạt thóc giống (năm 1981 - 1984). Giai đoạn 1991 - 1995, Viện Cơ điện Nông nghiệp chủ trì đề tài nghiên cứu khoa học Công nghệ cấp nhà nước mã số KC-04-14, đã thiết kế chế tạo máy phân loại bằng điện trường kiểu điện môi. Kết quả nghiên cứu cho thấy, phân loại bằng điện trên máy PL-1D do Viện chế tạo có thể làm sạch hạt đến > 99%, chọn ra những hạt thóc giống và hạt rau quả có chất lượng nông sinh cao.

Ứng dụng điện trường có cường độ cao để làm sạch, phân loại vật liệu rời được nghiên cứu phát triển theo ba hướng:

- Trường tĩnh điện.
- Trường phóng điện coron.
- Tổ hợp các trường và các tác động khác.

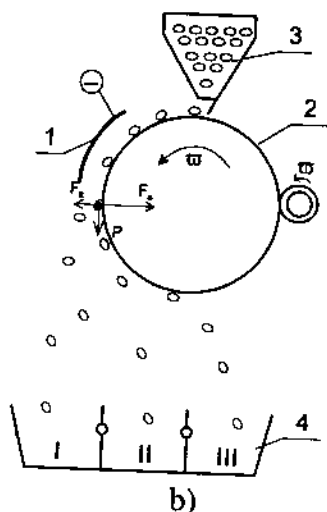
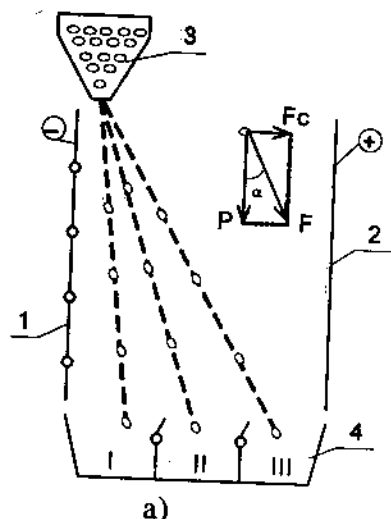
2. Thiết bị và công nghệ làm sạch và phân loại hạt nông sản

Sử dụng máy phân loại bằng điện trường trên cơ sở tính chất điện của hạt có những ưu việt đáng kể so với cơ khí, cho phép tăng năng suất và giảm chi phí sản xuất hạt ngũ cốc có yêu cầu cao về chất lượng và độ sạch hạt giống:

- Làm sạch, tách được hạt cỏ dại mà máy cơ khí không thể hoặc rất khó thực hiện.
- Chọn những hạt giống có chất lượng gieo trồng tốt nhất (dựa trên cơ sở chất lượng gieo trồng liên quan mật thiết với đặc tính của hạt).
- Xử lý hạt bằng điện trường làm tăng (kích thích) chất lượng gieo trồng của hạt giống.

2.1. Phân loại hạt bằng trường phóng điện coron

Nguyên lý làm việc của máy làm sạch hạt bằng trường phóng điện coron thể hiện ở hình 3.24.



Hình 3.24 - Sơ đồ nguyên lý máy phân loại hạt bằng trường phóng điện coron

a) Điện cực phẳng; b) Điện cực trống quay;

1,2 - Hệ điện cực; 3 - Máng phân phối; 4 - Máng hứng.

Dựa vào các thông số trạng thái của hạt ở trong điện trường như: Độ thấm điện môi, độ dẫn điện, khả năng phân cực, khả năng nạp/phóng điện tích của hạt. Cường độ điện trường giữa các điện cực, chọn khoảng $2 \div 4 \text{ kV/cm}$.

2.1.1. Phân loại hạt kiểu coron điện cực phẳng

Hạt từ phế liệu chứa 1, được đưa vào giữa điện cực coron và cực lắng, bố trí song song với nhau, nối với các cực dương và âm của nguồn cao áp nhờ cơ cấu phân phối 2 (hình 3.24a). Cấu tạo của điện cực coron gồm những dây dẫn có đường kính 0,3mm, mắc song song và cách nhau khoảng 100mm.

Khi điện áp giữa các điện cực đủ cao, xung quanh dây dẫn mảnh xuất hiện hiện tượng phóng điện coron, ion hóa các phân tử của không khí (giai đoạn đầu phóng điện của điện cực) tạo thành những hạt mang điện: điện tử và ion giữa các điện cực coron. Dưới tác dụng của điện trường, các điện tử và ion chuyển động về phía điện cực lắng (nối đất) và tích điện cho hạt từ phế liệu rơi xuống. Điện tích mà hạt nhận được khi trực dài của hạt nằm dọc theo đường sức điện trường, được xác định theo công thức:

$$Q = \frac{\epsilon_0 \cdot E \cdot d^2}{4K_\phi} \quad (3.49)$$

Trong đó: Q - điện tích của hạt, C;

E - cường độ điện trường, V/m;

K_ϕ - hệ số hình dáng phụ thuộc vào tỷ số giữa chiều ngang trên chiều dài hạt và độ thẩm điện môi của hạt;

d - đường kính hạt, m.

Như vậy, ở trong khoảng cách giữa các điện cực chịu tác dụng của hai lực thành phần. Lực trọng trường F_1 và lực điện trường F_E , biểu thị bằng Niuton (N) tính theo:

$$F_1 = mg \quad (3.50)$$

Trong đó: m - khối lượng hạt, kg;

G - gia tốc trọng trường, m/s^2 .

$$\text{và } F_E = QE \quad (3.51)$$

Phương trình chuyển động của hạt trong điện trường:

$$F = F_1 + F_E = mg + QE \quad (3.52)$$

Từ (3.52) cho thấy hạt có điện tích càng lớn thì lực điện trường càng lớn. Mặt khác, điện tích còn phụ thuộc vào hệ số hình dáng. Như vậy, phân loại hạt trong điện trường dựa trên cơ sở các dấu hiệu hình dáng, độ thẩm điện môi và khối lượng của hạt. Các hạt có về tính chất cơ lý và tính chất điện khác nhau sẽ rơi vào các ô khác nhau của máng hứng...

2.1.2. Phân loại hạt kiểu coron trống quay

Hạt từ phễu được đưa vào điện trường giữa điện cực coron và trống quay, nối với điện cực nối đất. Sau khi nhận được điện tích từ điện cực coron quay tròn, hạt bị hút dính vào trống do tác động của lực điện trường (hình 3.24b). Điện tích của hạt được xác định theo biểu thức:

$$Q = \frac{\epsilon_0 E a d}{4K_\phi} \quad (3.53)$$

Trong đó: a, d - chiều dài và đường kính hạt, m.

Khi hạt bị mất điện tích (phóng điện bởi độ dẫn điện), đi ra khỏi vùng điện trường tùy thuộc lực quán tính, sớm hay muộn sẽ rời khỏi trống rơi vào các máng hứng.

Quá trình phân loại trong thiết bị coron trống quay (hình 3.24b), hạt nằm trên trống điện cực nối đất, chịu tác động của lực ly tâm P_n , tổng hợp các lực điện trường F , lực cảm ứng F_{ax} , lực ly tâm và lực trọng trường (biểu thị bằng N).

$$P_n = F + F_{ax} + P_T \quad (3.54)$$

Trong đó: $F = E.Q$ - ép hạt vào mặt trống, N;

$$F_{ax} = \frac{Q^2}{\rho^2} - \text{kéo hạt ép vào mặt trống, N;}$$

(với ρ - bán kính của hạt, m);

Vì kích thước của hạt rất nhỏ so với bán kính của trống quay, lực ly tâm được tính $P_{lt} = \frac{2mv^2}{D}$ (3.55)

Trong đó: m - khối lượng của hạt, kg;

v - vận tốc tiếp tuyến của trống điện cực, m/s;

D - đường kính trống, m.

P_T - trọng lực, gồm hai thành phần phụ thuộc vào góc tác động so với phương thẳng đứng khi hạt nằm trên trống

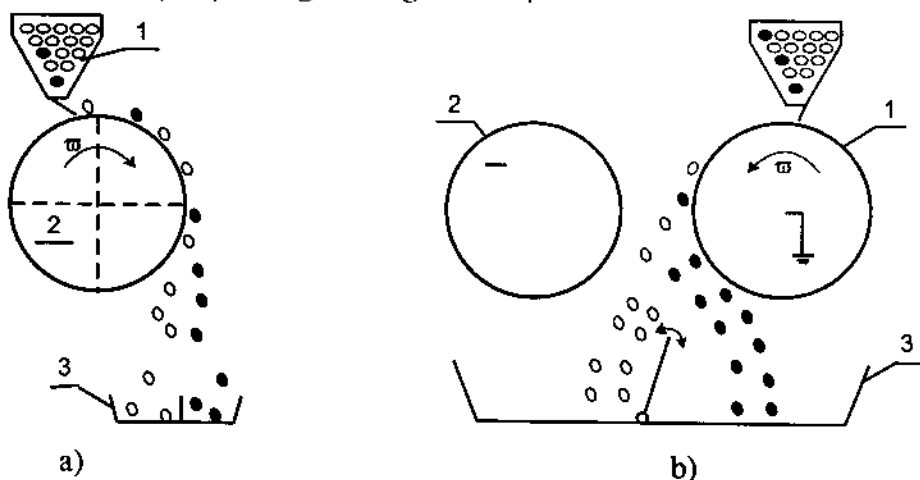
$$P_T = P \cos \alpha \quad (3.56)$$

Thay (3.7), (3.8), (3.9) và (3.10) vào (3.6) ta có phương trình

$$P_{lt} = QE + \frac{Q^2}{\rho^2} + mg \cos \alpha \quad (3.57)$$

Khi điện áp đặt vào hệ điện cực và số vòng quay không thay đổi, góc rơi của hạt phụ thuộc vào hình dáng và hằng số điện môi của hạt. Do tính chất cơ lý và tính chất điện của các hạt khác nhau, trong điện trường chúng rơi ở các góc khác nhau vào các máng hứng.

2.2. Phân loại hạt bằng trường tĩnh điện



Hình 3.25 - Sơ đồ nguyên lý của máy phân loại hạt bằng trường tĩnh điện

a) Một trống; b) Hai trống

1 - Phễu cấp liệu; 2 - Trống phân ly; 3 - Máng hứng; 4 - Trống điện cực

Phân loại hạt sử dụng trường tĩnh điện được ứng dụng rộng rãi vào thực tiễn sản xuất từ năm 1930 trong các lĩnh vực tuyển quặng, lọc bụi và làm sạch phân loại hạt cà phê, hạt cải trong ngành công nghiệp thực phẩm...

Nguyên lý làm việc máy phân loại làm sạch bằng trường tĩnh điện cho ở sơ đồ hình 3.25. Quá trình phân loại trong máy bằng trường tĩnh điện dựa vào tác động tương hỗ giữa điện trường cao áp và hạt mang điện. Dấu hiệu để phân loại hạt trong điện trường dựa trên sự khác biệt về tính chất cơ lý (trọng lượng, hình dáng, kích thước...) và tính chất điện (độ dẫn, độ thấm điện môi...), dẫn đến lực điện trường tác động lên hạt không giống nhau do các hạt nhận được điện tích khác nhau.

2.2.1. Máy phân loại hạt dạng một trống và hai trống

Máy phân loại tĩnh điện đơn giản nhất chỉ có một trống quay (hình 3.25a). Hạt từ phễu 1 được đưa vào trống đã được tích điện sẽ nhận được điện tích cùng dấu với trống. Những hạt có độ dẫn lớn (ẩm hơn) tích điện rất nhanh và bị đẩy rơi ra xa khỏi mặt trống, còn những hạt có độ dẫn điện thấp (khô hơn) - rơi gần hơn hoặc thậm chí bị hút dính vào trống (lực tương hỗ giữa các điện tích). Máy phân loại dạng này được sử dụng với nguyên vật liệu, hạt kích thước nhỏ.

Thông thường, sử dụng máy phân loại tĩnh điện trống quay hai điện cực trái dấu để làm sạch, phân loại những hạt có kích thước lớn hơn (hình 3.25b). Nguyên lý làm việc cũng tương tự loại một trống, nhưng ở đây cường độ điện trường mạnh hơn và có thể điều chỉnh được. Quỹ đạo chuyển động của hạt phụ thuộc vào độ dẫn và cường độ điện trường tĩnh điện giữa các điện cực.

Điện tích hạt nhận được khi trục dài của hạt nằm dọc theo điện trường được xác định bởi biểu thức:

$$Q = \frac{\epsilon_0 \epsilon_h E}{1 + (\epsilon_h - 1) \Phi_{(K)}} \frac{b^2}{4} \quad (3.58)$$

Trong đó: ϵ_h - độ thấm điện môi của hạt, F/m ;

b - độ dài trục ngắn của hạt, m;

$\Phi_{(K)}$ - hệ số giảm phân cực của hạt.

Điện tích của hạt khi trục ngắn của hạt nằm dọc theo đường sức điện trường:

$$Q = \frac{\epsilon_0 \epsilon_h E}{1 + (\epsilon_h - 1) \Phi_{(K)}} \frac{a^2}{4} \quad (3.59)$$

Hạt nằm trên trống phân ly chịu tác dụng của trọng lực P , lực ly tâm $F_{lt}(N)$, lực điện trường $F_{dt}(N)$, lực ánh xạ gương $F_{ax}(N)$ được mô tả bằng biểu thức:

$$F_{ms} = (P_1 - F_{lt} - F_{dt} - F_{ax})f \quad (3.60)$$

Trong đó: P_1 - trọng lực theo phương pháp tuyến, N: $P_1 = mg \cos \alpha$ (3.61)

Với P_2 - trọng lực theo phương tiếp tuyến, N: $P_2 = mg \sin \alpha$ (3.62)
 α - Góc giữa lực pháp tuyến thành phần và lực tổng hợp, độ;
 m - khối lượng của hạt, kg;
 g - gia tốc trọng trường, m/s^2 ;
 F_{ll} - do kích thước hạt nhỏ so với bán kính của trống nên lực ly tâm được xác định theo công thức, N;

$$F_{ll} = \frac{2mv^2}{D} \quad (3.63)$$

Trong đó: v - vận tốc chuyển động của hạt, m/s;
 D - đường kính của trống, m;
 F_{dt} - lực điện trường do khi tiếp xúc với trống điện cực, hạt tích điện với đại lượng Q ;

$$F_{dt} = E_{(\alpha)} Q \quad (3.64)$$

Trong đó: $E_{(\alpha)}$ - cường độ điện trường phụ thuộc vào vị trí của hạt trên trống (là hàm số của góc α), V/m;

F_{ax} - lực ánh xạ gương, N:

$$F_{ax} = \frac{Q^2}{d^2 \epsilon_0} = \frac{Q^2}{(d_0 + 2l)^2 \epsilon_0} - \frac{Q^2}{9\rho_0^2 \epsilon_0} \quad (3.65)$$

Trong đó: d - khoảng cách giữa hai tâm điện của hạt, m;
 d_0 - khoảng cách giữa hai tâm hình học của hạt, m;
 f - hệ số ma sát ($f = \tan \varphi = \text{const}$);
 ρ_0 - bán kính của hạt, m;
 $d_0 = 2\rho_0$.

Lực điện trường phụ thuộc vào điện tích của hạt, cường độ điện trường và khối lượng của hạt. Những hạt có điện tích, khối lượng khác nhau sẽ rơi ở các góc máng khác nhau.

2.2.2. Máy phân loại dạng sàng

Hạt đưa vào phân loại, chuyển động theo chiều rung lắc của sàng đi qua điện trường có cường độ cao. Sàng được gắn với cực dương, còn tấm kim loại phía trên và dưới sàng gắn với cực âm của nguồn điện cao áp, sao cho đường sức của điện trường vuông góc với sàng. Dưới tác dụng của điện trường, những hạt "dài" bị phân cực và định hướng trục dài của nó theo chiều của đường sức. Mômen quay M (Nm), tác dụng lên hạt được xác định theo biểu thức:

$$M = \frac{\epsilon_0 E^2 \cdot 0.42 \gamma}{8\pi} V_h \Phi_2 \quad (3.66)$$

Trong đó: V_h - thể tích của hạt, m^3 ;
 Φ_2 - hệ số đặc trưng cho sự biến thiên của điện trường phụ thuộc vào hình dạng và độ thấm điện môi của hạt;

ϵ_0 - độ thấm điện môi của không khí, F/m;

E - cường độ điện trường, V/m;

γ - góc nghiêng trục dài của hạt (elip quay) so với mặt phẳng điện cực.

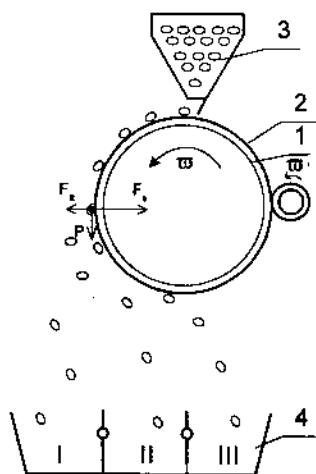
Khi tỷ lệ giữa chiều ngang trên chiều dài của hạt càng nhỏ, mômen quay tác dụng lên hạt càng phải lớn để có thể dựng đứng hạt lên. Những hạt có trục dài, nếu được định hướng vuông góc với mặt sàng sẽ dễ lọt qua lỗ sàng. Vì vậy, sử dụng điện trường để nâng hạt đứng lên trong quá trình lắc, cho phép nâng cao công suất và chất lượng làm sạch phân loại của máy.

2.3. Phân loại hạt kiểu điện môi

Trong công nghệ phân loại hạt sử dụng trường tĩnh điện, phân loại kiểu điện môi được phát triển thành nhánh riêng và ứng dụng rất rộng rãi trong thực tiễn để tuyển quặng, tách làm sạch phân loại nông sản.

Phương pháp phân loại kiểu điện môi dựa vào sự khác nhau về độ lớn và phương của lực điện tác dụng lên hạt bị phân cực trong điện trường không đồng nhất được tạo bởi hệ điện cực dây quấn cách ly song song với cấu hình khác nhau.

Hình 3.26 máy phân loại hạt kiểu điện môi trống quay. Hạt từ phễu 1 được đưa vào bề mặt trống 2 với hệ dây quấn cách ly song song 3 nối các điện cực trái dấu để tạo thành điện trường không đồng nhất. Khi trống quay dưới tác dụng của lực điện trường hạt bị kéo vào dây quấn 3. Do trọng lực và lực ly tâm hạt bứt khỏi trống và rơi ở các máng hứng khác nhau. Những hạt nặng to và vừa rơi vào ngăn II và những hạt kém nhất, nhẹ rơi vào ngăn III.



Hình 3.26 - Máy phân loại hạt kiểu điện môi

Lực điện trường tác dụng lên hạt được xác định theo biểu thức:

$$F_{dt} = \frac{2U^2 \varepsilon_d \varepsilon_0 (\varepsilon_h - 1) S_{ab} \cos \frac{\theta}{2}}{(2a\varepsilon_h + l\varepsilon_d)^2} \quad (3.67)$$

Trong đó: ε_d , ε_h - độ thấm điện môi của lớp cách điện dây quấn và của hạt, F/m;

U - điện áp đặt vào hệ dây quấn, V;

a - bề dày của lớp cách điện dây quấn, m;

l - độ dài trung bình của đường sức qua hạt, m;

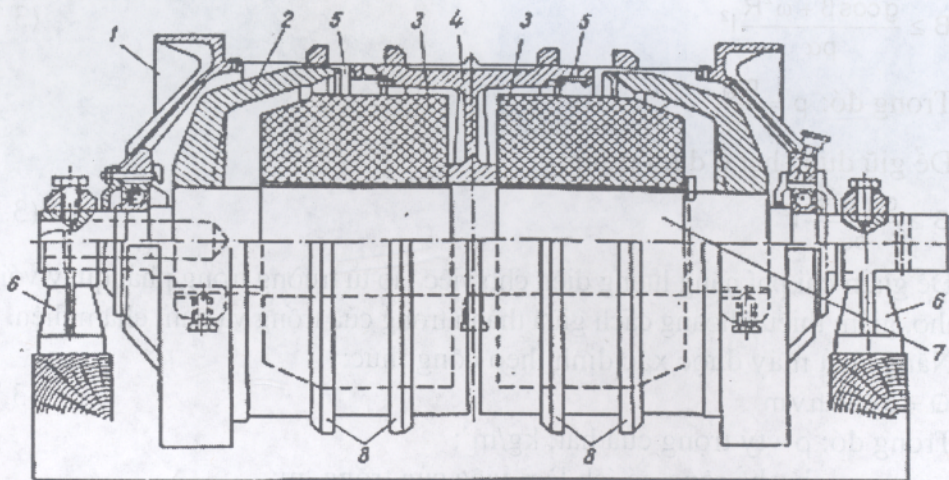
θ - góc giữa hai lực trái dấu của dây quấn đến tâm của hạt, độ;

S_{ab} - diện tích tiếp xúc hữu ích giữa hạt và lớp cách điện của dây quấn, m².

2.4. Phân loại hạt giống bằng từ trường

Nguyên lý hoạt động của thiết bị này dựa vào tính chất bám dính bột từ vào bề mặt nhám của hạt giống khi qua nam châm sẽ bị hút bằng từ trường. Bộ phận chính của máy là trống nam châm điện.

Máy phân loại hạt bằng từ trường làm việc như sau: Hỗn hợp hạt xử lý qua bột từ được đưa vào bề mặt trống (chế tạo bằng vật liệu phi từ tính). Đặt các cực nam châm điện mạnh vào bên trong trống, sao cho choán nửa đường tròn từ trên xuống dưới (hình 3.27). Những hạt bám dính bột từ được hút giữ lại trên mặt trống sẽ rơi xuống về phía dưới trống, còn hạt trơn (không bám bột từ) rơi ngay về một phía - bên trên.



Hình 3.27 - Sơ đồ nguyên lý thiết bị phân loại hạt bằng trống điện từ

1 - Vỏ; 2, 4 - Khung từ; 3 - Cuộn dây; 5 - Khe hở không khí; 6 - Ổ đỡ;

7 - Trục quay; 8 - Vòng đệm cao su;

Lực giữ hạt trên trống F phải lớn hơn tổng đại số lực ly tâm $F_{lt}(N)$, tác dụng lên hạt và hình chiếu lực trọng trường P của hạt được xác định bằng biểu thức:

$$F \geq F_{lt} + P_{HC} \quad (3.68)$$

Trong đó: F - lực giữ hạt bám bột từ được xác định theo công thức, N:

$$F = \alpha \frac{B.m}{l^2} \quad (3.69)$$

Trong đó: α - hệ số độ thấm bột từ;

B - cảm ứng từ phụ thuộc số ampe - vòng của cuộn kích thích, T;

m_{bt} - khối lượng của bột từ, kg;

F_{lt} - lực ly tâm, N;

$$P_{HC} = m.g.\cos\beta \quad (3.70)$$

$$F_{lt} = m\omega^2 R \quad (3.71)$$

Trong đó: m - khối lượng các hạt bị từ hút, kg;

ω - vận tốc góc của trống, rad/s;

R - bán kính trống, m;

g - gia tốc trọng trường, m/s²;

β - góc giữa hướng lực ly tâm và trục thẳng đứng, độ;

$$\text{Khi đó: } F \geq m\omega R + m.g.\cos\beta \quad (3.72)$$

Từ (3.68) và (3.69) cho thấy, để giữ được hạt trên trống, cảm ứng từ phải thỏa mãn điều kiện:

$$B \geq \frac{g\cos\beta + \omega^2 R}{\alpha} l^2 \quad (3.73)$$

$$\text{Trong đó: } p = \frac{m_{bt}}{m}$$

Để giữ được hạt ở dưới trống:

$$B \geq \frac{g + \omega^2 R}{\alpha} l^2 \quad (3.74)$$

Để giảm chi phí năng lượng điện cho việc tạo từ trường trống phải quay với vận tốc nhỏ, giảm thiểu khoảng cách giữa thành trong của trống và nam châm điện.

Năng suất máy được xác định theo công thức:

$$Q = 3,6\rho.b.h.v.m \quad (3.75)$$

Trong đó: ρ - tỷ trọng của hạt, kg/m³;

b - bề rộng có ích làm việc của trống, m;

h - độ dày lớp hạt (độ dày lớp hạt không vượt quá hai lần bề dày của hạt), m;

v - vận tốc tiếp tuyến của trống, m/s;

Ngoài ra, với kết cấu thích hợp, từ trường nam châm còn loại được vật kim loại, đinh, đoạn dây sắt có chiều dài khoảng 100mm.

3. Phương pháp xử lý hạt giống cây trồng bằng điện từ trường

Năng suất mùa màng cây trồng, cây lương thực tiềm ẩn ngay trong giai đoạn đầu sinh trưởng phát triển của cây non, bao gồm các quá trình thúc mầm, xuống giống, hình thành hệ rễ... Giai đoạn khởi đầu phát triển tốt, tạo tiền đề thúc đẩy quá trình trao đổi chất, đơm hoa kết trái tăng năng suất và chất lượng cây trồng.

Từ lâu, xử lý hạt giống trước khi gieo được biết và ứng dụng rộng rãi trên thế giới như biện pháp đầu tiên để tăng năng suất và ổn định mùa màng cây trồng. Tùy thuộc phong tục tập quán canh tác và trình độ phát triển khoa học kỹ thuật người ta áp dụng những biện pháp khác nhau như phơi nắng, ngâm nước nóng hai sôi ba lạnh, xử lý bằng hóa chất, các tia vật lý, phóng xạ...

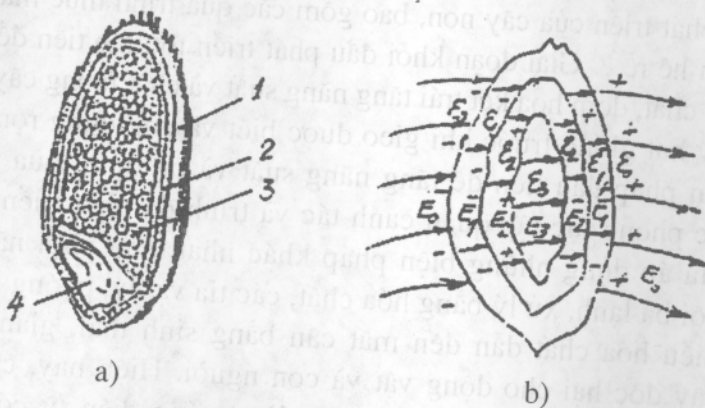
Sử dụng nhiều hóa chất dẫn đến mất cân bằng sinh thái, giảm lượng vi khuẩn có lợi, gây độc hại cho động vật và con người. Hiện nay, các phương pháp xử lý hạt giống trước khi gieo thường dùng sóng điện từ có vạch phổ khác nhau: ion hóa, tia cực tím, tia phóng xạ, tia năng tập trung, điện cao thế, cao tần (bảng 3.13).

Bảng 3.13 - Đặc tính cơ bản của một số tác động vật lý

STT	Đại lượng	Tần số, Hz	Miền thông số				Năng lượng hạt hấp thụ, J/m ³
			Cường độ		Độ chiếu xạ, W/m ²	Thời gian chiếu xạ, s	
			Điện trường, kV/cm	Từ trường, A/m			
1	Điện một chiều	0	2-5	-	-	0,2-3	10-10 ³
2	Điện xoay chiều	50	2-3	-	-	3-4	3x10 ⁻⁶ x10 ³
3	Từ trường âm tần	12-10 ³	1-2	-	600-900	-	-
4	Tia hồng ngoại	(1,2-4,05)x10 ¹⁴	-	-	(1,2-3,0)x10 ³	10-35	9x10 ⁶ -5x10 ⁸
5	Tia năng tập trung	(1,3-10)x10 ¹⁴	-	-	(11-73)x10 ³	300-900	6x10 ⁶ -4x10 ⁹
6	Tia laser	(3-9)x10 ¹⁴	-	-	1,6-3	360-600	7x10 ⁴ -9x10 ⁵
7	Tia cực tím	(0,75-10)x10 ¹⁵	-	-	-	60	4x10 ³ -4x10 ⁴
		(0,75-10)x10 ¹⁵	-	-	30-160	30-160	10 ⁴ -3x10 ⁶
8	Hydro - Plasma	-	1,5	-	-	0,6-1	-

Hiệu quả tác động phụ thuộc vào liều lượng và chế độ xử lý đều nhằm kích thích quá trình chuyển đổi hóa sinh bên trong mầm hạt và quá trình sinh

trường phát triển, hình thành hoa trái, tăng năng suất cây trồng. Mỗi đại lượng vật lý đặc trưng bởi sự tác động qua lại của một số các chỉ số liên quan. Chỉ cần thay đổi tỷ lệ thành phần cấu thành như tần số, cường độ, thời gian tác động... để đạt được hiệu quả tác động lớn nhất. Hạt giống được xem là hạt điện môi có mô hình cấu trúc cho trong hình 3.28.



Hình 3.28 - Mặt cắt a) và phân bố điện trường bên trong và ngoài hạt lúa b)
1 - Vỏ trấu; 2 - Vỏ cám; 3 - Nhân gạo; 4 - Phôi mầm;

Xử lý hạt giống bằng điện trường cao áp có nhiều ưu điểm như không gây đột biến gen di truyền, tăng khả năng trao đổi chất và chống chịu sâu bệnh, ngoại cảnh, tăng năng suất cây trồng và không gây ô nhiễm môi trường.

Từ những năm 1940 - 1950, tác động trực tiếp của điện từ trường lên đối tượng vật nuôi cây trồng, bảo quản nông sản đã quan tâm nghiên cứu ứng dụng. Những năm 60 ở Liên Xô, Mỹ, Nhật Bản... đã đạt được những thành tựu to lớn trong việc xử lý kích thích hạt giống bằng điện trường, tăng sản lượng cây trồng 10 - 15% hạt và 20% khối xanh. Cần tác động một cường độ điện trường thích hợp đối với độ ẩm của cơ chất hạt, cũng như duy trì thời gian ủ sau xử lý đối với các loại giống hạt khác nhau để đạt kết quả tốt.

Ở nước ta, từ những năm 1981 - 1985, Viện Cơ điện nông nghiệp đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng kích thích hạt giống bằng điện trường cao áp, kết quả thu được ở một số cơ sở sản xuất cho thấy khối xanh tăng đến 20% và năng suất lúa tăng 5 - 7%.

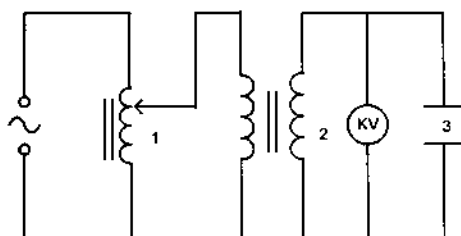
3.1. Xử lý hạt giống trước khi gieo bằng trường coron

Hạt lúa mỳ giống trước khi gieo đem xử lý với thời gian lộ chiếu 1s trong trường phóng điện coron với cường độ 2 - 3kV/cm, làm tăng khả năng sống và chống chịu tốt các biến động xấu của điều kiện ngoại cảnh, tăng năng suất

mùa màng 10 - 15%. Hiệu quả tác dụng của điện trường dòng điện một chiều điện áp cao phụ thuộc vào cường độ trường và đại lượng điện tích mà hạt nhận được. Hạt mang điện tích âm có hiệu quả tốt hơn hạt mang điện tích dương, chưa hàm lượng đạm cao hơn.

3.2. Xử lý hạt giống trước khi gieo bằng trường tĩnh điện

Xử lý hạt được tiến hành bằng dòng điện xoay chiều trong buồng gồm hai bản cực phẳng nối với biến thế cao áp (hình 3.29).



Hình 3.29 - Sơ đồ nguyên lý thiết bị xử lý hạt giống trước khi gieo bằng điện trường

1, 2 - Nguồn điện cao áp; 3 - Hệ điện cực

Ngô giống, sau khi xử lý trong điện trường có cường độ 2kV/cm, thời gian xử lý 10s, năng lượng sinh trưởng tăng 23%, trọng lượng khối cây xanh tăng 20 - 27% và năng suất tăng 40% so với đối chứng. Tương tự, hiệu ứng tốt cũng đạt được đối với xử lý hạt giống lúa mỳ, lúa nước và những giống khác.

4. Ứng dụng ozon xử lý bảo quản lương thực, thực phẩm và hạt giống

4.1. Khái quát chung

Ozon là chất khí có công thức hóa học O_3 gồm ba nguyên tử oxy. Lần đầu tiên năm 1785 được nhà vật lý Hà Lan Marum phát hiện khi nghiên cứu sự phóng điện trong không khí. Ozon có vị tanh và là chất oxy hóa mạnh, dễ dàng thiết lập liên kết với các chất hữu cơ. Do vậy có khả năng khử trùng, khử mùi rất tốt. Năm 1874, giáo sư A.P.Dobroslavin đề xuất sử dụng ozon khử trùng nước và không khí. Mười hai năm sau đó N.Keldus đã chứng minh sử dụng thành công ozon trong thực tiễn. Đến năm 1911, lần đầu tiên ở châu Âu trạm cấp nước dân dụng xử lý bằng ozon được đưa vào sử dụng tại thành phố Saint Perterburg.

Ozon ở nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn là một chất khí màu tím nhạt, tính chất lý hóa của nó được đặc trưng bởi các số liệu sau:

Khối lượng phân tử, g:	48
Khối lượng riêng (ở nhiệt độ 0°C và áp suất 0,1MPa), g/l:	2,154
Nhiệt độ đông đặc, °C:	111,9

Nhiệt độ nóng chảy, °C:	192,5
Nhiệt lượng riêng (khả năng tạo nhiệt), kJ/mol:	192,5
Độ hòa tan trong nước ở nhiệt độ 0°C:	0,49
ở nhiệt độ 20°C:	0,29
Điện thế oxy hóa - khử, V:	2,07
Bước sóng hấp thụ tối đa tia cực tím, m:	$2,537 \cdot 10^{-7}$

Phạm vi và lĩnh vực ứng dụng của ozon ngày càng mở rộng. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng và kết quả công bố về sử dụng ozon trong các ngành kinh tế quốc dân: làm sạch nước ăn, nước thải, bảo quản rau quả, cá thịt, khử mùi, khử trùng làm sạch không khí môi trường và làm khô bảo quản nông sản, hạt giống... Nhưng cơ chế tác động sinh lý học của ozon lên cơ thể sống động thực vật vẫn còn đang được tiếp tục nghiên cứu.

Ozon không những được ứng dụng trong các ngành công nghiệp thực phẩm, y tế... mà ngày càng được quan tâm nghiên cứu ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp và xử lý nước thải, bảo vệ môi sinh. Năm 1997, Ủy ban quản lý thuốc và thực phẩm Mỹ (FDA) tuyên bố cấp nhãn an toàn "GRAS", cho phép sử dụng ozon làm môi chất trong chế biến, bảo quản thực phẩm...

Ở nồng độ 1mg/m^3 ($\approx 0,5\text{ppm}$), ozon có khả năng diệt khuẩn. Hiệu quả diệt khuẩn trong môi trường bụi sương cao hơn môi trường bụi khô. Đối với trực khuẩn đường ruột chỉ cần nồng độ $0,2\text{g/m}^3$ là bị tê liệt (mất khả năng phân hủy đường, giảm tác động men katalaza). Trong khi vi trùng cúm bị tiêu diệt ở nồng độ $0,2\text{mg/m}^3$ còn trùng tụ cầu cần 1mg/m^3 . Nồng độ ozon thấp hơn 3mg/m^3 không gây tác động rõ rệt, nhưng nồng độ 30mg/m^3 tiêu hủy ngay cả các tế bào, bào tử nấm.

Ozon được dùng để thanh khử trùng, khử mùi, màu và nước sinh hoạt, nước thải cũng như nước công nghiệp. Ozon được sử dụng dưới dạng lỏng và khí trong kho bảo quản, buồng lạnh, đông lạnh và làm sạch phòng làm việc.

Ứng dụng của ozon rất phong phú và đa dạng, phù hợp cho các quy mô công nghiệp lớn, vừa, nhỏ và quy mô hộ. Ozon có khả năng oxy hóa cực mạnh đứng sau Flo và 7 lần mạnh hơn Clo. Đặc biệt ozon không tạo ra sản phẩm phụ độc hại trong quá trình xử lý, sử dụng. Khả năng làm sạch và bảo quản của ozon cho trong bảng 3.14.

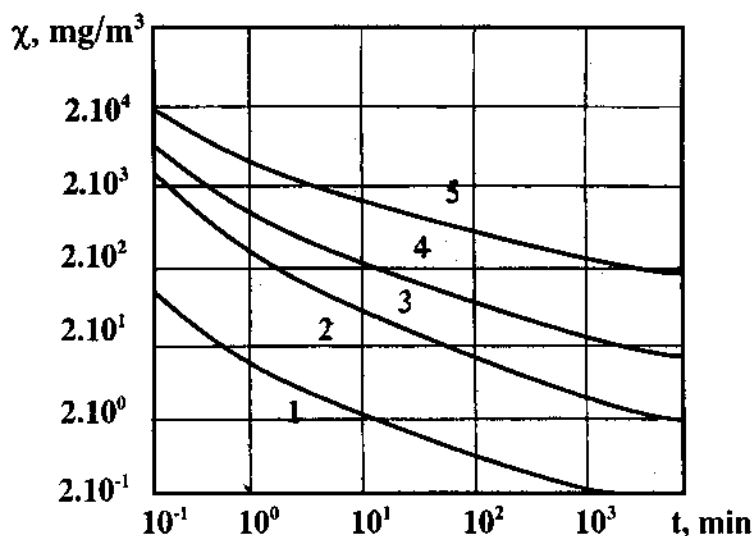
Bảng 3.14 - Khuyến cáo nồng độ khí ozon trong làm sạch môi trường bảo quản

Lĩnh vực	Đối tượng	Mục đích bảo quản	Nồng độ ppm
Cửa hàng	Tủ làm lạnh quầy hàng	Thịt, rau quả	0,1 - 0,5
Chế biến	Nhà bếp, nhà đóng	Làm sạch môi trường, dụng	0,04 - 0,4

thực phẩm	gói kho bảo quản tạm	cụ nhà bếp và quần áo (thanh khử trùng, khử mùi...).	
Bệnh viện	Phòng khám, phòng chờ, phòng mổ	Chống tái viêm nhiễm (thanh khử trùng, khử mùi...)	0,1 - 0,5
Trang trại chăn nuôi	Nuôi lợn, nuôi gia cầm	Chống nhiễm trùng và khử mùi	0,1 - 0,4
Nhà ở	Phòng khách, phòng ngủ, nhà bếp, kho, nhà vệ sinh, động vật nuôi trong nhà	Diệt vi sinh có hại, chống nhiễm trùng vật nuôi trong nhà, khử mùi	0,02 - 0,5
Vệ sinh môi trường	Nhà chứa rác để xử lý	Khử mùi	0,2

Nồng độ ozon cần được điều chỉnh tùy theo mục đích và sự có mặt của con người và vật nuôi.

Nồng độ an toàn cho phép đối với người không quá 0,1ppm là theo tiêu chuẩn của Mỹ và Nhật Bản, tiêu chuẩn Nga là 0,05ppm (hình 3.30). Trong không khí $1\text{mg/m}^3 \approx 0,5\text{ppm}$.



Hình 3.30 - Vùng cho phép và mức độ độc hại đối với con người

- 1 - Vùng an toàn; 2 - Vùng cảm nhận không có triệu chứng;
- 3 - Vùng gây ảnh hưởng xấu tức thời; 4 - Vùng gây ảnh hưởng có chu kì kéo dài; 5 - Vùng gây tử vong.

Khi xử lý bảo quản thịt nồng độ ozon phải được điều chỉnh và duy trì thấp hơn mức cho phép để giữ độ tươi và không làm giảm chất lượng. Ở bảng 3.15 khuyến cáo nồng độ công nghệ cho bảo quản một số thực phẩm: thịt, cá, sữa, rau quả...

Bảng 3.15 - Khuyến cáo nồng độ khí ozon bảo quản một số thực phẩm rau quả tươi

Thực phẩm	Nồng độ ozon, g/1000m ³
Thịt mỡ, thịt cá nhiều mỡ, bơ sữa	1,0 - 2
Kho mát bảo quản trứng ở nhiệt độ thấp	1,5 - 3
Xử lý ozon liên tục bảo quản hoa quả tươi	2,0 - 4
Thịt nạc	3,0 - 5

Để khử trùng, khử mùi trong phòng làm việc, phòng khách cần có quạt để đối lưu hỗn hợp không khí và ozon nồng độ thấp khi có người hoặc vật nuôi. Để tăng hiệu quả xử lý khử mùi, thanh trùng không khí cần nồng độ ozon cao hơn...

4.2. Ứng dụng của ozon nước

Các ứng dụng điển hình của ozon nước cho trong bảng 3.16 cho mục đích thanh trùng khử mùi, khử màu nước sinh hoạt và nước thải cũng như trong chăn nuôi gia súc, gia cầm, cá và chế biến thực phẩm...

Bảng 3.16 - Khuyến cáo nồng độ ozon nước trong xử lý, bảo quản

Lĩnh vực	Đối tượng	Mục đích	Nồng độ, mg/lit
Cung cấp nước	Nước sinh hoạt, nước uống	Thanh trùng, khử mùi, làm sạch bồn chứa nước, tăng vị của nước (dùng than hoạt tính)	0,4 - 0,5
Nước thải	Nước cống thành phố, bệnh viện và nước nhuộm	Khử màu, mùi, thanh trùng, xử lý	1,0 - 40
Nhà công cộng	Tháp nước lạnh, bể bơi	Thanh trùng, khử mùi cho nước, ngăn ngừa rêu tảo	0,1 - 0,5
Công nghiệp thức ăn tươi	Cá và nhuyễn thể chống đóng băng thực phẩm đông lạnh, làm sạch rau và nhà xưởng thực phẩm	Thanh trùng, nước bao gói, khử mùi, giữ tươi, thiết bị nhà bếp, sàn nhà	0,4 - 3,0

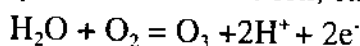
Trang trại chăn nuôi	Bể cá, nước nuôi lợn, gia cầm	Tăng lượng oxy hòa tan, thanh trùng, tăng vị (than hoạt tính)	0,4 - 0,5
Trồng trọt	Hạt giống, rau quả	Thanh trùng, làm sạch	0,4 - 3,0
Y tế	Thiết bị y tế	Thanh trùng	0,4
	Xử lý trong nha khoa	Chống viêm miệng	47 - 61

Thời gian bán phân rã của ozon (khoảng thời gian mà nồng độ ozon giảm 50%) trong nước (nhỏ hơn so với trong không khí): khoảng 10 phút trong nước trung tính ở nhiệt độ môi trường bình thường, và nhỏ hơn nhiều ở môi trường có nhiệt độ, độ pH cao, cũng như nơi có nhiều tạp chất hữu, vô cơ (chỉ cỡ vài giây). Ngược lại, ở môi trường axit và nhiệt độ thấp thời gian bán phân rã dài hơn, có thể lưu giữ tạm thời và vận chuyển. Các yếu tố này liên quan chặt chẽ với các tham số công nghệ Ozon. Trong nước $1\text{g/m}^3 \approx 1\text{ppm}$.

4.3. Phương pháp tạo khí ozon

Ozon có công thức phân tử O_3 , được tạo thành từ ba nguyên tử oxy. Hiện nay ozon được tổng hợp theo một số phương pháp như: điện phân, quang hóa, phương pháp điện...

Ozon được tạo ra khi cho dòng điện một chiều chạy qua các vai cầu có kết cấu đặc biệt và chất điện phân H_2SO_4 , HClO_4 hay NaClO_4 , KClO_4 ... Các oxit hay muối của chúng trong phản ứng điện phân không giải phóng phân tử oxy mà tạo khí ozon và các ion, các gốc (radical)



Điện phân các dung dịch axit tuy cho phép nhận khí ozon với nồng độ 30 - 38% ($1\% \approx 20\text{mg/m}^3$). Nếu điện phân các dung dịch muối, nồng độ ion thu được sẽ còn cao hơn. Phương pháp này phức tạp, chỉ phù hợp cho điều kiện tĩnh tại, khó áp dụng rộng rãi.

4.4. Tính chọn năng suất máy phát ozon

Hiệu quả tác động của ozon lên các đối tượng xử lý trong miền công nghệ, được xem như hàng số η_{ozon} của tích số giữa nồng độ χ_{ozon} và thời gian tác động τ_{ozon}

$$\eta_{\text{ozon}} = \chi_{\text{ozon}} \cdot \tau_{\text{ozon}} \quad (3.76)$$

Như vậy, ở nồng độ ozon thấp cần thiết phải tăng thời gian tác động đủ lâu, nhưng nếu nồng độ thấp dưới ngưỡng xác định, sẽ không đạt được hiệu

quả cần thiết. Khi tính chọn máy phát ozon phải đảm bảo sao cho môi trường xử lý, bảo quản có được nồng độ công nghệ mong muốn.

Năng suất ozon cho không gian hở, tính theo công thức:

$$N_{\text{ozon}} = Q \cdot \chi \quad (3.77)$$

Trong đó: N_{ozon} - năng suất máy phát ozon, g/h;

χ - nồng độ ozon cần thiết, g/m³ hay mg/l.

Năng suất ozon cho buồng kín, tính theo công thức:

$$N_{\text{ozon}} = 0,7 \cdot V \cdot \chi / T \quad (3.78)$$

Trong đó: T - thời gian bán phân rã (thông thường trong môi trường sản xuất nông nghiệp $T < 0,4 \div 0,2$), h.

Câu hỏi

1. Đặc điểm chính của các phần tử phát nhiệt bằng kim loại và phi kim loại. Nêu phương pháp tính chọn sợi đốt và quạt gió cho máy sấy nông sản.
2. Nêu các đại lượng đặc trưng chiếu sáng cơ bản, thiết bị chiếu sáng và thiết bị khởi động, điều khiển. Trình bày các phương pháp thiết kế chiếu sáng theo hệ số sử dụng, định mức công suất, chiếu sáng điểm. Vẽ và giải thích nguyên lý làm việc một sơ đồ chiếu sáng thông dụng.
3. Nêu công dụng và đặc điểm của tia bức xạ hồng ngoại. Các phương pháp tính chọn phần tử phát bức xạ hồng ngoại sấy nông sản, sưởi ấm gia súc và gia cầm.
4. Nêu đặc điểm của các phương pháp mới trong gia công xử lý và bảo quản hạt, nông sản. Vẽ sơ đồ và giải thích nguyên lý làm việc của thiết bị công nghệ làm sạch và phân loại hạt nông sản, xử lý hạt giống cây trồng bằng điện từ trường và ứng dụng ozon xử lý bảo quản lương thực, thực phẩm và hạt giống.

Chương 4

CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

I. CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG VÀ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

1. Các chỉ tiêu chất lượng điện năng

Sử dụng điện năng trong sản xuất nông nghiệp góp phần nâng cao năng suất chất lượng sản phẩm, giải phóng sức lao động con người. Tuy nhiên, chỉ đạt được các hiệu quả trên khi điện áp cung cấp có chất lượng tốt (đảm bảo định mức).

Chất lượng điện áp thấp (dưới định mức) làm giảm chỉ tiêu công nghệ kỹ thuật của quá trình và trang thiết bị điện, giảm hiệu quả sản xuất và thậm chí dẫn đến sự cố và thua lỗ. Trong quá trình thiết kế, lắp đặt và vận hành khai thác lưới cung cấp điện phải đặc biệt quan tâm giải quyết vấn đề này.

Đối với lưới điện 3 pha, các chỉ tiêu chất lượng bao gồm:

1) Sự tăng giảm và giới hạn dao động của tần số, điện áp;

2) Hệ số không đối xứng, không cân bằng điện áp và hệ số không sin (méo dạng điện áp).

Đối với lưới điện một pha cũng phải quan tâm xem xét các chỉ số trên, ngoại trừ các hệ số đối xứng và không cân bằng điện áp.

1.1. Tần số điện áp lưới

Được xác định bởi số cặp cực và số vòng quay của máy phát điện đồng bộ. Độ sai lệch điện áp là hiệu giữa hai tần số thực tế (giá trị trung bình) đo được trong khoảng 10 phút so với tần số định mức $f_H = 50\text{Hz}$ của lưới điện.

$\Delta f = f - f_{dm}$, không được lớn hơn $\pm 0,1\text{Hz}$ (Cho phép làm việc tạm thời trong khoảng $\pm 0,2\text{Hz}$)

Đối với máy phát điện độc lập, công suất đến 1000kW , cho phép $\Delta f = \pm 0,5\text{Hz}$, còn các máy phát công suất đến 250kW , cho phép $\Delta f = \pm 2\text{Hz}$.

Nếu dao động tần số diễn ra nhanh (tốc độ $0,2\text{Hz/s}$ hay nhanh hơn) biên độ dao động lớn nhất cho phép:

$\delta f = f_{\max} - f_{\min}$, không được lớn hơn $\pm 0,2\text{Hz}$.

1.2. Điện áp lưới điện

Dao động do thay đổi phụ tải, sụt áp trên đường dây và máy biến áp lực. Dao động điện áp chậm, đặc trưng bởi sai lệch điện áp ΔU là hiệu giữa giá trị hiệu dụng điện áp đo được thực tế so với điện áp danh định U_{dm} (bảng 4.1):

$$\Delta U = U - U_{\text{dm}}$$

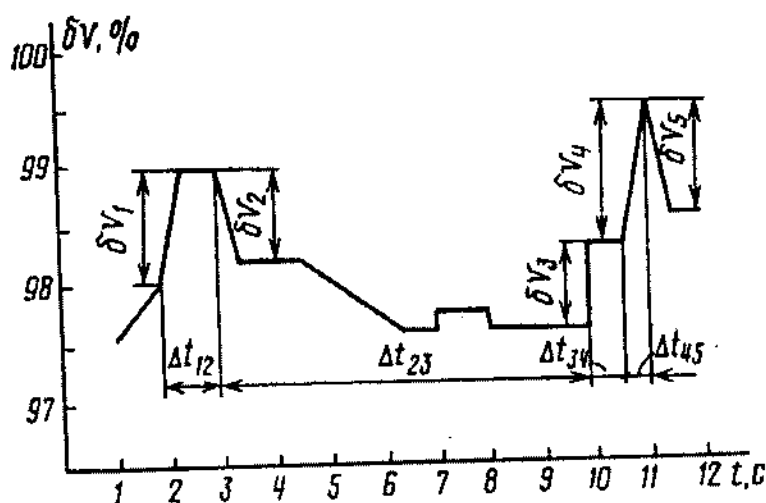
Sai lệch tương đối tính theo biểu thức:

$$\Delta U = \frac{U - U_{\text{dm}}}{U_{\text{dm}}} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

Bảng 4.1- Giới hạn sai lệch điện áp cho phép ở các nước tiên tiến

Loại thiết bị điện/chế độ làm việc		Sai lệch cho phép, %
Khi làm việc	Các thiết bị chiếu sáng	-2,5 ÷ 5
	Động cơ điện và thiết bị điều khiển	- 5 ÷ 10
	Phụ tải khác trong trại chăn nuôi gia súc, gia cầm hoặc sau sự cố	-5 ÷ 5
Khi khởi động động cơ	Động cơ điện khi khởi động	-7,5 ÷ 10
	Các thiết bị khác	-7,5 ÷ 7,5

Sau sự cố, trong thời gian sửa chữa bảo dưỡng định kỳ (trong ngày), cho phép điện áp sụt thấp hơn các giới hạn trên 5% (hình 4.1).



Hình 4.1 - Biểu đồ đánh giá dao động điện áp

Biên độ dao động điện áp:

$$\delta U = U_{\max} - U_{\min}$$

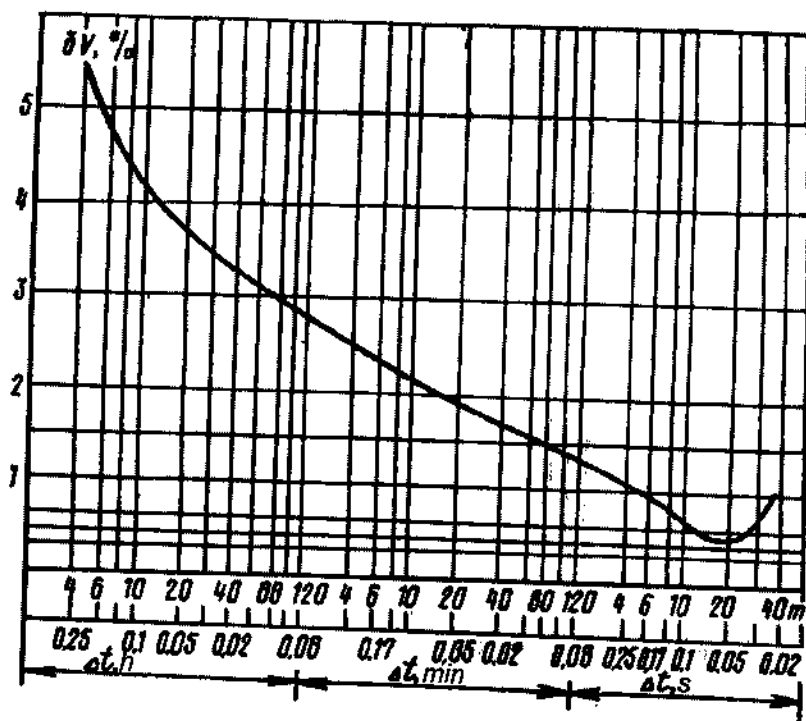
$$\text{Hay } \delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\text{dm}}} \cdot 100\% \quad (4.2)$$

Tùy theo tốc độ dao động điện áp nhanh chậm (tốc độ lớn hơn 1%/s hay chậm hơn), sử dụng chỉ số tần suất biến đổi trong thời gian $\Delta t = 1\text{s}$, 1min hay 1h (hình 4.2). Chỉ số tần suất F , tính theo công thức sau:

$$F = m/T$$

Trong đó: m - Số lần dao động điện áp có tốc độ lớn hơn 1%/s trong khoảng thời gian T ;

T - Thời gian quan sát, s (hay min hoặc h).



Hình 4.2 - Biên độ dao động điện áp cho phép phụ thuộc tần số hoặc khoảng thời gian giữa các biến thiên điện áp

Đối với nguồn cung cấp công suất nhỏ, sụt áp trong quá trình khởi động động cơ (ví dụ: máy xay nghiền) có thể tới 30% và sụt hơn. Sụt áp cho phép đối với các động cơ điện, làm việc khi khởi động động cơ tiếp theo trong cùng mạng lưới cung cấp, không được vượt quá 20% so với điện áp định mức.

Trong lưới điện nông nghiệp sử dụng nhiều động cơ điện 1 pha, do vậy luôn gây nên điện áp lệch giữa các pha và hiện tượng không đối xứng “thứ tự không” và “thứ tự nghịch”.

1.3. Hệ số đối xứng và hệ số cân bằng

Trong lưới cung cấp điện 3 pha lý tưởng (không có hài bậc cao) khi bị mất đối xứng giá trị hiệu dụng điện áp pha A xác định theo biểu thức:

$$U_A = U_1 + U_2 + U_0 \quad (4.3)$$

Trong đó: U_1 , U_2 và U_0 là điện áp pha các thứ tự thuận, nghịch và không tương ứng.

$$U_1 = 1/3(U_A + a U_B + a^2 U_0)$$

$$U_2 = 1/3(U_A + a^2 U_B + a U_0)$$

$$U_0 = 1/3(U_A + U_B + U_0)$$

$$\text{Trong đó: } a = e^{j2/3\pi} = -\frac{1}{2} + j\sqrt{\frac{3}{2}}$$

Độ không đối xứng của hệ điện áp ba pha đặc trưng bởi hệ số không đối xứng ε_2 và hệ số không cân bằng điện áp ε_0 .

Hệ số không đối xứng ε_2 là tỷ số điện áp thứ tự ngược tần số cơ bản, xác định bằng biểu thức triển khai các thành phần hệ điện áp dây so với điện áp dây định mức.

$$\varepsilon_2 \% = \frac{U_2}{U_{dm}} 100 \quad (4.4)$$

Hệ số không cân bằng (không đồng đều) là tỷ số giữa điện áp tần số cơ bản thứ tự không với điện áp pha định mức

$$\varepsilon_0 = U_\phi / U_{\phi dm} \quad (4.5)$$

Đối với các thiết bị điện làm việc chế độ dài hạn hệ số không đối xứng cho phép không lớn hơn 2%.

1.4. Hệ số hình dáng (độ không sin)

Trong mạng điện có một số phụ tải có đặc tính vôn-ampe phi tuyến, gây méo dạng điện áp bởi các thành phần hài bậc cao. Giá trị hiệu dụng điện áp không sin được xác định theo biểu thức:

$$U = \sqrt{\sum_{v=1}^{\infty} U_v^2} \quad (4.6)$$

Trong đó: U_v - trị hiệu dụng điện áp hài thứ v.

Bậc hài cao thể hiện mức độ phi tuyến cao. Trong thực tế thường tính toán đến hài bậc thứ 13. Khi đó công thức gần đúng là:

$$U \approx U_1 + 0,005 \sum_{v=2}^{13} U_v^2 \quad (4.7)$$

Hệ số không sin tính theo công thức:

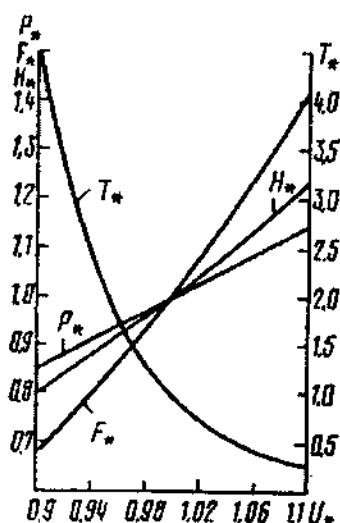
$$K_{k, \sin} = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{\infty} U_v^2}}{U_1} \cdot 100\% \quad (4.8)$$

Điện áp không sin tác động xấu lên chế độ làm việc của các thiết bị điện, đặc biệt là đối với động cơ điện, ống phóng điện tử trong môi trường chất khí, tụ bù... Giới hạn hệ số không sin không được vượt 5%.

2. Ảnh hưởng của phụ tải điện lên chất lượng điện năng

Chất lượng năng lượng điện không được đảm bảo, dẫn đến chế độ làm việc của phụ tải điện bất bình thường. Các chỉ tiêu chất lượng khác nhau tác động lên phụ tải điện ở các mức độ cũng khác nhau.

Tăng tần số điện áp lưới làm giảm dòng điện tiêu thụ, giảm mômen cực đại và làm động cơ nóng hơn, trong khi giảm tần số trong khoảng cho phép (phần trăm so với định mức), mặc dù làm giảm vận tốc quay nhưng không ảnh hưởng đáng kể đến chế độ làm việc của động cơ và các phụ tải khác.



Hình 4.3 - Mối quan hệ giữa công suất P^* , quang thông F^* , độ phát sáng H^* và tuổi thọ T^* của đèn sợi đốt với điện áp cung cấp (giá trị tương đối)

Đối với thiết bị điện nông nghiệp ảnh hưởng lớn nhất là “dao động” điện áp, nhất là đối với thiết bị chiếu sáng. Trong hình 4.3 cho mức độ tác động của điện áp lên công suất tiêu thụ P, quang thông F, độ phát sáng (độ rọi) H và tuổi thọ T. Trong khoảng $\Delta U = \pm 10\%$ có thể áp dụng các công thức sau:

$$P^* = \frac{P}{P_H} = \left(\frac{U}{U_H} \right)^{1,53} \quad (4.9)$$

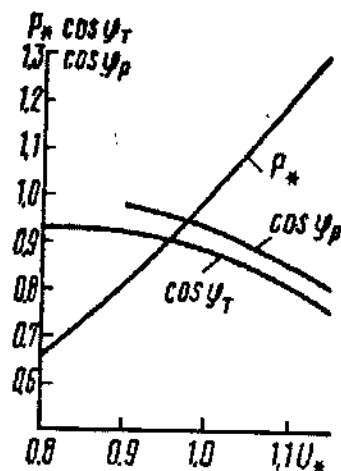
$$F^* = \frac{F}{F_H} = \left(\frac{U}{U_H} \right)^{3,67} \quad (4.10)$$

$$H^* = \frac{H}{H_H} = \left(\frac{U}{U_H} \right)^{2,14} \quad (4.11)$$

$$T^* = \frac{T}{T_H} = \left(\frac{U}{U_H} \right)^{-14,8} \quad (4.12)$$

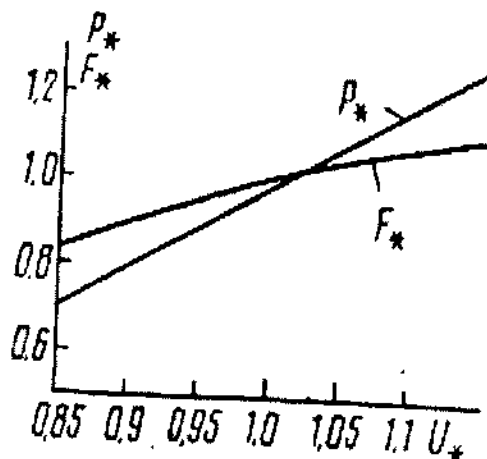
Khi điện áp giảm, làm giảm đáng kể (đến 30%) lượng quang thông nhưng tuổi thọ đèn tăng nhanh đến 1,5 lần. Ngược lại khi tăng điện áp, tăng lượng quang thông nhanh đến 1,4 lần và tuổi thọ giảm đến hơn 50%. Tóm lại, điện áp cao hơn hoặc thấp hơn (quá mức cho phép) làm ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của công nhân và gây lãng phí vật tư, tiền của...

Chất lượng điện áp gây ảnh hưởng đáng kể đến chế độ làm việc của tivi. Điện áp thấp làm giảm chất lượng hình ảnh, còn khi tăng cao làm giảm tuổi thọ (vì tăng nhiệt độ sợi đốt ống hình 3%, tuổi thọ giảm 2 lần). Thông thường dải điện áp làm việc cho phép của tivi được các nhà chế tạo xác định và công bố trong Catalog. Đối với các máy tivi hiện đại, được ổn áp và bảo vệ tốt nên hiện tượng này đã được cải thiện. Trên hình 4.4 cho quan hệ giữa công suất tiêu thụ của tivi, radio và hệ số cosφ với điện áp.



Hình 4.4 - Quan hệ giữa công suất tiêu thụ và hệ số $\cos \varphi$ với điện áp cung cấp tivi, radio

Tương tự, ảnh hưởng của điện áp lên chế độ làm việc của đèn huỳnh quang cho ở hình 4.5.



Hình 4.5 - Quan hệ giữa quang thông đèn huỳnh quang với điện áp cung cấp

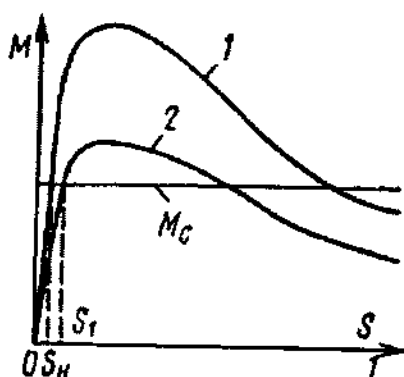
Điện áp thấp làm đèn huỳnh quang khó khởi động. Điện áp cao và thấp hơn điện áp danh định đều làm giảm tuổi thọ của đèn. Trong khoảng $\Delta U = \pm 10\%$ tuổi thọ giảm $20 \div 25\%$.

Đèn huỳnh quang tiêu thụ công suất phản kháng, do vậy công suất phản kháng tăng nhanh khi điện áp tăng.

Điện áp giảm làm tăng thời gian làm việc của thiết bị đốt nóng bằng điện (Kaloripher), còn khi điện áp tăng lại làm giảm tuổi thọ của chúng nhiệt. Công suất tiêu thụ của thiết bị đốt nóng tỷ lệ với bình phương điện áp cung cấp.

Ảnh hưởng lớn nhất của điện áp cung cấp lên chế độ làm việc của động cơ điện, là thay đổi đặc tính cơ, phụ thuộc vào mômen M và tần số quay hay độ trượt S (hình 4.6).

Mômen quay của động cơ tỷ lệ thuận với bình phương điện áp cung cấp. Do vậy khi giảm điện áp, làm giảm mômen và ở mức độ ít hơn dẫn đến giảm tần số quay. Điện áp thấp, động cơ điện sẽ khó khởi động và mômen khởi động nhỏ trong khi máy nông nghiệp thường có mômen khởi động khá cao.



Hình 4.6 - Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ ở chế độ:

1) Điện áp danh định; 2) Điện áp thấp hơn danh định.

Trong khoảng $\Delta U = \pm 10\%$ công suất hiệu dụng trực động cơ có thể xem như không đổi, song tổn thất công suất hiệu dụng có thể tăng giảm đáng kể (tùy thuộc kiểu loại động cơ, hệ số tải và giá trị điện áp). Trung bình ở điện áp cao hơn $+10\%$ tổn hao trong động cơ đủ tải giảm 1% ; điện áp thấp hơn 10% ($\Delta U = -10\%$) tổn hao tăng 2% khi đủ tải và 1% khi tải 50% .

Trong hình 4.7 cho đường cong thể hiện mối liên quan giữa tổn thất điện năng do điện áp.

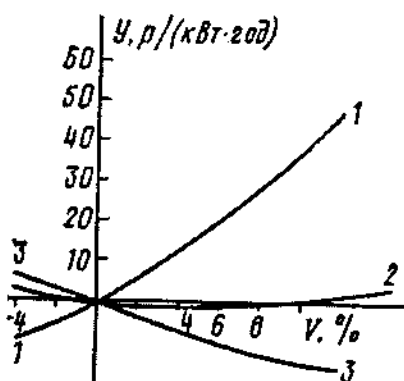
Công suất phản kháng phụ thuộc vào dấu sai lệch điện áp, kiểu động cơ và mức độ tải. Có thể xem khi đủ tải động cơ làm việc ở $\Delta U = +10\%$ dòng qua động cơ hầu như không đổi, còn khi $\Delta U = -10\%$ dòng điện tăng 10% - nguy hiểm theo điều kiện phát nóng.

Nếu động cơ làm việc dài hạn ở điều kiện sụt áp, tuổi thọ cách điện của động cơ giảm đáng kể:

$$T = \frac{T_H}{R} \quad (4.13)$$

Trong đó: T - Tuổi thọ của động cơ;

R - Hệ số phụ thuộc dấu ΔU và hệ số tải động cơ k_L . (Nếu: $-0,2 \leq \Delta U < 0$ thì $R = (47\Delta U^2 - 7,55\Delta U + 1)k_L^2$ và nếu: $0 < \Delta U \leq 0,2$ thì $R = k_L^2$)



Hình 4.7 - Quan hệ giữa tổn thất điện năng và điện áp cung cấp

Làm việc trong lưới điện cung cấp không đối xứng và không sin, động cơ phát nóng và phát rung nhiều hơn, dẫn đến giảm tuổi thọ.

Các thiết bị chiếu xạ tia tử ngoại không khởi động được khi điện áp giảm tới $\Delta U = -10\%$, còn khi điện áp tăng 10% - tuổi thọ giảm nhanh. Hiện tượng này cũng đúng cho các thiết bị chiếu sáng khác và chiếu xạ hồng ngoại.

Chế độ khởi động động cơ nặng nhọc trong sản xuất nông nghiệp thường làm cho điều kiện khởi động nhóm động cơ khó khăn và làm giảm độ ổn định và tin cậy của hệ thống (gây nhiễu loạn cho các thiết bị điều khiển, bảo vệ điện từ, tivi, radio...).

II. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG ĐIỆN NĂNG

Muốn giảm tổn thất điện năng phải giảm tổn thất công suất tác dụng:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \quad (4.14)$$

Các giải pháp đều nhằm hướng vào tác động lên các đại lượng P, Q, R, U để qua đó dẫn tới giảm ΔP .

1. Duy trì điện áp định mức và cải thiện hệ số công suất ($\cos\phi$)

Trong vận hành, thường sử dụng đầu phân áp của máy biến áp để nâng cao điện áp vận hành đường dây ở mức cao nhất có thể nhằm giảm tổn thất điện năng, vì tổn thất điện năng ΔP tỉ lệ với bình phương trị số điện áp.

Ví dụ: Đường dây AC-50 dài 5 km cấp điện cho xí nghiệp có phụ tải 1000 kVA, nếu điện áp vận hành là 10 kV thì tổn thất công suất đã tính được:

$$\Delta P_{10} = \frac{1000^2}{10^2} 3,2 \cdot 10^{-3} = 32 \text{ kW}$$

Nếu nâng điện áp vận hành lên 11 kV thì tổn thất công suất là:

$$\Delta P_{11} = \frac{1000^2}{11^2} 3,2 \cdot 10^{-3} = 26,44 \text{ kW}$$

Với $T = 3411$ h số tổn thất điện năng tiết kiệm được là :

$$5,56 \times 3411 = 18965 \text{ kWh}$$

Và như vậy với $c = 10^3$ đ/kW sẽ tiết kiệm được khoản tiền :

$$10^3 \times 18965 = 18.965.000 \text{ đ}$$

Cần lưu ý rằng, không thể tùy tiện nâng cao điện áp vận hành lưới điện. Nếu đầu đường dây trung áp cấp điện cho động cơ cỡ lớn (ví dụ trạm bơm) sử dụng điện áp 6 hoặc 10 kV, chỉ được nâng điện áp cao hơn U_{dm} tới 5% (nhằm đảm bảo cho độ lệch điện áp tại cực động cơ không vượt quá 5% U_{dm}). Nếu không có động cơ dùng điện áp trung áp đầu vào đường dây thì có thể nâng điện áp vận hành lên 110% U_{dm} . Với các đường dây làm việc quá tải nhiều, tải điện xa thì phải cải tạo nâng cấp điện áp, ví dụ từ 6 kV lên 10 kV; từ 10 kV lên 22 kV...

2. Cắt giảm đỉnh phụ tải

Bao gồm các giải pháp giảm thiểu công suất tác dụng P (trong tính toán thiết kế), giảm công suất cực đại của phụ tải, là trị số đỉnh của đồ thị phụ tải (trong vận hành). Để cắt giảm P thường dùng các giải pháp sau:

1. Dùng dây chuyển công nghệ hiện đại, chi phí ít điện năng hơn để sản xuất 1 đơn vị sản phẩm.

2. Sử dụng các thiết bị điện thế hệ mới, hiệu suất cao, tiêu tốn ít công suất hơn.

- Trong công nghiệp, sử dụng các động cơ thế hệ mới, hiệu suất cao.

- Trong sinh hoạt, sử dụng các bóng đèn tuýp hiệu suất cao 32W thay cho các bóng đèn tuýp 40W ...

Ví dụ: Một cơ quan dùng 1000 bóng đèn tuýp 40W, nếu được thay thế bằng các bóng 32W, một năm sẽ tiết kiệm được 1 lượng điện năng là :

$$A = (1000 \times 40 - 1000 \times 32) 10^{-3} \times 4500 = 36.000 \text{ kWh}$$

Trong đó, nhận $T_{\max} = 4500 \text{ h}$

Số tiền tiết kiệm 1 năm, nếu lấy giá điện $c = 10^{-3} \text{ đ/kWh}$

$$36.000 \times 10^{-3} = 36.000.000 \text{ đ}$$

Số tiền tiết kiệm này đủ để trang bị 1000 bóng đèn 32 W.

3. Tiết kiệm điện bằng cách cắt bớt đèn không cần thiết...

4. Giảm tải giờ cao điểm bằng cách khuyến khích các xí nghiệp làm ca ba...

3. Bù công suất phản kháng

Trong sản xuất nông nghiệp dễ chấp nhận nhất là biện pháp sử dụng tụ điện tĩnh để bù công suất phản kháng. Tụ điện tĩnh có hệ số tổn hao thấp ($0,3 \div 1\%$), không ồn, bền, đơn giản và dễ sử dụng.

Tùy thuộc cách bố trí, bù công suất phản kháng phân làm 3 kiểu như bù cá biệt, bù nhóm và bù trung tâm:

- “Bù cá biệt”: Tụ điện được bố trí ngay gần phụ tải điện, trao đổi điện vô công diễn ra ngay giữa thiết bị điện với tụ điện và toàn bộ lưới điện xa tải do truyền công suất vô công, bằng công suất của tụ điện. Do tổn hao cao và hệ số sử dụng tụ điện thấp, biện pháp này ít được sử dụng.

- “Bù nhóm”: Tụ điện được nối vào thanh phân phối trong gian sản xuất hay trong nhà xưởng, khi đó công suất phản kháng được truyền từ lưới về tụ điện. Bù nhóm được sử dụng rộng rãi trong lưới điện 220V/380V.

- “Bù trung tâm”: Tụ điện nối tới thanh cái của trạm điện, thường là ở phía cao áp. Khi đó năng lượng vô công truyền từ lưới, cung cấp cho máy biến áp của trạm, qua thanh cái nối với tụ điện.

Đấu nhóm tụ điện song song với lưới. Thường đấu tụ điện theo sơ đồ tam giác, sao cho tụ điện có cùng điện dung nhận được 3 lần công suất lớn hơn so với đấu hình sao.

Công suất tụ điện tỷ lệ với bình phương điện áp theo công thức:

$$Q_C = 3U_C^2 \omega C \cdot 10^{-3} \quad (4.15)$$

Trong đó: Q_C - tổng công suất các tụ điện trong cả ba pha, kVar;

U_C - điện áp trên cực tụ điện, V;

ω - tần số lưới cung cấp, rad;

C - tổng điện dung các tụ điện, μF ;

Ở tần số $f = 50\text{Hz}$, công thức tính công suất tụ điện Q_c , kVar có dạng sau:

$$Q_c = 0,942 U_c^2 \cdot C \quad (4.16)$$

Khi đấu tam giác các tụ: $U_c = U_d$;

Khi đấu hình sao: $U_c = U/\sqrt{3}$ với U_d - Ký hiệu điện áp dây.

Công suất dây tụ điện cần thiết để tăng hệ số công suất từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi_2$ xác định theo công thức:

$$Q_c = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad (4.17)$$

Trong đó: P - Công suất hiệu dụng của thiết bị điện, kW;

φ_1, φ_2 - Góc lệch pha trước và sau khi đấu tụ điện, độ.

Khi lựa chọn phương án nên xem xét tính toán so sánh hiệu quả kinh tế kỹ thuật. Trong bảng 4.2 và 4.3 cho một số thiết bị bù công suất phản kháng của Nga.

Bảng 4.2- Thông số kỹ thuật của tụ điện dùng nâng cao hệ số công suất

Tên/ký mã hiệu tụ điện	Điện áp danh định, V	Điện dung, μF	Công suất danh định, kVar
KMII-0,38 (ba pha)	380	554,0	25,1
KM-0,38 (ba pha)	380	220,0	10,0
KM2-0,38 (ba pha)	380	552,0	25,0
KC-0,38 (ba pha)	380	330,0	15,0
KMI-0,38	380	311,1	14,11
KMI-6,3	6300	1,01	12,6
KMI-10,5	10500	0,394	13,65
KMII-6,3	6300	2,26	28,1
KM-10,5	10500	0,29	10,0
KM2-10,5	10500	0,635	22,0
KMII-10,5	10500	0,792	27,4

Bảng 4.3 - Thông số kỹ thuật của tổ hợp tụ điện

Tên, ký mã hiệu thiết bị	Điện áp làm việc, V	Công suất, kVar	Tên, ký mã hiệu tụ điện sử dụng	Số lượng tụ điện
Thiết bị trong nhà				
KKY-0,38-I	0,38	80	KMI-0,38	6

KKY-0,38-III	0,38	160	KMI-0,38	12
KKY-0,38-V	0,38	280	KMI-0,38	21
KY-6-1	6,0	255	KMII-6,3	9
KY-10-1	10,0	240	KMII-10,5	9
KY-10-2	10,0	400	KMII-10,5	15
KY-10-4	10,0	640	KMII-10,5	24
Thiết bị ngoại trời				
KYH-6	6,0	420	KMHII-6,3	15
KYH-10	10,0	400	KMHII-10,5	15

4. Giảm điện trở dây dẫn

Để giảm điện trở đường dây người ta dùng các giải pháp sau:

- Dùng dây cáp đồng thay cho cáp nhôm.
- Chọn tiết diện dây theo mật độ dòng điện kinh tế J_k (tiết diện dây lớn hơn, điện trở nhỏ hơn so với các phương pháp khác). Tăng tiết diện dây hoặc xây dựng đường dây lộ kép...

5. Các biện pháp tổ chức và biện pháp kỹ thuật khác

Mạng hạ áp 380/220V trực tiếp cung cấp tới các phụ tải động lực và chiếu sáng, có nhiều đòi hỏi khắt khe. Để vận hành tối ưu mạng lưới điện, có thể sử dụng các giải pháp khác nhau để làm giảm thiểu tổn thất điện năng như: đặt trạm đúng trọng tâm phụ tải, lựa chọn đúng dung lượng biến áp và sơ đồ mạng cung cấp điện thích hợp...

Mạng điện phải được thiết kế rõ ràng, có khả năng và điều kiện vận hành linh hoạt, đảm bảo không gây nhầm lẫn và sự cố.

Ngoài các biện pháp đã nêu trên các thiết bị bảo vệ (aptomat, cầu chì, role nhiệt...) phải được đặt đúng chỗ, các tham số đóng cắt phải được chỉnh đúng, phù hợp với phụ tải thực tế. Các thiết bị bảo vệ phải đảm bảo nhanh chóng loại trừ bộ phận bị sự cố ra khỏi mạng điện, tránh hiện tượng sự cố lan truyền gây ra hư hỏng nặng, trầm trọng...

Thiết bị đo đếm các thông số của điện năng như: I, U, P, Q, $\cos\varphi$ cần được bố trí ở những nơi thích hợp tiện theo dõi chất lượng và quản lý việc sử dụng điện năng.

Một trong những vấn đề quan trọng của việc vận hành mạng điện là nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$. Như đã biết, phụ tải của mạng điện nông thôn khá đa dạng, có phụ tải chỉ tiêu thụ công suất tác dụng P như: bóng điện sợi đốt, lò

điện trở... có phụ tải tiêu thụ cả công suất tác dụng và công suất phản kháng như các động cơ, máy biến áp...

Hệ số công suất $\cos\varphi$ nói lên tỷ lệ giữa công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q . Đại lượng $\tan\varphi = Q/P$ là chỉ tiêu đánh giá mức độ sử dụng điện năng hợp lý.

Ở các nước tiên tiến, hệ số công suất của mạng điện xí nghiệp có thể đạt tới $\cos\varphi = 0,9 \div 0,95$. Ở nước ta hệ số công suất còn rất thấp $\cos\varphi = 0,5 \div 0,8$. Để nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$, phải tìm cách giảm lượng Q tiêu thụ khi giữ P không đổi. Sau đây là một số biện pháp tích cực để cải thiện hệ số công suất của mạng lưới điện cung cấp:

- Cải tiến quy trình công nghệ để giảm lượng điện năng tiêu thụ, giảm tình trạng các động cơ, các máy biến áp làm việc non tải;

- Vận hành hợp lý, san đều phụ tải trong ngày để tránh tình trạng quá tải cũng như non tải;

- Đặt thiết bị bù công suất phản kháng Q . Sau khi đã áp dụng triệt để 2 biện pháp nêu trên mà $\cos\varphi$ vẫn chưa đạt tới giá trị mong muốn (ví dụ, vẫn còn thấp: $\cos\varphi < 0,9$), đặt các thiết bị bù tụ điện. Tụ điện bù có thể được đặt ở mạng cao áp 20kV hoặc mạng hạ áp 380/220V.

Công suất phản kháng Q của tụ bù trực tiếp cung cấp cho phụ tải, có ưu điểm giảm được lượng Q truyền tải từ nguồn xa tới, cải thiện đáng kể hệ số $\cos\varphi$ của mạng điện xí nghiệp.

Ngoài việc cải thiện hệ số công suất $\cos\varphi$, thiết bị bù còn có tác dụng nâng cao điện áp của mạng. Thông thường, người ta đặt các thiết bị tự động điều chỉnh dung lượng bù phù hợp với sự biến đổi của phụ tải để vừa nâng cao hệ số $\cos\varphi$ vừa ổn định điện áp của mạng điện. Việc quyết định đặt thiết bị bù ở phía cao áp hay hạ áp đặt tập trung hay phân tán phải căn cứ vào tình hình cụ thể thông qua tính toán kinh tế, kỹ thuật. Nhìn chung lắp đặt tụ điện để bù công suất phản kháng là biện pháp rất hữu ích tất cả các xí nghiệp đều nên dùng.

Nâng cao hệ số công suất ($\cos\varphi$) của thiết bị sử dụng điện trong sản xuất nông nghiệp có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Hệ số công suất thấp là nguyên nhân làm tăng chi phí kim loại của mạng lưới cung cấp điện, tăng tổn hao năng lượng, giảm hiệu suất sử dụng của máy động lực sơ cấp, máy phát điện và máy biến thế trạm cung cấp điện.

Hệ số công suất của lưới điện nông thôn khá thấp, do sử dụng nhiều động cơ công suất nhỏ, hệ số tải thấp và chất lượng sửa chữa duy tu thấp, máy biến thế làm việc non tải, sử dụng nhiều đèn neon... Ngoài ra, xu thế giảm $\cos\varphi$ do tăng số lượng các hộ dùng điện ở nông thôn cũng phải được tính đến.

Mục tiêu chất lượng điện năng đòi hỏi hệ số $\cos\varphi$ phải không thấp hơn $0,92 \div 0,95$.

Nâng cao hệ số $\cos\varphi$, có thể thực hiện bằng biện pháp tự nhiên (không cần sử dụng thiết bị đặc biệt) và nhân tạo (nếu sử dụng thiết bị đặc biệt) như sau:

Biện pháp tự nhiên:

1 - Chọn động cơ có công suất danh định gần công suất máy công tác, để máy điện làm việc đủ tải, tránh kéo dài thời gian không tải.

2 - Sử dụng động cơ có hệ số $\cos\varphi$ cao (tần số quay danh định cao, sử dụng bi cầu).

3 - Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ điện và máy biến áp (tăng khe hở không khí cuộn rotor hay giảm số vòng dây cuộn stator đều làm giảm $\cos\varphi$).

4 - Khi động cơ tải 50% công suất danh định nên chuyển cuộn dây từ tam giác sang đấu sao (khi điện áp dây của lưới cung cấp bằng điện áp pha danh định của động cơ).

5 - Sử dụng máy biến áp lực những năm đầu có công suất nhỏ hơn công suất cực đại các hộ tiêu thụ điện, nếu công suất tiêu thụ được tính cho quy hoạch phát triển sau 5 ÷ 7 năm.

6 - Loại bỏ bớt một máy biến thế làm việc song song khi phụ tải giảm đáng kể trong mạng điện.

Nếu tất cả các biện pháp trên đều không cho hiệu quả cần thiết, phải sử dụng các thiết bị đặc biệt bù công suất phản kháng để cải thiện $\cos\varphi$.

Câu hỏi

1. Hãy nêu các chỉ tiêu chất lượng điện năng và các yếu tố ảnh hưởng, phân tích ảnh hưởng của phụ tải điện lên chất lượng điện năng.
2. So sánh đặc điểm và khả năng ứng dụng các biện pháp nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng trong lưới điện nông nghiệp
3. Nêu đặc điểm và khả năng ứng dụng của các phương pháp duy trì điện áp định mức và cải thiện hệ số công suất, cắt giảm đỉnh phụ tải, bù công suất phản kháng, giảm trở dây dẫn và các biện pháp kỹ thuật khác, các biện pháp tổ chức trong lưới điện nông nghiệp.

Chương 5

BIỆN PHÁP AN TOÀN ĐIỆN TRONG LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP

I. NỐI ĐẤT AN TOÀN

1. Khái quát chung

Để bảo vệ an toàn cho người vận hành các thiết bị điện đến và trên 1000V, phải thực hiện nối đất tất cả các phần không dẫn điện trong thiết bị điện.

Điện trở tiếp xúc của thiết bị nối đất thay đổi khá nhiều theo thời gian trong năm, phụ thuộc trước tiên vào điện trở suất của đất nơi đặt thiết bị tiếp đất, số lượng và độ sâu của các điện cực (cọc) tiếp đất. Các điện cực tiếp đất dạng ống và thép góc có điện trở tiếp xúc ổn định được chôn sâu khoảng $2.5 \div 3\text{m}$ trong lòng đất. Mùa khô ráo điện trở tiếp đất lớn nhất còn về mùa xuân - nhỏ nhất (vì đất luôn ẩm).

2. Điện trở suất của đất

Tính chất và trạng thái của đất đặc trưng bằng điện trở suất. Trong trường hợp không có thiết bị đo, có thể sử dụng gần đúng các số liệu cho trong bảng sau:

Bảng 5.1 - Giá trị điện trở suất trung bình của một số loại đất

Loại đất	Phù sa	Đất sét	Đất mùn	Cát ướt	Đá vôi, sỏi, cát	Granit, cát khô	Nền đá
Điện trở suất $\rho, \Omega\text{m}$	30	50	100	200	500	1000	3000

Bảng 5.2 - Điện trở suất của đất thay đổi theo độ ẩm

Hàm lượng ẩm của đất (theo khối lượng), %	Điện trở suất $\rho, \times 10^3 \Omega\text{m}$	
	Đất thịt	Đất cát
0,0	$< 10^9$	$< 10^9$
2,5	250,0	150,0

5,0	165,0	43,0
10,0	53,0	18,5
15,0	19,0	10,5
20,0	12,0	63,0
30,0	64,0	42,0

Có thể nhận giá trị $100\Omega\text{m}$ để tính toán khi không có các dữ liệu về vùng đất. Để giảm điện trở tiếp đất có thể thực hiện các biện pháp sau:

1. Chuyển cọc tiếp đất đến chỗ đất có điện trở suất bé hơn.
2. Đưa cọc tiếp đất vào sâu hơn trong lòng đất, nếu biết ở độ sâu lớn hơn điện trở suất của đất nhỏ hơn.
3. Xử lý đất xung quanh cọc tiếp đất bằng nước và các phụ gia thích hợp để giảm điện trở suất của đất.

Hàm lượng ẩm tương đối theo khối lượng của đất ảnh hưởng khá rõ rệt lên điện trở suất của đất (bảng 5.2). Điện trở suất của đất có trị số nhỏ nhất ở độ ẩm nhất định (ví dụ: đất thịt và đất cát có điện trở suất bằng 19000 và $105000\Omega\text{m}$ tương ứng tại độ ẩm 20 và 15%).

Điện trở suất của đất cũng thay đổi theo nhiệt độ và giảm đáng kể khi nhiệt độ tăng từ 15°C lên 20°C (bảng 5.3)

Bảng 5.3 - Điện trở suất của đất phụ thuộc vào nhiệt độ của đất

Nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$	20	10	0	-5	-15
Điện trở suất ρ , Ωm	$7,2 \cdot 10^3$	$9,9 \cdot 10^3$	$13,8 \cdot 10^3$	$79 \cdot 10^3$	$330 \cdot 10^3$

3. Thiết bị tiếp đất

Thiết bị tiếp đất được chia làm hai loại: Tự nhiên và nhân tạo. Thiết bị tiếp đất tự nhiên bao gồm: ống dẫn nước và các loại ống kim loại nằm trong lòng đất, tiếp xúc điện với đất; các ống thủy lực, vỏ bảo vệ kim loại cáp nằm trong đất.

Thiết bị tiếp đất nhân tạo bao gồm: Thanh cái nối với đất, tiếp với đất ít nhất ở hai vị trí khác nhau bằng điện cực nối đất. Điện cực nối đất nhân tạo thường được làm từ ống thép có đường kính 20 đến 30mm (tăng đường kính ống thép lớn hơn 30mm không cho hiệu quả rõ rệt), hoặc bằng thép góc $50 \times 50 \times 5$ hay thanh sắt tròn đặt thẳng đứng, nối với tấm dẫn đặt trong lòng đất. Để giảm thiểu sự thay đổi điện trở tiếp đất của cọc, phải chôn đầu trên của điện cực ở độ sâu 0,7m so với mặt đất.

4. Các trang thiết bị điện phải nối đất

Mọi vật kim loại của trang thiết bị điện trong tất cả các gian sản xuất và trong nhà nơi có nguy hiểm và đặc biệt nguy hiểm, cũng như các thiết bị ngoài trời đều có thể bị nhiễu điện do hồng cách điện như:

- Vỏ máy điện, máy biến thế, máy cắt, chao đèn, thiết bị chiếu sáng.
- Công tắc và thiết bị điều khiển.
- Cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng.
- Kết cấu của tủ, bảng điện.
- Phần kim loại bên trong thiết bị phân phối trong trạm biến áp và trong phòng nạp acquy, vỏ bọc kim loại của đầu nối cáp, vỏ bảo vệ cáp bằng kim loại, ống kim loại.
- Rào chắn, thanh chắn và tấm chắn bảo vệ các vật dẫn điện hoặc có điện áp và các vật kim loại có thể bị nhiễm điện.
- Cốt thép cột bê tông và cột điện bằng kim loại.

Không nhất thiết phải nối đất các thiết bị có điện áp 380V xoay chiều và 440V một chiều trong gian sản xuất có sàn khô, đảm bảo cách điện hay trong nhà ở và phòng có sưởi ấm... Tuy nhiên, điều này không áp dụng cho nơi mà người sử dụng thiết bị điện có nguy cơ chạm vào các vật nối đất bất kỳ.

Tương tự, không phải nối đất các hạng mục sau:

- Chao đèn treo trên cột gỗ qua vật cách điện.
- Trang thiết bị điện, các kết cấu thép nối đất.
- Vỏ công tơ điện, role... lắp đặt trong tủ, bảng điện hay trên tường của thiết bị phân phối điện.
- Vỏ kim loại của các phần tử điều khiển.
- Kết cấu bằng thép đỡ cáp có các điện áp khác nhau, nối đất ở hai đầu đường dẫn.
- Thanh tà vẹt đường sắt.

5. Nối đất dây trung tính

Dây dẫn nối đất phải bền nhiệt, đảm bảo dẫn dòng điện ngắn mạch thoát về đất. Không cho phép vừa nối đất vừa nối “không” (trung tính) các bộ phận của thiết bị điện thuộc cùng một mạng điện. Phải nối đất tất cả các nguồn cung cấp điện, nối đất lặp lại ở đầu cuối của lưới điện, nối đất ở đầu cuối của cuộn dây rẽ nhánh và sau mỗi kilômet đường dây trong lưới điện đến 1000V có dây trung tính nối đất trực tiếp.

Điện trở nối đất của máy phát điện và máy biến áp lực không được lớn hơn 4Ω . Ngoài trừ nối đất công tác máy phát điện và máy biến áp công suất đến 100kVA cho phép chấp nhận điện trở nối đất cao hơn, nhưng không lớn hơn 10Ω .

Dây nối đất bằng thép phải có tiết diện không nhỏ hơn giá trị cho trong bảng 5.4.

Bảng 5.4 - Kích thước dây nối đất bằng thép và cọc điện cực nối đất

Tên điện cực nối đất	Trong tòa nhà	Trong thiết bị ngoài trời	Trong đất
Dây dẫn tròn có đường kính, mm	5	6	6
Dây dẫn vuông, tiết diện, mm ²	24	48	48
Bề dày, mm	3	4	4
Thép góc có độ dày, mm	2	2,5	4
Ống dẫn khí bằng thép có bề dày thành ống, mm	2,5	2,5	3,5

Trong thiết bị có điện áp đến 1000V, phải sử dụng dây nối đất có tiết diện không nhỏ hơn giá trị cho trong bảng 5.5.

Bảng 5.5 - Tiết diện dây dẫn nối đất trong thiết bị có điện áp đến 1000V

Tên	Đồng, mm ²	Nhôm, mm ²
Dây trần, lắp hở	4	10
Dây có cách điện	1,5	2,5
Dây nối đất của cáp hay dây dẫn nhiều sợi chung vỏ với dây pha	1,0	2,5

Không cho phép dùng dây dẫn nhôm trần trong đất làm dây dẫn đất. Các mối nối dây nối đất phải thực hiện chắc chắn bằng đai ốc hay bằng mối hàn chảy.

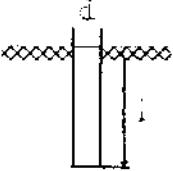
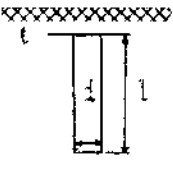
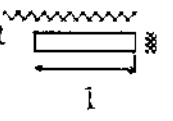
Khi bàn giao/tiếp nhận thiết bị nối đất, phải cung cấp các tài liệu sau:

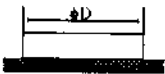
- Bản vẽ và sơ đồ thiết bị nối đất;
- Biên bản thực hiện công việc dưới lòng đất khi đặt thiết bị nối đất. Tiết diện dây thép nối đất phải lớn hơn 100mm^2 , dây nhôm - lớn hơn 35mm^2 và dây đồng - lớn hơn 25mm^2 .

6. Tính toán thiết bị nối đất

Trong bảng 5.6 cho sơ đồ cấu trúc và công thức tính điện trở tiếp đất của một số thiết bị tiếp đất thông dụng.

Bảng 5.6 - Công thức tính điện trở của thiết bị tiếp đất

Kiểu thiết bị tiếp đất	Sơ đồ bố trí	Công thức tính	Yêu cầu bổ sung
Kim loại hoặc thanh dẫn có đầu trên của điện cực nằm sát mặt đất.		$R_r = \frac{\rho}{2\pi l} \lg \frac{4l}{d}$	$l > d$
Thanh hoặc ống kim loại, chôn thẳng đứng ở độ sâu nhất định dưới mặt đất.		$R_r = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right)$	$t \gg 0,5m$
Ống thanh nằm ngang		$R_r = \frac{\rho}{2\pi l} \lg \frac{2l^2}{bt}$	$\frac{l}{2t} \geq 2,5$; b - Bề rộng của tấm kim loại, cm; Nếu chọn tiết diện tròn, đường kính d: Chọn $d = b/2$.
Tấm kim loại		$R = \frac{\rho}{8} \left(1 + \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{4t^2 + S}} \right)$	S - Diện tích bề mặt của tấm kim loại.
Thanh cuộn tròn		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \lg \frac{8\pi D^2}{bt}$	b - Bề mặt thanh kim loại, cm; Nếu tiết diện tròn đường kính d: Chọn $b = 2d$.

Tấm tròn trên mặt đất		$R = \frac{\rho}{2\pi D}$	D - Đường kính của tấm kim loại.
-----------------------	---	---------------------------	----------------------------------

Thông thường, điện trở tiếp đất của điện cực dạng thanh dưới lòng đất (ví dụ, bằng thép góc, lập là...), tỷ lệ thuận với chiều dài của điện cực (hình a, b và c trong bảng 5.6).

Trong bảng 5.7 sau đây, cho công thức tính gần đúng điện trở của một số điện cực tiếp đất đơn

Bảng 5.7 - Công thức tính gần đúng điện cực tiếp đất đơn

Kiểu thiết bị tiếp đất	Trị số tính toán, Ω
Ống tròn đường kính 50mm dài 2,5m	$0,00308.\rho$
Thép góc 50 x 50mm dài 2,5m	$0,00318.\rho$
Thép góc 60 x 60mm dài 2,5m	$0,00298.\rho$

Nếu sử dụng ống kim loại thay thép góc, đường kính tương đương của điện cực ống được tính quy đổi từ bề rộng b: $d_{eq} = 0,956b$. Ví dụ: Có thể thay thế thép góc 60 x 60 bằng ống kim loại có đường kính $d_{eq} = 0,95.60 \approx 57\text{mm}$.

Số lượng điện cực tiếp đất để đảm bảo điện trở tiếp đất cần thiết tính theo công thức:

$$n = \frac{R_0}{\eta_B R_N} \quad (5.1)$$

Trong đó: n - Số điện cực bố trí theo phương thẳng đứng;

R_0 - Điện trở tiếp đất của một điện cực, Ω ;

η_B - Hệ số sử dụng của hệ các điện cực (tra bảng 5.8);

R_N - Điện trở của thiết bị tiếp đất nhân tạo cần đạt, Ω .

Bảng 5.8 - Hệ số sử dụng của hệ thống điện cực tiếp đất

Số lượng điện cực cắm thẳng	Tỷ lệ giữa khoảng cách và chiều sâu của điện cực, số lần					
	1		2		3	
	η_{dg}	η_{ng}	η_{dg}	η_{ng}	η_{dg}	η_{ng}
4	0,74/0,69	0,77/0,45	0,83/0,78	0,89/0,55	0,88/0,85	0,92/0,70
6	0,63/0,62	0,71/0,46	0,83/0,73	0,83/0,48	0,83/0,80	0,88/0,64
10	0,59/0,55	0,62/0,34	0,75/0,69	0,75/0,40	0,84/0,76	0,82/0,56
20	0,49/0,47	0,42/0,27	0,68/0,64	0,56/0,32	0,77/0,71	0,68/0,45
30	0,43/0,43	0,31/0,24	0,65/0,60	0,56/0,30	0,75/0,68	0,58/0,41

Chú thích: Tỷ số là hệ số của điện cực, bố trí theo hàng. Mẫu số là hệ số, bố trí theo vòng khép kín.

Điện trở của n điện cực tiếp đất (nối điện chung với nhau bằng thanh dẫn) phụ thuộc vào số lượng điện cực và tỷ lệ giữa khoảng cách giữa chúng với chiều dài của điện cực đơn, tính theo biểu thức:

$$R = \frac{R_0 R_1}{n R_0 \eta_{dg} + R_{td} \eta_{ng}} \quad (5.2)$$

Trong đó: R - điện trở tiếp đất nhân tạo (của hệ thống điện cực), Ω ;

R_0, R_1 - điện trở tiếp đất của điện cực đứng đơn và của thanh nối ngang, Ω ;

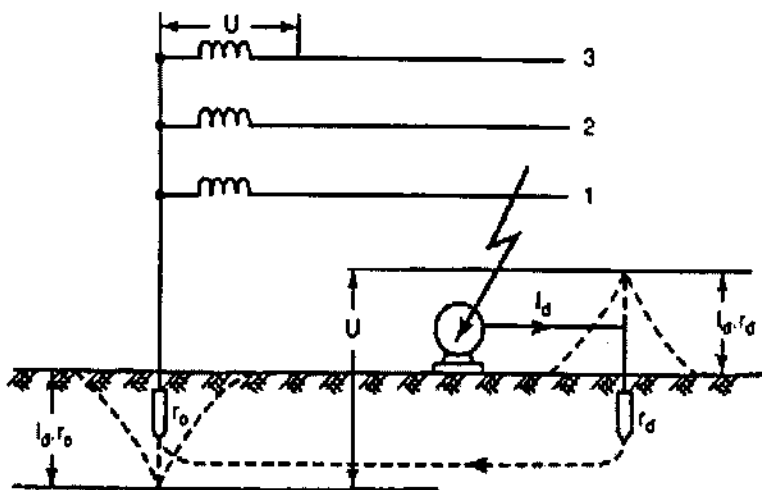
n - số điện cực đứng;

η_{dg}, η_{ng} - hệ số sử dụng theo cách bố trí đứng và ngang tương ứng (tra bảng 5.8).

7. Nối đất trung tính và nối đất an toàn

7.1. Ý nghĩa của bảo vệ nối dây trung tính

Bảo vệ nối dây trung tính là biện pháp nối các bộ phận không mang điện áp với dây trung tính, dây trung tính được nối đất ở nhiều chỗ. Cho phép sử dụng bảo vệ nối dây trung tính thay thế cho bảo vệ nối đất trong mạng điện 4 dây điện áp thấp (380/220V và 220/110V), nếu dây trung tính của các mạng này nối đất trực tiếp.



Hình 5.1- Bảo vệ nối đất cho mạng điện điện áp dưới 1000V có trung tính nối đất

Xem xét trường hợp sơ đồ bảo vệ nối đất cho mạng điện dưới 1000V (hình 5.1). Khi có sự cố đánh thủng cách điện của thiết bị bị chọc ra vỏ, sinh ra dòng điện đi vào lòng đất I_d , tính theo biểu thức gần đúng

$$I_d = \frac{U}{r_d + r_o} \quad (5.3)$$

Trong đó: U - điện áp pha của mạng điện, V ;

r_d, r_o - điện trở của thanh nối đất và điện trở nối đất làm việc, Ω .

Dòng điện I_d (đối với điện áp dưới 1000V có giá trị rất khác nhau, có thể không đủ lớn để làm đứt dây cầu chảy (cầu chì) hay làm cho mạch bảo vệ tác động, loại bỏ mạch bị sự cố, hư hỏng.

Ví dụ: Giả sử, có mạng điện 380/220V, với $r_o = r_d = 4 \Omega$ bị đánh thủng cách điện. Tính dòng điện đi qua đất:

$$I_d = \frac{220}{4 + 4} = 27,5A$$

Dòng điện trên chỉ có thể làm dây chảy của cầu chì với dòng điện định mức sau tác động:

Trước khi cầu chảy tác động (ngắt mạch), trong thời gian dòng điện duy trì, trên vỏ thiết bị có điện áp bằng:

$$U_d = I_d r_d = \frac{U \cdot r_d}{r_o + r_d} \quad (5.4)$$

Khi $r_o = r_d$, điện áp U_d có trị số bằng nửa điện áp pha, và luôn lớn hơn trong mọi trường hợp khác. Có thể giảm thiểu điện áp U_d đến điện áp an toàn ($U_d=40V$), nếu chọn đúng tỷ lệ giữa r_o và r_d bằng cách biến đổi biểu thức (5.4), có:

$$\frac{r_o}{r_d} = \frac{U - 40}{40} \quad (5.5)$$

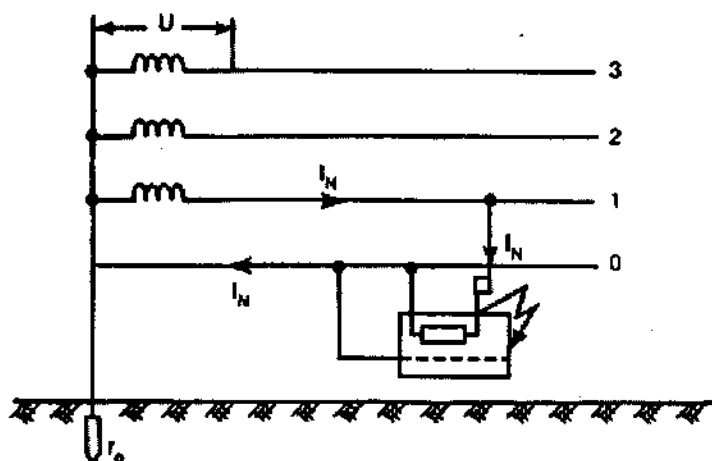
Điện áp $U_d=40V$, giáng trên vỏ thiết bị khi xảy ra sự cố chạm vỏ. Nếu đảm bảo điện trở r_d không vượt quá 4Ω đối với mạng điện áp dưới 1000V, dòng điện đi qua vỏ thiết bị vào đất khi đó có trị số lớn nhất là 10A. Điện áp này được xem là an toàn cho mọi đối tượng.

Tuy nhiên cần chú ý rằng, khi một pha xảy ra chạm vỏ thiết bị, điện áp của hai pha còn lại đối với đất có thể tăng vượt trị số cho phép, bằng:

$$U' = \sqrt{(U - 40)^2 + U^2 + (U - 40)U}$$

Trong mạng điện 380/220V, điện áp này đạt trị số 347V.

Để thiết bị bảo vệ có thể cắt nhanh mạch bị sự cố khi dòng điện I_d tăng đến giá trị ngưỡng cho phép, thuận lợi nhất là nối vỏ thiết bị với dây trung tính (hình 5.2).



Hình 5.2 - Sơ đồ dùng bảo vệ nối dây trung tính

Khi nối dây trung tính, biến sự chạm vỏ thiết bị điện thành ngắn mạch một pha để kích hoạt thiết bị bảo vệ, cắt nhanh chỗ bị hư hỏng.

7.2. Phạm vi ứng dụng bảo vệ nối dây trung tính

Bảo vệ nối dây trung tính áp dụng khá phổ biến và hiệu quả đối với mạng điện 4 dây điện áp dưới 1000V có trung tính nối đất cho mọi cơ sở sản xuất, không phụ thuộc vào môi trường xung quanh.

Trong mạng điện 4 dây điện áp 220/127V bảo vệ nối dây trung tính chỉ cần thiết trong các trường hợp sau:

1. Xưởng đặc biệt nguy hiểm về mặt an toàn.
2. Thiết bị đặt ngoài trời.

II. THIẾT BỊ CẢNH BÁO AN TOÀN ĐIỆN

1. Biển báo an toàn và dấu hiệu nhận biết

1.1. Quy định chung

Tất cả dây dẫn trong tủ điện phải có dấu hiệu nhận dạng thống nhất theo một quy tắc nhất định tại các đầu nối điện cho máy và thiết bị điện xác định.

Các dây dẫn không nối đất có cùng đặc điểm nhận dạng phải được nối vào cùng một mạch điện.

1.2. Mã màu và nhận biết

Có thể để trần dây nối đất hoặc bọc bằng vỏ cách điện xen kẽ sọc màu xanh lá cây và sọc vàng bao phủ bề mặt cách điện của dây dẫn.

Chú thích: Bề rộng dải sọc của một trong hai màu xác định có thể chiếm từ 30% đến 70% của dải rộng chung là 15mm.

Dây “đất” phải mang màu trắng hoặc xám tự nhiên. Khi các dây đất của các hệ thống khác nhau nằm trong cùng một cáp hoặc ống dẫn, chúng có thể được phân biệt bằng màu trắng với sọc màu bất kỳ khác với màu xanh lá cây theo IEC173: 1964. Nếu dùng mã màu cho dây dẫn động lực: màu đen, đỏ và xanh dương quy định dùng cho các dây không nối đất. Trong hệ thống có điện áp khác nhau phải sử dụng dây dẫn có các màu khác nhau.

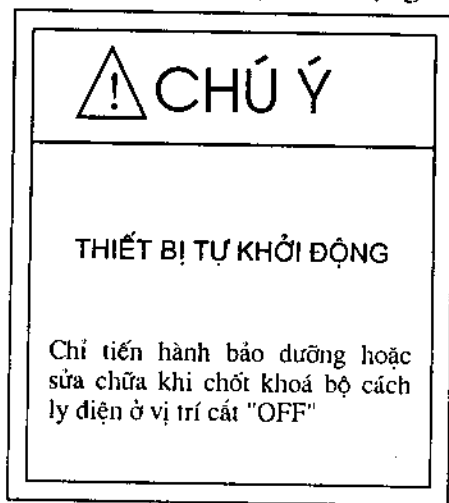
1.3. Biển báo an toàn

Biển báo an toàn phải tuân thủ theo TCVN2572 - 78 hoặc tài liệu kỹ thuật phù hợp.

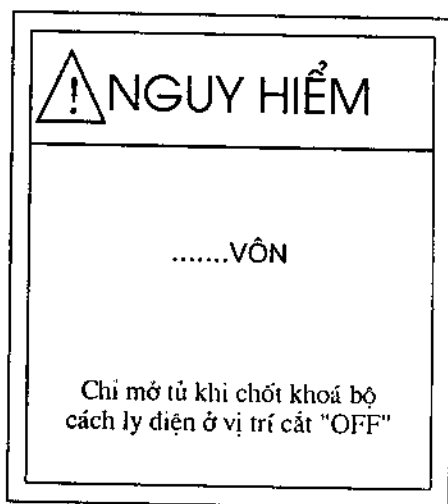
Ngôn ngữ:

Biển báo an toàn phải dùng ngôn ngữ tiếng Việt, diễn đạt súc tích và rõ ràng. Trong những trường hợp cần thiết, được phép sử dụng tiếng Anh hay ngôn ngữ thích hợp để bổ sung.

1.4. Biển báo “tự khởi động”



Hình 5.3 - Biển báo chú ý



Hình 5.4 - Biển báo nguy hiểm

Biển báo an toàn cho việc “tự khởi động” phải có hình dạng như trong hình 5.3.

Phần bên trên của biển báo phải có biểu tượng cảnh báo, tiếp theo là chữ “Chú ý” viết bằng chữ hoa màu đen trên nền da cam. Phần bên dưới cho các chữ còn lại dùng chữ hoa màu trắng trên nền đen hoặc ngược lại. Tuy nhiên, lời giải thích ở phần bên dưới biển báo có thể dùng chữ thường.

1.5. Biển báo tử điều khiển phụ

Biển báo an toàn của tử điều khiển phụ phải có hình dạng như trong hình 5.4.

Phần bên trên của biển báo này phải có biểu tượng cảnh báo, tiếp theo là chữ “Nguy hiểm” viết bằng chữ hoa màu trắng trên nền đỏ. Phần bên dưới cho các chữ còn lại phải có đơn vị đo “Vôn” viết bằng chữ hoa, đằng trước là giá trị số chỉ mức điện áp thiết kế của máy như đã ghi trên tấm nhãn máy. Các chữ còn lại cũng là chữ hoa. Trong những trường hợp nhất định, được phép biểu diễn đơn vị đo “Vôn” bằng ký hiệu “V” và sử dụng chữ thường viết lời giải thích. Lời giải thích ở phần bên dưới biển báo.

1.6. Bảng báo hiệu

Cần có các bảng báo hiệu để báo trước sự nguy hiểm cho người đến gần vật mang điện, cấm thao tác những thiết bị gây ra tai nạn chết người, để nhắc nhở, cảnh báo hoặc nghiêm cấm...

Ví dụ:

- Bảng báo trước, thường có các thông tin:

“Điện thế cao - nguy hiểm”

“Dừng lại - điện thế cao”

“Không trèo - nguy hiểm chết người”

“Không sờ vào - nguy hiểm chết người”

- Bảng cấm, thường có các thông tin:

“Không đóng điện - có người đang làm việc”

“Không đóng điện - đang làm việc trên đường dây”

- Bảng cho phép, thường có các thông tin:

“Làm việc tại chỗ này”

- Bảng nhắc nhở, thường có các thông tin:

“Nổi đất”

1.7. Kích thước biển báo và chữ

Chiều rộng của biển báo phải lớn hơn hai đến năm lần chiều cao của phần bên trên của biển báo. Phần bên dưới của biển báo phải có cùng chiều rộng như phần bên trên.

Chiều cao của phần bên dưới của biển báo không được nhỏ hơn chiều cao của phần bên trên. Chiều cao nhỏ nhất của các chữ là 13 mm ở phần bên trên và 6,4 mm ở phần bên dưới.

2. Đèn và chuông báo hiệu

Ở những nơi nguy hiểm, tầm nhìn và quan sát hạn chế cần tăng cường biện pháp cảnh báo bằng ánh sáng đèn màu hoặc chuông báo có cường độ và âm sắc âm thanh thích hợp.

III. NHỮNG PHƯƠNG TIỆN, DỤNG CỤ AN TOÀN ĐIỆN VÀ TỔ CHỨC VẬN HÀNH AN TOÀN ĐIỆN

1. Bảo vệ khỏi nguy hiểm khi tiếp xúc bất ngờ với vật dẫn điện

Để tránh bị tiếp xúc bất ngờ với những vật dẫn điện, những phần mang điện để trần hay cách điện có thể bị tiếp xúc, cần phải được che chắn kỹ hoặc rào lại. Đây là một trong những yêu cầu thiết yếu để đảm bảo an toàn điện.

Những vật dẫn điện trong nhà ở, nơi công cộng... phải được che kín tuyệt đối. Ở những nơi sản xuất, nhà máy điện (chỉ có người phục vụ được đào tạo, có chuyên môn nghiệp vụ) có thể che kín bằng lưới hoặc tấm chắn bảo vệ có lỗ. Rào hay nắp đậy cần phải có khóa hay dụng cụ mở chuyên dùng để tránh mở khi không cần thiết. Các vật che đậy cần bảo đảm đủ độ bền cơ học. Đối với điện áp cao trên 1000V, độ dày của tấm thép đậy phải cứng vững, không mỏng hơn 1mm.

Những vật dẫn điện đặt ở chỗ qua lại trong nhà, cần phải có vật chắn nếu thấp hơn các giới hạn sau: Đối với điện áp dưới 10kV, 35kV và 110kV: không thấp hơn 2,5m; 2,75m và 3,5m tương ứng.

Những vật dẫn điện ngoài trời cần được chắn bảo vệ với độ cao sau: Đối với điện áp 35kV, 110kV, 154kV và 220kV: không thấp hơn 3,75m; 4,00m và 4,5m tương ứng.

Bảng 5.9 - Thiết bị phân phối điện trong nhà (khoảng cách tính bằng cm)

Loại hàng rào	Điện áp, kV					
	3	6	10	20	35	110
Lưới hay cửa bằng lưới	17,5	20	22,5	28	39	90
Hàng rào kín hay cửa sắt	10,5	13	15,5	21	32	82

Bảng 5.10 - Thiết bị điện ngoài trời (khoảng cách tính bằng cm)

Loại hàng rào	Điện áp, kV					
	Dưới 10	35	110	154	220	500
Lưới hay cửa bằng lưới	100	100	175	200	250	450
Hàng rào kín hay cửa sắt	25	40	100	140	200	400

Cần phải rào chắn máy biến áp và các thiết bị điện khác, nếu mép dưới của sứ cách điện ở độ cao dưới 2,5m so với nền. Chiều dài của rào chắn phải không thấp hơn 1,7m. Khoảng cách tối thiểu giữa những vật mang điện với vật chắn cần được đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu trong bảng 5.9 và bảng 5.10

2. Chọn điện áp và trang bị an toàn cho các thiết bị điện và thắp sáng

Điện áp cho phép, trang bị của các thiết bị điện và thắp sáng phải được tùy chọn theo loại nhà và tính chất nguy hiểm của điều kiện làm việc.

2.1. Phân loại công trình

Theo ảnh hưởng phá hoại của dòng điện khi bị mất an toàn, các công trình xây dựng được phân loại như sau:

- Mức độ nguy hiểm cao.

- Đặc biệt nguy hiểm.

- Không có mức độ nguy hiểm cao.

a) Mức độ nguy hiểm cao nếu có một trong những điều kiện sau:

- Ẩm ướt (độ ẩm tương đối cao hơn 75%).

- Có bụi dẫn điện.

- Nhiệt độ cao (nhiệt độ thường xuyên cao hơn 30°C).

- Có thể đồng thời chạm vào người những vật nối đất và vỏ thiết bị điện.

b) Đặc biệt nguy hiểm khi có một trong các điều kiện sau:

- Đặc biệt ẩm ướt (độ ẩm tương đối gần 100%).

- Nơi có tác dụng hóa học.

- Cùng một lúc có 2 điều kiện ở mức độ cao (kể trên).

c) Không có mức độ nguy hiểm cao là loại không thuộc 2 cấp độ kể trên.

d) Đôi khi còn phân biệt loại nhà khô ráo là loại nhà có độ ẩm tương đối thấp hơn 60%.

2.2. Chọn điện áp

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

Điện áp cho phép của đèn cầm tay lưu động:

- a) Đối với cấp độ đặc biệt nguy hiểm 12V
- b) Đối với cấp độ nguy hiểm cao 36V
- c) Đối với cấp độ không nguy hiểm cao 220V

Điện áp cho phép đối với các dụng cụ điện cố định:

- a) Đối với cấp độ đặc biệt nguy hiểm, trong mọi trường hợp: không quá 36V.
- b) Đối với cấp độ nguy hiểm cao: không quá 36V cho các công cụ thông dụng.

Với những công cụ tốt, được kiểm tra thường xuyên và có người vận hành thao tác trình độ chuyên môn khá, lưới điện được trang bị các ổ phích điện có điện cực nổi đất chuyên dùng, có thể cho phép điện áp cao hơn 36V nhưng không quá 220V.

- c) Đối với cấp độ nguy hiểm không cao: điện áp không quá 380/220V.

3. Phương tiện bảo vệ và dụng cụ kiểm tra điện cho người khi làm việc

Để bảo vệ an toàn cho người khi làm việc với các thiết bị điện, tránh tác động của dòng điện, hồ quang... cần phải sử dụng các phương tiện bảo hộ lao động cần thiết.

Các phương tiện bảo vệ chia thành nhóm:

- a) Phương tiện cách điện, tránh điện áp bước tiếp xúc, điện áp làm việc: gồm sào cách điện, kìm cách điện, dụng cụ có tay cầm cách điện, găng tay cao su, giày cao su, ủng cao su, đệm cách điện cao su.

- b) Thiết bị thử điện di động, kìm đo dòng điện.

- c) Bảo vệ nối đất di chuyển tạm thời, hàng rào, bảng báo hiệu.

- d) Phương tiện bảo vệ tránh tác động của hồ quang, mảnh kim loại bị nóng, chảy và tránh các hư hỏng cơ khí: kính bảo vệ, găng tay vải bạt, dụng cụ chống khí độc.

Ngoài ra, phương tiện bảo vệ cách điện chia làm hai loại: chính và phụ (bảng 5.11)

Bảng 5.11 - Phân loại phương tiện bảo vệ chính và phụ

Loại bảo vệ	Điện áp cao hơn 1000V	Điện áp thấp hơn 1000V
Chính	Sào, kìm	Sào, kìm, găng tay cách điện, dụng cụ của thợ điện có cán cách điện (10cm)
Phụ	Găng tay cách điện, đệm, bệ, giấy ống ngắn và dài	Giấy, đệm, bệ cách điện

Phương tiện bảo vệ chính có cách điện đảm bảo không bị điện áp của thiết bị chọc thủng, có thể dùng chúng để sờ trực tiếp những phần mang điện, làm bằng chất có đặc tính cách điện bền vững (bakelit, ebonit, ghêtinac...).

Phương tiện bảo vệ phụ không bảo vệ trực tiếp mà chỉ là phương tiện phụ, hỗ trợ cho phương tiện chính, thường làm từ vật liệu cao su cách điện, bề mặt gỗ khô quét sơn, dưới có sứ cách điện.

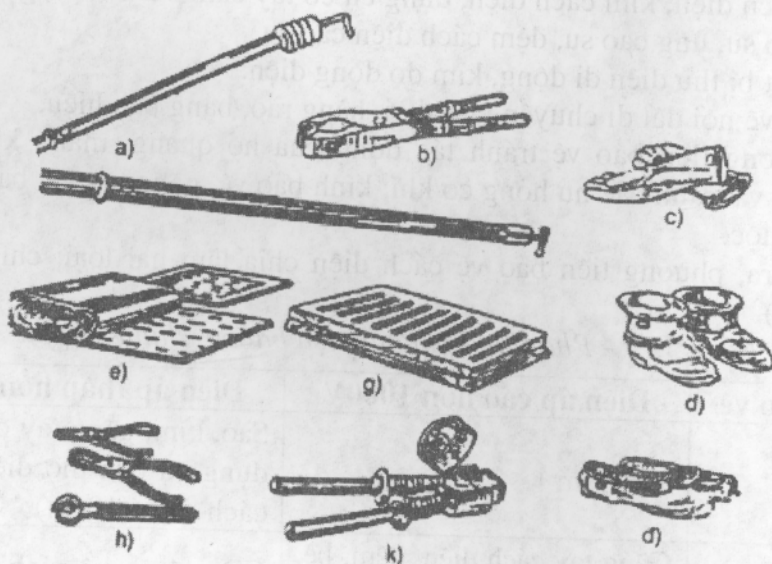
Phương tiện bảo vệ phải được giữ gìn, bảo quản theo những quy tắc chặt chẽ, ở nơi riêng biệt, thuận lợi, dễ tiếp cận như trên giá, móc treo dụng cụ, tủ để cất giấu tay... Phương tiện bảo vệ cần phải được kiểm tra đều đặn, thử nghiệm định kỳ (ở điện áp cao bằng ba lần điện áp dây đối với thiết bị có trung tính cách ly, và bằng ba lần điện áp pha cho thiết bị có trung tính nối đất, nhưng không vượt quá 40kV).

Phương tiện bảo vệ phụ, cần được thử nghiệm điện áp không ngoại trừ mức điện áp làm việc nào của thiết bị. Thời gian thử: 5 phút cho các loại kìm, 1 phút cho các phương tiện bảo vệ bằng cao su...

4. Cấu tạo một số phương tiện cách điện bảo vệ

4.1. Sào cách điện

Sào cách điện được sử dụng để đóng/cắt dao cách ly, đặt nối di động, thí nghiệm cao áp. Sào cách điện gồm 3 phần: phần cách điện, phần làm việc, và tay cầm. Độ dài của sào phụ thuộc vào mức điện áp định mức (hình 5.5a)



Hình 5.5 - Phương tiện và dụng cụ cách điện bảo vệ

- a) Sào cách điện; b) Kìm cách điện; c) Găng tay cách điện;
d) Giày cách điện; đ) Ủng cách điện; e) Đệm và thảm cao su; g) Bệ cách điện;
h) Những dụng cụ sửa chữa có tay cầm cách điện; k) Bộ chỉ điện áp lưu động.

Khi dùng sào phải đứng trên bề cách điện, tay đeo găng, chân mang giày cao su cách điện. Sau đây là quy cách của một số sào cách điện có điện áp làm việc từ trên 1kV đến 220kV (bảng 5.12).

Bảng 5.12 - Quy cách của một số sào cách điện

Điện áp định mức, kV	Độ dài của phần cách điện, m	Độ dài tay cầm, m
Dưới 1kV	Không có tiêu chuẩn	Theo đơn đặt hàng
Trên 1kV đến dưới 10kV	1,0	0,5
Trên 10kV đến dưới 35kV	1,5	0,7
Trên 35kV đến dưới 110kV	1,8	0,9
Trên 110 đến dưới 220kV	3,0	1,0

4.3. Kìm cách điện

Kìm cách điện dùng để đặt và lấy cầu chì, đẩy các nắp cách điện bằng cao su. Kìm là phương tiện bảo vệ chính dùng trong lưới điện áp dưới 35kV. Kìm cách điện cũng gồm 3 phần: phần làm việc, phần cách điện và tay cầm (bảng 5.13).

Bảng 5.13 - Kích thước tối thiểu của kìm

Điện áp định mức, kV	Độ dài phần cách điện, m	Độ dài tay cầm, m
10	0,45	0,15
35	0,75	0,2

4.3. Găng tay cách điện, giấy ống, đệm lót

Các dụng cụ này được sản xuất riêng có cấu tạo phù hợp với yêu cầu cụ thể. Tuyệt đối không được xem là phương tiện bảo vệ nếu không được nhà chế tạo chỉ định cho thiết bị điện xác định. Các phương tiện cách điện bằng cao su phải được bảo quản ở nơi khô ráo (trong tủ hoặc thùng kín...) vì ở điều kiện ẩm ướt, dưới tác động ánh sáng mặt trời, dầu mỡ, nhiệt độ cao, axit... chúng sẽ bị giảm độ cách điện và độ bền cơ học.

4.4. Bệ cách điện

Bệ cách điện thông thường có kích thước khoảng từ 75x75 đến 150x150 cm, làm bằng gỗ tấm ghép. Khoảng cách hổng giữa các tấm gỗ không quá 2,5cm. Chiều cao bệ từ sàn gỗ đến nền nhà không nhỏ hơn 10cm.

4.5. Các dụng cụ sửa chữa điện

Thông thường các dụng cụ này có cán cầm bằng chất cách điện, độ dài phần cách điện không ngắn hơn 10cm và làm bằng chất chống tác động của mồ hôi, xăng, dầu hỏa, axit và không bị sút mẻ.

4.6. Thiết bị thử điện lưu động

Thiết bị thử điện lưu động để kiểm tra sự hiện diện của điện áp và kiểm tra thứ tự pha. Chỉ thị của dụng cụ này là bóng đèn neon, đèn báo sáng khi có điện áp... Kích thước thiết bị phụ thuộc vào điện áp, kích thước tối thiểu như sau (bảng 5.14):

Bảng 5.14 - Kích thước tối thiểu của thiết bị thử điện lưu động

Điện áp định mức, kV	Độ dài giá đỡ, mm	Độ dài tay cầm, mm	Độ dài chung, mm
10	320	110	680
10 ÷ 35	510	120	1060

Sử dụng thiết bị thử điện theo hướng dẫn của nhà chế tạo ở chế độ ngắn hạn, trong khoảng thời gian cần thiết để chỉ thị báo sáng tin cậy.

4.7. Thiết bị nối đất bảo vệ tạm thời

Bảo vệ nối đất tạm thời (lưu động) là phương tiện bảo vệ khi làm việc ở những chỗ đã ngắt mạch điện nhưng để có khả năng đưa điện áp nhầm vào hoặc dễ bị xuất hiện điện áp bất ngờ.

Cấu tạo của thiết bị này gồm các dây dẫn “ngắn mạch” pha, nối đất vào phần mang điện nhờ các chốt nối đặc biệt có khả năng chịu được lực điện động khi xuất hiện dòng ngắn mạch. Các dây dẫn “ngắn mạch” làm bằng đồng, tiết diện không nhỏ hơn 25mm². Chốt phải có cơ cấu để tháo được dây ngắn mạch bằng đòn.

Chỉ thực hiện nối đất sau khi đã kiểm tra để chắc chắn không đóng điện vào bộ phận được nối đất. Trước tiên, nối đầu “nối đất” vào đất sau đó thử để khẳng định chắc chắn có điện áp, tiếp theo mới nối dây vào vật mang điện. Khi tháo “nối đất” ra thì tiến hành ngược lại. Phải kiểm tra cẩn thận để tránh bỏ quên các vị trí “nối đất”, theo ca kíp, số lượng và cả vị trí đặt của chúng.

Hiện nay, ở những trạm phân phối điện trong nhà và ngoài trời 35 + 110kV và ngoài trời đến 220kV đều bố trí dao nối đất cố định để loại bỏ nối đất lưu động. Đúng nguyên tắc, phía đường dây vào trạm đều phải đặt dao nối đất không phân biệt mức điện áp nào.

4.8. Hàng rào, tấm chắn tạm thời, nắp dây bằng cao su

Hàng rào, tấm chắn tạm thời để bảo vệ an toàn cho người sửa chữa khỏi bị chạm vào điện áp, thường có chiều cao khoảng 1,8m và một người có thể mang đi dễ dàng. Khoảng cách từ vật mang điện đến hàng rào, tấm chắn phải bảo đảm quy định đối với điện áp 1, dưới 5, dưới 10, dưới 20 kV là 35, 60, 150 và 300 cm tương ứng.

Tấm cách điện che vật mang điện phải làm bằng vật mềm, không cháy (cao su, tectonit, bekelit...). Tấm cách điện mềm được sử dụng chủ yếu cho điện áp dưới 10kV, trong trường hợp không tiện dùng rào chắn. Bao dây cách điện dao cách li bằng cao su phải được chế tạo sao cho có thể đẩy vào/tháo ra dễ dàng bằng kim.

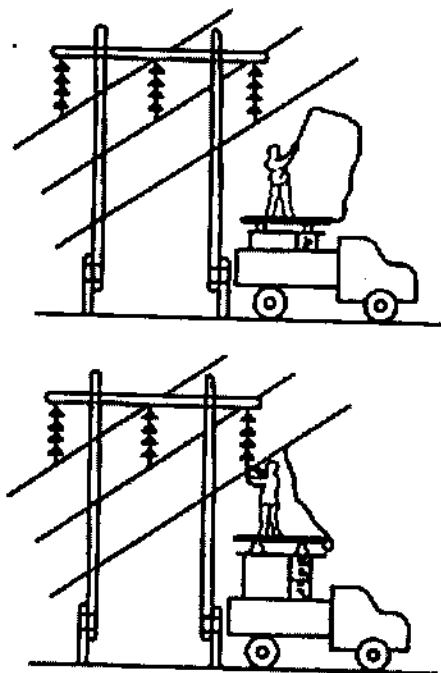
5. Sửa chữa đường dây dưới điện áp

Mặc dầu yêu cầu cắt điện trong khi tiến hành sửa chữa là rất cần thiết để đảm bảo an toàn, song trong một số trường hợp đặc biệt (sửa chữa đường dây đưa điện đến những hộ tiêu thụ quan trọng), được phép thực hiện các thao tác sửa chữa đường dây dưới điện áp.

5.1. Làm việc dưới điện áp cao

Việc sửa chữa phải được kỹ sư chính của khu vực duyệt. Người sửa chữa phải có trình độ chuyên môn và qua lớp tập huấn, có chứng chỉ, được phân công thực hiện sửa chữa dưới điện áp. Khi làm việc dưới điện áp, cho phép chạm vào vật mang điện bằng sào cách điện hoặc bằng tay trực tiếp nếu người được cách điện với đất, sử dụng phương pháp cân bằng điện áp giữa điện tích làm việc và dây dẫn.

Người sửa chữa đứng trên mâm kim loại, cách điện với đất (hình 5.6), dùng sào quăng dây nối sẵn với mâm vào pha, đảm bảo chỉ có dòng điện điện dung xuất hiện (không qua người). Trong trường hợp bị dây đứt nối khỏi mâm kim loại, chỉ có dòng điện điện dung qua người. Để tăng độ an toàn, phải đi dây đôi hoặc giảm thiểu điện tích mâm kim loại để hạn chế dòng điện điện dung xuống mức an toàn nhất.



Hình 5.6 - Sửa chữa đường dây lúc có điện theo phương pháp cân bằng điện áp

5.2. Làm việc dưới điện áp thấp

Chỉ cho phép sửa chữa dưới điện áp thấp trong trường hợp nếu ngắt mạch điện để tiến hành sửa chữa sẽ làm gián đoạn quy trình công nghệ và quá trình sản xuất, hư hỏng nhiều sản phẩm. Trong quá trình sửa chữa dưới điện áp phải có kỹ sư hay kỹ thuật viên kiểm tra giám sát trực tiếp, sau khi đã ngăn cách cẩn thận những pha bên cạnh và những vật nổi đất bằng đệm hay tấm cao su. Phải sử dụng dụng cụ có cách điện, tay phải đeo găng, chân mang giày cao su cách điện thích hợp.

Phải hết sức chú ý tránh va chạm hoặc tiếp xúc với các vật xung quanh như tường, ống, thanh ngang... vì những va chạm đó sẽ tạo nên dòng điện đi qua người, kể cả với những người đứng dưới đất hay trên nền nhà.

IV. BIỆN PHÁP TỔ CHỨC

Qua kinh nghiệm cho thấy, tất cả các trường hợp xảy ra tai nạn điện giật chủ yếu không phải do thiết bị không hoàn chỉnh, cũng không phải do phương tiện bảo vệ an toàn chưa đảm bảo mà thông thường xảy ra do vận hành sai quy

trình, trình độ vận hành non kém, sức khỏe không đảm bảo. Để vận hành an toàn, cần phải thường xuyên kiểm tra sửa chữa thiết bị, chọn cán bộ kĩ lưỡng, mở các lớp huấn luyện về chuyên môn, phân công trực đầy đủ...

1. Kế hoạch kiểm tra và tu sửa

Để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị phải thường xuyên kiểm tra đơn đốc, thực hiện chế độ trực ban giao ban, ghi chép đầy đủ vào sổ trực, và trên cơ sở đó làm kế hoạch di tu bảo dưỡng, định kỳ kiểm tra giám sát, và sửa chữa kịp thời các sự cố hỏng hóc... Sửa chữa phải được thực hiện theo đúng quy trình quy phạm.

2. Chọn lựa cán bộ

Người cán bộ trước tiên cần phẩm chất đạo đức nghề nghiệp tốt, có thái độ làm việc cần cù cẩn thận, có kiến thức về chuyên môn tốt và phải có sức khỏe tốt. Nếu không đảm bảo sức khỏe, tình trạng tâm sinh lý không tốt sẽ làm mất khả năng vận hành chính xác, làm giảm khả năng xem xét tình huống, phán đoán xử lý hỏng hóc và là nguyên nhân của các sự cố quan trọng. Vì vậy, sức khỏe là điều kiện tối quan trọng và cũng tùy theo sức khỏe mà sự phân công công việc cho phù hợp với điều kiện sức khỏe và trình độ chuyên môn. Định kỳ thăm khám, chăm sóc sức khỏe cho cán bộ cũng là biện pháp giảm sự cố và nâng cao hiệu quả công việc.

3. Huấn luyện

Công nhân, cán bộ đến nhận công tác phải qua thời kỳ huấn luyện về an toàn điện. Kỹ sư nhà máy có nhiệm vụ hướng dẫn, phổ biến cho họ biết các nguyên nhân xảy ra tai nạn, làm việc với thiết bị, giải thích về các nội quy, quy chế...

Tổ chức tập huấn cho các cán bộ công nhân mới đến nhận việc (học tập và ôn lý thuyết, đi thực hành và kiểm tra tại chỗ làm việc...) là việc làm cần thiết. Phần đầu của khóa học là kiểm tra cách cấp cứu người bị nạn do điện gây nên. Sau đấy mới qua hội đồng nhà máy công nhận và xếp bậc. Người mới làm công tác trực ban trong thời gian đầu phải có người trực ban cũ có kinh nghiệm kèm cặp.

Đặc biệt là cán bộ, công nhân làm việc trong lĩnh vực thiết bị điện cao áp (kể từ bậc II trở lên) cần phải được kiểm tra kiến thức về an toàn và cấp cứu, mỗi năm 1 lần.

Thứ tự thao tác thiết bị không đúng trong khi đóng cắt mạch điện cũng là nguyên nhân của sự cố nghiêm trọng và tai nạn nguy hiểm cho người vận hành.

Câu hỏi

1. Nêu đặc điểm và công dụng của nối đất an toàn, nối dây trung tính thiết bị điện và thiết bị tiếp đất.
2. Ảnh hưởng của điện trở suất của đất lên điện trở của thiết bị tiếp đất. Các trang thiết bị điện phải nối đất.
3. So sánh các phương pháp tính toán thiết bị nối đất và khả năng ứng dụng trong lưới điện nông nghiệp.
4. Hãy nêu công dụng của thiết bị cảnh báo an toàn điện. Đặc điểm yêu cầu của biển báo an toàn và dấu hiệu nhận biết, đèn và chuông báo hiệu.
5. Những phương tiện, dụng cụ cần thiết cho an toàn điện và tổ chức vận hành an toàn lưới điện nông nghiệp.

Phần hai

QUẢN LÝ VÀ VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP NÔNG THÔN

Chương 6

MÁY VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP

I. KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG VÀ MẠNG LƯỚI CUNG CẤP ĐIỆN

1. Khái quát chung

Điện năng có đặc điểm dễ dàng chuyển đổi thành các dạng năng lượng khác như nhiệt, cơ, hóa năng v.v. có hiệu suất cao và dễ chuyển tải đi xa.

Điện năng được sản xuất, truyền tải và sử dụng đồng thời, không tích trữ được (trừ một vài trường hợp có công suất nhỏ như pin, ắc quy) vì vậy tại mọi thời điểm, trong hệ thống điện phải luôn đảm bảo cân bằng giữa lượng điện sản xuất và lượng điện tiêu thụ. Trong quá trình vận hành hệ thống điện, phải luôn đảm bảo sự cân bằng năng lượng, thông qua việc duy trì điện áp và tần số của hệ thống.

Các quá trình điện từ, sóng điện từ lan truyền trong dây dẫn với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng, quá trình ngắn mạch, sóng sét lan truyền... đều xảy ra rất nhanh. Đặc điểm này đòi hỏi phải sử dụng nhiều chủng loại thiết bị bảo vệ, tự động để đảm bảo hệ thống điện được vận hành an toàn và tin cậy.

Điện năng là nguồn năng lượng chủ đạo của mọi ngành kinh tế - xã hội. Phát triển ngành điện là tiền đề và là đòn bẩy để phát triển mọi mặt kinh tế, văn hóa - xã hội mỗi quốc gia, đặc biệt là trong quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa nước ta hiện nay.

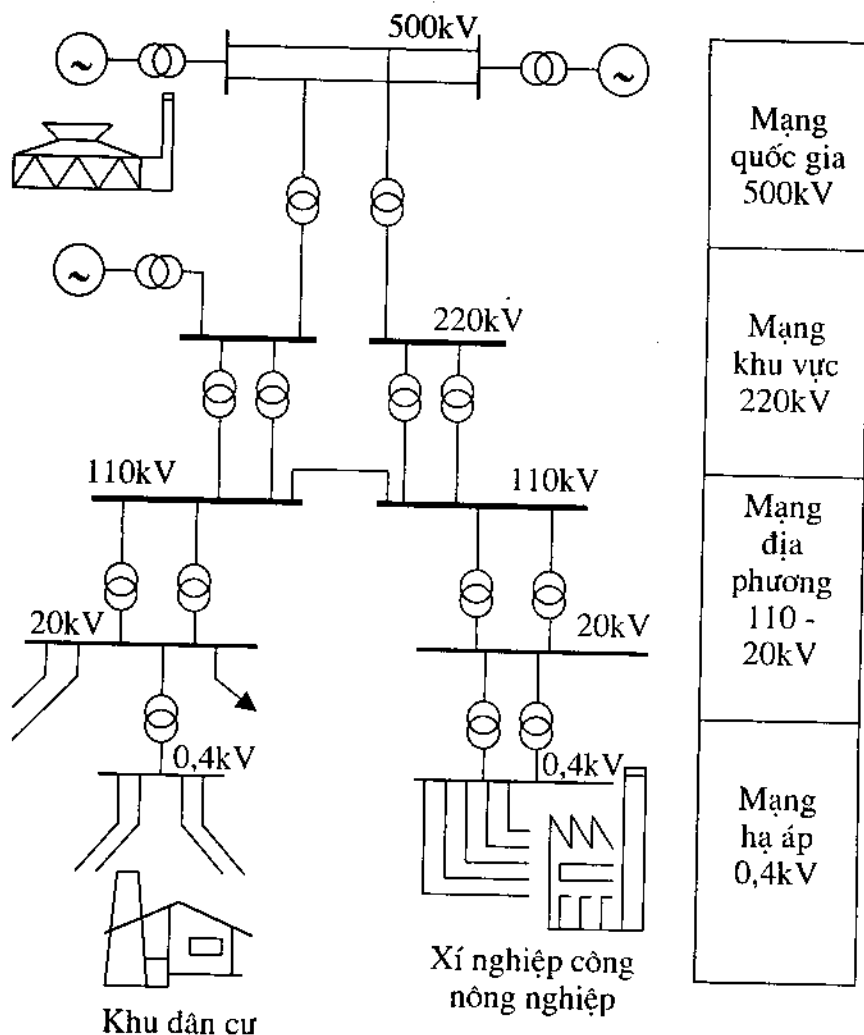
Hệ thống điện bao gồm các trung tâm phát điện và mạng điện, thực hiện truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ tiêu thụ. Hiện nay, có nhiều phương pháp sản xuất điện năng từ nhiệt năng, thủy năng, hóa năng, năng lượng hạt nhân, gió, mặt trời...

Các nhà máy điện (nhiệt điện, thủy điện) được xây dựng gần những nơi có nguồn than, khí hoặc gần những nguồn thủy năng lớn; những địa điểm này thường ở xa các đô thị, các khu công nghiệp. Vì vậy, truyền tải điện năng đi xa cũng là một yêu cầu bức thiết.

Để truyền tải điện năng đi xa và giảm được tổn thất điện áp và công suất, phải nâng điện áp lên cao bằng máy biến áp lực. Thông thường các điện áp đầu ra các nhà máy phát điện lớn chỉ khoảng trên dưới 10kV. Tùy khoảng cách truyền xa hay gần, phải sử dụng các cấp điện áp cao thấp khác nhau cho phù hợp.

Trên hình 6.1 trình bày khái quát hệ thống truyền tải điện năng ở nước ta, trong đó:

- Cấp hệ thống điện quốc gia 500kV, nối 3 mạng điện khu vực Bắc - Trung - Nam, khoảng cách truyền tải từ hàng trăm đến hàng nghìn km (thủy điện Hòa Bình - trạm biến áp Phú Lâm).
- Cấp hệ thống điện khu vực 220kV, nối các nhà máy điện hay cung cấp cho một vài tỉnh hoặc một thành phố, khoảng cách truyền tải hàng trăm km.



Hình 6.1 - Sơ đồ hệ thống truyền tải điện năng

- Cấp mạng điện địa phương 110kV có khoảng cách truyền tải hàng chục km, thường dùng để cung cấp điện năng cho huyện hoặc thị xã, cho các nhà máy lớn.

- Mạng điện địa phương do các sở điện lực của các tỉnh thành quản lý. Thông thường bao gồm hai cấp điện áp 110kV và 20kV.

Mạng điện trung áp 20kV khoảng cách truyền tải vài chục km trở lại, thường dùng để cung cấp điện năng cho một vài xã, cho các phụ tải loại vừa và nhỏ. Do lịch sử để lại, hiện nay nước ta còn dùng các cấp điện áp trung áp 66,

35, 15, 10 và 6kV nhưng dần dần sẽ được cải tạo để dùng thống nhất trong toàn quốc cấp trung áp duy nhất 20kV.

2. Hệ thống và mạng lưới cung cấp điện

Hệ thống điện bao gồm: Nguồn điện, mạng truyền tải điện và các hộ tiêu thụ điện.

Nguồn điện là các nhà máy điện (nhiệt điện, thủy điện, điện nguyên tử...) và các trạm phát điện (diezen, điện gió, điện mặt trời...).

Hộ tiêu thụ điện là đối tượng sử dụng điện năng trong các lĩnh vực kinh tế và đời sống: Công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp, giao thông vận tải, thương mại, dịch vụ, phục vụ sinh hoạt...

Để truyền tải điện từ nguồn phát đến tất cả các hộ tiêu thụ cần phải sử dụng lưới điện. Lưới điện bao gồm đường dây tải điện và trạm biến áp. Lưới điện nước ta hiện có nhiều cấp điện áp: 0,4kV, 6kV, 10kV, 22kV, 35kV, 110kV, 220kV và 500kV. Một số chuyên gia cho rằng, trong tương lai lưới điện Việt Nam chỉ nên tồn tại năm cấp điện áp: 0,4kV, 20kV, 110kV, 220kV và 500kV.

Có nhiều cách phân loại lưới điện:

- Căn cứ vào trị số của điện áp, chia ra lưới siêu cao áp (500kV), lưới cao áp (220kV, 110kV), lưới trung áp (35kV, 20kV, 22kV, 10kV, 6kV), lưới hạ áp (0,4kV).

- Căn cứ vào nhiệm vụ, chia ra lưới cung cấp (500kV, 220kV, 110kV), lưới phân phối (35kV, 22kV, 10kV, 6kV, 0,4kV).

Ngoài ra còn nhiều cách phân chia khác nhau. Căn cứ vào phạm vi cấp điện, chia ra lưới khu vực, lưới địa phương; căn cứ vào số pha, chia ra lưới một pha, hai pha, ba pha; căn cứ vào đối tượng cấp điện, chia ra lưới công nghiệp, lưới nông nghiệp nông thôn và lưới đô thị...

Nội dung của giáo trình cung cấp điện này xem xét các vấn đề thuộc lưới điện hạ áp 0,4kV, có đề cập đến một phần đến lưới điện trung áp đến 35kV liên quan.

3. Yêu cầu cơ bản đối với mạng lưới cung cấp điện

Mạng cung cấp điện phải thỏa mãn 4 yêu cầu cơ bản sau đây

3.1. Độ tin cậy cung cấp điện

Đảm bảo cung cấp điện liên tục tùy thuộc vào tính chất của hộ dùng điện.

a) Hộ loại 1

Những hộ rất quan trọng không được để mất điện, nếu xảy ra mất điện sẽ gây ra hậu quả nghiêm trọng về:

- An ninh chính trị, trật tự xã hội (như sân bay, hải cảng, khu quân sự, ngoại giao đoàn, các đại sứ quán, nhà ga, bến xe, trục giao thông chính trong thành phố...).

- Thiệt hại lớn cho sản xuất kinh doanh (như khu công nghiệp, khu chế xuất, dầu khí, luyện kim, nhà máy cơ khí lớn, trạm bơm nông nghiệp lớn đầu mối...). Những hộ này đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc dân hoặc có giá trị xuất khẩu cao, đem lại nhiều ngoại tệ cho đất nước.

- Nguy hại đến tính mạng con người.

b) Hộ loại 2

Bao gồm các xí nghiệp chế tạo hàng tiêu dùng (như xe đạp, vòng bi, bánh kẹo, đồ nhựa, đồ chơi trẻ em...) và thương mại, dịch vụ (khách sạn, siêu thị, trung tâm thương mại lớn...). Nếu mất điện sẽ gây thua lỗ thiệt hại về kinh tế như dân công, gây thứ phẩm, phế phẩm, phá vỡ hợp đồng cung cấp nguyên liệu hoặc sản phẩm cho khách hàng, làm giảm sút doanh số và lãi suất...

c) Hộ loại 3

Các hộ không quan trọng, cho phép mất điện tạm thời khi cần thiết (như chiếu sáng sinh hoạt đô thị và nông thôn).

Cách phân loại hộ dùng điện như trên chỉ là tương đối và tạm thời, thích hợp với giai đoạn nền kinh tế còn thấp kém. Khi kinh tế phát triển đủ cao, tất cả các hộ dùng điện đều trở thành loại một, được cấp điện liên tục với chất lượng cao.

3.2. Chất lượng điện

Chất lượng điện năng được thể hiện ở hai chỉ tiêu chính: Tần số (f) và điện áp (U), phải đảm bảo trị số sai lệch tần số và điện áp nằm trong giới hạn cho phép so với giá trị danh định (xem chương 4).

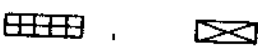
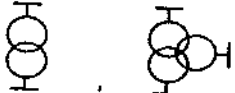
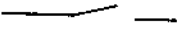
3.3. Kinh tế

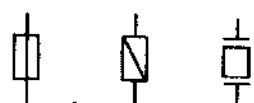
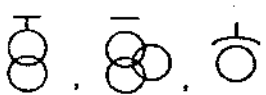
Tính kinh tế của một phương án cấp điện thể hiện qua hai chỉ tiêu: Vốn đầu tư và chi phí vận hành.

- Vốn đầu tư của một công trình điện bao gồm tiền mua vật tư, thiết bị, tiền vận chuyển, tiền thí nghiệm, thử nghiệm, tiền mua đất đai, đền bù hoa màu, tiền khảo sát thiết kế, tiền lắp đặt, nghiệm thu...

- Chi phí vận hành bao gồm các khoản tiền phải chi phí trong quá trình vận hành công trình điện: Tiền lương cán bộ quản lý, cán bộ kỹ thuật, công nhân vận hành, tiền bảo dưỡng định kỳ, tiền sửa chữa, trung đại tu, tiền thử nghiệm, thí nghiệm, tiền do tổn thất điện năng trên công trình điện...

Bảng 6.1 - Một số ký hiệu thường dùng trong sơ đồ cung cấp điện

TT	Thiết bị điện	Ký hiệu trên bản vẽ
1	Máy phát điện	
2	Trạm biến áp	
3	Trạm phân phối	
4	Máy biến áp 2 cuộn dây, 3 cuộn dây	
5	Máy cắt điện	
6	Máy cắt hợp bộ	
7	Dao cách ly, cầu dao	
8	Dao cắt phụ tải, máy cắt phụ tải	

9	Cầu chì	
10	Máy biến áp đo lường, máy biến điện áp	
11	Máy biến dòng điện	
12	Cầu chì tự rơi	
13	Chống sét van	
14	Chống sét ống	
15	Tụ điện bù	
16	Tủ phân phối	
17	Tủ động lực	
18	Tủ chiếu sáng	
19	Thanh cái, thanh góp	
20	Dây dẫn	

21	Dây dẫn có ghi rõ số dây 2, 3, 4	
22	Đường cáp	
23	Áp tô mát	
24	Khởi động từ	
25	Động cơ điện	
26	Đèn sợi đốt	
27	Đèn tuýp	
28	Chuông điện	
29	Ổ, phích, ổ + phích	
30	Công tắc đơn, kép	
31	Quạt điện	
32	Bảng điện	
33	Nối đất	
34	Đồng hồ ampe, vôn, cosφ	
35	Công tơ vô công, hữu công	

Thường thì hai khoản kinh phí này luôn mâu thuẫn nhau, nếu vốn đầu tư lớn thì chi phí vận hành nhỏ và ngược lại. Ví dụ: Nếu chọn tiết diện dây dẫn nhỏ thì tiền mua ít đi nhưng tiền tổn thất điện năng lại tăng lên do điện trở dây dẫn lớn hơn, nếu mua thiết bị điện loại tốt thì đắt nhưng giảm được phí tổn vận hành do ít phải sửa chữa, bảo dưỡng...

Phương án cấp điện tối ưu là phương án tổng hòa hai đại lượng trên, đó là phương án có chi phí tính toán hàng năm nhỏ nhất.

$$Z_{\min} = (a_{vh} + a_{tc}) K + c \cdot \Delta A$$

Trong đó: a_{vh} - Hệ số vận hành, với đường dây trên không (ĐDK), các cấp điện áp đều lấy $a_{vh} = 0,04$ với cáp và trạm biến áp $a_{vh} = 0,1$;

a_{tc} - Hệ số thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn, ($a_{tc} = \frac{1}{T_{tc}}$, với lưới cung cấp điện

$T_{tc} = 5$ năm, có $a_{tc} = 0,2$);

K - Vốn đầu tư, đ;

ΔA - Tổn thất điện năng 1 năm, kWh;

c - Giá tiền tổn thất điện năng (đ/kWh).

3.4. An toàn

An toàn cho người và trang thiết bị điện là vấn đề quan trọng, phải được quan tâm hàng đầu khi thiết kế, lắp đặt, vận hành khai thác công trình điện. Người thiết kế và vận hành công trình điện phải nghiêm ngặt tuân thủ các văn bản pháp quy về an toàn điện. Ví dụ: Khoảng cách an toàn giữa công trình điện và công trình dân dụng, khoảng cách an toàn từ dây dẫn trên không tới mặt đất..., các điều kiện nối không và nối đất an toàn (xem chương 5).

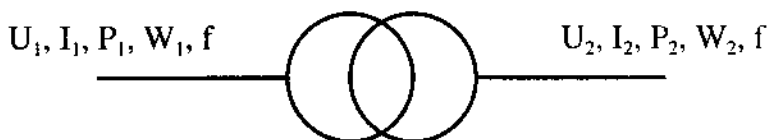
Trong bảng 6.1 giới thiệu các ký hiệu thường dùng trong các bản vẽ kỹ thuật mạng cung cấp điện.

II. MÁY BIẾN ÁP ĐỘNG LỰC

1. Khái niệm chung

Để biến đổi điện áp xoay chiều, máy biến áp đóng vai trò quyết định trong các trạm biến áp tăng áp để truyền tải điện năng đi xa và trong các trạm biến áp hạ áp để cung cấp và phân phối điện năng đến các phụ tải điện. Việc sản xuất và sử dụng điện năng phát triển và rất phổ biến. Hiện nay, trong thực tiễn sử dụng nhiều loại máy biến áp khác nhau: máy biến áp một pha, ba pha, hai dây quấn, ba dây quấn...

Máy biến áp là thiết bị điện từ tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có chức năng biến đổi điện áp xoay chiều ở tần số xác định không đổi. Các tham số chính ở đầu vào của máy biến áp (bên sơ cấp) là điện áp U_1 , dòng điện I_1 , tần số f , công suất P_1 , số vòng dây W_1 và ở đầu ra của máy biến áp (bên thứ cấp) là điện áp U_2 , dòng điện I_2 , và tần số f , công suất P_2 , số vòng dây W_2 . Trong hệ thống lưới điện cung cấp, máy biến áp có ký hiệu như ở hình 6.2.



Hình 6.2 – Ký hiệu máy biến áp

Nếu điện áp thứ cấp lớn hơn sơ cấp là máy biến áp tăng áp ($W_2/W_1 > 1$). Nếu điện áp thứ cấp nhỏ hơn điện áp sơ cấp gọi là máy biến áp giảm áp ($W_2/W_1 < 1$).

2. Các thông số định mức

Các thông số định mức của máy biến áp do nhà chế tạo máy biến áp quy định. Ở chế độ định mức, máy làm việc ổn định, lâu dài và tin cậy. Ba đại lượng định mức cơ bản của máy biến áp là:

2.1. Điện áp định mức

Điện áp sơ cấp định mức ký hiệu U_{1dm} là điện áp quy định cho dây quấn sơ cấp. Điện áp thứ cấp định mức ký hiệu U_{2dm} là điện áp giữa các cực của dây quấn thứ cấp, khi dây quấn thứ cấp hở mạch và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp là định mức. Quy ước điện áp định mức của máy biến áp một pha là điện áp pha, với máy biến áp 3 pha là điện áp dây. Điện áp ghi trên máy có đơn vị V hoặc kV.

2.2. Dòng điện định mức

Dòng điện định mức là dòng điện quy định cho mỗi cuộn dây của máy biến áp, ứng với công suất định mức và điện áp định mức. Đối với máy biến áp một pha, dòng điện định mức là dòng điện pha. Đối với máy biến áp 3 pha, dòng điện định mức là dòng điện dây. Đơn vị dòng điện ghi trên máy thường là A. Dòng điện sơ cấp định mức ký hiệu I_{1dm} , dòng điện thứ cấp định mức ký hiệu I_{2dm} .

2.3. Công suất định mức

Công suất định mức của máy biến áp là công suất biểu kiến định mức. Công suất định mức ký hiệu là S_{dm} , đơn vị là VA hoặc kVA.

Đối với máy biến áp một pha công suất định mức là:

$$S_{dm} = U_{2dm} \cdot I_{2dm} = U_{1dm} \cdot I_{1dm} \quad (6.1)$$

Đối với máy biến áp ba pha công suất định mức là:

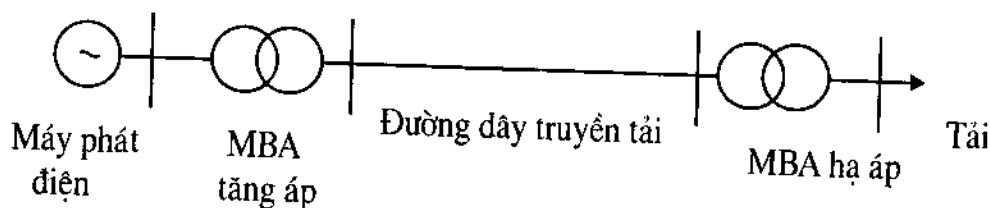
$$S_{dm} = \sqrt{3} U_{2dm} \cdot I_{2dm} = \sqrt{3} U_{1dm} \cdot I_{1dm} \quad (6.2)$$

Ngoài ra, trên biển máy còn ghi tần số định mức f_{dm} , số pha, sơ đồ nối dây, điện áp ngắn mạch, chế độ làm việc...

3. Kết cấu và công dụng của máy biến áp

3.1. Công dụng

Máy biến áp có vai trò quan trọng trong hệ thống điện, dùng để truyền tải và phân phối điện năng. Các nhà máy điện công suất lớn thường ở xa các trung tâm tiêu thụ điện (khu công nghiệp, đô thị .v.v.), vì thế cần phải xây dựng các đường dây truyền tải điện năng.



Hình 6.3 - Sơ đồ truyền tải điện năng

Điện áp máy phát được quy định theo dãy số 6,3 ; 10,5 ; 15,75 ; 38,5kV. Để nâng cao khả năng truyền tải và giảm tổn hao công suất trên đường dây, phải giảm dòng điện chạy trên đường dây bằng cách nâng cao điện áp. Vì vậy, ở đầu đường dây cần đặt máy biến áp tăng áp. Mặt khác, điện áp định mức của phụ tải thường nằm trong khoảng 127V đến 500V; động cơ công suất lớn có điện áp danh định 3 hoặc 6kV, vì vậy ở cuối đường dây cần đặt máy biến áp hạ áp (hình 6.3).

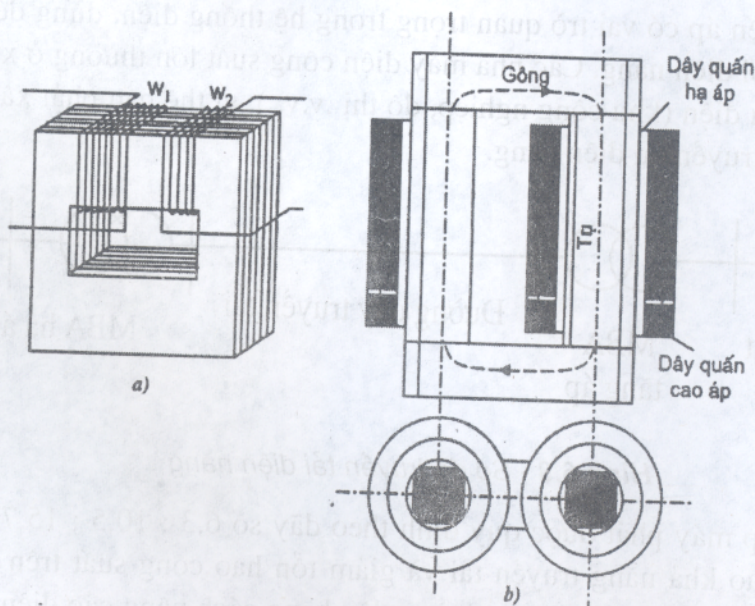
Ngoài ra, máy biến áp còn được sử dụng trong công nghệ lò nung và hàn điện (máy biến áp lò nung, biến áp hàn) làm biến áp nguồn cho các thiết bị điện, điện tử cần nhiều cấp điện áp khác nhau cũng như trong lĩnh vực đo lường (máy biến điện áp, máy biến dòng)...

3.2. Kết cấu của máy biến áp

Máy biến áp có hai bộ phận chính: Lõi thép và dây quấn (hình 6.4).

3.2.1. Lõi thép máy biến áp

Lõi thép máy biến áp dùng để dẫn từ thông chính của máy, được chế tạo từ những vật liệu dẫn từ tốt, thường là thép kỹ thuật điện. Để giảm dòng điện xoáy (dòng Foucault) trong lõi thép, người ta dùng thép lá kỹ thuật điện (dày 0,35mm đến 0,5mm, hai mặt có sơn cách điện) ghép lại với nhau thành lõi thép (hình 6.4a). Lõi thép gồm hai bộ phận: Trụ là phần thân để đặt dây quấn và gông là phần khép kín mạch từ giữa các trụ. Trụ và gông tạo thành mạch từ khép kín.



Hình 6.4 - Sơ đồ cấu trúc máy biến áp

3.2.2. Cuộn dây máy biến áp

Dây quấn máy biến áp được chế tạo từ vật liệu đồng hoặc nhôm kỹ thuật, có tiết diện tròn hoặc chữ nhật, có lớp cách điện bọc bên ngoài. Cuộn dây gồm nhiều vòng được lồng ôm vào trụ lõi thép từ. Giữa các vòng dây trong cuộn và cuộn dây máy biến áp cách điện với nhau và cách điện với lõi thép từ. Máy biến áp thường có hai hay nhiều cuộn dây (các cuộn sơ cấp và thứ cấp) trên

cùng một trụ. Trong máy biến áp, cuộn dây thấp áp thường được đặt bên trong sắt trụ từ, cuộn dây cao áp đặt lồng bên ngoài. Như vậy, giảm được vật liệu cách điện và khoảng cách cách điện với phần tiếp đất (lõi sắt), giảm được kích thước máy biến áp (hình 6.4b).

Để làm mát và tăng cường cách điện cho máy biến áp, đặt lõi thép từ và cuộn dây trong vỏ kín chứa dầu máy biến áp. Đối với máy biến áp công suất lớn, vỏ máy biến áp có cánh tản nhiệt và khi cần thiết phải làm mát cưỡng bức bằng quạt gió, thổi vào cánh tản nhiệt. Ngoài ra, máy biến áp còn có các cọc sứ cách điện nối với các đầu cuộn dây và bộ chuyển mạch để điều chỉnh điện áp; role hơi bảo vệ, bình dầu, thiết bị chống ẩm...

4. Máy biến áp một pha

Trên hình 6.5 vẽ sơ đồ nguyên lý làm việc của máy biến áp một pha có hai cuộn dây W_1 và W_2 . Khi ta nối cuộn dây sơ cấp W_1 vào nguồn điện xoay chiều điện áp U_1 , sẽ có dòng điện sơ cấp I_1 chạy trong cuộn sơ cấp W_1 . Dòng điện I_1 sinh ra từ thông biến thiên chạy trong lõi thép, móc vòng (xuyên qua) đồng thời với cả hai cuộn dây sơ cấp W_1 và thứ cấp W_2 được gọi là từ thông chính.

Theo định luật cảm ứng điện từ, sự biến thiên của từ thông làm cảm ứng vào cuộn dây sơ cấp một sức điện động:

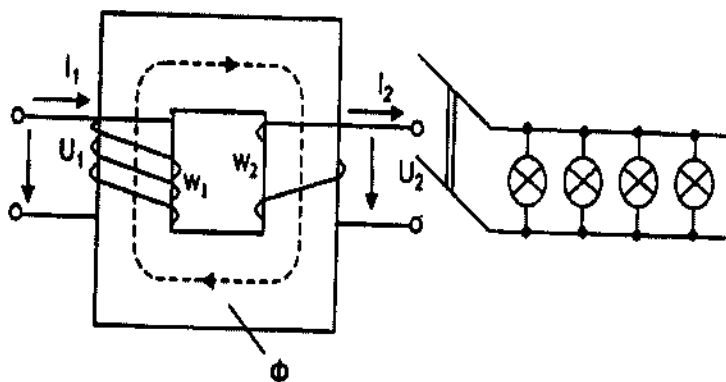
$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.3)$$

Và cảm ứng vào cuộn dây thứ cấp một sức điện động khác:

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (6.4)$$

Trong đó W_1 , W_2 là số vòng của cuộn dây sơ cấp và thứ cấp. Khi máy biến áp không tải, cuộn thứ cấp hở mạch, dòng điện thứ cấp $I_2 = 0$, từ thông chính trong lõi thép chỉ do dòng sơ cấp I_1 không tải sinh ra, có giá trị bằng dòng từ hoá I_0 .

Khi máy biến áp có tải, cuộn dây thứ cấp nối với tải có tổng trở tải Z_t dưới tác động của sức điện động E_2 , dòng điện thứ cấp I_2 cung cấp điện cho tải. Khi đó, từ thông chính do đồng thời cả hai dòng sơ cấp I_1 và thứ cấp I_2 sinh ra.



Hình 6.5 - Sơ đồ nguyên lý máy biến áp

Điện áp U_1 có hình sin (hàm điều hoà) nên từ thông Φ , cũng có quy luật biến đổi hình sin:

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f$$

Sức điện động trong cuộn dây sơ cấp và thứ cấp tương ứng:

$$E_1 = -W_1 \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} = 4,44fW_1 \Phi_{\max} \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = E_1 \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (6.5)$$

$$E_2 = -W_2 \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} = 4,44fW_2 \Phi_{\max} \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = E_2 \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (6.6)$$

Trong đó: E_1, E_2 - trị số hiệu dụng sức điện động sơ cấp, thứ cấp.

$$E_1 = 4,44fW_1 \Phi_{\max}$$

$$E_2 = 4,44fW_2 \Phi_{\max}$$

Từ công thức (6.5) và (6.6) cho thấy: Sức điện động thứ cấp và sơ cấp có cùng tần số, nhưng trị số hiệu dụng khác nhau.

Nếu chia E_1 cho E_2 ta có:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (6.7)$$

k được gọi là hệ số biến áp.

Nếu bỏ qua điện trở dây quấn và từ thông tản ra ngoài không khí, có thể coi gần đúng $U_1 \approx E_1; U_2 \approx E_2$ có tỷ số điện áp sơ cấp và thứ cấp đúng bằng tỷ số vòng dây.

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = k \quad (6.8)$$

$U_2 > U_1$; $W_2 > W_1$ đối với máy tăng áp;

$U_2 < U_1$; $W_2 < W_1$ đối với máy giảm áp.

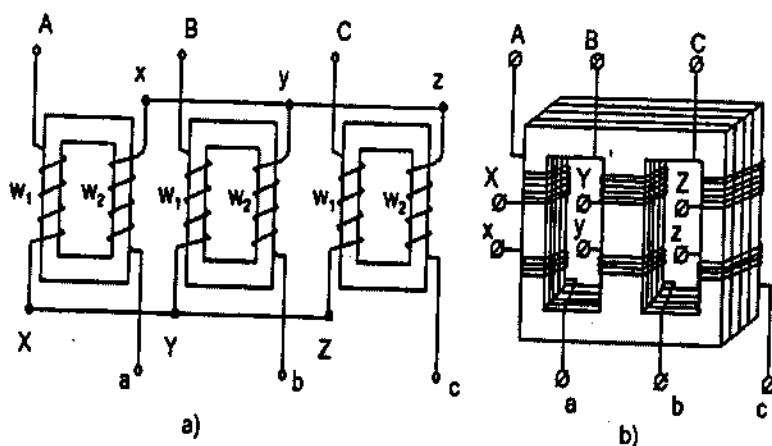
Như vậy, cuộn dây sơ cấp và thứ cấp không nối điện với nhau nhưng nhờ có từ thông chính, năng lượng đã được chuyển từ cuộn sơ cấp sang cuộn thứ cấp.

Nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, có thể coi gần đúng biểu thức sau:

$$\begin{aligned} U_2 I_2 &\approx U_1 I_1 \\ \text{hoặc} \quad \frac{U_1}{U_2} &\approx \frac{I_2}{I_1} \approx k \end{aligned} \quad (6.9)$$

5. Máy biến áp ba pha

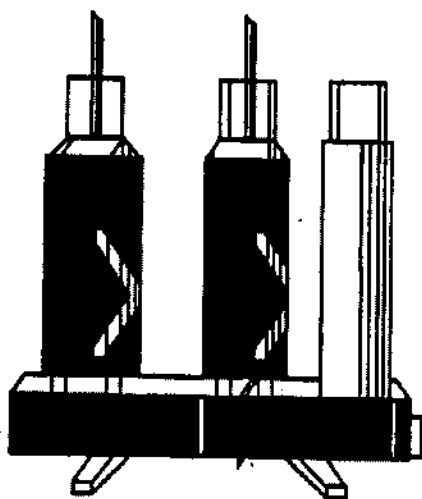
Để biến đổi điện áp của hệ thống điện ba pha, có thể dùng 3 máy biến áp một pha (hình 6.6a) hoặc dùng một máy biến áp ba pha (hình 6.6b). Về cấu tạo lõi thép của máy biến áp ba pha gồm 3 trụ (hình 6.7). Cuộn dây sơ cấp ký hiệu bằng các chữ in hoa: Pha A ký hiệu AX, pha B ký hiệu BY, pha C là CZ. Dây quấn thứ cấp ký hiệu bằng chữ thường tương ứng các pha a, b, c là ax, by và cz. Cuộn dây sơ cấp và thứ cấp có thể nối theo sơ đồ hình sao hoặc hình tam giác. Nếu cuộn sơ cấp nối hình sao, thứ cấp nối hình sao ta ký hiệu Y/Y, nếu có dây trung tính: Y/YN.



Hình 6.6 - Cấu trúc máy biến áp ba pha

Gọi số vòng dây pha một pha sơ cấp là W_1 , số vòng dây một pha thứ cấp là W_2 , tỷ số điện áp pha giữa sơ cấp và thứ cấp sẽ là:

$$\frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2}$$



Hình 6.7 - Bố trí lõi thép từ (trụ từ) của máy biến áp ba pha

Tỷ số điện áp dây không những chỉ phụ thuộc vào tỷ số vòng dây mà còn phụ thuộc vào cách nối hình sao hay tam giác.

Khi nối Δ/Y (hình 6.8c), sơ cấp nối tam giác $U_{d1} = U_{p1}$ còn thứ cấp nối hình sao $U_{d2} = \sqrt{3} U_{p2}$. Vậy tỷ số điện áp dây là:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{\sqrt{3} U_{p2}} = \frac{W_1}{\sqrt{3} W_2} \quad (6.10)$$

Khi nối Δ/Δ (hình 6.8b), sơ cấp $U_{d1} = U_{p1}$ và thứ cấp $U_{d2} = U_{p2}$ cho nên:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} \quad (6.11)$$

Tương tự khi nối Y/Δ , sơ cấp $U_{d1} = \sqrt{3} U_{p1}$ và thứ cấp $U_{d2} = U_{p2}$ có

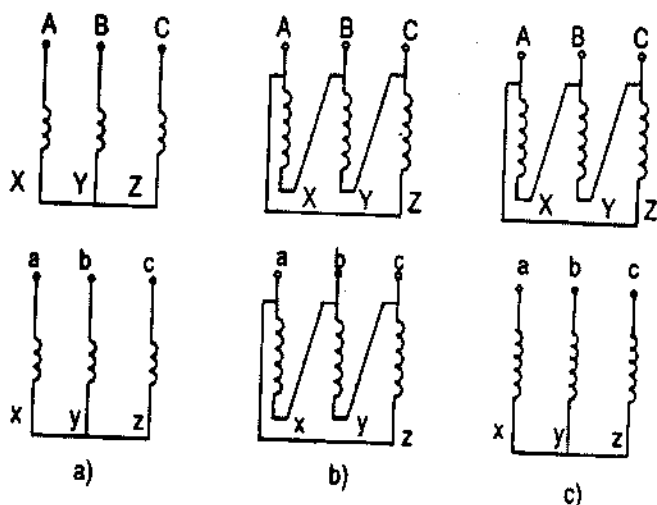
$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3} U_{p1}}{U_{p2}} = \sqrt{3} \frac{W_1}{W_2} \quad (6.12)$$

Khi nối Y/Y (hình 6.8a):

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3} U_{p1}}{\sqrt{3} U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} \quad (6.13)$$

Trong thực tế, khi có nhiều máy biến áp làm việc song song với nhau, ngoài tỷ số điện áp dây, phải lưu ý đến góc lệch pha giữa các điện áp dây sơ cấp và thứ cấp. Khi đó bên cạnh ký hiệu sơ đồ đấu dây của máy biến áp (hình sao hoặc hình tam giác), ghi thêm chỉ số góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp

và thứ cấp. Ví dụ: Y/Y - 12 (hình 6.8a) góc lệch pha giữa điện áp dây sơ cấp và thứ cấp được tính bằng $12 \times 30^\circ = 360^\circ$. Tương tự, nếu viết là Y/ Δ - 11, thì góc lệch pha bằng $11 \times 30^\circ = 330^\circ$.



Hình 6.8 - Sơ đồ đấu dây máy biến áp

Khi vẽ đồ thị vectơ để xác định góc lệch pha, cần lưu ý góc điện áp pha của các cuộn dây quấn trên cùng một trụ từ (phụ thuộc vào chiều quấn dây và ký hiệu đầu dây, chúng có thể trùng pha hoặc ngược pha nhau). Căn cứ vào cách đấu dây (sao hoặc tam giác), vẽ điện áp dây sơ cấp U_{AB} và thứ cấp U_{ab} , xác định góc lệch pha giữa điện áp cuộn sơ cấp U_{AB} và cuộn thứ cấp U_{ab} . Nếu góc lệch pha là 330° , sơ đồ đấu cuộn dây là $330 \frac{330^\circ}{30^\circ} = 11$ suy ra ký hiệu là Y/ Δ - 11.

Đối với máy biến áp ba pha đối xứng, khi nghiên cứu khảo sát chỉ cần viết phương trình sơ đồ thay thế, đồ thị vectơ cho một pha ở trên. Vì thế, khi tính các thông số thay thế cho sơ đồ thay thế cần tính thông số pha (dòng điện pha, điện áp pha, tổng trở pha, công suất một pha...).

Ví dụ: Tính điện trở R_n trong sơ đồ thay thế.

$$R_n = R_1 + R'_2 = \frac{P_{np}}{I_{1p}^2}$$

trong đó: P_{np} , P_n - tổn hao ngắn mạch một pha và ba pha.

$$P_{np} = \frac{P_n}{3}$$

$$I_{1p} = I_{dm} \text{ (nếu nối Y)}$$

6. Chế độ làm việc song song của máy biến áp

Trong hệ thống điện, trong các lưới điện, các máy biến áp thường làm việc song song với nhau. Nhờ làm việc song song, công suất lưới điện được tăng cường nhiều lần so với công suất mỗi máy, cho phép nâng cao hiệu quả kinh tế của hệ thống và an toàn cung cấp điện khi một máy hỏng hoặc sửa chữa (hình 6.9).

Điều kiện để cho các máy làm việc song song là: Điện áp định mức sơ cấp, thứ cấp phải bằng nhau, cùng tổ nối dây và điện áp ngắn mạch phải bằng nhau...

1) Điện áp định mức sơ cấp và thứ cấp tương ứng của các máy phải bằng nhau:

$$U_{I1} = U_{I11} \text{ và } U_{21} = U_{211} \dots \quad (6.14)$$

Nghĩa là, tỷ số biến áp của các máy phải bằng nhau: $k_1 = k_{11}$

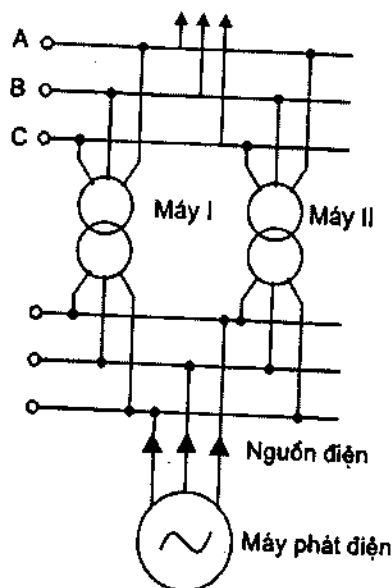
Trong đó: k_1 là hệ số biến áp máy I; k_{11} là hệ số biến áp máy II...

Trong thực tế, hệ số biến áp k của các máy cho phép khác nhau không quá 0,5%.

2) Các máy phải có cùng sơ đồ nối các cuộn dây biến áp:

Ví dụ: Không cho phép hai máy có sơ đồ nối dây Y/ Δ -11 và Y/Y-12 làm việc song song với nhau vì điện áp thứ cấp của chúng không trùng pha nhau.

Điều kiện 1 và 2 đảm bảo để giảm thiểu dòng điện cân bằng chạy trong các cuộn dây biến áp do sự chênh lệch điện áp thứ cấp của chúng (làm tăng phát nóng, giảm hiệu suất làm việc của máy biến áp).



Hình 6.9 - Máy biến áp làm việc song song

3) Điện áp ngắn mạch của các máy phải bằng nhau $U_{nI}\% = U_{nII}\% = \dots\dots$

Trong đó : $U_{nI}\%$ điện áp ngắn mạch tương đối của máy I;

$U_{nII}\%$ điện áp ngắn mạch tương đối của máy II.

Phải đảm bảo điều kiện này, để tải phân bố trên các máy tỷ lệ với công suất định mức của chúng.

Ví dụ: Nếu $U_{nI}\% < U_{nII}\%$ gây nên tình trạng lệch tải, khi máy I nhận tải định mức, máy II còn non tải, dòng điện máy I đạt định mức I_{Idm} , suy ra điện áp rơi trong máy I $U_{rI} = I_{Idm}Z_{nI}$, trong khi dòng điện máy II là I_{II} và điện áp rơi trong máy II $U_{rII} = I_{II}Z_{nII}$. Vì hai máy làm việc song song, đòi hỏi:

$$I_{Idm}Z_{nI} = I_{II}Z_{nII} \quad (6.15)$$

Trong đó: Z_{nI} , Z_{nII} - tổng trở ngắn mạch máy I, II. Nhưng vì $U_{nI}\% < U_{nII}\%$, suy ra:

$$I_{Idm}Z_{nI} < I_{Idm}Z_{nII} \quad (6.16)$$

so sánh (6.15) với (6.16) có:

$$I_{II}Z_{nII} < I_{Idm}Z_{nII}$$

Từ đó rút ra:

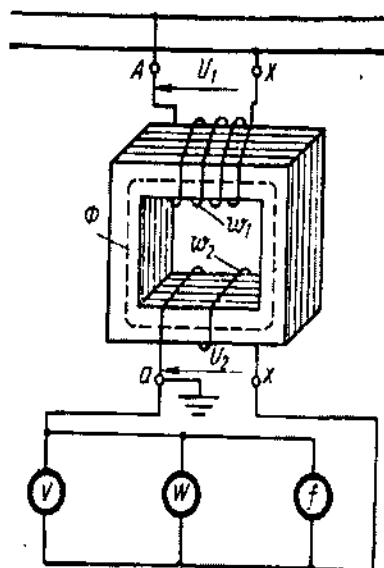
$$I_{II} < I_{Idm}$$

Dòng điện máy II do nhỏ hơn định mức, vậy máy II đang non tải, trong khi máy I đã định mức. Nếu máy II tải định mức thì máy I sẽ quá tải. Trong thực tế, cho phép điện áp ngắn mạch của các máy sai khác nhau đến 10%.

III. BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG

1. Biến áp

Máy biến áp đo lường (gọi tắt là biến áp), về cấu tạo và nguyên lý làm việc cũng tương tự như biến áp động lực. Các đầu dây của cuộn sơ cấp cao áp với mạch cần đo (nguồn lưới điện cao áp), cuộn thứ cấp nối với vôn mét, oát mét, công tơ điện... (điện áp và dòng điện có trị số thấp thích hợp). Dòng điện xoay chiều đi qua cuộn dây sơ cấp gây từ thông cảm ứng xoay chiều trong lõi thép. Từ thông này sẽ cảm ứng lên các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp suất điện động E_1 và E_2 của cuộn thứ cấp, dòng điện đi qua thiết bị đo có trị số tương ứng với điện áp cần đo U_1 .



Hình 6.10 - Sơ đồ nguyên lý làm việc của biến áp đo lường

Đặc điểm của biến áp là điện trở vào lớn, do đó điện áp cửa ra giữa các đầu cuộn dây thấp áp tỷ lệ với số vòng của cuộn thứ cấp (biến áp làm việc ở điều kiện gần với điều kiện không tải). Tỷ số giữa U_1 và U_2 gọi là hệ số biến áp và được xác định theo biểu thức:

$$k_u = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{W_1}{W_2} \quad (6.17)$$

Biến áp được chọn theo điện áp định mức, theo cấp chính xác và theo mức tải cuộn thứ cấp.

a) Chọn biến áp theo điện áp định mức cần thỏa mãn điều kiện sau:

$$U_{TUdm} \geq U_{dm} \quad (6.18)$$

Trong đó: U_{TUdm} - điện áp định mức của cuộn thứ cấp, V;

U_{dm} - điện áp định mức của thiết bị điện, V.

Theo điều kiện cấp chính xác, biến áp được chọn để không vượt quá sai số cho phép trong dải điện áp làm việc. Nếu đồng thời có một số khí cụ có yêu cầu và độ chính xác đo khác nhau, được cấp nguồn từ một máy biến điện áp thì cấp chính xác của nó được chọn theo thiết bị đo có cấp chính xác cao nhất trong mạch.

Cấp chính xác của biến áp được đảm bảo, nếu độ lệch điện áp làm việc không vượt quá giới hạn $\pm 10\%$ so với định mức.

b) Chọn máy biến điện áp theo điều kiện phụ tải bên thứ cấp phải thỏa mãn điều kiện:

$$S_{TUdm} \geq S_2 \quad (6.19)$$

Trong đó: S_{TUdm} - công suất định mức của biến áp với cấp chính xác đã cho, VA;

S_2 - tổng phụ tải bên thứ cấp của máy biến điện áp đo lường, VA.

Phụ tải thứ cấp của biến áp được xác định theo công thức:

$$S_2 = \sqrt{(\sum S_{do} \cos \varphi_{do})^2 + (\sum S_{do} \sin \varphi_{do})^2} = \sqrt{(\sum P_{do})^2 + (\sum Q_{do})^2} \quad (6.20)$$

Trong đó: $\sum S_{do}$ - tổng công suất toàn phần của các thiết bị đấu vào máy biến áp, VA;

$\sum P_{do}$ - tổng công suất thuần của các thiết bị đo, W;

$\sum Q_{do}$ - tổng công suất cảm kháng của các thiết bị đo, V Ar.

Nếu phụ tải trong các pha của máy biến áp không như nhau thì công suất S_2 được tính theo pha có phụ tải lớn nhất. Nếu trong catalog đã cho “phụ tải” của thiết bị đo dưới dạng tổng trở tải Z (Ω) thì công suất của thiết bị đo xác định theo công thức:

$$S_{do} = \frac{U_{dm}^2}{Z} \quad (6.21)$$

Không yêu cầu kiểm tra độ bền động lực học và nhiệt của máy biến điện áp đo lường. Đặc tính kỹ thuật của biến áp được khuyến cáo sử dụng trong lưới điện nông nghiệp cho trong bảng 6.2.

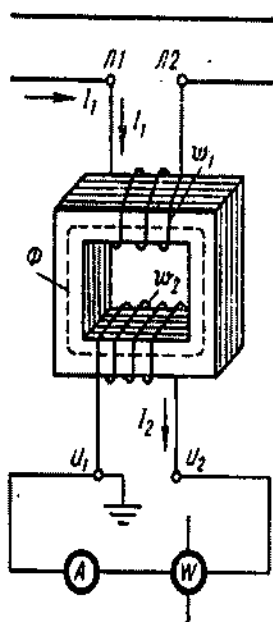
Bảng 6.2 - Đặc tính kỹ thuật của một số máy biến áp đo lường (Nga)

Dạng biến áp	Điện áp định mức của cuộn dây, V		Công suất định mức ở các cấp chính xác, VA			Công suất cực đại, VA
	Sơ cấp	Thứ cấp	0,5	1	3	
HTMI -3	3000	100	50	80	200	400
HTMI -6	6000	100	80	150	320	640
HTMI -10	10000	100	120	200	490	960
HTMI -18	18000	100	120	200	480	960
ЗНОМ-20	20000	100	80	150	320	640
ЗНОМ-35	35000	100	150	250	600	1200

2. Biến dòng

Máy biến dòng đo lường (gọi tắt là biến dòng), biến đổi dòng xoay chiều thành đại lượng tương tự (thường không lớn hơn 5A) để đo trực tiếp. Từ thông

xoay chiều trong lõi thép được tạo nên do suất điện động của cuộn sơ cấp, cảm ứng trong cuộn dây thứ cấp một suất điện động E_2 . Khi mắc thiết bị vào mạch thứ cấp, dòng điện I_2 tạo nên suất điện động $I_2 W_2$.



Hình 6.11 - Sơ đồ nguyên lý máy biến dòng

Tỷ số giữa I_1 và I_2 được gọi là hệ số biến dòng và được xác định theo công thức:

$$k_1 = \frac{I_1}{I_2} \neq \frac{W_1}{W_2} \quad (6.22)$$

Hệ số biến dòng định mức được xác định theo biểu thức:

$$k_{ldm} = \frac{I_1}{I_2} \approx \frac{W_2}{W_1} \quad (6.23)$$

Máy biến dòng được chọn theo điện áp lưới cung cấp điện, dòng thứ cấp và công suất thứ cấp định mức, và cần được kiểm tra độ bền điện động lực học và nhiệt độ khi có dòng ngắn mạch đi qua. Nếu biến dòng dùng để cấp nguồn cho mạch rơle bảo vệ thì chúng phải được kiểm tra để chắc chắn sai số $\leq 10\%$:

1) Chọn biến dòng theo điện áp định mức và dòng mạch thứ cấp cần phải thỏa mãn những điều kiện sau:

$$U_{Tldm} \geq U_{dm} \quad (6.24)$$

$$I_{ldm} \geq I_{Rmax} \quad (6.25)$$

Trong đó: U_{Tldm} - điện áp định mức của biến dòng, V;

I_{ldm} - dòng điện định mức của cuộn sơ cấp, A.

I_{Rmax} - dòng phụ tải cực đại, A.

Phải lưu ý khi dòng I_{ldm} vượt quá dòng I_{Rmax} sẽ làm tăng sai số của biến dòng, vì vậy trong nhiều trường hợp nên chọn biến dòng có I_{ldm} nhỏ hơn I_{Rmax} . Ví dụ: khi $I_{Rmax} = 420A$ nên chọn biến dòng 400/5A (không chọn biến dòng 600/5A). Tuy nhiên, cần phải lưu ý là biến dòng cho phép chịu quá tải dài hạn ở 1,1 I_{ldm} .

2) Biến dòng được chọn theo cấp chính xác, phụ thuộc vào kiểu và cấp chính xác của thiết bị đo đầu vào mạch:

- Biến dòng cấp chính xác 0,5 được dùng để cấp nguồn cho công tơ và các thiết bị đo khác có cấp chính xác 1 và 1,5;

- Cấp chính xác 1 - cho Oátmét, Phamét, công tơ kiểm tra, role công suất và role điện trở;

- Cấp chính xác 3 để cấp nguồn nuôi cho Ampemét và role dòng;

- Cấp chính xác 10 để cấp nguồn nuôi cho role dòng dùng trong công tác của truyền động và các mạch role bảo vệ.

3) Chọn biến dòng theo công suất: Thông thường so sánh công suất thứ cấp định mức của biến dòng với phụ tải thứ cấp theo tính toán, cần thỏa mãn điều kiện:

$$S_{2dm} > S_{2u} \quad (6.26)$$

Trong đó: $S_{2dm} = I_{2dm}^2 \cdot Z_2$ - công suất định mức của biến dòng, VA;

S_{2u} - công suất tính toán của mạch thứ cấp, VA.

I_{2dm} - dòng định mức của cuộn thứ cấp, A;

Z_2 - tổng trở của mạch thứ cấp, Ω .

Z_2 được tính theo công thức:

$$Z_2 = \sum Z_{do} + R_{dd} + R_{tx} \quad (6.27)$$

Trong đó: $\sum Z_{do}$ - tổng trở của các thiết bị đo, Ω ;

R_{dd} - điện trở thuần của dây dẫn, Ω ;

R_{tx} - điện trở thuần của các tiếp xúc, (thường lấy $R_{tx} = 0,1\Omega$).

Công suất tính toán của mạch thứ cấp:

$$S_{2u} = S_{do} + I_{2dm}^2 \cdot R_{dd} + I_{2dm}^2 \cdot R_{tx} \quad (6.28)$$

Điện trở của dây dẫn:

$$R_{dd} = \frac{S_{2dm} \left(\sum S_{do} + I_{2dm}^2 \cdot R_{tx} \right)}{I_{2dm}^2} \quad (6.29)$$

Tiết diện của dây dẫn được xác định theo công thức:

$$F_{dd} = \rho \frac{l_n}{R_{dd}} \quad (6.30)$$

Trong đó: F_{dd} - tiết diện dây dẫn, mm^2 .

ρ - điện trở suất vật liệu dây dẫn, Ωmm .

l - chiều dài dây dẫn, mm .

Độ dài tính toán của dây dẫn l_n phụ thuộc khoảng cách giữa biến dòng và thiết bị đo, đồng thời phụ thuộc vào sơ đồ đấu nối thiết bị đo vào mạch thứ cấp của biến dòng.

Nếu l là độ dài dây dẫn vào một đầu, khi nối biến dòng theo sơ đồ sao đây đủ có:

$$l_n = l \quad (6.31)$$

Đối với mạch biến dòng theo sơ đồ sao, chiều dài của dây nối được tính

$$l_n = \sqrt{3} l \quad (6.32)$$

Chiều dài dây nối đồng hồ vào mạch của máy biến dòng:

$$l_n = 2l \quad (6.33)$$

Kiểm tra biến dòng về độ bền động học theo điều kiện sau:

$$I_{dm} \cdot k \geq i_u \quad (6.34)$$

Kiểm tra độ bền nhiệt - theo biểu thức:

$$I_{dm} \cdot k_{1s} \geq I_{oc} \sqrt{t_{ph}} \quad (6.35)$$

Trong đó: k - hệ số dự trữ độ bền động học;

i_u - dòng va đập ngắn mạch 3 pha, A.

k_{1s} - hệ số dự trữ độ bền nhiệt trong 1s;

t_{ph} - thời gian ngắn mạch, s.

Đặc tính kỹ thuật của biến dòng được khuyến cáo dùng trong các thiết bị điện nông nghiệp, cho trong bảng 6.3.

Bảng 6.3 - Đặc tính kỹ thuật của một số máy biến dòng (Nga)

Kiểu	Điện áp định mức, kV	Dòng điện sơ cấp định mức, A	Cấp chính xác của lõi thép, %	Công suất định mức của lõi thép ở các cấp chính xác, VA			Bội số độ bền	
				0,5	1	3	Động	Nhiệt
TK-20	0,66	5-1000	0,5	5	-	-	-	-
TK-40	0,66	5-1500	0,5	10	-	-	-	-
TK-120	0,66	5-150	1	-	30	-	-	-

ТШЛ-0,5Т	0,66	300-400	0,5	5	-	-	-	-
ТКЛ-3	3	5-600	0,5	15	-	-	175	70
ТКЛ-3	3	5-600	1	-	-	-	175	70
ТПЛ-10	10	5-400	0,5	15	25	30	250	90
ТПЛУ-10	10	5-100	0,5	15	25	30	250	120
ТПОЛ-10	10	600-1500	0,5	10	20	30	160	65

IV. CỘT, XÀ, SỨ VÀ CÁC PHỤ KIỆN CỦA MẠNG LƯỚI ĐIỆN

Mạng cung cấp điện thông thường bao gồm máy biến áp và đường dây tải điện trên không. Mạng điện nông nghiệp nông thôn thường sử dụng phổ biến các cấp điện áp từ 35kV đến 0,4kV (ĐDK - 35kV, ĐDK - 10kV; ĐDK - 0,4kV) bao gồm các phần tử cấu thành cơ bản như dây dẫn, sứ, xà, cột, móng, dây chống sét, dây néo và các cấu kiện khác.

1. Các phần tử cột, móng, xà, sứ và các cấu kiện

1.1. Cột

Đường dây tải điện trung áp ở nước ta thường dùng hai loại cột: cột vuông và cột tròn (ly tâm) (hình 6.12).

Cột vuông còn gọi là cột chữ H, thường được chế tạo cỡ 7,5m và 8,5m (ký hiệu là H7,5 và H8,5). Cột vuông có thể chế tạo tại nhà máy, cũng có thể đúc tại chỗ. Cột H7,5 chỉ dùng trên lưới hạ áp, cột H8,5 có thể dùng trên lưới hạ áp và lưới 10kV.

Cột tròn còn gọi là cột ly tâm, ký hiệu LT được chế tạo tại nhà máy bê tông đúc sẵn (10m, 12m và các cỡ cột 6m, 8m, 10m). Ghép nối các môđun đúc sẵn với nhau (bằng măng xông hoặc mặt bích) sẽ tạo ra các cột có kích cỡ khác nhau: LT10, LT12, LT16, LT20, LT22).

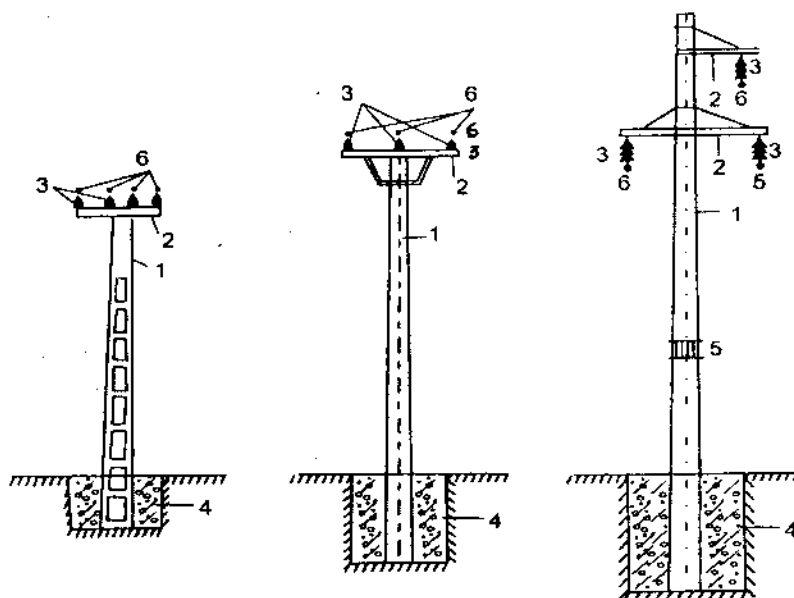
Để đáp ứng khả năng chịu lực của cột ở những vị trí khác nhau trên đường dây tải điện, có thể sử dụng một trong 4 kiểu cột chịu lực khác nhau, ký hiệu là A, B, C, D. Thông số kỹ thuật của chúng được nhà chế tạo cung cấp (bảng 6.4).

Bảng 6.4 - Thông số kỹ thuật của một số cột ly tâm thông dụng

Kiểu cột	Lực kéo ngang đầu cột, kG	Chiều cao cột, m	Đường kính ngoài đáng cột, m
LT10A	320	10	323
LT10B	420		
LT10C	520		

LT12A	540	12	350
LT12B	720		
LT12C	900		
LT16B	920	16	403
LT16C	1100		
LT18B	920	18	430
LT18C	1200		
LT20B	920	20	456
LT20C	1000		
LT20D	1300		

Chú thích: $1\text{kg} \approx 9,8\text{N}$



Hình 6.12 – Cột điện đường dây trên không

- a) Cột H8,5 (sứ đứng 0,4kV);
- b) Cột LT10 (sứ đứng 10kV);
- c) Cột LT16 (sứ chuỗi 35kV);

1. Cột; 2. Xà; 3. Sứ; 4. Móng; 5. Măng xông; 6. Dây dẫn

1.2. Xà

Xà được gắn vào cột điện ở độ cao xác định, có chức năng đỡ dây dẫn và cố định khoảng cách giữa các dây, có thể được làm bằng sắt hoặc bê tông. Xà có

kích thước khác nhau tùy thuộc vào điện áp của đường dây. Cấp điện áp càng cao, khoảng cách giữa các pha càng lớn, kích thước xà cũng phải tăng lên...

Trên xà có bố trí sẵn các lỗ để bắt sứ, khoảng cách giữa các lỗ (các dây pha) thường từ $0,3 \div 0,4\text{m}$ đối với đường dây hạ áp, từ $0,8 \div 1,2\text{m}$ đối với đường dây 10kV, từ $1,5 \div 2\text{m}$ đối với đường dây 35kV.

1.3. Sứ

Sứ được gắn vào xà, có chức năng cách điện với xà và cột và làm chỗ tựa để kẹp giữ cố định dây điện.

Trong điều kiện làm việc bình thường sứ mang tải trọng cơ học của dây dẫn và đồng thời mang điện áp của đường dây.

Tải trọng phá hoại cơ học dễ gây và làm rạn nứt sứ đặc trưng chính bởi độ bền cơ học của sứ.

Mỗi kiểu sứ có khả năng làm việc ở điện áp định mức xác định, không vượt quá giá trị quy định bởi nhà chế tạo.

Sứ đường dây phải có độ bền cơ học cao, chịu được va đập, lực kéo/nén, ổn định tin cậy và không bị ảnh hưởng bởi các thay đổi về nhiệt độ, tác động về hóa học và khí quyển.

Sứ kỹ thuật điện được chế tạo từ cao lanh, cát... Để nâng cao đặc tính kỹ thuật của sứ, mặt ngoài được phủ một lớp men (trừ các chỗ kê sứ khi nung và ren để vặn sứ vào ti sứ).

Ngoài sứ làm từ cao lanh và cát, ngày nay người ta còn sản xuất sứ bằng vật liệu thủy tinh, được chế tạo trên các dây chuyền hoàn toàn tự động nên chất lượng cao, giá thành hạ. Ngoài ra, khuyết tật của sứ thủy tinh có thể xác định bằng mắt thường không cần thí nghiệm điện nhờ tính trong suốt của nó.

1.4. Ti sứ

Ti sứ là chi tiết dùng để gắn vào sứ đứng bằng liên kết ren, được chèn xi măng cát và kẹp chặt sứ với xà trên cột điện. Ti sứ thường bằng thép, được sơn phủ hoặc mạ để chống rỉ. Kích thước của ti sứ cho trong bảng 6.5 theo hình 6.13.

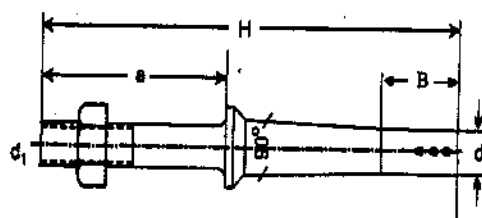
Bảng 6.5 - Kích thước của ti sứ

Ký/mã hiệu	Kích thước, mm				Tải trọng, kG		Điện áp định mức của sứ, kV
	d	d ₁	a	H	Thử nghiệm	Cho phép	
Φ-17	17	15	60	185	325	130	0,5
Φ-18	18	19	100	230	400	180	

Φ-21	21	19	105	235	500	200	6 + 10
Φ-22	22	22	105	235	800	320	
Φ-24	24	25	135	265	1100	450	
Φ-26	26	25	135	345	650	260	20
Φ-30	30	25,6	170	380	1140	560	
Φ-37	37	25	150	465	600	240	35
Φ-38	38	38	170	485	1250	500	
Φ-40	40	38	180	495	2000	800	

Chú thích: $1\text{kG} \approx 9,8\text{N}$

Sử dùng để cách ly điện giữa dây dẫn và xà. Hiện nay, trên đường dây tải điện thường sử dụng hai loại sứ: sứ đứng và sứ chuỗi.



Hình 6.13 - Tỉ sứ đứng

Sứ đứng dùng cho cấp điện áp từ 0,4 đến 35kV. Đối với đường dây từ 10kV trở lên phải sử dụng sứ chuỗi. Đối với đường dây điện áp từ 110kV trở lên, sứ đứng sẽ không chịu được lực kéo do khoảng cách giữa hai cột lớn tới 200 - 300m.

Sứ chuỗi gồm nhiều bát sứ ghép lại và được treo vào xà. Số lượng bát được xác định theo điện áp làm việc: mỗi bát ứng với 10kV, 2 bát - 22kV, 3 bát - 35kV và 7 bát - 110kV.

1.5. Móng cột

Móng cột đường dây tải điện có nhiệm vụ giữ cho cột đứng vững và chống lật cột. Cột điện luôn chịu tác động của các lực kéo của dây và gió bão...

Tùy theo loại đất trên tuyến cột, có thể dùng các loại móng khác nhau: móng ngắn không cấp, móng có cấp, móng cọc, móng bè. Ở vùng đất tốt (như đất đồi) có thể chôn thẳng cột xuống đất, không cần móng, gọi là cột không móng.

Móng cột có thể được đổ bê tông tại chỗ hoặc được chế tạo sẵn, chuyển đến và đặt vào hố móng.

1.6. Dây néo

Tại các vị trí đặc biệt như cột đầu, cột cuối đường dây và cột góc (như tuyến dây đổi hướng) luôn chịu lực tác động kéo khá lớn về một phía. Để tăng

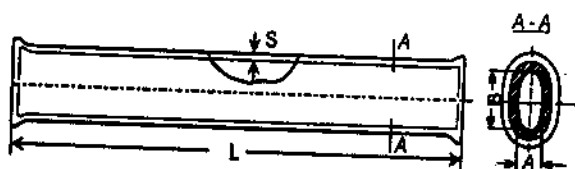
cường khả năng chịu lực, thường sử dụng hai cột (cột đôi) và néo dây tăng cường ngược hướng với lực kéo của dây.

Móng của dây néo gọi là móng néo.

1.7. Ống nối dây

Việc nối dây vặn xoắn nhiều sợi được thực hiện bằng các ống nối dây. Các ống nối phải chịu lực căng kéo của dây dẫn khi làm việc và đồng thời là vật nối điện của hai đoạn dây dẫn. Do vậy, các ống nối phải đảm bảo được độ bền về cơ học và độ bền điện cho mối nối.

Độ bền cơ học của mối nối phải không nhỏ hơn 90% độ bền của dây dẫn nguyên vẹn; điện trở của mối nối không được vượt quá điện trở của dây dẫn có chiều dài bằng chiều dài của mối nối. Ngoài ra, nhiệt độ của mối nối khi có dòng điện xoay chiều dài hạn lớn nhất cho phép đối với dây dẫn đã cho và không được vượt quá nhiệt độ của dây dẫn.



Hình 6.14 - Ống nối hình oval

Các ống nối dùng cho dây nhôm, dây nhôm lõi thép được làm bằng nhôm tinh khiết và có hình oval. Để nối các đầu dây dẫn được lồng vào trong lòng ống nối và được cố định bằng cách dùng kìm có lớp đệm ép chặt lại. Ống

nối oval cho trên hình 6.14, các thông số kỹ thuật của ống nối oval dùng cho dây nhôm, dây nhôm lõi thép cho trong bảng 6.6.

Ký mã hiệu của ống nối bao gồm các chữ cái: C - ống nối; O - oval; A - dây nhôm; AC - dây nhôm lõi thép.

Hai đầu ống nối loe ra một chút và không được viên cứng để có thể lồng dây vào dễ dàng và bảo vệ cho dây dẫn tránh hư hỏng khi uốn gấp.

Bảng 6.6 - Ống nối oval dùng cho dây nhôm và dây nhôm lõi thép (Nga)

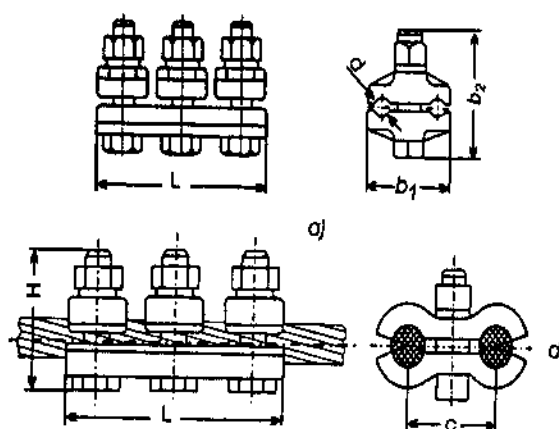
Ký/mã hiệu ống nối	Ký/mã hiệu dây dẫn	Kích thước, mm				Số điểm ép	Độ bền giới hạn bứt dây dẫn, kG	Khối lượng, kg
		A	B	L	S			
COA-16	A-16	6,0	12,0	106	1,7	6	230	0,025
COA-25	A-25	7,2	14,4	116	1,7	6	350	0,035

COA-35	A-35	8,5	17,0	136	1,7	6	470	0,040
COA-50	A-50	10,0	20,0	185	1,7	8	660	0,055
COA-70	A-70	11,6	23,2	205	1,7	8	930	0,070
COA-95	A-95	13,4	26,8	274	1,7	10	1300	0,100
COAC-10	AC-10	5	10,6	200	1,5		250	0,028
COAC-16	AC-16	6	12	200	1,7		400	0,037
COAC-25	AC-25	7,2	14,4	200	1,7		600	0,042
COAC-35	AC-35	9	19	330	2,1		950	0,15
COAC-50	AC-50	10,5	22	400	2,3		1250	0,19
COAC-70	AC-70	12,5	26	450	2,6		1800	0,27
COAC-95	AC-95	15	34	650	2,6		2500	0,43

Chú thích: $1\text{kg} \approx 9,8\text{N}$

1.8. Ghép nối dây

Ghép nối dây được dùng để nối giữa các dây dẫn với nhau. Cấu tạo của ghép gồm hai mảnh nhôm hình chữ nhật (thân ghép) có khoan lỗ và các bu lông siết như trên hình 6.15.



Hình 6.15 - Ghép kẹp dùng để nối dây
a) Dây nhôm; b) Dây thép

Thân ghép có hai hình máng song song để đặt dây dẫn. Dây dẫn được đặt vào thân ghép và được kẹp chặt bằng liên kết đai ốc và vòng đệm. Các ghép nối dây được chế tạo từ nhôm hoặc hợp kim nhôm dùng cho dây nhôm hoặc dây nhôm lõi thép. Các ghép nối có độ bền cơ học cao hơn các ống nối.

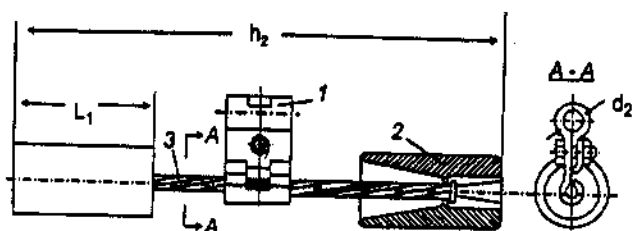
Do dây dẫn cố định bằng sứ đứng ở các cột đầu cuối tuyến và các cột góc bằng ống nối có thể bị đứt (ứng suất căng quá lớn). Bởi vậy, để cố định dây dẫn trên sứ đứng nên sử dụng ghép nối dây để thay thế. Đặc tính của các ghép nối dây cho trong bảng 6.7.

Bảng 6.7 - Ghép nối dây đối với dây nhôm và dây nhôm lõi thép (Nga)

Ký/mã hiệu ghép	Ký/mã hiệu dây dẫn	Kích thước, mm				Khối lượng, kg
		b_1	b_2	d	l	
ПА-1	A-16, A-35	38	50	8	85	0,38
ПА-2	A-50, A-70, AC-35, AC-50	40	64	12	94	0,45
ПА-3	A-95, A-120, AC-70, AC-95	56	76	15	106	0,78

1.9. Bộ chống rung

Dây dẫn thường bị rung khi tốc độ gió cỡ trung bình và yếu, gây hư hỏng đoạn dây dẫn ở gần nơi kẹp dây. Để bảo vệ dây dẫn tránh hư hỏng do rung động (gây đứt các sợi của dây dẫn) có thể sử dụng bộ chống rung kiểu khối lượng (bằng quả tạ) để giảm thiểu mức độ rung tới mức an toàn.



Hình 6.16 - Bộ chống rung

1. Mâm chấu kẹp dây; 2. Quả tạ; 3. Cáp thép.

Bộ chống rung gồm có một đoạn dây cáp bằng thép, hai đầu đoạn dây này kẹp hai quả tạ (khối lượng) bằng gang (hình 6.16). Đoạn giữa của phần cáp thép dùng ghíp kẹp treo vào dây dẫn.

Các cực của bộ chống rung có lớp đệm tháo lắp dễ dàng và đai ốc, vòng đệm. Bộ chống rung được lắp vào dây dẫn bằng nhôm và dây nhôm lõi thép qua lớp đệm bằng nhôm mềm dày 1mm.

Khi xuất hiện dao động, bộ chống rung bắt đầu chuyển động cùng với dây dẫn. Dao động của điểm kẹp bộ chống rung không lớn, tạo các dao động dư của quả chống rung lớn hơn dập tắt dao động xuất hiện trong dây dẫn.

Năng lượng tích lũy của dao động trong bộ chống rung phát sinh do lực cản đàn hồi của các sợi cáp thép của bộ chống rung.

Bộ chống rung được đặt ở hai đầu kẹp dây của dây dẫn khi đi qua khoảng không có địa hình bằng phẳng, trong khoảng vượt dài trên 120m, nếu như ứng suất trong dây dẫn có sức căng vận hành trung bình và ở nhiệt độ trung bình hàng năm vượt quá các giá trị cho phép sau:

Đối với dây nhôm	4kG/mm ²
Đối với dây nhôm lõi thép AC-35; AC-50; AC-70	6kG/mm ²
Đối với dây nhôm lõi thép tiết diện trên 70mm ²	5kG/mm ²
Đối với dây thép	25kG/mm ²

Khi đường dây đi qua sông hồ lớn, có khoảng vượt không nhỏ hơn 500m, tùy theo lực căng của dây dẫn phải đặt bộ chống rung.

Tất cả các bộ phận của bộ chống rung đều được mạ kẽm, kể cả đoạn cáp thép bên. Riêng quả tải trọng chống rung bằng gang được sơn phủ bảo vệ.

Cực của bộ chống rung ở chỗ dây dẫn đi ra phải lượn tròn đều và mềm (không có mép viền cứng). Quả tạ và cực cần phải được kẹp chắc chắn vào dây cáp thép.

2. Dây dẫn và cáp điện

Có thể dùng dây dẫn hoặc cáp chuyên dùng để tải điện. So với dây dẫn, chi phí để tải điện đi xa bằng cáp đắt hơn, nhưng mỹ quan và độ an toàn cao hơn, thích hợp với lưới điện trung và hạ áp của đô thị và xí nghiệp. Tải điện bằng dây dẫn rẻ tiền, dễ sửa chữa và thay thế hơn, thường được dùng trên lưới trung áp khu vực nông thôn.

2.1. Dây dẫn điện

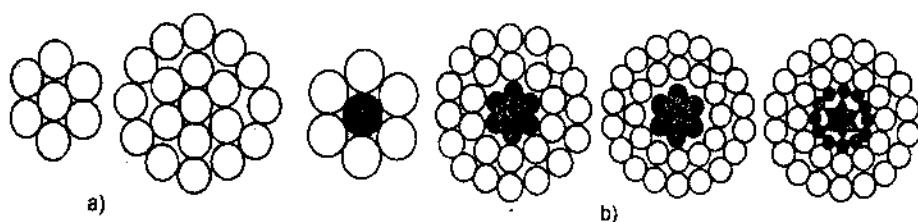
Dây dẫn điện được chia ra làm hai loại: Dây bọc cách điện và dây trần.

Dây bọc cách điện dùng cho lưới điện hạ áp trong nhà, được chế tạo theo nhiều quy cách khác nhau: một sợi, nhiều sợi, dây cứng, dây mềm, dây đơn, dây đôi (dây súp). Vật liệu làm dây bọc là đồng và nhôm. Dây đồng tuy đắt hơn nhưng có độ bền cơ học và khả năng tải điện tốt hơn, trong thực tế được sử dụng rộng rãi.

Trong lưới hạ áp công nghiệp, dây bọc thường được sử dụng để cung cấp điện cho động cơ và được luồn trong ống tuýp sắt để bảo vệ.

Ký hiệu dây bọc trên bản vẽ là M (n,S), trong đó M là dây đồng, n là số dây trong dây dẫn bọc cách điện, n = 1 là dây đơn, n = 2 là dây đôi, S là tiết diện dây (mm²).

Ví dụ: 2M (1 x 4): 2 dây bọc đơn lõi đồng tiết diện 4mm².
M (2 x 1,5): dây bọc kép lõi đồng, tiết diện 1,5mm².



Hình 6.17 - Mặt cắt dây nhôm (a) và dây nhôm lõi thép (b)

Dây trần được sử dụng cho mọi cấp điện áp đường dây trên không như dây nhôm, thép, đồng trần và dây nhôm lõi thép. Phổ biến nhất là dây nhôm và dây nhôm lõi thép (ký hiệu A và AC). Dây thép dẫn điện kém, thường chỉ được dùng làm dây chống sét. Dây đồng dẫn điện tốt nhưng do nặng và đắt, chỉ được dùng ở những khu vực môi trường đặc biệt. Dây nhôm và dây nhôm lõi thép được chế tạo từ nhiều sợi nhỏ vặn xoắn lại hình 6.17.

Dây nhôm lõi thép còn gọi là dây phức hợp, trong đó phần nhôm làm nhiệm vụ dẫn điện, phần thép làm nhiệm vụ tăng độ bền cơ học.

Ví dụ: A-50 có nghĩa là dây nhôm trần tiết diện 50mm^2 ;

AC-50 có nghĩa là dây nhôm lõi thép, tiết diện dẫn điện (nhôm) là 50mm^2 .

Đặc tính của dây dẫn lắp trên sứ đứng cho trong bảng 6.8 và bảng 6.9.

Bảng 6.8 - Đặc tính kỹ thuật của dây nhôm

Mã dây	Tiết diện tính toán dây dẫn, mm^2	Số sợi đơn	Đường kính, mm		Tải trọng phá hủy, kG	Khối lượng dây dẫn, kg/km
			Sợi đơn	Dây dẫn		
A-16	15,9	7	1,70	5,10	230	44
A-25	24,7	7	2,12	6,40	355	68
A-35	34,4	7	2,50	7,50	495	95
A-50	49,5	7	3,00	9,00	713	136
A-70	69,3	7	3,55	10,70	935	191
A-95	93,3	7	4,12	12,40	1260	257

Chú thích: $1\text{kG} \approx 9,8\text{N}$

Bảng 6.9 - Đặc tính kỹ thuật của dây dẫn nhôm lõi thép

Mã dây	Tiết diện tính toán, mm ²		Số sợi và đường kính dây dẫn, mm		Đường kính tính toán, mm		Tải trọng phá hủy, kG	Khối lượng dây dẫn, kg/km
	Phân nhôm	Lõi thép	Phân nhôm	Lõi thép	Lõi thép	Toàn bộ dây dẫn		
AC-10	10,1	1,13	5x1,6	1x1,2	1,2	4,4	280	36
AC-16	15,3	2,5	6x1,8	1x1,8	1,8	5,4	450	62
AC-25	22,8	3,8	6x2,2	1x2,2	2,2	6,6	670	92
AC-35	36,9	6,2	6x2,8	1x2,8	2,8	8,4	1080	150
AC-50	48,3	8,6	6x3,2	1x3,2	3,2	9,6	1410	196
AC-70	68,0	11,3	6x3,8	1x3,8	3,8	11,4	1980	275
AC-95	95,4	15,9	6x4,5	1x4,5	4,5	13,5	2760	386

Chú thích: 1kG ≈ 9,8N

Dây dẫn cho trong các bảng 6.8 và 6.9 phải thỏa mãn yêu cầu về khoảng cách giữa các mối hàn của các sợi riêng rẽ không được ngắn hơn 15m. Không cho phép nối lõi thép sợi đơn của dây nhôm lõi thép AC.

Bề mặt của các sợi nhôm không được có vết nứt, rạn, còn bề mặt của lõi thép không được để lại chỗ không được mạ kẽm.

Dây nhiều sợi phải được bện xoắn đều. Các sợi đơn của dây dẫn không được có vết nứt hoặc gãy.

Dây dẫn được cuốn thành cuộn với khối lượng không vượt quá 80kg, hoặc cuốn trong tang trống bằng gỗ và được bọc bằng các thanh gỗ dẹt. Trên tang trống phải có mũi tên chỉ chiều quay tang trống khi vận chuyển hoặc rải dây.

Đường dây trần còn gọi là đường dây trên không. Thông thường đường dây cao áp và trung áp trên không được thiết kế để tải điện ba pha, trong ký hiệu chỉ cần ký hiệu loại dây và tiết diện dây (không cần thiết phải chỉ rõ số pha).

Ví dụ: AC-120: Đường dây trên không tải điện xoay chiều 3 pha, tiết diện 120mm².

Đối với đường dây hạ áp trên không, tùy từng khu vực cấp điện có thể tải 3 pha, 2 pha hoặc 1 pha. Do vậy, phải ghi chi tiết các thông tin về loại dây (ký/mã hiệu) và các đặc tính chính trong ký hiệu như sau:

Loại dây ($n \times S + 1 \times S_0$)

trong đó: Lõi dây - ghi A nếu là dây nhôm hoặc AC nếu là dây nhôm lõi sắt;

n - số dây pha;

S - tiết diện dây pha, mm^2 ;

S_0 - tiết diện dây trung tính, mm^2 .

Theo quy phạm, với đường dây 3 pha 4 dây:

$$S_0 \geq \frac{1}{2} S \quad (6.36)$$

Với đường dây 2 pha 3 dây hoặc 1 pha 2 dây:

$$S_0 = S \quad (6.37)$$

Ví dụ:

- A(3x35 + 1x25) - Đường dây nhôm trên không, 3 dây pha tiết diện 35mm^2 , dây trung tính tiết diện 25mm^2 .

- AC (2x25 + 1x25) - Đường dây nhôm lõi thép trên không, 2 dây pha tiết diện 25mm^2 , dây trung tính tiết diện 25mm^2 .

Dây nhôm do sức bền cơ học kém nên chỉ được dùng trên lưới hạ áp. Dây AC được dùng ở mọi cấp điện áp. Khi lựa chọn tiết diện dây dẫn trên trung hạ áp cần lưu ý tiết diện tối thiểu theo độ bền cơ học. Lực căng xuất hiện trong dây dẫn lớn nhỏ tùy thuộc khoảng cách giữa hai cột, gọi là khoảng cột. Khi khoảng cột càng lớn, lực kéo càng lớn, dây dẫn càng phải chọn to hơn. Trong bảng 6.10 dưới đây quy định tiết diện dây trần tối thiểu đối với lưới trung và hạ áp.

Bảng 6.10 - Tiết diện dây dẫn tối thiểu cho phép

Đường dây trên không	Khoảng vượt l, m	Loại dây sử dụng	Tiết diện cho phép, mm^2
Hạ áp, đường ngõ xóm	20 - 30	A, AC	A-16 AC-10
Hạ áp, trục thôn, xã	40 - 50	A, AC	A-25 AC-16
Trung áp	80 - 120	AC	AC-35

2.2. Cáp điện

Cáp điện là loại dây dẫn đặc biệt, giữa các pha của cáp được cách ly với nhau bằng các lớp cách điện. Chất cách điện thường dùng hiện nay là PVC và XLPE, có điện trở suất cách điện rất cao nên kích thước của cáp rất nhỏ gọn, tiện lợi cho việc vận chuyển, lắp đặt.

Cáp được chế tạo đa dạng với nhiều chủng loại, kích cỡ và nhiều cấp điện áp. Ở cấp điện áp trung và cao áp có cáp 1 lõi, 3 lõi. Ở cấp điện áp thấp ($< 1\text{kV}$) có cáp 1 lõi, 2 lõi, 3 lõi và 4 lõi. Lõi cáp được chế tạo từ nhôm và đồng. Cáp nhôm nhẹ, rẻ tiền nhưng khả năng tải điện kém và có độ bền cơ học kém. Cáp đồng tuy giá thành cao hơn nhưng khả năng tải điện cũng cao hơn và có độ bền cơ học cao, được dùng rộng rãi trong lưới cao và hạ áp.

Cáp được chế tạo với nhiều loại vỏ khác nhau cho các mục đích và môi trường sử dụng khác nhau. Cáp có vỏ chịu nhiệt dùng ở môi trường nhiệt độ cao (còn gọi là cáp chống cháy), cáp có vỏ đai thép dùng trong trường hợp cần chịu lực căng cơ học. Ngoài ra còn có các loại vỏ cáp chịu mặn, chịu ăn mòn, vỏ chì, vỏ nhôm...

Cáp được gọi tên theo chất cách điện. Ví dụ: cáp PVC, cáp XLPE... Khi thiết kế hoặc mua bán cáp phải chỉ rõ chất cách điện, cấp điện áp, loại lõi (đồng hay nhôm), số lượng lõi, tiết diện lõi, loại vỏ ứng với môi trường sử dụng.

Trên các bản vẽ kỹ thuật, cáp được ký hiệu như sau:

- Cáp trung, cao áp: n . Chất cách điện ($m \times S$)

Trong đó: n - Số cáp, nếu $n = 1$ thì không nên ghi;

Chất cách điện - PVC hoặc XLPE;

m - Số lõi cáp;

S - Tiết diện cáp, mm^2 .

Ví dụ: PVC (3x50) - Cáp PVC, 3 lõi, tiết diện 50mm^2 ;

3XLPE (1x240) - 3 cáp XLPE, 1 lõi, tiết diện 240mm^2 .

- Cáp hạ áp: n . Chất cách điện ($m \times S + 1 \times S_0$)

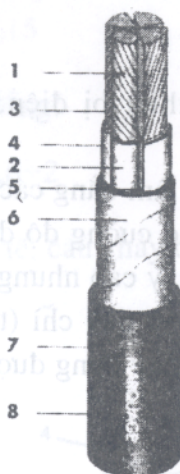
Trong đó: n , m , S như trên;

S_0 - Tiết diện dây trung tính, trị số lấy theo công thức 2.1 và 2.2, mm^2 .

Ví dụ: PVC (3x50 + 1x35) - Cáp PVC, 3 lõi, tiết diện pha 50mm^2 , trung tính 35mm^2 .

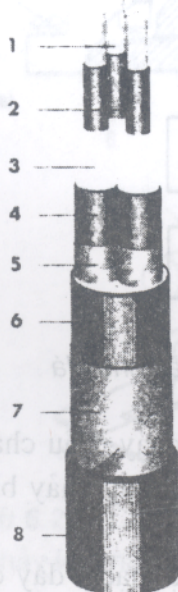
2XLPE (3x120 + 1x70) - 2 cáp XLPE, 3 lõi, tiết diện pha 120mm^2 , trung tính 70mm^2 .

3XLPE (1x150) + 1XLPE (1x95) - 3 cáp đơn XLPE, tiết diện cáp pha 150mm^2 , cáp trung tính 95mm^2 .



Cáp 4 lõi hạ áp

1. Lõi thép (trung tính)
2. Lớp bảo vệ
3. Lõi cáp (cáp pha)
4. Lớp cách điện XLPE
5. Giấy chèn
6. Lớp thép bọc
7. Vỏ cáp bằng PVC
8. Mã hiệu cáp



Cáp 3 lõi trung áp

1. Lõi cáp
2. Lớp bọc cách điện
3. Cách điện XLPE
4. Lớp cách điện
5. Lớp bọc thép
6. Lớp bọc PVC
7. Lớp bọc thép
8. Vỏ PVC

Hình 6.18 - Kết cấu cáp hạ áp và trung áp: a) Cáp XLPE b) Cáp PVC

V. KHÍ CỤ ĐIỆN HẠ ÁP

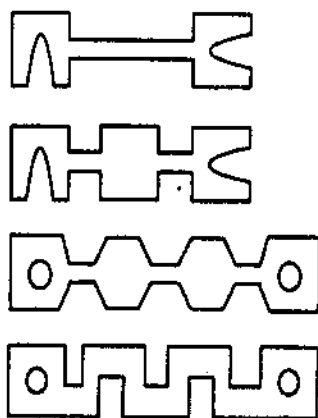
Các phân tử điều khiển (khí cụ điện) trong hệ thống truyền động điện có chức năng điều khiển hoặc bảo vệ. Một phân tử điều khiển có thể chỉ giữ một chức năng hoặc điều khiển hoặc bảo vệ hoặc giữ cả 2 chức năng.

1. Các phần tử bảo vệ

1.1. Cầu chảy

Cầu chảy là phần tử có chức năng bảo vệ thiết bị điện, tránh sự cố ngắn mạch.

Bộ phận cơ bản của cầu chảy là dây chảy, được làm bằng các chất có nhiệt độ nóng chảy thấp. Để làm việc trong mạch điện có cường độ dòng điện lớn, dây chảy có thể làm bằng chất có nhiệt độ nóng chảy cao nhưng tiết diện dây nhỏ thích hợp. Thông thường, dây chảy được làm từ dây chì (tiết diện tròn) hoặc lá chì, kẽm, hợp kim chì - thiếc và bằng nhôm hay đồng được dập, cắt với các hình dạng khác nhau (hình 6.19).



Hình 6.19 - Một số hình dạng dây chảy lá

Dây chảy được kẹp chặt bằng vít vào đế cầu chảy. Cầu chảy có nắp cách điện bảo vệ, không cho hồ quang bắn tung tóe khi dây chảy bị nóng chảy và ngắt mạch.

Để cầu chảy thực hiện được chức năng bảo vệ mạch, dây chảy phải chảy đứt trước khi đối tượng bị phá hủy khi dòng điện vượt quá giá trị giới hạn cho phép. Muốn vậy cầu chảy phải được chọn theo điều kiện $I_{gh} > I_{dm}$.

Thông thường, đối với dây chảy chì:

$$\frac{I_{gh}}{I_{dm}} = 1,25 \div 1,45 \quad (6.38)$$

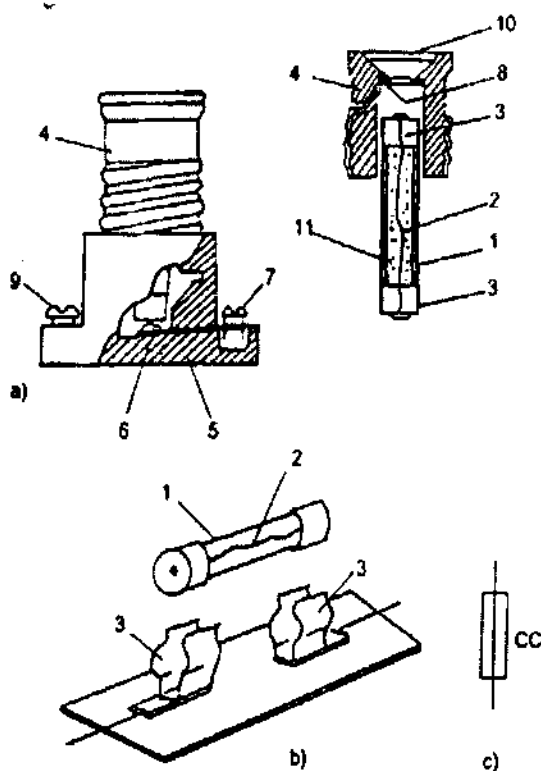
Dây chảy hợp kim chì - thiếc:

$$\frac{I_{gh}}{I_{dm}} = 1,15 \quad (6.39)$$

Dây chảy đồng:

$$\frac{I_{gh}}{I_{dm}} = 1,6 \div 2 \quad (6.40)$$

Trong thực tế, cầu chảy có nhiều dạng, kiểu khác nhau (hình 6.20).



Hình 6.20 - Cấu tạo một số loại cầu chảy và ký hiệu

a) Cầu chảy loại nắp xoáy ; b) Loại kẹp ; c) Ký hiệu cầu chảy.

Trên hình 6.20a là loại cầu chảy thường lắp trong các tủ điện, gồm ống sứ 1 có dây chảy 2 (được hàn 2 đầu vào 2 nắp kim loại 3). Trong ống 1 được nạp đầy cát thạch anh 11 để chống hồ quang khi dây chảy 2 bị nóng chảy và đứt. Ở vị trí làm việc ống 1 được nắp xoáy 4 ép vào đế 5, một đầu dây chảy sẽ tì vào tiếp điểm 6, nối điện ra vít bắt dây 7, đầu kia tì vào tiếp điểm 8, dẫn điện ra vít bắt dây 9 nhờ ren xoáy kim loại. Dây chảy thường được chế tạo với dòng điện định mức 3, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 40,

60, 100A. Nắp xoáy 4 được trang bị tấm mica 10 trong suốt để quan sát, kiểm tra tình trạng dây chảy (bị nổ đứt hay không).

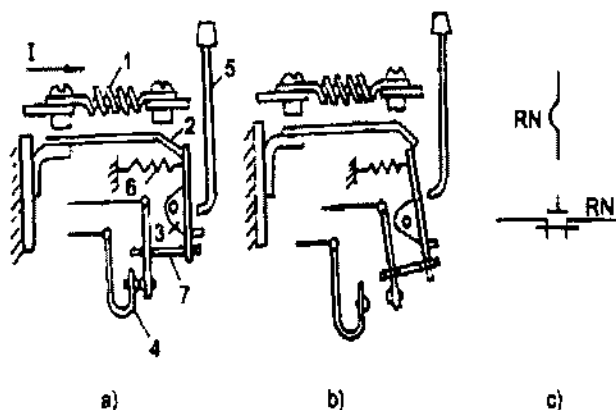
Trong hình 6.20b là cầu chảy dạng kẹp, thường lắp ở các mảng mạch điều khiển. Cầu chảy gồm có ống thủy tinh 1, trong có dây chảy 2 được kẹp vào hai má kẹp kim loại 3.

1.2. Role nhiệt

Role nhiệt có chức năng bảo vệ các thiết bị điện (động cơ) khỏi bị quá tải.

Role nhiệt có dòng điện làm việc tới vài trăm ampe, điện áp một chiều tới 440V và điện áp xoay chiều tần số công nghiệp tới 500V.

Trong hình 6.21a là nguyên lý cấu tạo của một role nhiệt, mạch lực cần được bảo vệ quá tải được mắc nối tiếp với phần tử đốt nóng 1.



Hình 6.21 - Nguyên lý cấu tạo và làm việc của role nhiệt.

a) Cấu tạo của role nhiệt; b) Trạng thái các mạch của role nhiệt;
c) Ký hiệu các role nhiệt

Khi dòng điện phụ tải chạy qua phần tử đốt nóng 1, nó sẽ phát nóng và tỏa nhiệt ra xung quanh. Băng lưỡng kim 2 bị hơi nóng, cong lên trên (phía kim loại có hệ số giãn nở vì nhiệt thấp hơn). Nếu trong phạm vi nhiệt độ cho phép (ứng với dòng phụ tải xác định) đòn xoay 3 vẫn tì đầu trên vào băng lưỡng kim và mạch điều khiển vẫn làm việc bình thường. Nếu phụ tải (động cơ) bị quá tải, sau một thời gian bị hơi nóng đến nhiệt độ cao hơn, băng lưỡng kim 2 sẽ cong lên nhiều hơn đến nhiệt độ (dòng điện và thời gian) rời khỏi đầu trên của đòn xoay 3 làm lò xo 6 kéo đòn xoay 3 ngược chiều kim đồng hồ, đầu dưới đòn xoay 3 sẽ quay sang phải và kéo theo thanh kéo cách điện 7, mở tiếp điểm thường đóng 4 cắt mạch điều khiển rồi cắt mạch lực cần bảo vệ (hình 6.21b).

Khi sự cố quá tải đã được khắc phục, băng lưỡng kim 2 nguội và cong xuống nhưng chỉ tì lên đầu trên của đòn xoay 3 (hình 6.21b), tiếp điểm 4 không thể tự đóng lại được. Muốn role trở về trạng thái ban đầu để tiếp tục thực hiện nhiệm vụ bảo vệ quá tải, phải ấn nút phục hồi 5 để đẩy đòn xoay 3 quay thuận chiều kim đồng hồ. Khi đó, đầu tự do của băng lưỡng kim tụt xuống, chèn giữ đòn xoay 3 ở vị trí đóng tiếp điểm 4.

Ký hiệu nút ấn phục hồi trên tiếp điểm thường đóng (hình 6.21c) chỉ rõ ý nghĩa: khi role nhiệt đã tác động và đã xử lý sự cố, muốn trở về trạng thái ban đầu, cần phải ấn nút phục hồi.

Do role nhiệt có quán tính nhiệt lớn (cần phải có một thời gian để nhiệt truyền tới băng lưỡng kim và cong lên), không có tác dụng cắt mạch tức thời khi dòng tăng lên đột ngột, không bảo vệ được sự cố ngắn mạch. Tuy nhiên, dòng điện quá tải càng lớn thì thời gian tác động của role nhiệt càng ngắn.

Trong thực tế, dòng định mức của role nhiệt thường được chọn bằng dòng điện định mức của động cơ điện cần được bảo vệ quá tải, sau đó chỉnh giá trị của dòng điện tác động là: $I_{qd} = (1,2 \div 1,3) I_{dm}$.

Vì role nhiệt hoạt động trên cơ sở băng lưỡng kim bị nung nóng, đặc tính làm việc của role nhiệt bị ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường xung quanh. Khi nhiệt độ môi trường xung quanh tăng, role nhiệt sẽ tác động sớm hơn (dòng điện tác động giảm), và ngược lại, nếu nhiệt độ môi trường giảm, thời gian tác động của role muộn hơn...

2. Các phần tử điều khiển có tiếp điểm

2.1. Công tắc

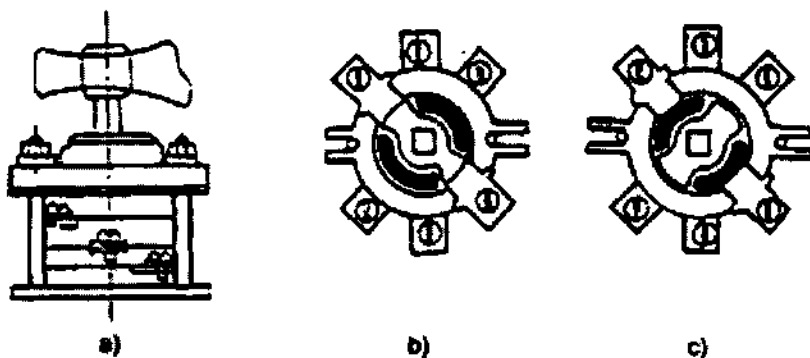
Công tắc là khí cụ đóng/cắt mạch điện hạ áp bằng tay hoặc bằng tác động cơ khí.

Công tắc được chế tạo theo kiểu hở, kín, đóng/cắt trực tiếp mạch chiếu sáng hay mạch động lực công suất nhỏ, hoặc chỉ chuyên dùng trong mạch điều khiển.

Công tắc rất đa dạng về kiểu, loại, song nguyên lý đều có các tiếp điểm động và tĩnh. Mạch điện được nối điện (đóng điện) khi tiếp điểm động tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh. Lúc này điện trở ở công tắc rất nhỏ ($R_{qd} \approx 0$). Mạch điện bị cắt khi 2 tiếp điểm rời xa nhau. Điện trở ở công tắc lúc này rất lớn, bằng điện trở không khí giữa 2 tiếp điểm ($R_{qd} \approx \infty$). Hai tiếp điểm càng xa nhau, điện trở càng lớn. Số tiếp điểm của các công tắc khác nhau cũng khác nhau, tùy theo mục đích sử dụng. Việc đóng, ngắt các tiếp điểm cũng có thể theo các nguyên tắc cơ khí khác nhau: kiểu dùng lẫy, kiểu dùng lò xo...

Để dập tắt nhanh hồ quang khi thao tác, các công tắc đều có kết cấu lò xo xoắn hoặc lò xo lá nhằm hỗ trợ giảm ngắn thời gian đóng/ngắt các tiếp điểm.

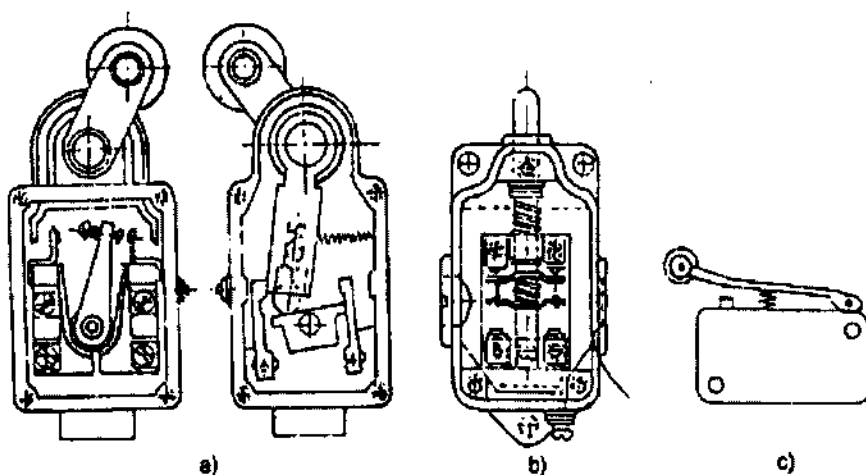
Hình 6.22 giới thiệu một kiểu công tắc xoay 3 pha.



Hình 6.22 - Công tắc xoay 3 pha.

- a) Hình dáng chung; b) Mặt cắt vị trí đóng tiếp điểm;
c) Mặt cắt vị trí ngắt tiếp điểm

Công tắc hành trình (hình 6.23) được lắp đặt tại một vị trí trên hành trình xác định trong một hệ truyền động điện để đóng/cắt mạch điều khiển theo vị trí hoặc để bảo vệ, đảm bảo an toàn cho hệ chuyển động ở cuối hành trình.

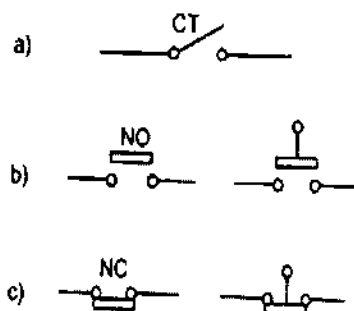


Hình 6.23 - Công tắc hành trình

- a) Kiểu gạt; b,c) Kiểu ti

Công tắc hành trình kiểu gạt (hình 6.23a) có cần gạt với bánh xe ở đầu cần. Khi bị gạt, cần gạt sẽ lật sang trái hoặc sang phải và từ đó, đóng hoặc ngắt tiếp điểm bên trong công tắc. Công tắc hành trình kiểu từ (hình 6.23b, c) sẽ chuyển đổi trạng thái tiếp điểm khi nút công tắc bị từ vào.

Ký hiệu tiếp điểm công tắc (hình 6.23) trên sơ đồ điện tương ứng như trong hình 6.24.



Hình 6.24 - Ký hiệu tiếp điểm công tắc (a) và công tắc hành trình (b,c)

2.2. Nút ấn

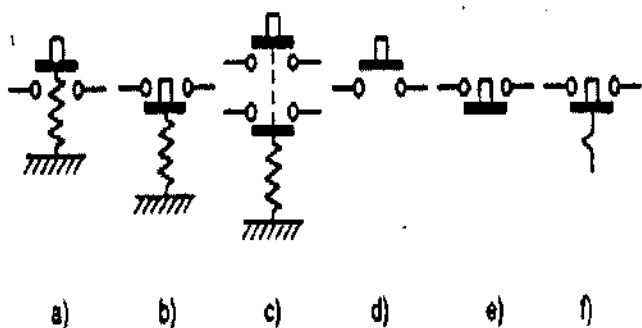
Nút ấn (hay nút bấm, nút điều khiển) dùng để đóng/cắt mạch ở lưới điện hạ áp.

Nút ấn thường được dùng để điều khiển các rơle, công tắc tơ, chuyển đổi mạch tín hiệu, bảo vệ... Phổ biến nhất là dùng nút ấn thẳng mạch điều khiển động cơ để mở máy, dừng và đảo chiều quay.

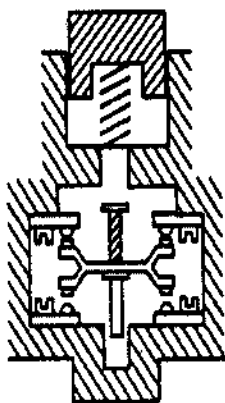
Nút ấn có kiểu hở và kiểu kín để chống bụi, nước, phòng nổ... và có loại có cả đèn báo để báo trạng thái của nút ấn (hình 6.25).

Trong hình 6.25a là nút ấn thường mở. Khi nút bị ấn thì mạch thông và khi thôi ấn - lò xo đẩy nút lên và cắt mạch. Nút ấn thường đóng (hình 6.25b) chỉ cắt mạch khi bị ấn. Nút ấn kết hợp cả thường mở và thường đóng (cho trong hình 6.25c). Hình 6.26 là cấu tạo của một loại nút ấn kết hợp thông dụng.

Một số loại nút ấn thường đóng dùng trong mạch bảo vệ hoặc mạch dừng còn có chốt khóa. Khi bị ấn, nút tự giữ trạng thái bị ấn. Muốn xóa trạng thái này, phải xoay nút đi một góc nào đó.



Hình 6.25 - Nguyên lý cấu tạo của nút ấn thường mở (a), thường đóng (b); kết hợp (c); nút ấn thường mở (d); thường đóng (e) và nút có chốt khóa (f).

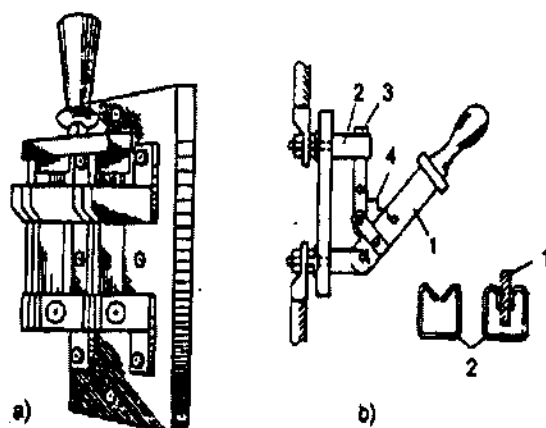


Hình 6.26 - Sơ đồ cấu tạo của nút ấn kết hợp

Nút ấn luôn duy trì trạng thái (khi bị ấn), chỉ có thể xoá trạng thái bị ấn trước đó bằng cách ấn tiếp một lần nữa để nút tự trở lại trạng thái ban đầu.

2.3. Cầu dao

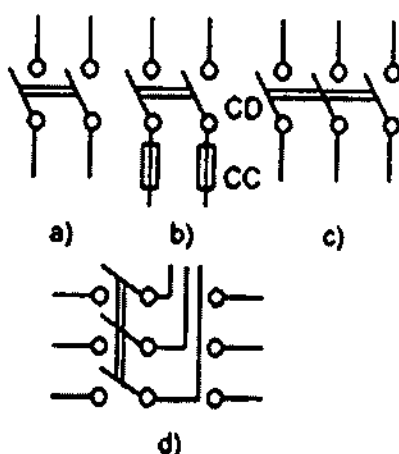
Cầu dao là khí cụ đóng - cắt mạch điện bằng tay trong lưới điện hạ áp dân dụng và công nghiệp, dải công suất nhỏ với tần suất đóng - cắt thấp (hình 6.27a). Cầu dao gồm có đế cách điện và lưỡi dao, má kẹp...



Hình 6.27 - Cầu dao chỉ có lưỡi dao chính (a) và có lưỡi dao phụ (b).
1 - Lưỡi dao chính ; 2 - Má kẹp ; 3 - Lưỡi dao phụ ; 4 - Lò xo.

Để dập tắt hồ quang nhanh khi ngắt cầu dao, cần phải kéo nhanh lưỡi dao ra khỏi má kẹp. Do tốc độ đóng cắt bằng tay không thể đạt tốc độ cần thiết, phải bố trí thêm lưỡi dao phụ (hình 6.27b). Lưỡi dao phụ 3 cùng lưỡi dao chính 1 bị kẹp trong kẹp 2 lúc đóng cầu dao. Khi ngắt, lưỡi dao chính bị kéo ra trước còn lưỡi dao phụ vẫn bị kẹp. Lò xo 4 bị kéo căng tới một mức nào đó sẽ bật nhanh, kéo lưỡi dao phụ 3 ra khỏi kẹp 2. Do vậy, hồ quang bị kéo dài ra nhanh hơn và bị dập tắt trong thời gian ngắn.

Cầu dao có thể được chế tạo gồm một cực (một lưỡi dao) hay nhiều cực, và có thể đóng về 1 phía hay 2 phía. Ký hiệu cầu dao cho trên hình 6.28.



Hình 6.28 - Ký hiệu cầu dao

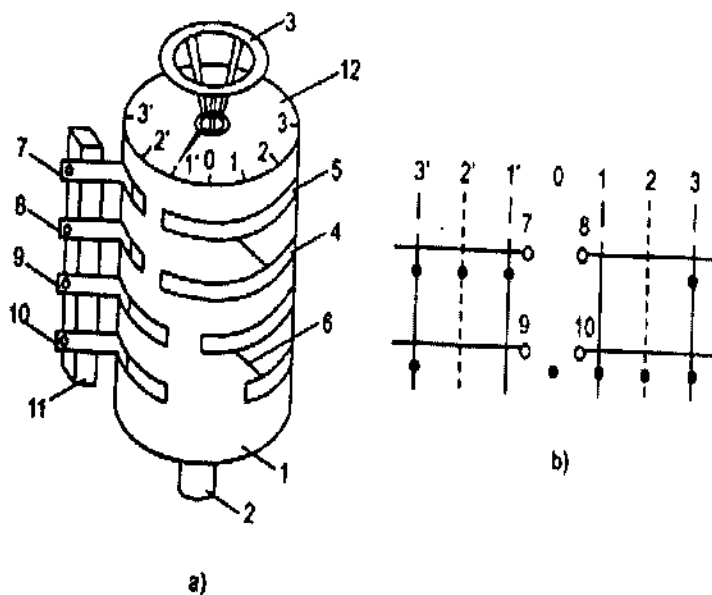
a) Hai cực; b) Có cầu chảy; c) Ba cực; d) Ba cực hai ngã

Cầu dao được phân loại theo điện áp (250V, 500V) và theo dòng điện (3A, 5A, 10A, 15A, ..., 100A, ...). Cầu dao có cấu tạo hở hoặc có hộp bảo vệ, thường kết hợp với cầu chảy để bảo vệ ngắn mạch (hình 6.28b).

2.4. Bộ khống chế

Bộ khống chế là khí cụ dùng để điều khiển gián tiếp qua mạch điều khiển (khống chế từ hay khống chế điều khiển), hoặc điều khiển trực tiếp qua mạch động lực các thiết bị điện (khống chế động lực).

Bộ khống chế có thể đóng - cắt đồng thời nhiều mạch và tùy theo cấu tạo có thể chia ra: bộ khống chế hình trống và bộ khống chế hình cam (hình 6.29a). Bộ khống chế hình trống gồm có: tang trống 1 có trục quay 2 được quay từng vị trí nhờ vô lăng 3. Trên tang trống có gắn các vành trượt tiếp xúc 4, 5... (hình 6.29a).



Hình 6.29 - Bộ khống chế hình trống
a) Cấu tạo ; b) Sơ đồ tiếp điểm.

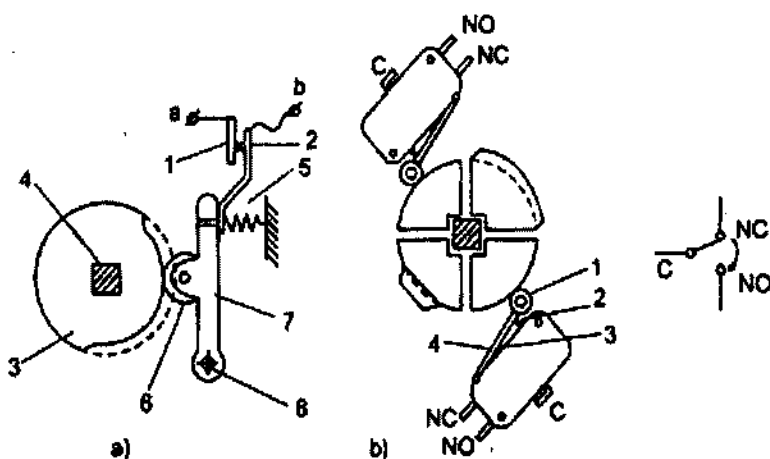
Các vành trượt được nối với nhau nhờ thanh nối 6, các má đồng tiếp xúc tĩnh 7 và 8 gắn trên thanh cách điện 11 nối liền mạch qua 2 vành tiếp xúc động 4 và 5 ở một góc quay tương ứng nào đó trên đĩa chia độ cố định 12.

Trong sơ đồ đấu nối tiếp điểm, các dấu chấm chỉ vị trí của bộ khống chế tại đó các tiếp điểm tương ứng được nối điện và các vị trí không có dấu chấm -

tiếp điểm bị mở (hở mạch). Trên hình 6.29b, tiếp điểm 9-10 được nối điện tại các vị trí 3', 0, 1, 2 và 3, còn tại các vị trí 2', 1': tiếp điểm 9-10 bị mở.

Bộ không chế hình trống có kết cấu cổng kênh, phức tạp và chương trình đóng-cắt tiếp điểm không thay đổi được. Bộ không chế hình cam khắc phục được một phần nhược điểm trên.

Hình 6.30a cho kết cấu một bộ không chế hình cam, gồm một chồng các đĩa cam 3 có cùng trục quay vuông 4. Các đĩa cam có biên dạng cam khác nhau tùy theo chương trình đóng - cắt. Khi quay trục 4, bánh lăn 6 luôn tiếp xúc với đĩa cam 3 nhờ lò xo 5 thông qua cần 7 có trục quay 8.



Hình 6.30 - Nguyên lý cấu tạo bộ không chế hình cam.

Ở phần khuyết của cam 3, tiếp điểm động 2 tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh 1 và mạch a-b được nối điện. Ở phần lồi của cam 3, bánh lăn 6 bị đẩy sang phải, nén lò xo 5 và 2, làm tiếp điểm 1-2 rời xa nhau (mạch a-b bị ngắt).

Để tăng độ linh hoạt cho bộ không chế, chia đĩa cam thành 4 phần (hình 6.30b) với các biên dạng cam khác nhau rồi ghép lại. Nhờ vậy, với một vòng quay của đĩa cam, có thể bố trí nhiều chương trình điều khiển khác nhau. Các công tắc nhỏ (mini) cũng được chế tạo riêng rồi gá lắp xung quanh đĩa cam. Ở phần lõm của cam, bánh xe 1 tì sát cam nhưng thanh 4 không tì vào đầu ấn 3 của công tắc. Lúc này tiếp điểm chung C nối điện với tiếp điểm thường đóng NC mà không nối với tiếp điểm thường mở NO. Khi phần lồi của cam tì vào bánh lăn 1, thanh 4 nén lò xo 2 và ấn vào đầu ấn 3 của công tắc - tiếp điểm chung 4 sẽ đóng sang tiếp điểm thường mở NO và rời khỏi tiếp điểm thường đóng NC.

Bộ không chế hình cam có tần suất đóng - cắt (vài ngàn lần/giờ) lớn hơn bộ không chế hình trống (chỉ vài trăm lần/giờ) và thao tác dứt khoát hơn do lực tiếp xúc khỏe hơn.

Bộ không chế phải được lựa chọn dựa trên điện áp của mạch công tác và dòng điện cho phép đi qua các tiếp điểm. Dòng điện của tiếp điểm bộ không chế động lực được chọn với hệ số dự trữ $k_{dt} = 1,2$ đối với dòng một chiều:

$$I = 1,2 \frac{P}{U} 10^3, \text{ A} \quad (6.41)$$

và $k_{dt} = 1,3$ đối với dòng xoay chiều:

$$I = 1,3 \frac{P}{\sqrt{3} \cos \varphi} 10^3, \text{ A} \quad (6.42)$$

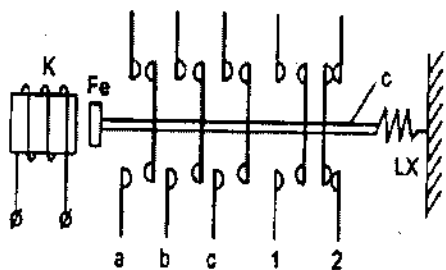
Trong đó: P - công suất động cơ điện, kW;

U - điện áp nguồn, V.

2.5. Công tắc tơ

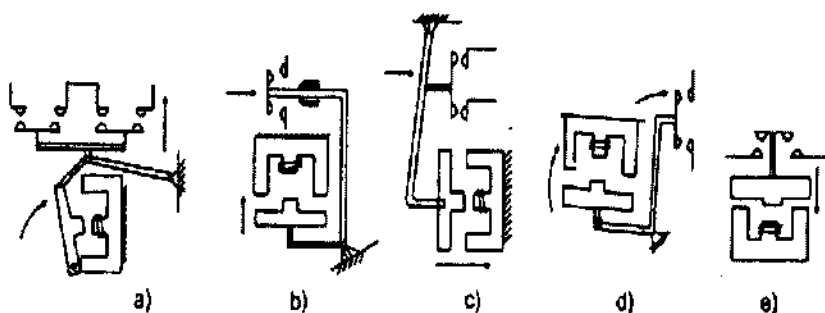
Công tắc tơ (Contactor) là khí cụ điều khiển từ xa dùng để đóng/cắt mạch động lực trong lưới điện hạ áp và dòng điện tới vài trăm, thậm chí vài nghìn ampe. Dựa vào điện áp cuộn dây điều khiển, phân biệt công tắc tơ một chiều và xoay chiều.

Phần tử chính của công tắc tơ là cuộn hút điện từ điều khiển K và hệ thống các tiếp điểm (hình 6.31). Khi cuộn K không có điện, lò xo LX kéo cần C mở các tiếp điểm động lực (tiếp điểm chính) a, b, c và tiếp điểm điều khiển 1 (tiếp điểm phụ), đồng thời đóng tiếp điểm điều khiển 2. Các tiếp điểm 1, a, b, c là các tiếp điểm thường mở (hở khi K không có điện), tiếp điểm 2 là tiếp điểm thường đóng (kín khi K không có điện). Khi cấp điện cho cuộn K , lõi sắt Fe bị hút, kéo căng lò xo LX và cần C sẽ đóng các tiếp điểm 1, a, b, c và mở tiếp điểm 2.



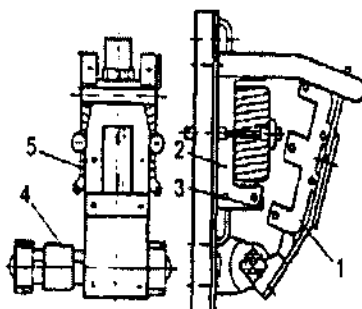
Hình 6.31 - Nguyên lý cấu tạo của công tắc tơ.

Tùy theo mục đích sử dụng mà các tiếp điểm được nối vào mạch lực hay mạch điều khiển một cách thích hợp.

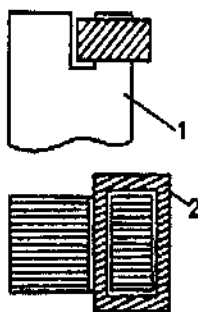


Hình 6.32 - Một số cơ cấu truyền động đóng/mở các tiếp điểm của công tắc tơ

Một vài kiểu truyền động đóng/mở các tiếp điểm được minh họa trên hình 6.32. Trong hình 6.33 là kết cấu cụ thể của một loại công tắc tơ xoay chiều.



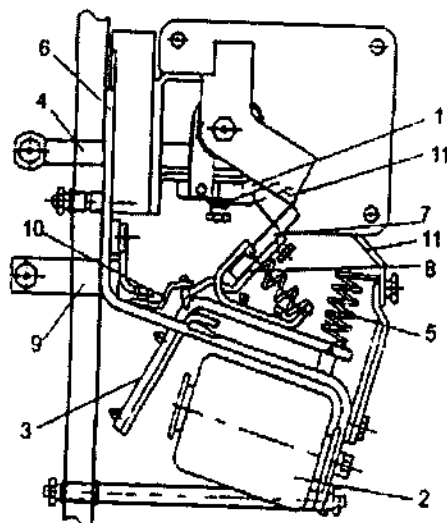
Hình 6.33 - Sơ đồ kết cấu của công tắc tơ xoay chiều.
1. Nắp từ động; 2. Lõi từ tĩnh; 3. Vòng ngắn mạch; 4. Trục quay;
5. Cuộn hút điện từ



Hình 6.34 - Vòng ngắn mạch ở đầu cực lõi từ tĩnh

Dòng xoay chiều qua cuộn hút sẽ tạo ra từ thông xoay chiều và từ thông biến thiên đổi chiều 100 lần trong 1 giây (trong mạng điện lưới công nghiệp tần số 50Hz). Thời điểm từ thông đảo chiều qua điểm 0, lực hút nắp từ động bằng 0 và lò xo phản hồi làm nắp từ động rời khỏi lõi từ tĩnh. Nhưng vì thời gian tại đó $\Phi = 0$ rất ngắn và do quán tính cơ nên nắp từ động chưa kịp rời khỏi lõi từ đã bị hút lại, rung và phát tiếng kêu o o, cuộn dây bị nóng. Để khắc phục hiện tượng trên, phải bố trí vòng ngắn mạch chống rung 2 bằng đồng, ôm lấy một phần của đầu cực từ tĩnh 1 (hình 6.34). Từ thông chính biến thiên qua vòng ngắn mạch sẽ làm xuất hiện một dòng điện cảm ứng, từ thông của dòng cảm ứng lệch pha so với từ thông chính sao cho khi từ thông chính đổi chiều qua giá trị 0 thì từ thông của vòng ngắn mạch đạt trị số cực đại, tạo lực hút nắp từ động.

Công tắc tơ một chiều có mạch từ làm bằng sắt từ mềm, ít bị nóng hơn so với công tắc tơ xoay chiều. Lõi từ của công tắc tơ xoay chiều được ghép lại từ các lá tôn silic mỏng để hạn chế dòng xoáy Phuocô sinh nhiệt.



Hình 6.35 - Kết cấu của công tắc tơ một chiều

Trong hình 6.35 cho kết cấu của công tắc tơ một chiều gồm lõi thép 6 và cuộn dây điện từ 2 ôm bao quanh. Khi cấp điện, cuộn 2 hút lá thép động 3, nén lò xo 5 và tì tiếp điểm động 7 vào tiếp điểm tĩnh 1, mạch điện được nối mạch theo đường: cọc đầu dây 9 - dây dẫn mềm nhiều sợi 10 - tiếp điểm động 7 -

tiếp điểm tĩnh 1 - cọc đầu dây 4. Lò xo 8 có tác dụng tăng cường lực ép giữa tiếp điểm động và tĩnh.

Công tắc tơ có dòng làm việc lớn phải có biện pháp dập hồ quang khi đóng/cắt (nhất là khi cắt). Hồ quang 11 phát sinh giữa 2 tiếp điểm sẽ làm dòng điện không bị ngắt ngay và hồ quang cháy lâu sẽ làm hỏng các tiếp điểm. Cần thiết phải tắt nhanh hồ quang, hạn chế phạm vi cháy và tránh hiện tượng quá điện áp khi hồ quang tắt.

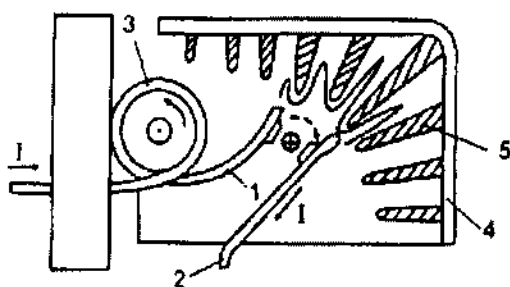
Hồ quang một chiều và xoay chiều có khác nhau nhưng các bộ phận dập hồ quang ở công tắc tơ thường dùng các biện pháp sau đây:

a) *Kéo dài hồ quang bằng cơ khí.* Khi hồ quang bị kéo dài thì đường kính thân hồ quang giảm, điện trở hồ quang tăng, dòng hồ quang suy giảm nhanh, dễ tắt;

b) *Tăng tốc độ chuyển động của tiếp điểm động.* Biện pháp này có tác dụng kéo dài nhanh hồ quang làm hồ quang tắt mau.

Hai biện pháp trên thường được sử dụng để dập hồ quang ở cầu dao.

c) *Dùng cuộn dây thối từ (cuộn dây dập từ) và dập hồ quang.* Cuộn dây thối từ là cuộn chứa vài vòng dây đồng có lõi thép hờ hoặc không có lõi thép. Cuộn này mắc nối tiếp với tiếp điểm và đặt ở gần tiếp điểm có hồ quang, sao cho từ trường do cuộn dây tạo ra vuông góc với dòng điện hồ quang.



Hình 6.36 - Tác dụng dập hồ quang của cuộn dây thối từ.

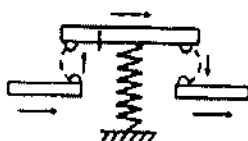
1 - Tiếp điểm tĩnh; 2 - Tiếp điểm động; 3 - Cuộn dây thối từ;

4 - Buồng dập hồ quang; 5 - Vách ngăn

Khi tiếp điểm động 2 rời khỏi tiếp điểm tĩnh 1, dòng điện cảm ứng lúc ngắt mạch phóng qua không gian giữa 2 tiếp điểm gây nên hồ quang điện (mũi tên nét đứt). Dòng điện qua cuộn thối từ sẽ tạo từ trường hướng ra khỏi hình vẽ vòng vào qua khu vực giữa 2 tiếp điểm (hình 6.36). Từ trường này tác dụng

vào dòng điện hồ quang một từ lực (theo quy tắc bàn tay trái) đẩy hồ quang vào các khe ngăn của buồng dập hồ quang. Hồ quang dễ dàng bị dập tắt vì bị kéo dài trong các khe, bị phân chia thành nhiều đoạn ngắn và bị mất nhiệt do tiếp xúc với vách ngăn của buồng dập hồ quang.

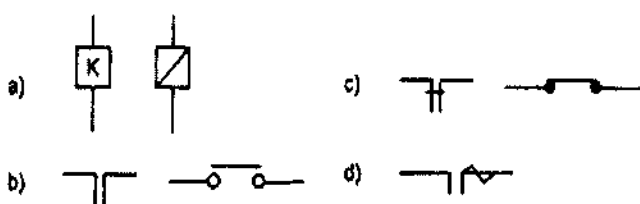
d) *Dùng tiếp điểm bắc cầu.* Với tiếp điểm kiểu này (hình 6.37), khi ngắt mạch sẽ có 2 hồ quang xuất hiện và hồ quang như được phân chia thành 2, bị kéo dài gấp đôi. Ngoài ra, 2 dòng điện hồ quang song song ngược chiều nhau tạo nên lực đẩy tương tác giữa chúng, kéo hồ quang về 2 phía. Nhờ vậy hồ quang dễ bị dập tắt.



Hình 6.37 - Tiếp điểm kiểu bắc cầu

Mạch cuộn hút và mạch tiếp điểm của công tắc tơ không liên quan với nhau nên việc cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực là rất cao. Điện áp cấp cho cuộn hút cần đảm bảo tối thiểu 85% điện áp định mức, để có đủ lực hút và không quá 105% điện áp định mức để không bị nóng quá nhiệt độ cho phép.

Ký hiệu các phần tử của công tắc tơ cho trên hình 6.38.



Hình 6.38 - Ký hiệu các phần tử của một công tắc tơ

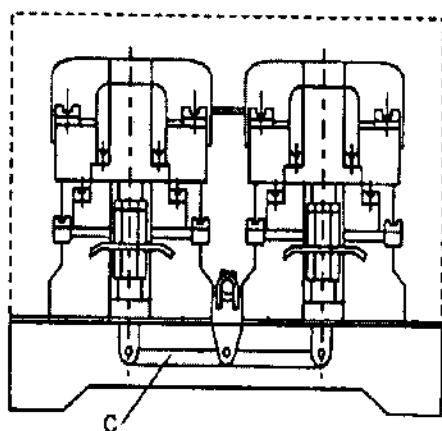
- a) Cuộn hút điện từ; b) Tiếp điểm thường mở; c) Tiếp điểm thường đóng;
d) Tiếp điểm thường mở có dập hồ quang.

2.6. Khởi động từ

Khởi động từ là một khí cụ kết hợp giữa công tắc tơ và role nhiệt để điều khiển động cơ và bảo vệ quá tải cho động cơ. Phân biệt hai loại khởi động từ:

a) Khởi động từ đơn, gồm một công tắc tơ kết hợp với 2 rơle nhiệt sử dụng để điều khiển động cơ xoay chiều ba pha làm việc theo một chiều quay xác định.

b) Khởi động từ kép, gồm hai công tắc tơ kết hợp với 2 rơle nhiệt dùng để điều khiển động cơ xoay chiều ba pha làm việc theo hai chiều quay thuận/nghịch. Hai công tắc tơ dùng để đảo chiều quay động cơ phải được bảo vệ để không bị kích hoạt đồng thời, tránh gây chập mạch giữa các pha. Để tránh sự cố do hai công tắc tơ cùng hút, sử dụng mạch loại trừ khóa chéo liên động về điện hoặc cần cơ khí C kiểu đòn bẩy (hình 6.39) để đảm bảo trong mọi trường hợp, chỉ có một công tắc tơ được kích hoạt.



Hình 6.39 - Hai công tắc tơ có cần khóa chéo cơ khí

2.7. Aptomat

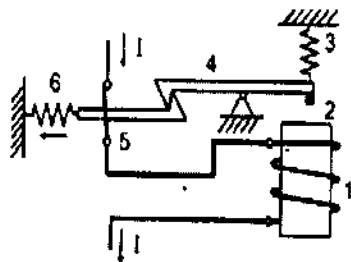
Aptomat (máy ngắt tự động) là khí cụ điện đóng mạch bằng tay và cắt mạch tự động khi có sự cố ngắn mạch, quá dòng, quá áp, sụt áp...

Đôi khi trong kỹ thuật cũng sử dụng aptomat để đóng/cắt không thường xuyên các mạch điện làm việc ở chế độ bình thường. Kết cấu các aptomat rất đa dạng và được chia theo các chức năng bảo vệ: aptomat dòng điện cực đại, aptomat dòng điện cực tiểu, aptomat điện áp thấp, aptomat công suất ngược...

a) Nguyên lý làm việc của aptomat dòng điện cực đại cho trong hình 6.40. Sau khi đóng aptomat bằng tay, mạch điện cần bảo vệ được cấp điện. Lúc này hai má ở cần 4 và đòn 5 móc vào nhau, nối thông mạch.

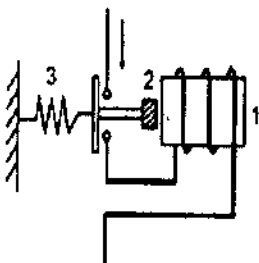
Khi dòng điện vượt quá trị số chỉnh định cho phép (qua lực căng của lò xo 3), cuộn điện từ 1 nối tiếp với mạch lực sẽ đủ lớn, thắng lực cản của lò xo 3, hút nắp từ động 2, làm cần 4 quay nhả móc hãm. Lò xo 6 kéo rời tiếp điểm

động ra khỏi tiếp điểm tĩnh để cắt mạch, bảo vệ mạch không bị quá dòng điện ở một giá trị đặt nào đó.



Hình 6.40 - Nguyên lý làm việc của một aptomat dòng điện cực đại

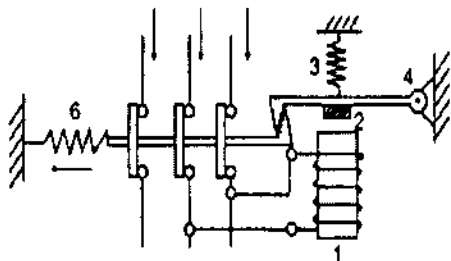
b) Nguyên lý làm việc của aptomat dòng điện cực tiểu (hình 6.41). Bình thường dòng điện làm việc lớn hơn dòng cắt (dòng nhỏ) nên cuộn 1 đủ lực hút để giữ nắp từ động 2 và mạch được khép kín.



Hình 6.41- Nguyên lý làm việc của một aptomat dòng điện cực tiểu

Khi dòng điện giảm thấp hơn dòng cắt, cuộn 1 không đủ từ lực để ép giữ lò xo 3, khiến nắp từ động 2 bị lò xo kéo ra, mở tiếp điểm, cắt dòng điện.

Sau khi đóng aptomat bảo vệ điện áp thấp (hình 6.42) bằng tay, cuộn hút 1 có đủ điện áp hút nắp từ 2 để chốt đầu cần 4 và đầu đòn 5 móc vào nhau, giữ các tiếp điểm nối liền mạch.

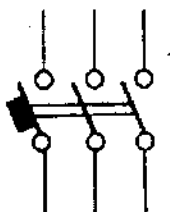


Hình 6.42 - Nguyên lý làm việc của aptomat điện áp thấp

Khi điện áp nguồn giảm thấp dưới mức chỉnh định, cuộn 1 không đủ lực điện từ để duy trì, lực từ yếu và lò xo 3 kéo nắp từ 2 lên, nhả chốt cắt mạch.

Thực tế còn nhiều loại aptomat với các chức năng bảo vệ khác nhau.

Ký hiệu aptomat cho trong hình 6.43.



Hình 6.43- Ký hiệu của aptomat trên sơ đồ điện

3. Role điều khiển và role bảo vệ

Role là khí cụ dùng để đóng/cắt mạch điều khiển hoặc mạch bảo vệ, liên kết các khối điều khiển khác nhau nhằm thực hiện các thao tác logic theo một quá trình công nghệ nhất định.

Role được chế tạo nhiều kiểu với các nguyên lý làm việc và chức năng khác nhau, có thể được phân loại theo nguyên lý làm việc, đại lượng đầu vào và nguồn điện cung cấp.

1) Theo nguyên lý làm việc có: role điện từ, role từ điện, role điện động, role cảm ứng, role nhiệt, role bán dẫn, role quang...

2) Theo đại lượng điện đầu vào phân biệt: role dòng điện, role điện áp, role tần số...

3) Theo loại dòng điện phân biệt: role một chiều, role xoay chiều.

4) Theo nguyên lý tác động của cơ cấu chấp hành: role tiếp điểm, role không tiếp điểm.

5) Theo trị số và chiều đại lượng đầu vào: role cực đại, role cực tiểu, role sai lệch...

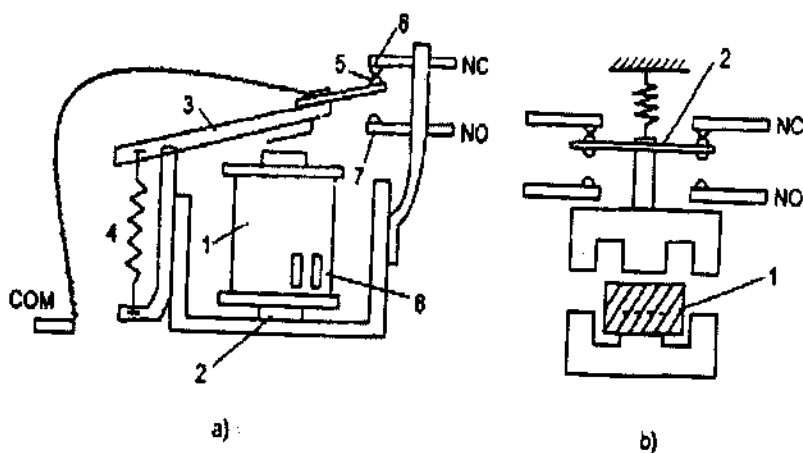
Sau đây xem xét một số loại role được sử dụng phổ biến trong các hệ truyền động điện tự động hiện nay.

3.1. Role điện từ

Role điện từ là loại role đơn giản và cũng được sử dụng rộng rãi nhất. Role làm việc trên nguyên lý điện từ và về kết cấu, nó tương tự như công tắc tơ nhưng chỉ dùng để đóng/cắt mạch điều khiển, không trực tiếp trong mạch lực.

Hình 6.44a là nguyên lý cấu tạo của role điện từ một chiều kiểu bản lề.

Cuộn dây 1 quấn quanh lõi sắt 2 và hai đầu dây nối ra hai chấu cắm 8. Nắp từ động 3 được lò xo 4 kéo bật lên để tiếp điểm động 5 (tiếp điểm chung COM) tì vào tiếp điểm tĩnh 6 (tiếp điểm thường đóng NC), còn tiếp điểm tĩnh 7 mở (tiếp điểm thường mở NO). Khi cuộn điện từ được cấp điện, nó sẽ hút nắp từ động và tiếp điểm NO được nối với tiếp điểm COM, còn tiếp điểm NC được ngắt khỏi tiếp điểm COM.



Hình 6.44 - Nguyên lý cấu tạo role điện từ
a) Kiểu bản lề ; b) Dạng piston

Nguyên lý cấu tạo của role điện từ dạng piston (hình 6.44b) có tiếp điểm động kiểu bắc cầu 2, cuộn hút điện xoay chiều 1.

Role điện từ gồm 3 phần chính:

- **Cơ cấu thu nhận tín hiệu:** Cuộn hút điện từ, tiếp nhận tín hiệu vào (dòng điện, điện áp) và khi đạt một giá trị nào đó thì role tác động.
- **Cơ cấu trung gian:** Mạch từ, giúp tạo ra lực hút khi cuộn điện từ có điện và so sánh lực này với lực đặt trước liên quan tới lò xo phản hồi. Kết quả tác động được truyền tới cơ cấu chấp hành.
- **Cơ cấu chấp hành:** Hệ thống các tiếp điểm. Chúng tác động sẽ truyền tín hiệu cho mạch điều khiển.

Thời gian tác động t_{td} của role, được tính từ lúc cuộn hút được cấp điện cho đến khi tiếp điểm thường mở đóng lại hoàn toàn hoặc tiếp điểm thường đóng - mở ra hoàn toàn.

Tùy thuộc độ lớn của thời gian t_{td} mà role được chia ra làm ba loại:

- 1) Role không quán tính: $t_{td} < 1ms$

2) Role tác động nhanh: $t_{td} (1 \div 100)ms$

3) Role thời gian: $t_{td} > 100ms$

Thời gian tác động của role đôi khi còn gọi là thời gian trễ.

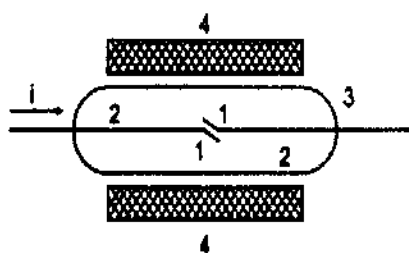
3.2. Role trung gian

Nhiệm vụ của role trung gian là khuếch đại các tín hiệu điều khiển và liên kết giữa các phần tử điều khiển khác nhau. Role trung gian thường là role điện từ, có số lượng tiếp điểm nhiều hơn so với các loại role khác. Role trung gian có độ phân cách về điện tốt giữa mạch cuộn hút và mạch tiếp điểm.

3.3. Role lưỡi gà

Role lưỡi gà (role Reed hay contactron) là role điện từ có chức năng như một role trung gian nhưng kích thước rất nhỏ, tần số thao tác đóng/cắt lớn.

Role lưỡi gà thường được dùng trong các hệ điều khiển tự động. Nguyên lý cấu tạo của role lưỡi gà cho trong hình 6.45.



Hình 6.45 - Nguyên lý cấu tạo của role lưỡi gà

Hai tiếp điểm bằng platin 1 gắn ở đầu 2 thanh dẫn bằng thép lò xo 2 kiểu "lưỡi gà" được đặt trong ống thủy tinh 3 đã hút hết không khí hoặc được nạp khí trơ để dập hồ quang. Khi cuộn dây 4 ôm xung quanh ống 3 được cấp nguồn điện áp, tạo ra từ trường trong ống 3, hai thanh dẫn 2 bị nhiễm từ khiến các tiếp điểm 1 hút nhau và nối mạch. Khi cuộn dây 4 bị cắt điện, lực đàn hồi của 2 thanh dẫn 2 sẽ tách các tiếp điểm 1, ngắt mạch. Role lưỡi gà có nhiều ưu điểm sau:

- Tiếp điểm làm việc trong chân không hay khí trơ loãng nên hầu như không có hồ quang lúc đóng/cắt. Tiếp điểm bền do không bị oxy hóa.
- Khoảng cách giữa hai tiếp điểm nhỏ nên thời gian tác động nhanh ($0,4 \div 2,0$)ms và tần số thao tác đạt tới $400 \div 2000$ lần/s.
- Dòng đóng/cắt công tác có thể đạt $1 \div 5A$.

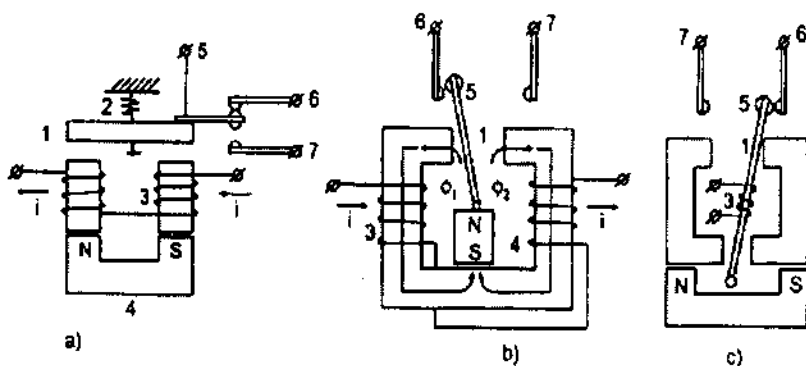
- Từ trường điều khiển nhỏ $F = 20 \div 200$ Ampe vòng.

Tuy nhiên, loại role lõi gà thường chỉ có 1 bộ tiếp điểm thường mở.

3.4. Role phân cực

Role phân cực là loại role điện từ, được trang bị thêm nam châm vĩnh cửu để tạo ra từ trường phân cực, điều khiển chiều chuyển động của nắp từ động theo chiều dòng điện trong cuộn dây.

Role phân cực có thể có mạch từ nối tiếp, song song hay kiểu cầu tùy thuộc cách nối mạch từ của nam châm vĩnh cửu đối với mạch từ của cuộn dây điện từ (hình 6.46).



Hình 6.46 - Nguyên lý làm việc của vài loại role phân cực.

a) Role phân cực từ nối tiếp; b) Role phân cực từ song song;

c) Role phân cực từ kiểu cầu

Đối với role phân cực từ nối tiếp (hình 6.46a), nắp từ động 1 mang tiếp điểm chung 5 sẽ bị hút khi từ thông của cuộn điện từ 3 và từ thông của nam châm vĩnh cửu 4 cùng chiều. Lúc đó, tiếp điểm 5 - 6 mở, còn 5 - 7 đóng. Khi hai từ trường ngược chiều nhau (dòng i có chiều ngược mũi tên ở hình vẽ) thì lò xo 2 sẽ kéo nắp từ động lên và trạng thái tiếp điểm đảo ngược lại. Loại role này ít được dùng vì khi từ trường của cuộn điện từ 3 và từ trường nam châm vĩnh cửu 4 ngược chiều nhau, gây hiện tượng khử từ nam châm vĩnh cửu.

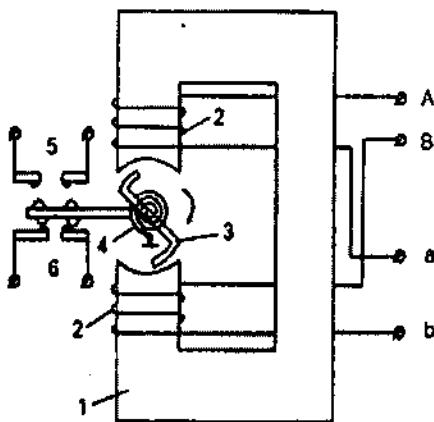
Đối với role phân cực mạch từ song song (hình 6.46b), từ trường cuộn 3 hầu như không móc vòng qua nam châm 4 vì mạch từ của nam châm 4 có từ trở lớn. Từ trường nam châm 4 qua nắp từ động sẽ chia ra làm hai phần: Φ_1 phía trái và Φ_2 phía phải. Giả sử: nắp từ động bố trí như hình vẽ, khe hở không khí bên phải lớn hơn nên $\Phi_1 > \Phi_2$ và nắp từ động nằm ổn định phía

bên trái. Nếu cuộn 3 có điện áp và dòng điện có chiều như cho trong hình vẽ, từ trường tạo ra ngược chiều với Φ_1 , cùng chiều với Φ_2 . Từ thông khe hở bên trái ($\Phi - \Phi_1$) bị giảm, còn ở bên phải ($\Phi + \Phi_2$) tăng lên - nắp từ động bị hút sang phải, làm các tiếp điểm 5 - 6 mở ra và 5 - 7 đóng lại. Vị trí của nắp từ động sẽ giữ nguyên ngay cả khi cuộn 3 mất điện. Muốn lật trạng thái, phải đảo chiều dòng điện.

Đối với rơle phân cực mạch từ kiểu cầu (hình 6.46c), từ trường cuộn điện từ 3 cũng không móc vòng qua nam châm vĩnh cửu mà qua hai nửa mạch từ ở phía trên. Khi cuộn 3 không có điện áp nắp từ động ở khe không khí phía trên hầu như không có lực tác động. Khi đó, chỉ cần một dòng điện nhỏ trong cuộn 3 cũng có thể thay đổi vị trí nắp từ động. Rơle loại này có độ nhạy lớn hơn so với kiểu mạch song song.

3.5. Rơle dòng điện

Rơle dòng điện dùng bảo vệ mạch điện khi dòng điện trong mạch tăng hay giảm quá mức của trị số cho trước đã được chỉnh định trong rơle.



Hình 6.47 - Nguyên lý cấu tạo và làm việc của rơle dòng điện cực đại

Sơ đồ nguyên lý rơle dòng điện cho trong hình 6.47. Trên mạch từ 1 quấn cuộn dây dòng điện 2 nhiều đầu ra. Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây 2 thì từ trường tạo ra sẽ tác động một từ lực lên nắp từ động hình Z bằng sắt từ. Nếu dòng điện vượt quá giá trị chỉnh định (qua lực căng lò xo 4) thì từ lực đủ lớn để thắng lực cản lò xo, hút nắp Z quay và đóng (hoặc mở) hệ tiếp điểm 5, 6.

Trị số dòng điện tác động có thể chỉnh định "thô" qua đổi nối song song hoặc nối tiếp hai cuộn dây 2, chỉnh "tinh" qua lực căng lò xo 4.

Role dòng điện được sử dụng để bảo vệ thiết bị điện khỏi tác động của dòng điện cực đại, cuộn dây role mắc nối tiếp với mạch cần bảo vệ.

3.6. Role điện áp

Role điện áp dùng để bảo vệ các thiết bị điện khi điện áp đặt vào thiết bị tăng hoặc giảm quá mức quy định.

Role điện áp có nguyên lý cấu tạo và làm việc tương tự như role dòng điện. Điểm khác nhau là: cuộn dây role dòng điện ít vòng, tiết diện dây to còn cuộn dây role điện áp có nhiều vòng, tiết diện dây nhỏ. Cuộn dây role dòng điện mắc nối tiếp còn cuộn dây role điện áp mắc song song với mạch điện của thiết bị cần bảo vệ.

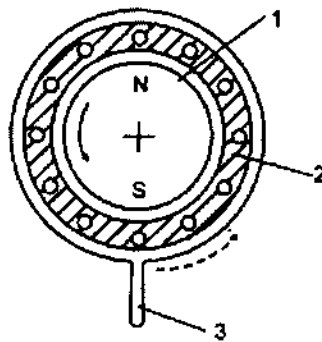
3.7. Role kiểm tra tốc độ

Role kiểm tra tốc độ được sử dụng để thay đổi chế độ làm việc của hệ truyền động (động cơ) ở trong dải tốc độ cho trước.

Đại lượng vào là tốc độ quay của động cơ điện (hoặc của máy công tác), đại lượng ra là vị trí của tiếp điểm. Khi vận tốc quay đạt một giá trị cho trước nào đó, role sẽ tác động, đóng/cắt tiếp điểm của nó trong mạch điều khiển hoặc bảo vệ. Hai kiểu role kiểm tra tốc độ quay phổ biến được trình bày dưới đây:

3.7.1. Role kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng

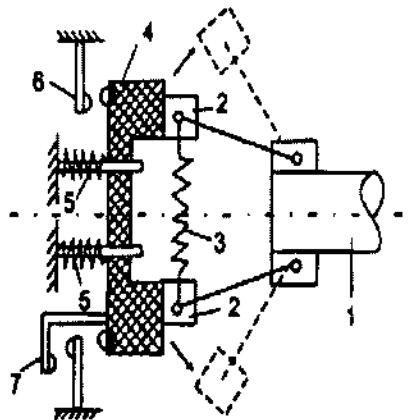
Trong hình 6.48 cho sơ đồ nguyên lý của role kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng. Khi nam châm 1 quay (cùng với trục quay động cơ) sẽ tạo ra từ trường quay quét qua các thanh dẫn của lồng sóc 2. Suất điện động cảm ứng xuất hiện tạo ra dòng điện trong mạch các thanh dẫn lồng sóc nối ngắn mạch. Từ trường quay của nam châm tác động vào dòng cảm ứng này một từ lực, tạo ra mômen có xu hướng làm quay lồng sóc theo chiều quay của từ trường. Nam châm quay nhanh, làm dòng cảm ứng tăng, mômen sinh ra tăng. Tới một vận tốc nào đó đủ lớn, mômen tác động thắng mômen cản ghì giữ, lồng sóc bắt đầu quay và cần 3 gắn với lồng sóc 2 sẽ quay - đóng/mở các tiếp điểm của role.



Hình 6.48 - Nguyên lý cấu tạo và làm việc của role kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng

3.7.2. Role kiểm tra tốc độ kiểu ly tâm

Trong hình 4.69 cho sơ đồ cấu tạo của role kiểm tra tốc độ kiểu ly tâm. Trục 1 quay cùng với động cơ, khi quay kéo theo 2 quả văng 2 cùng quay. Khi trục đứng yên, lò xo 3 kéo 2 quả văng vào đĩa cách điện 4, ép lò xo 5, đóng tiếp điểm thường đóng 6 và mở tiếp điểm thường mở 7.



Hình 6.49 - Role kiểm tra tốc độ kiểu ly tâm

Nếu vận tốc động cơ tăng đến một giá trị xác định được chỉnh định trước, lực ly tâm thắng lực kéo của lò xo 3 làm hai quả văng 2 văng xa trục 1 và giải phóng đĩa 4. Lò xo 5 đẩy đĩa 4 sang phải làm tiếp điểm 6 mở ra, tiếp điểm 7 đóng lại.

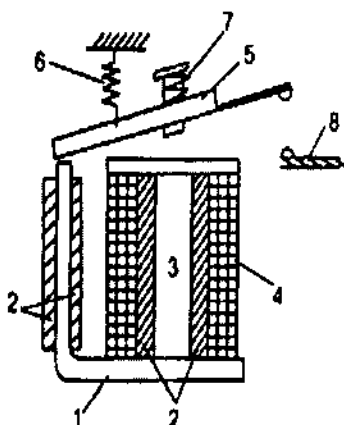
Role loại này hay dùng để ngắt tụ điện khởi động động cơ không đồng bộ một pha sau khi động cơ đã khởi động xong.

3.8. Role thời gian

Role thời gian là role tạo trễ. Sau một thời gian tín hiệu điều khiển ở đầu vào tác động, đầu ra mới có tác động phản ứng (tiếp điểm role mới đóng hoặc mở). Thời gian trễ có thể từ vài phần giây đến hàng giờ hoặc lâu hơn nữa. Role thời gian được chế tạo nhiều kiểu, sử dụng trong mạch một chiều và xoay chiều. Sau đây xem xét một số kiểu role thời gian thông dụng.

3.8.1. Role thời gian kiểu điện từ

Loại này dùng ở mạch một chiều và thời gian trễ tới 3s có cấu tạo và nguyên lý hoạt động như sau (hình 6.50).



Hình 6.50 - Sơ đồ nguyên lý role thời gian kiểu điện từ

Mạch từ trụ 3 và mạch từ chữ nhật 4 đều có vòng ngắn mạch 2 ôm xung quanh và tiếp điểm role được gắn trên nắp từ động 5. Khi đóng hay ngắt điện áp cuộn hút 1, từ thông trong lõi từ biến thiên làm xuất hiện dòng điện cảm ứng trong các vòng ngắn mạch. Từ trường của vòng ngắn mạch chống lại sự biến thiên của từ trường sinh ra nó, làm chậm lại tốc độ biến thiên của từ thông tạo ra bởi cuộn 1. Kết quả thời gian tác động của role cũng chậm lại.

Thời gian trễ của role có thể chỉnh định theo:

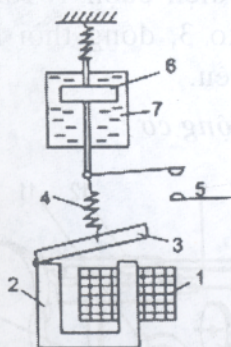
- Độ căng của lò xo nhà 6.
- Độ căng của lò xo 7 tạo ra lực tách nắp từ động 5 khỏi trụ từ 3.
- Khe hở phụ qua tấm đệm phi từ tính giữa nắp từ động 5 và trụ từ 3.

3.8.2. Role thời gian kiểu thủy khí

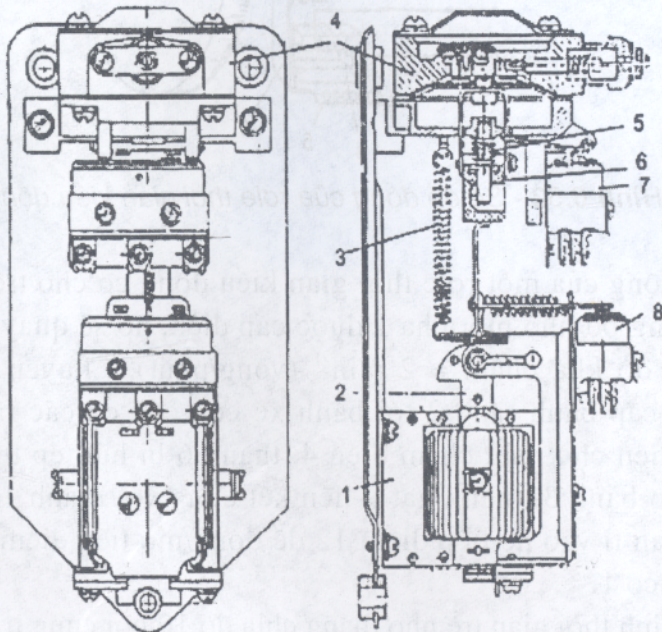
Cuộn hút 1 quấn trên lõi từ 2 (hình 6.51) được cấp điện sẽ hút nắp từ động 3, lò xo 4 bị kéo căng nhưng tiếp điểm 5 không đóng ngay vì piston 6

chuyển động chậm trong xi lanh dầu nhờn, làm cho tiếp điểm bị đóng chậm (hoặc nhả chậm).

Khi cuộn hút 1 bị cắt điện thì quá trình nhả cũng diễn ra chậm tương tự như trên. Role kiểu này dùng cả cho cuộn hút một chiều và xoay chiều.



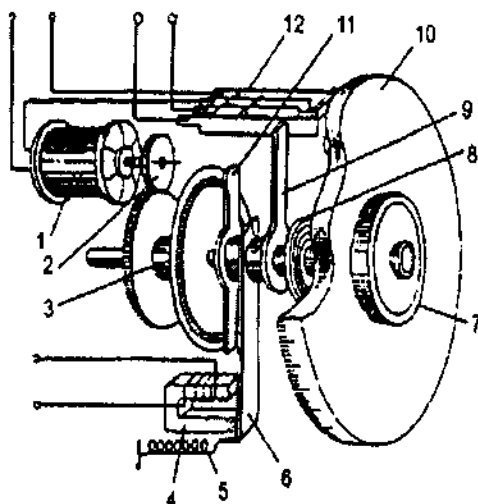
Hình 6.51 - Sơ đồ nguyên lý role thời gian kiểu thủy khí



Hình 6.52 - Role thời gian kiểu khí động.

Trong hình 6.52 cho sơ đồ nguyên lý role thời gian kiểu khí động có thời gian trễ $(0,4 \div 180)s$. Khi nam châm 1 có điện, nắp từ động 2 bị hút và tấm kẹp 5 được tự do. Lò xo 6 đẩy tấm kẹp xuống với tốc độ phụ thuộc luồng khí ở buồng 4 thoát ra qua một lỗ nhỏ. Tốc độ hạ xuống của tấm 5 có thể thay đổi được nhờ độ mở lỗ khí bằng một lỗ van trên role. Khi tới vị trí cuối cùng, nhờ thanh đòn ngang, tấm kẹp 5 tác động vào công tắc nhỏ 7, đóng hoặc cắt mạch. Khi cắt điện cuộn 1, role trở lại trạng thái ban đầu nhanh, không có trễ nhờ lò xo 3, đồng thời không khí được nạp lại vào buồng khí nhanh qua van 1 chiều.

3.8.3. Role thời gian kiểu động cơ



Hình 6.53 - Sơ đồ động của role thời gian kiểu động cơ.

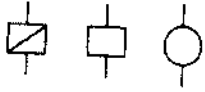
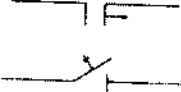
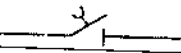
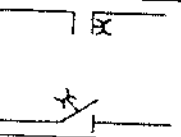
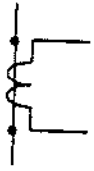
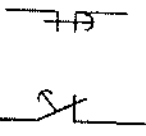
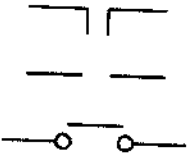
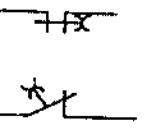
Sơ đồ động của một role thời gian kiểu động cơ cho trên hình 6.53. Khi động cơ đồng bộ nhỏ một pha 1 được cấp điện, nó sẽ quay và qua hộp giảm tốc, có tốc độ khá chậm $\approx 2 \text{ min}^{-1}$ (vòng/phút). Chuyển động quay được truyền qua cặp bánh răng 2 tới bánh xe con cóc có các răng ở mép trong. Lúc đóng điện cho nam châm điện 4, thanh 6 bị hút, ép thanh bánh cóc 11 ăn khớp vào bánh 3, thanh gạt 9 liên kết cứng với thanh 11 cùng quay, sau một thời gian tì vào hệ tiếp điểm 12 để đóng/mở tiếp điểm và đồng thời cắt mạch động cơ 1.

Chỉnh định thời gian trễ nhờ thang chia độ 10 nối cứng trục với thanh gạt 9 qua ốc hãm 7. Thanh gạt 9 càng gần hệ tiếp điểm 12 thì thời gian trễ càng nhỏ.

Role trở về vị trí và trạng thái ban đầu nhờ lò xo hồi 5 và 8 sau khi cắt điện nam châm 4.

Một số ký hiệu các phần tử role thường gặp cho trong bảng 6.11

Bảng 6.11 - Ký hiệu các phần tử role

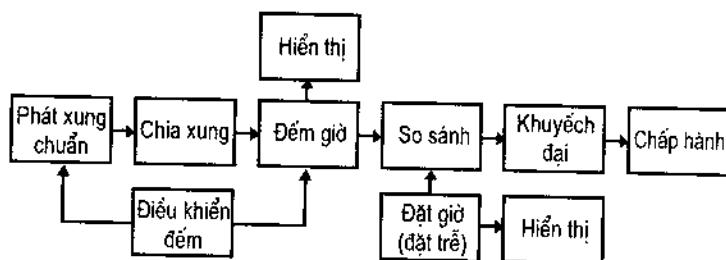
Ký hiệu	Ý nghĩa	Ký hiệu	Ý nghĩa
	Cuộn hút điện từ		Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở ngay
	Cuộn điện áp		Tiếp điểm thường mở, đóng ngay, mở chậm
	Cuộn dòng điện		Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở chậm
	Máy biến dòng		Tiếp điểm thường đóng, mở ngay, đóng chậm
	Tiếp điểm thường mở		Tiếp điểm thường đóng, đóng ngay, mở chậm
	Tiếp điểm thường đóng		Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở ngay

3.8.4. Role thời gian bán dẫn

Hiện nay, điều khiển thời gian trễ trong các mạch điều khiển tự động sử dụng chủ yếu các role thời gian bán dẫn, có các ưu điểm nổi trội như: bền, gọn, tiêu hao ít năng lượng, tác động nhanh, tin cậy, dải thời gian trễ lớn (từ vài phần giây đến hàng trăm giờ hoặc hơn). Mạch làm trễ thời gian bán dẫn rất đa dạng, nhưng dựa trên nguyên lý làm việc có thể được phân loại như sau:

1) Mạch trễ hoạt động dựa trên quá trình phóng hoặc nạp của tụ điện trong mạch R-C. Thời gian trễ điều chỉnh qua R. Trị số R, C càng lớn thì thời gian trễ càng lớn. Mạch này cho thời gian trễ không quá vài giờ.

2) Mạch trễ hoạt động dựa trên các bộ đếm, mạch trễ logic theo nguyên tắc đồng hồ. Thời gian trễ xác định bởi số đếm và tần số xung chuẩn. Thời gian trễ tăng khi số đếm tăng và khi giảm tần số xung chuẩn. Mạch này có thể cho thời gian trễ rất lớn, hình 6.54 là sơ đồ khối chức năng của một bộ trễ đếm giờ. Bộ đếm thời gian thực chất là đồng hồ hện giờ.



Hình 6.54 - Sơ đồ khối chức năng một bộ trễ.

Nếu 2 tín hiệu đếm và đặt bằng nhau thì đầu ra bộ so sánh sẽ có tín hiệu và sau khi qua khâu khuếch đại sẽ tác động vào bộ chấp hành: đóng mở các hệ tiếp điểm.

4. Thiết bị đóng cắt không tiếp điểm

Tiếp điểm đóng/cắt trong các thiết bị điều khiển thường kém bền do va đập cơ học, phóng điện hồ quang làm cháy, rỗ bề mặt và tần số đóng/cắt nhỏ do quán tính. Ngoài ra, độ tin cậy của thiết bị điều khiển có tiếp điểm kém hơn vì có thể đóng/cắt không dứt khoát (bị hờ, bị dính...).

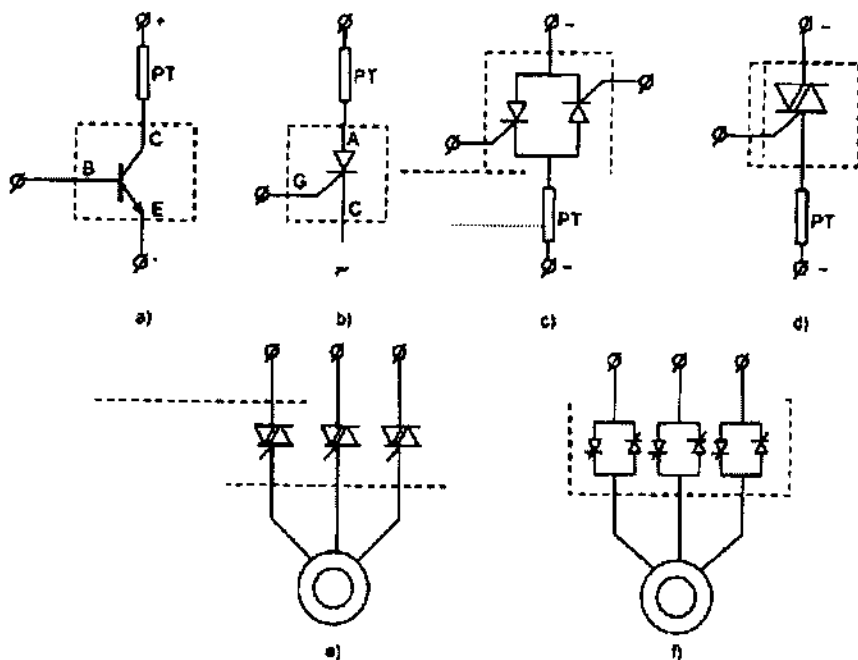
Thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm khi tác động không có chuyển động của tiếp điểm động và không có tiếp xúc cơ học. Các thiết bị không tiếp điểm làm việc trên nguyên lý đơn giản là: khi có tín hiệu điều khiển đầu vào thì đầu ra tác động lên mạch bị điều khiển bằng cách thay đổi đột ngột các tham số của mạch (như điện trở, điện cảm, điện dung...).

Ví dụ, ở thiết bị không tiếp điểm, khi điện trở đầu ra rất nhỏ tương ứng với trạng thái đóng của tiếp điểm của thiết bị có tiếp điểm, còn khi điện trở đầu ra rất lớn - tương ứng với trạng thái mở của tiếp điểm.

So với thiết bị có tiếp điểm, thiết bị không có tiếp điểm có đặc điểm sau:

1) Không có tiếp điểm cơ khí nên bền hơn.

- 2) Thông số đầu ra (U, I, ...) không phụ thuộc vào tác động cơ học.
- 3) Tuổi thọ lớn.
- 4) Tác động nhanh, tần số thao tác lớn.
- 5) Nhạy cảm với nhiễu điện hơn so với loại có tiếp điểm.
- 6) Chịu ảnh hưởng của nhiệt độ.
- 7) Số phần tử cấu thành thiết bị nhiều, phức tạp.



Hình 6.55 - Thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm bằng van bán dẫn.

a) Dùng tranzitor ở mạch một chiều; b) Dùng thyristor ở mạch một chiều hoặc xoay chiều; c, d, e, f, Dùng thyristor hoặc triac trong mạch xoay chiều

Thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm được nghiên cứu chế tạo thay thế các rơle, công tắc tơ dòng điện lớn trong mạch lực. Sự phát triển của kỹ thuật bán dẫn hiện nay đã cho phép chế tạo ra những thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm điện áp cao vài kV với dòng điện lớn vài kA. Phần tử chủ yếu trong các thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm là tranzitor công suất, thyristor và triac.

Để đóng/mở mạch điện tranzitor chỉ làm việc ở chế độ rơle, thyristor và triac - làm việc ở chế độ góc mở bằng 0. Thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm không gây ồn trong thời gian làm việc và có tuổi thọ cao.

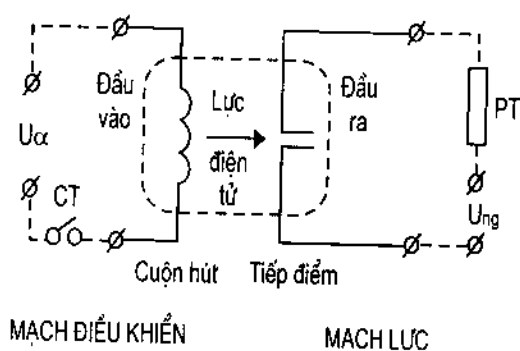
Thiết bị đóng/cắt bằng tranzitor sử dụng trong mạch một chiều (hình 6.55a) làm việc như một bộ khóa điện tử một hướng trong mạch công suất nhỏ.

Hình 6.55b là thiết bị đóng/cắt dùng thyristor sử dụng trong mạch một chiều hoặc xoay chiều.

Trong mạch xoay chiều (hình 6.55c, d, e, f, các thiết bị đóng/cắt trong mỗi pha là 2 cặp thyristor đấu song ngược hoặc triac, làm việc theo điều kiện chuyển mạch tự nhiên.

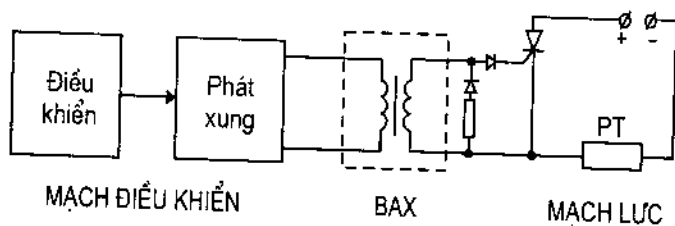
** Vấn đề cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực trong các thiết bị đóng cắt không tiếp điểm*

Đối với công tắc tơ điện tử, khi cuộn hút điện từ được cấp điện - hút nắp từ động, từ đó đóng hoặc mở tiếp điểm trong mạch lực (hình 6.56). Sự cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực là rất lớn. Nhờ vậy, điện áp cao và dòng điện lớn ở mạch lực không gây ảnh hưởng tới điện áp thấp và dòng điện nhỏ ở mạch điều khiển, tạo điều kiện thuận lợi, an toàn cho người vận hành thao tác và thiết bị.



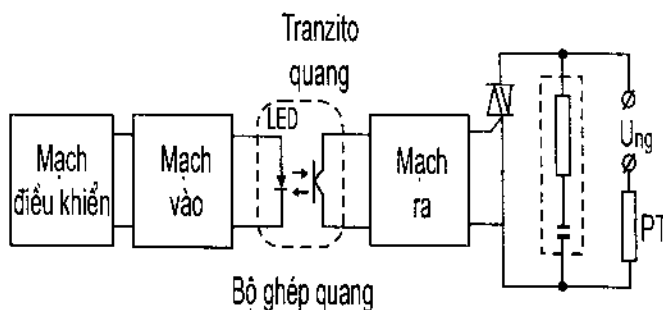
Hình 6.56 - Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực trong công tắc tơ

Đối với công tắc tơ bán dẫn bằng thyristor hoặc triac, việc cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực được thực hiện qua biến áp xung như trên hình 6.57. Biến áp xung còn có nhiệm vụ tạo điện áp và dòng điện điều khiển phù hợp với thyristor hoặc triac.



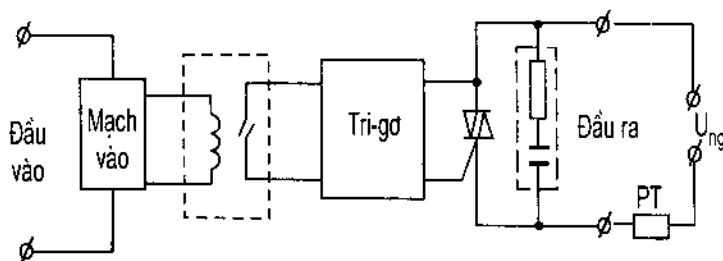
Hình 6.57 - Cách li giữa điều khiển và mạch lực bằng biến áp xung.

Ngoài ra, có thể thực hiện cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng một bộ ghép quang như trên hình 6.58. Phía đầu vào của bộ ghép quang là một diốt phát quang (LED) phát ra ánh sáng nhìn thấy hoặc ánh sáng hồng ngoại khi có dòng điện chạy qua diốt. Phía đầu ra là một phần tử cảm quang (điện trở quang, tranzito quang, thyristor quang, triac quang). Khi LED phát sáng, phần tử cảm quang được kích hoạt chuyển từ trạng thái cách li sang trạng thái dẫn, mở thông mạch van bán dẫn.



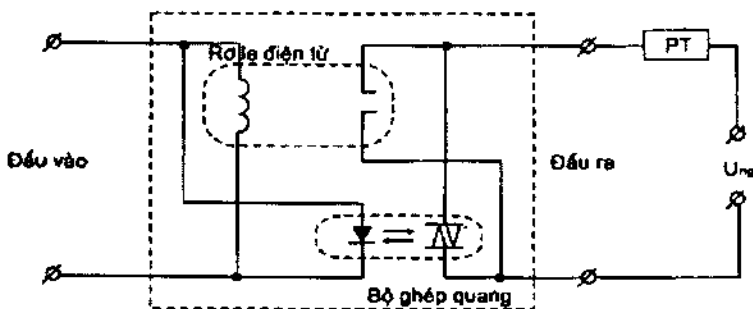
Hình 6.58 - Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng bộ ghép quang

Cũng có thể phần tử cách li là một rơle (hình 6.59). Sơ đồ có xen một mạch có tiếp điểm và thiết bị đóng/cắt không tiếp điểm (sơ đồ hỗn hợp).



Hình 6.59 - Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng rơle

Trong hình 6.60 cho sơ đồ kết hợp làm việc của rơle không tiếp điểm và rơle tiếp điểm công suất lớn. Trường hợp này, rơle không tiếp điểm có chức năng đóng/cắt (đóng trước và cắt sau so với rơle điện từ), còn rơle điện từ có chức năng duy trì nguồn cung cấp cho phụ tải. Nhờ vậy, tiếp điểm cơ khí tránh không bị hồ quang làm hỏng và tiếp điểm bán dẫn tránh không phải chịu dòng tải lâu dài.



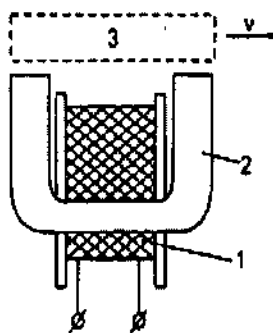
Hình 6.60 - Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng thiết bị đóng/cắt tĩnh không tiếp điểm hỗn hợp.

5. Công tắc hành trình không tiếp điểm

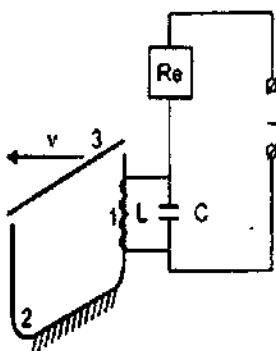
Công tắc hành trình cơ khí (hình 6.23) để tác động cần có tác dụng cơ học trực tiếp (tì, ấn, gạt...) từ bên ngoài, dễ gây va đập mạnh, rơ rã và hỏng hóc, hoạt động kém ổn định, tin cậy. Ngược lại, công tắc hành trình không tiếp điểm khắc phục được các yếu điểm trên, vận hành tin cậy, an toàn hơn. Bộ phận quan trọng của công tắc hành trình không tiếp điểm là bộ cảm biến vị trí, được chế tạo theo nhiều nguyên lý khác nhau như: điện từ, quang điện, sợi quang, điện dung, siêu âm...

5.1. Cảm biến vị trí kiểu điện từ

Cảm biến vị trí điện từ (còn gọi là cảm biến tiệm cận kiểu cảm ứng) là một mạch từ hở 2 có cuộn dây xoay chiều 1. Khi cuộn dây được cấp điện, từ trường của nó sẽ khép kín trong lõi 2 và phần không khí phía trên (hình 6.61). Vì mạch từ hở nên từ trở rất lớn, độ tự cảm nhỏ, điện kháng ($X_L = \omega L$) nhỏ nên dòng điện qua cuộn dây lớn.



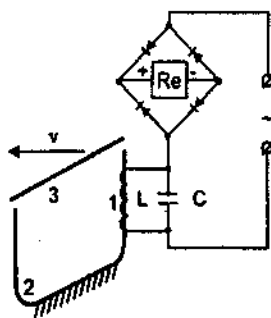
Hình 6.61 - Cảm biến vị trí kiểu cảm ứng



Hình 6.62 - Công tắc hành trình không tiếp điểm cộng hưởng dòng.

Khi miếng sắt từ 3 gần với vật chuyển động tới gần khép kín mạch từ. Khi đó từ trở giảm và từ thông tăng nhanh, điện kháng cuộn dây cũng tăng và dòng điện qua cuộn dây giảm. Nếu đầu nối tiếp với cuộn dây một role, tạo ra một công tắc hành trình không tiếp điểm cộng hưởng dòng (hình 6.62).

Đầu song song tụ điện với cuộn dây 1 tạo mạch cộng hưởng dòng điện LC có thể nâng cao độ tin cậy đối với tác động của role khi miếng sắt 3 khép kín mạch từ 2.

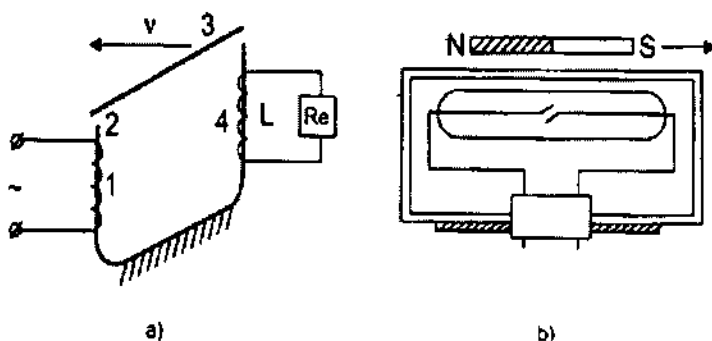


Hình 6.63 - Công tắc hành trình không tiếp điểm cảm ứng với role một chiều

Khi mạch từ của cảm biến hở, dòng điện qua cuộn dây role Re đủ lớn làm cho nó tác động. Khi mạch từ khép kín, dòng điện qua role giảm xuống gần bằng 0 và role ngừng tác động. Nếu sử dụng role một chiều, đầu nối tiếp với cuộn dây cảm biến qua một cầu diot (hình 6.63).

Trong hình 6.64a giới thiệu công tắc hành trình cảm ứng kiểu mạch từ hở và bằng reed role. Bình thường, mạch từ hở, từ trở lớn, từ thông móc vòng từ cuộn dây 1 qua cuộn dây 4 nhỏ và suất điện động cảm ứng của cuộn dây 4 nhỏ, role không

tác động. Khi có miếng sắt từ tới gần, khép kín mạch từ, từ thông tăng nhanh, suất điện động cảm ứng trong cuộn 4 tăng đủ lớn làm role tác động.



Hình 6.64 - Hai loại cảm biến vị trí kiểu cảm ứng.

a) Công tắc hành trình mạch từ hở ; b) Công tắc hành trình dùng role lưỡng cực.

Cảm biến vị trí kiểu điện từ chỉ có tác dụng đối với các vật liệu sắt từ.

Hình 6.64b là công tắc hành trình dùng role lưỡng cực. Role sẽ đóng mạch khi thanh nam châm NS tiến tới gần.

5.2. Cảm biến vị trí kiểu quang học

Cảm biến vị trí kiểu quang học hay còn gọi là cảm biến tiệm cận kiểu quang điện bao gồm nguồn phát sáng (hay bộ phát) E và bộ nhận sáng R.

Phần tử chính của bộ phát là một bóng đèn nhỏ hay một LED, phát ra ánh sáng nhìn thấy hay ánh sáng hồng ngoại (không nhìn thấy). Ánh sáng thường được tập trung qua hệ thấu kính bên ngoài hay ở ngay đầu LED rồi hướng tới bộ nhận.

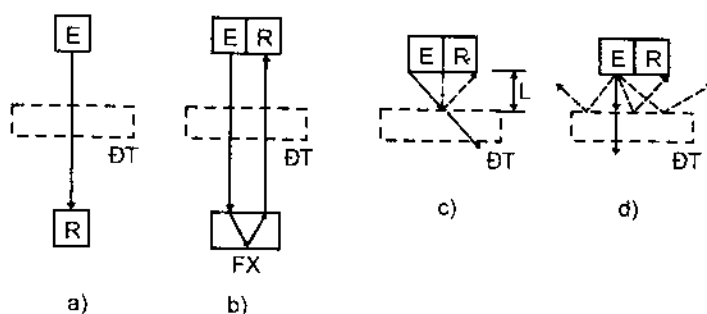
Phần tử chính của bộ nhận là điốt quang, điện trở quang hoặc tranzitor quang hay thyristor quang... Khi các phần tử này được ánh sáng chiếu vào, điện trở hoặc lớp tiếp giáp của chúng thay đổi làm thông hoặc ngắt mạch điện.

Bộ phát E và bộ nhận R trong cảm biến quang học có thể tách rời nhau (hình 6.65a) hoặc ghép trong cùng một khối (hình 6.65b, c, d). Hình 6.65 trình bày bốn cách bố trí bộ phát và bộ nhận thường gặp.

1) Kiểu bố trí ánh sáng xuyên (hình 6.65a): bộ nhận luôn nhận được ánh sáng, sẽ tác động (thay đổi trạng thái) khi bị chắn sáng bởi đối tượng cần nhận biết, lượng ánh sáng tới bộ nhận thay đổi sẽ làm bộ nhận phản ứng và tác động vào mạch.

2) Kiểu bố trí ánh sáng phản xạ ngược (hình 6.65b): cách làm việc tương tự kiểu ánh sáng xuyên.

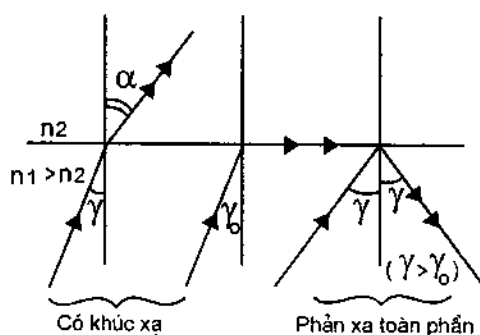
3) Kiểu bố trí ánh sáng phản xạ (hình 6.65c): bình thường, bộ nhận không nhận được ánh sáng, sẽ tác động (thay đổi trạng thái) khi nhận được ánh sáng phản xạ từ đối tượng cần nhận biết.



Hình 6.65 - Các cách bố trí bộ phát và bộ nhận

4) Kiểu bố trí ánh sáng phản xạ khuếch tán (hình 6.65d): Bộ nhận sẽ tác động (thay đổi trạng thái) khi có ánh sáng phản xạ khuếch tán từ đối tượng cần nhận biết hắt lại.

Công tắc quang điện dùng cảm biến quang điện được sử dụng khá rộng rãi vì nó có thể phát hiện cả vật thể phi kim loại, không cần tiếp xúc trực tiếp với vật và có tuổi thọ cao, hoạt động ổn định, tác động nhanh. Nhược điểm của các cảm biến quang học là độ chính xác của tác động thấp khi môi trường làm việc có bụi, khói... ảnh hưởng tới luồng ánh sáng.

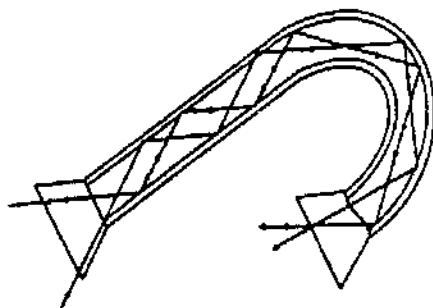


Hình 6.66 - Hiện tượng phản xạ toàn phần

Gần đây, người ta đã sử dụng kiểu cảm biến quang điện dạng sợi quang khắc phục được các yếu điểm của cảm biến quang học. Khi ánh sáng được chiếu từ một môi trường trong suốt có hệ số chiết quang n_1 lớn (như nước, thủy

ting, chất dẻo trong suốt...) qua mặt phân cách sang môi trường trong suốt khác có chiết suất n_2 nhỏ hơn (như không khí) thì ánh sáng sẽ bị phản xạ toàn phần nếu góc tới γ (hình 6.66) lớn hơn góc giới hạn phản xạ toàn phần γ_0 .

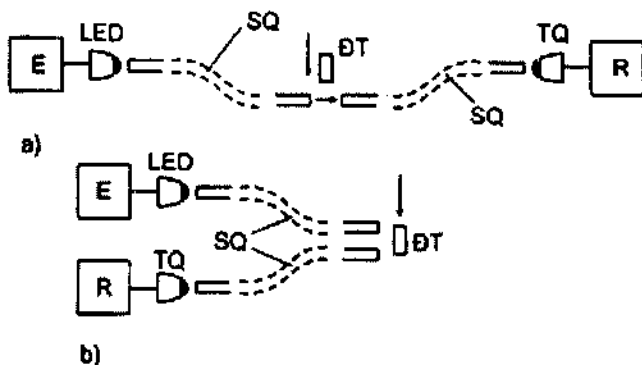
Nguyên lý truyền ánh sáng trên được ứng dụng trong sợi quang. Thông thường sợi quang có dạng trụ với lõi bằng vật liệu thạch anh hoặc thủy tinh đa thành phần hay bằng nhựa tổng hợp trong suốt với chiết suất lớn hơn nhiều so với không khí. Bên ngoài lõi là một màng vỏ làm bằng chất có chiết suất nhỏ hơn. Ánh sáng đi vào sợi quang qua mặt đầu của sợi và phản xạ toàn phần liên tục giữa mặt phân cách lõi và màng vỏ rồi ra ngoài ở mặt đầu kia của sợi (hình 6.67).



Hình 6.67 - Minh họa sự truyền ánh sáng trong sợi quang

Các sợi quang được chế tạo để sợi có bị uốn thì phần lớn ánh sáng vẫn truyền được theo dọc sợi. Tuy nhiên luôn có tổn hao năng lượng trên đường truyền do một phần ánh sáng đi xuyên qua sợi quang ra ngoài (tia sáng không phản xạ toàn phần).

Hình 6.68 là sơ đồ lắp cảm biến quang điện dạng sợi quang.



Hình 6.68 - Cảm biến quang điện dùng sợi quang kiểu ánh sáng xuyên (a) và ánh sáng phản xạ (b)

SQ - Sợi quang; DT - Đối tượng; TQ - Tranzito quang.

Đường kính sợi quang cỡ 1mm. Ưu điểm của cảm biến loại này là có thể nhận biết được những vật nhỏ tới 1mm (đường kính sợi quang chính là giới hạn nhận biết đối tượng nhỏ nhất). Cảm biến chống chịu tốt mọi rung động, va đập vì đầu sợi quang không có mạch hoặc thiết bị điện nào cả. Do sợi quang có đường kính nhỏ nên có thể luồn lách và đặt được ở những nơi rất hẹp.

VI. CƠ CẤU CHẤP HÀNH

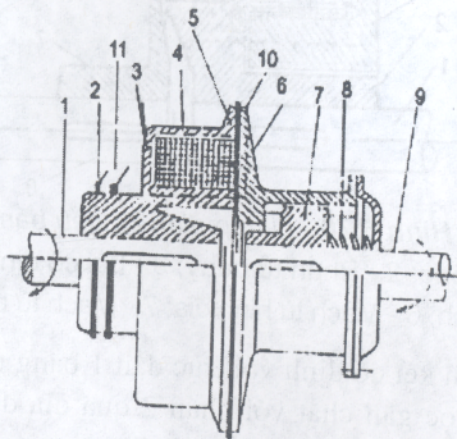
Trong truyền động điện, các phần tử điện từ được sử dụng rất phổ biến, nhất là các phần tử điện từ tạo ra từ lực, dưới dạng nam châm điện. Nam châm điện có thể làm việc bằng điện một chiều hoặc xoay chiều. Tùy thuộc nguồn điện cung cấp một chiều hay xoay chiều, cuộn dây làm việc được quấn xung quanh trụ từ mềm (sắt đặc) hay trụ từ ghép từ những lá thép Silic (Si) mỏng.

Nam châm điện không chỉ được dùng trong các khí cụ điện như một bộ biến đổi điện năng thành cơ năng mà còn được dùng rất hiệu quả trong tự động hóa như những phần tử chấp hành như đầu nam châm trong cần trục từ, van điện từ, bộ li hợp điện từ...

Li hợp điện từ là cơ cấu li hợp dùng lực điện từ để truyền mômen cơ từ trục dẫn động (phía động cơ điện) sang trục công tác (bị dẫn phía máy sản xuất). Li hợp điện từ còn được sử dụng để thay đổi vận tốc quay của trục công tác. Li hợp điện từ được phân loại theo nguyên lý làm việc: kiểu ma sát, kiểu bám và theo kết cấu: có thể có nhiều kết cấu khác nhau.

1. Li hợp điện từ

1.1. Li hợp điện từ kiểu ma sát



Hình 6.69 - Cấu tạo li hợp điện từ kiểu ma sát.

- 1 - Trục chủ động; 2, 11 - Chổi than; 3 - Gông từ; 4 - Cuộn dây; 5, 10 - Đĩa ma sát; 6 - Phần ứng; 7 - Bánh răng; 8 - Lò xo; 9 - Trục công tác (bị dẫn).

Trong hình 6.69 cho sơ đồ cấu tạo li hợp điện từ kiểu ma sát. Gông từ 3 nối cứng với trục chủ động 1 nhờ liên kết then. Bánh răng 7 nối cứng với trục công tác 9 cũng nhờ liên kết then.

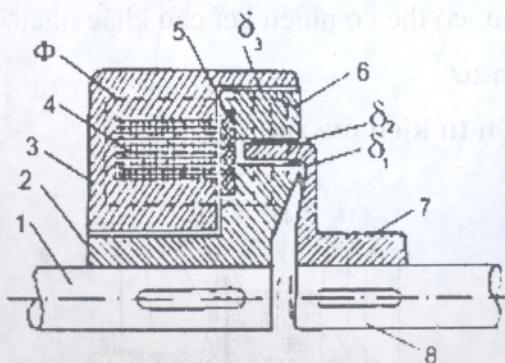
Li hợp điện từ làm việc theo trình tự sau: lò xo 8 đẩy phần nắp từ động 6 (phần ứng) sang phải, làm hai đĩa ma sát 5 và 10 tách rời nhau. Chuyển động quay của trục chủ động 1 không truyền được sang trục bị dẫn 9. Gông từ 3 mang cuộn dây 4 quay theo trục 1.

Khi cuộn dây 4 được cấp điện qua hệ vòng trượt - chổi than 2 và 11, phần ứng 6 bị hút trượt dọc theo các rãnh răng của bánh răng 7 sang trái, ép chặt đĩa ma sát 10 vào đĩa ma sát 5 và mạch từ được khép kín (đường nét đứt). Lúc này lò xo 8 bị nén lại. Do ma sát của hai đĩa 5 và 10, mômen quay từ trục 1 truyền qua trục 9 và trục 9 quay theo trục 1 với cùng một vận tốc.

Nếu ngắt điện cuộn 4, lực lò xo 8 sẽ đẩy phần ứng 6 sang phải, tách rời hai đĩa ma sát, trục bị dẫn 9 tách ra - dừng quay.

Kiểu li hợp này không cho phép điều chỉnh vận tốc quay của trục công tác (chỉ có hai trạng thái "đóng" và "mở"), vì nếu giảm điện áp đặt vào cuộn 4, lực điện từ giảm, làm hai đĩa ma sát trượt trên nhau.

1.2. Li hợp điện từ kiểu bám



Hình 6.70 - Li hợp điện từ kiểu bám

1 - Trục dẫn động; 2 - Phần tử quay; 3 - Lõi cố định; 4 - Cuộn dây;
5 - Đĩa đệm phi từ tính; 6 - Mạch từ hình đĩa; 7 - Mạch từ bị dẫn; 8 - Trục bị dẫn.

Phần mạch từ 2 liên kết cố định với trục dẫn 1 bằng then (hình 6.70). Phần mạch từ 6 hình đĩa được gắn chặt với phần 2 qua đĩa đệm phi từ tính 5. Các phần mạch từ 2 và 6 quay cùng với trục 1. Tương tự, phần mạch từ 7 cũng được cố định với trục bị dẫn 8 bằng then. Cuộn 4 quấn trên trụ từ 3 cố định và không quay theo trục 1. Trụ từ 3 cách các phần mạch từ 2 và 6 một khe hở δ_3 .

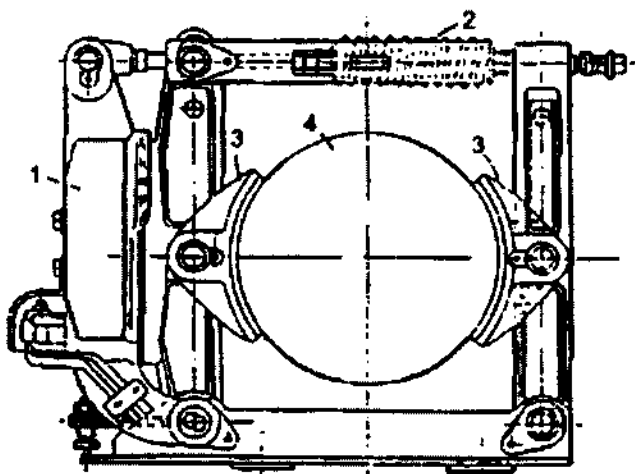
Trong các khe hở δ_2 và δ_1 có chứa hỗn hợp bột sắt - bột than và dầu nhờn. Khi cuộn dây nam châm cố định 4 được cấp điện, từ thông Φ sinh ra móc vòng qua trụ từ 3, phần mạch từ 2, 6 và 7. Từ trường qua khe hở Φ_2 và Φ_1 làm lớp bột trong khe hở bị từ hóa, hút (bám) chặt với nhau. Nhờ vậy, phần mạch từ 7 cùng trục công tác 8 quay theo phần mạch từ 2, 6 cùng với trục dẫn động 1.

Nếu giảm dòng điện (giảm áp) cấp vào cuộn dây 4, lực điện từ sẽ yếu hơn và khả năng bám của trục 8 theo trục 1 suy giảm, làm (điều chỉnh) vận tốc quay của trục công tác giảm theo.

Vận tốc quay của trục công tác cũng có thể bị giảm khi mômen cản của trục công tác tăng quá giá trị cho phép. Muốn giữ ổn định vận tốc, phải có mạch phản hồi âm vận tốc điều chỉnh tự động tăng điện áp (dòng điện) đặt vào cuộn hút 4, nhằm tăng lực bám của trục 8 theo trục 1 và vận tốc trục 8 cũng tăng để duy trì ổn định.

Ưu điểm của li hợp điện từ kiểu bám là có các phần quay 7 và 2, 6 không tiếp xúc, ít bị phát nhiệt do ma sát.

2. Phanh hãm điện từ



Hình 6.71 - Cấu tạo của một phanh guốc lò xo

1 - Nam châm điện; 2 - Lò xo; 3 - Guốc phanh; 4 - Trục động cơ.

Phanh hãm điện từ trong hình 6.71 có cơ cấu điện từ để hãm các phần tử chuyển động như trục động cơ trong hệ truyền động. Phanh hãm điện từ thường gặp có kết cấu phanh guốc, phanh đĩa...

Khi chưa có điện áp cung cấp cho nam châm điện 1, lò xo 2 tác động vào cơ cấu đòn bẩy làm guốc phanh 3 ép vào trục 4 của động cơ (trạng thái hãm). Khi đóng điện động cơ để khởi động, đồng thời nam châm điện 1 cũng được cấp điện, hút nắp từ động, gây chuyển động các cơ cấu đòn bẩy, kéo căng lò xo 2 làm guốc phanh 3 rời lỏng trục động cơ 4, cho phép động cơ quay (trạng thái không hãm).

Khi cắt điện cung cấp cho động cơ, cuộn phanh cũng mất điện, lò xo 2 tác động ép chặt guốc phanh vào trục động cơ (hãm động cơ).

Phanh đĩa về thực chất là một bộ li hợp điện từ với các đĩa ma sát (Hình 6.69), nhưng trục 1 mang cuộn dây 4 được cố định lại (không cần hệ thống vòng trượt chổi than cấp điện cho cuộn 4). Trục 9 được nối cứng với trục động cơ và quay theo động cơ. Khi cấp điện cho cuộn 4, phản ứng quay cùng trục động cơ sẽ bị hút để ép các đĩa ma sát vào nhau, động cơ bị hãm lại.

VII. BẢO VỆ CHỐNG SÉT CHO THIẾT BỊ ĐIỆN NÔNG NGHIỆP

1. Khái quát chung

Giông sét là hiện tượng tự nhiên, thường liên quan đến sự chuyển dịch của những đám mây lớn. Bản chất của nó là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây mang điện tích khác nhau và giữa đám mây với mặt đất. Khi sét đánh trực tiếp hay gián tiếp vào các công trình, không những làm hư hại nghiêm trọng về vật chất (phá hủy cơ học, hỏa hoạn, điện từ, nhiệt...) mà còn gây nguy hiểm đến tính mạng con người. Vì vậy, tùy theo mức độ quan trọng, các công trình nhất thiết phải có hệ thống thiết bị chống sét và biện pháp để bảo vệ an toàn và giảm thiểu thiệt hại khi bị sét đánh.

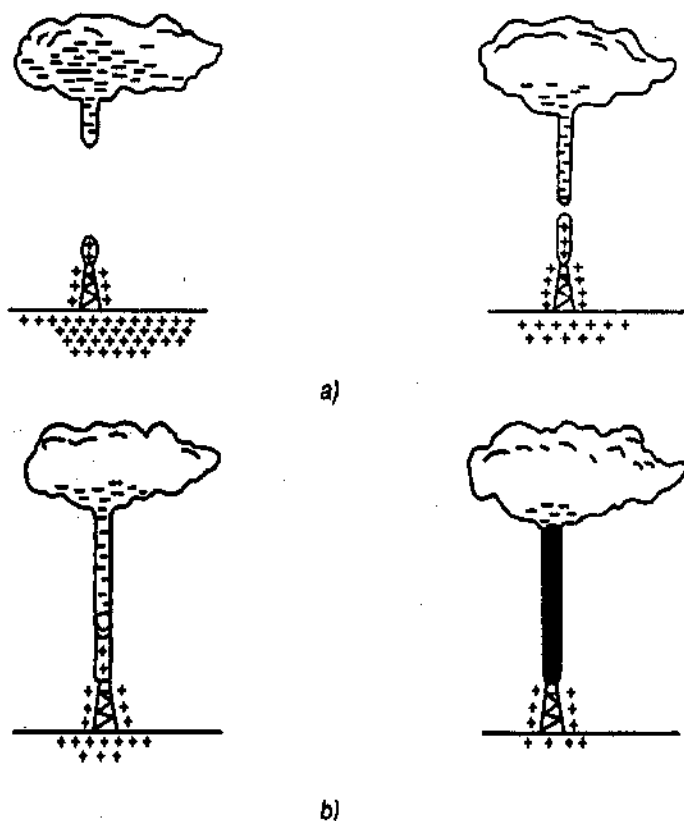
1.1. Hiện tượng phóng điện sét

Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây mang điện tích trái dấu và mặt đất. Sét xuất hiện khi điện áp chênh lệch đạt tới cỡ vài chục MV, thường xảy ra trong khoảng vài chục mili giây đến vài giây, kèm theo tiếng sấm. Sét phát ra tia sáng trắng, xanh hoặc hồng, hình zic zắc (đôi khi phân nhánh) có đường kính từ vài centimet đến vài mét, với chiều dài từ vài trăm mét đến vài chục kilomet. Dòng điện xung của sét đạt khoảng vài chục đến vài trăm kA. Trong tia chớp chính nhiệt độ lên đến 25000°C .

Khi các lớp mây được tích điện (khoảng 80% là điện tích âm so với mặt đất) cỡ vài chục MV. Quá trình phóng điện thường bắt đầu từ giai đoạn phóng điện tiên đạo. Tốc độ di chuyển trung bình của tia tiên đạo của lần phóng điện

đầu tiên khoảng $1,5 \cdot 10^7$ cm/giây, của các lần sau nhanh hơn và đạt tới $2 \cdot 10^8$ cm/giây. Trong một đợt sét đánh có thể có nhiều lần phóng điện kế tiếp nhau, trung bình là ba lần, điều này được giải thích bởi trong cùng lớp mây có thể hình thành nhiều trung tâm điện tích, chúng sẽ lần lượt phóng điện xuống đất.

Trường plasma của tia tiên đạo có độ điện dẫn lớn. Đầu tia tiên đạo nối với một trong các trung tâm điện tích của lớp mây điện, hút một phần điện tích của trung tâm này vào trong tia tiên đạo và phân bố khá đều dọc theo chiều dài tia (hình 6.72). Dưới tác dụng điện trường của tia tiên đạo, tập trung điện tích trái dấu lên trên mặt đất tại nơi có độ điện dẫn cao như các ao, hồ, sông lạch ở vùng đất đá, đỉnh các vật, cây cao...



Hình 6.72 - Sự phát triển của dòng dẫn a) và dòng sét chính b)

Quá trình phóng điện phát triển dọc theo đường sức nối liền giữa đầu tia tiên đạo, nơi tập trung điện tích có cường độ trường lớn nhất xuống địa điểm

thuận lợi nhất trên mặt đất. Sử dụng cột thu sét lắp đặt ở vị trí cao nhất và có diện trở nổi đất nhỏ có thể thu hút các luồng phóng điện tích của sét về đường dẫn (kênh) xác định, bảo vệ an toàn cho khu vực xung quanh.

Cần lưu ý, nếu ở trên mặt đất có điện tích khác dấu tập trung tạo nên khu vực trường mạnh (ví dụ đỉnh cột điện đường dây cao áp), có thể xuất hiện đồng thời tia tiên đạo từ mặt đất thúc đẩy phát triển ngược chiều với tia tiên đạo từ lớp mây điện sét.

Khi tia tiên đạo phát triển tới gần mặt đất điện trường trong khoảng không gian giữa các điện cực sẽ có trị số rất lớn và bắt đầu có quá trình ion hóa mãnh liệt dẫn đến sự hình thành dòng plasma với mật độ ion lớn hơn nhiều so với của tia tiên đạo (hình 6.72a). Do có độ điện dẫn rất cao, đầu kênh dẫn mang điện thế mặt đất, tập trung toàn bộ điện thế giữa đầu tia tiên đạo với mặt đất, trường trong khu vực này tăng cao tạo môi trường ion hóa mãnh liệt..., dòng plasma dẫn dài ra và di chuyển ngược lên phía trên (giai đoạn phóng điện ngược). Tốc độ phát triển của giai đoạn phóng điện ngược thay đổi trong giới hạn $1,5 \cdot 10^9 \div 1,5 \cdot 10^{10}$ cm/giây. Trong giai đoạn này điện tích của lớp mây điện sẽ theo dòng plasma chuyển về phía mặt đất tạo nên dòng điện sét.

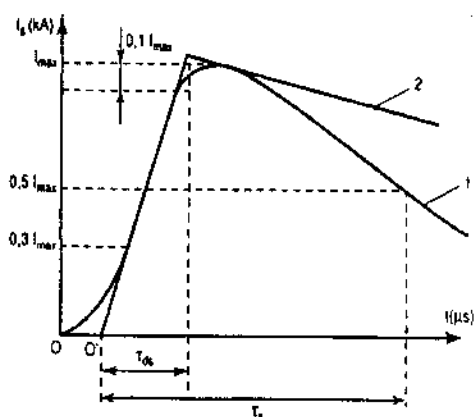
Thông thường, phóng điện sét xảy ra theo loạt phóng điện kế tiếp nhau do sự dịch chuyển điện tích từ các phần khác nhau của đám mây. Tiên đạo của những lần phóng điện sau di theo kênh dẫn đã ion hóa trước đó nên phát triển rất nhanh (từ 2 ÷ 3 đến 20 ÷ 30 lần). Trong thực tiễn, đôi khi nghe thấy một loạt tiếng sấm liên tục, là vì độ dài của loạt tia phóng điện rất lớn, âm thanh phản xạ nhiều lần.

Nước ta ở vào vùng khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, rất thuận lợi cho việc hình thành mây mưa, giông và sét. Trong một năm, số ngày giông trên miền Bắc nước ta thường dao động khoảng từ 70 đến 110 ngày và số cơn giông: từ 150 đến 300. Trung bình một ngày có thể xảy ra từ 2 đến 3 cơn giông. Ở miền Nam cũng tương tự, hàng năm trung bình quan sát được 40 ÷ 50 ngày và đôi khi đến trên 100 ngày tùy theo từng địa phương. Khu vực nhiều giông nhất là đồng bằng Nam Bộ, số ngày giông hàng năm lên tới 120 ÷ 140 ngày (ở Thành phố Hồ Chí Minh: 180 ngày, Hà Tiên: 129 ngày). Bảo vệ chống sét là vấn đề quan trọng phải được quan tâm giải quyết một cách thích đáng, đặc biệt đối với các công trình công nghiệp lớn, quan trọng vì

hậu quả của sét đánh rất nặng nề, gây thiệt hại về kinh tế xã hội và nguy hiểm về tính mạng con người.

1.2. Tham số của phóng điện sét

Tham số chính của quá trình phóng điện sét là dòng điện sét. Biểu đồ dòng điện sét, ghi được trên máy hiện sóng cực nhanh cho trong hình 6.73, có hình dáng sóng xung kích - chỗ tăng nhanh của dòng điện ứng với giai đoạn phóng điện ngược, còn quá trình giảm dần về sau là quá trình chuyển dời điện tích dư từ lớp mây xuống đất.



Hình 6.73 - Biểu đồ dòng điện sét

- 1- Dòng điện sét ghi trên máy hiện sóng;
- 2- Dòng điện sét tính toán.

Trong tính toán thiết kế bảo vệ chống sét, thông số chính phải quan tâm nhất không phải là điện áp, mà là dòng điện sét. Độ lớn dòng điện sét có thể được xác định bằng cách đo trực tiếp, xác suất lớn nhất ứng với dòng điện sét nằm trong khoảng 50 kA. Dòng điện sét lớn hơn, từ 50 ÷ 100 kA ít khi xảy ra, còn dòng điện sét trên 100 kA rất hiếm khi xảy ra. Tùy theo mục đích và đối tượng bảo vệ, phải sử dụng các miền dòng điện sét thích hợp đối với các công trình khác nhau.

Dòng điện sét đặc trưng bởi biên độ dòng điện sét I_s (I_{max}) và tốc độ đầu sóng $a = \frac{di_s}{dt}$

Ngoài ra, cần phải lưu ý tới thời gian đầu sóng τ_{ds} và thời gian sóng τ_s . Thời gian đầu sóng τ_{ds} - là thời gian để cho dòng điện sét đạt đến trị số cực đại

(max), còn τ_s - là thời gian để dòng điện sét phát triển cho tới khi giá trị cực đại giảm đi một nửa (bằng $\frac{I_{\max}}{2}$).

Biên độ dòng điện sét lớn thì độ dốc đầu sóng cũng lớn. Độ dốc cực đại của đầu sóng dòng điện sét thường không vượt quá 50kA/ μ s. Đối với dòng điện sét tính toán bằng và lớn hơn 100 kA thường nhận độ dốc đầu sóng trung bình là 30 kA/ μ s, còn đối với dòng điện sét tính toán nhỏ hơn 100 kA - độ dốc đầu sóng nhận trị số 10 kA/ μ s.

Sét đánh trực tiếp vào hoặc đánh gần các thiết bị, các công trình đặt ngoài trời (ví dụ như thiết bị phân phối của trạm điện ngoài trời, đường dây tải điện, các công trình xây dựng v.v...) thường gây nên quá điện áp. Quá điện áp do sét đánh trực tiếp là nguy hiểm nhất, mặc dù quá trình phóng điện của sét chỉ kéo dài trong vài chục micro giây và điện áp tăng cao có đặc tính xung.

Thông thường, thiết bị điện được thiết kế chế tạo để làm việc ở điện áp định mức xác định. Nếu sử dụng cách điện cao cấp hơn sẽ làm tăng giá thành, còn nếu cách điện cấp thấp hơn sẽ không đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và có thể dẫn tới sự cố trầm trọng. Tuy nhiên, để chống sét hiệu quả, cách điện phải được xác định theo đặc tính và độ lớn quá điện áp có thể xảy ra. Khả năng của cách điện chịu được quá điện áp khí quyển được xác định bởi điện áp thí nghiệm xung kích.

Biện pháp bảo vệ quá điện áp đối với các thiết bị điện là sử dụng hệ thống cột và dây chống sét (bảo vệ chống sét đánh trực tiếp) và sử dụng các thiết bị chống sét khác bổ sung để hạ thấp quá điện áp phát sinh trong thiết bị đến phạm vi cho phép, thấp hơn điện áp thử nghiệm).

1.3. Tác hại của phóng điện sét

Đối với người và các súc vật, sét nguy hiểm là do nguồn điện áp cao và dòng điện sét lớn. Như đã biết, chỉ một dòng điện rất nhỏ khoảng vài chục mili ampe đi qua người cũng có thể gây nên chết người, bởi vậy khi bị sét đánh trực tiếp vào người sẽ gây nguy hiểm chết người.

Nhiều khi sét không phóng điện trực tiếp cũng gây nguy hiểm, bởi dòng điện sét đi qua vật nối đất gây nên điện áp bước nguy hiểm. Người và gia súc đứng gần nơi bị sét đánh như trên có thể bị điện áp bước lớn gây nguy hiểm tới tính mạng.

Khi sét đánh vào nhà và các công trình, gây tác động phá hủy cơ học, điện từ trường và nhiệt độ cao. Dòng điện sét có nhiệt độ rất lớn, khi phóng vào các vật dễ cháy như tranh, tre, gỗ nữa... nó có thể gây nên đám cháy lớn. Điều này cần phải đặc biệt chú ý đối với việc bảo vệ các kho nhiên liệu và các vật liệu dễ cháy nổ.

Đường dây tải điện trên không khi bị sét đánh, sóng quá điện áp sẽ truyền vào trạm có thể phá hủy các thiết bị động lực, đo lường điều khiển bên trong trạm nếu không có biện pháp bảo vệ an toàn.

Điện áp sét có thể cảm ứng trên các vật dẫn (cảm ứng tĩnh điện, cảm ứng điện từ) khi có phóng điện sét ở gần, có thể lên tới hàng chục kilôvon rất nguy hiểm...

Quá điện áp khí quyển là một trong những nguyên nhân chính làm hư hỏng và gây sự cố đối với các thiết bị điện nông nghiệp. Nguyên nhân là do đường dây truyền tải điện trên không trong nông nghiệp khá dài và ít được che chắn bảo vệ cũng như sử dụng phổ biến các trạm biến áp ngoài trời.

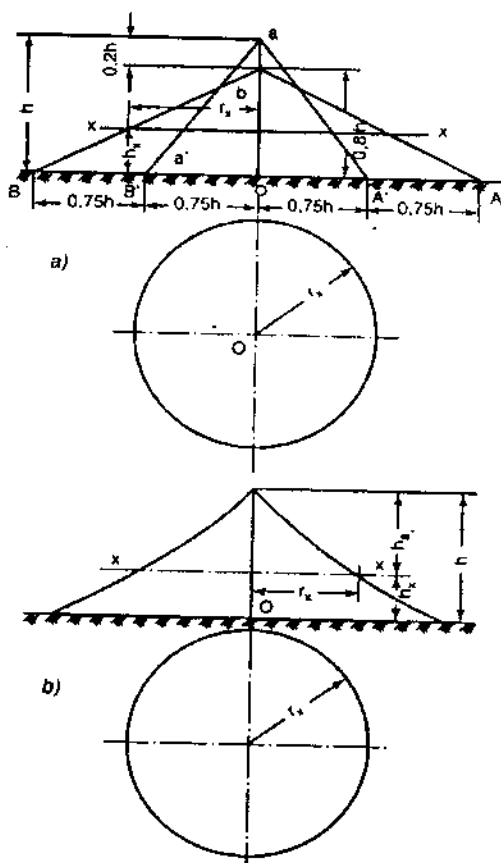
Quá điện áp, phát sinh trong các bộ phận cấu thành của thiết bị điện do bị sét đánh trực tiếp và do sóng quá điện áp dội vào, không những gây nên hỏng hóc trang thiết bị và làm gián đoạn quá trình cung cấp điện năng mà còn gây nguy hiểm cho người và súc vật, nhất là trong các thiết bị điện thấp áp. Do vậy, lựa chọn đúng trang thiết bị chống quá điện áp khí quyển (chống sét) là nhiệm vụ quan trọng trong thiết kế trang thiết bị điện nông nghiệp, quyết định khả năng bảo toàn hoạt động của các trang thiết bị, đảm bảo cung cấp điện năng tin cậy cho các hộ tiêu thụ điện và an toàn cho người và vật nuôi.

Phương án bảo vệ chống sét được lựa chọn phải thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật kinh tế và đem lại hiệu quả kinh tế xã hội.

2. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp

Để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp có thể sử dụng cột thu sét hay dây thu sét.

Cột thu sét thường được sử dụng để bảo vệ các đối tượng tập trung như trạm phân phối điện ngoài trời và trạm hạ áp, các trang thiết bị riêng biệt..



Hình 6.74 - Phạm vi bảo vệ của cột thu sét đơn

a) Sơ đồ chi tiết; b) Sơ đồ rút gọn

Tính chất bảo vệ của cột thu sét (hình 6.74) đặc trưng bởi phạm vi bảo vệ (không gian xung quanh) của cột thu sét, trong đó xác suất sự cố đối với các đối tượng được bảo vệ là nhỏ nhất. Bán kính bảo vệ r_x của cột thu sét đơn có chiều cao dưới 30m được xác định theo biểu thức :

$$r_x = 1,6h \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (6.43)$$

trong đó: h - chiều cao toàn bộ của cột thu sét;

h_x - chiều cao đối tượng được bảo vệ.

Hệ số bảo vệ của cột thu sét đơn, tính theo biểu thức:

$$k_x = \operatorname{tg} \alpha = \frac{r_x}{h_a} \quad (6.44)$$

trong đó: h_a - chiều cao tích cực của cột thu sét.

Thế biểu thức 6.43 vào 6.44 có:

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}} \quad (6.45)$$

Giới hạn cho phép của k_x ở độ cao cột thu sét dưới 30m bằng 1,6 và bán kính bảo vệ nhỏ nhất $r_x = 1,6h_a$.

Nếu chiều cao của cột thu sét lớn hơn 30m, khi đó:

$$r_x = \frac{8,8\sqrt{h(h-h_x)}}{h+h_x} \quad (6.46)$$

$$k_x = \frac{8,8}{\left(1 + \frac{h_x}{h}\right)\sqrt{h}} \quad (6.47)$$

Đối với cột thu sét kép (hình 6.75) trị số r_x và k_x trong vòng ngoài phạm vi bảo vệ cũng được xác định như đối với cột thu sét đơn.

Bề rộng tính toán phạm vi bảo vệ $2b_x$ với độ cao h_x , tính theo biểu thức:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \quad (6.48)$$

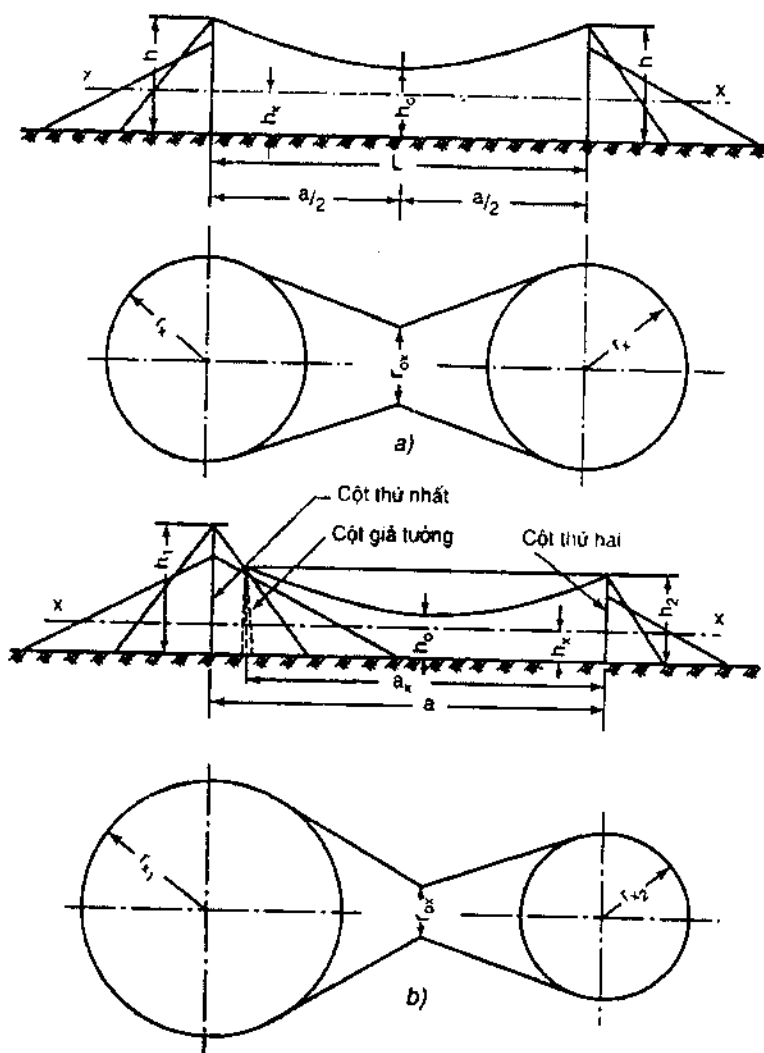
hay xác định theo đường cong tính toán sẵn trong một số cẩm nang chuyên ngành phạm vi bảo vệ của nhóm ba hoặc bốn cọc thu sét, xác định theo các biểu thức sau:

a) Đối với $h \leq 30m$, khi đó $D \leq 8h_a$;

b) Đối với $h > 30m$, khi đó $D \leq 8 \cdot \frac{5,5}{\sqrt{h}} \cdot h_a$

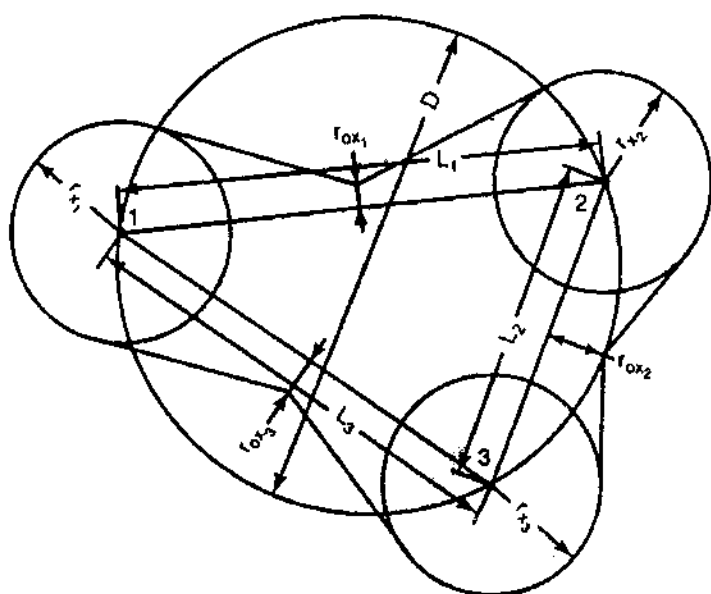
Trong đó: D - đường kính đường tròn đi qua đỉnh tam giác, tạo thành từ ba cột thu sét hay đường chéo của tứ giác, tạo thành từ 4 cột thu sét...

Đường kính ngoài phạm vi bảo vệ r_x trong trường hợp này cũng được xác định như đối với cột thu sét đơn và bề rộng tính toán phạm vi bảo vệ bên trong, theo biểu thức (6.43) hoặc theo đường cong thực nghiệm.

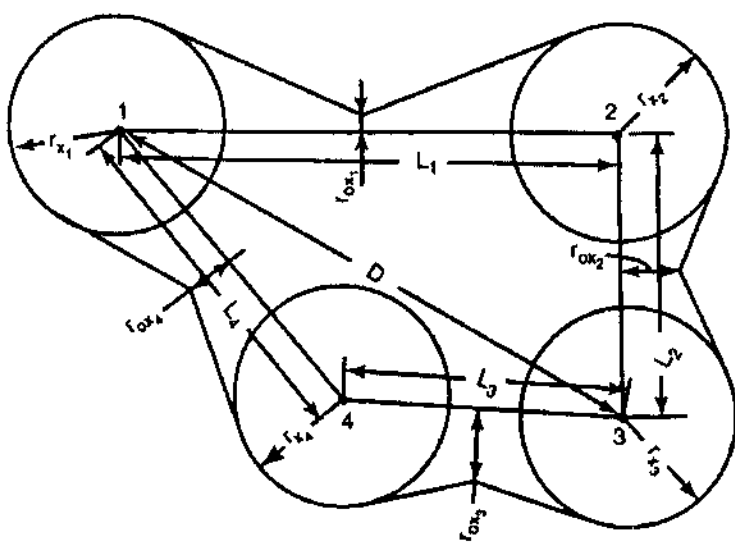


Hình 6.75 - Phạm vi bảo vệ của hai cột thu sét:

a) Khi 2 cột có chiều cao bằng nhau; b) Khi 2 cột có chiều cao khác nhau.



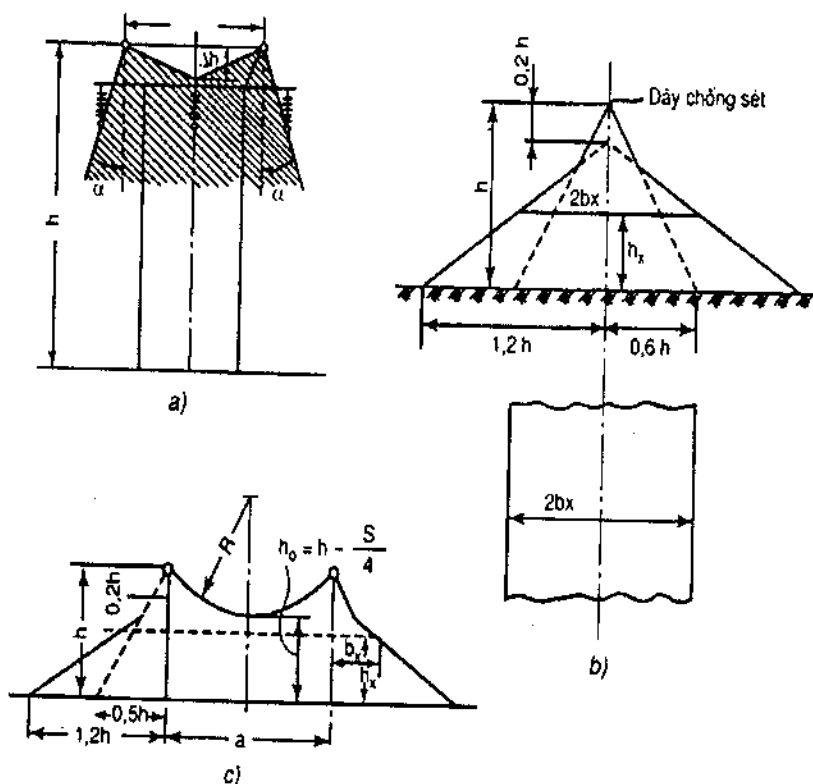
a)



b)

Hình 6.76 - Phạm vi bảo vệ của nhiều cột thu sét.
a) Ba cột; b) Bốn cột

Dây thu sét được sử dụng để bảo vệ dọc theo đối tượng (đường dây truyền tải và đoạn dây dẫn của vào/cửa ra của trạm biến áp, trạm phát điện...).



Hình 6.77- Góc bảo vệ và phạm vi bảo vệ của dây chống sét.

Phạm vi bảo vệ của dây thu sét đơn ở độ cao treo dây dẫn của đường dây tải điện là không gian có hình dải băng rộng $2r_x$, với:

$$r_x = 0,8h \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (6.49)$$

trong đó: h - chiều cao treo dây thu sét;

h_x - chiều cao treo dây dẫn.

Hệ số bảo vệ dây thu sét đơn:

$$k_s = \frac{r_x}{h_a} = \frac{0,8h}{h + h_x} = \tan \alpha \quad (6.50)$$

trong đó: h_a - chiều cao tích cực của dây thu sét;

α - góc bảo vệ của dây thu sét ($\alpha=30^\circ$).

Phạm vi bảo vệ ngoài của hai dây thu sét song song cũng được xác định như đối với một dây thu sét, nhưng góc bảo vệ thông thường chỉ nhận $\alpha=20^\circ$. Để bảo vệ dây dẫn trên không ở giữa phải tuân thủ điều kiện:

$$h_a \geq \frac{a}{4} \quad (6.51)$$

trong đó: a - khoảng cách cố định các dây thu sét.

3. Bảo vệ chống sét dội quá áp

Bảo vệ các phân tử cấu thành thiết bị điện khi tác động của sóng quá áp dội tới được thực hiện bằng các khe hở bảo vệ (phóng điện), ống hoặc van phóng điện.

"Khe hở phóng điện" được xem là phương tiện bảo vệ chống sét đơn giản và rẻ tiền nhất, thường được thực hiện dưới dạng điện cực kim bằng thép đường kính 10mm hoặc băng tròn nổi đất bọc quanh trụ đỡ. Khoảng cách phóng điện phụ thuộc vào điện áp của thiết bị điện. Để tránh phóng điện ngăn nhiều trong các thiết bị điện đến 35kV, ngoài khe hở phóng điện chính còn bố trí thêm khe hở phóng điện ở độ cao dưới 2 - 3m trên mặt đất.

Khoảng cách khe hở phóng điện chính và khe hở phụ được khuyến cáo trong bảng 6.12, phụ thuộc điện áp làm việc của thiết bị:

Bảng 6.12 - Khoảng cách khe hở phóng điện chính và phụ theo cấp điện áp

Điện áp định mức, kV	Khoảng cách khe hở bảo vệ chính, mm	Khoảng cách khe hở bảo vệ phụ, mm
3	20	5
6	40	10
10	60	15
20	140	20
35	250	30
110	650	-

Do không có bộ phận dập hồ quang, khe hở phóng điện bảo vệ chỉ sử dụng cho các thiết bị có dòng ngắn mạch không lớn và một số trường hợp cắt điện bằng role, làm gián đoạn quá trình cung cấp điện năng cho các hộ tiêu thụ. Ngoài ra, đặc điểm của loại thiết bị bảo vệ này là điện áp tăng nhanh trong thời

gian trước khi phóng điện, không thích hợp để bảo vệ máy biến áp có cách điện kém.

Có thể tăng hiệu quả làm việc của thiết bị khe hở phóng điện nên được sử dụng kết hợp với bộ ngắt điện tự động đóng AB. Ở cấp điện áp 10kV, thiết bị này làm việc tin cậy đối với dòng điện làm việc trong khoảng 170-300A.

* Ống chống sét:

Tính chất bảo vệ của ống chống sét được xác định bởi đặc tính tăng điện áp - thời gian của khe hở phóng điện bên trong và bên ngoài, được chọn sao cho thấp hơn 20 - 25% so với đặc tính của đối tượng cần bảo vệ.

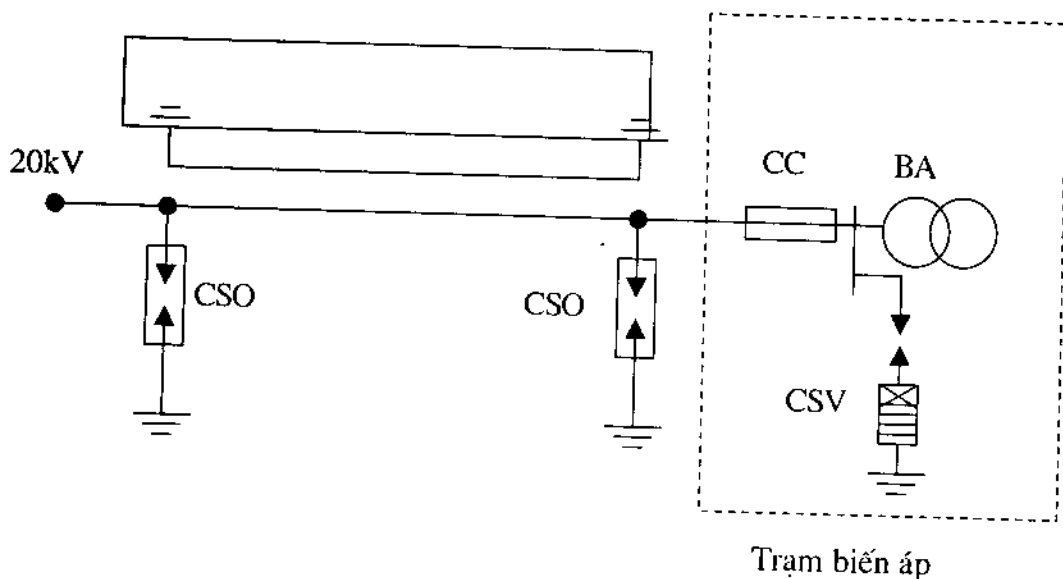
4. Chống sét cho trạm biến áp và thiết bị ngoài trời

Chống sét cho đường dây trung áp, trạm biến áp, trạm bơm, công trình xây dựng.

Đối với đường dây trung áp, không đặt dây chống sét trên toàn tuyến như đường dây điện áp từ 110kV trở lên. Thông thường, đối với đường dây trung áp chỉ đặt chống sét ở khoảng cách 1 - 2km trước khi vào trạm biến áp để ngăn ngừa sét đánh trực tiếp vào trạm. Ở hai đầu đoạn dây chống sét, đặt chống sét ống (CSO) để giảm biên độ dòng sét.

Van chống sét có nhiều ưu điểm, được sử dụng rộng rãi cho đường dây phân phối điện năng và trong trạm biến áp, các trạm bơm, thường đặt chống sét van (CSV). Chống sét van đặc trưng bởi khe hở phóng điện và điện trở phi tuyến (bằng Zn_2O). Khi có sét đánh, điện áp tăng cao, điện trở của CSV giảm nhỏ để nhanh chóng giải phóng dòng điện sét xuống đất (giảm điện áp xung kích gây nên bởi dòng điện đạt tới vài ngàn ampe). Khi điện áp sét giảm xuống gần bằng điện áp của mạng điện thì điện trở của CSV tăng lên để ngăn dòng điện ngắn mạch một pha xuống đất chạy qua CSV.

Đối với trạm biến áp quan trọng, các công trình xây dựng có độ cao như nhà 3 tầng trở lên, nhà văn hóa, rạp chiếu bóng... cần thiết phải bố trí thêm thu lôi chống sét (hình 6.78).



Hình 6.78 – Sơ đồ bảo vệ trạm biến áp 20/0,4kV

Hiện nay để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho công trình, thường dùng các hệ thống cột thu sét gồm kim và dây thu sét, dây nối đất và dây nối điện kim - dây thu sét với dây nối đất.

Hệ thống thu sét có chức năng tập trung điện tích ở đỉnh bộ phận thu sét, tạo nên trường lớn nhất giữa nó và đầu tia tiên đạo..., thu hút các điện tích phóng điện sét và hình thành khu vực an toàn ở bên dưới và xung quanh hệ thống thu sét.

Bộ phận nối đất của hệ thống thu sét phải được tiếp đất tốt để tập trung điện tích cảm ứng phía mặt đất được dễ dàng và khi có dòng điện sét đi qua, điện áp rơi trên hệ thống thu sét đủ bé để không gây nên phóng điện ngược tới các công trình ở lân cận.

Gần đây, trong kỹ thuật thu sét người ta đã áp dụng các đầu thu bằng đồng vị phóng xạ có phạm vi thu sét lớn hơn kim thu sét thông thường.

Ví dụ: Hãy tính chọn cột thu sét để bảo vệ sét đánh trực tiếp trạm biến áp 35/10kV công suất 2500kVA. Dự kiến đặt cột thu sét tại cột trụ đầu cuối của đường dây trên không 35kV. Ở khoảng cách 9m từ cột trụ đầu cuối bố trí sàn đặt trang thiết bị điện ở độ cao 5m và ở khoảng cách 17m - đặt thiết bị phân phối ở độ cao 4m.

Giải:

Xác định chiều cao h của cột thu sét với $r_x = 17\text{m}$ và $h_x = 4\text{m}$:

$$17 = 1,6h \frac{h-4}{h+4}$$

suy ra: $17h + 68 = 1,6h^2 - 6,4h$

Giải phương trình: $1,6h^2 - 23,4h - 68 = 0$, được $h = 17,2\text{m}$.

Tính kiểm tra bán kính bảo vệ trang thiết bị điện ở độ cao 5m .

$$r_x = 1,6 \cdot 17,2 \frac{17,2-5}{17,2+5} = 15\text{m}$$

Như vậy, sân trang thiết bị điện ở khoảng cách 9m cũng nằm trong phạm vi bảo vệ chống sét.

5. Chống sét đường dây trên không điện áp 380/220V

Nhiệm vụ chính của chống sét lưới điện nông thôn điện áp 380/220V là phòng ngừa nguy hiểm đối với tính mạng người và gia súc khỏi sóng điện áp sinh ra khi phóng điện trong khí quyển và lan truyền đến khu nhà ở, nhà sản xuất... theo đường dây trên không.

Để giảm điện thế sóng điện quá áp lan truyền theo đường dây trên không 380/220V các móc sứ cần được nối đất cùng với dây nối đất. Khoảng cách giữa các thiết bị nối đất, các cấu kiện kim loại và các đường dây không có màn chắn không được lớn hơn 200m . Trong các vùng có số giờ sét đánh trong năm từ 10 đến 40 - không lớn hơn 100m , còn ở các vùng có số giờ sét đánh trong năm 40h - không hơn 40m . Nối đất các cấu kiện kim loại cần được thực hiện đối với trục đỡ ở đoạn phân nhánh đến cầu đầu dây vào nhà, vì ở đó có thể tập trung nhiều người (trường học, bệnh viện, câu lạc bộ, nhà trẻ...) hay những nơi có giá trị kinh tế lớn (nhà chăn nuôi gia súc, xưởng, kho...) và kể cả trụ đỡ đầu cuối có đầu dây phân nhánh. Khi đó khoảng cách lớn nhất của các dây nối đất bảo vệ liên kế nhau không vượt quá 100m đối với vùng có số giờ sét đánh trong năm từ 10 đến 40h và 50m đối với vùng có số giờ sét đánh trong năm trên 40h.

Khi kết hợp nối đất chống sét và nối đất dây trung tính, điện trở nối đất bảo vệ được xác định theo định mức của nối đất dây trung tính. Đường kính dây nối đất tới trên trụ đỡ không được nhỏ hơn 6mm .

VIII. NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

1. Trạm phát điện diezen và thủy điện nhỏ

Các trạm điện công suất từ vài chục đến vài trăm nghìn kW được xem là thuộc lưới điện nông nghiệp nếu có trên 50% hộ tiêu dùng phục vụ sản xuất và đời sống dân cư nông thôn.

Trạm phát điện động cơ đốt trong (diezen) được sử dụng như nguồn điện sơ cấp khi các hộ tiêu thụ ở xa hệ thống năng lượng, không có điều kiện xây dựng trạm thủy điện. Máy phát điện diezen cũng được sử dụng làm nguồn phát điện dự phòng tĩnh tại hay di động (chạy bằng dầu DO, FO hoặc khí hóa từ phụ phẩm và phế liệu nông nghiệp) cho các liên hợp chế biến thịt, sữa, trại chăn nuôi gia cầm, nhà kính...

Trạm phát điện diezen có hiệu suất thấp ($32 \div 33\%$), khuyến cáo nên sử dụng nhiệt khí thải của trạm để đun nước nóng phục vụ sản xuất và sinh hoạt, nâng cao hiệu suất sử dụng.

Ở các khu vực có tiềm năng thủy năng lớn, kiến thiết sử dụng trạm thủy điện nhỏ là lựa chọn đúng đắn nhất trong bối cảnh nhiên liệu than, dầu ngày càng cạn kiệt và chi phí cao.

Tuy nhiên, đầu tư xây dựng ban đầu cho các trạm thủy điện thường cao hơn hẳn so với trạm phát điện nhiệt điện do khối lượng công việc đào đắp xây dựng lớn.

Ngày nay, một số nước phát triển đã nghiên cứu phát triển ứng dụng máy (trạm) phát điện sức gió công suất lên vài trăm kW và lớn hơn. Tuy nhiên, do tốc độ gió trên mặt đất thường xuyên thay đổi, điện năng cung cấp cũng khó ổn định, chi phí đầu tư và vận hành cao do phải sử dụng hệ thống acquy và thiết bị điều chỉnh ổn định tần số quay của cánh gió.

1.1. Trạm phát điện diezen

Về nguyên tắc trạm phát điện diezen thường được bố trí cố định tùy thuộc sơ đồ phát triển lưới truyền tải điện trong hệ thống năng lượng khu vực.

Trong trạm phát điện cho nông nghiệp sử dụng chủ yếu động cơ diezen 4 kỳ. Động cơ hai kỳ đôi khi sử dụng cho trạm phát điện công suất nhỏ lưu động và máy mỗi động cơ diezen có từ 2 đến 12 xilanh, tùy thuộc cấu tạo của động cơ. Hộp bộ máy phát điện diezen thường được làm mát bằng nước hoặc không khí (cánh tản nhiệt)...

Máy phát điện đồng bộ ba pha trục ngang cấp điện áp 0,23; 0,4; 6,3; 10,5kV có điểm giữa nối với dây trung tính của lưới cung cấp điện công suất đến 250kVA và tần số quay 500; 600; 700 và 1000min⁻¹.

Máy phát điện đồng bộ trạm điện diezen thường có máy và hệ thống kích thích (máy phát điện một chiều) liên kết với trục động cơ bằng khớp truyền động. Máy kích thích làm tăng trọng lượng và kích thích của liên hợp máy phát, hệ thống cổ góp dễ bị hỏng hóc. Gần đây, máy kích thích được thay thế bằng hệ thống kích thích cố định bằng máy biến áp và cầu nắn, sử dụng điện năng từ cửa ra của máy phát điện đồng bộ.

Ưu điểm của hệ thống kích thích là gắn liền vào trục rotor của máy phát điện đồng bộ, độ bền kết cấu cơ học cao, tin cậy, điều chỉnh điện áp chính xác ($\pm 3\%$), chi phí sử dụng thấp. Đối với trạm phát điện nông nghiệp, hiện nay sử dụng cả hai hệ thống kích thích trên.

Máy phát điện kích thích cho các trạm phát điện nông nghiệp có điện áp ra 20 đến 130V, công suất đến khoảng 5% công suất máy phát chính (trạm phát).

Máy phát điện chính công suất trên 150kVA được trang bị thiết bị kích thích tăng cường (có role điện áp tối thiểu) để có thể tăng điện áp (làm việc) sau khi bị ngắn mạch và đảm bảo chế độ làm việc song song của hai hay nhiều máy phát. Các máy phát đưa vào làm việc chế độ song song bằng phương pháp tự đồng bộ.

Để điều chỉnh tự động điện áp, máy phát chính sử dụng kích thích lẫn hợp. Đối với máy phát công suất bé sử dụng bộ điều chỉnh than.

Công suất trạm phát P_{Tmax} được chọn sao cho không vượt quá tổng công suất các máy phát P_c để đảm bảo tần số quay định mức:

$$P_c \geq P_{Tmax} \quad (6.52)$$

Công suất ở đầu ra các máy phát

$$P_e = \sum_{i=1}^n P_{ci} \eta_G \eta_{td} \quad (6.53)$$

trong đó: n - số máy phát điện trong trạm, $n = 1, 2, 3 \dots$

P_{ci} - công suất ghi trên nhãn của máy phát thứ i , kVA;

η_G - hiệu suất của máy phát, %;

η_{td} - hiệu suất truyền động từ trục động cơ sang máy phát, %.

Khuyến cáo vận hành dài hạn trên 24h giảm mức tải P_e' đến 90% đối với động cơ 4 kỳ và giảm P_e'' đến 85% cho động cơ hai kỳ.

Khi đó: $P_e' = 0,9P_e\eta_G\eta_{\text{td}}$

và $P_e'' = 0,85P_e\eta_G\eta_{\text{td}}$

Số lượng máy phát điện trong trạm (làm tròn) tính theo công thức:

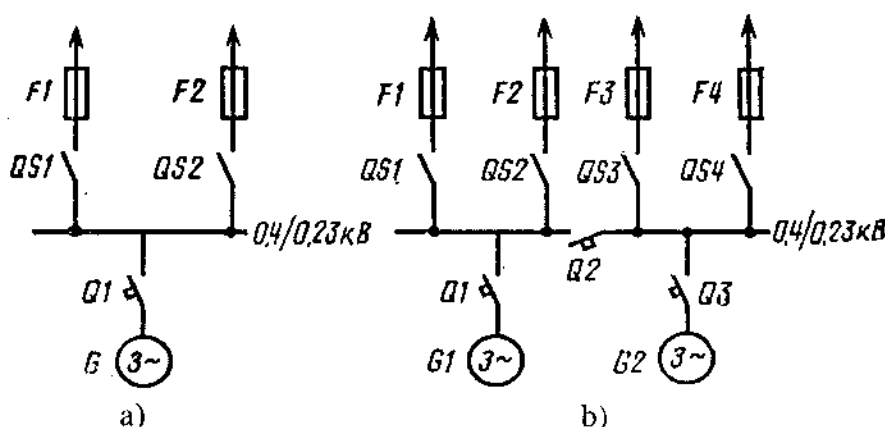
$$n = \frac{P_{T\max}}{0,9P_e} \quad (6.54)$$

Số lượng dự phòng cho trạm n_p' được tính theo biểu thức:

$$n_p' = \frac{B_p \cdot n}{0,8M_p} \quad (6.55)$$

Trong đó: B_p - thời gian sửa chữa của tất cả các loại động cơ diezen, h;

M_p - thời gian động cơ điện cần có sửa chữa sau vận hành do nhà chế tạo quy định, h.

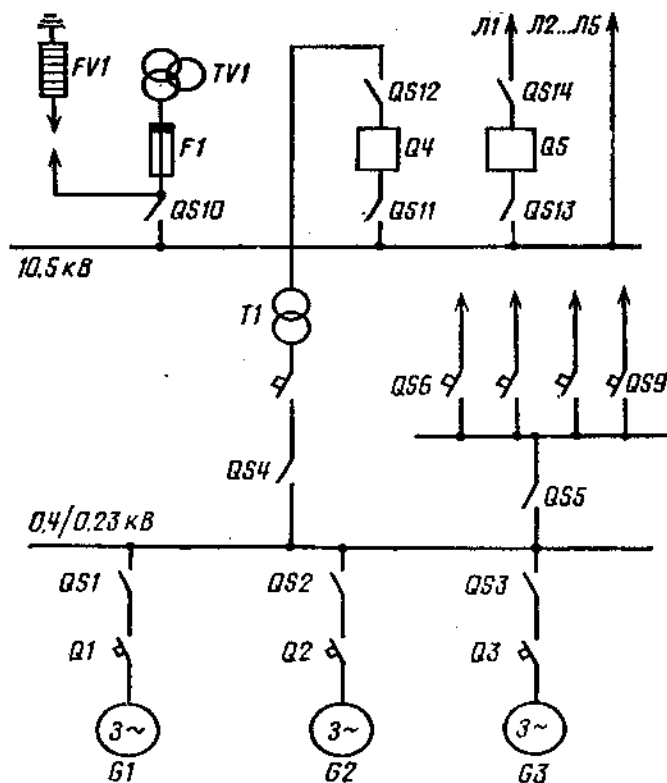


Hình 6.79 - Sơ đồ trạm phát điện điện áp đến 1000V

a) Một máy phát; b) Hai máy phát

Trong mạng điện nông nghiệp, cấp điện từ máy (trạm) phát điện diezen được khuyến cáo sử dụng sơ đồ đấu nối với số lượng bộ ngắt điện tối thiểu. Nếu hộ tiêu thụ điện ở cách trạm phát đến 1km cung cấp trực tiếp điện áp lưới 380/220V từ máy phát 400/230V. Với số hộ tiêu thụ điện nhỏ, công suất bé nên sử dụng sơ đồ hình 6.79a và nếu số hộ tiêu thụ điện công suất lớn thì sử dụng sơ đồ hai phân đoạn cho hai máy phát hình 6.79b.

Nếu công suất trạm phát từ 400 đến 1200kW, sử dụng sơ đồ có biến thế tăng áp 0,4/10kV như trong hình 6.80 hoặc sử dụng máy phát điện có điện áp ra lớn hơn 1000V.



Hình 6.80 - Sơ đồ trạm phát điện công suất $400 \div 1200 \text{ kW}$

1.2. Trạm thủy điện nhỏ

Trạm thủy điện có nhiều ưu việt so với trạm nhiệt điện: chi phí sản xuất điện thấp hơn, chi phí điện tự dùng thấp, khởi động và điều khiển dễ dàng (trong vài phút), thân thiện với môi trường.

Phổ biến ở nước ta là các trạm thủy điện có công suất nhỏ từ vài trăm W do nhân dân tự trang bị. Các trạm thủy điện công suất lớn đều do nhà nước đầu tư xây dựng (thủy điện Hòa Bình, Đa Nhim...) và dự án thủy điện Tà Bú - Sơn La đang được triển khai với máy phát điện có hàng nghìn kW công suất lắp đặt.

Trạm thủy điện có cấu trúc chính bao gồm tuốcbin, máy phát điện đồng bộ 3 pha, biến áp tăng thế (nếu lưới truyền tải có điện áp cao hơn điện áp ra của máy phát).

Trạm thủy điện nông nghiệp có công suất 50 - 60kW bán kính cung cấp điện khoảng 0,5 - 1km, có điện áp 400/230V.

Một số trường hợp máy tuốc bin có tần số quay thấp hơn so với máy phát điện đồng bộ, khi đó cần hộp số tăng tốc phối hợp (công suất đến 120kW). Rôto máy phát thủy điện công suất trên 120kW bố trí trên cùng trục với máy tuốcbin.

Công suất máy phát thủy điện tính theo công thức:

$$N = 9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H \quad (6.56)$$

Trong đó: η - hiệu suất của tuốc bin, %;

Q - lưu lượng nước qua tuốc bin, m^3/s ;

H - cột nước, m.

Đặc tính làm việc của tuốcbin ở cột nước và tần số quay ổn định có dạng:

$$\eta = f(P) \quad (6.57)$$

Trong đó: P - công suất máy phát, kVA.

Máy phát thủy điện công suất nhỏ có khả năng làm việc ở cột nước biến đổi trong phạm vi 10 ÷ 20%. Ngoài phạm vi này, chế độ làm việc của tuốcbin, tần số quay, cột áp và công suất không ổn định.

Tổn hao cột áp ΔH của đập nước phụ thuộc vào lưu lượng nước Q , nằm trong khoảng 1 ÷ 2% (đôi khi đến 4 ÷ 5%). Đối với cột áp thấp - đến 10% (và đôi khi đến 15 ÷ 20%). Chế độ làm việc tối ưu của tuốcbin đạt đến khi tích số $H \cdot \eta$ cực đại:

$$\frac{Q}{P} = \frac{1}{9,81 H \cdot \eta} \quad (6.58)$$

khi đó, chi phí riêng Q/P đạt trị số tối thiểu.

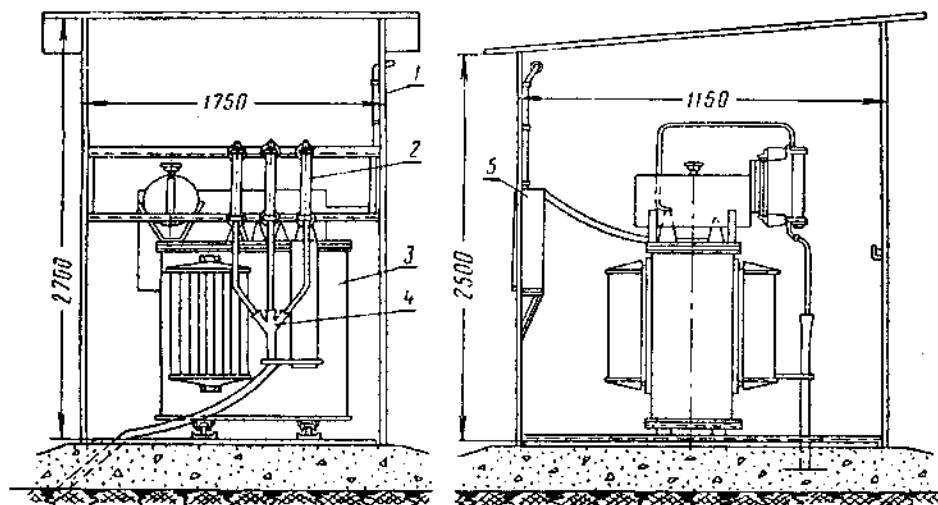
Có thể điều chỉnh công suất máy phát thủy điện theo yêu cầu của phụ tải bằng cách thay đổi dòng chảy trong ngày đêm, mùa vụ, một năm và nhiều năm cho thích hợp.

2. Trạm biến áp nông thôn

Theo nguyên tắc, trạm biến áp nông thôn chỉ có một biến áp công suất không lớn hơn 160 - 250kVA. Trong trường hợp một trạm biến áp quá nhiều phụ tải, số trạm có thể tăng lên 2 hay nhiều hơn. Số lượng trạm được xác định bằng cách so sánh tổng chi phí quy đổi cho mạng lưới hạ áp và các trạm theo các phương án cạnh tranh.

Ở các vùng nông thôn phổ biến nhất là trạm biến áp treo cột, phần việc xây dựng của trạm bao gồm phần trụ đỡ dạng hình Π hay A rất dễ chế tạo tại chỗ. Ngoài dạng treo cột, còn dùng trạm ngoài trời (không có mái che) hoặc trạm kín (có mái che).

Hình 6.81 cho sơ đồ cấu trúc trạm biến áp có mái che, điện áp 10/0,4kV (Nga). Ưu điểm của trạm này là ở chỗ, tất cả các phần tử kể cả phần vỏ bao che được chế tạo tại nhà máy, dễ vận chuyển đến chỗ lắp đặt nên giá thành giảm đáng kể và giảm thời gian xây dựng.



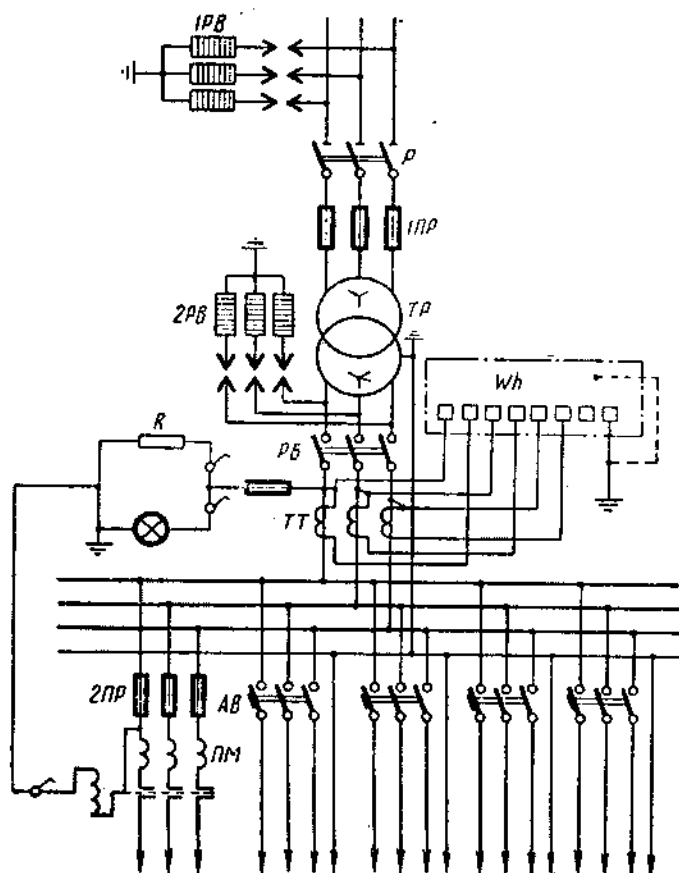
Hình 6.81 - Dạng chung của trạm biến áp 10/0,4kV kiểu КТП-250

1- Khối xi măng cốt thép; 2 - Cầu chảy kiểu ПК-10;

3- Biến áp kiểu ТМ-63-250/10; 4- Đầu nối cáp 10kV; 5- Tủ hạ thế

Nhà trạm được thực hiện dưới dạng một đơn nguyên tường 10cm có cửa đi, lưới thông thoáng và các chi tiết lắp đặt thiết bị. Biến áp lực được nối với đường dây trên không 10kV thông qua dao cách ly ПЛ Н Д - 10/250, với bộ truyền động ППН - 10М và cầu chảy cao áp П К - 10. Cầu chảy cao áp gắn trên khung bắt chặt vào tường. Dao cách ly với bộ truyền động và bộ phóng điện 10kV được bố trí trên gối tựa vòng (hình 6.81) nên đảm bảo an toàn tuyệt đối tại mọi điểm của trạm khi cắt dao cách ly. Tại cửa ra của trạm đặt máy cắt điện tự động không khí. Số đường dây đi ra là 3 hay 4 phụ thuộc vào công suất của máy biến áp. Chiều sáng đường giao thông khu vực được thực hiện điều khiển từ xa tập trung hay điều khiển tự động.

Trên hình 6.82 minh họa sơ đồ mạch điện của trạm. Cần lưu ý rằng, các sơ đồ đấu nối mạch điện trạm biến áp nông thôn không phụ thuộc vào cấu trúc của chúng về nguyên tắc không khác biệt nhau.



Hình 6.82 - Sơ đồ mạch điện trạm KТП-250

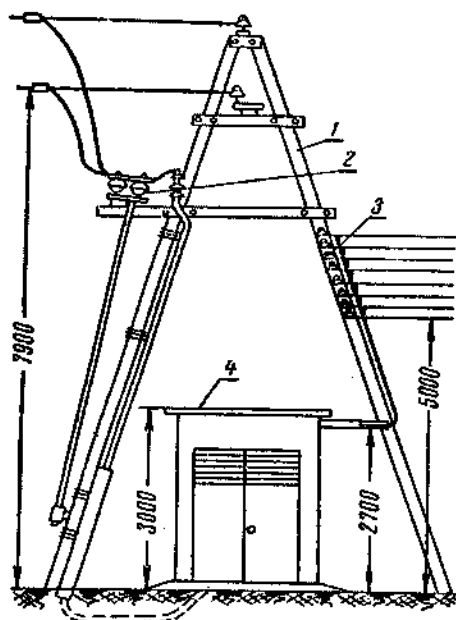
P - dao cách ly với bộ truyền động ПМ - 10M; 1ПР - cầu chảy ПК - 10; TP - máy biến áp TM-25-250/10; Wh - công tơ thuần kháng 3 pha; PБ cầu dao 3 pha; TT - biến dòng ТПЛ-10; AB- máy biến điện tự động không khí; ПМ - khởi động từ, 2ПР- cầu chảy E-27; R - điện trở, ДРБ - bộ phóng điện PC-10, 2PB - bộ phóng điện PBH-0,5

Khi các cụm dân cư hay các đối tượng khác gần đường dây trên không 35kV và ở xa trạm 35/6 ÷ 10kV (về phía đường dây trên không 35kV) nên chọn phương án cung cấp điện từ trạm 35/0,4kV. Trong trường hợp này không cần thiết xây dựng đường dây trên không 6 - 10kV, do đó có thể bù chênh lệch

giữa trạm 35/0,4kV và trạm 10/0,4kV. Sơ đồ đấu nối điện của trạm 35/0,4kV và 6 ÷ 10/0,4kV chỉ khác nhau về điện áp định mức của các thiết bị lắp đặt bên phía cao áp, còn ở phía hạ áp 0,4kV hoàn toàn như nhau.

Nếu trong khu vực cung cấp điện từ mạng phân phối 6 - 10kV có các cụm dân cư hay các đối tượng, tiêu thụ công suất không lớn hơn (cỡ 3 - 10kVA) và trội hơn về tải thuận kháng, sử dụng biến áp một pha cung cấp điện là hợp lý hơn cả. Như vậy, tiết kiệm đáng kể phương tiện và vật tư cho xây dựng trạm và đường dây trên không 6 - 10kV cấp cho trạm này.

Trên hình 6.83 thể hiện sơ đồ trạm biến áp một pha điển hình có công suất đến 10kVA điện áp 10/2x0,23kV. Tất cả thiết bị của trạm được đặt tựa trên bệ chữ A khép kín. Biến thế được nối với đường dây trên không 10kV thông qua dao cách ly 2 cực kiểu ПЛНД - 10/250 với bộ truyền động ППН - 10M và cầu chảy cao áp ПК - 10.



Hình 6.83 - Sơ đồ nối trạm kiểu KТП-250 với đường dây trên không 10kV

1 - Gối tựa vòng; 2 - Dao cách ly ПЛНД-10/200;

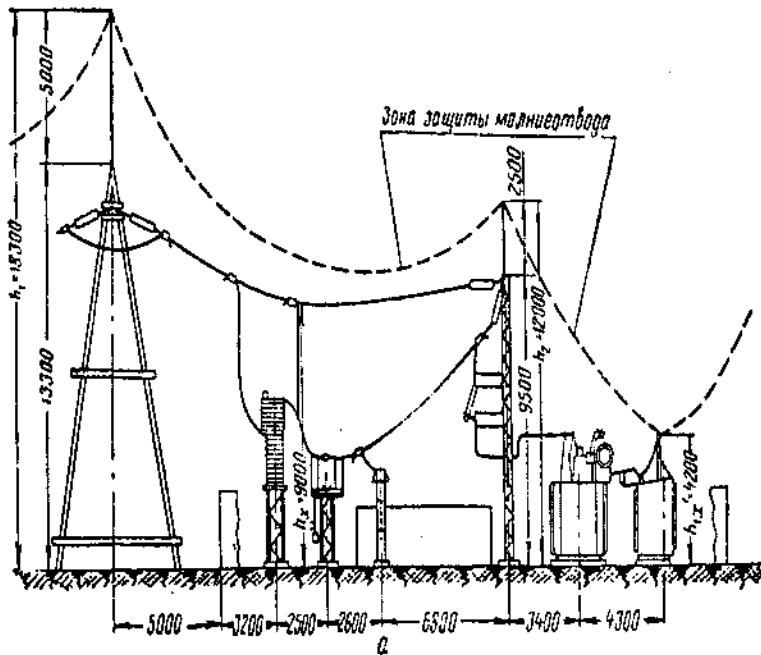
3 - Đấu nối thấp áp 0,4kV; 4 - KТП-250

Bên phía hạ áp ở mạch chính lắp aptomat kiểu АП-50-2MT, còn ở các mạch chiếu sáng đường giao thông, bóng đèn sợi đốt và sưởi ấm, công tơ và aptomat một cực (1 pha) kiểu АО-15M.

Điều khiển chiếu sáng đường phố thực hiện bằng chuyển mạch tầng kiểu ПП-10/4. Tất cả thiết bị hạ áp được bố trí trong tủ điện.

Để bảo vệ quá áp khí quyển, bên phía cao áp lắp đặt bộ phóng điện kiểu PC-10 và tại đầu cuối dây hạ áp của biến áp - bộ phóng điện kiểu PBH-0,5. Điện trở nối đất của trạm duy trì không vượt quá 10Ω .

Trong hình 6.84 cho sơ đồ bố trí mạng điện trạm biến áp điển hình có cột thu sét bảo vệ sét đánh trực tiếp.



Hình 6.84 - Sơ đồ bố trí hệ thống chống sét bảo vệ trạm biến áp 110/10kV

Câu hỏi

1. Nêu đặc điểm và yêu cầu cơ bản đối với mạng lưới cung cấp điện (hệ thống và mạng lưới cung cấp điện).
2. Cho biết công dụng, kết cấu và các thông số chính của máy biến áp một pha và biến áp ba pha. Chế độ làm việc song song của máy biến áp.
3. Cho biết công dụng và các đặc điểm chính của các biến áp đo lường (biến áp và biến dòng).

4. Nêu công dụng và đặc điểm của các phần tử cột, móng, xà, sứ, các cấu kiện đi kèm về dây dẫn và cáp điện.
5. Cho biết công dụng và đặc tính của các phần tử bảo vệ và điều khiển: rơle điều khiển và bảo vệ có tiếp điểm, thiết bị đóng cắt không tiếp điểm, công tắc hành trình không tiếp điểm.
6. Nêu sự cần thiết và đặc điểm của bảo vệ chống sét đánh trực tiếp và bảo vệ chống sét dòng quá áp, chống sét cho trạm biến áp và thiết bị ngoài trời, đường dây trên không điện áp 380/220V.
7. Nêu công dụng và đặc điểm trạm phát điện diezen và thủy điện nhỏ, trạm biến áp nông thôn.

Chương 7

TÍNH CHỌN VÀ LẮP ĐẶT CÁC PHẦN TỬ LƯỚI ĐIỆN NÔNG THÔN

I. PHÂN LOẠI MẠNG LƯỚI CUNG CẤP ĐIỆN

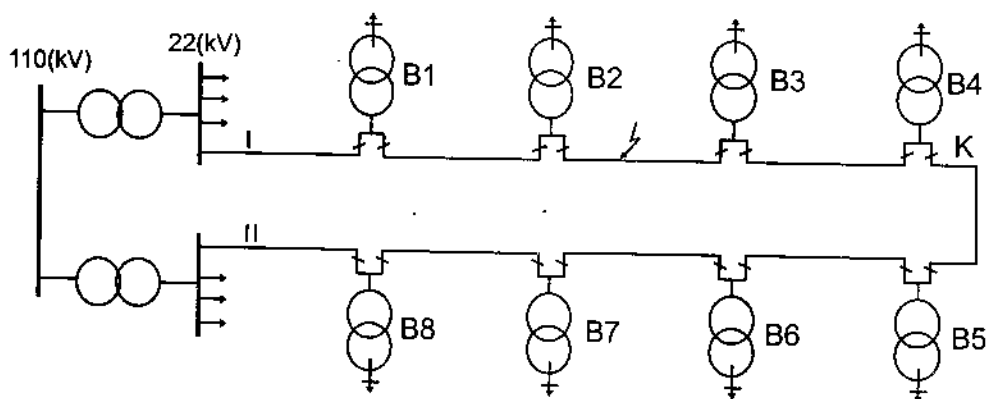
1. Lưới điện đô thị

Đô thị bao gồm thành phố lớn, nhỏ và các thị trấn. Lưới điện trung áp thường sử dụng trong đô thị là 22kV và 10kV. Mỗi thành phố tùy thuộc quy mô lớn/nhỏ, có thể được cung cấp bởi 1, 2 hoặc nhiều trạm biến áp trung gian.

Lưới trung áp thành phố thường có cấu trúc mạch vòng kín vận hành hở để tăng độ tin cậy khi cung cấp điện; thực hiện sơ đồ cung cấp điện bởi hai trạm biến áp trung gian T_1 , T_2 (110/220kV), mỗi trạm có nhiệm vụ cấp điện cho một nửa số hộ tiêu thụ điện bằng các mạch vòng dẫn 22kV.

Để tăng độ an toàn và mỹ quan đô thị, lưới cung cấp điện trong thành phố trung áp và hạ áp thường sử dụng cáp ngầm và các trạm biến áp phân khối kiểu trạm xây (còn gọi là trạm kín).

Sơ đồ nguyên lý mạch vòng trung áp cho trong hình 7.1. Mạch cáp ngầm nhận điện từ hai phân đoạn thanh góp 22kV của trạm biến áp trung gian và cấp điện cho các trạm biến áp phân phối đầu vào mạch vòng. Bình thường, điểm giữa mạch vòng (điểm K) mở, mỗi nửa mạch vòng làm việc độc lập cấp điện cho 4 trạm biến áp phân phối. Giả sử có sự cố trên đoạn cáp giữa 2 trạm B3 và B4, thiết bị đóng cắt tại 1 và 2 mở tách phần cáp bị sự cố ra khỏi lưới để sửa chữa, điểm K đóng lại chuyển nhiệm vụ cấp điện cho B3 và B4 từ nửa mạch vòng I sang nửa mạch vòng II. Như vậy, dù xảy ra sự cố tại bất kỳ đoạn cáp nào trên mạch vòng, các trạm biến áp phân phối vẫn không bị mất điện.



Hình 7.1 - Sơ đồ cung cấp điện mạch vòng trung áp

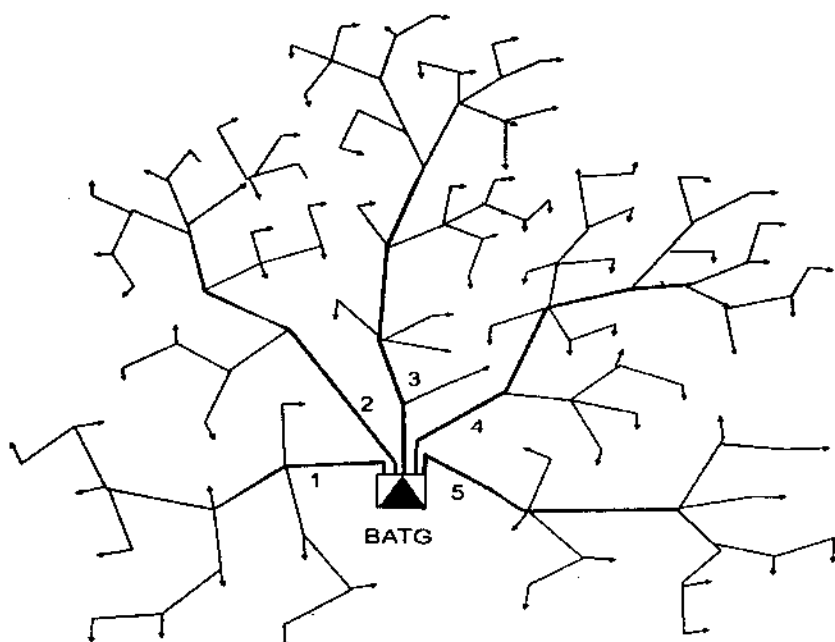
Do yêu cầu về mức độ tin cậy và mỹ quan của lưới cung cấp điện cho thị trấn không cao lắm, thông thường chỉ cần dùng các đường dây trung áp hở trên không cấp điện cho các trạm biến áp phân phối và lưới hạ áp đến các hộ tiêu thụ điện sử dụng đường dây trên không.

Trong lưới điện đô thị, được khuyến cáo không đi cáp ngầm và đường dây trên không vượt qua đường giao thông. Mỗi trạm biến áp phân phối chỉ nên cấp điện cho các hộ tiêu thụ nằm trên cùng một phía đường. Tùy theo điều kiện cụ thể có thể đặt trạm tại các góc phố hoặc giữa dãy phố.

2. Lưới điện nông thôn

Ở nông thôn, mỗi huyện thường được cấp từ 1 hoặc 2 trạm biến áp trung gian. Cấp điện áp 10kV và 35kV thích hợp cho lưới trung áp nông thôn hiện nay.

Do điều kiện địa lý và phân bố dân cư, lưới điện trung áp huyện có cấu trúc giống như thân cành nhánh của cây (hình 7.2). Từ trạm biến áp trung gian xây dựng một số đường trục trung áp, các đường rẽ nhánh từ những đường trục vươn về xã để cấp điện cho các trạm biến áp phân phối. Các tuyến truyền tải đều là đường dây hở trên không. Chọn các trạm phân phối kiểu treo cột hoặc bệ đều là thích hợp với điều kiện nông thôn.



Hình 7.2 - Lưới điện trung áp quy mô huyện.

1, 2, 3, 4, 5 - đường trục trung áp; → - trạm biến áp phân phối.

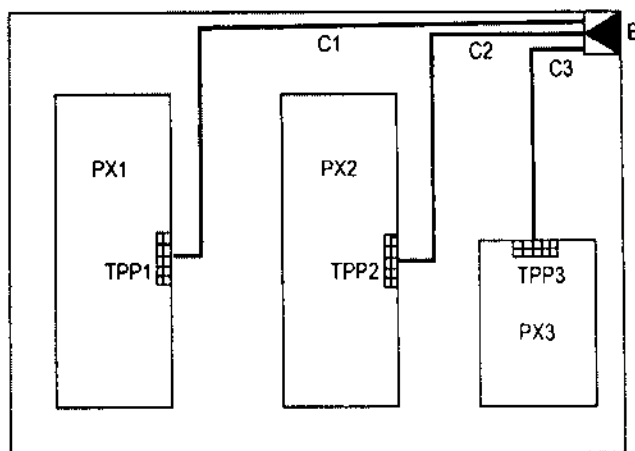
Lưới hạ áp nông thôn được chọn thực hiện theo tuyến đường dây trên không. Để đảm bảo chất lượng điện năng và thuận tiện cho quản lý, vận hành, hiện nay mỗi thôn thường được đặt một trạm biến áp phân phối, trạm được đặt ở giữa thôn (làng), từ đây đi ra các đường trục cấp điện theo các tuyến rẽ về các ngõ xóm.

3. Lưới điện xí nghiệp công nghiệp

Các xí nghiệp công nghiệp là những hộ tiêu thụ điện tập trung công suất lớn.

Điện năng cấp cho xí nghiệp được lấy từ các trạm biến áp trung gian (BATG) bằng các đường dây trung áp. Tùy theo công suất của xí nghiệp và khoảng cách từ xí nghiệp tới trạm BATG có thể chọn cấp điện áp 10kV, 22kV hoặc 35kV cho thích hợp.

Lưới điện xí nghiệp có cấu trúc khác nhau phụ thuộc vào quy mô sản xuất. Đối với các xí nghiệp nhỏ chỉ có vài ba phân xưởng, công suất một vài trăm kVA, chỉ cần đặt một trạm biến áp (hình 7.3).



Hình 7.3 - Mặt bằng cáp điện cho xí nghiệp nhỏ.

C1, C2, C3 - Các đường cáp ngầm hạ áp;
 TPP1, TPP2, TPP3 - Các tủ phân phối phân xưởng.

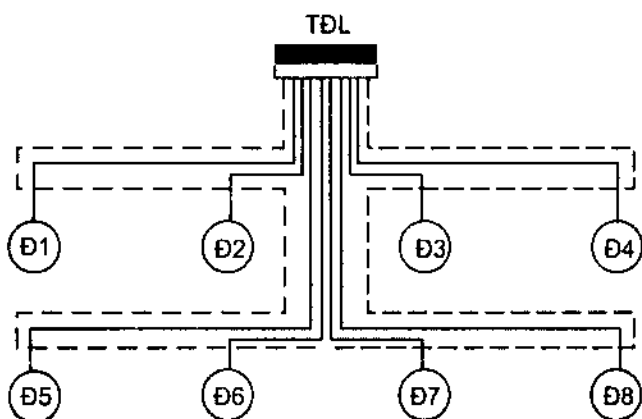
Với những xí nghiệp quy mô lớn như xí nghiệp cơ khí trung quy mô, sản xuất máy kéo, luyện kim, liên hợp dệt... bao gồm nhiều phân xưởng với tổng công suất tới vài ngàn, thậm chí hàng vạn kVA, thì quy mô lưới điện xí nghiệp cũng lớn. Trong xí nghiệp cần đặt nhiều trạm biến áp, mỗi phân xưởng lớn đặt một trạm, phân xưởng nhỏ gần nhau đặt chung một trạm. Để cấp điện cho các trạm biến áp phân xưởng (BAPX), cần đặt tại trung tâm xí nghiệp một trạm phân phối, gọi là trạm phân phối trung tâm (PPTT). Trạm PPTT có nhiệm vụ nhận điện từ trạm BATG về và phân phối cho các trạm BAPX. Trong trạm PPTT chỉ đặt các thiết bị đóng cắt, không đặt biến áp. Cũng có thể thực hiện phương án đặt trạm biến áp trung tâm (BATT) tại xí nghiệp ở những xí nghiệp rất lớn, cấp điện áp có thể là 35/10-22kV hoặc 110/10-22kV.

Đối với xí nghiệp quy mô sản xuất lớn, có nhiều phân xưởng chọn sơ đồ lưới cung cấp điện hình tia đến các phân xưởng, sao cho phân bố công suất trên máy biến áp cân đối là thích hợp nhất. Các phân xưởng có công suất gần nhau có thể sử dụng chung một máy biến áp.

Thông thường căn cứ vào vị trí, công suất của các phân xưởng, dự định xây dựng các trạm biến áp phân xưởng BAPX (10-22/0,4kV) với nguyên tắc phân xưởng được cung cấp điện bằng một trạm biến áp riêng. Tuy nhiên, các phân xưởng có công suất tiêu thụ nhỏ được cấp điện bằng đường cáp hạ áp kéo từ

các trạm gần lân cận có công suất dư. Nếu là xí nghiệp quan trọng được xếp vào hộ loại 1, cần được đảm bảo cấp điện liên tục qua trạm biến áp trung gian BATG bằng đường dây trung áp lộ kép.

Để đảm bảo mỹ quan công nghiệp và nâng cao độ an toàn, các tuyến dây trung áp trong xí nghiệp được khuyến cáo sử dụng cáp ngầm, các trạm BAPX đa phân được lắp đặt trong trạm xây kê vào tường phân xưởng, cấp điện lưới hạ áp trực tiếp bên trong mỗi phân xưởng. (Nhìn chung các thiết bị điện xí nghiệp như động cơ điện, lò điện, cầu trục... đều có cấp điện áp 0,4kV, rất ít thiết bị chuyên sử dụng điện áp 1kV hoặc 3kV).



Hình 7.4 - Cấp điện từ tủ động lực đến các máy công tác

Để cấp điện cho phân xưởng, đặt một tủ phân phối có nhiệm vụ nhận điện hạ áp từ trạm BAPX về cấp cho các tủ động lực (hình 7.4). Mỗi tủ động lực cấp điện cho một nhóm máy. Ngoài các tủ động lực, trong phân xưởng còn đặt 1 tủ chiếu sáng, tủ chiếu sáng cũng nhận điện năng từ tủ phân phối cấp điện cho hệ thống đèn chiếu sáng phân xưởng. Dây dẫn từ tủ động lực đến các máy thường sử dụng cáp, hoặc dùng dây bọc được luồn trong ống thép bảo vệ. Cáp được bảo vệ trong hệ thống rãnh cáp (đường nét đứt quãng trong hình 7.4).

II. TÍNH CHỌN CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP

Hệ thống điện bao gồm các thiết bị điện được liên kết với nhau theo một nguyên tắc chặt chẽ, tạo nên một cơ cấu đồng bộ, hoàn chỉnh. Mỗi thiết bị điện cần được lựa chọn đúng để thực hiện tốt chức năng trong sơ đồ cấp điện

và góp phần làm cho hệ thống cung cấp điện vận hành đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật, kinh tế và an toàn.

1. Lựa chọn máy biến áp

Trong sơ đồ cấp điện, máy biến áp có vai trò rất quan trọng, làm nhiệm vụ biến đổi điện áp và truyền tải công suất.

Máy biến áp khá đa dạng với nhiều kiểu cách, kích cỡ, nhiều chủng loại... Khi thiết kế phải căn cứ vào đặc điểm của hộ tiêu thụ điện (phụ tải điện) để lựa chọn máy biến áp cho hợp lý.

- Máy biến áp thường có ký hiệu như: Kiểu máy - Công suất - Tỷ số điện áp (U_1/U_2).

Ví dụ: 4JB 5444 - 3LA - 250 - 24/0,4 là máy biến áp phân phối (Siemens - Đức) kiểu 4JB 5444 - 3LA, công suất 250kVA, điện áp $U_1 = 24\text{kV}$, $U_2 = 0,4\text{kV}$.

TM - 5600 - 35/10 là máy biến áp dầu hai cuộn dây kiểu TM (Liên Xô cũ), công suất 5600 kVA, điện áp $U_1 = 35\text{kV}$, $U_2 = 10\text{kV}$.

- Cũng có khi ký hiệu đơn giản hơn như: Kiểu - Công suất/điện áp cao.

Ví dụ: 8CB8 - 400/35 là biến áp phân phối, khô, công suất 400kVA, điện áp 35/0,4kV.

Lựa chọn máy biến áp là phải xác định số lượng, công suất, chủng loại, kiểu cách và các tính năng chính khác của biến áp theo yêu cầu sử dụng cho trước. Số lượng máy biến áp đặt trong một trạm phụ thuộc vào khả năng chịu tải và độ tin cậy cung cấp điện cho phụ tải của trạm đó. Sau đây là một số nguyên tắc chính:

- 1) Với phụ tải quan trọng không được phép mất điện, phải đặt hai biến áp;
- 2) Với các xí nghiệp hàng tiêu dùng, khách sạn, siêu thị (hộ loại 2) thường đặt một biến áp cộng với máy phát dự phòng.
- 3) Với các hộ ánh sáng sinh hoạt thường chỉ đặt trạm một hoặc hai máy biến áp có công suất tương đương...

Công suất của máy biến áp được chọn theo công thức sau:

- Đối với trạm một máy: $S_{\text{đmBa}} \geq S_{\text{tt}}$ (7.1)

- Đối với trạm hai máy: $S_{\text{đmBa}} \geq \frac{S_{\text{tt}}}{1,4}$ (7.2)

Trong đó: $S_{\text{đmBa}}$ - công suất định mức của máy biến áp do nhà chế tạo quy định, VA;

S_n - công suất tính toán (công suất yêu cầu lớn nhất của phụ tải), VA;

1,4 - hệ số quá tải k_{qt} .

Hệ số quá tải phụ thuộc vào thời gian quá tải, ứng với điều kiện thời gian quá tải không quá 5 ngày 5 đêm (mỗi ngày quá tải không quá 6 giờ) chọn $k = 1,4$. Nếu không thỏa mãn điều kiện trên phải tra đồ thị tìm giá trị k_{qt} thích hợp (trong cẩm nang cung cấp điện) hoặc phải đảm bảo để máy biến áp làm việc không bị quá tải.

Các công thức (7.1) và (7.2) chỉ phù hợp với máy biến áp chế tạo trong nước hoặc với máy biến áp ngoại nhập đã nhiệt đới hóa.

Khi sử dụng máy ngoại nhập chưa nhiệt đới hóa cần phải đưa vào công thức hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ k_{hc} , để tính đến sự chênh lệch nhiệt độ giữa môi trường quy định và môi trường sử dụng máy.

$$k_{hc} = 1 - \frac{\theta_1 - \theta_2}{100} \quad (7.3)$$

trong đó: θ_1 - nhiệt độ môi trường sử dụng, °C;

θ_2 - nhiệt độ môi trường quy định bởi nhà chế tạo, °C.

Ví dụ: Nếu dùng máy biến áp Nga ở Việt Nam thì:

$$k_{hc} = 1 - \frac{24 - 5}{100} = 0,81$$

Với: 24 - nhiệt độ trung bình ở Hà Nội, °C;

5 - nhiệt độ trung bình ở Matxcơva, °C.

Khi đó, công thức (7.1) và (7.2) có dạng:

$$S_{dmBa} \geq \frac{S_n}{k_{hc}} \quad (7.4)$$

$$S_{dmBa} \geq \frac{S_n}{1,4k_{hc}} \quad (7.5)$$

Thông thường máy biến áp ít xảy ra sự cố, nếu trong số các hộ tiêu thụ điện có hộ loại 1 và một số hộ loại 3, có thể cắt điện khi cần thiết trong thời gian xác định khi một máy biến áp bị sự cố, biến áp còn lại chỉ phải cấp điện cho hộ loại 1. Nên chọn hai máy biến áp theo công thức (7.2) khi có thể.

Ví dụ: Hãy chọn máy biến áp cho khu chung cư có phụ tải điện $S_n = 300\text{kVA}$, điện áp trung áp 22kV.

Giải:

Vì cấp điện cho khu chung cư, trạm đặt một máy

Sử dụng công thức (7.1)

$$S_{dmBa} \geq 300kVA$$

Chọn máy 315kV do ABB chế tạo, với Ký hiệu 315 - 22/0,4

Trường hợp này nếu dùng máy Nga, theo công thức (7.4)

$$S_{dmBa} \geq \frac{300}{0,81} = 370kVA$$

Chọn máy biến áp phân phối do Nga chế tạo: TM-400-22/0,4

Ví dụ: Hãy chọn máy biến áp cho trạm biến áp nhà máy luyện kim có phụ tải điện $S_{tt} = 1200kVA$ trong hai trường hợp: a) không biết số % phụ tải loại 3 và b) biết phụ tải loại 3 là 20%.

Giải:

Chọn hai máy biến áp cho trạm cấp điện cho nhà máy luyện kim.

a) Khi không biết số % phụ tải loại 3 của nhà máy, khi bị sự cố máy còn lại phải cấp đủ công suất 1200kVA.

Áp dụng công thức (7.2)

$$S_{dmBa} \geq \frac{1200}{1,4} = 857kVA$$

Chọn dùng 2 máy biến áp của Công ty TBĐ Đồng Anh, công suất 1000kVA: 1000 - 22/0,4.

b) Biết 20% phụ tải loại 3 (ví dụ nhà kho, nhà hành chính, phân xưởng sửa chữa...).

Áp dụng công thức (7.2):

$$S_{dmBa} \geq \frac{S_{tt}}{1,4} = \frac{80\% \cdot 1200}{1,4} = 685kVA$$

Chọn dùng 2 máy biến áp của Công ty TBĐ Đồng Anh, công suất 750kVA: 750 - 11/0,4.

So sánh hai phương án chọn máy, thấy:

Phương án chọn hai máy 1000kVA có lợi là khi một máy gặp sự cố không phải cắt điện phụ tải loại 3 nhưng có hại là vốn đầu tư lớn, hệ số tải nhỏ:

$$k_1 = \frac{S_{tt}}{2S_{dmBa}} = \frac{1200}{2000} = 0,6$$

Phương án chọn 2 máy 750kVA có lợi là vốn đầu tư nhỏ, hệ số tải cao:

$$k_1 = \frac{1200}{1500} = 0,8$$

Tuy nhiên, khi một máy bị sự cố, máy còn lại cho phép tải 1,4 sẽ phải cắt giảm các phụ tải loại 3 là:

$$1200 - 1,4 \cdot 750 = 150 \text{ kVA}$$

Kiểm tra tỷ lệ tải phải cắt giảm:

$$\frac{1200}{1500} \times 100 = 12,5\%$$

Như vậy, có thể không phải cắt giảm hết 20% phụ tải loại 3.

2. Tính chọn máy cắt điện

Máy cắt điện (MC) là thiết bị điện có chức năng đóng cắt mạch điện cao áp (trên 1000V). Ngoài nhiệm vụ đóng, cắt điện phụ tải phục vụ cho công tác vận hành, máy cắt còn có chức năng cắt dòng điện ngắn mạch để bảo vệ các phần tử của hệ thống cung cấp điện.

Máy cắt được chế tạo với nhiều chủng loại, kiểu cách và mẫu mã được phân loại theo môi trường làm việc như: máy cắt ít dầu, máy cắt nhiều dầu, máy cắt không khí, máy cắt chân không, máy cắt khí SF₆...

Máy cắt hợp bộ được chế tạo dưới dạng tủ, trong đó đặt sẵn máy cắt và hai dao cách ly, loại này dùng rất tiện lợi cho các trạm biến áp hoặc trạm phân phối điện kiểu trong nhà.

Máy cắt phụ tải bao gồm dao cắt phụ tải dùng kết hợp với cầu chì, trong đó dao cắt phụ tải dùng để đóng cắt dòng phụ tải còn cầu chì để cắt dòng ngắn mạch. Máy cắt phụ tải rẻ tiền hơn nhưng làm việc không chắc chắn, tin cậy bằng máy cắt.

Máy cắt điện được tính chọn và kiểm tra theo các điều kiện:

$$\text{Điện áp định mức, kV: } U_{dmMC} \geq U_{dmLD} \quad (7.6)$$

$$\text{Dòng điện định mức, A: } I_{dmMC} \geq I_{ch} \quad (7.7)$$

$$\text{Dòng cắt định mức, kA: } I_{Cdm} \geq I''_N \quad (7.8)$$

$$\text{Công suất cắt định mức, MVA: } S_{Cdm} \geq S''_N \quad (7.9)$$

$$\text{Dòng điện ổn định động, kA: } I_{\infty d} \geq i_{xk} \quad (7.10)$$

$$\text{Dòng điện ổn định nhiệt, kA: } I_{\infty d \rightarrow nh} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{nh, dm}}} \quad (7.11)$$

Trong đó: U_{dmLD} - Điện áp định mức của lưới điện, kV;

I_{cb} - Dòng điện cường bức (dòng điện làm việc lớn nhất đi qua máy cắt) xác định theo sơ đồ cụ thể, A;

I_{∞}, I'' - Dòng ngắn mạch vô cùng và siêu quá độ (ngắn mạch ∞ là xa nguồn bằng nhau và bằng dòng ngắn mạch chu kỳ).

I_{xk} - Dòng điện ngắn mạch xung kích (trị số tức thời lớn nhất của dòng ngắn mạch):

$$I_{xk} = 1,8 \cdot \sqrt{2} I_N \quad (7.12)$$

S'' - Công suất ngắn mạch:

$$S'' = \sqrt{3} U_{nb} \cdot I'' \quad (7.13)$$

$t_{nh, dm}$ - thời gian ổn định nhiệt định mức tương ứng với $I_{nh, dm}$ (I_{odnh}), s;

t_{qd} - thời gian quy đổi, xác định bằng các tính toán và tra đồ thị (đối với lưới trung áp t_{qd} bằng thời gian tồn tại ngắn mạch (cắt ngắn mạch)).

khi đó:
$$I_{cdm} = I_{nh, dm} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_c}{t_{nh, dm}}} \quad (7.14)$$

Đối với các thiết bị điện có $I_{dm} > 1000A$ không cần kiểm tra ổn định nhiệt.

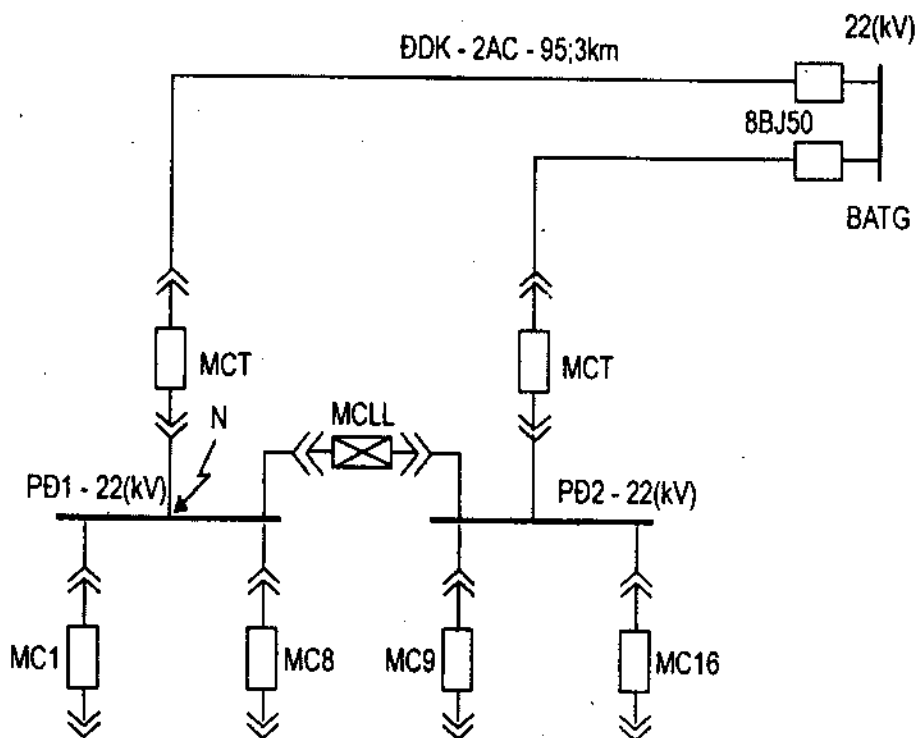
Ví dụ: Trạm phân phối trung tâm 22kV của một nhà máy công suất lớn, sơ đồ cho trên hình 7.5. Hãy chọn các máy cắt hợp bộ trên sơ đồ. Biết công suất tính toán của nhà máy là 8000kVA. Nhà máy được cấp điện từ trạm biến áp trung gian 110/22kV cách 3km đường dây trên không bằng dây nhôm 2AC-95, máy cắt đầu nguồn loại 8BJ50 (Đức) có $I_{cdm} = 25kA$.

Giải:

Khi một đường dây cung cấp cho trạm phân phối bị sự cố, toàn bộ phụ tải tính toán của nhà máy truyền tải qua đường dây còn lại và máy cắt tổng.

Dòng cường bức I_{cb} A tính được như sau:

$$I_{cb} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{dm}} = \frac{8000}{\sqrt{3} \cdot 22} = 210A$$



Hình 7.5 -Trạm phân phối trung tâm 22kV của nhà máy dệt sơ đồ 1HTTG phân đoạn bằng MCLL

Dòng cường bức qua các máy cắt nhánh bé hơn rất nhiều.

Chọn máy cắt hợp bộ 8DC11 cách điện SF₆ (Đức) có các thông số kỹ thuật:

$$U_{dm} = 24 \text{ kV}; I_{dm} = 1250\text{A}; I_{Nmax} = 125\text{kA}; I_{N3s} = 25\text{kA}$$

Để kiểm tra khả năng cắt ngắn mạch, cần tính dòng ngắn mạch qua máy cắt tổng, máy cắt liên lạc và các máy cắt nhánh từ MC1 đến MC16.

Tính dòng ngắn mạch trên thanh góp 22kV của trạm phân phối trung tâm (máy cắt liên lạc thường mở).

$$I_N = I'' = I_{\infty} = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}Z_N} = \frac{23}{\sqrt{3}\sqrt{0,99^2 + (0,51 + 1,2)^2}} = 6,58\text{kA}$$

Trong đó:

$$Z_N = \sqrt{(r_o l)^2 + (X_{Hl} + jx_o l)^2}$$

$$\text{Điện kháng của hệ thống: } X_{Hl} = \frac{U_{tb}^2}{S_{edm}} = \frac{23^2}{\sqrt{3}.24.25} = 0,51\Omega$$

Tổng trở đường dây: $Z_D = r_0 l + jx_0 l = 0,33.3 + j0,4.3 = 0,99 + j1,2\Omega$

Kiểm tra kết quả tính chọn máy cắt điện theo điều kiện bài toán:

- Điện áp định mức, kV : $U_{dmMC} = 24 > U_{dmLB} = 22$
- Dòng điện định mức, A : $I_{dmMC} = 1250 > I_{cb} = 210$
- Dòng cắt định mức, kA : $I_{Cdm} = 25 > I''_N = 6,58$
- Công suất cắt định mức, MVA : $S_{Cdm} = 1038 > S'' = \sqrt{3}.23.6,58 = 240$
- Dòng điện ổn định động, kA : $I_{\alpha dd} = 125 > i_{\alpha k} = 1,8\sqrt{2.6,58} = 16,8$

Không cần kiểm tra ổn định nhiệt của máy cắt vì có $I_{dm} = 1250A > 1000A$.

Máy cắt 8CD11 đáp ứng tất cả các yêu cầu kỹ thuật cho trạm phân phối trung tâm của nhà máy.

3. Tính chọn cầu chì, dao cách ly

Cầu chì và dao cách ly được chế tạo với mọi cấp điện áp. Trong lưới cung cấp điện, cầu chì có thể dùng riêng rẽ, nhưng thường dùng kết hợp với dao cách ly hoặc dao cắt phụ tải. Dao cách ly cũng có thể dùng riêng rẽ, nhưng thường dùng kết hợp với máy cắt và cầu chì.

Cầu chì là phần tử “yếu” nhất trong hệ thống cung cấp điện được tạo ra để cắt đứt mạch điện khi có dòng điện lớn quá trị số cho phép đi qua. Vì thế, chức năng của cầu chì là bảo vệ quá tải và ngắn mạch. Cần lưu ý là dây chì chế tạo rất khó đồng nhất tiết diện và khó khur hết tạp chất nên làm việc không được tin cậy lắm, không cắt dòng thật chính xác. Vì thế, chức năng chủ yếu là bảo vệ ngắn mạch. Cầu chì chỉ làm dự phòng bảo vệ quá tải cho aptomat hoặc khởi động từ.

Dao cách ly (cầu dao) có nhiệm vụ chủ yếu là cách ly giữa các phần máy điện và không mang điện, tạo khoảng cách an toàn trông thấy trong sửa chữa, kiểm tra, bảo dưỡng. Sở dĩ không cho phép dao cách ly đóng cắt mạch khi đang mang tải vì không có bộ phận dập hồ quang. Tuy nhiên, có thể cho phép dao cách ly đóng cắt máy biến áp không tải khi công suất nhỏ hơn 1000kVA.

3.1. Lựa chọn dao cách ly, cầu chì cao áp

Trong lưới điện cao áp, cầu chì thường dùng ở các vị trí sau:

- 1) Bảo vệ máy biến áp;
- 2) Kết hợp với dao cắt phụ tải thành bộ máy cắt phụ tải trung áp để bảo vệ các đường dây;
- 3) Đặt phía cao áp (6, 10, 22, 35kV) các trạm biến áp phân phối để bảo vệ ngắn mạch cho máy biến áp.

Cầu chì được chế tạo nhiều loại, nhiều kiểu, ở điện áp trung phổ biến nhất là cầu chì ống. Ngoài ra, người ta còn dùng cầu chì tự rơi thay cho bộ cầu dao cầu chì.

Trong lưới cung cấp điện trung và cao áp, dao cách ly ít dùng riêng rẽ, thường dùng kết hợp với:

- 1) Máy cắt trong tủ máy cắt hoặc hợp bộ máy cắt – dao cách ly;
- 2) Cầu chì trung áp đặt tại các trạm biến áp phân phối.

Dao cách ly được tính chọn và được kiểm tra theo các điều kiện sau:

- Điện áp định mức, kV : $U_{dmDCL} \geq U_{dmLD}$
- Dòng điện định mức, A : $I_{dmDCL} \geq I_{cb}$
- Dòng điện ổn định động, kA : $I_{d.dm} \geq i_{xk}$
- Dòng điện ổn định nhiệt, kA : $I_{d.dm} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{nh.dm}}}$

Cầu chì được tính chọn và được kiểm tra theo các điều kiện sau

- Điện áp định mức, kV : $U_{dmCC} \geq U_{dmLD}$
- Dòng điện định mức, A : $I_{dmCC} \geq I_{cb}$
- Dòng cắt định mức, kA : $I_{dm} \geq I''$
- Công suất cắt định mức, MVA: $S_{cdm} \geq S''$

Ví dụ: Trạm biến áp của một xã nông nghiệp đặt một máy biến áp 320kVA điện áp 10/0,4kV. Biết rằng trạm được cấp điện từ trạm biến áp trung gian 35/10kV của huyện, cách 3km đường dây trên không 10kV dây AC35. Máy cắt đầu đường dây của Liên Xô (cũ) đã mất catalog. Hãy tính hai phương án:

- 1- Chọn cầu chì tự rơi 10kV cho trạm;
- 2- Chọn DCL - CC 10kV cho trạm.

Giải:

Nhận dòng quá tải máy biến áp làm dòng điện lớn nhất qua dao cách ly và cầu chì (máy biến áp cấp điện cho nông thôn, do non tải suốt ngày, buổi tối có thể cho phép quá tải với $k_{qt} = 1,25$).

Dòng cường bức qua dao cách ly và cầu chì, khi đó:

$$I_{cb} = I_{qtB} = 1,25 I_{dmB} = 1,25 \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 10} = 27,75 \text{ A}$$

1. Phương án dùng cầu chì tự rơi:

Chọn cầu chì tự rơi 10kV với kiểu C710 - 112PB với các thông số kỹ thuật:

$U_{dm} = 12 \text{ kV}; I_{dm} = 100\text{A}; I_{Nmax} = 10\text{kA}; I_{N3s} = 7,88\text{kA}.$

Tính dòng ngắn mạch để kiểm tra cầu chì tự rơi đã chọn.

Lấy trị số S_{cdm} của máy cắt 10kV do Liên Xô (cũ) chế tạo là 250MVA, điện kháng của hệ thống:

$$X_H = \frac{U_{tb}^2}{S_{cdmMC}} = \frac{10,5^2}{250} = 0,44\Omega$$

Tổng trở đường dây AC-35 dài 3km là:

$$Z_D = r_0 l + jx_0 l = 0,92.3 + j0,4.3 = 2,76 + j1,2\Omega$$

Trị số dòng ngắn mạch qua cầu chì tự rơi là:

$$I_N = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}Z_N} = \frac{10,5}{\sqrt{3}\sqrt{2,76^2 + (0,44 + 1,2)^2}} = 1,9\text{kA}$$

Căn cứ vào I_N kiểm tra cầu chì tự rơi đã chọn có:

- Điện áp định mức, kV : $U_{dmCC} = 12 > U_{dmLD} = 10$
- Dòng điện định mức, A : $I_{dmCC} = 100 > I_{cb} = 27,75$
- Dòng cắt định mức, kA : $I_{cdm} = 10 > I_N = 1,9$
- Công suất cắt định mức, MVA : $S_{cdm} = \sqrt{3}.12.10 > \sqrt{3}.10.5.1,9$

Vậy đạt yêu cầu.

2. Phương án dùng dao cách ly - cầu chì

Căn cứ vào $I_{cb} = 27,75\text{A}$ chọn dao cách ly 3DC điện áp 12kV và cầu chì ống 3GD (Đức) có các thông số kỹ thuật:

- Dao cách ly 3DC: $U_{dm} = 12 \text{ kV}; I_{dm} = 400\text{A}; I_{Nmax} = 40\text{kA}; I_{N3s} = 10\text{kA}.$
- Cầu chì 3GD-120-2B: $U_{dm} = 12 \text{ kV}; I_{dm} = 100\text{A}; I_{Nmax} = 80\text{kA}; I_{N3s} = 40\text{kA}.$

Để kiểm tra ổn định điện động dao cách ly cần tính trị số dòng ngắn mạch xung kích:

$$i_{xk} = 1,8.\sqrt{2}I_N = 1,8.\sqrt{2}.1,9 = 4,79\text{kA}$$

Kết quả tính kiểm tra dao cách ly:

- Điện áp định mức, kV: $U_{dmDCL} = 12 > U_{dmLD} = 10$
- Dòng điện định mức, A: $I_{dmDCL} = 400 > I_{cb} = 27,75$
- Dòng điện ổn định động, kA: $I_{d.dm} = 40 > 4,79$
- Dòng điện ổn định nhiệt, kA: $I_{nh.dm} = 10 > 1,9\sqrt{\frac{0,8}{3}}$

Kết quả tính kiểm tra cầu chì:

- Điện áp định mức, kV: $U_{dmCC} = 12 > U_{dmLD} = 10$
- Dòng điện định mức, A: $I_{dmCC} = 100 > I_{cb} = 27,75$

- Dòng điện ổn định động, kA: $I_{cdm} = 80 > I_N = 1,9$
- Dòng điện ổn định nhiệt, kA: $S_{cdm} = \sqrt{3}.12.80 > \sqrt{3}.10.5.1,9$

3.2. Lựa chọn cầu dao, cầu chì hạ áp

Dao cách ly trong lưới điện hạ áp còn gọi là cầu dao được chế tạo với số cặp cực khác nhau: 1 cực, 2 cực, 3 cực, 4 cực và được gọi là cầu dao 1 pha, 2 pha, 3 pha. Về khả năng đóng cắt, cầu dao được chế tạo với khả năng đóng cắt khác nhau gồm:

1) Cầu dao không tải chỉ làm nhiệm vụ cách ly (đóng cắt không tải hoặc dòng nhỏ;

2) Cầu dao phụ tải làm nhiệm vụ cách ly và đóng cắt dòng phụ tải.

Cầu chì hạ áp được chế tạo gồm 3 kiểu:

1) Cầu chì thông thường (không làm nhiệm vụ cách ly, cắt tải);

2) Cầu chì cách ly có một đầu cố định, một đầu mở ra được như dao cách ly, làm nhiệm vụ cách ly như cầu dao.

3) Cầu chì cắt tải là cầu chì cách ly có thể đóng cắt dòng phụ tải như cầu dao phụ tải.

Ngoài ra, bộ cầu dao - cầu chì được chế tạo theo kiểu:

1) Bộ cầu dao - cầu chì thông thường;

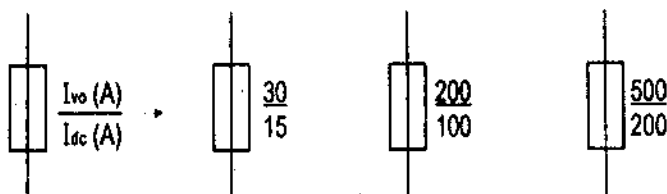
2) Bộ cầu dao phụ tải - cầu chì.

Trong bảng 7.1 giới thiệu ký hiệu và chức năng của một số cầu dao, cầu chì hạ áp. Cầu chì hạ áp được đặc trưng bởi hai đại lượng:

I_{dc} - Dòng định mức của dây chảy cầu chì, A;

I_{v0} - Dòng định mức của vỏ cầu chì (bao gồm cả đế và nắp).

Khi lựa chọn cầu chì hạ áp phải xem xét lựa chọn cả dòng điện định mức dây chảy I_{dc} và dòng điện định mức của vỏ và đế cầu chì I_{v0} . Thông thường, chọn I_{v0} lớn hơn I_{dc} vài cấp để khi dây chảy đứt vì quá tải, ngắn mạch hoặc khi cần tăng tải ta chỉ cần thay dây chảy chứ không cần thay vỏ. Ký hiệu đầy đủ cầu chì hạ áp cho trên hình 7.6.

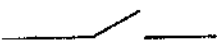
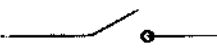
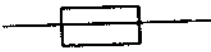
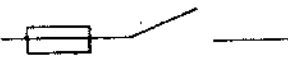
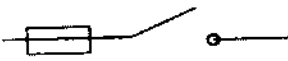


Hình 7.6 - Ký hiệu đầy đủ cầu chì hạ áp và các ví dụ

Trong thực tiễn, khi nói cầu chì 100A phải hiểu cầu chì có $I_{v0} = 100A$, còn khi nói bộ cầu dao - cầu chì 100A phải hiểu là $I_{CD} = I_{v0CC} = 100A$.

Trong lưới hạ áp, cầu chì và cầu dao thường được đặt khá xa nguồn (trạm biến áp phân phối) vì thế dòng ngắn mạch qua chúng đủ nhỏ, không cần kiểm tra các đại lượng liên quan đến dòng ngắn mạch.

Bảng 7.1. Ký hiệu và chức năng của một số cầu dao, cầu chì hạ áp.

Loại	Ký hiệu	Chức năng
Cầu dao (dao cách ly)	 CD (DCL)	Cách ly, đóng cắt dòng nhỏ
Cầu dao phụ tải (dao cắt tải)	 CDPT	Cách ly, đóng cắt dòng phụ tải
Cầu chì	 CC	Bảo vệ quá tải và ngắn mạch
Cầu chì cách ly	 CCCL	Bảo vệ quá tải và ngắn mạch, cách ly
Cầu chì cắt tải	 CCCT	Bảo vệ quá tải và ngắn mạch Đóng cắt dòng điện phụ tải
Bộ cầu dao - cầu chì	 CD - CC	Bảo vệ quá tải và ngắn mạch, cách ly
Bộ cầu dao phụ tải - cầu chì	 CDPT - CC	Bảo vệ quá tải và ngắn mạch Đóng cắt dòng điện phụ tải

3.2.1. Lựa chọn cầu dao hạ áp

Cầu dao hạ áp được chọn theo số pha, số cực, khả năng cắt tải, trong nhà, ngoài trời v.v. và theo hai điều kiện điện áp và dòng điện:

$$U_{dmCD} \geq U_{dmLD} \quad (7.15)$$

$$I_{dmCD} \geq I_n \quad (7.16)$$

trong đó: U_{dmCD} - điện áp định mức của cầu dao (thường là 220V, 230V, 250V, 380V, 400V, 440V, 500V, 690V), V.

U_{dmLB} - điện áp định mức của lưới điện hạ áp, có trị số 220V (điện áp pha) hoặc 380V (điện áp dây), V.

3.2.2. Lựa chọn cầu chì hạ áp

* Trong lưới điện thấp áp, sinh hoạt

Cầu chì được chọn theo điều kiện điện áp và dòng điện (tương tự cầu dao hạ áp):

$$U_{dmCC} \geq U_{dmLB} \quad (7.17)$$

$$I_{dc} \geq I_u \quad (7.18)$$

Trong đó: U_{dm} - Điện áp định mức của cầu chì (tương tự cấp điện áp của cầu dao), V;

I_{dc} - Dòng định mức của dây chảy do nhà chế tạo quy định, A;

I_u - Dòng điện tính toán, là dòng dài hạn lớn nhất qua dây chảy cầu chì, A.

Đối với phụ tải một pha (ví dụ: các thiết bị điện gia dụng).

$$I_u = I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{pdm} \cos \varphi} \quad (7.19)$$

Trong đó: U_{pdm} - Điện áp pha định mức, bằng 220V;

$\cos \varphi$ - Hệ số công suất;

Đèn sợi đốt, bàn là, bếp điện, bình nóng lạnh, có $\cos \varphi = 1$;

Quạt, tủ lạnh, điều hòa, đèn tuýp có $\cos \varphi \approx 0,8$;

Căn hộ gia đình có $\cos \varphi \approx 0,85$;

Lớp học dùng quạt + đèn sợi đốt có $\cos \varphi \approx 0,9$;

Lớp học dùng quạt + đèn tuýp có $\cos \varphi \approx 0,8$.

Đối với phụ tải ba pha:

$$I_u = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi} \quad (7.20)$$

Trong đó: U_{dm} - Điện áp dây định mức, bằng 380V;

$\cos \varphi$ - Lấy theo phụ tải.

Ví dụ: Hãy lựa chọn cầu chì bảo vệ bóng đèn sợi đốt 100W.

Giải:

Bóng đèn sợi đốt dùng điện áp 220V và $\cos \varphi = 1$, cầu chì chọn cho cấp điện áp 250V và theo (7.18) và (7.19).

$$I_{dc} \geq I_u = \frac{P_{dm}}{U_{pdm} \cos \varphi} = \frac{100}{220} = 0,45 A$$

Chọn cầu chì hạ áp, ví dụ có $I_{dc} = 2A > 0,45A$ với $I_{v0} = 5A$.

Ví dụ: Yêu cầu chọn bộ cầu dao – cầu chì tổng cho một căn hộ gia đình có công suất đặt 4kW.

Giải:

Phụ tải tính toán căn hộ gia đình khi biết P_d xác định theo:

$$P_{tt} = K_{dt} \cdot P_d = 0,8 \cdot 4 = 3,2kW$$

Dòng điện tính toán căn hộ:

$$I_{tt} = \frac{P_{tt}}{U_{dm} \cos \varphi} = \frac{3,2}{0,22 \cdot 0,85} = 17,1A$$

Chọn dùng bộ CD-CC 30A, có:

$$I_{dmCD} = I_{v0CC} = 30A, I_{dc} = 20A.$$

Ví dụ: Yêu cầu chọn các bộ CD-CC cho tủ điện của nhà giảng đường 2 tầng, mỗi tầng 6 lớp học, biết phụ tải tính toán một tầng $P_{tt} = 7,2kW$ và cả nhà $P_{ttN} = 14,4kW$.

Giải:

Dòng điện tính toán của mỗi tầng (cấp điện 3 pha) và toàn bộ nhà:

$$I_{tt} = \frac{7200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 13,69A$$

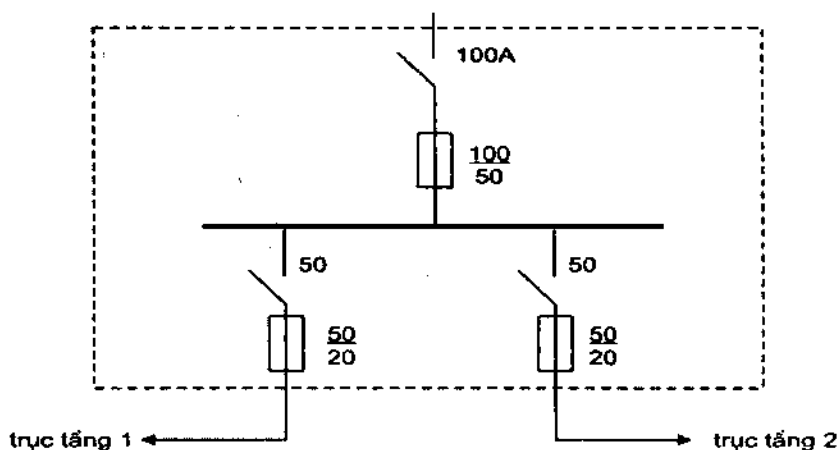
Chọn bộ CD-CC tầng 50A, cho mỗi tầng có:

$$I_{dmCC} = I_{v0CC} = 50A > 13,69A \text{ với } I_{dc} = 20A.$$

Chọn bộ CD-CC nhà 100A, có:

$$I_{dmCC} = I_{v0CC} = 100A, I_{dc} = 50A.$$

Kết quả lựa chọn các bộ CD-CC cho nhà giảng đường ghi trên hình 7.7.



Hình 7.7 - Tủ điện nhà giảng đường và các bộ CD-CC đã chọn

*** Trong lưới điện nhà xưởng sản xuất**

Phụ tải chủ yếu của lưới điện là các máy thiết bị cơ điện và các động cơ. trong đó phổ biến sử dụng khởi động từ làm nhiệm vụ đóng mở và bảo vệ quá tải cho động cơ, cầu chì chỉ làm nhiệm vụ bảo vệ ngắn mạch cho động cơ và bảo vệ quá tải cho dây dẫn.

- Cầu chì bảo vệ một động cơ chọn theo các điều kiện dòng điện:

$$I_{dc} \geq I_{lt} = k_t \cdot I_{dmĐ} \quad (7.21)$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{kd}}{\alpha} = \frac{k_{kd} \cdot I_{dmĐ}}{\alpha} \quad (7.22)$$

Trong đó: k_t - hệ số tải của động cơ, (thường chọn $k_t = 1$)

I_{kd} - dòng khởi động của động cơ, A;

$I_{dmĐ}$ - dòng định mức của động cơ tính theo công thức:

$$I_{dmĐ} = \frac{P_{dmĐ}}{\sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi \eta} \quad (7.23)$$

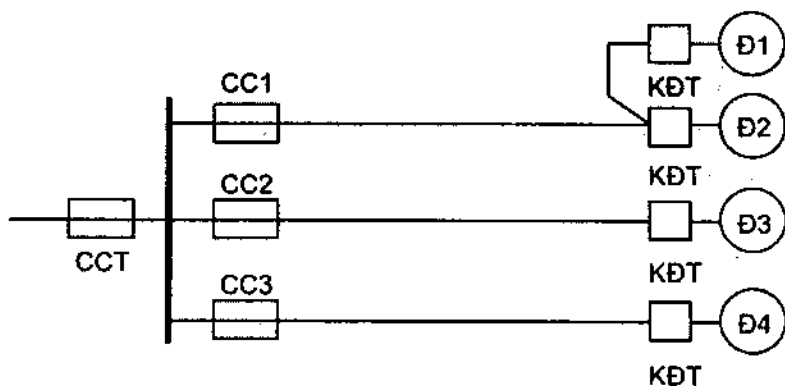
Trong đó: U_{dm} - điện áp định mức lưới 3 pha hạ áp, bằng 380V;

$\cos \varphi_{dm}$ - hệ số công suất định mức của động cơ do nhà chế tạo quy định ($\cos \varphi = 0,8$);

η - hiệu suất của động cơ ($\eta = 0,75 - 0,95$);

k_{kd} - hệ số mở máy động cơ do nhà chế tạo cung cấp, thường $k_{kd} = 5, 6, 7$.

α - hệ số ($\alpha = 2,5$ - khởi động nhẹ nhàng như máy bơm, máy cắt gọt kim loại và $\alpha = 1,6$ - khởi động nặng nề như cần cẩu, cầu trục, máy nâng).



Hình 7.8 - Cầu chì bảo vệ 1 động cơ (CC2, CC3), bảo vệ 2 động cơ (CC1) và cả nhóm động cơ (CCT)

Trong thực tế, gắp cụm 2 - 3 động cơ nhỏ hoặc 1 động cơ lớn cùng 1 - 2 động cơ nhỏ ở gần nhau có thể được cấp điện chung từ một đường dây và được bảo vệ chung bằng một cầu chì như động cơ Đ1, Đ2 (hình 7.8).

Trường hợp này cầu chì được chọn theo hai điều kiện sau:

$$I_{dc} \geq \sum_{i=1}^n k_{ti} I_{dmi} \quad (7.24)$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{kd\max} + \sum_{i=1}^{n-1} k_{ti} I_{dmi}}{\alpha} \quad (7.25)$$

α chọn theo điều kiện khởi động của động cơ.

Cầu chì tổng bảo vệ nhóm động cơ được chọn theo điều kiện:

$$I_{dc} \geq I_{tt} \quad (7.26)$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{kd}}{\alpha} \quad (7.27)$$

Điều kiện 7.24 và 7.25 là điều kiện chọn lọc, cầu chì tổng chỉ chảy khi có ngắn mạch trên thanh cái tủ điện, còn khi xảy ra ngắn mạch tại động cơ nào hoặc dây dẫn nào thì chỉ cầu chì nhánh đó chảy, đảm bảo cho cả nhóm không bị mất điện. Muốn vậy, phải chọn I_{dc} của cầu chì tổng lớn hơn ít nhất là hai cấp so với I_{dc} của cầu chì nhánh lớn nhất.

Trong các công thức (7.26) và (7.27), dòng điện tính toán của nhóm có thể xác định theo hai cách:

- Nếu biết k_t , tính theo (7.25)

- Nếu không biết k_t , xác định theo phụ tải tính toán từ công suất trung bình và hệ số cực đại.

Khi I_{tt} xác định theo (7.25), điều kiện thứ 2 tính theo (7.26).

Khi I_{tt} xác định theo (7.25), điều kiện thứ 2 tính theo biểu thức:

$$I_{dc} = \frac{I_{kd\max} + (I_{tt} - k_{sd} \cdot I_{dm})}{\alpha} \quad (7.28)$$

trong đó: $k_{sd} I_{dm}$ - ứng với động cơ có $I_{kd\max}$

Ví dụ: Yêu cầu lựa chọn 3 cầu chì nhánh và bộ CD-CC tổng cho tủ điện cấp điện cho 4 động cơ có các thông số kỹ thuật sau:

Động cơ	P_{dm} , kW	$\cos\varphi$	k_{mm}	k_t	η
Máy mài	10	0,8	5	0,8	0,9
Cầu trục	8	0,8	7	0,8	0,9
Máy phay	10	0,8	5	0,8	0,9
Máy khoan	4,5	0,8	7	0,8	0,9

Giải:

Lựa chọn cầu chì 1:

$$I_{dc} \geq I_{nD1} = 0,8 \frac{10}{\sqrt{3 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9}} = 0,8 \cdot 21,125 = 16,9A$$

$$I_{dc} \geq \frac{5 \cdot 21,125}{2,5} = 42,25A$$

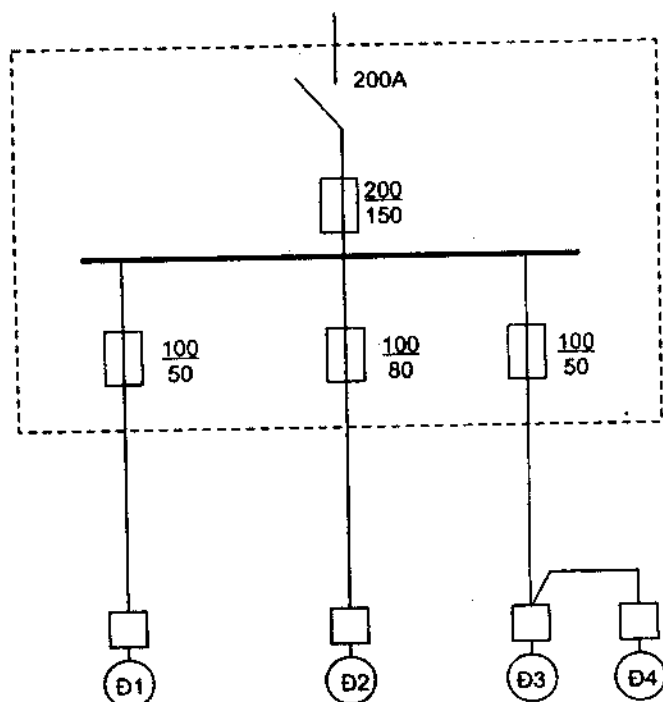
Chọn cầu chì hạ áp có $I_{dc} = 50A$, $I_{v\tilde{o}} = 100A$.

Lựa chọn cầu chì 2:

$$I_{dc} \geq I_{nD2} = 0,8 \frac{8}{\sqrt{3 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9}} = 0,8 \cdot 16,9 = 13,52A$$

$$I_{dc} \geq \frac{5 \cdot 16,9}{1,6} = 73,9A$$

Chọn cầu chì hạ áp có $I_{dc} = 80A$, $I_{v\tilde{o}} = 100A$.



Hình 7.9 - Sơ đồ tủ điện và kết quả lựa chọn cầu chì

Lựa chọn cầu chì 3:

Cầu chì bảo vệ hai động cơ

$$I_{dc} \geq \sum_i^2 K_{ti} I_{dmi} = 0,8 \frac{8}{\sqrt{3.0,38.0,8.0,9}} + 0,8 \frac{4,5}{\sqrt{3.0,38.0,8.0,9}}$$

$$= 0,8.21,125 + 0,8.9,5 = 24,5A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{kdD3} + K_{t4} I_{dmD4}}{\alpha} = \frac{5.21,125 + 0,8.9,5}{2,5} = 45,29A$$

Chọn cầu chì hạ áp có $I_{dc} = 50A$, $I_{v0} = 100A$.

Lựa chọn cầu chì tổng:

$$I_{dc} \geq \sum_i^4 K_{ti} I_{dmi} = 0,8[21,125 + 16,9 + 21,125 + 9,5] = 59,92A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{kdD2} + \sum_i^3 K_{ti} I_{dmi}}{\alpha} = \frac{7.16,9 + 0,8[21,125 + 21,125 + 9,5]}{1,6} = 89,25A$$

Theo kết quả tính toán trên, lẽ ra có thể chọn cầu chì có $I_{dc} = 100A$.

Nhưng theo điều kiện chọn lọc, chọn bộ CD-CC có $I_{dc} = 150A$, $I_{CD} = I_{v0CC} = 200A$.

Kết quả tính chọn cầu chì cho trong hình 7.9

4. Lựa chọn aptomat

Aptomat là thiết bị đóng cắt hạ áp có chức năng bảo vệ quá tải và ngắn mạch.

Do có ưu điểm hơn hẳn cầu chì là khả năng làm việc chắc chắn, tin cậy, an toàn, đóng cắt đồng thời ba pha và có khả năng tự động hóa cao nên aptomat mặc dù có giá đắt hơn vẫn ngày càng được dùng rộng rãi trong lưới điện hạ áp công nghiệp, dịch vụ cũng như lưới điện sinh hoạt.

Aptomat được chế tạo với điện áp khác nhau: 400V, 440V, 500V, 600V, 690V.

Người ta cũng chế tạo các loại aptomat 1 pha, 2 pha, 3 pha với số cực khác nhau: 1 cực, 2 cực, 3 cực, 4 cực.

Ngoài aptomat thông thường, người ta còn chế tạo loại aptomat chống rò điện. Aptomat chống rò tự động cắt mạch điện nếu dòng rò có trị số 30mA, 100mA hoặc 300mA tùy loại.

Aptomat được chọn theo 3 điều kiện:

$$U_{dmAP} \geq U_{dmLD} \quad (7.29)$$

$$I_{dmAP} \geq I_{ti} \quad (7.30)$$

$$I_{cdmAP} \geq I_N \quad (7.31)$$

Ví dụ 1: Yêu cầu chọn aptomat tổng cho căn hộ gia đình có công suất đặt là 6kW.

Giải:

Phụ tải tính toán căn hộ:

$$P_u = K_{dt} \cdot P_d = 0,8 \cdot 6 = 4,8 \text{ kW}$$

Căn hộ dùng điện áp 220V, $\cos\varphi = 0,85$.

$$I_u = \frac{4,8}{0,22 \cdot 0,85} = 25,66 \text{ A}$$

Có thể chọn aptomat 32A, ở đây dự phòng phát triển phụ tải, chọn dùng aptomat 1 pha G4CBC (Clipsal) có $I_{dm} = 40 \text{ A}$, $I_{cdm} = 6 \text{ kA}$.

Ví dụ 2: Trạm biến áp phân phối 250kVA, điện áp 10/0,4kV cấp điện cho hai dây phốt, mỗi dây có công suất tính toán 100kW. Hãy chọn aptomat đặt trong tủ phân phối của trạm.

Giải:

Dòng điện tính toán của mỗi dây phốt là:

$$I_{u1} = I_{u2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 178,95 \text{ A}$$

Chọn aptomat nhánh A1, A2:

$$I_{dmA1} = I_{dmA2} \geq 178,95 \text{ A}$$

Chọn aptomat NS225E có $I_{dmA} = 200 \text{ A}$ (Pháp).

* Lưu ý rằng: Aptomat tổng và cáp tổng thường được chọn theo dòng định mức của máy biến áp.

$$I_{dmAT} \geq I_{dmB} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 361,27 \text{ A}$$

Chọn aptomat NS400E có $I_{dmA} = 400 \text{ A}$.

Các số liệu kỹ thuật của các aptomat đã chọn như sau:

- AT (NS400E) : $U_{dm} = 500 \text{ V}$; $I_{dm} = 400 \text{ A}$; $I_{cdm} = 15 \text{ kA}$.

- A1, A2 (NS225E) : $U_{dm} = 500 \text{ V}$; $I_{dm} = 200 \text{ A}$; $I_{cdm} = 7,5 \text{ kA}$.

Vì các aptomat đặt rất gần nguồn biến áp, cần phải được kiểm tra theo dòng ngắn mạch.

Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế tính toán ngắn mạch cho trên hình 7.10.

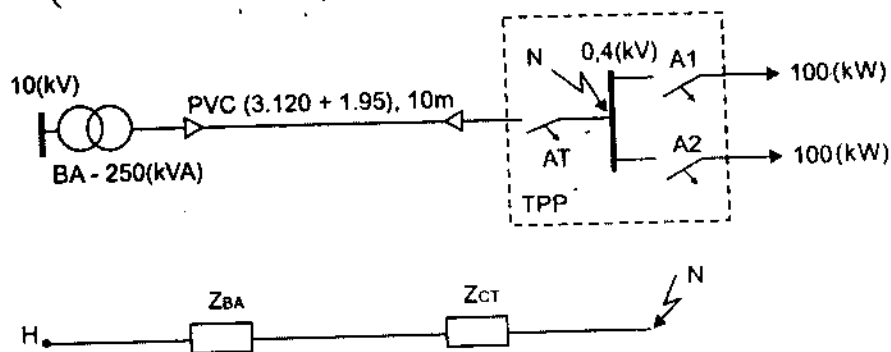
Tổng trở máy biến áp 250 - 10/0,4 quy đổi về phía hạ áp là:

$$Z_B = \frac{4,1 \cdot 0,4^2}{250^2} \cdot 10^6 + j \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{250} \cdot 10^4 = 10,5 + j28,8 \Omega$$

trong đó: $P_N = 4,1 \text{ kW}$, $U_N(\%) = 4,5\%$ (tra sổ tay).

Tổng trở đoạn cáp tổng, 4 lõi đồng PVC (3x120+1x95) dài 10m:

$$Z_c = \left(18,8 \cdot \frac{0,01}{120} + j0,1 \cdot 0,01 \right) 10^3 = 1,25 + j1m\Omega$$



Hình 7.10 - Sơ đồ nguyên lý trạm biến áp phân phối và sơ đồ thay thế tính ngắn mạch tại thanh cái 0,4kV

Bỏ qua tổng trở AT, tính được dòng ngắn mạch tại thanh cái 0,4kV:

$$I_N = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{(10,5 + 1,25)^2 + (28,8 + 1)^2}} = 7,15kA$$

Không cần tính ngắn mạch sau A1, A2 vì các aptomat nhánh đã chọn

$$I_{cdm} = 7,5kA > I_N.$$

Vậy chọn các aptomat như trên là hợp lý.

5. Lựa chọn thanh dẫn

Thanh dẫn được sử dụng trong các tủ động lực, tủ phân phối hạ áp, tủ máy cắt, các trạm phân phối trong nhà và ngoài trời. Thông thường, sử dụng các thanh gốp cứng cho các tủ điện cao - hạ áp và trạm phân phối trong nhà, còn thanh gốp mềm cho trạm phân phối ngoài trời.

Thanh gốp được chế tạo sẵn với nhiều kiểu dáng, chủng loại khác nhau bằng đồng và nhôm. Thanh gốp nhôm thường chỉ dùng trong trường hợp dòng điện nhỏ, còn thanh gốp đồng thường được dùng trong dòng điện lớn.

Về hình dáng, thanh gốp phổ biến nhất có hình chữ nhật, khi dòng điện lớn có thể ghép 2, 3 thanh trong 1 pha, đôi khi sử dụng loại thanh gốp tròn, hình máng, hình vành khuyên.

Trong lưới cung cấp điện, phía trung áp thường dùng các tủ hợp bộ, trong đó đặt sẵn thanh gốp (nhà chế tạo quy định khả năng chịu dòng ổn định động, ổn định nhiệt...). Các tủ phân phối, tủ động lực cần phải tính toán thiết kế, lắp đặt cho phù hợp với từng đối tượng sử dụng. Thanh dẫn trong các tủ phân phối của trạm biến áp phân phối, tủ phân phối của khu chung cư, phân xưởng hoặc

trong các tủ động lực phân xưởng, tủ tầng của nhà cao tầng thường có dòng không lớn lắm, chỉ cần dùng thanh gố chữ nhật.

Thanh gố trong lưới cung cấp điện được chọn theo dòng phát nóng và kiểm tra theo điều kiện ổn định động, ổn định nhiệt dòng ngắn mạch. Sau đây là các điều kiện chọn và kiểm tra thanh gố:

$$\text{- Dòng điện phát nóng lâu dài cho phép, } A : K_1 K_2 I_{cp} \geq I_{cb} \quad (7.32)$$

$$\text{- Khả năng ổn định động, } kG/m^2 : \sigma_{cp} \geq \sigma_{tt} \quad (7.33)$$

$$\text{- Khả năng ổn định nhiệt, } mm^2 : F \geq \alpha I_{\infty} \sqrt{t_{qd}} \quad (7.34)$$

Trong đó: Đối với thanh gố đặt đứng $K_1 = 1$ và đối với thanh gố đặt ngang $K_1 = 0,95$.

K_2 - Hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường (tra sổ tay).

σ_{cp} - Ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh gố:

+ Với thanh gố nhôm $\sigma_{cp} = 7000 N/cm^2$.

+ Với thanh gố đồng $\sigma_{cp} = 14000 N/cm^2$.

σ_{tt} - Ứng suất tính toán xuất hiện trong thanh gố do tác động của lực điện động dòng ngắn mạch, N/cm^2 :

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W} \quad (7.35)$$

M - Mômen uốn tính toán, $N.m$:

$$M = \frac{F_{tt} \cdot l}{10} \quad (7.36)$$

F_{tt} - Lực tính toán do tác động của dòng ngắn mạch, N :

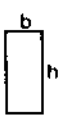
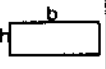
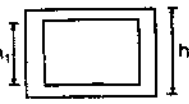
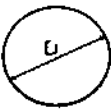
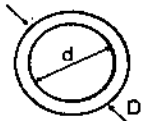
$$F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{1}{a} i_{xk} \quad (7.37)$$

l - Khoảng cách giữa các sứ của một pha, cm ;

a - Khoảng cách giữa các pha, cm ;

W - Mômen chống uốn của thanh gố, cm^3 (tính theo bảng 7.2)

Bảng 7.2 - Mômen uốn của một số thanh gố, $kG.m$

Thanh chữ nhật		Thanh chữ nhật rỗng	Thanh tròn	Thanh tròn rỗng
Đặt đứng	Đặt ngang			
				
$W = \frac{bh^2}{6}$	$W = \frac{bh'^2}{6}$	$W = \frac{h_1^3 - h'^3}{6}$	$W = \frac{\pi D^3}{32}$	$W = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$

Chú thích: $1\text{kG.m} \approx 10\text{N.m}$

Ví dụ: Hãy tính chọn thanh góp đặt trong tủ phân phối hạ áp của trạm biến áp 351kVA - 10/0,4kV.

Giải:

Dòng điện cường bức (lớn nhất) qua thanh góp được xem là dòng định mức của biến áp:

$$I_{cb} = I_{dmBa} = \frac{S_{dmB}}{\sqrt{3}U_{dmB}} = \frac{315}{\sqrt{3}.0,4} = 455,2\text{A}$$

Tra sổ tay chọn thanh góp đồng chữ nhật M40x4 có dòng điện cho phép $I_{cp} = 625\text{A}$.

Tính toán dòng ngắn mạch để kiểm tra điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt.

Quy tổng trở biến áp Z_{BA} về hạ áp với $P_N = 4,85\text{kW}$, $U_N = 4,5\%$ (tra sổ tay):

$$Z_B = \frac{4,85.0,4^2}{315^2} \cdot 10^6 + j \frac{4,5.0,4^2}{315} \cdot 10^4 = 7 + j20\text{m}\Omega$$

Bỏ qua tổng trở Z_{CT} và Z_{AT} coi $Z_N \approx Z_{BA}$

Dòng ngắn mạch chu kỳ I_N (kA) xác định theo công thức:

$$I_N = \frac{400}{\sqrt{3}\sqrt{7^2 + 20^2}} = 10,9\text{kA}$$

Trị số dòng ngắn mạch xung kích i_{xk} , kA:

$$i_{xk} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,9 = 27\text{kA}$$

Dự kiến đặt 3 thanh góp cách nhau 15cm, mỗi thanh đặt trên 2 sứ khung tủ cách nhau 70cm. Khi đó lực tác động ngắn mạch tính toán:

$$F_{II} = 1,68 \cdot 10^{-2} \frac{70}{15} \cdot 27 = 2,22\text{ kG} \approx 22,2\text{N}$$

Mômen uốn tính toán M, kGm

$$M = \frac{2,22 \cdot 70}{10} = 15,54\text{ kGm} \approx 155,4\text{N.m}$$

Mômen chống uốn của thanh đồng M40x4 (mm) đặt đứng W, cm^3 :

$$W = \frac{40.4^2}{6} = 0,106$$

Ứng suất trong thanh góp σ_{tt} , N/cm^2 :

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{15,54}{0,106} = 146,6\text{ kG/cm}^2 \approx 1466\text{ N/cm}^2$$

với $\alpha = 6$, $t_{qd} = t_c = 0,5s$ kết quả kiểm tra thanh góp như sau:

- Dòng điện phát nóng lâu dài cho phép, $A : K_1 K_2 I_{cp} = 1.1.625 > I_{cb} = 455,2$
- Khả năng ổn định động, $N/cm^2 : \sigma_{cp} = 14000 > \sigma_H = 1466$
- Khả năng ổn định nhiệt, $mm^2 : F = 40 \times 4 = 160 > 6.10,9\sqrt{0,5} = 46$

Vậy dùng thanh góp đồng M40x4 (mm) đặt đúng thỏa mãn các điều kiện.

6. Tính chọn dây dẫn và cáp điện

Có 3 phương pháp lựa chọn tiết diện dây dẫn và cáp (bảng 7.3):

a) *Chọn tiết diện theo mật độ dòng điện kinh tế J_{kt}*

Mật độ dòng điện tại đó xác định được tiết diện dây dẫn, giảm chi phí tính toán xuống nhỏ nhất (kinh tế nhất).

Phương pháp chọn tiết diện dây theo J_{kt} áp dụng cho lưới điện có điện áp $U \geq 110kV$, bởi vì trên mạng lưới không có phụ tải điện trực tiếp đấu vào, chỉ tiêu điện áp không bị ràng buộc khắt khe.

Lưới trung áp đô thị và xí nghiệp có khoảng cách tải điện ngắn, thời gian sử dụng trong ngày và công suất phụ tải lớn cũng thường sử dụng phương pháp tính toán này.

b) *Chọn tiết diện theo điều kiện sụt áp cho phép ΔU_{cp}*

Phương pháp tính chọn tiết diện dây dẫn để đảm bảo sụt áp thấp nhất, lấy chất lượng điện làm điều kiện tiên quyết. Được áp dụng trong tính toán lựa chọn tiết diện dây cho lưới điện nông thôn, thường có đường dây tải điện khá dài, chỉ tiêu điện áp rất dễ bị vi phạm.

c) *Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng dài hạn cho phép J_{cp}*

Phương pháp này khai thác tối đa khả năng chịu tải của dây dẫn và cáp, áp dụng cho lưới hạ áp đô thị, công nghiệp và sinh hoạt.

Bảng 7.3 - Phạm vi áp dụng các phương pháp lựa chọn tiết diện dây dẫn và cáp

Lưới điện	J_{kt}	ΔU_{cp}	J_{cp}
Cao áp	Mọi đối tượng	-	-
Trung áp	Đô thị, công nghiệp	Nông thôn	-
Hạ áp	-	Nông thôn	Đô thị, công nghiệp

Dù chọn tiết diện dây dẫn theo phương pháp nào cũng phải thỏa mãn các điều kiện kỹ thuật sau:

$$\Delta U_{ht} \leq \Delta U_{bcp}$$

(7.38)

$$\Delta U_{sc} \leq \Delta U_{secp} \quad (7.39)$$

$$I_{sc} \leq I_{cp} \quad (7.40)$$

Trong đó: (ví dụ, đứt 1 đường dây trong lộ kép, đứt đoạn dây trong mạch kín).

- ΔU_{hlep} , ΔU_{secp} - sụt áp cho phép lúc bình thường và sự cố:

Đối với đường dây $U \geq 110\text{kV}$: $\Delta U_{cphl} = 10\% U_{dm}$ và $\Delta U_{cpse} = 20\% U_{dm}$.

Đối với đường dây $U \leq 35\text{kV}$: $\Delta U_{cphl} = 5\% U_{dm}$ và $\Delta U_{cpse} = 10\% U_{dm}$.

- I_{sc} , I_{cp} - dòng điện sự cố lớn nhất qua dây dẫn và dòng điện phát nóng dài hạn cho phép.

Ngoài ra, tiết diện dây dẫn đường dây trên không thỏa mãn các điều kiện về độ bền cơ học và tổn thất vắng quang (do phóng điện thấm).

Cấp ở mọi cấp điện áp phải thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt dòng ngắn mạch:

$$F \geq \alpha \cdot I_{sc} \sqrt{t_{qd}} \quad (7.41)$$

Trong đó: α - hệ số, đối với dây nhôm $\alpha = 11$, đối với dây đồng $\alpha = 6$;

t_{qd} - thời gian quy đổi, (đối với ngắn mạch trung và ngắn mạch hạ áp cho phép lấy $t_{qd} = t_c$; thời gian cắt ngắn mạch $t_c = 0,5 \div 1\text{s}$).

6.1. Tính chọn tiết diện theo J_{kt}

Trình tự lựa chọn tiết diện theo phương pháp này như sau:

1) Căn cứ vào loại dây dẫn hoặc cáp dự kiến sử dụng, loại vật liệu làm dây bằng đồng hoặc nhôm và thời gian sử dụng tối đa trong năm T_{max} , tra bảng chọn trị số J_{kt} (bảng 7.4).

Bảng 7.4 - Trị số J_{kt} (A/mm^2) theo T_{max} và vật liệu dây dẫn

Kiểu/vật liệu dây dẫn	Thời gian sử dụng tối đa trong năm T_{max} , h		
	< 3000	3000 - 5000	> 5000
Dây đồng	2,5	2,1	1,8
Dây A, AC	1,3	1,1	1
Cáp đồng	3,5	3,1	2,7
Cáp nhôm	1,6	1,4	1,2

Nếu đường dây cấp điện cho các hộ tiêu thụ điện với T_{max} khác nhau, khi đó xác định trị số trung bình của T_{max} (h) theo biểu thức:

$$T_{max\text{tb}} = \frac{\sum S_i T_{max\text{ i}}}{\sum S_i} \approx \frac{\sum P_i T_{max\text{ i}}}{\sum P_i} \quad (7.42)$$

Trong đó: S_i, P_i - Phụ tải tính toán của hộ tiêu thụ, biểu thị bằng VA và W tương ứng.

2) Xác định dòng điện lớn nhất I_{ij}, A chạy trên các đoạn dây:

$$I_{ij} = \frac{S_{ij}}{n \cdot \sqrt{3} U_{dm}} = \frac{P_{ij}}{n \cdot \sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi} \quad (7.43)$$

với n - số lộ đường dây (lộ đơn $n=1$, lộ kép $n=2$)

3) Xác định tiết diện kinh tế từng đoạn:

$$F_{kij} = \frac{I_{ij}}{J_{kt}} \quad (7.44)$$

Căn cứ tiết diện kinh tế F_{kij} tính được, tra sổ tay tìm tiết diện tiêu chuẩn gần nhất bé hơn.

4) Kiểm tra tiết diện đã chọn theo các điều kiện kỹ thuật từ (7.48) đến (7.50). Nếu có 1 điều kiện không thỏa mãn, phải nâng tiết diện lên 1 cấp và tính toán lại.

Ví dụ: Yêu cầu lựa chọn dây dẫn cho đường dây 10kV cấp điện cho 2 xí nghiệp như hình 7.11. Biết các số liệu về phụ tải như sau (bảng 7.5):



Hình 7.11 - Đường dây 10kV cung cấp điện cho hai xí nghiệp

Bảng 7.5 - Dữ liệu về phụ tải của hai xí nghiệp

Phụ tải	S, kVA	$\cos \varphi$	T_{max}, h
Xí nghiệp 1	2000	0,8	5200
Xí nghiệp 2	1000	0,7	4000

Giải:

Vì đường dây cấp điện cho xí nghiệp có chiều dài ngắn, T_{max} lớn, chọn tiết diện theo J_{kt} , dây AC.

$$T_{max tb} = \frac{2000 \cdot 5200 + 1000 \cdot 4000}{2000 + 1000} = 4800h$$

Từ $T_{max tb} = 4800h$ và dây AC tra bảng 7.4 có $J_{kt} = 1,1 A/mm^2$.

Dòng điện trên các đoạn, xác định theo biểu thức:

$$I_{12} = \frac{S_2}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ A}$$

$$I_{A1} = \frac{\sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2}}{2\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{\sqrt{(1600 + 700)^2 + (1200 + 710)^2}}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 86,4 \text{ A}$$

Tiết diện kinh tế mỗi đoạn tính như sau: .

$$F_{12} = \frac{57,8}{1,1} = 52,5 \text{ mm}^2$$

$$F_{A1} = \frac{86,4}{1,1} = 78,5 \text{ mm}^2$$

Tra bảng tiết diện tiêu chuẩn, chọn dây bé hơn gần nhất

- Đoạn 12 chọn AC-50 có $Z_0 = 0,64 + j0,368 \Omega/\text{km}$.

- Đoạn A1 chọn AC-70 có $Z_0 = 0,46 + j0,36 \Omega/\text{km}$.

Kiểm tra tổn thất điện áp lớn nhất lúc bình thường (không dây nào bị đứt):

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{A12} = \Delta U_{A1} + \Delta U_{12}$$

$$\Delta U_{\max} = \frac{(1600 + 700) \cdot 0,46 \cdot 4 + (1200 + 710) \cdot 0,36 \cdot 4}{2 \cdot 10} + \frac{700 \cdot 0,64 \cdot 3 + 710 \cdot 0,368 \cdot 3}{10}$$

$$\Delta U_{\max} = 349,1 + 212,7 = 561,8 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\max} = 561,8 \text{ V} > \Delta U_{\text{bicip}} = 5\% U_{dm} = 500 \text{ V}.$$

Cần nâng tiết diện đoạn A1 lên 95 mm^2 có $Z_0 = 0,33 + j 0,34 \Omega/\text{km}$.

$$\Delta U_{\max} = \frac{(1600 + 700) \cdot 0,33 \cdot 4 + (1200 + 710) \cdot 0,34 \cdot 4}{2 \cdot 10} + 212,7 = 494,5 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\max} = 494,5 \text{ V} < \Delta U_{\text{bicip}} = 500 \text{ V}.$$

Khi sự cố một lộ trên đường lộ kép A1, tổn thất điện áp trên đoạn A1 tăng gấp đôi:

$$\Delta U_{sc} = 2\Delta U_{A1} + \Delta U_{A2} = 2 \cdot 281,8 + 212,7 = 776,5 \text{ V}$$

$$\Delta U_{sc} = 776,5 \text{ V} < \Delta U_{\text{secp}} = 10\% U_{dm} = 1000 \text{ V}$$

Khi sự cố một lộ trên đường lộ kép A1, dòng điện trên đường còn lại tăng gấp đôi:

$$I_{sc} = 2I_{A1} = 2 \cdot 86,4 = 172,8 \text{ A}$$

$$I_{sc} = 172,8 \text{ A} < I_{\text{secp}} = 325 \text{ A}$$

Kết luận: Chọn dây dẫn cho toàn bộ đường dây như sau:

Đoạn A1: 2AC-95

Đoạn 12: AC-50

6.2. Chọn tiết diện dây dẫn theo ΔU_{cp}

Khi tăng hoặc giảm tiết diện dây dẫn, điện trở của dây giảm hoặc tương ứng (tỷ lệ nghịch) trong khi điện kháng thay đổi không đáng kể (tra sổ tay thấy x_0 có giá trị $x_0 = 0,33 \div 0,45 \Omega/\text{km}$ với mọi cỡ dây dẫn và khoảng cách giữa các pha). Vì vậy, đối với một trị số x_0 cho trước, sai số xác định sụt áp phạm phải là không lớn.

Tổn thất điện áp ΔU_{cp} xác định theo biểu thức:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_{dm}} = \frac{PR}{U_{dm}} + \frac{QX}{U_{dm}} = \Delta U' + \Delta U'' \quad (7.45)$$

Khi cho giá trị x_0 , từ chiều dài (km) của đoạn đường dây tính:

$$\Delta U'' = \frac{QX}{U_{dm}} = x_0 \frac{Q.l}{U_{dm}} \quad (7.46)$$

$$\text{Từ đó suy ra: } \Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' \quad (7.47)$$

Mặt khác:

$$\Delta U' = \frac{PR}{U_{dm}} = \frac{P.p.l}{F.U_{dm}} \quad (7.48)$$

Xác định tiết diện dây dẫn F , mm^2 :

$$F = \frac{\rho.P.l}{U_{dm}.\Delta U'} \quad (7.49)$$

Vậy trình tự xác định tiết diện dây theo phương pháp này như sau:

1. Ứng với 1 cho trước, trị số x_0 lân cận $0,4 (\Omega/\text{km})$, trường hợp tổng quát đường dây n tải, tính được:

$$\Delta U'' = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_i l_i \quad (7.50)$$

2. Xác định thành phần $\Delta U'$ theo biểu thức (7.47)

3. Xác định tiết diện tính toán theo ΔU_{cp} :

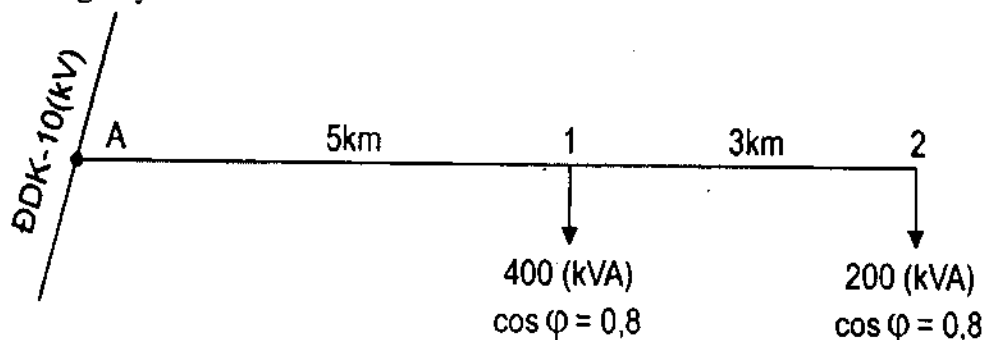
$$F = \frac{P}{U_{dm}.\Delta U'} \sum P.l \quad (7.51)$$

Chọn tiết diện tiêu chuẩn lớn hơn gần nhất.

4. Kiểm tra lại tiết diện đã chọn theo các tiêu chuẩn kỹ thuật (7.42) đến (7.44).

Ví dụ: Đường dây tải điện trên không 10kV, cấp điện cho 2 phụ tải nông thôn từ điểm A trên đường trục 10kV (hình 7.12). Biết tổn thất điện áp cho

phép từ điểm rẽ A về đến phụ tải 2 là $3\% U_{dm}$. Hãy xác định tiết diện dây dẫn cho đường dây A12.



Hình 7.12 - Đường dây 10 kV cung cấp điện cho 2 phụ tải

Giải:

Dây được tính chọn theo điều kiện ΔU_{cp} , đối với dây nhôm lõi sắt AC.

Nhận $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$, sụt áp do điện kháng và điện trở trên đường dây ($\sin \varphi = 0,6$):

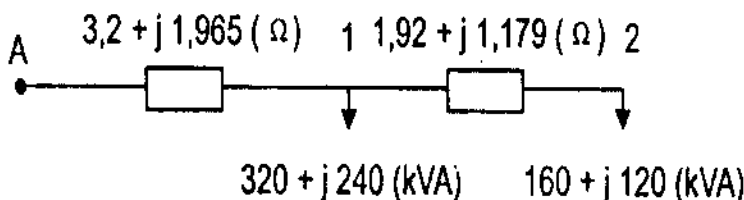
$$\Delta U'' = \frac{0,35}{10} [(400 \cdot 0,6 + 200 \cdot 0,6) \cdot 5 + 200 \cdot 0,6 \cdot 3] = 75,6 \text{ V}$$

$$\Delta U' = 3\% U_{dm} - \Delta U'' = 300 - 75,6 = 224,4 \text{ V}$$

Tiết diện dây tính toán:

$$F = \frac{31,5}{10 \cdot 224,4} [(400 \cdot 0,8 + 200 \cdot 0,8) \cdot 5 + 200 \cdot 0,8 \cdot 3] = 40,43 \text{ mm}^2$$

Chọn tiết diện tiêu chuẩn 50 mm^2 mức AC-50



Hình 7.13 - Sơ đồ thay thế đường dây 10kV

Tính toán kiểm tra: Tra sổ tay với dây AC-50, treo trên 3 đỉnh tam giác đều cách 2m có $r_0 = 0,64 \Omega/\text{km}$, $x_0 = 0,393 \Omega/\text{km}$.

$$Z_{A1} = 0,64 \cdot 5 + j0,393 \cdot 5 = 3,2 + j1,965 (\Omega)$$

$$Z_{A12} = 0,64.3 + j0,393.3 = 1,92 + j1,179 (\Omega)$$

$$\Delta U_{A12} = \frac{(320+160).3,2 + (240+120).1,965}{10} + \frac{160.1,92 + 120.1,179}{10} = 269,2V$$

$$\Delta U_{A12} = 269,2V < \Delta U_{cp} = 300V.$$

Vậy chọn dây AC-50 cho toàn tuyến là hợp lý.

6.3. Chọn tiết diện theo điều kiện đốt nóng I_{cp}

Công thức xác định tiết diện theo I_{cp} khá đơn giản:

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq I_n \quad (7.52)$$

Trong đó: K_1 - hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ tính đến sự chênh lệch giữa nhiệt độ môi trường quy định và môi trường làm việc (tra sổ tay);

K_2 - hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ, kể đến số lượng cáp đặt chung một rãnh, tra sổ tay;

I_{cp} - dòng phát nóng cho phép, nhà chế tạo quy định (tra sổ tay);

I_n - dòng điện làm việc lớn nhất (dài hạn) qua dây.

Tiết diện dây chọn theo bảng, sau khi tính theo (7.52) phải được kiểm tra theo điều kiện kỹ thuật và phải kiểm tra điều kiện kết hợp với các thiết bị bảo vệ.

Nếu bảo vệ bằng cầu chì:

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{\alpha} \quad (7.53)$$

$\alpha = 3$, với mạch động lực (cấp điện cho các máy);

$\alpha = 0,8$, với mạch sinh hoạt.

Nếu bảo vệ bằng aptomat:

$$K_1 K_2 I_{cp} \geq \frac{1,25 I_{dmA}}{1,5} \quad (7.54)$$

Với I_{dmA} là dòng khởi động nhiệt ($I_{kd.nh}$) của aptomat, trong đó 1,25 là hệ số cắt quá tải của aptomat.

Ví dụ: Hãy tính chọn dây dẫn cấp điện cho động cơ máy mài công suất $P_{dm} = 10kW$, $\cos\varphi = 0,8$, $k_{kd} = 5$ và hiệu suất $\eta = 0,9$. Biết rằng dây dẫn đi chung một rãnh với 5 dây khác, nhiệt độ môi trường $+ 30^{\circ}C$, dây được bảo vệ bằng cầu chì có $I_{dc} = 50A$.

Giải:

Dòng điện dài hạn lớn nhất qua máy mài là dòng định mức:

$$I_n = I_{dmD} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 21,125A$$

Tra bảng chọn cáp đồng 4 lõi PVC (3x2,5 + 1x2,5) có $I_{cp} = 36A$.

Từ nhiệt độ môi trường tra sổ tay có $K_1 = 0,94$.

Với 6 cáp đi chung một rãnh tra sổ tay có $K_2 = 0,75$.

$$K_1 K_2 I_{cp} = 0,94 \cdot 0,75 \cdot 36 = 25,38(A) > I_u = 21,125A$$

Thử lại điều kiện kết hợp cầu chì bảo vệ:

$$K_1 K_2 I_{cp} = 25,38A > \frac{I_{dc}}{3} = \frac{50}{3} = 16,67A$$

Không cần kiểm tra ΔU vì đường dây ngắn.

Không cần kiểm tra ổn định nhiệt dòng ngắn mạch vì xa nguồn.

Ví dụ: Hãy tính chọn đường dây hạ áp cho một căn hộ gia đình có công suất lắp đặt $P_d = 6kW$, biết rằng căn hộ được bảo vệ bằng cầu chì tổng $I_{dc} = 30A$.

Giải:

Công suất tính toán của căn hộ:

$$P_u = K_{dt} \cdot P_d = 0,8 \cdot 6 = 4,8kW$$

Dòng điện tính toán:

$$I_u = \frac{4,8}{0,22 \cdot 0,85} = 25,67A$$

Dự định dùng dây bọc nhựa lõi đồng đi trong ống nhựa trên tường:

Vì dùng dây nội $K_1 = 1$;

Vì đi riêng rẽ $K_2 = 1$.

Tra sổ tay chọn dây bọc lõi đồng, dây dúp M(2x2,5) có $I_{cp} = 30A$.

$$K_1 K_2 I_{cp} = 30A > I_u = 25,67A$$

Thử lại điều kiện kết hợp cầu chì:

$$K_1 K_2 I_{cp} < \frac{I_{dc}}{\alpha} = \frac{30}{0,8} = 37,5A$$

Điều kiện này không đảm bảo phải chọn dây M(2x4) có $I_{cp} = 41A$.

Ví dụ: Hãy tính chọn cáp tổng hạ áp dẫn điện từ máy biến áp 250kVA-10/0,4kV sang tủ phân phối của trạm dài 10m (hình 7.14), biết máy biến áp không cho phép quá tải, nhiệt độ $t = +25^\circ C$.

Giải:

Vì máy biến áp không cho phép quá tải, dòng lớn nhất qua cáp là dòng định mức của biến áp:

$$I_{tt} = I_{dmBa} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 361,27A$$

Chọn dây cáp đồng 4 lõi PVC (3x150 + 1x95) có $I_{cp} = 397A$.

Vì $t = +25^{\circ}C$ nên $K_1 = 1$

Cáp đi riêng $K_2 = 1$.

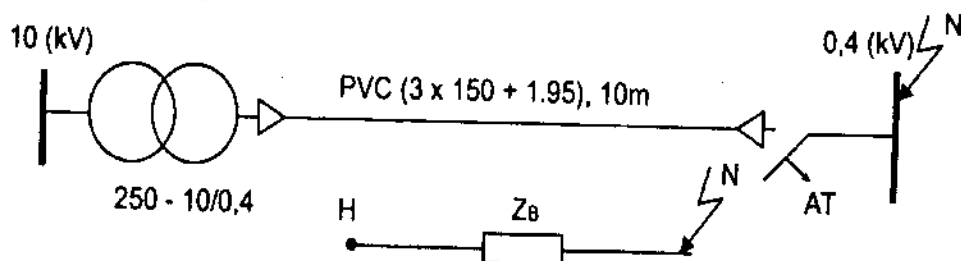
Mạch hạ áp với sơ đồ thay thế như sau:

Vì cáp tổng ở gần nguồn (trạm biến áp), phải kiểm tra ổn định nhiệt của dòng ngắn mạch (hình 7.14). Để tính dòng ngắn mạch, có thể bỏ qua tổng trở đoạn cáp và AT.

$$Z_{Ba} = \frac{4,1.0,4^2}{250^2} \cdot 10^6 + j \frac{4,5.0,4^2}{250} \cdot 10^4 = 10,5 + j28,8 m\Omega$$

Trong đó: $\Delta P_N = 4,1 kW$, $U_N = 4,5\%$ (tra sổ tay máy biến áp của ABB).

$$I_N = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{10,5^2 + 28,8^2}} = 7,3 kA$$



Hình 7.14 - Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế tính ngắn mạch hạ áp

Muốn đảm bảo ổn định nhiệt, tiết diện cáp 150 phải thỏa mãn biểu thức:

$$F = 150 \geq \alpha \cdot I_{\infty} \sqrt{t_c}$$

lấy $\alpha = 6$, $t_c = 0,8s$ và $I_{\infty} = I_N = 7,3 kA$.

Điều kiện trên hoàn toàn thỏa mãn.

$$F = 150 \geq 6 \cdot 7,3 \sqrt{0,8} = 39 mm^2$$

Không cần kiểm tra ΔU vì dây quá ngắn.

Vậy chọn cáp tổng PVC(3x150 + 1x95).

III. LẮP ĐẶT MẠNG LƯỚI ĐIỆN TRÊN KHÔNG ĐIỆN ÁP ĐẾN 35KV

1. Khái niệm chung

Công việc thi công theo các bản thiết kế đường dây trên không phải tuân thủ theo các văn bản pháp quy quy định kỹ thuật an toàn do ngành điện lực quy định. Các bản thiết kế kỹ thuật phải được các cơ quan quản lý phê duyệt, cấp phép trước khi thực hiện.

Trong quá trình thiết kế đường dây trên không phải đáp ứng các yêu cầu chính sau:

- 1) Cung cấp điện tin cậy;
- 2) An toàn cho người và gia súc;
- 3) Thuận tiện trong sử dụng vận hành;
- 4) Chi phí đầu tư xây dựng và vận hành khai thác tối thiểu.

2. Yêu cầu kỹ thuật và an toàn

Trong thiết kế, thi công xây dựng đường dây truyền tải điện cao - hạ áp (tới 35kV) với dây dẫn được kẹp trên sứ phải tham khảo chi tiết các quy định và quy phạm trang bị điện và xây dựng. Sau đây là một số nguyên tắc cơ bản nhất:

1) Khi đường dây đi qua sông, ao, hồ, đầm lầy, tiết diện tối thiểu của dây nhôm là không được nhỏ hơn 70mm^2 và dây nhôm lõi thép không được nhỏ hơn 25mm^2 ; khi đường dây đi qua sông ngòi, kênh rạch cạn nước tiết diện các loại dây không được nhỏ hơn 35mm^2 .

2) Khi đường dây cắt ngang qua các đường dây thông tin liên lạc đối với dây nhôm không được nhỏ hơn 70mm^2 và dây nhôm lõi thép - không được nhỏ hơn 25mm^2 .

3) Khi đường dây cắt ngang qua đường sắt, đường ống nước, ống hơi và các đường cáp treo, tiết diện dây nhôm không được nhỏ hơn 70mm^2 và dây nhôm lõi thép không nhỏ hơn 35mm^2 .

4) Khi đường dây đi ngang qua đường ô tô, đường tàu điện, đường ô tô điện với dây nhôm không nhỏ hơn 35mm^2 và dây nhôm lõi thép không nhỏ hơn 25mm^2 .

5) Không cho phép các mối nối dây dẫn và dây chống sét trong khoảng vượt, đi qua các đối tượng công trình xây dựng, đường xá...

6) Độ dự trữ bên của các phần tử đường dây phải thỏa mãn điều kiện nêu trong bảng 7.6.

Bảng 7.6 - Độ bên dự trữ của các phần tử đường dây

Nơi lắp đặt	Đặc điểm/mã hiệu dây dẫn	Một số dự trữ
Khu dân cư	AC các tiết diện khác nhau	2,0
Xa khu dân cư	- Dây một sợi (tất cả các mã)	2,5
	- Dây nhiều sợi (tất cả các mã)	2,0

7) Mỗi nối dây dẫn phải có độ bền cơ học không được nhỏ hơn 90% độ bền phá hủy của dây dẫn.

8) Khoảng cách giữa các dây dẫn trên cột đơn với cây cối không nhỏ hơn 2,5m; với đường dây 35kV và cột cổng hình chữ Π - không nhỏ hơn 3m.

9) Khoảng cách nhỏ nhất trong không khí giữa các phần dẫn điện và các phần được nối đất của đường dây trên không dùng sứ đứng đối với điện áp tới 10kV là 15cm, tới 20kV là 25cm, tới 35kV là 35cm. Đường dây tải điện trên không tới 35kV đi qua vùng thưa dân, khoảng cách từ dây dẫn tới đất theo chiều thẳng đứng ở điều kiện làm việc bình thường không được nhỏ hơn 6m. Ở những chỗ điều kiện thật khó khăn, khoảng cách này có thể giảm tới 3m. Khoảng cách này được xác định khi nhiệt độ không khí lớn nhất và dòng điện chạy qua dây lớn nhất (đốt nóng dây nhiều nhất).

10) Đường dây tải điện áp tới 35kV đi qua vùng đông dân cư, khoảng cách từ đường dây tới đất theo chiều thẳng đứng không được nhỏ hơn 7m.

11) Khoảng cách theo phương nằm ngang của dây dẫn gần nhất với nhà cửa và công trình xây dựng (độ lệch của dây lớn nhất), không được nhỏ hơn 2m đối với đường dây đến 20kV và 4m đối với đường dây 35kV. Ở vùng dân cư thưa thớt - không được nhỏ hơn 10m đối với đường dây đến 20kV và 15m đối với đường dây 35kV.

12) Khoảng cách từ dây dẫn của đường dây tải điện áp đến 35kV phải cao hơn mặt nước sông ngòi khi mức nước cao nhất là 6m.

13) Khoảng cách nhỏ nhất cho phép của các dây truyền tải điện ở vị trí chỗ đi ngang qua đường sắt, đường ô tô, các đường dây điện, dây thông tin và các đường ống nước, ống hơi cho trong bảng 7.7.

Bảng 7.7 - Khoảng cách nhỏ nhất tới dây dẫn khi đi ngang qua các công trình khác

Đặc điểm của đường dây cắt ngang	Khoảng cách, m		
	Điện áp đường dây, kV		
	1÷10	20	35
Từ dây dẫn đến đỉnh đường ray ở điều kiện bình thường:			
+ Đường sắt không điện khí hóa	7,5	7,5	7,5
+ Đường sắt gấp khúc, công dụng chung	6,0	6,0	7,5
Tới nền đường ô tô loại I và II	7,0	7,0	7,0
Cắt ngang đường dây khác và đường dây thông tin liên lạc	2	3	3

Cắt ngang đường dây cao áp khác, đường ống nước, ống hơi hoặc đường cáp vận chuyển	3	3	4
Cắt ngang qua đường dây cao áp và dây dẫn của tàu điện, ô tô điện	3"	3	3

*Chú thích: * - Đối với điện áp dưới 1kV, khoảng cách là 1,5m*

14) Khoảng cách của đường dây điện hạ áp (dưới 1kV) tới các đường dây thông tin liên lạc không nhỏ hơn 1,25m.

15) Các đoạn đường dây vượt qua đường sắt, đường ô tô, sông hồ và các công trình xây dựng khác phải dùng cột chịu lực (dùng cột tăng cường hoặc cột kép), xà kép, sứ kép và dây dẫn phải néo, kẹp chặt, tránh bị tuột và bị trượt.

16) Khi đi ngang qua đường dây cao áp, đường dây có điện áp thấp hơn phải nằm dưới đường dây có điện áp cao hơn.

17) Khi đi ngang qua đường dây thông tin liên lạc, đường dây truyền tải điện phải đi trên đường dây thông tin liên lạc và các đường dây tín hiệu.

18) Góc cắt của đường dây khi đi ngang qua đường sắt điện khí hóa không được nhỏ hơn 40° .

19) Khi đường dây đi qua rừng hoặc qua các đồi trồng cây cối, đối với đường dây hạ áp, khoảng cách theo chiều thẳng đứng đối với ngọn cây và chiều nằm ngang đối với tán cây phải cách dây dẫn khi lệch lớn nhất không dưới 1m.

20) Khi đường dây cao áp đi qua rừng hoặc đồi trồng cây phải phát quang tạo thành hành lang tuyến có bề rộng không được nhỏ hơn: $D + 6m$ đối với cây cao không quá 4m và $D + 2H$ đối với cây cao trên 4m (trong đó: D - khoảng cách giữa dây dẫn của pha ngoài cùng với cột theo phương nằm ngang; H - độ cao lớn nhất của cây ở hai bên rìa hành lang tuyến).

21) Khi đường dây đi qua công viên hoặc các khu bảo tồn cây xanh, bề rộng hành lang tuyến có thể giảm so với tiêu chuẩn trên, khi đó khoảng cách từ dây dẫn pha ngoài cùng với độ lệch lớn nhất cách tán cây không được nhỏ hơn 2m đối với đường dây 1 ÷ 20kV và 3m đối với đường dây 35kV.

3. Đường dây trên không 380/220V

Lưới điện hạ thế cung cấp điện cho khu vực sản xuất nông nghiệp và nông thôn phải thực thi ở cấp điện áp 380/220V với trung tính cách ly.

Khi cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ điện từ biến thế lực một pha, mạng hạ áp phải bổ sung lưới điện ba dây bằng dây nối đất thứ tư. Khi đó

điện áp giữa các dây pha là 0,4kV (380V), còn giữa các dây pha với dây đất là 220V.

Đường dây chính bao gồm 5 dây: 3 dây pha, một dây trung tính và một dây để chiếu sáng.

Thành phần chính của đường dây là cột, xà, sứ. Dây điện được cố định vào sứ, sứ đặt trên xà và xà gắn trên cột ở khoảng cách theo thiết kế quy định. Thông thường khoảng cách giữa các cột bằng $30 \div 45\text{m}$, tùy thuộc vào điều kiện địa hình và thời tiết khí hậu. Ở nơi dân cư, khoảng cách giữa các cột có thể giảm xuống $25 \div 30\text{m}$, còn ở nơi xa vắng - khoảng $50 \div 60\text{m}$.

Khi tăng khoảng cách giữa các cột phải đảm bảo chỗ võng của đường dây không thấp hơn 2,75m so với mặt đất. Nếu đường dây đi qua đường giao thông, chiều dài đoạn võng không dài hơn 10m và chiều cao không nhỏ hơn 3,5m so với mặt đất. Khi đi qua các công trình xây dựng có người qua lại: đoạn võng không dài hơn 25m và cách 3,5m bên trên chỗ có người và 6m có phương tiện giao thông qua lại.

Điều khiển chiếu sáng bên ngoài (đèn giao thông...) phải được thực hiện từ trung tâm (ở chỗ xa khuất cho phép đóng/ngắt tại chỗ).

Tiết diện dây lưới điện trên không phải được chọn sao cho điện áp thay đổi không quá $\pm 75\%$ điện áp định mức, cũng như đảm bảo bảo vệ ngắn mạch một pha và đủ điện áp để khởi động động cơ không đồng bộ lồng sóc.

Không cho phép sử dụng dây dẫn đơn bằng thép đường kính lớn hơn 5mm và dây dẫn lưỡng kim - đường kính lớn hơn 6,5mm (nên dùng dây nhôm A16, kinh tế hơn).

Nên sử dụng dây dẫn cùng loại. Tuy nhiên, khi sử dụng dây dẫn bằng vật liệu khác nhau hay tiết diện khác nhau phải đảm bảo sao cho độ dẫn điện giảm dần từ đầu tuyến đến cuối tuyến. Lưới điện trên không 380V sử dụng dây nhôm có tiết diện từ 25mm^2 trở lên, nên thiết kế đầy đủ 4 dây (3 pha + trung tính).

Để bảo vệ chống quá áp khí quyển (sét đánh) trong khu dân cư cần phải bố trí mỗi cọc thu sét trên đường dây ở khoảng cách không xa hơn 200m ở khu vực $10 \div 40$ giờ sét đánh/năm và 100m ở khu vực trên 40h sét/năm.

Ngoài ra, phải bố trí thiết bị chống sét ở những nơi quan trọng, đồng người và có nguy cơ sét đánh cao.

4. Đường dây trên không điện áp 1 ÷ 35kV

Điện áp định mức của lưới điện phân phối, cung cấp cho các trạm hạ áp không thấp hơn 10kV (cho phép điện áp 6kV ở nơi hẻo lánh, đường dây không dài).

Về nguyên tắc, đường dây trên không điện áp 1 ÷ 35kV phải được thực thi theo hệ ba pha. Cho phép rẽ nhánh 1 pha công suất đến $\leq 10\text{kW}$ từ đường dây ba pha điện áp đến 10 và 20kV.

Tuyến đường dây trên không 1 ÷ 35kV phải được bố trí đi qua khoảng trống, bên lề đường giao thông, theo dải rừng bảo vệ, kênh thủy lợi... Để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện, nên phân đoạn đường dây và trang bị các máy đóng cắt ở những chỗ thích hợp, ví dụ ở khoảng cách 1,5 ÷ 2km và phải được duyệt các thiết kế theo đúng quy trình về kinh tế kỹ thuật.

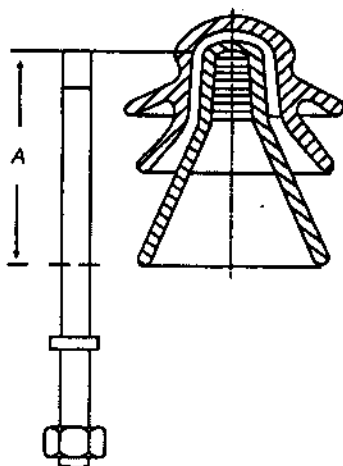
IV. KỸ THUẬT THI CÔNG ĐƯỜNG DÂY ĐIỆN TRÊN KHÔNG

Trước khi tiến hành các công việc lắp đặt dây dẫn cần phải có đầy đủ các tài liệu kỹ thuật cần thiết như: bản vẽ mặt cắt tuyến dây (đối với đường dây 20 ÷ 35kV) có vị trí phân bố các cột, bảng liệt kê độ võng treo dây cho các khoảng cột, bản vẽ mặt cắt đường dây với các đường dây khác hoặc các công trình xây dựng, kỹ thuật liên quan và các số liệu thiết kế khác. Ví dụ: Bản vẽ các đoạn vượt đường qua lại đặc biệt (nếu có) và chuẩn bị đầy đủ các bộ đồ nghề cũng như phương tiện cần thiết cho công việc lắp đặt đường dây.

Trước khi tiến hành lắp đặt phải kiểm tra tài liệu kỹ thuật và hoàn cảnh điều kiện tự nhiên, môi trường khí hậu nơi lắp đặt, hoàn tất các công việc chuẩn bị khi tiến hành lắp đặt chính thức đường dây như tu chỉnh lại các đường dây giao nhau, kẹp chặt lại xà, sứ trên cột, chặt phát cây trên hành lang tuyến...

1. Lắp sứ đứng

Trước tiên là lắp ti vào sứ. Khi vận sứ vào ti, cần phải đánh dấu độ sâu (kích thước A trên hình 7.15), vận sứ trên thân ti sứ và chú ý không vận quá sâu, tránh không làm rạn nứt hư hỏng sứ.



Hình 7.15 - Sứ và tì sứ

Lắp chặt sứ với tì bằng cách quấn độn sợi lanh hoặc sợi gai vào đoạn ren của tì sứ hoặc chèn xi măng cát vào giữa tì và sứ. Tốt nhất là các sợi lanh hoặc sợi gai được bôi trơn bằng bột minium (Pb_3O_4), tẩm dầu trùng hợp oxon pha ở trạng thái lỏng trước khi quấn đều thành lớp lên tì sứ. Khoảng trung bình 5 - 6g sợi cần 8 - 10g bột minium và dầu trùng hợp cho mỗi sứ.

Khi lắp sứ vào xà phải giữ cho tì sứ ở vị trí thẳng đứng, kẹp chặt bằng liên kết đai ốc có vòng đệm, siết chặt tì sứ với xà.

2. Đào móng, dựng cột và tiếp địa cột

2.1. Đào móng

Trước khi đào móng, phải kiểm tra hành lang tuyến, xác định vị trí móng cột của đường dây thi công, lấy dấu và đào hố móng.

Dụng cụ đào hố móng phải được chuẩn bị chu đáo gồm cuốc, xẻng, mai, gầu... Tuyệt đối không được đào hàm ếch, nếu hố sâu quá 2m phải có thang lên xuống. Đất đào lên phải đổ ra 4 phía và cách miệng hố móng ít nhất là 0,5m. Nếu đào hố móng ở gần đường giao thông có nhiều người qua lại phải có đặt biển báo, ban đêm phải có đèn báo hiệu.

Phải đảm bảo kích thước và khoảng cách các cột theo bản thiết kế, đảm bảo để không bị lệch ngang tuyến và dọc tuyến.

Ở những nơi đất hay sụt lún phải có biện pháp tránh sụt lún hoặc chống lún, còn ở nơi sinh lầy, cần thiết phải đổ sẵn móng.

2.2. Dựng cột

Đối với lưới điện hạ thế thông thường có thể sử dụng một số biện pháp dựng cột như sau:

- 1) Dựng cột bằng tời kết hợp với chạc;
- 2) Dựng cột bằng tời kết hợp với palăng;
- 3) Dựng cột bằng cầu chuyên dùng;
- 4) Dựng cột bằng thang.

Ở đây ta chỉ nghiên cứu 2 phương pháp đầu, khá đơn giản và phổ biến nhất: Tời kết hợp với chạc và tời kết hợp với palăng.

2.2.1. Phương pháp dựng cột bằng tời kết hợp với chạc

Phải chọn tời và cột có kích thước và độ bền phù hợp với kích thước và khối lượng của cột.

Trước khi dựng cột phải kiểm tra hố móng, chuyển cột vào vị trí. Sau đó kiểm tra địa hình, xác định vị trí đặt chạc, đặt tời sao cho tim của tời, chạc, móng cột phải nằm trên một đường thẳng, chân chạc phải được kê lót chắc chắn, lún đều, không nghiêng lệch. Khi chuẩn bị xong, phát lệnh dựng cột, quay tời với tốc độ chậm. Khi tời lên tới 10^0 ngừng quay, kiểm tra lần cuối. Nếu hệ thống tời - chạc hoạt động tin cậy, cột được đưa vào đúng vị trí tiến hành lắp xà, sứ (nếu chưa lắp), sau đó tiếp tục dựng cột lên cao.

Khi cột lên tới 75^0 thì quay tời chậm lại để chỉnh cho cột tụt từ từ xuống hố móng và vào vị trí thẳng đứng. Tiếp đó kiểm tra tim cột trùng với tim móng là đạt yêu cầu, cố định dây chằng giữ cột rồi đổ bê tông sỏi nhỏ đúng mức thiết kế chèn đầy móng cột, khi bê tông đông cứng chắc chắn mới được tháo chạc.

2.2.2. Phương pháp dựng cột bằng tời kết hợp với palăng

Trước khi dựng cột phải chuẩn bị tời và palăng phù hợp với kích thước và khối lượng của từng loại cột, chuẩn bị đầy đủ phương tiện và dụng cụ: Các thanh chống hãm cột, cột điện được đặt gốc cột vào ngang hố móng. Buộc dây hãm ở khoảng $2/3$ của cột (kể từ gốc cột trở lên).

Cột điện được đặt nằm ngang, chân cột về phía hố móng theo hướng dựng cột. Trong quá trình dựng cột lên phải kê lót chắc chắn, không bị lún, không trượt.

Khi chuẩn bị xong mới phát lệnh dựng cột, lệnh phát ra phải thống nhất, rõ ràng dứt khoát. Trong quá trình dựng, xích phải được rút với một tốc độ đều

đều, chỉnh cột lên thẳng đều. Khi cột điện dựng lên đến khoảng 10⁰ phải dừng lại kiểm tra. Nếu thuận lợi, tiến hành lắp xà, sứ. Sau đó, dựng tiếp cột lên góc 75⁰. Tiếp theo, rút xích chậm rãi để cho cột từ từ tụt xuống hố móng và chỉnh cho đứng thẳng. Khi cột đã đứng thẳng, rút bỏ xích và điều chỉnh cho cột trùng với tim hố móng. Sau cùng, kiểm tra sự thẳng đứng của cột bằng quả dọi. Nếu đạt yêu cầu, giữ cố định dây chằng rồi đổ bê tông theo mức quy định. Khi bê tông đông cứng mới tháo dây giữ cột.

Nếu dựng cột bằng sức người, nâng cột lên từng bước và có thang chống, chỉnh cho cột lên thẳng bằng, khi cột lên tới 75⁰ chúng ta nhẹ nhàng chỉnh dây hãm cột cho đến khi cột điện thẳng đứng. Kiểm tra bằng quả dọi, nếu đạt yêu cầu mới chôn móng.

Phương pháp này thường chỉ áp dụng với cột loại bé, ở nơi đất chắc, có địa hình phù hợp.

2.3. Tiếp địa cột điện

Việc tiếp địa cột thường được tiến hành sau khi dựng cột xong để bảo vệ chống sét đánh vào cột (tham khảo chương 5 và tiến hành theo quy phạm). Thông thường có hai cách:

1- Sử dụng các cột tiếp đất làm bằng thép ống, hình chữ L có chiều dài từ 2 đến 3m, một đầu vuốt nhọn và được nối với nhau bằng các thanh nối. Thanh nối thường nối với nhau loại 40x4, tất cả được chôn ở dưới đất.

2- Sử dụng dây tiếp đất bằng thép tròn có đường kính tối thiểu $\Phi 10$, có chiều dài phụ thuộc vào loại đất và điện trở nối đất theo cấp điện áp.

Tiếp đất cột điện phải được tiến hành theo trình tự sau:

1) Đào rãnh tiếp đất, công tác chuẩn bị giống như đào hố móng cột, độ sâu và chiều dài của mỗi rãnh phải đúng theo thiết kế.

2) Đóng cọc tiếp đất vào lòng đất bằng búa tạ, cực trên của cọc nằm sâu dưới mặt đất ít nhất khoảng từ 200 - 300mm. Mỗi cọc đóng cách nhau theo đúng kích thước thiết kế, dùng thanh nối hàn tất cả tiếp địa lại rồi nối với thanh nối đất của cột. Kiểm tra các mối nối trước khi tiến hành lấp đất.

Trước tiên lấp bằng đất mịn kín các phân kim loại, sau đó lấp tiếp bằng đất bình thường, san bằng rãnh. Tiếp theo, kiểm tra điện trở nối bằng thiết bị đo điện trở tiếp đất chuyên dùng (teromet).

Nếu điện trở tiếp đất lớn hơn giá trị cho phép (ví dụ 10 Ω) là không đạt yêu cầu, phải báo cáo người phụ trách để có biện pháp xử lý (tốt nhất là đóng thêm cọc tiếp đất hoặc đổ nước hay phụ gia dẫn điện vào vùng chân cột...).

Kiểm tra lại, nếu đạt yêu cầu mới được kết thúc.

Đối với dây tiếp đất, phải đặt dưới đáy rãnh ở độ sâu nhất định và lấp đất kín, không phải đóng cọc.

2.4. Đổ móng cột

2.4.1. Nguyên liệu và thành phần pha trộn bê tông

Bê tông có thành phần chính gồm có xi măng, hai loại cốt liệu như sỏi, đá giã và cát.

Xi măng được sử dụng làm móng cột thông dụng là loại xi măng poocăng mác: P150, P200, P300 và P400. Bê tông có mác cao là cường độ chịu nén cao. Ví dụ: P200 có nghĩa là cường độ chịu nén 200kg/cm^2 v.v.

Chất lượng bê tông phụ thuộc chủ yếu vào chất lượng xi măng và các cốt liệu được sử dụng và chất lượng nước. Trong thi công đổ móng cột điện phải thực hiện đầy đủ theo yêu cầu kỹ thuật của người thiết kế về tỷ lệ phối trộn giữa xi măng, cốt liệu và nước, và tuân thủ các quy trình quy phạm xây dựng.

Sỏi thường có màu vàng nhạt, trắng hay đen, sỏi tốt thường có màu vàng nhạt trắng vì nó thuộc gốc đá cứng. Loại sỏi đen không cứng mà lại giòn nên không tốt.

Đá giã được nghiền từ những tảng to. Đá giã tốt được sản xuất từ loại đá gốc tốt chưa bị phân hóa. Không được dùng đá qua lửa hoặc dính dầu mỡ.

Gạch vỡ dùng để đổ bê tông, là loại có mác từ 75 trở lên, gạch dễ hút nước nên trước khi đổ bê tông phải tưới nước để gạch hút đủ nước rồi mới đổ.

Cát dùng để đổ bê tông phải sạch (tạp chất trong cát phải thấp, lượng mica < 5% trọng lượng cát, muối sunphat < 1%), không lẫn bụi đất và cát bẩn làm giảm sự kết dính của vôi, xi măng, sỏi đá...

Nước là thành phần quan trọng trong pha chế, trộn và giúp cho khối bê tông ninh kết, kết dính. Độ axit của nước phải không vượt quá quy định cho phép ($\text{pH} \geq 5,5 \div 6,0$), lượng SO_4 không nhỏ hơn 2,7g trong một lít nước, không lẫn dầu mỡ... và phải được phối hợp trộn đúng quy trình.

2.4.2. Các bước tiến hành đổ móng

Có thể trộn bê tông bằng tay hoặc bằng máy. Thông thường, bộ dụng cụ trộn bê tông bằng tay gồm một hộp không đáy để đựng cát sỏi, cào 3 răng, thùng chứa nước, sân bãi để trộn bê tông. Công việc đổ móng được tiến hành như sau:

- 1) Đo lượng cát cần thiết, đưa vào vị trí định trước trên sân bãi;
- 2) Bổ sung lượng xi măng theo thiết kế;

- 3) Trộn khô xi măng với cát cho thật đều;
- 4) Bổ sung lượng sỏi đá theo tỷ lệ hướng dẫn, tiếp tục trộn khô cho đều;
- 5) Sau cùng mới trộn nước từng phần cho đến khi hết định lượng hoặc đạt độ quán tính cần thiết trong thời gian không quá 10 min.

6) Đổ và đầm bê tông vào vị trí móng cột, chiều cao và chiều dày của lớp bê tông không vượt quá 1,3m để tránh hiện tượng phân tầng bê tông. Bê tông được đổ vào móng cột bằng máng thích hợp.

Ngoài ra, bê tông phải được đổ và đầm đều tay, không bỏ sót khắp bề mặt theo lớp, dày từ $15 \div 20\text{cm}$. Vết đầm phải đảm bảo chồm lên nhau, ít nhất $1/3$ diện tích mặt đầm. Khi thấy mặt bê tông đầm nổi nước là đạt yêu cầu. Sau khi đổ xong, móng cột cần phải được tưới nước thường xuyên nhằm duy trì độ ẩm cần thiết để ninh kết chắc chắn.

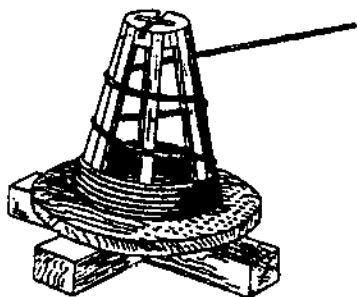
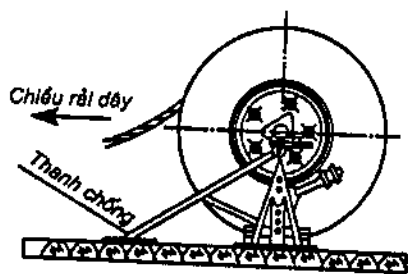
3. Vận chuyển dây dẫn trên tuyến

Phải bảo vệ các lô dây khi nâng/dỡ để tránh không làm hư hỏng dây dẫn. Tuyệt đối không được quăng bất cẩn lô dây từ trên xe xuống đất.

Trên tuyến đường dây các lô tang trống có dây dẫn cần phải được phân bố sao cho: Khi rải hết dây của lô này thì gần đến vị trí bắt đầu của lô dây mới. Việc vận chuyển dây dẫn trên tuyến được tiến hành theo lịch trình định trước và chiều dài của mỗi lô dây phù hợp với tuyến dây và địa hình, mặt cắt tuyến, trạng thái đường xá, hướng và biện pháp rải dây.

4. Rải dây

Công việc rải dây được tiến hành đồng thời với các thao tác tháo dây dẫn ra khỏi tang trống của lô bằng cách quay tang trống quanh trục treo lô dây trên giá đỡ rải dây chuyên dụng (hình 7.16). Nên bố trí rải đồng thời cả ba dây nếu có yêu cầu tuyến ba dây...



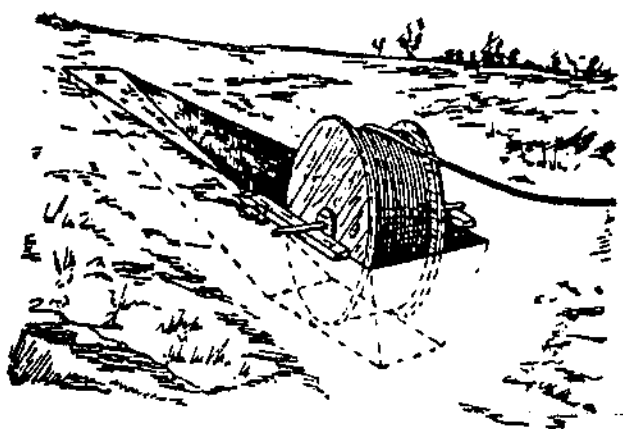
Hình 7.16 - Đặt lô dây trên giá đỡ rải dây
a) Trục ngang; b) Trục đứng.

Kéo rả dây bằng máy kéo hay ô tô mỗi khi có thể. Trong trường hợp không có đường để ô tô qua lại được, thực hiện thủ công bằng tời quay tay hoặc trực tiếp bằng sức người. Khi rả dây bằng sức người, phải bố trí sao cho mỗi công nhân chịu tải trọng không quá 50kG (500 N).

Sau khi đặt tang lô dây vào vị trí kéo rả dây. Trục thép được lắp vào lô của tang lô dây. Vòng bạc đệm bằng kim loại phải được đặt chắc chắn đồng tâm trên hai má của tang trống. Hai giá đỡ rả dây được đặt từ hai phía của tang trống dưới trục quay của tang. Thanh chống của giá đỡ được đặt về phía kéo rả dây (hình 7.16a).

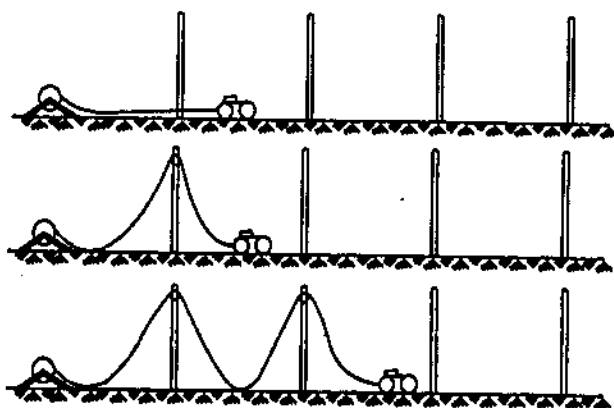
Bệ giá đỡ phải được đặt trên mặt đất bằng phẳng. Nếu nền đất yếu, phải kê kích bệ trên tấm gỗ lót để chống lún. Dùng kích nâng đều tang trống lên cao hơn mặt đất khoảng $10 \div 15\text{cm}$ là được. Tang trống phải được đặt vào giá đỡ sao cho đầu dây tự do của dây dẫn nằm ở phía trên tang và quay về phía kéo rả dây.

Khi không có giá đỡ rả dây, có thể đào hố trong đất sâu quá nửa đường kính của má tang trống và bề ngang lớn hơn bề ngang của tang. Trục tang trống được đặt trên hố và kê trên tấm gỗ đệm (hình 7.17).



Hình 7.17 - Đặt lô dây trên hố để rả dây

Để kẹp chặt đầu dây dẫn khi kéo rả dây, có thể sử dụng các dụng cụ, kẹp chuyên dùng (hình 7.21 và 7.22).



Hình 7.18 - Sơ đồ rải dây dùng puli

Nên tiến hành kéo rải dây liên tục để tránh cho cáp, chảo kéo dây bị trùng do trượt không tải. Rải dây bằng cách kéo trượt dây trên mặt đất khá nặng nề, do vậy nên sử dụng các puli đặt treo trên xà cột điện để kéo dây sẽ thuận lợi và nhẹ nhàng hơn (hình 7.18). Puli có má kiểu bản lể được mở sẵn và treo trên các xà cột, rải đến đâu nâng dây cài vào và khóa má puli đến đó và tiếp tục kéo rải dây...

Phương pháp rải dây theo puli nhẹ nhàng, tốn ít công sức hơn phương pháp kéo rải trên mặt đất và không làm hư hại dây dẫn.

Khi rải dây qua các chướng ngại vật như sông, suối hoặc đầm lầy, khi không sử dụng được phương tiện kéo bằng cơ giới, nên sử dụng dây cáp hoặc chảo để kéo rải dây sẽ nhẹ hơn kéo rải dây trực tiếp.

Khi rải dây qua đường sắt, đường ô tô, đường cao tốc, đường dây thông tin liên lạc... phải lưu ý các yêu cầu đặc biệt như dây dẫn không được chạm vào đường dây thông tin, không được làm cản trở việc đi lại của các phương tiện đường sắt, đường ô tô. Vì vậy, tùy theo điều kiện của nơi lắp đặt, phải sử dụng các phương tiện, dụng cụ và biện pháp thích hợp để đảm bảo vượt qua các chướng ngại vật an toàn, không cản trở hoạt động bình thường trước đó (dùng các cột tạm để đỡ dây khi rải kéo dây vượt đường sắt, đường ô tô và đường dây thông tin liên lạc). Cột tạm phải cao hơn đường dây thông tin ít nhất trên 1m.

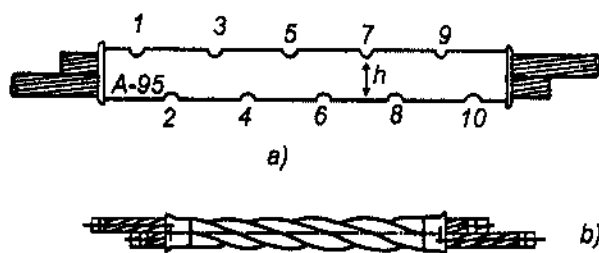
Chỉ tiến hành rải kéo dây vượt qua đường sắt, đường giao thông và các đường điện cao thế khác khi được phép (có giấy phép) của các cơ quan chủ quản (quản lý vận hành và điều khiển).

Rải dây qua đường dây cao áp chỉ được thực hiện sau khi nhận được thông báo đường chính thức và kiểm tra để chắc chắn đường dây cao áp đã được cắt điện và nối đất an toàn từ phía cơ quan quản lý vận hành.

5. Đầu nối dây

Các đầu dây đã được rải phải được đầu nối đúng vị trí và đảm bảo kỹ thuật. Dây nhôm và dây thép nhiều sợi được nối bằng ống nối oval và tấm lót kim loại cùng loại vật liệu với dây dẫn và được kẹp bóp bằng kim chuyên dùng.

Mỗi nối bằng kim phải tạo thành các vết lõm, phân bố thành bước lõm sao cho tạo thành các đường cong dạng sóng, đảm bảo bịt kín khe hở của dây một cách chắc chắn. Trước khi ép mối nối phải kiểm tra chuẩn bị kim bóp chuyên dùng, bao gồm: Bôi trơn các khớp của cánh tay đòn, vít ép và ngỗng vít đưa ở ở đầu kẹp của cánh tay đòn.

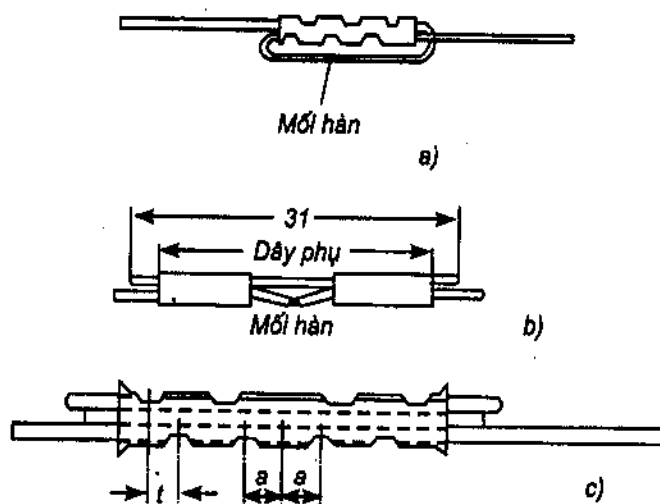


Hình 7.19 - Trình tự ép ống nối oval cho dây đồng và dây nhôm lõi thép (a) và dạng vận xoắn của ống nối oval (b)

Dây dẫn phải được lồng qua ống nối cho đến khi các đầu dây dẫn thò ra khỏi ống nối phía bên kia khoảng $20 \div 25\text{mm}$ (hình 7.19).

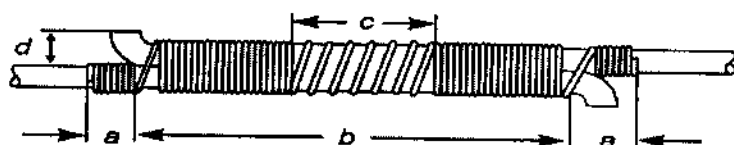
Mối nối dây dẫn bằng ống nối oval được ép chặt, đảm bảo được độ bền về cơ học. Song khả năng dẫn điện của mối nối giảm dần theo thời gian. Do vậy cần phải kiểm tra định kỳ các mối nối để phát hiện và khắc phục kịp thời hoặc làm mới bằng mối hàn nóng chảy các đầu dây dẫn với nhau (hình 7.20).

Trong ba biện pháp xử lý (hàn dây dẫn), phổ biến nhất là hàn thông lòng (hình 7.20a). Tuy nhiên, nếu công đoạn này được tiến hành ngay trên mặt đất sẽ gây khó khăn cho việc rải dây bằng puli. Nếu rải dây bằng puli, phải ép ống nối trước, kéo rải dây, khi cố định dây xong mới thực hiện mối hàn trực tiếp trên cao nhờ chòi nâng thủy lực.



Hình 7.20 - Hàn dây dẫn bổ sung cho ống nối

- a) Hàn thông lọng; b) Hàn có hai ống nối
c) Hàn bên trong ống nối



Hình 7.21 - Phương pháp nối dây sợi đơn

Biện pháp thứ hai và ba (hình 7.20b, c), do khó kiểm tra đánh giá chất lượng mối hàn nên ít được sử dụng. Cách nối dây dẫn sợi đơn được minh họa trên hình 7.21 và bảng 7.8.

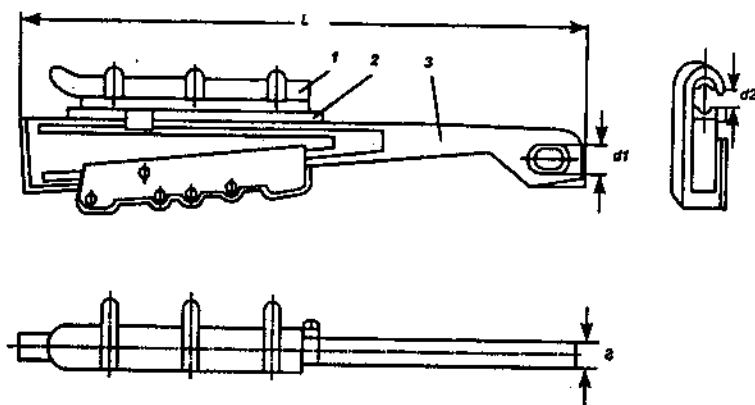
Bảng 7.8 - Kích thước cơ bản của mối nối dây bằng sợi đơn

Đường kính dây dẫn, mm	Kích thước, mm			
	A	b	c, không dưới	d
Đến 4	15	40	8	-
5	15	50	10	-
6	15	80	12	10 ÷ 15

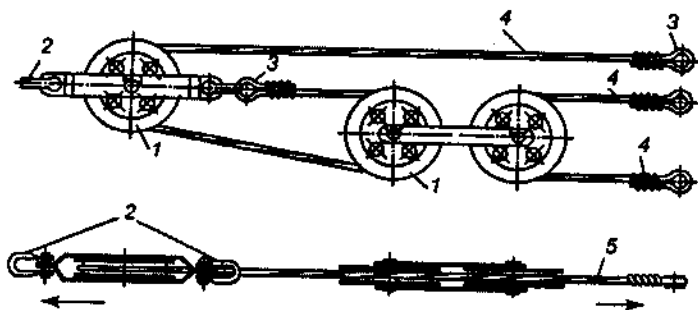
6. Căng dây

Dây dẫn đã được nối điện, liên kết với nhau và được đưa lên đầu cột (trên xà sứ), phải được kéo đủ căng và cố định ở vị trí thiết kế ở độ cao cách mặt đất cần thiết bằng công cụ căng dây cầm tay và palăng chuyên dùng (hình 7.22 và 7.23).

Dây dẫn căng giữa các cột có khối lượng nhất định, đặc trưng bởi độ võng treo dây. Độ võng treo dây phụ thuộc vào mã hiệu dây dẫn, khối lượng của nó và độ dài khoảng vượt. Dây dẫn kéo càng căng độ võng càng nhỏ. Cùng một lực căng độ võng sẽ lớn khi khoảng cách giữa các cột lớn. Nhiệt độ thay đổi làm chiều dài dây dẫn thay đổi khiến cho độ võng cũng thay đổi.



Hình 7.22 - Đầu kẹp căng dây kiểu nêm
1. Thân kẹp; 2. Mâm chấu; 3. Nêm



Hình 7.23 - Thiết bị căng dây (đồng thời ba dây)
1. Pul; 2. Móc; 3. Cốt đầu chấu cáp; 4. Chấu cáp; 5. Chấu cáp

Độ võng treo dây được tính toán và quy định trong bảng đối với một số mã hiệu dây dẫn khác nhau, phụ thuộc vào điều kiện môi trường, khoảng cách giữa các cột điện. Khi thi công, mức độ kéo căng dây phụ thuộc vào nhiệt độ không khí, thời điểm kéo dây và chiều dài khoảng vượt.

Khoảng vượt trung gian giữa các cột chịu lực (cột mốc) tùy thuộc địa hình được chia không đều nhau. Khi đó độ võng treo dây đối với đoạn giữa hai cột mốc được tính theo khoảng vượt quy đổi, được tính theo công thức:

$$l_{qd} = \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2 + \dots + l_n^2}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}} \quad (7.55)$$

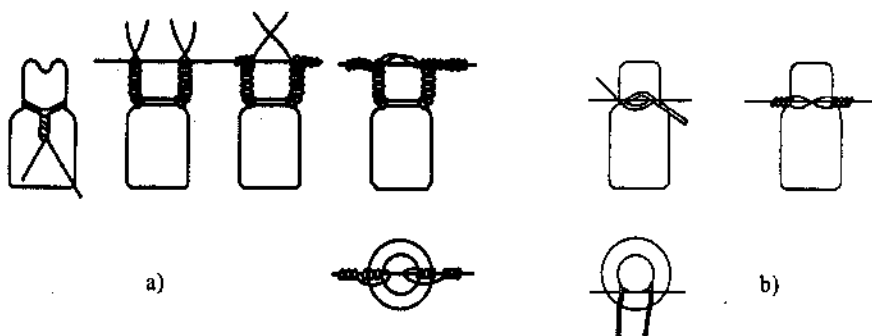
Trong đó: l_{qd} - khoảng vượt quy đổi, m;

$l_1, l_2, \dots, l_n$ - khoảng vượt trung gian trong đoạn giữa hai cột mốc, m.

Độ võng treo dây trong khoảng vượt trung gian phụ thuộc vào độ dài của khoảng vượt quy đổi được lấy giữa hai cột mốc.

Độ võng treo dây được xác định khi thi công tiến hành theo như sau: Từ bảng độ võng treo dây đã cho đối với mã dây và lực căng chấp nhận được đối với các khoảng vượt khác nhau, chọn độ võng phù hợp với điều kiện khoảng vượt quy đổi (tra bảng trong sổ tay kỹ thuật). Trong thời gian căng dây, tổ trưởng tổ thi công phải ngắm bằng mắt qua ống nhòm và dấu của thước đo treo trên cột bên cạnh, ra lệnh ngừng kéo và cố định dây khi đạt được độ võng yêu cầu. Có thể sử dụng máy kéo, ô tô, tời thủ công và đôi khi bằng sức người để kéo dây và cố định dây tạm thời bằng chảo néo buộc.

7. Cố định dây dẫn trên sứ



Hình 7.24 - Cố định dây trên sứ hạ áp
a) Buộc trên đầu sứ; b) Buộc trên cổ sứ

Trên hình 7.24, 7.25 giới thiệu một số kiểu cố định dây trên sứ đường dây, sau khi dây dẫn đã kéo căng với độ võng quy định. Dây dẫn ở các cột trung gian thường được kẹp trên đầu sứ đứng còn ở các cột góc và cột móc được cố định trên sứ treo hoặc cổ sứ đứng.

Ở cột góc, dây dẫn được đặt ở cạnh ngoài sứ so với góc quay của đường dây.

Tránh để khi kẹp, không uốn gấp dây dẫn do ảnh hưởng của lực kéo, uốn hoặc do ảnh hưởng của dây buộc. Sử dụng dây buộc cùng vật liệu với dây dẫn hoặc ghíp hay ống nối oval để kẹp với nối dây theo điều kiện lắp đặt.

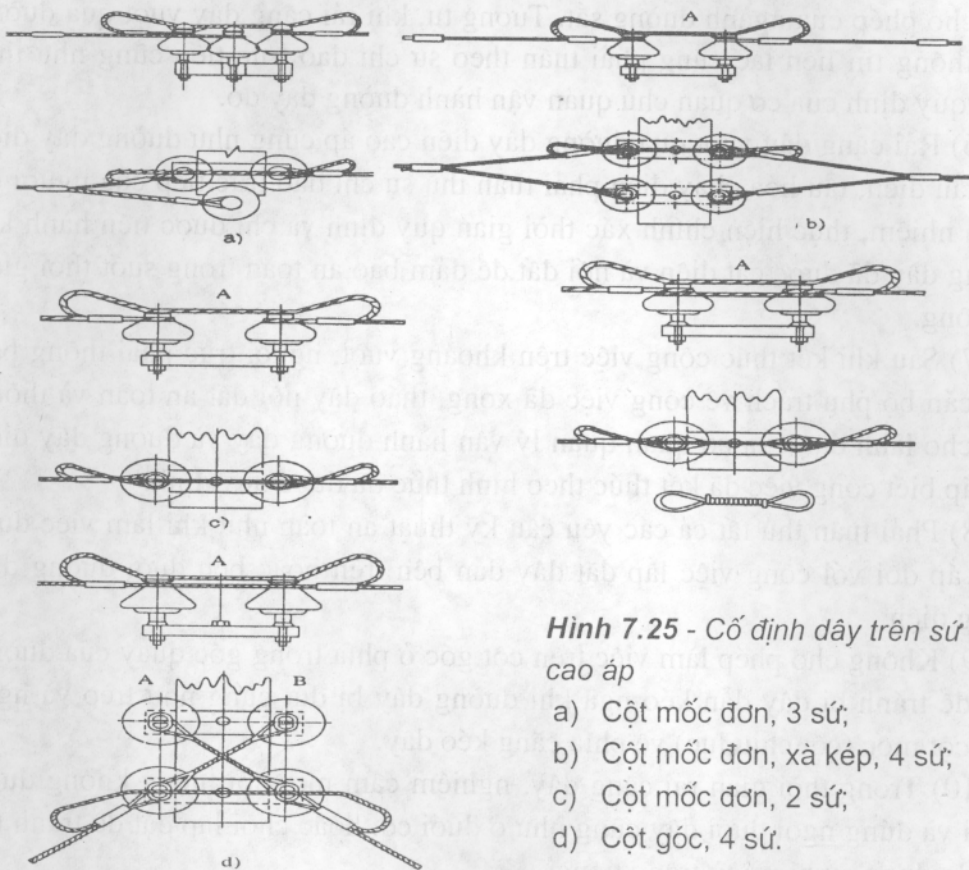
8. Lắp đặt bộ tạ chống rung

Vị trí treo bộ tạ chống rung phụ thuộc vào mã hiệu dây, chiều dài khoảng vượt, lực căng của dây dẫn. Bộ tạ chống rung do đơn vị thiết kế cung cấp được treo vào dây dẫn gần nơi kẹp cố định dây trên sứ theo thiết kế.

9. An toàn trong lắp đặt đường dây tải điện trên không

Những người tham gia công việc lắp đặt đường dây tải điện phải tuân thủ đầy đủ tất cả các quy định về quy trình kỹ thuật an toàn và các chỉ dẫn đối với những hạng mục công việc có mức độ nguy hiểm khác nhau, có thể gây mất an toàn cho con người.

1) Trước khi bắt đầu công việc phải xem xét, kiểm tra, thử nghiệm và chỉ được đưa máy, thiết bị, dụng cụ đồ nghề phù hợp, đảm bảo chất lượng vào phục vụ công việc thi công lắp đặt.



2) Các thiết bị và máy nâng hạ phải có hồ sơ ghi chép, theo dõi đầy đủ các hỏng hóc xảy ra đã được sửa chữa và các kết quả thử nghiệm với các chứng chỉ về sự phù hợp chất lượng.

3) Nghiêm cấm, không được làm việc trên cột điện, nếu không đeo dây an toàn. Dây an toàn phải ôm chắc chắn, có móc khóa bảo hiểm và thuận lợi cho người làm việc trên cao.

Khi rải căng dây vượt qua đường giao thông, phải bố trí người trực cảnh giới đứng cách nơi kéo dây vượt đường 100m về mỗi phía và phải có cờ tín hiệu và chỉ dẫn cho người qua đường.

4) Để đảm bảo an toàn trước khi nâng dây dẫn lên độ cao lắp đặt và neo kẹp chặt dây dẫn không cho phép bất kỳ phương tiện vận chuyển nào chạy qua địa phận đang rải căng dây.

5) Công việc rải căng dây vượt qua đường sắt phải được tiến hành dưới sự chỉ đạo trực tiếp của người có trách nhiệm và thực hiện nghiêm ngặt về thời hạn cho phép của ngành đường sắt. Tương tự, khi rải căng dây vượt qua đường dây thông tin liên lạc cũng phải tuân theo sự chỉ đạo trực tiếp cũng như thời gian quy định của cơ quan chủ quản vận hành đường dây đó.

6) Rải căng dây vượt qua đường dây điện cao áp cũng như đường dây điện của tàu điện, tàu hỏa chạy điện phải tuân thủ sự chỉ đạo trực tiếp của người có trách nhiệm, thực hiện chính xác thời gian quy định và chỉ được tiến hành khi đường dây đã được cắt điện và nối đất để đảm bảo an toàn trong suốt thời gian thi công.

7) Sau khi kết thúc công việc trên khoảng vượt, người trực phải thông báo cho cán bộ phụ trách về công việc đã xong, tháo dây nối đất an toàn và thông báo cho lãnh đạo của cơ quan quản lý vận hành đường dây và đường dây điện cao áp biết công việc đã kết thúc theo hình thức đã được quy định.

8) Phải tuân thủ tất cả các yêu cầu kỹ thuật an toàn như khi làm việc dưới điện áp đối với công việc lắp đặt dây dẫn bên trên hoặc bên dưới đường dây mang điện.

9) Không cho phép làm việc trên cột góc ở phía trong góc quay của đường dây để tránh bị dây dẫn kéo ngã khi đường dây bị đứt cũng như treo và ngồi trên cột móc (cột chịu lực) về phía căng kéo dây.

10) Trong thời gian rải căng dây, nghiêm cấm mọi đối tượng không được đi lại và đứng ngồi dưới dây cũng như ở dưới cột hoặc chòi lắp đặt để tránh tai nạn do dụng cụ bị rơi từ trên xuống.

11) Cấm nhào cúi người ra khỏi thành chòi khi không đeo dây an toàn.

12) Phải nối đất dây dẫn đang được lắp đặt trong đoạn làm việc khi lắp đặt đường dây song song gần với đường dây điện cao áp để tránh điện cảm ứng.

13) Phải ngừng việc lắp đặt đường dây khi trời có giông bão.

14) Phải thông báo cho người lãnh đạo biết kịp thời tất cả các tình huống mất an toàn để có biện pháp khắc phục, phòng ngừa.

10. Đưa đường dây mới trên không vào vận hành

Đưa đường dây vào vận hành là giai đoạn tiếp theo sau khi đã hoàn tất công việc xây dựng và lắp đặt, kiểm tra và nghiệm thu kỹ thuật. Phải kiểm tra nghiêm ngặt, phát hiện và xử lý các khiếm khuyết trong xây dựng và lắp đặt trước khi đóng điện.

Kiểm tra để đảm bảo các khoảng cách an toàn đối với các chướng ngại vật nơi đường dây đi qua (khoảng cách tới các nhà ở, công trình kiến trúc, công trình xây dựng và cây cối), đảm bảo cho các đường tàu xe qua lại, dọn dẹp chặt cây trên hành lang tuyến...

Thu dọn các vật tư vật liệu còn dư thừa trong xây dựng và lắp đặt. Tập hợp tất cả các tài liệu, các bản vẽ, chỉ dẫn, sơ đồ, biên bản, nhật ký công trình... giao cho phòng quản lý sản xuất và xây dựng. Bàn giao các tài liệu kỹ thuật cần thiết cho cơ quan vận hành đường dây.

Sau khi kiểm tra, tiến hành thử nghiệm ở điều kiện đường dây mang điện áp. Để đưa đường dây vào vận hành, phải có biên bản nghiệm thu và phải vận hành theo đúng trình tự quy định.

V. LẮP ĐẶT ĐƯỜNG DÂY CÁP ĐIỆN

1. Hồ sơ thiết kế

Hồ sơ thiết kế các đường dây cáp bao gồm các hạng mục chính sau:

1) Bản vẽ mặt bằng và mặt cắt lắp đặt cáp và bản vẽ các tuyến cáp bên ngoài khác liên quan, có chỉ dẫn tất cả các mặt cắt và các cáp ở gần nhau cùng với các công trình xây dựng ngầm (chỉ rõ các khoảng cách tới các tòa nhà gần nhất hoặc các điểm cố định khác trong khu vực, hoặc các dấu hiệu mốc tới chỗ đặt đường dây cáp, độ sâu lắp đặt cáp trong hầm cáp...).

2) Bản vẽ xây dựng hầm cáp, cống luồn cáp, mương cáp và giếng cáp với đầy đủ các kích thước cần thiết (trong trường hợp cáp được đặt trong các hầm cáp và các cống luồn cáp).

3) Mặt bằng sơ đồ rải cáp ngầm xuyên qua đường sắt, đường ô tô có ký hiệu cột mốc kilômet đường, số hiệu cọc mốc và số hiệu các cột của đường dây thông tin, tín hiệu nếu như đường dây cáp đi cắt ngang qua đường sắt hoặc đường ô tô. Khi cáp đi qua sông, hồ có tàu bè qua lại phải thiết kế bổ sung các bản vẽ mặt cắt của sông, hồ tại vị trí cáp đi qua và vị trí cố định néo kẹp cáp ở hai bên bờ.

4) Sơ đồ lắp đặt cáp: Chỉ rõ mã hiệu, số lượng, cách lắp đặt và đặc tính của cáp trong tuyến (ví dụ: vị trí đặt, số hiệu trạm biến áp đặt cáp xuất tuyến, chiều dài đường cáp, vị trí đặt, điện áp và tiết diện cáp, đánh dấu vị trí đặt và kiểu hộp đấu nối cáp).

5) Danh mục liệt kê cáp, hộp đầu nối, vật liệu, cấu kiện và các chi tiết.

6) Biểu liệt kê tất cả các công việc xây dựng đường dây cáp và yêu cầu bậc thợ cần thiết để hoàn thành từng phần việc riêng rẽ, thời gian thực hiện, giá nhân công, tổng dự toán của đường dây.

7) Bản chỉ dẫn đối với đường dây cáp đi qua sông, vực, hồ nếu có) bao gồm: tiến độ công việc, biểu đồ tiến độ cung ứng vật liệu, công cụ, máy và thiết bị, xây dựng kho bãi, phân bố nhân lực để đảm bảo hoàn thành công việc theo thời gian quy định. Khi cần thiết phải đưa ra các chỉ dẫn vận chuyển cáp, vật liệu và chỉ dẫn chi tiết về cơ giới hóa các quá trình làm việc.

8) Bản luận chứng kỹ thuật - kinh tế - xã hội, nêu rõ mục đích, ý nghĩa và công dụng của đường cáp được xây dựng, cơ sở chọn cáp, sơ đồ lắp đặt...

Tài liệu liên quan đến sự tương thích của vật liệu, vật tư với tuyến cáp theo quy định của cơ quan quản lý vận hành, nếu có yêu cầu.

2. Bảo quản và vận chuyển các tang lô cáp

Tang lô cáp và các cuộn cáp phải bảo vệ trong nhà có mái che, được sắp xếp theo mã hiệu, điện áp và tiết diện sao cho khi xuất/nhập cáp thuận lợi.

Thời gian bảo quản các tang lô cáp ngoài trời không được quá một năm với điều kiện các má của tang lô cáp được kê cao và hai đầu của cuộn cáp cần phải được bịt kín để chống ẩm.

Đầu trong của cuộn cáp được đưa ra ngoài, còn đầu ngoài được kẹp chung với đầu trong để cố định trên mặt của má tang trống. Như vậy, sẽ tiện lợi cho việc thử nghiệm và sấy cáp khi có nhu cầu.

Đối với công việc rải đặt cáp ngoài trời, phải vận chuyển các tang lô cáp đến tận chỗ rải đặt theo tuyến sao cho không gây cản cho trở giao thông qua lại. Vận chuyển các đoạn cáp dài dưới 25m tới nơi lắp đặt bằng cách vắn quay tròn tang lô cáp là thuận tiện nhất. Để tránh xô bong cáp ra khỏi lô dây trong vận chuyển, phải buộc cố định dây ít nhất ở bốn vị trí cách đều nhau.

Nâng/hạ các lô dây bằng phương tiện cơ giới như máy nâng hạ vận chuyển cáp, ô tô cầu hoặc tời cũng như vận chuyển cáp trên khoảng cách lớn (đi xa).

Nếu có thiết bị vận chuyển chuyên dùng, có thể tiến hành rải cáp trực tiếp từ lô cáp đặt trên thiết bị tự hành.

Để vận chuyển cáp trên cự ly ngắn, sử dụng xe bốc dỡ hàng để nâng/hạ các tang lô cáp vừa tiện lợi vừa đơn giản.

Tùy thuộc điều kiện cụ thể, cho phép sử dụng các phương pháp vận chuyển sau:

1) Vận lăn tang lô cáp trực tiếp trên mặt đất:

- Vận lăn thủ công bằng tay được thực hiện khi tang lô cáp chắc chắn và cự ly ngắn ($100 \div 200\text{m}$) hoặc khi tang lô cáp yếu, nhưng các vòng ngoài cách mép của má tang trên 100mm .

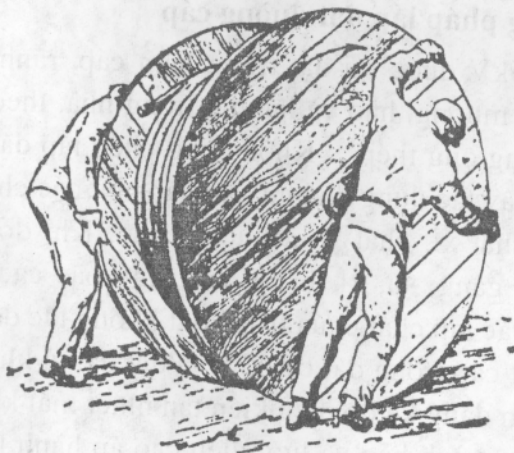
- Sử dụng tời và chảo cáp, buộc chặt vào trục thép lồng qua tang của lô dây để kéo lăn tang lô cáp có khối lượng nhỏ và trung bình cự ly đến 1km .

2) Vận chuyển tang lô cáp, đỡ trên tấm thép dùng làm phao đỡ bằng tời hoặc máy kéo khi đi qua vùng đất yếu, sinh lầy.

Công việc nâng/hạ, vận chuyển cáp phải do người có kinh nghiệm theo dõi, quan sát và chỉ huy. Không được hất đẩy tang lô cáp từ trên ô tô, toa sân đường sắt; từ máy vận chuyển cũng như trên sân kho, trên bề xuống đất một cách cầu thả, có thể làm vỡ má tang trống cuốn dây dẫn và làm hư hỏng vỏ cáp.

Nếu không có cần cầu hoặc ô tô cầu, công việc nâng/hạ tang lô cáp được thực hiện bằng cách bắc cầu ván gỗ, cầu trượt chắc chắn với độ dốc khoảng $20 \div 25^\circ$ và dùng chảo, tời néo hãm để các tang lô cáp trượt từ từ xuống đất. Để kéo tang lô cáp từ đất lên ô tô dùng tời hoặc chảo gai kéo, tiến hành theo chiều ngược lại.

Trước và trong khi lăn tang lô cáp phải quan sát, đảm bảo các tấm ván ghép chặt với vỏ không bị bong hay hư hỏng. Vận tang lô cáp theo chiều mũi tên đánh dấu trên má tang (hình 7.26). Khi lăn, vận tang lô cáp trên nền đất yếu phải lót ván gỗ.



Hình 7.26 - Lăn vận tang lô cáp

Phải đảm bảo bán kính uốn cong cáp nhỏ nhất cho phép trong khi lắp đặt cáp. Bội số của bán kính uốn cáp hoặc lõi cáp tỷ lệ với đường kính ngoài của chúng.

Thông thường, độ uốn cong của cáp lớn hơn độ uốn cong với bán kính nhỏ nhất cho phép nêu trong bảng 7.9.

Bảng 7.9 - Bán kính uốn cong nhỏ nhất cho phép của cáp lực

Loại và cấu trúc của cáp	Tỷ lệ bán kính uốn của bờ cong trong với đường kính ngoài không nhỏ hơn
Cáp một ruột, vỏ bọc chì, cách điện giấy tẩm dầu có đai thép và không bọc đai thép	25
Cáp nhiều ruột, vỏ bọc chì, cách điện giấy tẩm ít dầu có đai thép bọc chì	25
Cáp nhiều ruột, vỏ bọc chì hoặc nhôm, cách điện giấy, có đai thép và không bọc đai thép	15
Cáp nhiều ruột, vỏ bọc chì hoặc nhựa tổng hợp cách điện bằng cao su, có đai bọc thép	10
Như trên nhưng không có đai bọc thép	6
Cáp nhiều ruột, có cách điện giấy, vỏ bọc bằng nhựa tổng hợp có lưới phủ bảo vệ phức tạp	15

3. Rải và lắp đặt cáp

3.1. Các phương pháp lắp đặt đường cáp

Cáp điện đến 35kV được rải đặt trong hầm cáp, rãnh cáp trong lòng đất hoặc trong ống, hay mương, hào và lắp đặt trong nhà, theo tường và các công trình xây dựng - trong ống thép... Không cho phép lắp đặt cáp trực tiếp trong đất có các tạp chất gây tác dụng phá hủy vỏ cáp như các chất làm hoạt nghiệm, ăn mòn như: axit, chất xỉ, chất vôi, muối mặn... Khi đó, cáp phải được đặt trong các ống bằng gang, sứ, xi măng, amiăng hoặc các ống kim loại chôn trong đất ngăn cho các tạp chất chứa trong đất không tác động vào cáp.

Tránh không đặt cáp trong đất cát khô và đất đá, vì khả năng mang tải cho phép của cáp bị giảm đáng kể do điều kiện tản nhiệt mất khó khăn.

Tuân thủ các quy trình bảo vệ lưới điện cao áp hành lang vùng đất khi rải cáp trực tiếp trong đất. Để bảo vệ tuyến cáp, phải đảm bảo hành lang đất có bề

rộng cách biên của cáp 1m về hai phía. Không xây dựng các công trình khác khi không được sự đồng ý của cơ quan vận hành đường cáp.

Phải có biện pháp bảo vệ, tránh tác động trực tiếp của các tia nắng mặt trời để tránh các nguồn bức xạ nhiệt các dạng khác nhau khi đặt áp hờ.

Trong phạm vi xí nghiệp, các đường cáp phải được đặt trong hào hoặc hầm hay mương cáp. Tương tự, đối với cáp lắp đặt cáp trong trạm biến áp và các thiết bị phân phối cáp khi cần thiết, phải lắp đặt trong ống thép, hầm cáp, hào cáp, mương cáp...

Đường dây cáp trong thành phố hay ở nông thôn, thường được đặt trong mương cáp dọc theo các đoạn đường không có xe cộ qua lại, dưới vỉa hè và sân hoặc đất trong các đường ống, các mương cáp chạy dọc theo các phố.

Trong quá trình lắp đặt và vận hành, phải có các biện pháp phòng chống và phòng ngừa tác động cơ học làm hư hại cáp.

3.2. Nối đất cáp điện

Phải nối đất các vỏ bọc bằng kim loại khi sử dụng các loại cáp điện. Vỏ kim loại và các lớp thép phải được nối với nhau bằng dây đồng mềm kể cả vỏ của hộp đấu cáp và các hộp nối cáp. Nối điện và nối đất tất cả các vỏ bọc bằng kim loại của cáp, các vỏ hộp nối, hộp đấu cáp và các kết cấu tại các vị trí cuối và nối cáp là cần thiết, không chỉ để tránh cách điện của cáp bị chọc thủng (phóng điện) xuống đất gây nguy hiểm tới tính mạng con người mà còn để đề phòng vỏ chì hoặc vỏ nhôm của cáp bị cháy thủng.

Không cần thiết phải nối đất vỏ cáp trong các trường hợp sau:

- Điện áp danh định đến và bằng 380V đối với điện xoay chiều và đến và bằng 440V điện một chiều, trong các gian sản xuất khô ráo, trừ khi có nguy cơ người phục vụ tiếp xúc trực tiếp đồng thời với thiết bị và dụng cụ nối đất.

- Điện áp dưới 127V điện xoay chiều và 110V điện một chiều, trừ các trường hợp có quy định đặc biệt.

Không nối đất các kết cấu mang điện của cáp với vỏ kim loại đã được nối đất từ hai đầu đường dây hoặc nối với các trang thiết bị như hộp đấu cáp, đặt trên các cấu trúc kim loại được nối đất.

Nối đất vỏ chì, nhôm của cáp hoặc vỏ kim loại của hộp đấu phải được thực hiện bằng dây đồng mềm nhiều sợi mạ thiếc, có tiết diện không nhỏ hơn tiết diện cho trong bảng 7.10.

Bảng 7.10 - Tiết diện nhỏ nhất cho phép của dây nối đất

Ruột cáp, mm²	Dây đồng nối đất, mm²	Ruột cáp, mm²	Dây đồng nối đất, mm²
1,5; 4; 6; 10 và 16	6	50; 70; 95 và 120	16
25 và 35	10	150; 185 và 240	25

Để tránh tạo mạch từ khép kín bao quanh các cáp một ruột cũng như để tránh tổn hao trong mạch từ và dòng điện trong các mạch vòng kín thường dùng các vòng đai làm bằng vật liệu không dẫn từ (đồng, đồng thau) để kẹp cố định cáp. Các hộp, bảng đầu dây có các cực và các miếng đệm làm bằng vật liệu cách điện (chất dẻo, sứ, gỗ).

3.3. Lắp đặt cáp trong hào cáp

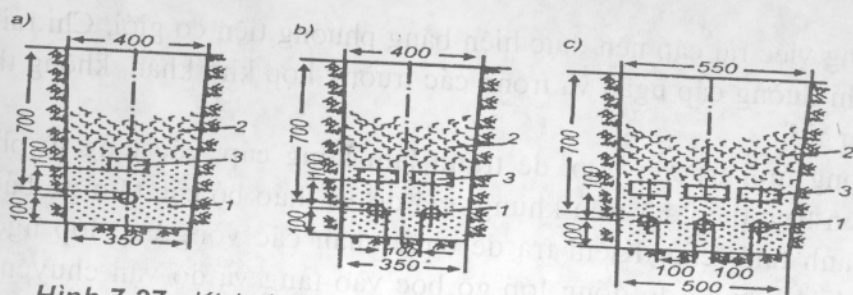
Lắp đặt cáp trong hào đất được sử dụng rộng rãi và được xem là phương án kinh tế nhất. Trước khi bắt đầu các công việc về đào đất phải tiến hành xác định tuyến cáp chính xác theo thiết kế xuất phát từ điều kiện tại chỗ và đánh dấu tuyến.

Để xác định tuyến cáp thi công, phải phối hợp thống nhất với lãnh đạo các tổ chức cơ sở (về vị trí của các công trình xây dựng ngầm liên quan dưới tuyến cáp) cũng như trong quá trình xây dựng phải thường xuyên trao đổi với bộ phận hoặc cơ quan thiết kế để công việc được tiến hành đúng kỹ thuật và thuận lợi.

Sau khi vạch và đánh dấu tuyến bằng trắc địa, cán bộ phụ trách đơn vị thi công lắp đặt phải trao đổi với lãnh đạo cơ quan quản lý vận hành tuyến cáp để thống nhất triển khai việc xây lắp.

Khi nhận công việc thi công lắp đặt phải kiểm tra lại: sự phù hợp giữa tuyến được vạch và đánh dấu bằng trắc địa với thiết kế và các công trình lắp đặt trang bị điện; đánh dấu các vị trí giao cắt của tuyến cáp với đường ống, đường cáp và các công trình ngầm xây dựng dưới chỗ giao cắt ở độ sâu hào cáp được đào; đánh dấu các vị trí có các tuyến cáp, tuyến đường ống đi gần tuyến cáp được xây dựng.

Công việc đào hào được bắt đầu từ việc dọn dẹp tuyến cáp trước khi đánh dấu mốc và trước khi đào hào cáp, loại bỏ các chướng ngại vật (công trình xây dựng tạm thời, gạch, đá, rác rưởi) khỏi tuyến cáp và bố trí các vị trí tuyến cáp.



Hình 7.27 - Kích thước hào lắp đặt cáp điện áp từ 1 đến 10kV

a) Hào 1 cáp; b) Hào 2 cáp; c) Hào 3 cáp;

1. Lớp cát; 2. Lớp đất; 3. Lớp gạch bảo vệ

Đánh dấu đường tâm của hào cáp bằng sào ngầm, cọc tiêu nhỏ và dùng dây hoặc thừng căng đánh dấu hai cạnh bên. Kích thước của hào cáp được chọn tùy thuộc vào số lượng cáp cần lắp đặt (hình 7.27).

Các hào cáp có 1 ÷ 2 cáp cần có bề rộng tối thiểu 350mm. Khi số lượng cáp nhiều, chiều rộng của hào cáp phải được xác định theo điều kiện khoảng cách cho phép giữa các cáp đặt song song.

Khi đào hào cáp ở nơi đất tơi bở và nền đất trung bình, phải đào vách xiên nơi rộng bề mặt, và không rải cáp ngay sau khi đào xong hào, mà phải chờ một thời gian để hào ổn định bờ thành, không bị sạt lở khi thi công.

Độ sâu của hào cáp so với mặt đất đối với cáp tới 35kV là 0,7m, khi đi cắt ngang đường phố và quảng trường phải đào sâu ít nhất 1m.

Cho phép giảm độ sâu chôn cáp tới 0,5m ở đoạn hào dài 5m, trước khi đưa đầu cáp vào trong nhà cũng như ở các vị trí giao cắt với các công trình xây dựng ngầm khác. Trong các trường hợp này cần tăng thêm các biện pháp bảo vệ cáp, tránh tác động cơ học từ bề mặt.

Tại các vị trí đặt hộp đầu nối cáp, hào cáp phải được mở rộng. Đối với cáp điện áp đến 10kV hào cáp được mở rộng 1,5m và dài tới 2,5m tại nơi đặt hộp nối đối với cáp đơn. Đối với điện áp 20 ÷ 35kV, các kích thước này là 1,7m và 3,5m tương ứng. Cứ thêm mỗi cáp đặt cạnh nhau, mỗi hộp nối nằm cạnh nhau phải được mở rộng thêm 0,35m (các hộp nối trong hào cáp đặt lệch nhau 2m theo dọc đường cáp).

Để tiện cho việc lắp đặt, dưới mỗi hộp nối điện áp đến 10kV, đào sâu rộng thêm 0,2 ÷ 0,3m và 0,3 ÷ 0,4m, còn đoạn dài là 0,5 ÷ 0,7m. Dưới mỗi hộp nối điện áp 20 ÷ 35kV: sâu 0,3 ÷ 0,4m, rộng 0,4 ÷ 0,5m và dài 0,9 ÷ 1,2m.

Quá trình đặt cáp gồm các công việc như rải cáp từ tang lô cáp và đặt cáp xuống đáy hào, đánh dấu tuyến cáp và lấp đất.

Công việc rải cáp nên thực hiện bằng phương tiện cơ giới. Chỉ rải cáp thủ công khi đường cáp ngắn và trong các trường hợp khó khăn, không thực hiện bằng cơ giới.

Trong mọi trường hợp, để tránh làm hỏng cáp, các tang lô phải được treo trên trục thép đặt trên khung, giá đỡ và tháo bỏ các tấm gỗ bảo vệ cáp đặt quanh tang cáp. Kiểm tra để chắc chắn các vòng cáp lớp ngoài cùng không bị hư hỏng do đóng lớp gỗ bọc vào tang và do vận chuyển rồi mới tháo dỡ cáp.

Kích thước trục thép để quay rải cáp với tang lô cáp có khối lượng dưới 10T và khoảng cách giữa má tang và trục đỡ không quá 250mm cho trong bảng 7.11.

Bảng 7.11 - Trục thép sử dụng để rải tang lô cáp

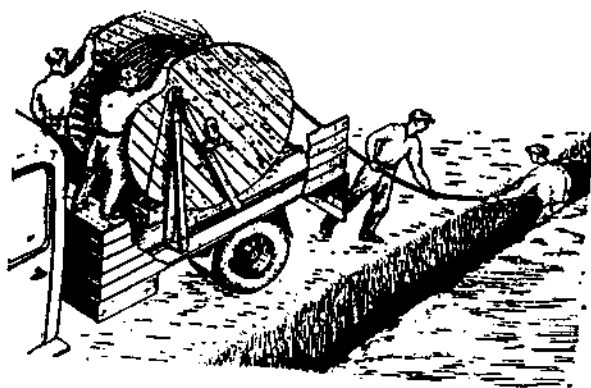
Đường kính trong của ống lót tang, mm	Đường kính trục thép, mm	Độ dài tối thiểu của trục, mm	Khối lượng gần đúng của trục, kg
50	45	1000	12
70	60	1000	20
70	65	1400	40
70	65	1000	30
100	70	1400	40
125	85	1560	70
125	90	1680	85
150	90	1740	90
150	90	2060	105
150	90	2280	115

Trong hình 7.28 giới thiệu phương pháp rải cáp bằng cơ giới. Phương tiện cơ giới chuyển động với tốc độ $2 \div 2,5\text{km/h}$ dọc theo tuyến cáp. Bố trí một công nhân quay tang trống để thả cáp và một người nhận cáp đặt rải xuống hào.

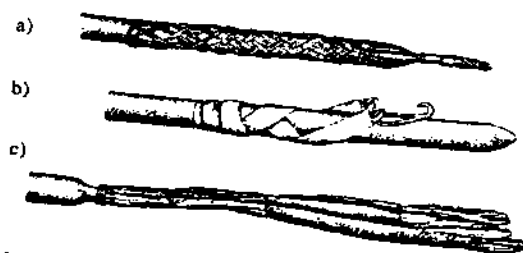
Nếu rải cáp thủ công bằng tay quay tay, buộc cáp để kéo theo hướng dẫn trên. Hình 7.29. Cáp rải trong hào cần phải có một độ dự trữ khoảng $0,5 \div 1\%$ chiều dài của đoạn cáp.

Tại các vị trí đầu vào và đầu ra của cáp lồng trong ống thép, phải quấn bọc dày 2 ÷ 3 lớp và phải đầm dặt cho đủ chặt. Khi đặt nhiều cáp song song, các đầu nối của cáp được bố trí so le theo hình ô cờ cách nhau 2m và có độ dự trữ chiều dài cáp 0,5m là đủ (hình 7.30).

Khi rải đặt cáp hoàn toàn bằng sức người, công nhân trực tiếp vắn lắn tang lô cáp, cáp được kéo trượt trên các con lăn bằng thép ống, người vác cáp trên vai di chuyển theo thành hào cáp, số người vác cáp phải đảm bảo tính toán sao cho độ võng oằn từ vai công nhân của cáp không được nhỏ hơn bán kính cong nhỏ nhất cho phép của cáp và tải trọng tác động trung bình lên mỗi công nhân không quá 35kg.

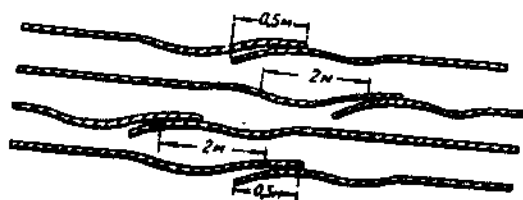


Hình 7.28 - Rải cáp bằng cơ giới



Hình 7.29 - Phương pháp buộc kẹp cáp vào chảo kéo

- a) Buộc kẹp vào lớp vỏ dưới của cáp;
- b) Buộc kẹp bằng đai vải bạt;
- c) Buộc kẹp vào ruột cáp



Hình 7.30 - Bố trí các đầu nối dây cáp khi có nhiều cáp đặt song song

Trong trường hợp đặt cáp song song hoặc đặt gần hay chéo qua với đường cáp khác, phải lưu ý các vấn đề sau:

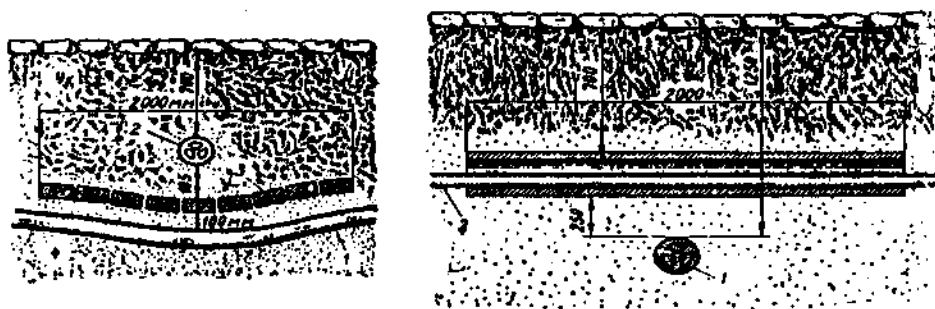
1) Ở điều kiện bình thường, khoảng cách giữa các cáp động lực có điện áp tới 10kV và khoảng cách giữa chúng tới các cáp điều khiển không được nhỏ hơn 100mm. Giữa các cáp trên 10kV đến 35kV và khoảng cách giữa chúng tới các cáp khác: không dưới 250mm.

2) Khoảng cách giữa các cáp đặt song song, vận hành bởi các cơ quan quản lý khác nhau cũng như giữa cáp lực và các cáp thông tin liên lạc, không nhỏ hơn 500mm.

Nếu khoảng cách quy định trên không được thỏa mãn, các cáp đặt song song phải được bảo vệ tránh sự cố ngắn mạch giữa chúng bằng vách ngăn không cháy hoặc phải đặt cáp trong ống. Khoảng cách giữa các ống hoặc vách ngăn không dưới 100mm. Khoảng cách giữa các hộp nối cáp của cáp lực hoặc giữa hộp nối và cáp, không được nhỏ hơn 250mm ở những nơi cho phép, chống sự cố của cáp ở gần với hộp nối cáp bằng cách đặt gạch ngăn cách, sử dụng ống bảo vệ hay đặt ở độ sâu lớn hơn.

Trong trường hợp đường cáp đi sát nhà, khoảng cách giữa móng nhà và cáp không được ngắn hơn 0,5m. Cáp tới các đường ống dẫn nước không ít hơn 0,5m, còn đối với các đường ống dẫn dầu, dẫn khí - không dưới 1m (nếu dưới 1m, phải được lồng trong ống có độ bền cao, suốt chiều dài đi gần các đường ống nói trên). Trong mọi trường hợp, không được đặt cáp song song ở trên hay ở dưới với các đường ống. Khi bắt buộc thi công ở điều kiện trên, phải đảm bảo khoảng cách giữa đường cáp và đường ống dẫn hơi, nước nóng không dưới 2m khi chúng đi song song với nhau.

Phải đặt đường cáp chạy song song với đường sắt, ngoài dải phân cách. Nếu bất khả kháng, phải đặt cách đường sắt không dưới 3m bên trong dải phân cách và phải được cơ quan quản lý đường sắt cho phép.



Hình 7.31 - Vị trí cắt ngang của các đường cáp

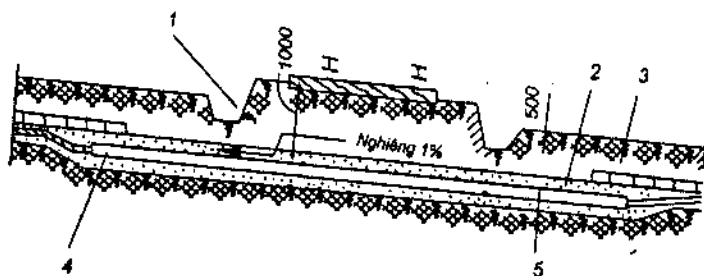
a) Cáp cao và hạ áp: 1. Cáp cao áp; 2. Cáp hạ áp; 3. Lớp gạch

b) Cáp lực và cáp thông tin: 1. Cáp lực; 2. Cáp thông tin

Khi đường cáp đi ngang qua các đường cáp khác, lớp đất phân cách giữa chúng không được ít hơn 0,5m. Đôi khi, cho phép rút ngắn xuống còn 0,25m với điều kiện giữa chúng phải có lớp vật liệu cách bền, chống cháy (ví dụ, tấm đệm bằng bê tông hoặc ống bê tông, đặt dài và cách chỗ chéo nhau 1m về mỗi phía. Trong trường hợp đường cáp cắt ngang đường cáp thông tin, đường cáp thông tin, đường cáp thông tin phải đặt bên trên đường cáp lực.

Các tấm đệm lót không đặt trực tiếp trên cáp mà đặt trên lớp cát hoặc đất mềm dòn có bề dày không dưới 100mm (hình 7.31).

Khi đường cáp đi ngang qua các đường ống dẫn nước kể cả đường ống dẫn dầu khí, khoảng cách giữa cáp và các đường ống không dưới 0,5m (có thể giảm xuống 0,25m với điều kiện cáp được đặt trong ống, suốt chiều dài đoạn đi ngang qua và kéo dài về mỗi phía 1m so từ chỗ chéo ngang.



Hình 7.32 - Đường cáp cắt ngang đường sắt

1. Rãnh thoát nước; 2. Cát; 3. Ống làm bằng vật liệu không dẫn điện (dù đường sắt được điện khí hóa);
4. Ống chứa cáp; 5. Ống bảo vệ cáp

Khoảng cách giữa đường cáp và các đường ống dẫn nhiệt không ngắn hơn 0,5m và phải phủ lớp cách nhiệt cho các đường ống dẫn nhiệt dài 2m về mỗi phía giao cắt khi đường cáp chéo ngang các đường ống dẫn nước, hơi nóng.

Nếu đường cáp cắt ngang đường sắt và đường ô tô phải lồng cáp ngang qua trong các đường ống hoặc ống thép theo toàn bộ chiều dài của dải phân cách và đặt ở độ sâu không dưới 0,5m so với đáy rãnh thoát nước. Khi không có dải phân cách, chỉ cần đặt cáp trong các đường ống và trong ống thép trên đoạn cắt ngang 2m về mỗi phía so với nền đường sắt (hình 7.32).

Lắp hào cáp là công đoạn cuối cùng. Sau khi đưa cáp vào vị trí lắp đặt, tiến hành công việc lắp hào cáp. Lớp đất vụn đầu tiên dày 100mm phải mịn. Chỗ nối cáp phải được bảo vệ dưới dạng hố xây có nắp dẹt bằng bê tông.

Để bảo vệ cáp tránh tác động cơ học qua lớp đất đầu tiên phải xếp gạch, xếp các tấm bê tông và các vật liệu chắc thành lớp phủ bảo vệ rồi mới lấp đất tiếp (cáp đến 1000V, chỉ cần đặt lớp phủ bảo vệ ở nơi có xác suất hư hỏng về cơ học lớn).

Cần lưu ý là khi lắp hào cáp không được ném đá, phế liệu xây dựng hoặc đá học xuống để lấp. Sau đó phải đầm chặt và san phẳng để xung quanh cáp tạo được một lớp đất chắc.

3.4. Đưa đường cáp mới vào vận hành

3.4.1. Đánh dấu cáp và các hộp đầu nối

Mỗi đường cáp điện từ 1kV trở lên phải được quy định (đặt) số hiệu hoặc tên gọi. Nếu như tuyến cáp có một số cáp chạy song song thì mỗi đường cáp mang thêm chữ cái A, B, C... sau số hiệu hoặc tên gọi.

Các đường cáp đặt hở cũng như tất cả các hộp đầu nối và các đầu bịt kín phải được gắn nhãn. Trên nhãn cáp ghi rõ mức điện áp, tiết diện, số hiệu hoặc tên gọi và trên nhãn các hộp đầu nối và các đầu bịt kín phải ghi tiết diện, ngày tháng lắp đặt, họ tên người thực hiện công việc. Trên nhãn các hộp đầu cáp phải chỉ rõ địa chỉ nơi đến hoặc đi của cáp. Trên nhãn các cáp chôn dưới đất hoặc thả trong nước cũng như cáp đặt trong nhà, chịu tác động phá hoại của môi trường, phải ghi thông tin lên nhãn bằng cách dập hoặc đột khắc. Nhãn đánh dấu cáp điện áp tới 1000V có hình chữ nhật và trên 1000V – nhãn hình tròn.

Nhãn của cáp lắp đặt trong các mương, hào, ống trong lòng đất và trong tòa nhà sản xuất, đặt ở các vị trí thay đổi chiều của tuyến cáp từ hai phía đi qua sân và tường giữa các tầng, ở đầu vào và ra của mương, hào, cống và ống cáp.

Trên các đoạn thẳng của tuyến cáp chạy hở, các nhãn được kẹp trên từng đoạn dài 20m một.

3.4.2. Thử nghiệm cáp sau lắp đặt

Theo quy phạm về trang bị điện, cáp phải được thử nghiệm sau khi lắp đặt xong theo các hạng mục sau:

- 1- Đo điện trở cách điện bằng Mêgômét;
- 2- Xác định pha (mỗi ruột cáp phải trùng nhau về pha);
- 3- Thử điện áp một chiều tăng cao, trong thời gian 10 phút. Trị số điện áp thử phụ thuộc điện áp định mức của cáp. Đối với cáp điện áp đến 10kV, thử ở mức điện áp cao gấp 6 lần và đối với cáp điện áp 20 ÷ 35kV, thử ở điện áp cao gấp 5 lần điện áp định mức.

Phép thử tăng áp trên không bắt buộc đối với cáp tới 1kV.

3.4.3. Cố định vị trí lắp đặt và trình tự đưa cáp vào vận hành

Phải vẽ trên sơ đồ mặt bằng các tuyến cáp được xây dựng ngầm dưới lòng đất. Trong đó, chỉ rõ vị trí tương đối của cáp theo mốc các công trình chính hoặc các mốc được quy định đặc biệt, cách bố trí các hộp nối cáp. Nhờ vậy, giúp giảm thiểu khó khăn trong việc xác định vị trí đặt cáp trong đất và cách đặt chúng trong vận hành khai thác, bảo hành và sửa chữa.

Trên sơ đồ mặt bằng vẽ các đường phố, đường qua lại và đánh dấu các tường mặt chính của công trình xây dựng với tất cả các chỗ nhô ra như các góc, đường đi, đường sắt và tên gọi của chúng, các chỗ giao chéo nhau với các đường cáp thông tin, tín hiệu và các cáp lực cao hạ áp, các chỗ giao cắt với các đường ống và các công trình xây dựng ngầm khác. Ngoài ra, phải chỉ rõ tên các trạm biến áp, số hiệu trạm phân phối và các đường dây, giữa trạm biến áp và các trạm phân phối có đặt đường cáp, khoảng cách từ tường của công trình đến vị trí đặt trên các đầu và các đầu nối cáp của tuyến cáp.

Vị trí các đầu cáp được xác định bằng khoảng cách từ tường công trình tới đầu cáp và khoảng cách từ góc của công trình trọng yếu dọc theo tuyến tới hộp đầu cáp (hai kích thước chính). Không cần đo khoảng cách từ công trình tạm thời như kho tàng, lều, lán...

Nếu không vướng công trình xây dựng theo tuyến cáp thì cứ $100 \div 150\text{m}$ đóng một cọc thép hoặc cọc bê tông để đánh dấu tuyến cáp và cần phải đánh dấu tại các vị trí có hộp đầu nối.

Khi lắp đặt cáp trong công trình kín, nhà xưởng phải đánh dấu vị trí cáp bằng sơn đỏ, bền và dễ nhận biết, có biện pháp bảo vệ thích hợp.

Hồ sơ cần thiết để làm thủ tục đưa đường cáp vào vận hành bao gồm:

1. Bản thiết kết đường cáp;
2. Bản vẽ tuyến được sử dụng (trên bản đồ hành chính), ghi rõ tỷ lệ xích thiết kế;
3. Tài liệu văn bản phù hợp với tuyến cáp;
4. Biên bản thử nghiệm cáp của nhà máy và cơ quan thử nghiệm;
5. Biên bản về trạng thái cáp trong các tang lộ cáp;
6. Bản kê khai tất cả các phần tử của đường cáp hoặc sổ ghi chép cáp;
7. Biên bản các công việc xây lắp và san, lấp, che, đầy tuyến cáp;
8. Biên bản thử nghiệm đường cáp sau khi lắp đặt.

VI. TÍNH CHỌN DÂY DẪN VÀ THIẾT BỊ CẤP ĐIỆN TRONG GIAN SẢN XUẤT

1. Khái quát chung

Khi thiết kế dây dẫn điện trong nhà cần được tiến hành theo các văn bản pháp quy về thiết kế và sử dụng thiết bị điện, định mức thiết kế công nghệ trong các dây chuyền sản xuất chế biến nông lâm sản...

Dây dẫn trong nhà cần phải thỏa mãn các điều kiện môi trường và các đặc điểm của nhà xưởng. Khi đó, cần phải lưu ý đến các yếu tố sau:

- 1- An toàn cho người và gia súc;
- 2- An toàn chống cháy nổ;
- 3- Độ tin cậy;
- 4- Thuận tiện sử dụng;
- 5- Các chỉ tiêu kinh tế (chi phí năm nhỏ nhất).

Tiết diện dây dẫn và cáp trong nhà được xác định chủ yếu theo hai phương pháp: Điều kiện đốt nóng cho phép và điều kiện sụt áp cho phép. Ngoài ra, dây dẫn và cáp còn được lựa chọn theo điều kiện độ bền cơ học.

2. Tính toán dây dẫn theo điều kiện đốt nóng cho phép

Thông thường, dây dẫn và cáp phải được chọn sao cho nhiệt độ dây dẫn ở chế độ phụ tải dài hạn không lớn hơn giá trị cho phép giới hạn (theo định mức đối với dây dẫn và cáp bọc cao su, dây PVC,...) $\vartheta_{cp} = + 65^{\circ}\text{C}$; đối với cáp có giấy cách điện áp đến 3kV thì $\vartheta_{cp} = + 80^{\circ}\text{C}$, dây dẫn đồng thời thỏa mãn điều kiện bảo vệ khi dòng điện đi qua dây dẫn phát nóng nhiệt độ cao hơn mức cho phép, dây dẫn cần được ngắt bởi các thiết bị bảo vệ (cầu chảy, aptomat...).

Trong thực tế tính toán, dây dẫn trong nhà được chọn theo đại lượng dòng giới hạn cho phép, chọn theo bảng trong sổ tay tra cứu, phụ thuộc vào cấp vật liệu và tiết diện dây dẫn, cáp, phương pháp lắp đặt và nhiệt độ môi trường làm việc.

Tính chọn dây dẫn theo điều kiện đốt nóng cho phép, liên quan chặt chẽ với việc chọn thiết bị bảo vệ quá tải và ngắn mạch. Tính chọn dây dẫn trong nhà theo điều kiện đốt nóng gồm các bước như sau:

- 1- Chọn cầu chảy hoặc aptomat.
- 2- Theo giá trị dòng định mức của dây chảy hay dòng cắt của bộ cắt điện từ (apomat), xác định giá trị dòng cho phép I'_{cp} của dây dẫn theo điều kiện bảo vệ.

a) Đối với dây dẫn có bọc cao su và tương tự theo đặc tính nhiệt của cách điện ($v_{cp} = 65^{\circ}\text{C}$), lắp đặt ở trong nhà dễ cháy nổ và các cầu chảy bảo vệ của cầu chì hoặc dòng cắt nhanh của aptomat.

$$I'_{cp} \geq 1,25I_{cc} \quad (7.56)$$

$$\text{Hay } I'_{cp} \geq 1,25I_c \quad (7.57)$$

Trong đó: I'_{cp} , I_{cc} , I_c - dòng điện cho phép của dây dẫn, dòng định mức của cầu chảy, dòng cắt của bộ ngắt điện từ (aptomat), A.

Đối với dây dẫn công dụng chung và cáp có giấy cách điện, không phụ thuộc vào nơi lắp đặt:

$$I'_{cp} \geq I_{cc} \quad (7.58)$$

$$\text{Hay } I'_{cp} \geq I_c \quad (7.59)$$

b) Đối với dây dẫn của tất cả các mã hiệu khi có bảo vệ aptomat không phục hồi:

$$I'_{cp} \geq I_{ck} \quad (7.60)$$

Trong đó: I_{ck} - dòng cắt aptomat không phục hồi (không tự đóng lại), A.

c) Đối với dây dẫn bọc cao su và tương tự, theo đặc tính nhiệt của cách điện khi có bảo vệ bằng aptomat có dòng cắt tự phục hồi:

$$I'_{cp} \geq I_p \quad (7.61)$$

Trong đó: I_p - dòng cắt aptomat tự phục hồi, A.

Đối với cáp có giấy cách điện có cùng bảo vệ:

$$I'_{cp} \geq 0,8I_p; \quad (7.62)$$

Đối với phân nhánh đến các động cơ trong nhà không cháy nổ

$$I'_{cp} \geq I_{ddm} \quad (7.63)$$

Trong đó: I_{ddm} - dòng động cơ định mức, A.

3- Theo giá trị I'_{cp} trong bảng các giá trị dòng cho phép đối với mã hiệu của dây dẫn chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện:

$$I'_{cp} = I_{cpb} \quad (7.64)$$

Trong đó: I_{cpb} - dòng cho phép tra bảng, A.

Nếu I'_{cp} không trùng với số liệu trong bảng, thì cho phép chọn tiết diện dây dẫn nhỏ hơn.

4- Dây dẫn đã chọn cần được kiểm tra theo dòng làm việc phụ tải:

$$kI_{cp} \geq I_{ph} \quad (7.65)$$

Trong đó: $k = k_v k_p k_c$ - hệ số hiệu chỉnh toàn phần đối với điều kiện thực tế không đúng với quy định trong bảng dòng cho phép.

k_v - hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ môi trường làm việc, khác với giá trị bảng;

k_p - hệ số hiệu chỉnh số lượng dây cùng dẫn lắp đặt;

$k_T = \frac{0,857}{\sqrt{T}}$ - hệ số phụ thuộc chế độ làm việc (ngắn hạn lặp lại) của

thiết bị điện.

T- thời gian tương đối của một chu kỳ làm việc, min.

Đối với dây đồng tiết diện lớn hơn 10mm^2 và dây nhôm tiết diện 6mm^2 k_T không lớn hơn 10 phút.

Nếu điều kiện $kI_{cp} \geq I_p$ không được thỏa mãn, chọn tiết diện lớn hơn, sau đó kiểm tra dây dẫn đã chọn, theo điều kiện sụt áp cho phép.

3. Tính chọn dây dẫn trong nhà xưởng theo điều kiện sụt áp cho phép

Khi tính chọn dây dẫn trong nhà theo điều kiện sụt áp cho phép cần lưu ý các trường hợp có đủ điện áp dây hoặc không đủ ($2\Phi+N$ hoặc $1\Phi+N$, với N ký hiệu dây trung tính). Thông thường, khi tính dây dẫn trong nhà, bỏ qua điện trở cảm kháng của dây dẫn.

Có thể bỏ qua điện trở cảm kháng của dây nhôm, nếu tiết diện của chúng theo hệ số công suất không vượt quá giá trị cho ở trong bảng 7.12.

Bảng 7.12 - Tiết diện lớn nhất của dây dẫn nhôm, có thể bỏ qua điện trở cảm kháng

Dây dẫn	Tiết diện dây dẫn với hệ số công suất, mm^2			
	0,96	0,9	0,85	0,8
Cáp có điện áp đến 1kV	120	95	70	50
Dây dẫn trong ống	95	50	50	35
Dây dẫn trên ổ trượt	35	25	16	10
Dây dẫn trên sứ	25	16	16	10

Chú thích: - Đối với dây dẫn lõi đồng, tiết diện giảm xuống một bậc so với dây nhôm.

Sụt áp cho phép đối với dây dẫn trong gian sản xuất được xác định theo biểu thức:

$$\Delta U_{cp} = \Delta V - (-7,5\%) = \Delta V + 7,5\% \quad (7.66)$$

Trong đó: ΔU_{cp} - sụt áp cho phép, %;

ΔV - mức điện áp đầu vào, %;

-7,5% - độ lệch áp cho phép đối với phụ tải xa nhất (với mức tải 100%).

Về nguyên tắc, mức độ sụt áp cho phép đối với thiết bị điện cho dây dẫn trong nhà không lớn hơn 2,5%.

Khi chọn dây dẫn và cáp theo điều kiện sụt áp cho phép, phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\Delta U_{\text{II}} \leq \Delta U_{\text{cp}} \quad (7.67)$$

Trong đó: ΔU_{II} – sụt áp tính toán, %.

Sụt áp tính toán không tính đến điện trở cảm kháng ở điều kiện phụ tải phân bố đều các pha trên tất cả các nhánh có cùng dây dẫn xác định theo công thức sau:

a) Đối với đường dây 3 pha 4 dây:

$$\Delta U\% = \frac{100 \sum Pl}{\gamma U_{\text{dm}}^2 F} \% \quad (7.68)$$

Trong đó: $\sum Pl$ - tổng mômen các đoạn đường dây nối tiếp, %;

P- công suất trên các đoạn, W;

l - chiều dài của đoạn dây, m;

γ - độ dẫn riêng của dây dẫn (đối với dây nhôm) 32m/mm^2 , dây đồng - 53m/mm^2 ;

U_{dm} - điện áp dây định mức, V;

F - tiết diện dây dẫn, mm^2 .

b) Đối với đoạn phân nhánh 2 pha từ đường 4 dây:

$$\Delta U\% = \frac{250 \sum Pl}{\gamma U_{\text{dm}}^2 F} \% \quad (7.69)$$

c) Đối với đoạn phân nhánh 1 pha từ đường 4 dây:

$$\Delta U\% = \frac{600 \sum Pl}{\gamma U_{\text{dm}}^2 F} \% \quad (7.70)$$

Khi phụ tải phân bố các pha không đều, sụt áp được xác định đối với từng pha riêng biệt. Nếu tiết diện hay vật liệu dây dẫn ở từng đoạn đường dây khác nhau, sụt áp được tính cho từng đoạn riêng rẽ rồi cộng theo nguyên tắc xếp chồng.

Để đơn giản hóa tính toán, thường sử dụng công thức sau để xác định sụt áp:

a) Đối với điện áp dây $2\Phi+N$:

$$\Delta U\% = \frac{\sum Pl}{CF} \quad (7.71)$$

b) Đối với đoạn đường dây 1Φ+N:

$$\Delta U\% = \frac{PI}{CF} \quad (7.72)$$

Trong đó: C - hằng số dây dẫn phụ thuộc điện áp lưới, số pha và vật liệu dây dẫn (bảng 7.13);

P - công suất trên đoạn dây, kW.

Bảng 7.13 - Hằng số C phụ thuộc điện áp lưới, số pha và vật liệu dây dẫn

Điện áp lưới định mức, V	Hệ thống lưới	Hệ số C đối với các dây dẫn		
		Đồng	Nhôm	Thép
380/220	3 pha có dây nối không	77	46	10
380/220	2 pha có dây nối không	34	20	4,5
220	2 pha xoay chiều và một chiều	12,8	7,7	1,7
36	3 pha có dây nối không	0,34	0,21	0,046
24	2 pha có dây nối không	0,153	0,092	-
12	2 pha xoay chiều và một chiều	0,038	0,023	0,005

Chú thích: Đối với dây thép hệ số C có thể sử dụng để xác định sụt áp thuần kháng ($\cos \varphi = 1$).

Nếu tiết diện dây dẫn được chọn theo điều kiện sụt áp cho phép, sử dụng công thức (7.70) và (7.71) tính sụt áp, để biến đổi tính tiết diện dây dẫn:

a) Đối với toàn tuyến lưới

$$F = \frac{\sum P.l}{C.\Delta U_{cp} \%} \quad (7.73)$$

b) Đối với một đoạn dây

$$F = \frac{P.l}{C.\Delta U_{cp} \%} \quad (7.74)$$

Từ kết quả tính toán, tiết diện dây dẫn được làm tròn lớn hơn theo dây tiêu chuẩn. Để tiết kiệm vật liệu dây dẫn trong thiết kế thiết bị chiếu sáng, các đoạn dây cuối tuyến của lưới điện và phân nhánh nên dùng dây pha đầy đủ nào (2Φ+N hoặc 1Φ+N) có tiết diện bé hơn.

Để xác định chi phí vật liệu dây dẫn hợp lý, có thể sử dụng phương pháp tính chọn sau:

1- Phân bố sụt áp cho phép theo các đoạn dây của tuyến lưới, từ đầu dây chính:

$$\Delta U_n \% = \Delta U_{cp} \% \frac{M_n}{\sum M} \% \quad (7.75)$$

Trong đó: ΔU_n - sụt áp cho phép của đoạn dây n, %;

ΔU_{cp} - sụt áp cho phép đến cuối đường dây, %;

$M_n = P_n \cdot l_n$ - mômen đoạn dây, kW.m;

$\sum M$ - tổng mômen của đoạn tính toán n và của tất cả các đoạn, theo chiều dòng điện, kW.m.

Sụt áp cho phép đối với đoạn đầu tuyến (dây chính):

$$\Delta U_1 \% = \Delta U_{cp} \% \frac{M_1}{\sum M} \% \quad (7.76)$$

Trong đó: ΔU_{cp} - sụt áp cho phép đối với toàn bộ lưới, %;

$M_1 = P_1 \cdot l_1$ - mômen đoạn thứ nhất, kW.m;

$\sum M$ - tổng mômen của tất cả các đoạn, kW.m;

2- Xác định tiết diện dây dẫn đối với đoạn bắt đầu thường lấy dây dẫn pha đầy đủ trong đó hệ số C, chọn theo bảng 7.12

$$F_1' = \frac{M_1}{C \cdot \Delta U_1 \%} \text{ mm}^2 \quad (7.77)$$

3- Làm tròn tiết diện F_1' lớn hơn theo chuẩn F_1 , sau khi chọn tiết diện dây dẫn tính toán lại hệ số C_n cho tất cả các đoạn tiếp theo:

$$C_n = \frac{M_n}{F_1 \cdot \Delta U_n \%} \quad (7.78)$$

Trong đó: F_1 - tiết diện tiêu chuẩn của dây dẫn đoạn dây thứ nhất, mm²;

Theo giá trị C_n trong bảng 7.12 chọn giá trị gần với C và theo đó xác định số lượng dây dẫn trên mỗi đoạn.

4- Nếu giá trị hệ số C_n nhỏ hơn nhiều so với giá trị trong bảng đối với đường hai dây dẫn lấy tiết diện bé hơn và tính theo công thức:

$$F_n = F_1 \frac{C_n}{C} \quad (7.79)$$

Trong đó : C - giá trị hệ số tính toán trong bảng 7.12 đối với đường 2 dây dẫn.

Phương pháp tính toán này có thể sử dụng để xác định số pha trên các đoạn, sau khi chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng.

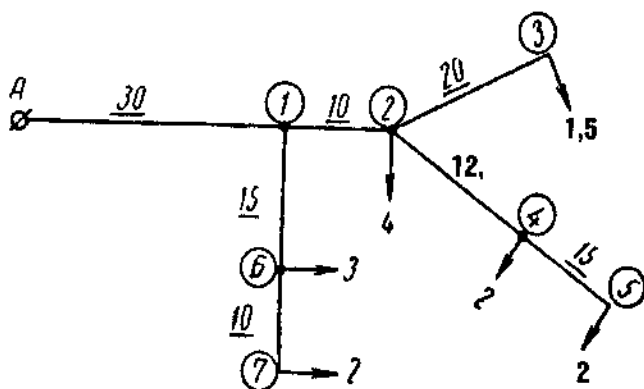
Trong trường hợp đó, theo tiết diện dây đã biết, tính hệ số C_n cho các đoạn:

$$C_n = \frac{M_n}{F_n \cdot \Delta U_n \%} \quad (7.80)$$

Trong đó: F_n - tiết diện dây dẫn của đoạn tính theo điều kiện phát nóng cho phép, mm^2 .

Từ giá trị C_n , xác định giá trị gần với C tra bảng, theo đó xác định số pha trên đoạn dây (bảng 7.12).

Ví dụ: Hãy xác định tiết diện dây dẫn nhôm, số lượng pha trên các đoạn đường dây chiếu sáng gian sản xuất theo điều kiện chi phí tối thiểu kim loại. Biết điện áp lưới nguồn cung cấp 380/220V, có mức sụt áp cho phép là $\Delta U_{cp} = -5,5\%$. Công suất P_i (kW) và chiều dài l_n (m) đường dây cho trong hình 7.33.



Hình 7.33 - Sơ đồ hệ thống điện gian sản xuất

Giải:

Tính sụt áp cho phép trên toàn tuyến:

$$\Delta U_{cp} = \Delta U + 7,5 = -5,5 + 7,5 = 2\%$$

Mômen phụ tải trên các đoạn và tổng mômen:

$$M_{A-1} = P_{A-1} l_{A-1} = 14,5 \cdot 30 = 435 \text{ kWm}$$

$$M_{1-2} = P_{1-2} l_{1-2} = 9,5 \cdot 10 = 95 \text{ kWm}$$

$$M_{2-3} = P_{2-3} l_{2-3} = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ kWm}$$

$$M_{2-4} = P_{2-4} l_{2-4} = 4 \cdot 12,5 = 50 \text{ kWm}$$

$$M_{4-5} = P_{4-5} l_{4-5} = 2 \cdot 15 = 30 \text{ kWm}$$

$$M_{1-6} = P_{1-6} l_{1-6} = 5 \cdot 15 = 75 \text{ kWm}$$

$$M_{6-7} = P_{6-7} l_{6-7} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ kWm}$$

$$\Sigma M = 735 \text{ kWm}$$

Tính sụt áp cho phép trên đoạn A - 1:

$$\Delta U_{A-1} = \Delta U_{cp} (M_{A-1}/\Sigma M) = 2.435/46.1,18 = 8\text{mm}^2$$

Chọn tiết diện dây lớn gần nhất theo tiêu chuẩn $F_{A-1} = 10\text{mm}^2$, kiểm tra sụt áp thực tế

$$\Delta U'_{A-1} = (M_{A-1}/C \cdot F_{A-1}) = 435/46 = 0,95\%$$

Tính sụt áp trên phần còn lại của lưới điện:

$$\Delta U'_{cl} = \Delta U_{cp} - \Delta U'_{A-1} = 2 - 0,95 = 1,05\%$$

Tính sụt áp cho phép trên đoạn 1 - 2:

$$\Delta U_{1-2} = \Delta U_{cl} (M_{1-2}/\Sigma M) = 1,05.95/205 = 0,49\%$$

$$\text{Từ đó: } \Sigma M = M_{1-2} + M_{2-3} + M_{2-4} + M_{4-5} = 95 + 30 + 50 + 30 = 305\text{kWm}$$

Tính hệ số cho đoạn 1 - 2:

$$C_{1-2} = M_{1-2}/(F_{A-1} \Delta U_{1-2}) = 95/10.0,49 = 19,5 \text{ kWm}$$

Tra bảng 7.12, có $C = 20$ tương ứng với lưới điện $2\Phi+N$. Chọn hệ $2\Phi+N$ cho đoạn 1-2, với tiết diện dây 10mm^2 và xác định sụt áp thực tế trên đoạn 1-2:

$$\Delta U'_{1-2} = 95/20.10 = 0,475\%$$

Phần sụt áp còn lại trên đoạn 2-3 và 2-5:

$$\Delta U_{cl} = 1,05 - 0,475 = 0,575\%$$

Tương tự, tính cho đoạn 2-3:

$$C_{2-3} = M_{2-3}/(F_{A-1} \Delta U_{2-3}) = 30/10.0,575 = 5,25\text{kWm}$$

Tra bảng 7.12 có $C = 7,7$, chọn lưới $1\Phi+N$, sụt áp thực trên đoạn 2-3:

$$\Delta U'_{2-3} = 30/10.7,7 = 0,39\%$$

$$\text{Tương tự cho đoạn 2-4: } \Delta U_{2-4} = 0,36\%; C_{2-4} = 15,1; \Delta U'_{2-4} = 0,25\%$$

$$\text{Tương tự cho đoạn 4-5: } \Delta U_{cl} = \Delta U_{4-5} = 0,325\%; C_{4-5} = 9,3; \Delta U'_{4-5} = 0,39\%$$

Sụt áp thực trên đoạn cao hơn sụt áp cho phép $0,065\%$ là có thể chấp nhận được.

$$\text{Đoạn 1-6: } \Delta U_{1-6} = 0,83\%; C_{1-6} = 9,03; C = 77 \text{ chọn lưới } 1\Phi+N: \Delta U'_{2-4} = 0,25\%$$

Tính được $\Delta U'_{1-6} = 0,98\%; \Delta U_{cl} = 0,07\%$, vì $C_{6-7} = 28,5$ lớn hơn so với lưới $2\Phi+N$, ở đó $C = 20$, mà đoạn 1-6 là lưới một pha ($1\Phi+N$). Nên chọn đoạn 1-6 là lưới hai pha ($2\Phi+N$): $\Delta U''_{1-6} = 0,375\%$

Đoạn 6-7: $\Delta U_{cl} = \Delta U_{6-7} = 0,675\%; C_{6-7} \approx 3$, Vì $C_{6-7} = 3$ nhỏ hơn C tra bảng đối với lưới hai pha ($C = 7,7$), tính tiết diện dây $F_{6-7} = 3,9\text{mm}^2$

Cuối cùng nhận đoạn 1-6 lưới ($2\Phi+N$) dây 10mm^2 , đoạn 6-7 lưới ($1\Phi+N$) dây 4mm^2 .

Kiểm tra dây dẫn theo điều kiện phát nóng:

$$\text{Đoạn A-1: } I_{A-1} = 14,5/\sqrt{3}.0,38 = 22\text{A. Chọn cầu chảy } I_{cc} = 25\text{A.}$$

Tính dòng điện cho phép $I_{cp} \geq 1,25I_{cc} = 1,25.25 = 31,25A$, chọn dây nhôm trần với $I_{cc} = 60A$, dây dẫn có dự trữ về đốt nóng khá lớn (chấp nhận được).

Đoạn 6-7: $I_{6-7} = 2/0,22 = 9,1A \approx 10A$

Khi đó: $I'_{cp} \geq 1,25.10 = 12,5A$ dòng điện cho phép đối với dây nhôm trần $4mm^2$, $I_{cp} = 32A$, dây dẫn đoạn 6-7 cũng có dự trữ khá lớn theo điều kiện đốt nóng.

Không cần kiểm tra về điều kiện đốt nóng cho các đoạn dây khác vì dây có tiết diện $10mm^2$ nhưng lại làm việc với dòng điện nhỏ hơn.

Câu hỏi

1. Hãy nêu đặc điểm và sự khác nhau giữa lưới điện đô thị, lưới điện nông thôn và lưới điện xi nghiệp công nghiệp.
2. Cho biết các chỉ tiêu chính và phương pháp lựa chọn máy biến áp, tính chọn máy cắt điện, cầu chì, dao cách ly, aptomat, thanh dẫn và tính chọn dây dẫn và cáp điện.
3. Nêu sự cần thiết các yêu cầu kỹ thuật và an toàn trong lắp đặt đường dây trên không 380/220V, đường dây trên không điện áp $1 \div 35kV$.
4. Hãy cho biết đặc điểm, yêu cầu và các thao tác chính lắp sứ đứng, đào móng, dựng cột và tiếp địa cột, vận chuyển dây dẫn trên tuyến, rải dây, đấu nối dây, căng dây, cố định dây dẫn trên sứ, lắp đặt bộ tạ chống rung.
5. Hãy cho biết các yêu cầu an toàn trong lắp đặt đường dây tải điện trên không và cách thức đưa đường dây mới trên không vào vận hành.
6. Nêu các hạng mục chính trong hồ sơ thiết kế, các đặc điểm và yêu cầu về bảo quản và vận chuyển các tang lô cáp, rải và lắp đặt cáp.
7. Hãy trình bày phương pháp và các công thức tính chọn dây dẫn cũng như thiết bị cấp điện trong gian sản xuất theo điều kiện đốt nóng cho phép và điều kiện sụt áp cho phép.

Chương 8

QUẢN LÝ VÀ VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP NÔNG THÔN

I. VẬN HÀNH VÀ CHĂM SÓC LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP

1. Vận hành và chăm sóc bảo dưỡng lưới điện hạ áp

1.1. Đường dây trên không điện áp 1000V

Phải tiến hành xem xét định kỳ tình trạng bên ngoài của đường dây dẫn điện trên không điện áp 1000V ít nhất mỗi tháng một lần. Tuy nhiên, sau các sự cố do bão, lốc hoặc do hỏa hoạn đường dây phải được kiểm tra để khắc phục, sửa chữa kịp thời các hỏng hóc đường dây nếu có.

Trong thời gian kiểm tra, xem xét định kỳ đường dây dẫn điện trên không đến 1000V, phải đặc biệt chú ý để đảm bảo sự nguyên vẹn của sứ cách điện, dây néo và dây dẫn cố định trên sứ, các mối nối điện không bị quá nhiệt hoặc nóng chảy cũng như cột điện phải ngay thẳng, không bị đổ nghiêng, dây đai và nối đất cột chắc chắn, loại trừ cành cây đè và chạm vào dây dẫn, tình trạng các nhánh rẽ vào nhà, cầu chảy, phểu cáp và dây nối xuống đất có tình trạng kỹ thuật tốt.

Nếu khi kiểm tra đường dây dẫn điện trên không đến 1000V phát hiện thấy các nghi ngờ vi phạm các quy định về độ võng, khoảng cách từ dây dẫn đến các công trình khác, chỗ giao chéo đường dây dẫn điện trên không với đường dây thông tin, với đường sắt... phải báo cho người có trách nhiệm biết để có hành động khắc phục kịp thời.

Quy phạm quản lý kỹ thuật quy định các việc kiểm tra bắt buộc như sau cho đường dây dẫn điện trên không đến 1000V, ví dụ như:

1) Kiểm tra phát hiện vết nứt ở các cột bê tông cốt thép ở nơi xung yếu, ở vùng có độ ẩm và nhiệt độ thay đổi thất thường (ở thân cột và ở chân cột chôn dưới đất: sáu năm một lần, kể từ năm vận hành thứ tư).

2) Xác định mức độ xuống cấp, mục nát của các chi tiết gỗ (nếu có): 03 năm một lần.

3) Đo điện trở nối đất: một lần trong năm vận hành đầu tiên và 03 năm một lần những năm tiếp theo.

4) Kiểm tra siết lại các bulông, êcu và dây đai hàng năm trong hai năm vận hành đầu tiên và sau đó, tùy theo mức độ cần thiết.

1.2. Đường dây trên không điện áp trên 1000V

Kiểm tra định kỳ đường dây dẫn điện trên không trên 1000V phải được cán bộ kỹ thuật tiến hành cùng với công nhân vận hành, ít nhất mỗi năm một lần và kiểm tra thị sát đường dây điện trên không trong trạng thái mang điện 03 năm một lần. Tuy nhiên, phải tiến hành kiểm tra bất thường ngay sau khi có thiên tai hỏa hoạn hoặc lưới điện cắt tự động để bảo trì và sửa chữa bảo vệ đường dây.

Xem các chỉ dẫn chi tiết hướng dẫn kiểm tra và thử nghiệm đường dây dẫn điện trên không trên 1000kV khi cần thiết trong các tài liệu, quy phạm quản lý kỹ thuật hiện hành.

1.3. Đường cáp bên ngoài

Phải tiến hành kiểm tra, quan sát đường cáp điện định kỳ. Thời hạn xem xét định kỳ đường cáp và yêu cầu trình độ nhân viên thực thi cho ở bảng 8.1.

Bảng 8.1 - Thời hạn kiểm tra định kỳ đường dây cáp và nhân viên kiểm tra

Thời hạn xem xét đường cáp và yêu cầu về trình độ nhân viên		
Đoạn đường cáp	Trình độ nhân viên	Thời hạn kiểm tra, xem xét
Cáp đặt trong đất, trong ống góp, tunen và trong các công trình tương tự khác	Công nhân điện có trình độ an toàn không dưới bậc III, cùng với người khác có trình độ không dưới bậc II	Ít nhất 03 tháng một lần. Kiểm tra bất thường sau mưa giông, lũ lụt hoặc bão, đất xói lở và khi phát hiện có khả năng cáp bị hư hỏng
- Giếng cáp	-nt-	06 tháng một lần
- Hộp đấu cáp điện áp + Trên 1000V	-nt-	03 tháng một lần
+ Đến 1000V	-nt-	01 năm một lần

Công nhân điện tiến hành tuần tra và xem xét đường cáp trong đất phải đảm bảo không có vi phạm hoặc các hoạt động bất thường trên đường cáp (xây

dựng công trình, đào đất trồng cây...) khi không được cơ quan vận hành cấp chấp thuận. Phải đặc biệt chú ý xem xét chỗ giao chéo đường cáp với đường điện, đường sắt, đường giao thông hoặc chỗ nối kim loại của đường ray hay chỗ nối giao chéo cáp với hào, rãnh cũng như duy trì sự nguyên vẹn của các biển báo ở trên tuyến đường cáp. Đối với cáp đặt trong đất phải quy định vùng bảo vệ (mỗi phía rộng ra 01m kể từ cáp ngoài cùng).

Đối với giếng, rãnh, tuyến cáp phải kiểm tra tình trạng của nắp giếng (nắp dưới của cửa nắp phải kín), nắp rãnh cáp, hệ thống chiếu sáng và thông gió. Không được để xảy ra hiện tượng cáp bị kéo quá căng hoặc bị xô dịch khỏi kết cấu giữ cáp cũng như bị ngập nước hay vứt bừa bãi giẻ lau, phế vật liệu trong hành lang bảo vệ cáp.

Khi xem xét đường cáp đặt hở phải kiểm tra nhiệt độ môi trường và nhiệt độ bề mặt cáp ở chỗ có thể phát nóng lớn nhất và phải kiểm tra các kết cấu như hộp, ống bảo vệ (ở chỗ có thể) khỏi các tác động cơ học bất lợi, tránh tình trạng cáp bị kéo căng, gi, các vết lõm, hư hỏng phần bọc thép và vỏ cáp...

Mỗi năm một lần, tốt nhất là vào mùa xuân phải tiến hành thử nghiệm dự phòng cách điện cáp theo tiêu chuẩn hiện hành.

1.4. Lưới điện bên trong gian sản xuất, chế biến

Quy phạm quản lý kỹ thuật yêu cầu phải tiến hành xem xét và sửa chữa thường xuyên lưới điện, kể cả việc đo điện trở cách điện của chúng. Đối với các dạng sản xuất khác nhau tùy theo tính chất nhà, đặc điểm của quy trình sản xuất, sẽ quy định thời hạn xem xét và sửa chữa cho thích hợp.

Các nội dung cần kiểm tra bao gồm:

1) Độ võng của dây dẫn, khoảng cách giữa các dây dẫn, khoảng cách dây dẫn với đất.

2) Tình trạng cách điện bên ngoài của dây dẫn, ống lót, phễu nối cáp, chỗ xuyên qua tường và trần, tình trạng sứ, các bộ kẹp dây, thanh dẫn, bảng ghi và biển báo hiệu.

3) Sự phù hợp của dòng điện định mức dây chảy của cầu chì và mức chỉnh định của aptomat.

Dòng điện định mức của dây chảy và mức chỉnh định dòng điện cắt của aptomat bảo vệ từng đoạn lưới điện phải được tính chọn để khi cụ bảo vệ không cắt thiết bị khi quá tải ngắn hạn. Ngoài ra, cắt khi quá tải phải thực hiện có chọn lọc: Đầu tiên cắt nhánh khỏi đường trục chính, sau đó mới cắt đường

trục chính. Đóng điện vào từng đoạn lưới điện sau sửa chữa phải được phép của người quản lý điện, sau khi đã kiểm tra đoạn đường dây đó.

Nếu một đoạn bất kỳ của lưới điện đã không có điện áp quá một tháng, trước khi đóng điện phải xem xét và đo điện trở cách điện. Cũng có trường hợp do đặc tính của lưới điện và điều kiện địa phương bắt buộc phải kiểm tra đo cách điện, mặc dù thời gian ngừng không có điện ngắn hơn. Điện trở cách điện của lưới phải đo 3 năm một lần. Đo điện trở của lưới lực và lưới chiếu sáng bằng Megômmet 1000V, khi đó phải tháo cầu chì, cầu giao và aptomat. Trên một đoạn lưới cần đo, điện trở cách điện giữa dây dẫn bất kỳ với đất hoặc giữa hai dây dẫn bất kỳ phải không được thấp hơn 0,5MΩ.

Trong thời gian vận hành ít nhất 03 năm một lần, phải tiến hành đo kiểm tra điện áp và phụ tải tại các điểm khác nhau của lưới điện. Chỗ đo và lịch tiến hành do kỹ sư điện chính của xí nghiệp phê duyệt. Thực hiện công việc đo kiểm tra cách điện, tạo cơ sở dữ liệu để theo dõi tình trạng phụ tải của dây dẫn, duy trì mức điện áp cần thiết, kiểm tra tổn thất trong lưới điện và nghiên cứu những biện pháp tiết kiệm điện năng. Nếu phát hiện sai lệch nhiều so với tiêu chuẩn (dây dẫn bị quá tải, điện áp quá thấp hoặc quá cao) phải thực hiện những biện pháp cần thiết để cải tạo lưới.

Chỗ lưới điện đi qua gần nguồn nhiệt phải được theo dõi, ở những chỗ này phải đặt nhiệt kế và định kỳ ghi chép nhiệt độ (thời hạn do quy trình địa phương quy định).

Bề mặt lớp bọc thép và vỏ chì trần của cáp đặt bên trong các công trình phải được bảo vệ chống ăn mòn bằng cách sơn phủ cách điện hoặc sơn dầu. Sơn cách điện và sơn dầu được sử dụng ở nơi có hơi hoặc khí có kiềm tính, phải có khả năng chống chịu được các tác động đó của môi trường xung quanh.

2. Vận hành bảo dưỡng trạm biến áp

Trạm biến áp nội bộ phải do nhân viên trực nhật thường xuyên vận hành chăm sóc và phải được cán bộ có trách nhiệm định kỳ vào kiểm tra, xem xét theo quy định hiện hành.

Máy biến áp cần được làm mát theo nguyên tắc đối lưu tăng bề mặt tiếp xúc của vỏ máy với không khí bên ngoài. Các phòng đặt máy biến áp phải có thông gió tự nhiên, đảm bảo máy biến áp vận hành bình thường ở bất kỳ mùa nào trong năm. Trong những ngày có nhiệt độ cao, nhiệt độ máy biến áp tăng mà không thể giảm tải được phải dùng quạt làm mát tạm thời cho máy biến áp hoặc mở thoáng cửa.

Nhiệt độ tối đa cho phép làm việc của máy biến áp được nhà chế tạo quy định, thông thường nhiệt độ ở lớp dầu trên cùng phải đảm bảo $t^0 < 85^0\text{C}$.

Máy biến áp có thể làm việc quá tải, thời gian và mức độ quá tải phụ thuộc vào mức độ vận hành tùy thuộc vào từng loại máy, chỗ đặt máy.

Khi máy xảy ra sự cố, có thể cho máy làm việc quá tải tạm thời theo bảng 8.2 dưới đây

Bảng 8.2 - Mức độ quá tải cho phép của máy biến áp động lực

Bội số dòng quá tải so với I_{dm}	1,3	1,45	1,6	1,75	2,0	3,0
Thời gian quá tải cho phép, min	120	80	45	20	10	15

Ở những trạm biến áp không có người trực thường xuyên, những máy biến áp có công suất nhỏ hơn 1800kVA, tối thiểu mỗi tháng phải kiểm tra một lần theo các nội dung chính sau:

- 1) Kiểm tra chất lượng dầu cách điện qua màu sắc của dầu;
- 2) Kiểm tra để chắc chắn không có rò rỉ dầu ở thân máy;
- 3) Đảm bảo để mức dầu và bình dầu dự phòng nằm trong khoảng cho phép (nằm giữa mức cao và thấp nhất);
- 4) Kiểm tra nhiệt kế để đảm bảo nhiệt độ dầu không vượt quá giá trị cho phép;
- 5) Kiểm tra để đảm bảo tiếng kêu của máy bình thường (không quá tải hoặc kêu bất thường);
- 6) Kiểm tra sứ cao áp, hạ áp để xử lý ẩm, không sút mẻ và rỉ dầu ở chân sứ;
- 7) Kiểm tra đầu cốt đầu vào máy để đảm bảo tiếp xúc tốt (không bị nóng quá mức);
- 8) Kiểm tra để đảm bảo điều kiện phòng nổ, màng chống nổ khi vận hành;
- 9) Kiểm tra để đảm bảo các tiếp điểm, mối nối điện chắc chắn;
- 10) Kiểm tra để duy trì chất lượng hạt chống ẩm qua màu sắc của chúng;
- 11) Kiểm tra các thông số vận hành: U_{pha} , I_{pha} , I_0 của dây trung tính: Nếu dòng điện các pha chênh lệch nhau quá quy định 2% thì phải có biện pháp san tải, cân pha;
- 12) Kiểm tra sự chắc chắn của cơ cấu truyền động dao cách ly;
- 13) Kiểm tra phần mang điện và phần cách điện, nếu có hiện tượng bất thường như phát nóng tại chỗ tiếp xúc, đầu thanh cái, dây dẫn, dao cách ly, sứ cách điện bị rạn nứt thì phải khắc phục hoặc thay thế;

14) Cầu chì phải có vỏ sứ và cát thạch anh dập hồ quang. Khi lắp cầu chì phải chọn dây chảy phù hợp với đường dây hoặc thiết bị. Dòng điện định mức của dây chảy phải lớn hơn hoặc bằng $1,3I_n$;

15) Aptomat phải được kiểm nghiệm 01 năm 01 lần theo quy định và tiêu chuẩn của thiết bị điện. Khi kiểm tra định kỳ máy biến áp phải kết hợp kiểm tra xiết lại các điểm tiếp xúc đầu vào, đầu ra của aptomat và xử lý cách điện hoặc rạn nứt hư hỏng nếu có;

16) Thực hiện kiểm tra an toàn và vệ sinh công nghiệp, kiểm tra khóa cửa ra vào buồng cao hạ thế, biển báo an toàn của trạm sau mỗi lần rời trạm;

17) Kiểm tra phát hiện và xử lý kịp thời các vi phạm lấn chiếm hành lang bảo vệ, gây trở ngại cho việc quản lý hoặc cản trở việc thay thế sửa chữa các thiết bị điện;

18) Kiểm tra cửa thông gió, các kính chắn chim và súc vật nhỏ để đảm bảo an toàn;

19) Kiểm tra các dụng cụ phương tiện chống cháy nổ: cát, xẻng, bình chống cháy để luôn sẵn sàng;

20) Kiểm tra duy trì các biển báo an toàn và biển chỉ dẫn (tên, ký hiệu đóng cắt mở);

21) Kiểm tra để đảm bảo điều kiện vệ sinh công nghiệp, chống bụi bẩn, dột ướ, úng ngập.

Tất cả các thiếu sót mà công nhân quản lý phát hiện được trong quá trình kiểm tra cần phải có biện pháp khắc phục ngay, nếu vượt quá thẩm quyền phải đưa lên cấp trên và ghi vào sổ nhật ký trạm.

II. THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN VÀ KIỂM TRA CÁCH ĐIỆN

1. Lựa chọn cấp chính xác và dải đo thiết bị đo lường chỉ báo điện

Khi chọn các thiết bị kiểm tra đo lường của trạm điện cần nắm vững các nguyên tắc sau:

1) Cấp chính xác các thiết bị của tủ điện không dưới 2,5. Riêng đồng hồ ampe kế lắp ở trạm biến áp và trạm phân phối cấp chính xác cho phép đến 4;

2) Cấp chính xác các bộ sơn, các điện trở bổ sung và biến dòng phụ thuộc vào cấp chính xác của thiết bị không thấp hơn các giá trị cho trong bảng 8.3;

3) Chọn dải đo, sao cho giá trị đọc nằm trong khoảng 2/3 thang đo của thiết bị chỉ thị.

Bảng 8.3 - Cấp chính xác cho phép của thiết bị đo và phụ kiện

Cấp chính xác của thiết bị đo	Cấp chính xác của son, điện trở bổ sung	Cấp chính xác của biến dòng
1,0	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5
2,5	0,5	1,0

Trong tủ điện của trạm biến áp và trạm phân phối cho phép sử dụng biến dòng cấp chính xác 3 (sai số 3%) để lắp với các ampemet (ampe kế).

Tất cả các thiết bị đo phải có giới hạn đo có tính đến khả năng đại lượng cần đo vượt khỏi giá trị định mức.

Sụt áp trong mạch điện áp của công tơ phải không lớn hơn 0,5%, còn trong các thiết bị đo khác không lớn hơn 1,5%.

Tiết diện dây dẫn đồng và nhôm trong mạch đặt các thiết bị kiểm tra đo lường không nhỏ hơn 1,5 và 2,5mm² tương ứng.

Trong các thiết bị điện cho phép sử dụng cáp lõi đồng có tiết diện 1mm² đối với điện áp đến 1000V.

Cuộn dây dẫn dòng của thiết bị đo nối trực tiếp với biến dòng đo lường cũng như nối với cuộn dây dẫn dòng của rơle bảo vệ, ngoại trừ trường hợp công suất của biến dòng không đủ để đảm bảo cho thiết bị đo làm việc có cấp chính xác tương ứng. Cấp chính xác của cuộn dây biến dòng phải tương ứng với cấp chính xác cao nhất của các thiết bị đo lắp đặt trong mạch.

Số lượng và kiểu các thiết bị kiểm tra đo lường sử dụng ở trạm phát điện và trạm biến áp được xác định bởi công dụng và công suất, điện áp của các thiết bị điện.

2. Số lượng và vị trí lắp đặt thiết bị đo

Trong thiết bị phân phối điện đầu vào của một trạm điện nhỏ 35 – 110/6-20kV điển hình, được trang bị các thiết bị đo như sau:

1) Trong mạch stator của máy phát điện: một hay ba ampemet (ba ampemet đối với mạch thấp áp và cao áp của các máy phát điện), đối với công suất từ 1,5MVA trở lên), vonmet, wattmet, von-ampemet phản kháng, công tơ hiệu dụng và phản kháng; khi công suất của máy phát điện nhỏ hơn hoặc bằng 250kVA có thể không lắp wattmet, von-ampemet phản kháng và công tơ phản kháng.

2) Trên thanh cái của trạm: vonmet và đồng hồ tần số;

3) Trong mạch kích thích của máy phát điện ampemet và vonmet (khi công suất không lớn có thể không lắp vonmet).

4) Phía bên thấp áp có máy biến áp tăng áp: ampemet, wattmet, công tơ.

5) Trong mạch máy biến áp dân dụng: ampermet và công tơ;

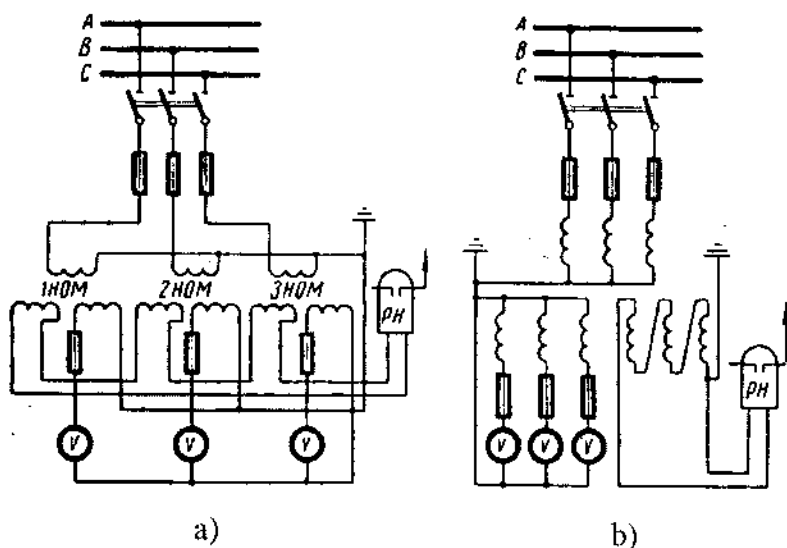
6) Trong mạch phân nhánh 6 ÷ 10kV: ampermet và công tơ.

3. Kiểm tra trạng thái cách điện

Trong các hệ thống có dây trung tính nối đất không cần thiết phải kiểm tra trạng thái cách điện, vì khi ngắn mạch pha với đất đã có thiết bị bảo vệ.

Trong hệ thống trung tính cách ly, khi ngắn mạch pha với đất không có thiết bị cắt nhanh chỗ bị sự cố. Tuy nhiên, khi làm việc lâu dài của thiết bị điện ở chế độ này có thể kéo theo ngắn mạch dài hạn của thiết bị điện, dẫn đến ngắn mạch các pha còn lại với đất và do đó tạo thành ngắn mạch kép với đất (vì khi ngắn mạch một pha với đất thì điện áp hai pha còn lại tăng lên $\sqrt{3}$ lần).

Ở các thiết bị điện áp đến 380V trạng thái cách điện của các pha so với đất trong hệ thống trung tính cách ly được kiểm tra bằng 3 vônmet mắc trực tiếp vào điện áp pha của mạng. Ở trạng thái cách điện tốt, tất cả các vônmet đều chỉ điện áp pha. Khi bị ngắn mạch một pha nào đó với đất, vônmet pha đó chỉ “không”, còn vônmet các pha khác chỉ điện áp $\sqrt{3}$ lần lớn hơn điện áp pha. Khi ngắn mạch pha qua điện trở tiếp xúc, vônmet của pha bị hỏng sẽ chỉ điện áp lớn hơn 0, nhưng nhỏ hơn điện áp pha, còn vônmet của các pha không bị hỏng sẽ chỉ thị điện áp trong khoảng U_{pha} và $\sqrt{3} U_{pha}$.



Hình 8.1. Sơ đồ lắp đặt thiết bị đo kiểm tra cách điện

a) Sử dụng biến áp đo lường một pha HOM;

b) Sử dụng một biến áp đo lường ba pha nghiệm lõi HTMU

Trong các thiết bị cao áp, thiết bị đo kiểm tra cách điện được lắp qua biến áp đo lường. Trên hình 8.1a) thể hiện sơ đồ lắp đặt các thiết bị đo kiểm tra cách điện qua 3 biến áp một pha kiểu HOM, còn trên hình 8.1b) qua biến áp 3 pha 5 lõi dạng HTMU.

Các biến áp trên có hai cuộn dây thứ cấp điện áp pha. Ở nhóm của cuộn dây thứ cấp nối thành hình sao và các vonmet V. Nhóm khác, các cuộn thứ cấp nối hình tam giác hở và được gắn với role điện áp cực đại R_H .

Ở chế độ bình thường cũng như khi ngắn mạch giữa các pha, tổng suất điện động của các cuộn dây mắc theo tam giác hở bằng không và điện áp role R_H cũng bằng không. Khi ngắn mạch một pha, trên đầu cuộn dây role R_H xuất hiện điện áp đủ để nó tác động và các tiếp điểm của role đóng mạch tín hiệu.

Sơ đồ biến áp HTMU có ưu điểm là có thể sử dụng để kết hợp lắp các thiết bị đo kiểm tra cách điện và các thiết bị đo điện. Không khuyến cáo sử dụng các thiết bị đo cấp chính xác cao trong sơ đồ sử dụng biến áp một pha, có điện áp định mức bằng điện áp dây nhưng làm việc ở điện áp pha, dẫn đến điện áp trên máy biến áp một pha thực tế chỉ có 58% giá trị định mức. Trong trường hợp này, máy biến áp không đảm bảo được độ chính xác của các phép đo.

Sơ đồ kiểm tra cách điện dùng biến áp dạng HTMU được sử dụng rộng rãi trong các mạng lưới 6 ÷ 10kV. Khi điện áp 20 ÷ 35kV sử dụng sơ đồ 03 biến áp một pha, vì biến áp ba pha năm lõi không được chế tạo ở cấp điện áp đó.

III. QUẢN LÝ SỔ SÁCH CHỨNG TỪ VÀ HỢP ĐỒNG MUA BÁN ĐIỆN

1. Hóa đơn và bảng kê hóa đơn thanh toán tiền điện

1.1. Yêu cầu chung

Hóa đơn tiền điện phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Tiền điện ghi trong hóa đơn phải đảm bảo tính đúng với lượng điện năng mà hộ tiêu thụ điện đã sử dụng theo chỉ số công tơ đã ghi được;
- Hóa đơn phải rõ ràng, không tẩy xóa. Phải có chữ ký của người có trách nhiệm (hoặc có giấy ủy quyền hợp lệ);
- Hóa đơn lập theo mẫu quy định, chỉ lập một liên để tránh giả mạo.

1.2. Bảng kê khai hóa đơn thanh toán tiền điện

Bảng kê khai hóa đơn thanh toán tiền điện gồm những mục sau:

- Số thứ tự;
- Họ tên hộ dùng điện;
- Địa chỉ;

- Chỉ số đầu;
- Chỉ số cuối;
- Hệ số nhân;
- Điện năng tiêu thụ;
- Đơn giá;
- Thành tiền;
- Chữ ký của người nộp tiền.

Bảng kê khai hóa đơn được lập thành 2 bản có chữ ký của người có trách nhiệm, 1 bản giao cho người thu tiền, 1 bản lưu tại bộ phận quản lý.

Dưới đây là một mẫu hóa đơn thu tiền điện (bảng 8.4).

Bảng 8.4 - Mẫu hóa đơn thanh toán tiền điện.

HÓA ĐƠN TIỀN ĐIỆN					
Họ tên chủ hộ dùng điện:					
Địa chỉ:					
Số công tơ:					
Chỉ số đầu	Chỉ số cuối	Hệ số nhân	Điện năng, kW	Đơn giá, đồng/kW	Thành tiền, đồng
Ký tên đóng dấu					

2. Theo dõi sổ sách thanh toán tiền điện

1) Số tiền hộ dùng điện phải thanh toán là số tiền ghi trên mặt hóa đơn cho người đi thu tiền.

2) Bảng kê tiền điện nói ở mục 1 là sổ theo dõi phát sinh nợ tiền điện, đồng thời là sổ theo dõi nợ tiền điện của hộ dùng điện.

3) Khi hộ dùng điện thanh toán tiền, người thu tiền làm các thủ tục sau:

- Kiểm tra số tiền đúng với số tiền của hóa đơn, nhận tiền và giao hóa đơn.
- Người dùng điện ký vào sổ theo dõi nợ.

4) Cuối kỳ thu tiền điện, người thu tiền phải quyết toán tiền thu được theo sổ theo dõi nợ.

Tổng số tiền phải thu = Tổng số tiền thu được + Tổng số tiền nợ (của hộ dùng điện).

3. Hướng dẫn cách tính tiền điện

1. Điện năng tiêu thụ A (kWh) = (Chỉ số cuối - Chỉ số đầu) x Hệ số công tơ.
2. Tiền điện = A (kWh) x Đơn giá (đ/kWh).

4. Tài chính công khai

Hàng tháng phải tổ chức việc công khai tài chính với hộ dùng điện gồm những nội dung sau:

- Số tiền chi nhánh thu trong tháng của các công tơ tổng;
- Tổng số tiền thu được của các hộ dùng điện (theo sổ quyết toán);
- Số tiền đã trả các lần trong tháng cho chi nhánh điện;
- Số tiền điện còn nợ với chi nhánh điện (có lí do);
- Giải trình cụ thể các chi phí phục vụ cho quản lý bán điện (nếu có).

5. Quản lý sổ sách hóa đơn chứng từ

- 1) Các sổ sách hóa đơn chứng từ phải giữ trong thời gian 5 năm (hết năm phải nộp về bộ phận lưu trữ của xã sau khi quyết toán);
- 2) Khi có sự thay đổi tổ chức quản lý phải có biên bản bàn giao, có sự chứng kiến của chính quyền địa phương;
- 3) Tiền điện thu được phải thực hiện theo đúng pháp lệnh kế toán tài chính;
- 4) Nghiêm cấm việc dùng tiền điện chi vào các công việc khác.

6. Hạch toán điện năng và tính tổn thất thực tế

Sau khi ghi chỉ số công tơ và tính toán tiêu thụ tiền bán điện, xã lập bảng thống kê điện năng, tiến hành tính toán tổn thất theo kết cấu lưới điện và vị trí lắp công tơ.

6.1. Hệ thống điện có kết cấu và lắp đặt công tơ như hình vẽ

Các ký hiệu và chữ viết tắt được sử dụng:

CTM - Công tơ tổng của máy biến áp (CTM1: máy số 1; CTM2: máy số 2...);

CTX - Công tơ tại đầu xóm;

Hộ trực - Các hộ sinh hoạt nối vào trực (giá điện sinh hoạt);

Hộ KD - Các hộ sản xuất kinh doanh (giá kinh doanh);

Hộ xóm - Hộ sinh hoạt trong các xóm (nối sau công tơ xóm, giá điện sinh hoạt).

6.2. Hạch toán điện năng

Sau khi chỉ số công tơ hàng tháng, điện năng ghi được ở các công tơ sẽ tổng hợp theo bảng 8.5

Bảng 8.5 - Tổng hợp điện năng hàng tháng theo vị trí lắp công tơ

Tháng	Điện ĐN, kWh	Điện hộ trực, kWh	Điện KD, kWh	Điện đầu xóm, kWh	Điện trong xóm, kWh
1					
2					
...					
12					
Cộng:					

Điện ĐN: Tổng điện năng ghi của công tơ tổng các trạm biến áp;

Điện hộ trực: Tổng điện năng ghi các công tơ hộ sinh hoạt đầu vào trực;

Điện KD: Tổng điện năng ghi các hộ kinh doanh;

Điện đầu xóm: Tổng điện năng ghi các công tơ đầu xóm;

Điện trong xóm: Tổng điện năng ghi các hộ trong xóm (sau công tơ đầu thôn, xóm).

6.3. Tính tổn thất thực tế

a) Tổn thất đoạn từ máy biến áp đến đầu xóm (ký hiệu $\Delta A1$ và $\Delta A1\%$)

$\Delta A1 = \text{điện ĐN} - (\text{điện đầu xóm} + \text{điện hộ trực} + \text{điện KD}), \text{ kWh}$

$$\Delta A1\% = \frac{\text{điện ĐN} - (\text{điện đầu xóm} + \text{điện hộ trực} + \text{điện KD})}{\text{điện ĐN}} \times 100\%$$

b) Tổn thất đầu xóm (ký hiệu $\Delta A2$ và $\Delta A2\%$)

$\Delta A2 = \text{điện đầu xóm} - \text{điện trong xóm}, \text{ kWh}$

$$\Delta A2\% = \frac{\text{điện đầu xóm} - \text{điện trong xóm}}{\text{điện đầu xóm}} \times 100\%$$

c) Tổn thất chung (ký hiệu ΔA và $\Delta A\%$)

$\Delta A = \text{điện ĐN} - (\text{điện trong xóm} + \text{điện hộ trực} + \text{điện KD}), \text{ kWh}$

$$\Delta A\% = \frac{\text{điện ĐN} - (\text{điện trong xóm} + \text{điện hộ trực} + \text{điện KD})}{\text{điện ĐN}} \times 100\%$$

6.4. Kết luận

Kết quả tổn thất đúng sẽ là cơ sở cho công tác quản lý và xác định giá bán điện, đảm bảo doanh thu tiền điện. Từ kết quả tổn thất có thể phân tích đánh giá xóm khá, xóm trung bình và xóm yếu kém về mặt kỹ thuật hoặc về mặt quản lý... từ đó có các biện pháp phấn đấu giảm tỷ lệ tổn thất phù hợp. Khi có tổn thất đúng, tra bảng giá điện sẽ có giá bán điện đến hộ nông thôn theo mức độ sử dụng điện (hoặc xã có thể định giá điện sinh hoạt, điện KD và giá bán tại đầu xóm).

7. Tổng hợp doanh thu kinh doanh điện

Tương ứng với bảng tổng hợp điện năng, xã có được bảng doanh thu tiền bán điện theo bảng 8.6.

Bảng 8.6 - Bảng tổng hợp doanh thu kinh doanh điện

Tháng	Tiền ĐN, đ	Tiền hộ trực, đ	Tiền KD, đ	Tiền đầu xóm, đ	Tiền trong xóm, đ
1					
2					
...					
12					
Tổng:					

Tiền ĐN = điện ĐN x giá ĐN, trả cho ngành điện;

Tiền hộ trực = điện hộ trực x giá sinh hoạt;

Tiền KD = điện KD x giá KD;

Tiền đầu xóm = điện đầu xóm x giá sinh hoạt.

Qua bảng tổng hợp tiền như trên có thể xác định doanh thu của xã, của xóm... Nếu tổ chức khoán doanh thu cho các xóm trên cơ sở tổn thất mà giao giá tại công tơ đầu xóm, với điều kiện giá bán đến các hộ xã quy định thống nhất. Xóm nào quản lý tốt, thu nhập cao và ngược lại, như vậy sẽ kích thích công tác quản lý.

8. Ký hợp đồng và quản lý hợp đồng mua bán điện

Điều 1. Cơ sở để thiết lập hợp đồng mua bán điện (HĐMBĐ)

HĐMBĐ được thiết lập trên cơ sở các văn bản pháp luật, Pháp lệnh về hợp đồng kinh tế (HĐKT) ngày 25/9/1989 của Nhà nước, Nghị định 80-HĐBT ngày 19/7/1983 của Hội đồng Bộ trưởng nay là Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành điều lệ cung ứng và sử dụng điện. Thông tư hướng dẫn thi hành điều

lệ cung ứng và sử dụng điện số 05DL/GSDN ngày 22/02/1984 của Bộ Điện lực nay là Bộ Năng lượng và các văn bản hiện hành khác.

Điều 2. Vị trí của HĐMBĐ

- HĐMBĐ là văn bản chính thức và là cơ sở đầu tiên ràng buộc giữa bên mua và bên bán thực hiện các điều khoản về mua bán điện được thỏa thuận của hai bên;

- Ký HĐMBĐ là điều bắt buộc đối với bên mua điện. Bên bán chỉ bán khi có HĐMBĐ và đủ thủ tục kinh doanh;

- HĐMBĐ là cơ sở cho các mặt nghiệp vụ kinh doanh như: Lắp đặt công tơ điện, ghi chỉ số công tơ, lập hóa đơn, thu tiền điện, theo dõi nợ, kiểm tra việc bán điện, quyết toán điện năng và các tranh chấp khác.

Điều 3. Nội dung cơ bản của HĐMBĐ

HĐMBĐ phải có nội dung thỏa mãn giữa bên bán và bên mua trên cơ sở các văn bản pháp luật của Nhà nước và phù hợp với thực tế lưới điện, tính chất phụ tải của bên mua, bảo đảm cho hợp đồng có hiệu lực.

Điều 4. Ủy quyền ký HĐMBĐ

Công ty điện lực I là một doanh nghiệp. Giám đốc công ty là chủ thể ký HĐMBĐ với các hộ mua điện. Giám đốc công ty ủy quyền cho giám đốc các sở điện lực ký HĐMBĐ với các hộ mua điện là cơ quan, đơn vị hành chính sự nghiệp, xí nghiệp, hợp tác xã, cơ sở sản xuất có đăng ký kinh doanh thuộc địa bàn sở quản lý. Ủy quyền cho các trưởng phòng kinh doanh ký HĐMBĐ sinh hoạt gia đình. Ngoài ra, có thể ủy quyền cho một số trưởng hợp khác do giám đốc công ty xét thấy cần thiết. Việc ủy quyền này bằng văn bản theo nội dung quy định của pháp lệnh HĐKT, ủy quyền có thời hạn hàng năm.

Điều 5. Mẫu HĐMBĐ

Để thống nhất trong toàn công ty về nội dung cơ bản của HĐMBĐ, công ty ban hành 5 loại mẫu HĐMBĐ như sau:

- Mẫu 01: HĐMBĐ sản xuất, phi sản xuất (màu hồng nhạt);
- Mẫu 02: HĐMBĐ đối với các trạm bơm thủy nông (màu xanh nhạt);
- Mẫu 03: HĐMBĐ đối với hợp tác xã nông nghiệp (màu xanh lơ);
- Mẫu 04: HĐMBĐ sinh hoạt (màu vàng);
- Mẫu 05: HĐMBĐ tạm thời (màu trắng);

Những nội dung in sẵn là dựa vào pháp lệnh HĐKT và Nghị định 80-HĐBT quy định đặc điểm của điện năng là sản xuất và sử dụng xảy ra đồng thời nên 2 khâu đó có quan hệ mật thiết với nhau và có ảnh hưởng trực tiếp lẫn nhau. Những điều khoản để trống dành cho hai bên thỏa thuận ghi một số nội

dung khác, nhưng không được trái với pháp luật. Đối với hộ mua điện là người nước ngoài cần thiết phải có phụ lục kèm theo.

Điều 6. Đối với hộ mua điện mới

- Văn bản đề nghị mua điện;
- Phương án cấp điện đã được cấp có thẩm quyền duyệt;
- Biên bản nghiệm thu kỹ thuật, xác định công trình đã đủ tiêu chuẩn vận hành và kinh doanh bán điện.

Điều 7. Đối với hộ đang dùng điện có hợp đồng

1. Hợp đồng hết hạn

- Bên bán có giấy mời bên mua đến ký lại hợp đồng;
- Bên mua mang hợp đồng cũ và văn bản xin thanh lý hợp đồng, yêu cầu ký lại hợp đồng theo giấy mời của bên bán.

2. Trong thời gian thi hành hợp đồng, một trong hai bên có sự thay đổi bổ sung:

- Văn bản xin thay đổi, nội dung thay đổi;
- Hai bên bàn thống nhất và cùng ký vào văn bản thay đổi bổ sung. Bên nào có nhu cầu thay đổi, bên đó chủ động làm thủ tục.

Điều 8. Đối với hộ xin sang tên HĐMBĐ

- Văn bản xin sang tên hợp đồng và ý kiến nhất trí của chủ thể hợp đồng cũ;

- Địa điểm dùng điện không thay đổi;

- Biên bản thanh lý hợp đồng cũ.

Điều 9. Đối với hộ mua điện có sự thay đổi khác

1. Trường hợp thay đổi địa điểm dùng điện, thay đổi nguồn cấp điện

- Thanh lý hợp đồng tại địa điểm mua điện cũ;
- Làm thủ tục xin điện mới như điều 6.

2. Trường hợp thay đổi công suất, thay đổi tài khoản, mặt hàng, mục đích dùng điện...

- Có văn bản đề nghị của hộ mua điện;

- Nếu thay đổi công suất phải cải tạo hệ thống cấp điện cũ, cách làm như đối với hộ mua điện mới tại điều 6.

3. Trường hợp chủ thể hợp đồng mua điện phục vụ cho cả một khu dân cư, tập thể... nay muốn chuyển chủ thể cho từng hộ ký trực tiếp với bán điện thì phải:

- Lưới điện phải được cải tạo đảm bảo tiêu chuẩn kỹ thuật và điều kiện quản lý bán điện mà ngành điện quy định;

- Khi được bên bán nghiệm thu chấp nhận mới được đổi chủ thể.

Điều 10. Đối với hộ mua điện ngắn hạn (tạm thời)

Trường hợp như biểu diễn văn nghệ, trang trí, cổ động, xét thấy đủ điều kiện cấp điện:

- Bên mua có văn bản đề nghị;
- Xác nhận của tổ quản lý khu vực;
- Làm thủ tục thanh toán trước (nếu khoán là 100%, nếu có đo đếm tạm thu trên 80% nhu cầu).

Điều 11. Tiếp nhận các thủ tục hợp đồng

- Đối với cơ quan, đơn vị hành chính sự nghiệp, cơ sở sản xuất: bộ phận quản lý hợp đồng của Sở tiếp nhận;
- Đối với sinh hoạt tư gia: chi nhánh tiếp nhận và gửi về bộ phận hợp đồng của Sở.

Điều 12. Thành phần ký hợp đồng

- Chủ thể hợp đồng hoặc người được uỷ quyền (có giấy uỷ quyền) ký vào HĐMBĐ;

- Khi thỏa thuận giữa bên mua và bên bán dự thảo hợp đồng có thể trực tiếp chủ thể hợp đồng hoặc đại diện hai bên do chủ thể hợp đồng phân công.

Điều 13. Hình thức tổ chức ký hợp đồng

- Hai bên trực tiếp bàn bạc dự thảo hợp đồng và ký hợp đồng tại chỗ khi hai bên thống nhất;

- Đại diện hai chủ thể hợp đồng trực tiếp bàn bạc, thỏa thuận dự thảo hợp đồng trước, sau đó bên mua ký trước, bên bán ký sau và làm thủ tục ban hành hợp đồng;

- Có thể dùng hình thức bên bán dự thảo hợp đồng trước và gửi đến bên mua, nếu chấp thuận bên mua ký rồi gửi lại bên bán làm thủ tục phát hành.

Điều 14. Bộ phận quản lý hợp đồng thuộc phòng kinh doanh bán điện của các Sở điện lực

- HĐMBĐ gồm hai bản chính;
- Phải được đánh số thứ tự và mã hợp đồng;
- Giao cho bên mua một bản còn một bản được lưu tại Sở điện lực;
- Vào sổ quản lý hợp đồng;
- Các bộ phận liên quan nếu cần được giao danh sách khách hàng và bản sao hợp đồng (photo) do Sở phân cấp.

Điều 15. Nhiệm vụ của bộ phận quản lý hợp đồng

1. Khi ký xong hợp đồng, lập chứng từ luân chuyển đến các bộ phận liên quan để khép kín khâu kinh doanh như: lệnh treo tháo công tơ, mở tờ ghi chữ, tờ ngân khoản, tờ nợ để lập hóa đơn, thu tiền, theo dõi nợ...

2. Hàng ngày nhận những yêu cầu thay đổi của hộ mua điện và làm đầy đủ thủ tục thay đổi, bổ sung hợp đồng, trình lãnh đạo ký và làm thủ tục luân chuyển đến các bộ phận như (1).

3. Hàng tháng, quý, năm phải theo dõi tăng giảm từng loại hợp đồng, tổng hợp báo cáo tăng giảm như quy định hiện hành.

4. Đề xuất những vấn đề về quản lý hợp đồng, theo dõi hợp đồng, tham mưu giám đốc khi có tranh chấp về hợp đồng.

5. Đề xuất việc kiểm tra những vi phạm của cấp dưới, của bên bán điện sai hợp đồng, hoặc bán điện chưa có hợp đồng.

6. Khi các hợp đồng hết hạn:

- Phải lập kế hoạch ký lại hợp đồng kịp thời.

- Chuẩn bị các điều kiện cần thiết đảm bảo cho việc ký hợp đồng;

- Mời hộ mua điện về ký hợp đồng hoặc gửi dự thảo hợp đồng đến hộ mua điện như Điều 13 quy định.

7. Lệnh đóng/ cắt điện liên quan đến ký hợp đồng.

Điều 16. Đóng điện và cắt điện liên quan đến ký hợp đồng.

1. Đối với hộ mua điện mới sau khi đã có HĐMBĐ:

- Bộ phận hợp đồng làm thủ tục treo công tơ chuyển cho bộ phận tháo lắp công tơ (nếu chưa có công tơ);

- Căn cứ biên bản nghiệm thu hệ thống đo đếm, đảm bảo điều kiện kinh doanh theo quy định của ngành điện, làm thủ tục đóng điện, trình giám đốc ký chuyển cho bộ phận đóng điện được phân cấp.

2. Đối với hộ mua điện ngắn hạn làm như trên nhưng phải lưu ý trường hợp nào phải thanh toán trước như Điều 10 quy định làm thủ tục đóng/cắt điện.

3. Đối với hộ đang mua điện hợp đồng cũ đã hết hạn, hai bên không thỏa thuận được việc gia hạn hoặc ký lại hợp đồng thì bộ phận quản lý hợp đồng làm thủ tục ngừng bán điện trình chủ thể hợp đồng ký. Trường hợp hộ trọng điểm, cơ quan Nhà nước thì phải báo cáo công ty, Bộ trưởng Bộ Năng lượng quyết định.

Điều 17. Những vướng mắc, tranh chấp trong quá trình thực hiện hợp đồng, hai bên cần tổ chức hiệp thương, hòa giải trực tiếp để duy trì mối quan hệ bình thường giữa mua và bán. Nếu hòa giải không xong phải báo cáo cơ quan quản lý cấp trên giải quyết tiếp, cần thiết phải chuyển hồ sơ sang cơ quan, tòa án kinh tế giải quyết theo quy định của pháp luật.

Điều 18. Hồ sơ tài liệu cần thiết cho một vụ tranh chấp

- Một văn bản khởi kiện (đơn);
- Một hợp đồng mua bán điện;
- Biên bản về sự cố, những biên bản họp giữa hai bên;
- Những sổ sách, chứng từ, hóa đơn... trong quá trình thực hiện hợp đồng có liên quan đến nội dung tranh chấp.

Điều 19. Các bên phải cùng nhau thanh lý hợp đồng trong trường hợp:

- Hợp đồng được thực hiện xong;
- Thời hạn có hiệu lực của hợp đồng đã hết và không có sự thỏa thuận kéo dài thời hạn đó;
- Hợp đồng bị đình chỉ hoặc hủy bỏ;
- Khi hợp đồng không tiếp tục thực hiện theo quy định tại đoạn 2, đoạn 3 Điều 24 hoặc Điều 25 của Pháp lệnh hợp đồng ngày 25/9/1989.

Điều 20. Thủ tục thanh lý hợp đồng

- Biên bản thanh lý hợp đồng có nội dung thống nhất (in sẵn);
- Hai bên chủ thể hợp đồng trực tiếp quyết toán thanh lý hợp đồng;
- Thành phần và hình thức áp dụng như khi ký hợp đồng (Điều 8, Điều 9, quy định);
- Nền thanh lý hợp đồng cùng lúc với việc ký lại hợp đồng...

Điều 21. Trường hợp không thanh lý được hợp đồng do bên mua phá sản, hay bỏ chạy:

a) Phải làm thủ tục truy đòi gửi cơ quan chủ quản của bên bán, trọng tài kinh tế, tòa án... yêu cầu xử lý theo luật định;

b) Trường hợp còn nợ không có khả năng thanh toán phải làm đầy đủ hồ sơ xác nhận nợ kèm hóa đơn tiền điện, hợp đồng mua bán điện, có văn bản đề nghị Hội đồng thanh lý nợ giải quyết theo chế độ hiện hành.

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Ngày ... tháng ... năm

HỢP ĐỒNG MUA BÁN ĐIỆN SINH HOẠT

- Căn cứ vào Pháp lệnh hợp đồng dân sự ngày 07/5/1991 của Hội đồng Nhà nước.
- Căn cứ vào Nghị định 80-HĐBT ngày 19/7/1983 của Hội đồng Bộ trưởng nay là Chính phủ ban hành điều lệ cung ứng, sử dụng điện và các văn bản hiện hành.
- Căn cứ vào các văn bản hiện hành.

Chúng tôi:

1. Một bên là điện lực (bên bán điện)

Đại diện là ông, bà chức vụ

Địa chỉ

Tài khoản tại ngân hàng

Điện thoại số

2. Một bên là ông, bà chức vụ

Đại diện cho bên mua điện

Địa chỉ

Số CMT ngày cấp nơi cấp

Đại diện cho hộ

Cùng nhau thỏa thuận ký hợp đồng mua bán điện theo những điều khoản dưới đây:

Điều 1: Điện lực nhận bán cho ông, bà để sử dụng các nhu cầu điện sinh hoạt của hộ qua công tơ pha, đặt tại

Công tơ này là tài sản của đã được điện lực kiểm định và có đủ kẹp chì tại, chì booc, để trong hòm bảo vệ có niêm phong

Điều 2: Điện năng được bán theo biểu giá hiện hành của Nhà nước. Khi Nhà nước thay đổi giá bán điện hai bên có trách nhiệm chấp hành và cùng thực hiện.

Điều 3: Trách nhiệm của bên bán điện:

- Đảm bảo cấp điện ổn định (trừ trường hợp sự cố đột xuất).
- Ghi chỉ số công tơ đảm bảo đúng chu kỳ vào ngày ... ± 1 ngày hàng tháng (khi thay đổi ngày ghi số công tơ phải thông báo cho bên mua điện biết).
- Khi bên mua điện báo mất điện phải cử người đến xem xét và sửa chữa kịp thời đúng hẹn, khi sửa chữa xong phải lấy chữ ký xác nhận của bên mua điện.
- Tổ chức tiếp nhận và trả lời đầy đủ những thắc mắc, khiếu nại về thanh toán tiền điện... của bên mua điện.

Điều 4: Bên mua điện có trách nhiệm:

- Sử dụng điện đúng công suất theo văn bản đề nghị.
- Sử dụng điện an toàn, hợp lý và chịu trách nhiệm quản lý nhánh dây sau công tơ.
- Thanh toán tiền điện hàng tháng đầy đủ, kịp thời, sau 3 lần đòi tiền điện, bên mua không trả bên bán điện sẽ ngừng cung cấp điện và chỉ cấp lại khi bên mua đã trả đủ tiền điện và chi phí đóng cắt điện.
- Không được dùng điện vào kinh doanh dịch vụ và sản xuất (ký hợp đồng riêng).
- Không tự ý cấp điện cho các hộ khác (không có trong hợp đồng).
- Khi không mua điện nữa phải thông báo cho bên bán điện trước 10 ngày và phải cử đại diện đến bên bán điện để làm thủ tục thanh lý hợp đồng. Khi chủ cũ chuyển nhượng chỗ ở, nếu không làm thủ tục thì chủ nhà mới phải chịu trách nhiệm kế thừa thanh toán tiền điện do chủ cũ để lại.
- Khi phát hiện đồng hồ đếm điện chạy sai, bên mua phải báo ngay cho bên bán điện để kiểm tra, trong thời gian chờ giải quyết, bên mua điện không được trì hoãn việc thanh toán tiền điện theo đồng hồ đếm điện đã ghi được.
- Tạo điều kiện thuận lợi cho bên bán điện kiểm tra việc sử dụng điện.

Điều 5: Điều khoản khác:

Điều 6: Hợp đồng mua bán điện này có hiệu lực từ ngày ký và có giá trị trong 5 năm và được lập thành hai bản chính.

- Bên bán điện giữ một bản.
- Bên mua điện giữ một bản.
- Khi cần thiết gửi các cơ quan, các bên sao gửi.

BÊN MUA ĐIỆN
(Ký tên, đóng dấu)

BÊN BÁN ĐIỆN
(Ký tên, đóng dấu)

Câu hỏi

1. Hãy cho biết thời gian yêu cầu kiểm tra định kỳ, bất thường và các hạng mục phải kiểm tra trong vận hành và chăm sóc bảo dưỡng lưới điện hạ áp. Cách thức xử lý tình huống khi phát hiện các hỏng hóc sự cố.
2. Hãy cho biết thời gian yêu cầu kiểm tra định kỳ, bất thường và các hạng mục phải kiểm tra trong vận hành và chăm sóc bảo dưỡng trạm biến áp. Cách thức xử lý tình huống khi phát hiện các hỏng hóc sự cố.
3. Nêu các nguyên tắc và đặc điểm lựa chọn cấp chính xác và dải đo thiết bị đo lường chỉ báo điện, số lượng và vị trí lắp đặt thiết bị đo.
4. Cho biết các sơ đồ kiểm tra trạng thái cách điện, so sánh các đặc điểm và chỉ ra công dụng của chúng.
5. Hãy cho biết nội dung cơ bản của hóa đơn và bảng kê hóa đơn thanh toán tiền điện, cách thức theo dõi sổ sách thanh toán tiền điện, cách tính tiền điện.
6. Các nguyên tắc tài chính công khai, quản lý sổ sách hóa đơn chứng từ, hạch toán điện năng và tính tổn thất thực tế.
7. Cho biết các hạng mục tổng hợp doanh thu kinh doanh điện và các nội dung điều khoản thực hiện ký hợp đồng và quản lý hợp đồng mua bán điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Chối, Bùi Tín Hữu, Nguyễn Tiến Tôn - *Khí cụ điện* - NXB Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội, 2002.
2. Butzko I.A, M.C.Levin - *Cung cấp điện cho sản xuất nông nghiệp và khu dân cư nông thôn* - NXB Công nghiệp nông nghiệp. Matxcova, 1985.
3. Ganev Kh - *Chiếu sáng và chiếu xạ trong sản xuất nông nghiệp* - Rute, 1981.
4. Ivanov A.A - *Cẩm nang kỹ thuật điện* - NXB Đại học Kiev, 1984.
5. Trần Mạnh Hùng, Nguyễn Đình Lục và cộng sự - *Triển khai công nghệ chế tạo máy phân loại hạt, xử lý hạt trước khi gieo bằng điện trường cao áp và tạo khí ozon bảo quản hạt thóc giống, nông sản* - Đề tài KHCN cấp Nhà nước KC 04-14. Hà Nội, 1995.
6. Phan Đăng Khải - *Giáo trình Kỹ thuật lắp điện* - NXB Giáo dục. Hà Nội, 2002.
7. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh - *Giáo trình Kỹ thuật điện* - NXB Giáo dục. Hà Nội, 2002.
8. Lê Văn Doanh, Phạm Văn Chối và cộng sự - *Bảo dưỡng và thử nghiệm thiết bị trong hệ thống điện* - NXB Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội, 2002.
9. Vũ Quang Hồi - *Giáo trình Kỹ thuật điều khiển động cơ điện* - NXB Giáo dục. Hà Nội, 2002.
10. Rudolf Lappe - *Điện tử công suất* - NXB Năng lượng nguyên tử. Matxcova, 1987.
11. Fedorova A.A - *Cẩm nang cung cấp và thiết bị điện*. Tập I và II - NXB Năng lượng nguyên tử. Matxcova, 1986.
12. Kaganov I.L - *Thiết kế đồ án môn học* - NXB Bông lúa vàng. Matxcova, 1970.
13. *Swiching, Protection and Distribution in Low - Voltage Networks*. Siemens Publicis NCD Verlag - Murnich, 1994.

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Lời nói đầu</i>	5
Phần một. TRUYỀN ĐỘNG VÀ SỬ DỤNG ĐIỆN NĂNG TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP	7
Chương 1. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP.	7
I. Khái quát chung.....	7
II. Đặc điểm truyền động điện trong nông nghiệp.....	13
III. Động cơ điện trong sản xuất nông nghiệp.....	18
IV. Bảo vệ động cơ trong sản xuất nông nghiệp.....	19
V. Khởi động và điều chỉnh tốc độ động cơ điện.....	21
VI. Tính chọn động cơ điện.....	56
VII. Biến đổi điện.....	73
Chương 2. LẮP ĐẶT VẬN HÀNH VÀ CHĂM SÓC BẢO DƯỠNG ĐỘNG CƠ ĐIỆN	97
I. Lắp đặt động cơ điện.....	97
II. Nối đất an toàn động cơ điện.....	102
III. Vận hành, chăm sóc và bảo dưỡng động cơ điện.....	102
IV. Những sự cố thường gặp và biện pháp khắc phục.....	104
Chương 3. SỬ DỤNG ĐIỆN TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP	113
I. Sử dụng điện nhiệt trong sản xuất nông nghiệp.....	113
II. Chiếu sáng trong sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp.....	121
III. Chiếu xạ trong sản xuất nông nghiệp.....	154
IV. Dây chuyển chế biến hạt.....	159
V. Các phương pháp mới sử dụng điện năng trong nông nghiệp.....	163
Chương 4. CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP	181
I. Chất lượng điện năng và các yếu tố ảnh hưởng.....	181
II. Các biện pháp nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng.....	189

Chương 5. BIỆN PHÁP AN TOÀN ĐIỆN TRONG LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP...	196
I. Nối đất an toàn.....	196
II. Thiết bị cảnh báo an toàn điện.....	204
III. Những phương tiện, dụng cụ cần thiết an toàn điện và tổ chức vận hành an toàn điện.....	207
IV. Biện pháp tổ chức.....	214
Phần hai. QUẢN LÝ VÀ VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP NÔNG THÔN....	217
Chương 6. MÁY VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP...	217
I. Khái quát về hệ thống và mạng lưới cung cấp điện.....	217
II. Máy biến áp động lực.....	225
III. Biến áp đo lường.....	235
IV. Cột, xà, sứ và các phụ kiện của mạng lưới điện.....	241
V. Khí cụ điện hạ áp.....	253
VI. Cơ cấu chấp hành.....	291
VII. Bảo vệ chống sét cho thiết bị điện nông nghiệp.....	294
VIII. Nhà máy điện và trạm biến áp.....	309
Chương 7. TÍNH CHỌN VÀ LẮP ĐẶT CÁC PHẦN TỬ LƯỚI ĐIỆN NÔNG THÔN.....	319
I. Phân loại mạng lưới cung cấp điện.....	319
II. Tính chọn các thiết bị điện trong lưới điện hạ áp.....	323
III. Lắp đặt mạng lưới điện trên không điện áp đến 35kV.....	353
IV. Kỹ thuật thi công đường dây điện trên không.....	358
V. Lắp đặt đường dây cáp điện.....	373
VI. Tính chọn dây dẫn và thiết bị cáp điện trong gian sản xuất.....	386
Chương 8. QUẢN LÝ VÀ VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP NÔNG THÔN..	395
I. Vận hành và chăm sóc lưới điện hạ áp.....	395
II. Thiết bị đo điện và kiểm tra cách điện.....	400
III. Quản lý sổ sách chứng từ và hợp đồng mua bán điện.....	403
Tài liệu tham khảo.....	416

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỔNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916, 8257063 - FAX: (04) 8257063

GIÁO TRÌNH
**SỬ DỤNG VÀ QUẢN LÝ THIẾT BỊ ĐIỆN
TRONG MẠNG ĐIỆN NÔNG NGHIỆP**
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Chịu trách nhiệm xuất bản:
NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập:
TRƯƠNG ĐỨC HÙNG

Bìa:
VĂN SÁNG

Trình bày - Kỹ thuật vi tính:
HÀ SƠN

Sửa bản in:
LÊ XUÂN THỌ
ĐỒNG THỊ VÂN

In 650 cuốn, khổ 17 x 24 cm tại Công ty In Khoa học Kỹ thuật.
Số in: 271. Giấy phép XB số: 151GT/592 CXB cấp ngày 26/4/2005.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 8 năm 2005.

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2005
KHOİ TRƯỜNG TRUNG HỌC NÔNG NGHIỆP

1. TRỒNG TRỌT CƠ BẢN
2. DI TRUYỀN VÀ CHỌN GIỐNG CÂY TRỒNG
3. KỸ THUẬT TRỒNG RAU
4. KỸ THUẬT TRỒNG CÂY ĂN QUẢ
5. KỸ THUẬT TRỒNG HOA CÂY CẢNH
6. SINH LÝ THỰC VẬT
7. THỔ NHƯỠNG, NÔNG HÓA
8. BẢO VỆ THỰC VẬT
9. ĐĂNG KÝ VÀ THỐNG KÊ ĐẤT ĐAI
10. QUẢN LÝ HỆ THỐNG THỦY NÔNG
11. ĐẤT VÀ BẢO VỆ ĐẤT
12. ĐO ĐẠC ĐỊA CHÍNH
13. QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ ĐẤT ĐAI
14. CHĂN NUÔI THÚ Y CƠ BẢN
15. CHĂN NUÔI LỢN
16. CHĂN NUÔI TRÂU BÒ
17. PHÁP LỆNH THÚ Y VÀ KIỂM NGHIỆM SẢN PHẨM VẬT NUÔI
18. DINH DƯỠNG VÀ THỨC ĂN VẬT NUÔI
19. VỆ SINH VẬT NUÔI
20. DƯỠC LÝ THÚ Y
21. GIẢI PHẪU SINH LÝ VẬT NUÔI
22. KÝ SINH TRÙNG THÚ Y
23. KINH TẾ NÔNG NGHIỆP
24. AN TOÀN LAO ĐỘNG
25. MÁY VÀ THIẾT BỊ NÔNG NGHIỆP
26. SỬ DỤNG VÀ QUẢN LÝ THIẾT BỊ ĐIỆN
27. CƠ HỌC KỸ THUẬT
28. KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG VÀ DUNG SAI LẮP GHÉP
29. VẼ KỸ THUẬT CƠ KHÍ
30. GIA CÔNG CƠ KHÍ
31. CẤU TẠO VÀ SỬ CHỮA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG
32. VẬT LIỆU KỸ THUẬT
33. NHIÊN LIỆU DẦU MỠ

10155713



8 935075 1904392

Giá: 54.500đ