

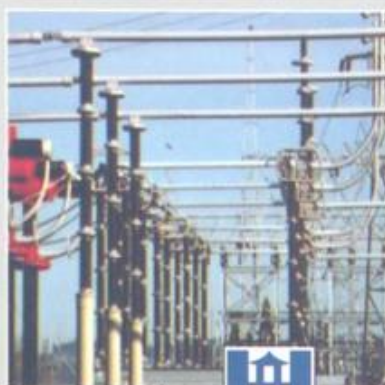


SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Cung cấp điện

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

TRẦN THỊ HÀ

GIÁO TRÌNH **CUNG CẤP ĐIỆN**

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

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, Ủy ban 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

Bài mở đầu

Trong sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước, công nghiệp điện lực giữ một vai trò đặc biệt quan trọng, vì điện năng là nguồn năng lượng được sử dụng rộng rãi nhất trong các ngành kinh tế quốc dân.

Hiểu theo nghĩa rộng, hệ thống cung cấp điện bao gồm các khâu phát điện, truyền tải và phân phối điện năng. Tuy nhiên trong giới hạn môn học, hệ thống cung cấp điện được trình bày trong giáo trình này chỉ là hệ thống làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng cho một khu vực nhất định là các xí nghiệp công nghiệp. Nguồn của hệ thống cung cấp điện này được lấy từ hệ thống điện quốc gia.

Giáo trình *Cung cấp điện* nhằm mục đích cung cấp những kiến thức cơ bản về hệ thống điện cho đối tượng là học sinh các trường trung học chuyên nghiệp.

Nội dung của giáo trình được biên soạn với thời gian 75 tiết; gồm 9 chương:

Chương 1: Những vấn đề chung về cung cấp điện

Chương 2: Tính toán phụ tải điện

Chương 3: Mạng điện xí nghiệp

Chương 4: Trạm biến áp

Chương 5: Tính toán điện

Chương 6: Tính chọn các phần tử hạ áp trong hệ thống cung cấp điện

Chương 7: Bảo vệ hệ thống cung cấp điện

Chương 8: Chiếu sáng công nghiệp

Chương 9: Nâng cao hệ số công suất trong xí nghiệp công nghiệp

Phần cuối của giáo trình là *Phụ lục* giúp học sinh tra cứu các thông số kỹ thuật cần thiết.

Sau khi kết thúc môn học, học sinh phải làm một đồ án môn học, thiết kế hệ thống cung cấp điện cho một xí nghiệp công nghiệp loại vừa và nhỏ. Chính vì vậy, ngoài việc cung cấp những kiến thức về mặt lý thuyết, giáo trình còn đưa ra những ví dụ, áp dụng những kiến thức lý thuyết đã học vào việc thiết kế, tính chọn các phần tử có dòng điện chạy qua ở mạng hạ áp của hệ thống cung cấp điện, để học sinh có thể hoàn thành được nhiệm vụ của đồ án đề ra và có thể vận dụng các kiến thức đã học vào thực tế.

Chương 1

NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ CUNG CẤP ĐIỆN

Mục tiêu

- Hiểu được quá trình sản xuất điện năng.
- Phân loại được các hộ tiêu thụ điện.
- Nắm được các yêu cầu cơ bản và các bước khi thiết kế một hệ thống cung cấp điện.

Nội dung tóm tắt

- Ba dạng nguồn điện cơ bản: nhà máy nhiệt điện, nhà máy thủy điện, nhà máy điện nguyên tử.
- Ba loại hộ tiêu thụ điện: loại 1, 2, 3.

I. ĐẶC ĐIỂM CỦA QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT VÀ PHÂN PHỐI ĐIỆN NĂNG

1. Đặc điểm

Năng lượng điện hay còn được gọi là điện năng, hiện nay là một dạng năng lượng rất quan trọng và rất phổ biến. Sản lượng điện hàng năm ngày càng tăng cùng với sự gia tăng nhanh chóng của các thiết bị sử dụng điện. Sở dĩ điện năng được sử dụng rộng rãi như vậy là do điện năng có những đặc điểm sau:

- Điện năng là một dạng năng lượng dễ chuyển thành các dạng năng lượng khác như cơ năng, hoá năng, nhiệt năng...
- Điện năng dễ truyền tải đi xa mà hiệu suất lại cao.
- Điện năng là một dạng năng lượng không tích trữ được (trừ một vài trường hợp đặc biệt như pin hoặc ắc quy nhưng công suất lại nhỏ). Chính vì vậy mà ta phải luôn luôn cân bằng giữa điện năng sản xuất ra với điện năng tiêu thụ, kể cả những tổn thất do truyền tải điện.
- Quá trình về điện xảy ra rất nhanh, vì thế nó đòi hỏi phải sử dụng các thiết bị tự động hoá trong quá trình vận hành, điều khiển, điều độ, bảo vệ...
- Ngành công nghiệp điện lực có quan hệ chặt chẽ với các ngành kinh tế

quốc dân khác nên việc phát triển công nghiệp điện lực phải được cân đối với các ngành kinh tế khác trong một quốc gia.

2. Các dạng nguồn điện

Hiện nay, nhà máy nhiệt điện và nhà máy thủy điện vẫn là những nguồn điện chính sản xuất ra điện trên thế giới cho dù sự phát triển của nhà máy điện nguyên tử ngày càng gia tăng.

2.1. Nhà máy nhiệt điện

Nhà máy nhiệt điện chiếm một tỷ lệ rất quan trọng trong các dạng nguồn điện, mặc dù nó là một dạng nguồn điện kinh điển nhất.

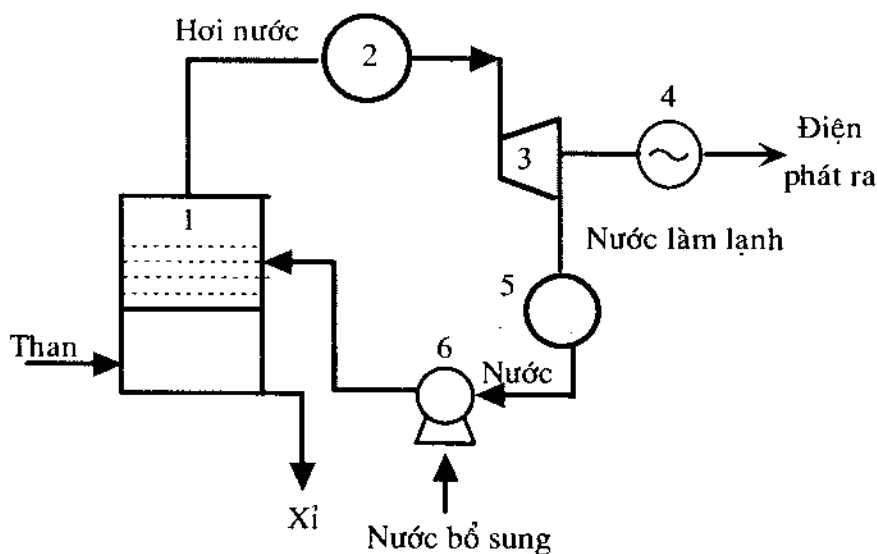
Ở nhà máy nhiệt điện, sự biến đổi năng lượng được thực hiện theo nguyên lý:

- Nhiệt năng (của than) → Cơ năng (tuốc bin) → Điện năng (máy phát điện). Đây là nhà máy nhiệt điện chạy bằng than.

- Nhiệt năng (của khí gas) → Cơ năng (tuốc bin khí) → Điện năng (máy phát điện). Đây là nhà máy nhiệt điện chạy bằng khí.

- Nhiệt năng (của dầu) → Cơ năng (động cơ điêzen) → Điện năng (máy phát điện). Đây là nhà máy nhiệt điện điêzen.

Sơ đồ khối thể hiện quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy nhiệt điện được trình bày như sau:



Hình 1.1: Nhà máy nhiệt điện

Trong đó:

1. Buồng đốt.
2. Bình tích hơi (Bao hơi).
3. Tuốc bin.
4. Máy phát điện.
5. Bình ngưng.
6. Máy bơm nước tuần hoàn.

Than đá được cho vào máy nghiền than để chuyển các loại than đá, than cục thành than cám; sau đó đưa vào buồng đốt để đốt cháy, đun sôi nước ở bao hơi. Hơi nước được tạo ra từ bao hơi có nhiệt độ và áp suất cao (khoảng 500°C và $130 - 240 \text{ kG/cm}^2$) được dẫn đến tuốc bin để làm quay cánh tuốc bin với tốc độ lớn (khoảng 3000v/ph). Do trục của tuốc bin được nối với trục của máy phát điện nên máy phát điện sẽ làm việc và phát ra điện.

Sau khi ra khỏi tuốc bin, hơi nước sẽ bị giảm áp suất và nhiệt độ (khoảng 40°C và $0,3 - 0,4 \text{ kG/cm}^2$) nên được đưa đến bình ngưng (5) để chuyển thành nước nhờ quá trình trao đổi nhiệt. Lượng nước này cùng với nước được bơm vào nhờ máy bơm nước tuần hoàn được đưa trở lại bao hơi.

Hiện nay ở nước ta, do có trữ lượng than lớn nên đã xây dựng được các nhà máy nhiệt điện như nhà máy nhiệt điện Phả Lại 1 (400MW); nhà máy nhiệt điện Phả Lại 2 (600MW); nhà máy nhiệt điện Uông Bí (300MW); nhà máy nhiệt điện Phú Mỹ 1 (900MW); nhà máy nhiệt điện Phú Mỹ 2 (600MW)...

** Đặc điểm của nhà máy nhiệt điện:*

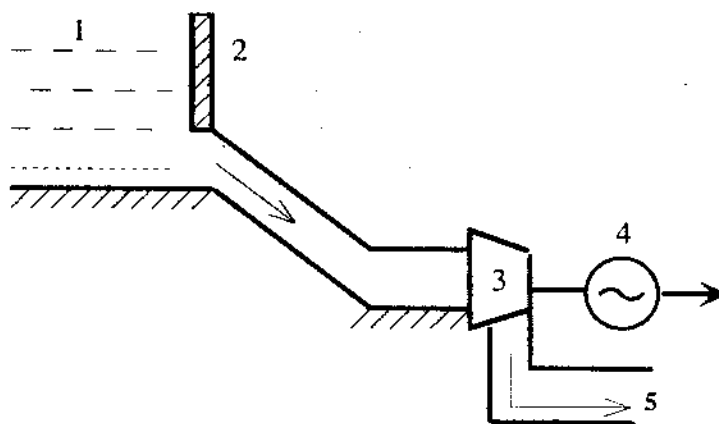
- Thường được xây dựng ở những nơi có trữ lượng than lớn để giảm chi phí vận chuyển than.
- Tính linh hoạt trong vận hành kém. Quá trình khởi động và tăng phụ tải chậm.
- Hiệu suất thấp $\eta = 30\% - 40\%$.
- Do trữ lượng than sẽ giảm dần nên công suất điện do các nhà máy nhiệt điện cung cấp cũng sẽ giảm.
- Gây ô nhiễm môi trường.

2.2. Nhà máy thủy điện

Quá trình biến đổi năng lượng trong nhà máy thủy điện:

Thủy năng (của cột nước) \rightarrow Cơ năng (tuốc bin nước) \rightarrow Điện năng (máy phát điện).

Sơ đồ khối thể hiện quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy thủy điện được trình bày như sau:



Hình 1.2: Nhà máy thủy điện

Trong đó:

1. Sông hoặc suối.
2. Đập ngăn nước để tạo lưu lượng nước lớn.
3. Tuốc bin.
4. Máy phát điện.
5. Nước thải chảy tiếp ra sông.

Đại đa số các nhà máy thủy điện đều có hồ chứa nước. Nhờ có đập ngăn nước 2 để tạo lưu lượng nước lớn chảy qua cống vào tuốc bin thủy lực làm quay máy phát điện. Nước từ các cánh động của tuốc bin chảy tiếp ra sông hoặc suối.

Nhà máy thủy điện là một công trình thủy lợi nhằm sử dụng năng lượng của dòng nước. Ở miền Bắc nước ta có nhà máy thủy điện Hoà Bình (1920MW); nhà máy thủy điện Thác Bà (108MW); nhà máy thủy điện Yaly (720MW). Miền Nam có nhà máy thủy điện Trị An (400MW); nhà máy thủy điện Vĩnh Sơn, Đa Nhim...

** Đặc điểm của nhà máy thủy điện :*

- Giá thành điện năng sau khi sản xuất ra rẻ hơn nhiều so với nhiệt điện.
- Hiệu suất cao hơn, có thể đạt tới hơn 80%.
- Mức độ tự động hoá của nhà máy thủy điện dễ dàng thực hiện hơn nên có thể mở máy nhanh hơn, đáp ứng kịp thời với tình thế khó khăn của hệ thống điện.

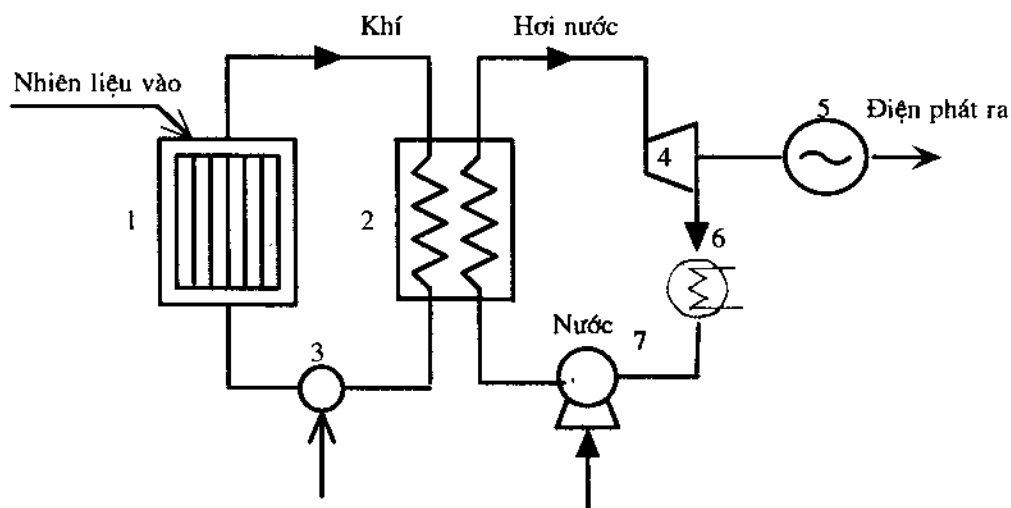
- Do không có khâu bảo quản và xử lý nhiên liệu nên ít xảy ra sự cố hơn nhà máy nhiệt điện.
- Thời gian sử dụng lâu hơn.
- Không gây ô nhiễm môi trường.
- Phục vụ cho thủy lợi, cải thiện môi trường, tiện lợi cho giao thông đường thủy.
- Sản lượng điện phụ thuộc nhiều vào thiên nhiên.
- Vốn đầu tư xây lắp ban đầu lớn hơn nhiệt điện (chủ yếu phụ thuộc vào các công trình đập chắn, hồ chứa nước...).

2.3. Nhà máy điện nguyên tử

Nguyên tắc biến đổi năng lượng ở nhà máy điện nguyên tử cũng giống như nhà máy nhiệt điện:

Nhiệt năng (lấy từ quá trình phân huỷ hạt nhân) → Cơ năng → Điện năng.

Sơ đồ khối thể hiện quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy điện nguyên tử được trình bày như sau:



Hình 1.3: Nhà máy điện nguyên tử

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Lò phản ứng hạt nhân. | 2. Buồng trao đổi nhiệt. |
| 3. Bơm cung cấp không khí. | 4. Tuốc bin. |
| 5. Máy phát điện. | 6. Bình ngưng. |
| 7. Bơm nước tuần hoàn. | |

Trong nhà máy điện nguyên tử, nhiệt năng được lấy từ quá trình phân huỷ hạt nhân (Urani-235; Plutôni-239...) đốt nóng nước trong buồng trao đổi nhiệt thành hơi nước để làm quay tuốc bin.

** Đặc điểm của nhà máy điện nguyên tử:*

- Mặc dù vốn đầu tư ban đầu cao nhưng có thể đặt gần trung tâm phụ tải nên giảm được tổn thất điện năng do truyền tải.

- Độ tin cậy cung cấp điện cao.

- Chỉ cần một lượng chất phóng xạ nhỏ (khoảng 1kg) có thể có một nhà máy có công suất 100MW.

- Mức độ nguy hiểm lớn do sử dụng nguồn phóng xạ. Vì thế, lò phản ứng phải có tường bê tông bao xung quanh dày từ 1,5m đến 2m và công nhân vận hành phải có các trang bị phòng hộ đặc biệt.

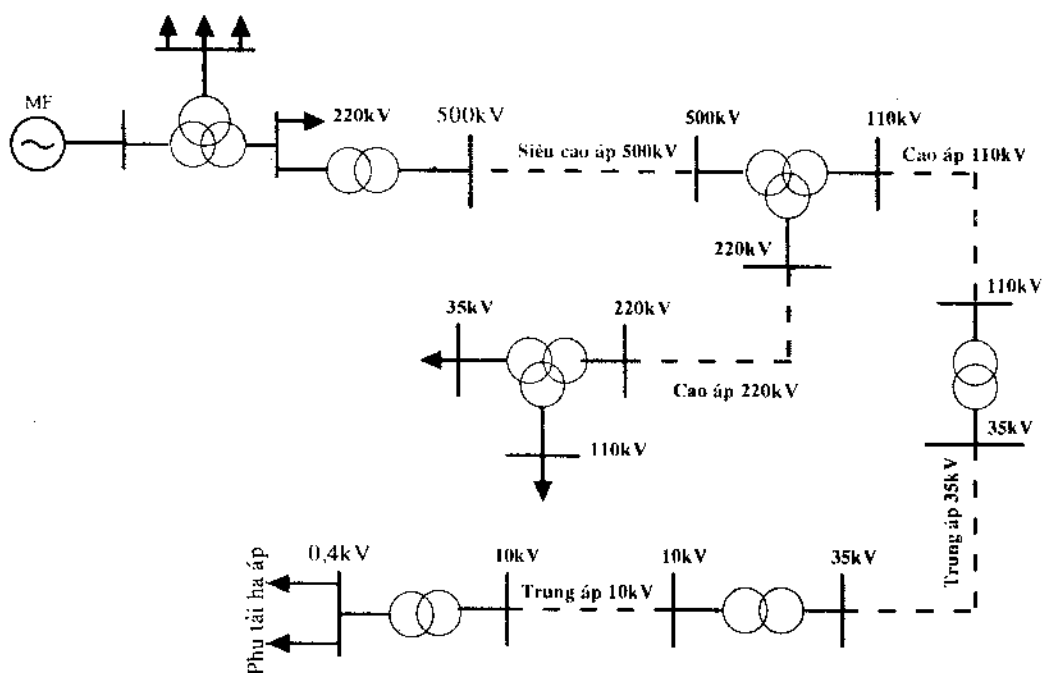
Ngày nay, do trữ lượng than đá và nước cạn dần nên nhiều nước trên thế giới có xu hướng sử dụng điện nguyên tử. Theo kế hoạch phát triển của nước Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam, dự kiến đến năm 2010 sẽ xây dựng nhà máy điện nguyên tử.

3. Khái niệm về hệ thống điện

Điện năng sau khi sản xuất ra tại nhà máy điện sẽ được truyền tải, phân phối đến các hộ tiêu thụ điện nhờ mạng lưới điện hay còn gọi là hệ thống điện (HTĐ). Hệ thống điện gồm các khâu phát điện, truyền tải, phân phối và sử dụng. Điện áp phát ra của các máy phát điện thường là 6kV, 10,5kV hay 15,7kV được đưa đến thanh cái chính của nhà máy điện. Sau đó điện áp được nâng lên nhờ trạm biến áp tăng áp đến 35kV, 110kV; 220kV hoặc 500kV. Đường dây cao áp truyền tải điện năng đi xa và đưa đến các trạm biến áp hạ áp.

Trạm biến áp hạ áp sẽ hạ điện áp xuống 15kV hay 10kV, 6kV. Công suất điện này được đưa đến các trạm phân phối hạ áp hoặc các trạm biến áp hạ áp, nơi tiêu thụ điện để giảm xuống điện áp 0,4kV.

Cấp điện áp định mức của đường dây càng cao khi công suất truyền tải lớn và đường dây càng dài nhằm giảm tổn thất điện năng. Tuy nhiên, nếu cấp điện áp lớn sẽ đòi hỏi những biện pháp chặt chẽ về an toàn cho người và thiết bị.



Hình 1.4: Sơ đồ nguyên lý một hệ thống điện đơn giản

II. HỘ TIÊU THỤ ĐIỆN

Điện năng, sau khi được sản xuất ra từ các nhà máy điện, sẽ được truyền tải và phân phối đến các hộ tiêu thụ điện (phụ tải điện) nhờ hệ thống mạng lưới điện.

1. Tính chất hộ tiêu thụ điện

Hộ tiêu thụ điện là một bộ phận quan trọng trong hệ thống cung cấp điện, nhằm biến đổi điện năng thành dạng năng lượng khác để sử dụng trong sản xuất hoặc trong sinh hoạt.

Phân loại một cách đúng đắn hộ tiêu thụ điện là một trong những chỉ tiêu cơ bản để lựa chọn hợp lý sơ đồ cung cấp điện. Khi xác định phụ tải tính toán, ta nên tiến hành phân loại phụ tải theo hộ tiêu thụ điện để có cách nhìn đúng đắn về phụ tải điện và có những ưu tiên cần thiết. Để xác định loại hộ tiêu thụ điện năng của các ngành sản xuất khác nhau, ta cần nghiên cứu về các đặc điểm, yêu cầu và những nét đặc thù của ngành đó.

2. Phân loại hộ tiêu thụ điện

2.1. Theo tầm quan trọng trong nền kinh tế và xã hội

- Hộ tiêu thụ điện loại 1:

Đây là những hộ tiêu thụ mà khi bị sự cố ngừng cung cấp điện sẽ gây ra những thiệt hại lớn về mặt kinh tế, đe dọa tính mạng con người hoặc có ảnh hưởng lớn về chính trị.

Ví dụ: Xí nghiệp luyện kim, hoá chất, hầm lò; nhà Quốc hội, Chính phủ...

Vì vậy, hộ tiêu thụ điện loại 1 phải được thiết kế cung cấp điện với độ tin cậy cao; thường dùng hai hoặc ba nguồn cung cấp; hai đường dây dự phòng... nhằm hạn chế đến mức thấp nhất thời gian mất điện.

Thời gian mất điện của hộ tiêu thụ điện loại 1 chỉ tính bằng thời gian tự động đóng nguồn dự trữ.

- Hộ tiêu thụ điện loại 2:

Đây là những hộ tiêu thụ điện tuy quan trọng, nhưng nếu bị sự cố ngừng cung cấp điện thì chỉ dẫn đến những thiệt hại về kinh tế do hư hỏng sản phẩm; lãng phí nhân công lao động...

Ví dụ: Các phân xưởng cơ khí, công nghiệp nhẹ...

Phương án cung cấp điện cho hộ tiêu thụ điện loại 2, có hoặc không có nguồn dự phòng, đường dây đơn hay kép... phải dựa trên kết quả so sánh giữa vốn đầu tư phải tăng thêm với giá trị thiệt hại kinh tế do ngừng cung cấp điện gây ra.

Đối với hộ tiêu thụ loại 2, thời gian ngừng cung cấp điện cho phép được tính bằng thời gian đóng nguồn dự trữ bằng tay.

- Hộ tiêu thụ điện loại 3:

Là những hộ tiêu thụ điện cho phép cung cấp điện với mức độ tin cậy thấp; nghĩa là cho phép mất điện trong thời gian thay thế hay sửa chữa sự cố.

Thời gian mất điện thường không quá 24 giờ.

Ví dụ: Phân xưởng phụ, nhà kho, khu nhà ở...

Phương án cung cấp điện cho hộ tiêu thụ loại 3 có thể dùng một nguồn, với đường dây một lộ.

2.2. Theo điện áp và tần số

- Hộ tiêu thụ điện áp xoay chiều 3 pha.

- Hộ tiêu thụ điện áp xoay chiều một pha.
- Hộ tiêu thụ điện áp một chiều.
- Hộ tiêu thụ điện áp hạ áp ($\leq 1000V$).
- Hộ tiêu thụ điện áp cao áp ($> 1000V$).
- Hộ tiêu thụ điện với tần số công nghiệp $f = 50Hz$.
- Hộ tiêu thụ điện với tần số $f \neq 50 Hz$.

2.3. Theo chế độ làm việc

- Hộ tiêu thụ điện có chế độ làm việc dài hạn: Là hộ tiêu thụ điện có phụ tải không thay đổi hoặc biến đổi rất ít. Khi đó, các thiết bị có thể làm việc lâu dài mà nhiệt độ của thiết bị không vượt quá trị số cho phép. Ví dụ: máy bơm, quạt gió...

- Hộ tiêu thụ điện có chế độ làm việc ngắn hạn : Là hộ tiêu thụ mà thời gian làm việc không đủ dài để nhiệt độ thiết bị đạt đến giá trị nhiệt độ cho phép. Ví dụ: các động cơ phụ của các máy cắt gọt kim loại; động cơ đóng cửa mở van thủy lực...

- Hộ tiêu thụ điện có chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại: Là hộ tiêu thụ làm việc theo chu kỳ: thời gian làm việc ngắn hạn xen kẽ với thời gian nghỉ ngắn hạn. Ví dụ: máy nâng vận chuyển; máy hàn...

III. YÊU CẦU VÀ CÁC BƯỚC KHI THIẾT KẾ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Mục tiêu cơ bản của nhiệm vụ khi thiết kế một hệ thống cung cấp điện là phải đảm bảo các hộ tiêu thụ điện có đủ lượng điện năng theo yêu cầu với chất lượng điện tốt.

1. Những yêu cầu khi thiết kế một hệ thống cung cấp điện

- Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện: Độ tin cậy cung cấp điện tùy thuộc vào hộ tiêu thụ thuộc loại nào. Trong điều kiện cho phép, người ta cố gắng chọn phương án cung cấp điện có độ tin cậy càng cao càng tốt.

- Đảm bảo chất lượng điện năng: Chất lượng điện năng của một hệ thống điện được đánh giá bằng hai chỉ tiêu là tần số và điện áp. Chỉ tiêu tần số do cơ quan điều khiển hệ thống điều chỉnh (chỉ có những hộ tiêu thụ điện có công suất lớn hàng MW mới cần quan tâm đến chế độ vận hành của mình sao cho hợp lý để

góp phần ổn định tần số của lưới điện). Chỉ tiêu điện áp là chỉ tiêu quan trọng mà người thiết kế phải đảm bảo cho khách hàng. Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN), đối với mạng động lực, điện áp cho phép dao động 5%; đối với mạng chiếu sáng và những nhà máy đòi hỏi chính xác, điện áp cho phép dao động 2,5%.

- Đảm bảo an toàn cung cấp điện: Hệ thống cung cấp điện phải được vận hành an toàn cho người và thiết bị. Muốn đạt được yêu cầu đó, người thiết kế phải chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý, rõ ràng để tránh nhầm lẫn trong vận hành.

- Đảm bảo kinh tế: Khi đánh giá so sánh các phương án cung cấp điện, chỉ tiêu kinh tế chỉ được xét khi các chỉ tiêu kỹ thuật phải được đảm bảo. Chỉ tiêu kinh tế được đánh giá qua tổng số vốn đầu tư, chi phí vận hành và thời gian thu hồi vốn đầu tư.

Ngoài ra khi thiết kế cũng phải chú ý đến các yêu cầu khác như: yêu cầu phát triển phụ tải trong tương lai, rút ngắn thời gian xây dựng...

2. Các bước khi thiết kế hệ thống cung cấp điện

Tuỳ quy mô của công trình lớn hay nhỏ mà các bước thiết kế có thể phân ra tỉ mỉ hoặc gộp một số bước với nhau. Nhìn chung trình tự thiết kế như sau:

Bước 1: Thu thập dữ liệu ban đầu

- Nhiệm vụ, mục đích thiết kế.
- Đặc điểm quá trình công nghệ của công trình.
- Dữ liệu về nguồn điện : công suất, khoảng cách đến các hộ tiêu thụ điện.
- Dữ liệu về phụ tải: công suất, đặc điểm công nghệ, tính chất.

Bước 2: Xác định phụ tải tính toán

- Thống kê danh mục thiết bị.
- Tính toán phụ tải động lực.
- Tính toán phụ tải chiếu sáng.

Bước 3: Tính chọn nguồn cung cấp điện (máy biến áp)

- Tính chọn dung lượng, số lượng, vị trí của trạm biến áp.

Bước 4: Thiết kế phương án cung cấp điện mạng hạ áp

- Phương án cung cấp điện từ trạm BA đến các phân xưởng.
- Phương án cung cấp điện từ tủ động lực đến các phụ tải điện.

Bước 5: Lựa chọn các thiết bị điện

- Lựa chọn dây dẫn điện.
- Lựa chọn thanh cái.

- Lựa chọn các thiết bị đóng cắt và bảo vệ.
- Lựa chọn tủ phân phối và tủ động lực.
- Lựa chọn ống bảo vệ.
- Lựa chọn máy biến điện áp và máy biến dòng...

Bước 6: Tính toán chống sét và nối đất

- Tính toán chống sét cho trạm và phân xưởng.
- Tính toán nối đất bảo vệ.





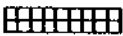
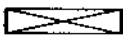

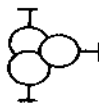





Bước 7: Tính toán tiết kiệm điện và nâng cao hệ số công suất

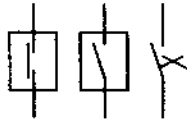




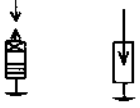
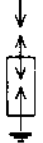



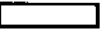



- Các phương pháp tiết kiệm điện và nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp tự nhiên.
- Nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp nhân tạo.












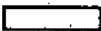







Bước 8: Tính toán thiết kế chiếu sáng chung

- Lựa chọn phương án bố trí đèn chiếu sáng.
- Tính chọn công suất, số lượng bóng đèn.

3. Các ký hiệu dùng trong cung cấp điện

TT	Thiết bị điện	Kí hiệu trên bản vẽ
1	Máy phát điện	 
2	Trạm biến áp	 
3	Trạm phân phối	 
4	MBA 2 cuộn dây, 3 cuộn dây	 
5	MBA đo lường	 
6	Máy biến dòng	  

7	Máy cắt điện	
8	Cầu dao	
9	Aptomát	
10	Cầu chì	
11	Cầu chì tự rơi	
12	Chống sét van	
13	Chống sét ống	
14	Tụ điện bù	
15	Tủ phân phối	
16	Tủ động lực	
17	Tủ chiếu sáng	
18	Thanh cái, thanh góp	
19	Dây dẫn	
20	Đường dây cáp	

21	Động cơ điện	 
22	Khởi động từ	
23	Đèn sợi đốt	
24	Đèn tuýp	
25	Ổ cắm, phích cắm	 
26	Công tắc đơn, công tắc kép	 
27	Quạt điện	 
28	Bảng điện	 
29	Nối đất	 
30	Đồng hồ ampe, vôn	 
31	Công tơ hữu công, vô công	 

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy so sánh ba dạng nguồn điện cơ bản.
2. Phân tích các yêu cầu cơ bản khi thiết kế một hệ thống cung cấp điện.
3. Phân tích tầm quan trọng và nêu nguyên tắc trong việc phân loại hộ tiêu thụ điện.

Chương 2

TÍNH TOÁN PHỤ TẢI ĐIỆN

Mục tiêu

- Xác định được phụ tải tính toán cho một nhà máy sửa chữa cơ khí loại vừa và nhỏ.

Nội dung tóm tắt

- Có 4 phương pháp xác định phụ tải tính toán, trong đó xác định phụ tải tính toán theo phương pháp "số thiết bị hiệu quả" là chính xác nhất.
- Theo phương pháp "số thiết bị hiệu quả" công suất tác dụng tính toán được tính theo công thức:

$$P_{tt} = K_{mux} \cdot K_{sd} \cdot \sum_{i=1}^n P_{dmi}$$

- Trung tâm phụ tải của phân xưởng là giao điểm của 2 đường chéo phân xưởng; trung tâm phụ tải của nhà máy được xác định theo 3 tọa độ X, Y, Z.

I. Ý NGHĨA CỦA VIỆC TÍNH TOÁN PHỤ TẢI ĐIỆN

Khi thiết kế cung cấp điện cho một công trình nào đó, nhiệm vụ đầu tiên và quan trọng nhất là phải xác định phụ tải điện của công trình đó. Tùy theo quy mô của công trình mà phụ tải điện phải được xác định theo phụ tải thực tế và quy mô phát triển trong tương lai 5 hay 10 năm. Như vậy, xác định phụ tải điện là bài toán dự báo phụ tải điện của công trình ngay sau khi công trình đi vào vận hành. Phụ tải đó được gọi là phụ tải tính toán (PTTT).

PTTT là một số liệu quan trọng để thiết kế hệ thống cung cấp điện. Biết PTTT để chọn các thiết bị như máy biến áp, dây dẫn, các thiết bị đóng cắt, bảo vệ...

Việc xác định PTTT chính xác là việc làm khó vì đó là một thông số phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: công suất, số lượng máy, chế độ vận hành, trình độ vận hành của công nhân...

Nếu xác định PTTT nhỏ hơn phụ tải điện thực tế thì sẽ làm giảm tuổi thọ của thiết bị, có khi dẫn tới nổ cháy thiết bị, rất nguy hiểm. Nếu xác định lớn hơn phụ tải điện thực tế thì sẽ tăng vốn đầu tư, gây lãng phí, không đảm bảo yêu cầu kinh tế.

II. CÁC HỆ SỐ VÀ ĐẠI LƯỢNG DÙNG TRONG CUNG CẤP ĐIỆN

1. Công suất định mức (P_{dm})

P_{dm} của một thiết bị là công suất ghi trong lý lịch máy hoặc trên nhãn máy. Đối với động cơ, P_{dm} là công suất cơ trên trục động cơ.

2. Công suất đặt (P_d)

P_d là công suất đầu vào của động cơ. Có công thức:

$$P_d = P_{dm} / \eta$$

Trong đó:

η : Hiệu suất của động cơ.

- Đối với những động cơ có hiệu suất cao thì có thể cho $P_d = P_{dm}$.

- Đối với thiết bị chiếu sáng, P_d là thông số ghi trên đèn khi điện áp đặt lên đèn là định mức.

- Đối với động cơ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại như cầu trục, P_d phải là công suất đã được quy đổi về chế độ làm việc dài hạn:

$$P_d = P_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon\%}$$

Trong đó:

$\varepsilon\%$: Hệ số đóng điện tương đối (hệ số tiếp điện)

- Đối với máy biến áp hàn, công suất đặt phải là công suất đã quy đổi về chế độ làm việc dài hạn và là công suất tác dụng:

$$P_d = S_{dm} \cdot \cos\varphi_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon\%}$$

Trong đó:

S_{dm} : Công suất toàn phần của máy biến áp hàn (kVA) (ghi trong lý lịch máy).

$\cos\varphi_{dm}$: Hệ số công suất của thiết bị.

3. Phụ tải trung bình (P_{tb})

P_{tb} là một đặc trưng tính của phụ tải trong một khoảng thời gian.

Q_{tb} là căn cứ để đánh giá giới hạn dưới của PTTT; nó cho ta biết mức độ sử dụng thiết bị trong thời gian khảo sát.

$$P_{tb} = A_p / t ; Q_{tb} = A_Q / t$$

Trong đó:

A_p và A_Q : Điện năng tiêu thụ trong thời gian khảo sát (kWh ; kVarh).

t : Thời gian khảo sát (h).

4. Phụ tải cực đại (P_{max})

Được chia làm hai nhóm:

- P_{max} là phụ tải trung bình lớn nhất tính trong thời gian ngắn (5; 10; 30 phút) ứng với ca phụ tải lớn nhất trong ngày.

P_{max} là thông số để tính chọn thanh cái, dây dẫn, dây cáp theo điều kiện mật độ dòng điện kinh tế.

- Phụ tải đỉnh nhọn (P_{dn}): Là phụ tải cực đại xuất hiện trong khoảng thời gian ngắn (1s - 2s) ứng với thời gian khởi động động cơ.

P_{dn} là thông số dùng để kiểm tra dao động điện áp, tính chọn các thiết bị bảo vệ như cầu chì, aptômát.

5. Phụ tải tính toán (P_{tt})

P_{tt} là phụ tải giả thiết lâu dài không đổi, tương đương với phụ tải thực tế (biến đổi) về mặt hiệu ứng nhiệt lớn nhất. Nói một cách khác, cũng làm nóng dây dẫn lên tới nhiệt độ bằng nhiệt độ lớn nhất do phụ tải thực tế gây ra.

Quan hệ giữa P_{tt} và các phụ tải khác được thể hiện:

$$P_{tb} \leq P_{tt} \leq P_{max}$$

6. Hệ số sử dụng (K_{sd})

K_{sd} là tỷ số giữa phụ tải tác dụng trung bình với công suất định mức của thiết bị.

K_{sd} nói lên mức độ sử dụng, khai thác thiết bị trong một chu kỳ làm việc.

$$K_{sd} = P_{tb} / P_{dm}$$

7. Hệ số phụ tải (K_{pt})

K_{pt} hay còn gọi là hệ số mang tải.

K_{pt} là hệ số giữa công suất thực tế với công suất định mức trong khoảng thời gian xét:

$$K_{pt} = P_{thực\ tế} / P_{dm}$$

8. Hệ số cực đại (K_{max})

K_{max} là tỷ số giữa P_{tt} và P_{tb} trong khoảng thời gian xét.

$$K_{max} = P_{tt} / P_{tb}$$

Hệ số cực đại thường tính với ca làm việc có phụ tải lớn nhất.

Hệ số cực đại phụ thuộc vào số thiết bị hiệu quả, hệ số sử dụng và các yếu tố đặc trưng cho chế độ làm việc của thiết bị.

9. Hệ số nhu cầu (K_{nc})

K_{nc} là tỷ số giữa P_u với P_{dm}

$$K_{nc} = P_u / P_{dm} = K_{max} \cdot K_{sd}$$

Trong thực tế, K_{nc} thường đo kinh nghiệm vận hành tổng kết lại.

10. Số thiết bị hiệu quả (n_{hq})

n_{hq} là số thiết bị giả thiết có cùng công suất và chế độ làm việc gây ra một phụ tải tính toán đúng bằng phụ tải tính toán của nhóm phụ tải thực tế.

Ý nghĩa của số thiết bị hiệu quả: Một nhóm máy bất kỳ bao gồm nhiều máy có công suất khác nhau, đặc tính kỹ thuật khác nhau, chế độ làm việc và quá trình công nghệ khác nhau nên rất khó xác định một cách chính xác phụ tải điện cho nhóm máy đó. Vì vậy, người ta phải đưa vào một đại lượng trung gian là n_{hq} nhằm giúp cho việc xác định phụ tải điện của nhóm máy đó được dễ dàng hơn mà sai số phạm phải vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

- Khi n là số thiết bị ≤ 5 :

$$n_{hq} = \sum_{i=1}^n (P_{dm\ i})^2 / \sum_{i=1}^n (P_{dm\ i})^2$$

- Khi $n > 5$ thì việc tính n_{hq} phải theo trình tự sau:

- Tính số thiết bị tương đối:

$$n^* = n_1 / n$$

- Tính công suất tương đối:

$$P^* = P_1 / P$$

Trong đó:

n : Số thiết bị.

P : Tổng công suất của n thiết bị (W - kW).

n_1 : Số thiết bị có công suất 1/2 công suất cực đại trong nhóm.

P_1 : Tổng công suất của n_1 thiết bị (W - kW).

- Sau khi tính được n^* và P^* , sử dụng bảng tra để tìm ra số thiết bị hiệu quả tương đối n_{hq}^* .

- Từ đó tính số thiết bị hiệu quả :

$$n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n$$

III. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

Hiện nay có nhiều phương pháp xác định phụ tải tính toán. Thông thường các phương pháp đơn giản, tính toán thuận tiện thường mang lại kết quả không chính xác; còn muốn có độ chính xác cao thì phương pháp tính toán lại phức tạp. Do đó, tùy theo từng giai đoạn thiết kế và yêu cầu cụ thể của phụ tải mà ta phải chọn phương pháp cho thích hợp.

Nguyên tắc chung khi tính PTTT của một hệ thống điện là tính từ thiết bị tiêu thụ điện trở về nguồn.

1. Xác định PTTT theo công suất đặt và hệ số nhu cầu

- Công suất tác dụng tính toán:

$$P_{tt} = K_{nc} \cdot \sum_{i=1}^n P_{di} \quad (W - kW)$$

- Công suất phản kháng tính toán:

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan \varphi \quad (VAr - kVAr)$$

- Công suất toàn phần tính toán:

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = \frac{P_{tt}}{\cos \varphi} \quad (VA - kVA)$$

- Dòng điện tính toán:

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} \quad (A - kA)$$

Trong đó:

$\sum_{i=1}^n P_{di}$: Tổng công suất đặt của n thiết bị. Để đơn giản trong tính toán, có thể lấy $P_d = P_{dm}$ (W - kW)

$\tan \varphi$ ứng với $\cos \varphi$, đặc trưng cho nhóm thiết bị.

$\cos \varphi$ của các thiết bị có thể lấy trên nhãn máy hoặc trong các bảng tra. Nếu $\cos \varphi$ của các thiết bị không giống nhau thì phải tính $\cos \varphi_{tb}$ của nhóm:

$$\cos \varphi_{tb} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + P_3 \cos \varphi_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots}$$

* Đặc điểm của phương pháp:

- Tính toán đơn giản, thuận tiện.
- Kém chính xác vì K_{nc} phải tra trong các sổ tay kỹ thuật nên chỉ cho kết quả gần đúng.

- Thường áp dụng cho nhóm thiết bị có cùng chế độ làm việc.

2. Xác định PTTT theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích

- Công suất tác dụng tính toán:

$$P_{tt} = P_o \cdot F \quad (W - kW)$$

- Công suất phản kháng tính toán:

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan \varphi \quad (VAr - kVAr)$$

- Công suất toàn phần tính toán:

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = \frac{P_{tt}}{\cos \varphi} \quad (VA - kVA)$$

- Dòng điện tính toán:

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} \quad (A - kA)$$

Trong đó:

P_o : Suất phụ tải trên một đơn vị sản xuất (W - kW/m²); tra trong các sổ tay kỹ thuật.

F: Diện tích khu vực sản xuất (m²).

* *Đặc điểm của phương pháp:*

- Tính toán đơn giản.
- Kém chính xác vì P_o phải tra trong các sổ tay kỹ thuật nên chỉ cho kết quả gần đúng.
- Thường áp dụng cho nhóm thiết bị có mật độ máy phân bố đều như phân xưởng dệt, may... hoặc ở các trường học có khu giảng đường, khu hành chính, ký túc xá...; những phân xưởng cần tính sơ bộ (giai đoạn dự án khả thi).

3. Xác định PTTT theo suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm

- Công suất tác dụng tính toán:

$$P_{tt} = \frac{M \cdot W_o}{T_{\max}} \quad (W - kW)$$

- Công suất phản kháng tính toán:

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan \varphi \quad (VAr - kVAr)$$

- Công suất toàn phần tính toán:

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = \frac{P_{tt}}{\cos \varphi} \quad (VA - kVA)$$

- Dòng điện tính toán:

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} \quad (\text{A} - \text{kA})$$

Trong đó:

M: Số sản phẩm sản xuất ra trong một năm (sản lượng) của nhà máy hay phân xưởng.

W_o: Suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm (Wh-kWh/sp).

T_{max}: Thời gian sử dụng công suất lớn nhất (h) → Tra bảng

* *Đặc điểm của phương pháp:*

- Tính toán đơn giản.
- Chỉ áp dụng cho các phân xưởng hay nhà máy có sản phẩm không thay đổi hoặc ít biến đổi.
- Thường áp dụng cho tính toán sơ bộ.

4. Xác định PTTT theo số thiết bị hiệu quả

- Công suất tác dụng tính toán:

$$P_{tt} = K_{max} \cdot K_{sd} \cdot \sum_{i=1}^n P_{dm i} \quad (\text{W} - \text{kW})$$

- Công suất phản kháng tính toán:

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan \varphi \quad (\text{VAr} - \text{kVAr})$$

- Công suất toàn phần tính toán:

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = \frac{P_{tt}}{\cos \varphi} \quad (\text{VA} - \text{kVA})$$

- Dòng điện tính toán:

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} \quad (\text{A} - \text{kA})$$

Trong đó:

$\sum_{i=1}^n P_{dm i}$: Tổng công suất định mức của toàn bộ n thiết bị.

K_{max}: Hệ số cực đại, phụ thuộc vào K_{sd} và n_{hq}.

K_{sd}: Hệ số sử dụng, tra các sổ tay kỹ thuật.

cosφ_{tb}: Hệ số công suất trung bình của nhóm máy.

Chú ý: trường hợp đặc biệt, có thể tính:

- Khi n ≤ 3 và n_{hq} < 4:

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{dm\ i} \quad (W - kW)$$

Trong đó:

n : Số thiết bị thực tế.

n_{hq} : Số thiết bị hiệu quả.

- Khi $n > 3$ và $n_{hq} < 4$:

$$P_{tt} = K_{pt} \cdot \sum_{i=1}^n P_{dm\ i} \quad (W - kW)$$

Trong đó:

K_{pt} và $\cos\varphi_{tb}$: Hệ số phụ tải và hệ số công suất trung bình. Nếu không có số liệu chính xác, có thể lấy:

- Phụ tải làm việc ở chế độ dài hạn:

$$K_{pt} = 0,9 ; \cos\varphi_{tb} = 0,8$$

- Phụ tải làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại:

$$K_{pt} = 0,75 ; \cos\varphi_{tb} = 0,7$$

- Khi phụ tải có chế độ làm việc lâu dài, ổn định: $K_{max} = 1$

$$P_{pt} = K_{sd} \cdot \sum_{i=1}^n P_{dm\ i} \quad (W - kW)$$

* *Đặc điểm của phương pháp:*

- Đây là phương pháp tương đối chính xác vì khi xác định số thiết bị hiệu quả là ta đã xét tới các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hệ số K_{max} như số lượng thiết bị, số thiết bị có công suất lớn, chế độ làm việc...

- Phương pháp tính toán phức tạp.

- Thường áp dụng cho những phân xưởng hay nhà máy cần tính toán, thiết kế cụ thể, chính xác (giai đoạn thiết kế chi tiết)

5. Xác định PTTT cho một số phụ tải đặc biệt

- Đối với phụ tải chiếu sáng ($P_{dm\ i}$) là thông số ghi trên bóng đèn khi điện áp nguồn là định mức. Công suất chiếu sáng chung của phân xưởng hay nhà máy thường được tính theo phương pháp “suất phụ tải chiếu sáng / đơn vị diện tích”.

$$P_{CS} = P_{0\ CS} \cdot F \quad (W - kW)$$

- Đối với phụ tải làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại (như cầu trục), P_{tt} phải là công suất đã được quy đổi về chế độ làm việc dài hạn:

$$P_{tt} = P_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon\%} \quad (W - kW)$$

Trong đó:

$\varepsilon\%$: Hệ số đóng điện tương đối (hệ số tiếp điện).

- Đối với máy biến áp hàn (công suất toàn phần và chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại) phải được quy đổi về công suất tác dụng và chế độ làm việc dài hạn:

$$P_{II} = S_{dm} \cdot \cos\varphi_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon\%}$$

Trong đó:

S_{dm} : Công suất toàn phần của MBA hàn (kVA).

- Đối với phụ tải sử dụng điện một pha: Khi tính toán thiết kế phải phân phối đều cho ba pha để tránh tình trạng làm mất cân bằng hệ thống điện. Khi đó:

- Nếu phụ tải một pha tại điểm xét có công suất $\leq 15\%$ tổng công suất 3 pha, thì công suất của các thiết bị một pha được coi như thiết bị ba pha có công suất tương đương.

- Nếu phụ tải một pha có công suất $> 15\%$ tổng công suất ba pha, thì công suất của các thiết bị 1 pha phải được tính toán quy đổi về 3 pha như sau:

Trường hợp phụ tải một pha nối vào điện áp pha của mạng:

$$P_{II} \text{ quy đổi về 3 pha} = 3 P_{I\text{pha}}$$

Trường hợp phụ tải một pha nối vào điện áp dây của mạng:

$$P_{II} \text{ quy đổi về 3 pha} = \sqrt{3} P_{I\text{pha}}$$

IV. TRÌNH TỰ XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN CỦA PHÂN XƯỞNG VÀ NHÀ MÁY

1. Chọn phương pháp xác định phụ tải tính toán

Sau khi thiết kế một hệ thống cung cấp điện, ta phải xác định chính xác phụ tải điện ở các cấp của hệ thống. Tùy theo tầm quan trọng hay tùy theo cấp hệ thống mà ta lựa chọn phương pháp xác định PTTT cho phù hợp. Có thể có các cách lựa chọn sau:

- Để xác định PTTT cho các phân xưởng, nên dùng phương pháp “số thiết bị hiệu quả” vì đây là một phương pháp tương đối chính xác.

- Để xác định phụ tải cấp cao của hệ thống (thanh cái của tủ động lực hoặc thanh cái trạm biến áp) nên sử dụng phương pháp “công suất đặt và hệ số nhu cầu”.

- Khi phụ tải phân bố đều trong phân xưởng hoặc xác định phụ tải chiếu sáng, nên áp dụng phương pháp “suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất”.

- Khi nhà máy chỉ sản xuất ra một loại sản phẩm, nên áp dụng phương pháp “suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm”.

2. Xác định PTTT của phân xưởng

Bước 1: Phân nhóm phụ tải

Mục đích của việc phân nhóm phụ tải để thuận tiện cho việc thiết kế sơ đồ cung cấp điện cho các phụ tải sau này. Phân nhóm phụ tải nên đảm bảo các nguyên tắc sau:

- Các máy đặt gần nhau nên để chung một nhóm.
- Công suất các máy trong một nhóm không nên chênh nhau quá 15kW.
- Tổng công suất các máy của các nhóm phụ tải không nên chênh nhau quá 10kW.

- Các máy cùng chủng loại, cùng công suất nên đặt cùng một nhóm.

Sau khi phân nhóm phụ tải, lập bảng tổng kết chia nhóm cho toàn phân xưởng

Bảng 2.1: Mẫu bảng tổng kết chia nhóm cho phân xưởng

TT nhóm	TT máy	Tên thiết	KH trên mặt bằng	Số lượng	P _{dm}		I _{dm}		cosφ	η %
					1 máy	Toàn bộ	1 máy	Toàn bộ		
1										
2										

Bước 2: Xác định PTTT cho từng nhóm

Nhóm 1:

- Xác định tổng số thiết bị có trong nhóm: n

- Xác định tổng công suất của n thiết bị:

$$P = \sum_{i=1}^n P_{dm_i}$$

- Xác định số thiết bị có công suất $\geq 1/2$ công suất cực đại trong nhóm: n₁

- Xác định tổng công suất của n₁ thiết bị :

$$P = \sum_{i=1}^n P_{dm_i}$$

- Tính số thiết bị tương đối:

$$n^* = n_1 / n$$

- Tính công suất tương đối:

$$P^* = P_l / P$$

- Từ n^* và P^* tra bảng tìm n_{hq}^*
- Tính số thiết bị hiệu quả:

$$n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n$$

- Dựa vào đầu bài hoặc tra bảng tìm K_{sd}
- Từ K_{sd} và n_{hq} tra bảng tìm K_{max}
- Tính $\cos \varphi_{tb}$ của nhóm máy
- Xác định PTTT của nhóm máy: P_n ; Q_n ; S_n ; I_n

Chú ý: Nếu trong nhóm có các phụ tải đặc biệt thì phải quy đổi về phụ tải 3 pha có chế độ làm việc dài hạn.

Nhóm 2: Phương pháp làm tương tự như nhóm 1.

Bước 3: Xác định PTTT toàn phân xưởng

* Phụ tải động lực:

$$P_{nDL} = K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n P_{n\text{nhóm } i} \quad (\text{W - kW})$$

$$Q_{nDL} = K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{n\text{nhóm } i} \quad (\text{VAr - kVAr})$$

$$S_{nDL} = \sqrt{P_{nDL}^2 + Q_{nDL}^2} \quad (\text{VA - kVA})$$

Trong đó:

K_{dt} : Hệ số đồng thời, xét đến tình trạng làm việc đồng thời của các nhóm thiết bị. Có thể tra bảng hoặc lấy như sau:

$$n = (2 - 4) \text{ nhóm} \rightarrow K_{dt} = 0,9 - 0,95$$

$$n = (5 - 10) \text{ nhóm} \rightarrow K_{dt} = 0,8 - 0,85$$

* Phụ tải chiếu sáng:

Vì đây là chiếu sáng chung cho toàn phân xưởng nên có thể sử dụng phương pháp “xác định PTTT theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích”.

$$P_{ttcs} = P_o \cdot S \quad (\text{W - kW})$$

$$Q_{ttcs} = P_{ttcs} \cdot \tan \varphi \quad (\text{VAr - kVAr})$$

Trong đó:

P_o : Suất phụ tải chiếu sáng/đơn vị diện tích; P_o phụ thuộc vào yêu cầu chiếu sáng cho từng phân xưởng (tra theo tiêu chuẩn).

S: Diện tích phân xưởng (m^2), đo trên thực tế hoặc tính trên bản vẽ.

$\text{tg}\varphi$: Được tính từ $\cos\varphi$.

Nếu sử dụng đèn sợi đốt thì $\cos\varphi = 1 \rightarrow \text{tg}\varphi = 0$

Nếu sử dụng đèn tuýp thì $\cos\varphi = 0,8 \rightarrow \text{tg}\varphi = 0,75$

Phụ tải tính toán toàn phân xưởng:

- Công suất tác dụng của phân xưởng:

$$P_{\text{TPX}} = P_{\text{TL}} + P_{\text{CS}} \quad (\text{W} - \text{kW})$$

- Công suất phản kháng của phân xưởng :

$$Q_{\text{TPX}} = Q_{\text{TL}} + Q_{\text{CS}} \quad (\text{VAr} - \text{kVAr})$$

- Công suất toàn phần của phân xưởng:

$$S_{\text{TPX}} = \sqrt{P_{\text{TPX}}^2 + Q_{\text{TPX}}^2} \quad (\text{VA} - \text{kVA})$$

- Dòng điện tính toán của phân xưởng :

$$I_{\text{TPX}} = \frac{S_{\text{TPX}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{dm}}} \quad (\text{A} - \text{kA})$$

- Hệ số công suất của phân xưởng:

$$\cos\varphi_{\text{PX}} = \frac{P_{\text{TPX}}}{S_{\text{TPX}}}$$

Bước 4: Xác định PTTT của các phân xưởng khác

Nếu yêu cầu tính chính xác thì tính theo phương pháp “Số thiết bị hiệu quả”, nếu không, có thể tính bằng các phương pháp khác như: “xác định PTTT theo công suất đặt và hệ số nhu cầu”.

3. Xác định PTTT toàn nhà máy (gồm n phân xưởng)

$$P_{\text{NM}} = K_{\text{dt}} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{PX}i} \quad (\text{W} - \text{kW})$$

$$Q_{\text{NM}} = K_{\text{dt}} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\text{PX}i} \quad (\text{VAr} - \text{kAVr})$$

$$S_{\text{NM}} = \sqrt{P_{\text{NM}}^2 + Q_{\text{NM}}^2} \quad (\text{VA} - \text{kVA})$$

$$I_{\text{NM}} = \frac{S_{\text{NM}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{dm}}} \quad (\text{A} - \text{kA})$$

Trong đó:

K_{dt} : Hệ số làm việc đồng thời của các phân xưởng trong nhà máy.

Nếu số phân xưởng từ 1 - 2

$$\rightarrow K_{dt} = 1$$

Nếu số phân xưởng là $3 \leq PX \leq 5$

$$\rightarrow K_{dt} = 0,85 - 0,95$$

Nếu số phân xưởng > 5

$$\rightarrow K_{dt} = 0,8$$

Bảng 2.2. Tổng kết phần xác định PTTT toàn nhà máy

PX	Nhóm	P _{tt}	Q _{tt}	S _{tt}	I _{tt}	cosφ
PX số 1	1					
	2					
	3					
PX số 2						
Nhà máy						

V. XÁC ĐỊNH TRUNG TÂM PHỤ TẢI

Trong một nhà máy hay xí nghiệp, các phân xưởng thường nằm rải rác. Vì vậy, việc thiết kế sơ đồ cung cấp điện cho nhà máy hay phân xưởng gặp không ít khó khăn. Khi thiết kế hệ thống cung cấp điện, ta phải coi các phụ tải nằm rải rác này được tập trung tại một điểm gọi là “trung tâm phụ tải”. Từ đó sẽ dễ dàng hơn cho việc thiết kế cung cấp điện.

- Đối với một phân xưởng: coi trung tâm phụ tải của phân xưởng đặt tại giao điểm hai đường chéo.

- Đối với nhà máy hay xí nghiệp: trung tâm phụ tải được xác định bằng ba tọa độ theo công thức sau:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot X_i}{\sum S_i}$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot Y_i}{\sum S_i}$$

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot Z_i}{\sum S_i}$$

Trong đó:

X_i, Y_i, Z_i : Tọa độ trung tâm phụ tải của phân xưởng thứ i được xác định trên sơ đồ mặt bằng nhà máy.

Để thuận tiện cho việc tính toán, người ta thường lấy tường bao của nhà máy để làm trục toạ độ (chú ý tỷ lệ bản vẽ).

S_i : Công suất toàn phần tính toán của phân xưởng thứ i .

Đây là phương pháp xác định trung tâm phụ tải đơn giản nhất (sai số khoảng 5%). Nó thường được dùng trong tính toán sơ bộ và đồ án môn học. Khi làm đồ án môn học, bỏ qua toạ độ Z_0 .

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy so sánh các phương pháp xác định phụ tải tính toán.
2. Phân tích phạm vi áp dụng các phương pháp xác định phụ tải tính toán.
3. Nêu công thức xác định trung tâm phụ tải của một xí nghiệp.
4. Bài tập: Xác định PTTT cho hai nhóm phụ tải sau:

Nhóm	KH	Số lượng	Uđm (V)	Pđm (kW)	Cosφ	Ghi chú
Nhóm 1	1	4	380	10	0,7	
	2	5	380	7	0,6	
	3	4	380	4,5	0,65	
	4	5	380	2,8	0,5	
	5	2	380	30 (kVA)	0,7	Một pha
Nhóm 2	1	3	380	1	0,75	
	2	2	380	4,5	0,65	
	3	5	380	3	0,7	
	4	3	380	10	0,7	
	5	2	$U_f = 220$	0,6	0,8	Quạt gió

- Máy biến áp hàn làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại có hệ số đóng điện tương đối $e \% = 25\%$.
- Các máy khác đều làm việc ở chế độ dài hạn.
- MBA hàn và quạt gió là thiết bị điện một pha.

Chương 3

MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP

Mục tiêu

- Thiết kế được sơ đồ cung cấp điện cho một phân xưởng và nhà máy cơ khí.

Nội dung tóm tắt

- Có 3 kiểu sơ đồ nối dây trong hệ thống cung cấp điện: hình tia, phân nhánh và hỗn hợp.
- Có 2 phương pháp đi dây: đi dây nổi và đi dây chìm.

I. KHÁI NIỆM CHUNG

Mạng điện xí nghiệp hay còn gọi là hệ thống cung cấp điện cho một xí nghiệp bao gồm trạm biến áp; các đường dây tải điện; các thiết bị điều khiển; thiết bị bảo vệ; tụ bù hệ số công suất; các phụ tải điện nối với nhau thành một hệ thống làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng.

Điện năng được truyền tải đến các hộ tiêu thụ điện phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Độ tin cậy cung cấp điện: Mức độ đảm bảo liên tục cung cấp điện tùy thuộc vào tính chất và yêu cầu của phụ tải.

- Chất lượng điện năng: Chất lượng điện được đánh giá qua hai chỉ tiêu là tần số và điện áp. Chỉ tiêu tần số do cơ quan điều khiển hệ thống điện quốc gia điều chỉnh. Người thiết kế phải đảm bảo chất lượng điện áp cho khách hàng. Nhìn chung, đối với mạng động lực cho phép sai số 5%; đối với mạng chiếu sáng và các phân xưởng cơ khí chính xác, sai số 2,5 %.

- An toàn: Hệ thống cung cấp điện phải được thiết kế với yêu cầu an toàn cao cho người vận hành và thiết bị; nhất là không được bỏ qua các môi trường vận hành đặc biệt nguy hiểm cho người và thiết bị.

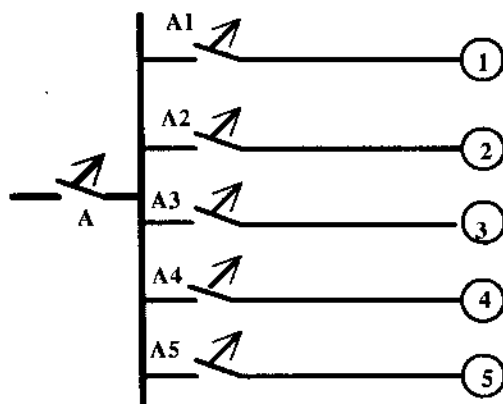
- Kinh tế: Do mỗi phương án đều có những mâu thuẫn giữa hai mặt kinh tế và kỹ thuật nên một phương án tối ưu phải là một phương án tổng hoà giữa hai yêu cầu trên, sao cho thời hạn thu hồi vốn đầu tư là nhỏ nhất.

Ngoài 4 yêu cầu trên, hệ thống cung cấp điện phải đảm bảo yêu cầu: đơn giản, dễ thi công, dễ vận hành, dễ sử dụng và có thể phát triển trong tương lai.

II. CÁC SƠ ĐỒ NỐI DÂY TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1. Sơ đồ nối dây hình tia

1.1. Sơ đồ nguyên lý



1.2. Định nghĩa

Sơ đồ nối dây hình tia là sơ đồ mà mỗi hộ tiêu thụ điện được cung cấp bằng một đường dây riêng biệt.

1.3. Đặc điểm

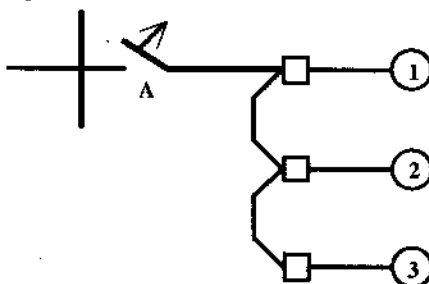
- Khi một phụ tải có sự cố phải ngừng cung cấp điện thì các phụ tải khác vẫn làm việc bình thường để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện.
- Dễ tìm, phát hiện và sửa chữa sự cố.
- Việc tính toán đường dây, các thiết bị đóng cắt, bảo vệ đơn giản.
- Khi thiết kế các đường dây phải cẩn thận, tránh chồng chéo.
- Sơ đồ đi dây không gọn, đẹp.
- Giá thành cao.

1.4. Phạm vi áp dụng

- Các phụ tải loại 1, 2.
- Các phụ tải có công suất lớn.

2. Sơ đồ nối dây hình nhánh

2.1. Sơ đồ nguyên lý



2.2. Định nghĩa

Sơ đồ nối dây hình nhánh là sơ đồ mà nhiều hộ tiêu thụ điện được cung cấp điện từ một đường dây chung.

2.3. Đặc điểm

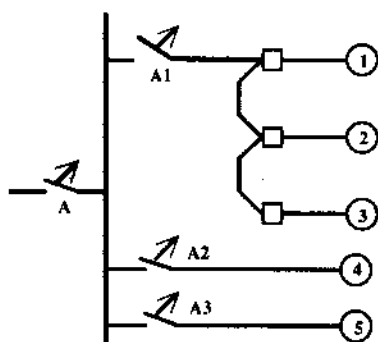
- Hạ được giá thành do phân thi công, lắp đặt đơn giản; giảm được chi phí do số lượng các thiết bị đóng cắt và bảo vệ ít hơn.
- Độ tin cậy cung cấp điện kém vì một thiết bị có sự cố, thiết bị bảo vệ cắt điện thì các thiết bị khác cũng bị ngừng cung cấp điện.
- Tìm và phát hiện sự cố mất điện khó khăn.
- Tính toán đường dây cung cấp điện và các thiết bị đóng, cắt bảo vệ phức tạp.

2.4. Phạm vi áp dụng

- Các phụ tải giống nhau về chủng loại và công suất.
- Hộ tiêu thụ loại 3.

3. Sơ đồ nối dây hỗn hợp

3.1. Sơ đồ nguyên lý



3.2. Định nghĩa

Sơ đồ nối dây hỗn hợp là sơ đồ kết hợp cả sơ đồ nối dây hình tia và phân nhánh.

3.3. Đặc điểm

Khắc phục được nhược điểm của sơ đồ nối dây hình tia và phân nhánh.

3.4. Phạm vi áp dụng

Được áp dụng cho tất cả các loại phụ tải và các loại hộ tiêu thụ điện.

III. KẾT CẤU CỦA MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP

1. Kết cấu của đường dây trên không

Đường dây trên không (thường là dây trần, không có bọc cách điện) được sử dụng rộng rãi trong mạng điện xí nghiệp vì có các ưu, nhược điểm sau:

- Vốn đầu tư ít hơn so với mạng cáp.
- Dễ thi công.
- Dễ tìm và phát hiện, sửa chữa sự cố.
- Không đảm bảo mỹ thuật.
- Mức độ an toàn không cao.

Những bộ phận cơ bản của đường dây trên không là: dây dẫn, cột điện, xà ngang, sứ cách điện; ngoài ra còn có các linh kiện phụ như: dây néo, quả tạ chống rung...

1.1. Dây dẫn

Dây dẫn điện dùng trong đường dây trên không thường là dây đồng, nhôm, nhôm lõi thép và dây thép.

Yêu cầu cơ bản đối với dây dẫn là dẫn điện tốt và bền.

- Dây đồng là loại dây dẫn điện tốt nhất. Tuy nhiên do giá thành cao nên dây đồng thường chỉ được dùng ở những xí nghiệp hoá chất có chứa nhiều khí ăn mòn hay các công trình quan trọng như quân sự...

- Dây nhôm tuy không dẫn điện tốt như đồng (khoảng 70%) và không được bền bằng dây đồng, nhưng do giá thành rẻ hơn nên vẫn được dùng rộng rãi. Ở những đường dây có điện áp cao hay có khoảng vượt lớn, người ta thường dùng dây nhôm có nhiều sợi bện lại với nhau và có lõi thép để tăng độ bền cho dây.

- Dây thép dẫn điện kém nhất nhưng do bền và rẻ nên được dùng ở những nơi không quan trọng hoặc ở mạng điện nông thôn.

Để đảm bảo an toàn về độ bền cơ học của dây trong các hệ thống cung cấp điện, tùy thuộc vào đặc điểm vị trí của tuyến đường dây hay tính chất hộ tiêu thụ điện mà nhà nước quy định về vật liệu và đường kính nhỏ nhất cho phép của dây.

1.2. Cột điện

Thường dùng 3 loại cột chính sau:

- Cột sắt thép:

+ Chịu lực tốt nên có thể làm cột cao trong những đường dây phải vượt sông, vượt đường cái, vượt đường sắt...

+ Do có thể chế tạo được từng bộ phận nên rất thuận tiện khi phải chuyên chở đi xa hay vào những nơi không thuận tiện cho giao thông.

+ Giá thành cao, chi phí bảo quản lớn nên những chi tiết ở trên cao hay xà ngang treo sứ thường làm bằng thép không gỉ.

+ Không cách điện.

- Cột bê tông cốt thép:

Cột vuông (cột chữ H) có chiều dài 7,5m hay 8,5m (kí hiệu H7,5; H8,5); và cột ly tâm (cột tròn) có chiều dài 10m, 12m và các đế cột 10m, 12m được nối với nhau bằng móng sông hay mặt bích (kí hiệu LT10; LT12...).

+ Tuổi thọ cao.

+ Chịu lực tốt và bền.

+ Giá thành rẻ hơn cột thép.

+ Nặng nên khó khăn trong việc vận chuyển đi xa.

- Cột gỗ, tre:

+ Do gỗ hay tre làm cột điện phải qua khâu xử lý, sơn tẩm cách điện và chống mối mọt nên cách điện tốt.

+ Giá thành rẻ.

+ Tuổi thọ thấp nên chỉ dùng ở nông thôn hay những đường dây tạm thời. Để tăng tuổi thọ có thể làm chân cột bằng thép hay bê tông cốt thép.

1.3. Xà ngang

Dùng để đỡ sứ cách điện và tạo khoảng cách giữa các đường dây.

Xà ngang thường làm bằng thép; kích thước phụ thuộc vào cấp điện áp của đường dây; có khoan sẵn các lỗ để bắt sứ (thường từ 0,3m - 0,4m với đường dây hạ áp).

1.4. Sứ cách điện

Sứ cách điện là bộ phận quan trọng để cách điện giữa dây và bộ phận không mang điện. Sứ cách điện thường có hai loại: sứ đứng và sứ chuỗi.

Sứ đứng thường dùng cho hệ thống điện áp hạ áp; còn sứ chuỗi dùng cho hệ thống điện cao áp.

Sứ cách điện phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Độ cách điện cao.
- Chịu được điện áp đường dây khi bình thường hoặc khi quá điện áp vì sét.
- Chịu được lực kéo.
- Chịu được sự biến đổi của môi trường (không bị nứt, rạn, vỡ).

2. Kết cấu của đường dây điện ngầm

Đường dây điện ngầm là những đường dây đặt ngầm dưới đất (cách mặt đất ít nhất từ 0,5m - 0,7m) còn gọi là đường dây cáp.

Đường dây điện ngầm có các đặc điểm sau:

- Có cấu tạo chắc chắn, lại được đặt dưới đất nên tránh được va đập cơ khí, tránh được ảnh hưởng trực tiếp của môi trường nên tuổi thọ cao.
- Điện kháng của cáp nhỏ hơn đường dây trên không nên giảm được tổn thất điện áp và tổn thất công suất.
- Đảm bảo mỹ quan, không ảnh hưởng đến giao thông.
- Giá thành đắt (gấp 2,5 lần đường dây trên không có cùng tiết diện).
- Khó phát hiện và sửa chữa sự cố.
- Khó khăn khi cần rẽ nhánh.

3. Kết cấu của mạng điện phân xưởng

Mạng điện phân xưởng thường dùng các loại sau: dây trần, dây bọc cách điện, cáp, thanh cái, thanh cái kiểu hộp.

3.1. Dây trần, dây bọc cách điện

- Dây trần, dây bọc cách điện đi trong phân xưởng đều phải đặt trên sứ cách điện và đảm bảo khoảng cách an toàn sau:

+ Chiều cao từ mặt đất đến dây $\geq 3,5\text{m}$. Nếu trong phân xưởng không có hàng cổng kênh và các vật lớn thì có thể giảm xuống 2,5m.

+ Khoảng cách từ dây dẫn điện đến vật có nối đất $\geq 0,5\text{m}$.

+ Khoảng cách từ dây dẫn điện đến thiết bị làm việc thường xuyên phải bảo đảm $\geq 1,5\text{m}$; đến các thiết bị không thường xuyên bảo đảm $\geq 1\text{m}$.

+ Khoảng cách giữa các dây pha phải theo quy định cụ thể.

- Dây có vỏ bọc cách điện có thể được treo trên dây thép hoặc đặt trong ống ghen.

3.2. Cáp

Cáp trong mạng điện phân xưởng thường dùng cáp cách điện cao su. Loại cáp này có thể đặt dọc theo tường, xà nhà hay đặt trong các rãnh cáp. Do không có đầu cách điện nên việc thực hiện rẽ nhánh cáp đơn giản.

3.3. Thanh cái

Ở các phân xưởng có mật độ phụ tải lớn và phân bố đều dọc theo tường, môi trường ít bụi, người ta có thể dùng thanh cái làm dây dẫn điện.

Thanh cái này được đặt cao, dọc theo tường phân xưởng, sơn màu theo thứ tự pha (A - B - C: Vàng - Xanh - Đỏ) và từ đó nối đến các đường dây đặt trong ống dẫn đến các tủ động lực; từ tủ động lực dẫn đến máy sản xuất.

3.4. Thanh cái kiểu hộp

Loại thanh cái này được bọc kín đặt trong hộp sắt, treo trên các giá cách mặt đất 2,5m đến 3,5m. Mỗi thanh cái dài 3m; cứ cách 0,8m lại có một hộp nối dây gồm có đầu cắm, cầu chì và dây dẫn nối đến các máy sản xuất.

Do thanh cái kiểu hộp được chế tạo sẵn nên việc lắp ráp nhanh, dễ thay đổi vị trí, an toàn, gọn đẹp.

Câu hỏi ôn tập

1. Nêu các yêu cầu cơ bản và so sánh sơ đồ nối dây hình tia, phân nhánh và hỗn hợp của mạng điện xí nghiệp.

2. Phân tích ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng của đường dây trên không và mạng cáp.

Chương 4

TRẠM BIẾN ÁP

Mục tiêu

- Tính chọn được vị trí, số lượng, dung lượng trạm biến áp cho một xí nghiệp công nghiệp loại vừa và nhỏ.

Nội dung tóm tắt

- Chọn dung lượng máy biến áp theo điều kiện phát nóng:

$$S_{dm, MBA} \geq S_{II}$$

- Vị trí đặt trạm biến áp: nên đặt tại trung tâm phụ tải.

- Quy trình vận hành trạm: đóng điện từ nguồn về tải; cắt điện từ tải về nguồn.

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ TRẠM BIẾN ÁP

Trạm biến áp là một trong những phần tử quan trọng của hệ thống cung cấp điện.

Trạm biến áp dùng để biến đổi điện năng từ cấp điện áp này đến cấp điện áp khác.

Dung lượng (công suất) của trạm biến áp, vị trí, số lượng và phương thức vận hành của các trạm biến áp có ảnh hưởng rất lớn đến các chỉ tiêu kỹ thuật - kinh tế của hệ thống cung cấp điện. Nó phụ thuộc vào phụ tải mà nó cấp điện, cấp điện áp của hệ thống, phương thức vận hành... Vì thế, việc tính chọn trạm biến áp phải gắn liền với việc lựa chọn phương án cung cấp điện của hệ thống và nó phải xét tới nhiều vấn đề khác có liên quan.

Trạm biến áp được phân loại như sau:

1. Phân loại theo nhiệm vụ

- Trạm biến áp trung gian (trạm biến áp chính): Có nhiệm vụ biến đổi điện áp của hệ thống cao áp 35kV đến 220kV thành cấp điện áp trung áp 10kV hay 6kV.

- Trạm biến áp phân xưởng (trạm biến áp phân phối): Có nhiệm vụ biến đổi điện áp trung áp xuống cấp điện áp 0,4kV phù hợp với các thiết bị điện.

2. Phân loại theo vị trí

* Trạm biến áp ngoài trời có các thiết bị điện như: dao cách ly, máy cắt điện, máy biến áp.. đều được đặt ngoài trời. Riêng phần phân phối phía điện áp thấp thì đặt trong nhà. Trạm biến áp treo trên cột điện cũng thuộc loại trạm biến áp ngoài trời.

Trạm biến áp ngoài trời có đặc điểm:

- + Điều kiện làm mát tốt.
- + Giảm được kinh phí xây dựng, nên được khuyến khích áp dụng cho những trạm biến áp trung gian có công suất lớn và những nơi có điều kiện về mặt bằng.
- + Các thiết bị chịu ảnh hưởng của thời tiết nên phải thường xuyên kiểm tra, bảo dưỡng.

- Trạm biến áp trong nhà: Tất cả các thiết bị điện và máy biến áp đều đặt trong nhà.

Trạm biến áp trong nhà có đặc điểm:

- + Các thiết bị điện tránh được ảnh hưởng trực tiếp của môi trường nên có tuổi thọ cao.
- + Thuận tiện cho công nhân vận hành.
- + Giá thành cao.
- + Trạm biến áp trong nhà thường dùng cho các trạm biến áp phân xưởng hoặc trạm biến áp trong thành phố.

II. CHỌN VỊ TRÍ, SỐ LƯỢNG, DUNG LƯỢNG TRẠM BIẾN ÁP

1. Chọn vị trí trạm biến áp

Một trong những công việc của người thiết kế hệ thống cung cấp điện là phải chọn được vị trí hợp lý để đặt trạm biến áp.

Vị trí của các trạm biến áp phải đảm bảo yêu cầu sau:

- An toàn và liên tục cung cấp điện.
- Gần trung tâm phụ tải, thuận tiện cho nguồn cung cấp điện đưa đến.
- Thuận tiện cho lắp đặt, vận hành, kiểm tra, quản lý...
- Thông gió, phòng nổ, phòng cháy, chống bụi và khí ăn mòn tốt. Vì thế, không nên xây cửa trạm biến áp quay về hướng tây.
- Vốn đầu tư, chi phí vận hành, sửa chữa, quản lý thấp.

Ngoài ra, việc quyết định chọn vị trí đặt trạm biến áp còn phải tùy thuộc vào yêu cầu công nghệ của nhà máy, khả năng đầu tư, điều kiện về mặt bằng, giao thông. Tuy nhiên, cần lưu ý đến đường dây đưa vào trạm, thường là đường dây cao áp có yêu cầu không được xây dựng bất cứ một công trình nào bên dưới.

2. Xác định số lượng máy biến áp

Số lượng máy biến áp được xác định theo các tiêu chuẩn kỹ thuật và kinh tế sau:

- Tính chất quan trọng của phụ tải: Với phụ tải loại 1 không được phép mất điện, phải đặt 2 máy biến áp; với phụ tải loại 2 thường đặt 1 máy biến áp và 1 máy dự phòng; với phụ tải loại 3 chỉ cần đặt 1 máy biến áp.
- Mức độ tập trung hay phân tán phụ tải trong xí nghiệp.
- Khả năng kinh tế của xí nghiệp: vốn đầu tư, chi phí vận hành hàng năm.
- Sự phát triển của phụ tải trong tương lai.

Theo kinh nghiệm thực tế, không nên chọn quá nhiều máy biến áp để giảm chi phí bảo quản, bảo dưỡng máy biến áp (nên chọn số máy ≤ 3)

3. Xác định dung lượng trạm biến áp

Khi xác định dung lượng trạm hay máy biến áp, nhất thiết phải tính toán, so sánh về mặt kỹ thuật và kinh tế. Trong thực tế, có nhiều phương pháp xác định dung lượng trạm biến áp; mỗi trạm có những ưu, nhược điểm riêng. Tuy nhiên, khi xác định dung lượng trạm, phải đảm bảo các nguyên tắc sau:

- Hệ số phụ tải của máy biến áp phải nằm trong phạm vi cho phép:

$$K_{PT} = \frac{S_{TT}}{S_{dmMBA}} \cdot 100\%$$

Trong đó:

S_{TT} : công suất tính toán toàn phần của phụ tải (kVA)

S_{dmMBA} : Dung lượng định mức máy biến áp (kVA)

Căn cứ vào hệ số phụ tải của máy biến áp ta có:

MBA làm việc ở chế độ tối ưu: nếu $85\% \leq K_{PT} < 100\%$

MBA làm việc ở chế độ quá tải: nếu $K_{PT} > 100\%$

MBA làm việc ở chế độ non tải: nếu $K_{PT} < 85\%$

- Dung lượng các máy biến áp trong cùng một xí nghiệp nên đồng nhất (ít chủng loại) để giảm chủng loại thiết bị dự trữ trong kho và thuận tiện trong việc bảo quản, bảo dưỡng, sửa chữa.

- Sơ đồ nối dây của trạm nên đơn giản và đồng nhất.

- Phải chú ý đến sự phát triển trong tương lai của xí nghiệp.

Sau khi xác định được phụ tải tính toán phía thứ cấp của trạm biến áp, trong đó có chú ý đến sự phát triển của phụ tải trong tương lai và cân nhắc đến những yêu cầu nguyên tắc kể trên, ta có thể xác định được dung lượng trạm biến áp.

** Xác định dung lượng máy biến áp theo điều kiện phát nóng (hay khả năng quá tải cho phép):*

Một máy biến áp được thiết kế chế tạo với tuổi thọ từ 17 - 20 năm phải đảm bảo các yêu cầu cơ bản như: nhiệt độ khi vận hành khoảng 70°C - 80°C ; lớp dầu vận hành phía trên 90°C ; nhiệt độ phát nóng cục bộ cho phép lớn hơn nhiệt độ phát nóng trung bình 15°C .

- Nếu nhiệt độ vận hành của MBA là 105°C thì tuổi thọ còn 7 năm.

- Nếu nhiệt độ vận hành của MBA là 130°C thì tuổi thọ còn 2 năm.

- Nếu nhiệt độ vận hành của MBA là 170°C thì tuổi thọ chỉ còn 10 đến 12 ngày.

Công thức tính chọn máy biến áp theo điều kiện phát nóng:

+ Trạm có 1 máy biến áp:

$$S_{dm\ BA} \geq S_{tt}$$

+ Trạm có 2 máy biến áp:

$$S_{dm\ BA} \geq S_{tt} / 1,4$$

Trong đó:

$S_{dm\ BA}$: Công suất định mức của máy biến áp (kVA)

S_{tt} : Công suất toàn phần tính toán (kVA)

1,4 là hệ số quá tải. Nó phụ thuộc vào thời gian quá tải của MBA. Lấy 1,4 là ứng với điều kiện: quá tải không quá 5 ngày 5 đêm, mỗi ngày không quá 6 giờ. Nếu không thoả mãn điều kiện đó thì phải tra đường cong để tìm hệ số quá tải, hoặc không cho máy biến áp làm việc quá tải.

Tuy nhiên, máy biến áp rất ít khi xảy ra sự cố. Nếu như trong xí nghiệp có cả phụ tải loại 1 và phụ tải loại 3 thì khi một máy biến áp bị sự cố, máy biến áp còn lại chỉ cần cung cấp điện cho phụ tải loại 1. Như vậy, ta sẽ chọn được

máy biến áp có dung lượng nhỏ hơn, hợp lý hơn. Công thức tính chọn công suất cho 1 máy biến áp trong trường hợp này là:

$$S_{dmMBA} \geq \frac{S_{mPT1}}{1,4}$$

III. ĐO LƯỜNG, VẬN HÀNH VÀ KIỂM TRA TRẠM BIẾN ÁP

1. Đo lường trong trạm biến áp

Các đồng hồ đo lường và kiểm tra trong trạm biến áp và trạm phân phối dùng để quan sát tình trạng vận hành của thiết bị điện. Vì thế, các đồng hồ đo phải được đặt ở những vị trí để nhân viên trực ban dễ quan sát nhất.

- Nếu trạm có nhân viên trực ban thường xuyên thì các đồng hồ đo nên tập trung trên bảng điện.

- Nếu trạm không có nhân viên trực ban thì nên đặt các đồng hồ đo ở tủ phân phối hay tủ động lực. Các đồng hồ đo thường được đặt ở phía hạ áp, gồm các loại sau:

- + Đồng hồ đo dòng điện (Ampe kế).
- + Đồng hồ đo điện áp (Vôn kế).
- + Đồng hồ đo công suất tác dụng (Watt kế).
- + Đồng hồ đo công suất phản kháng.
- + Đồng hồ đo hệ số công suất ($\cos\phi$).
- + Đồng hồ đo tần số (Tần số kế).
- + Đồng hồ đo điện năng tiêu thụ (Công tơ điện).

Để đảm bảo an toàn cho công nhân vận hành và các nhân viên trực ban trong trạm biến áp, phải hạn chế đến mức thấp nhất việc sử dụng các đồng hồ đo trực tiếp. Nên sử dụng các máy biến điện áp và máy biến dòng để cung cấp nguồn cho các đồng hồ đo.

2. Vận hành trạm biến áp

Thiết kế và vận hành trạm biến áp có quan hệ mật thiết với nhau.

Người vận hành trạm biến áp phải chấp hành đầy đủ các quy trình đã tính toán trong thiết kế để phát huy hết các ưu điểm của phương án thiết kế và tận dụng được hết khả năng của thiết bị.

Nếu người vận hành thực hành sai thao tác, không đúng thứ tự sẽ gây ra tai nạn cho con người, làm hư hỏng thiết bị và sẽ làm gián đoạn việc cung cấp điện cho các phụ tải.

Trình tự thao tác phải đảm bảo nguyên tắc:

- Đóng điện: Đóng từ nguồn về phía tải.
- Cắt điện: Cắt từ tải trở về phía nguồn.

3. Kiểm tra trạm biến áp

3.1. Kiểm tra thường xuyên

Đối với trạm thường xuyên có công nhân trực, cứ 30 phút hoặc 60 phút một lần, công nhân phải kiểm tra phụ tải của máy biến áp và ghi lại các trị số của đồng hồ đo vào sổ trực ban.

3.2. Kiểm tra định kỳ

Máy biến áp có công suất $> 1800\text{kVA}$: 10 ngày kiểm tra 1 lần.

Máy biến áp có công suất $\leq 1800\text{kVA}$: mỗi tháng kiểm tra một lần.

Nội dung kiểm tra:

- Kiểm tra mức dầu ở ống chỉ mức dầu của máy biến áp.
- Kiểm tra màu sắc của dầu máy biến áp theo sự biến màu của hạt hút ẩm.
- Kiểm tra nhiệt độ của dầu theo nhiệt kế ($t^{\circ} \leq 80^{\circ}\text{C}$).
- Kiểm tra các sứ cách điện của máy biến áp.
- Kiểm tra tiếng kêu của máy biến áp.
- Kiểm tra hệ thống thông gió, quạt làm mát cho máy biến áp.
- Kiểm tra tình trạng nhà cửa, ánh sáng...

Câu hỏi ôn tập

1. Phân tích và nêu các yêu cầu khi tính chọn vị trí, số lượng, dung lượng trạm biến áp.
2. Nêu và phân tích quy trình vận hành trạm biến áp.
3. Tính chọn trạm biến áp cung cấp điện cho khu vực mở rộng gồm 3 phân xưởng của một nhà máy cơ khí. Công suất của 3 phân xưởng:
Phân xưởng 1: $S_1 = 209 + j 196 \text{ (kVA)}$.
Phân xưởng 2: $S_2 = 277 + j 254 \text{ (kVA)}$.
Phân xưởng 3: $S_3 = 179 + j 158 \text{ (kVA)}$.

Chương 5

TÍNH TOÁN ĐIỆN

Mục tiêu

- Tính toán được các loại tổn thất trong hệ thống cung cấp điện.

Nội dung tóm tắt

- Tổn thất công suất trên đường dây: $\Delta S_{dd} = \Delta P_{dd} + j \Delta Q_{dd}$

$$\Delta S_{dd} = \frac{(P^2 + Q^2) \cdot R_{dd}}{U_{dm}^2} + j \frac{(P^2 + Q^2) \cdot X_{dd}}{U_{dm}^2}$$

- Tổn thất công suất trong máy biến áp:

$$\Delta S_{MBA} = (\Delta P_{\text{đồng}} + \Delta P_{FE}) + j (\Delta Q_{\text{đồng}} + \Delta Q_{FE})$$

- Tổn thất điện năng trên đường dây:

$$\Delta A = \Delta P_{dd} \cdot \tau$$

- Tổn thất điện áp trên đường dây: $\Delta U_{dd} = \Delta U_P + \Delta U_Q$

$$\Delta U \% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{P_u \cdot R_d + Q_u \cdot X_d}{U_{dm}^2}$$

- Tổn thất điện áp trong máy biến áp:

$$\Delta U \% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{P_u \cdot R_{MBA} + Q_u \cdot X_{MBA}}{U_{dm}^2}$$

- Các biện pháp giảm tổn thất điện năng: tăng điện áp truyền tải trên đường dây; cắt giảm công suất tác dụng; bù công suất phản kháng và giảm điện trở đường dây.

I. TÍNH TOÁN TỔN THẤT CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1. Ý nghĩa của việc tính toán tổn thất công suất

Để vận chuyển điện năng từ nguồn đến các hộ tiêu thụ điện, người ta dùng dây dẫn và các máy biến áp. Khi có dòng điện chạy qua, do dây dẫn và máy

biến áp có điện trở và điện kháng nên gây ra tổn thất công suất tác dụng P và tổn thất công suất phản kháng ΔQ .

Trong giới hạn của môn học, ta xét mạng điện làm việc ở chế độ xác lập, nghĩa là các thông số của hệ thống không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể. Từ đó, làm cơ sở cho việc thiết kế, quản lý và vận hành lưới điện một cách hợp lý nhất.

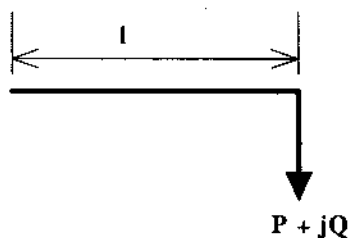
Năng lượng của tổn thất ΔA biến thành nhiệt năng làm nóng dây dẫn và máy biến áp. Trong mạng điện có chiều dài ngắn và công suất nhỏ thì tổn thất công suất và tổn thất năng lượng không nhiều. Nhưng trong những mạng điện truyền tải công suất lớn và đi xa, tổn thất công suất lớn (chiếm 10% - 15% công suất truyền tải).

Vì vậy, để bù vào tổn thất công suất, công suất của nguồn điện phải tăng lên, lượng nhiên liệu cũng tăng lên dẫn đến giá thành điện năng sẽ tăng. Mặt khác, do tổn thất công suất phản kháng tăng, nên phải sử dụng nhiều tụ điện hay máy bù đồng bộ, làm tăng vốn đầu tư.

Như vậy, việc nghiên cứu tổn thất công suất có ý nghĩa rất quan trọng. Trên cơ sở đó đề ra các biện pháp làm giảm tổn thất công suất để giảm giá thành điện năng.

2. Tổn thất công suất trên đường dây

2.1. Tổn thất công suất trên đường dây có một phụ tải 3 pha



Hình 5.1: Đường dây có một phụ tải 3 pha

Tổn thất công suất tác dụng trên đường dây có phụ tải xoay chiều 3 pha được xác định bằng công thức:

$$\Delta P_{dd} = 3 \cdot I_{dd}^2 \cdot R_d$$

mà:

$$I_{dd} = \frac{S_{dd}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}}$$

nên:

$$\Delta P_{dd} = \frac{3 \cdot S_{dd}^2 \cdot R_d}{3 \cdot U_{dm}^2} = \frac{S_{dd}^2 \cdot R_d}{U_{dm}^2}$$

mà:

$$S_{dd}^2 = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2}$$

nên:

$$\Delta P_{dd} = \frac{(P_{tt}^2 + Q_{tt}^2) \cdot R_d}{U_{dm}^2} \quad (W)$$

hay:

$$\Delta P_{dd} = \frac{(P_{tt}^2 + Q_{tt}^2) \cdot R_d}{U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (kW)$$

Tương tự ta có:

$$\Delta Q_{dd} = \frac{(P_{tt}^2 + Q_{tt}^2) \cdot X_d}{U_{dm}^2} \quad (VAr)$$

hay:

$$\Delta Q_{dd} = \frac{(P_{tt}^2 + Q_{tt}^2) \cdot X_d}{U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (kVAr)$$

Trong đó:

P_{tt} , Q_{tt} : Công suất tác dụng và công suất phản kháng tính toán trên đường dây (W; VAr).

$R_d = r_0 \cdot l$: điện trở của đường dây (Ω)

$X_d = x_0 \cdot l$: điện kháng của đường dây (Ω)

U_{dm} : điện áp dây định mức của đường dây (V)

2.2. Tổn thất công suất trên đường dây có nhiều phụ tải

Nếu đường dây có nhiều phụ tải thì tổn thất công suất của cả đường dây bằng tổng đại số tổn thất công suất của n đoạn đường dây.

$$\Delta P_{dd} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot R_i}{U_{dm}^2} \quad (W)$$

hay:

$$\Delta P_{dd} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot R_i}{U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (kW)$$

$$\Delta Q_{dd} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot X_i}{U_{dm}^2} \quad (\text{VAr})$$

$$\text{hay: } \Delta Q_{dd} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot X_i}{U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kVAr})$$

2.3. Tổn thất công suất trên đường dây có dòng điện xoay chiều một pha và dòng điện một chiều

+ Tổn thất công suất trên đường dây xoay chiều một pha:

$$\Delta P_{dd} = \frac{2 \cdot (P_n^2 + Q_n^2) \cdot R_d}{3 \cdot U_{dm}^2} \quad (\text{W})$$

$$\text{hay: } \Delta P_{dd} = \frac{2 \cdot (P_n^2 + Q_n^2) \cdot R_d}{3 \cdot U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

$$\Delta Q_{dd} = \frac{2 \cdot (P_n^2 + Q_n^2) \cdot X_d}{3 \cdot U_{dm}^2} \quad (\text{VAr})$$

$$\text{hay: } \Delta Q_{dd} = \frac{2 \cdot (P^2 + Q^2) \cdot X}{3 \cdot U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kVAr})$$

Trong đó:

U_{dm} : Điện áp định mức của đường dây (V)

So sánh với tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải 3 pha, tổn thất công suất trên đường dây của phụ tải 1 pha sẽ giảm đi 1/3 lần nếu cùng trị số phụ tải.

+ Tổn thất công suất trên đường dây một chiều:

Do dòng điện một chiều chỉ gây ra tổn thất công suất tác dụng trên điện trở thuần của đường dây nên:

$$\Delta P_{dd} = \frac{2 \cdot P_n^2 \cdot R_d}{3 \cdot U_{dm}^2} \quad (\text{W})$$

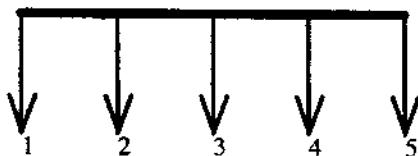
$$\text{hay: } \Delta P_{dd} = \frac{2 \cdot P_n^2 \cdot R_d}{3 \cdot U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW})$$

Trong đó:

U_{dm} : Điện áp định mức của đường dây một chiều (V)

2.4. Tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều

Những mạng điện có phụ tải phân bố được trải đều như mạng điện đường phố hoặc khu dân cư thì có thể coi đó là phụ tải phân bố đều.



Hình 5.2: Sơ đồ phụ tải phân bố đều

Khi tính tổn thất công suất trên đường dây, ta chia nhỏ đường dây theo từng đoạn thẳng dL ; sau đó tính tổn thất công suất trên từng đoạn thẳng đó. Cuối cùng lấy tích phân toàn bộ tổn hao công suất trên toàn bộ chiều dài dây.

Ta có:
$$\Delta P_{dd} = I^2 \cdot R_d \quad (W)$$

hay
$$\Delta P_{dd} = \frac{S_n^2}{3 \cdot U_{dm}^2} \cdot R_d \cdot 10^{-3} \quad (kW)$$

hay
$$\Delta Q_{dd} = I^2 \cdot X_d \quad (VAr)$$

$$\Delta Q_{dd} = \frac{S_n^2}{3 \cdot U_{dm}^2} \cdot X_d \cdot 10^{-3} \quad (kVAr)$$

So sánh với tổn hao công suất trên đường dây khi phụ tải tập trung ở cuối đường dây, ta thấy tổn hao công suất khi phụ tải phân bố đều sẽ giảm đi 3 lần.

3. Tổn thất công suất trong máy biến áp

Tổn thất công suất trong máy biến áp gồm hai thành phần:

3.1. Tổn thất trong cuộn dây của máy biến áp (tổn hao đồng - khi có tải)

Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây của máy biến áp sẽ sinh ra tổn thất công suất gọi là tổn hao đồng ($\Delta S_{\text{đồng}}$). Tổn hao đồng gồm hai thành phần: tổn hao công suất tác dụng ($\Delta P_{\text{đồng}}$) và tổn hao công suất phản kháng ($\Delta Q_{\text{đồng}}$).

+ Khi tải làm việc ở chế độ định mức:

- Tổn thất công suất tác dụng trong cuộn dây máy biến áp lấy bằng tổn thất công suất thí nghiệm ngắn mạch (ΔP_N):

$$\Delta P_N = 3 \cdot I_{dm}^2 \cdot R_B \quad (W - kW) \quad (1)$$

- Tổn thất công suất phản kháng trong cuộn dây máy biến áp lấy bằng tổn thất của từ thông tản (ΔQ_N):

$$\Delta Q_N = \frac{u_N \% \cdot S_{dmMBA}}{100} \quad (\text{VAr} - \text{kVAr}) \quad (2)$$

Trong đó:

I_{dm} : Dòng điện định mức của máy biến áp (A).

R_B : Điện trở tác dụng cuộn dây 1 pha của máy biến áp (tra bảng).

$u_N\%$: Điện áp phản kháng ngắn mạch của cuộn dây máy biến áp.

S_{dmMBA} : Công suất định mức của máy biến áp (VA - kVA).

Khi tải làm việc ở chế độ khác định mức:

- Tổn thất công suất tác dụng:

$$\Delta P_{dòng} = 3 \cdot I_u^2 \cdot R_B \quad (\text{W} - \text{kW}) \quad (3)$$

- Tổn thất công suất phản kháng:

$$\Delta Q_{dòng} = 3 \cdot I_u^2 \cdot X_B \quad (\text{VAr} - \text{kVAr}) \quad (4)$$

Trong đó: I_u : Dòng điện tính toán của tải (A).

+ Trường hợp tổng quát:

- Tổn thất công suất tác dụng trong cuộn dây máy biến áp: lập tỷ số giữa (1), (3):

$$\Delta P_{dòng} = \Delta P_N \frac{I_u^2}{I_{dm}^2} = \Delta P_N \frac{S_u^2}{S_{dm}^2}$$

- Tổn thất công suất phản kháng trong cuộn dây máy biến áp: lập tỷ số giữa (2), (4):

$$\Delta Q_{dòng} = \Delta Q_N \frac{I_u^2}{I_{dm}^2} = \Delta Q_N \frac{S_u^2}{S_{dm}^2}$$

Trong đó:

ΔP_N : Tổn thất công suất tác dụng khi ngắn mạch của máy biến áp (tra bảng).

ΔQ_N : Tổn thất công suất phản kháng khi ngắn mạch của máy biến áp (tra bảng).

S_u : Công suất toàn phần tính toán của tải (VA - kVA).

- Tổn thất công suất toàn phần trong cuộn dây của máy biến áp:

$$\Delta S_{dòng} = \Delta P_{dòng} + j \Delta Q_{dòng}$$

3.2. Tổn thất công suất trong lõi thép (tổn hao sắt - khi không tải)

Tổn thất công suất trong lõi thép của máy biến áp không phụ thuộc vào tải mà phụ thuộc vào cấu tạo và vật liệu chế tạo lõi máy biến áp.

Tổn thất công suất trong lõi thép của máy biến áp gồm hai thành phần: tổn thất công suất tác dụng ΔP_{FE} và tổn thất công suất phản kháng ΔQ_{FE} .

Công thức xác định tổn thất công suất trong lõi thép máy biến áp:

$$\Delta S_{FE} = \Delta P_{FE} + j \Delta Q_{FE}$$

- Tổn thất công suất tác dụng: Là tổn thất dưới dạng nhiệt do dòng điện xoáy Phuocô và hiện tượng từ trễ gây ra. Tổn thất này lấy được từ thí nghiệm không tải của máy biến áp:

$$\Delta P_{FE} = \Delta P_0 = \sqrt{3} U_0 \cdot I_0$$

Trong đó:

U_0, I_0 : Điện áp và dòng điện không tải của máy biến áp.

- Tổn thất công suất phản kháng: Là tổn thất do từ thông tản gây ra:

$$\Delta Q_{FE} = \frac{i_0 \% \cdot S_{dmMBA}}{100}$$

Trong đó:

$i_0\%$: Dòng điện không tải máy biến áp (tra bảng)

3.3. Tổn thất công suất trong toàn bộ máy biến áp

$$\Delta S_{MBA} = (\Delta P_{\text{đồng}} + \Delta P_{FE}) + j (\Delta Q_{\text{đồng}} + \Delta Q_{FE})$$

II. TÍNH TOÁN TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Điện năng là lượng công suất tác dụng được sản xuất, truyền tải hay tiêu thụ trong một khoảng thời gian.

Phần điện năng mất đi trong quá trình truyền tải điện gọi là tổn thất điện năng. Trong tính toán thiết kế hệ thống cung cấp điện, thường lấy thời gian là một năm (8760 h).

Nếu phụ tải không thay đổi, thì trong khoảng thời gian t tổn thất điện năng sẽ là:

$$\Delta A = \Delta P \cdot t \quad (\text{Wh} - \text{kWh})$$

Tuy nhiên, trong thực tế phụ tải trên đường dây luôn luôn thay đổi nên tổn thất điện năng là một hàm số của phụ tải và thời gian $\Delta A = f(\Delta P; t)$. Vì vậy, người ta phải dùng phương pháp tính gần đúng dựa vào một số đại lượng giả thiết sau:

1. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất (T_{\max})

T_{\max} là thời gian nếu hệ thống cung cấp điện chỉ truyền tải công suất lớn nhất thì sẽ truyền tải được một lượng điện năng đúng bằng lượng điện năng truyền tải trong thực tế 1 năm.

Thời gian T_{\max} phụ thuộc vào chế độ làm việc (số ca làm việc trong một ngày đêm) và đặc điểm của quá trình sản xuất (tra bảng).

2. Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất (τ)

Giả thiết rằng, ta luôn luôn vận hành với tổn thất công suất lớn nhất thì thời gian cần thiết để có được lượng điện năng tổn thất bằng lượng điện năng tổn thất do phụ tải thực tế gây ra trong một năm làm việc được gọi là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất τ .

τ phụ thuộc vào thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{\max} và hệ số công suất trung bình $\cos\varphi_{TB}$ (tra bảng).

3. Tổn thất điện năng trên đường dây (Wh - kWh)

$$\Delta A_{dd} = \Delta P_{dd} \cdot \tau$$

Trong đó:

ΔP_{dd} : Tổn thất công suất trên đường dây (W - kW).

τ : Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất (h).

4. Tổn thất điện năng trong máy biến áp

- Tổn thất điện năng trong trạm có một máy biến áp:

Tổn thất điện năng trong máy biến áp bao gồm tổn thất điện năng trong lõi thép và trong cuộn dây:

$$\Delta A_{MBA} = \Delta A_{FE} + \Delta A_{đồng}$$

$$\Delta A_{MBA} = \Delta P_{FE} \cdot t + \Delta P_{đồng} \cdot \tau$$

$$\Delta A_{MBA} = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_N \left(\frac{S_u}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau$$

Trong đó:

t : Thời gian vận hành hàng năm của máy biến áp; lấy bằng 8760h.

τ : Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất (h) (tra bảng).

- Tổn thất điện năng trong trạm có nhiều máy làm việc song song:

$$\Delta A_{MBA} = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \Delta P_N \left(\frac{S_u}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau$$

5. Các biện pháp giảm tổn thất điện năng

Trong hệ thống cung cấp điện, muốn giảm tổn thất điện năng cần giảm tổn thất công suất tác dụng. Ta biết:

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{dm}^2} \cdot R_d$$

nên có thể thực hiện các biện pháp sau:

+ Tăng điện áp truyền tải:

Khi tăng điện áp truyền tải, tổn thất công suất tác dụng giảm bình phương lần, nghĩa là tổn thất điện năng cũng sẽ giảm được bình phương lần.

+ Cắt giảm công suất tác dụng:

Để cắt giảm công suất tác dụng, thường dùng các biện pháp sau:

- Dùng dây chuyển công nghệ hiện đại, chi phí điện năng ít hơn cho việc sản xuất một đơn vị sản phẩm.

- Sử dụng các thiết bị điện thế hệ mới, hiệu suất cao, tiêu tốn công suất tác dụng ít hơn.

+ Bù công suất phản kháng.

Đây là biện pháp làm giảm lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây bằng cách yêu cầu các xí nghiệp phải đặt tụ điện bù tự phát một phần công suất phản kháng. Có như vậy mới có thể giảm bớt lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây.

+ Giảm điện trở đường dây:

Để giảm trị số điện trở của đường dây, người ta dùng các biện pháp:

- Dùng cáp đồng thay cho cáp nhôm vì cáp đồng có điện trở suất nhỏ hơn.

- Chọn tiết diện dây theo mật độ dòng điện kinh tế.

- Tăng tiết diện dây hoặc xây dựng đường dây lộ kép.

Ngoài ra, còn có thể sử dụng nhiều giải pháp khác cũng có thể làm giảm tổn thất điện năng như: đặt trạm biến áp vào đúng trung tâm phụ tải, lựa chọn hợp lý dung lượng máy biến áp, có chế độ vận hành kinh tế trạm...

III. TÍNH TOÁN TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Khi có dòng điện chạy qua điện trở và điện kháng của đường dây sẽ gây ra sụt áp, tạo nên sự chênh lệch điện áp ở đầu và cuối đường dây, gọi là tổn thất điện áp.

Hệ thống cung cấp điện của khu vực hoặc xí nghiệp nói chung là sử dụng cấp điện áp hạ áp và đường dây tương đối ngắn; do đó khi tính toán phải sử dụng các giả thiết sau:

- Coi điện dung của đường dây là không đáng kể, có thể bỏ qua.
 - Coi hiệu ứng mặt ngoài và hiện tượng cảm ứng điện từ là không đáng kể.
- Do đó, điện trở của dây được lấy bằng điện trở của dây như đối với dòng điện một chiều.

1. Điện trở và điện kháng của đường dây

1.1. Điện trở của dây dẫn

Có thể được tính bằng hai cách sau:

$$R_d = r_0 \cdot l \quad (\Omega)$$

hay:
$$R_d = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (\Omega)$$

Trong đó:

r_0 : Điện trở tiêu chuẩn của một đơn vị chiều dài dây (tra bảng)

l : Chiều dài dây dẫn (m).

S : Tiết diện dây (mm^2).

ρ : Điện trở suất của vật liệu dây: Đồng = $0,018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Nhôm = $0,029 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Sắt = $0,14 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

1.2. Điện kháng của dây dẫn

$$X_d = x_0 \cdot l \quad (\Omega)$$

Trong đó:

x_0 : Điện kháng của một đơn vị chiều dài dây. Nó phụ thuộc vào thiết diện dây và khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn.

Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây được tính:

- Khi 3 dây bố trí bất kỳ:

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}}$$

Trong đó:

D_{12} , D_{13} , D_{23} : là khoảng cách giữa dây 1-2 ; 1-3 ; 2-3.

- Khi 3 dây bố trí trên ba đỉnh của một tam giác đều:

$$D_{12} = D_{13} = D_{23} \quad \text{nên:} \quad D_{tb} = \sqrt[3]{D^3} = D$$

- Khi 3 dây bố trí trên đường thẳng nằm ngang:

$$D_{12} = D_{23} \quad \text{còn} \quad D_{13} = 2D \quad \text{nên:} \quad D_{tb} = \sqrt[3]{2D^3} = 1,26D$$

Trong thực tế, x_0 của dây ít phụ thuộc vào tiết diện và khoảng cách trung bình hình học giữa các dây. Vì thế, để tính toán cho thuận tiện người ta thường lấy các giá trị gần đúng sau:

- Đường dây có điện áp $U \geq 1000V$ lấy $x_0 = 0,4 \Omega/km$.
- Đường dây có điện áp $U < 1000V$ lấy $x_0 = 0,25 - 0,3 \Omega/km$.
- Đường dây có điện áp $U < 1000V$, luồn trong ống và các loại cáp lấy $x_0 = 0,07 - 0,08 \Omega/km$.

Đây chính là ưu điểm của mạng cáp.

1.3. Điện trở và điện kháng của máy biến áp

Tùy thuộc vào nhà chế tạo (tra bảng (PL 2-5)).

2. Tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải tập trung

Tổn thất điện áp trên đường dây bao gồm hai thành phần:

- Thành phần tổn thất điện áp tác dụng:

$$\Delta U_P = \frac{P_n \cdot R_d}{U_{dm}} \quad (V)$$

- Thành phần tổn thất điện áp phản kháng:

$$\Delta U_Q = \frac{P_n \cdot X_d}{U_{dm}} \quad (V)$$

Vậy tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây là:

$$\Delta U_{dd} = \frac{P_n \cdot R_d + Q_n \cdot X_d}{U_{dm}} \quad (V)$$

Nếu tính tổn thất điện áp theo % để có thể so sánh với tổn thất điện áp tiêu chuẩn:

$$\Delta U \% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{P_n \cdot R_d + Q_n \cdot X_d}{U_{dm}^2}$$

Trong đó:

R_d, X_d : Điện trở và điện kháng trên đường dây (Ω).

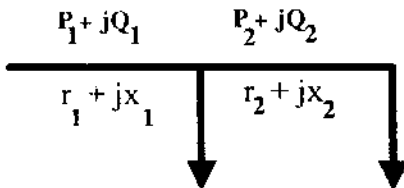
P_{tt}, Q_{tt} : Công suất tác dụng tính toán và công suất phản kháng tính toán của phụ tải (kW; kVAR).

U_{dm} : Điện áp dây định mức của đường dây (kV).

3. Tổn thất điện áp trên đường dây có nhiều phụ tải

Có thể tính tổn thất điện áp theo công suất trên đường dây hoặc theo công suất của phụ tải:

- Tính theo công suất trên đường dây:



$$\Delta U\% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i)}{U_{dm}^2} \quad (V - kV)$$

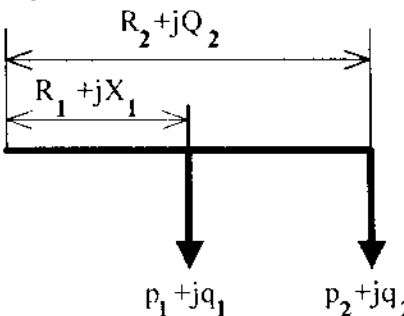
Trong đó:

r_i, x_i : Điện trở và điện kháng trên đường dây đoạn thứ i (Ω).

P_i, Q_i : Công suất tác dụng tính toán và công suất phản kháng tính toán của đường dây đoạn thứ i (W - kW; VAR - kVAR).

U_{dm} : Điện áp dây định mức của đường dây (V - kV).

- Tính theo công suất của phụ tải:



$$\Delta U\% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (p_i \cdot R_i + q_i \cdot X_i)}{U_{dm}^2} \quad (V - kV)$$

Trong đó:

R_i ; X_i : Điện trở và điện kháng trên đường dây tính từ đầu nguồn đến đoạn thứ i (Ω).

P_i ; q_i : Công suất tác dụng và công suất phản kháng tính toán của phụ tải đoạn thứ i (W - kW; VAr - kVAr).

U_{dm} : Điện áp dây định mức của đường dây (V - kV).

4. Tổn thất điện áp trong máy biến áp

Tương tự như trường hợp tính tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải tập trung, tổn thất điện áp trong máy biến áp được tính:

$$\Delta U \% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{P_u R_{MBA} + Q_u X_{MBA}}{U_{dm}^2}$$

Trong đó:

R_{MBA} ; X_{MBA} : Điện trở và điện kháng của máy biến áp (Ω) (tra bảng).

P_u ; Q_u : Công suất tác dụng và công suất phản kháng do máy biến áp truyền tải (W - kW; VAr - kVAr).

U_{dm} : Điện áp định mức của máy biến áp; muốn quy đổi tổn thất điện áp của máy biến áp về cấp điện áp nào thì lấy điện áp ở cấp đó (kV).

5. Ví dụ áp dụng

Đường dây trên không điện áp 10kV, dài 5km, dây AC - 70, ba dây đặt trên đỉnh của tam giác đều có khoảng cách 2.000mm, cung cấp điện cho một phụ tải có công suất (500 + j 400) kVA đặt ở cuối đường dây.

$$T_{\max} = 3000h, \cos\varphi = 0,63.$$

Xác định tổn thất điện áp, tổn thất công suất và tổn thất điện năng trên đường dây.

Giải:

Tra phụ lục PL-46 (Hệ thống cung cấp điện) ta có:

Điện trở tiêu chuẩn của 1km đường dây AC - 70: $r_o = 0,46$ /km.

Điện kháng tiêu chuẩn của 1km đường dây AC - 70: $x_o = 0,382$ /km.

Vậy điện trở đường dây:

$$R_d = r_o \cdot l = 0,46 \cdot 5 = 2,3 \quad (\Omega)$$

Điện kháng đường dây:

$$X_d = x_o \cdot l = 0,382 \cdot 5 = 1,91 \quad (\Omega)$$

- Tổn thất điện áp trên đường dây:

$$\Delta U = \frac{P_u \cdot R_d + Q_u \cdot X_d}{U_{dm}} \quad (V)$$

$$\Delta U = \frac{500 \cdot 2,3 + 400 \cdot 1,91}{10} = 180 \quad (V)$$

- Tổn thất công suất trên đường dây:

$$\Delta P_{dd} = \frac{(P_u^2 + Q_u^2) \cdot R_d}{U_{dm}^2}$$

$$\Delta P_{dd} = \frac{(500^2 + 400^2) \cdot 2,3}{10^2} = 9,43 \quad (kW)$$

$$\Delta Q_{dd} = \frac{(P^2 + Q^2) \cdot X}{U_{dm}^2}$$

$$\Delta Q_{dd} = \frac{(500^2 + 400^2) \cdot 1,91}{10^2} = 7,831 \quad (kVAr)$$

- Tổn thất điện năng:

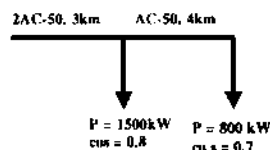
Vì $T_{\max} = 3000h$, $\cos\varphi = 0,63$ nên tra PL 1.7 ta có $\tau = 2700h$

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau$$

$$\Delta A = 9,43 \cdot 2700 = 25461 \quad (kWh)$$

Câu hỏi ôn tập

1. Phân tích tầm quan trọng và phương pháp tính tổn thất điện áp trên đường dây và trong máy biến áp?
2. Phân tích tầm quan trọng và phương pháp tính tổn thất công suất trên đường dây và trong máy biến áp?
3. Phương pháp tính tổn thất điện năng trên đường dây?
4. Xác định tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong một năm làm việc của một đường dây trên không 10kV, cấp điện cho 2 phụ tải sau đây:



Chương 6

TÍNH CHỌN CÁC PHẦN TỬ HẠ ÁP TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Mục tiêu

- Biết tính chọn và kiểm tra các khí cụ điện và các thiết bị điện trong hệ thống cung cấp điện hạ áp.

Nội dung tóm tắt:

- Điều kiện tính chọn chung: chọn theo điện áp; dòng điện và độ bền cơ khí.
- Điều kiện kiểm tra chung: kiểm tra ổn định lực điện động và ổn định nhiệt.

I. ĐIỀU KIỆN CHUNG ĐỂ TÍNH CHỌN CÁC PHẦN TỬ HẠ ÁP TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Các phần tử trong hệ thống cung cấp điện (gọi tắt là khí cụ điện) bao gồm nhiều loại: dây dẫn điện, thiết bị đóng cắt, bảo vệ, tín hiệu, đo lường...

Các phần tử này trong điều kiện vận hành, có thể làm việc ở một trong ba trạng thái sau:

- Chế độ làm việc lâu dài: Ở chế độ này, các phần tử sẽ làm việc tin cậy nếu chúng được chọn theo đúng điện áp và dòng điện định mức.
- Chế độ quá tải: Sự làm việc tin cậy của các phần tử sẽ được đảm bảo nếu các giá trị về dòng điện hay điện áp tăng cao không vượt quá giá trị cho phép.
- Chế độ ngắn mạch: Các phần tử vẫn làm việc tin cậy nếu quá trình lựa chọn chúng có các thông số theo đúng điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt.

Ngoài ra, khi tính chọn các phần tử trong hệ thống cung cấp điện, cần phải xét đến vị trí lắp đặt thiết bị, môi trường xung quanh, mức độ ẩm ướt, mức độ nhiễm bẩn, chiều cao lắp đặt thiết bị so với mặt biển... và đặc biệt là phải đảm bảo tính bảo vệ có chọn lọc:

- Với xung dòng điện bình thường sẽ không gây ngắn mạch.
- Với chế độ làm việc đúng, chỉ thiết bị bảo vệ gần nơi xảy ra sự cố nhất

theo chiều cung cấp mới được phép cắt. Nếu thiết bị này hỏng, thiết bị ở phía trên nó mới được phép cắt.

1. Tính chọn các khí cụ điện theo điều kiện làm việc lâu dài

1.1. Chọn theo điện áp định mức

Mục đích của việc tính chọn khí cụ điện theo điện áp định mức là đảm bảo độ cách điện của chúng.

Điện áp định mức của khí cụ điện được ghi trên nhãn hay trong lý lịch.

Khi thiết kế khí cụ điện, các nhà chế tạo bao giờ cũng tính toán dự trữ về độ bền điện, cao hơn từ 10% đến 15% U_{dm} điện áp làm việc cực đại của khí cụ điện. Như vậy để các khí cụ điện có thể làm việc lâu dài, đảm bảo tuổi thọ của thiết bị thì ta phải chọn theo điều kiện sau:

$$U_{dm\ KCD} + \delta U_{KCD} \geq U_{dm\ nguồn} + \delta U_{nguồn}$$

Trong đó:

$U_{dm\ KCD}$: Điện áp định mức của khí cụ điện.

$U_{dm\ nguồn}$: Điện áp định mức của nguồn.

δU_{KCD} : Độ dao động điện áp cho phép của khí cụ điện.

$\delta U_{nguồn}$: Độ dao động điện áp cho phép của nguồn.

Bảng sau đây ghi rõ trị số chênh lệch điện áp cho phép so với điện áp định mức của khí cụ điện:

Bảng 6.1: Trị số dao động điện áp cho phép

Cáp điện lực: 1,1 U_{dm}	Dao cách ly: 1,15 U_{dm}	Máy BI: 1,1 U_{dm}
TB chống sét: 1,25 U_{dm}	Máy cắt điện: 1,15 U_{dm}	Máy BU: 1,1 U_{dm}
Sứ cách điện: 1,15 U_{dm}	Cuộn kháng điện: 1,1 U_{dm}	Cầu chì: 1,1 U_{dm}

Nếu lắp đặt thiết bị ở độ cao > 1.000m so với mực nước biển thì trị số điện áp không được vượt quá điện áp định mức.

Để đơn giản, có thể tính chọn theo điều kiện:

$$U_{dm\ KCD} > U_{dm\ nguồn}$$

1.2. Chọn theo dòng điện định mức

Dòng điện định mức của khí cụ điện là dòng điện đi qua khí cụ điện trong một thời gian lâu dài, với nhiệt độ môi trường xung quanh là định mức, sẽ làm

cho nhiệt độ phát nóng của các bộ phận của khí cụ điện không vượt quá trị số cho phép.

Mục đích của việc tính chọn theo dòng điện định mức là đảm bảo cho khí cụ điện không bị đốt nóng quá trị số cho phép trong chế độ làm việc định mức.

Điều kiện chọn:

$$I_{dm\ KCD} \geq I_{lv\ max}$$

Trong đó:

$I_{dm\ KCD}$: Dòng điện làm việc định mức của khí cụ điện, do nhà chế tạo quy định.

$I_{lv\ max}$: Dòng điện làm việc cực đại của lưới điện. Nó phụ thuộc vào các thiết bị sử dụng trong lưới điện. Ví dụ:

- Đối với máy biến áp thì lấy dòng $I_{lv\ max}$ khi máy biến áp làm việc ở trạng thái quá tải.

- Đối với thanh cái thì tính khi thanh cái làm việc ở chế độ nặng nề nhất.

- Đối với thiết bị điện thì thường lấy giá trị I_n .

2. Kiểm tra các khí cụ điện theo dòng điện ngắn mạch

2.1. Kiểm tra ổn định lực điện động

Khả năng ổn định lực điện động (khả năng chống lại tác dụng của lực điện động - gọi tắt là ổn định động) của khí cụ điện được đặc trưng bởi dòng điện ổn định động định mức. Dòng điện này chính là dòng điện cực đại có thể chạy qua khí cụ điện mà lực điện động do nó sinh ra không thể phá hoại khí cụ điện được.

Điều kiện kiểm tra:

$$i_{max} \geq i_{xk}$$

hay :

$$I_{max} \geq I_{xk}$$

Trong đó:

i_{max}, I_{max} : Trị số biên độ và hiệu dụng của dòng điện cực đại cho phép chạy qua thiết bị. (tra bảng).

i_{xk}, I_{xk} : Trị số biên độ và hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch xung kích.

2.2. Kiểm tra ổn định nhiệt

Dây dẫn và khí cụ điện khi có dòng điện chạy qua sẽ bị nóng lên vì có các tổn thất công suất. Nguyên nhân gây ra các tổn thất này là:

- Do điện trở của dây; điện trở các đầu tiếp xúc, các mối nối.
- Do dòng điện xoáy chạy trong mạch từ máy biến áp và các bộ phận bằng kim loại.

Các tổn hao này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: điện áp, tần số, thời gian và bình phương cường độ dòng điện.

Khi nhiệt độ của khí cụ điện quá cao sẽ làm cho chúng bị hư hỏng hay giảm tuổi thọ. Do đó cần phải quy định nhiệt độ cho phép của thiết bị khi làm việc bình thường cũng như khi ngắn mạch.

Đối với khí cụ điện, khả năng ổn định nhiệt được đặc trưng bởi dòng điện ổn định nhiệt định mức và thời gian ổn định nhiệt định mức.

Điều kiện kiểm tra:

$$I_{dm.nh}^2 \cdot t_{dm.nh} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{qd}$$

Trong đó:

$I_{dm.nh}$: Dòng điện ổn định định mức, ứng với thời gian ổn định nhiệt định mức, do nhà chế tạo quy định (tra bảng).

$t_{dm.nh}$: Thời gian ổn định nhiệt định mức, do nhà chế tạo quy định → tra bảng.

I_{∞} : Dòng điện ngắn mạch ổn định.

t_{qd} : Thời gian tác động quy đổi của dòng ngắn mạch. Nó được xác định là tổng thời gian tác động của máy cắt điện và bảo vệ khác. Thông thường, lấy 5" hay 10".

II. TÍNH CHỌN VÀ KIỂM TRA CẦU DAO ĐIỆN HẠ ÁP

1. Chức năng của cầu dao

Cầu dao là khí cụ điện hạ thế, thao tác bằng tay dùng để đóng cắt mạng điện hạ áp ($U \leq 1000V$).

Cầu dao thường làm nhiệm vụ đóng cắt mạch điện có công suất nhỏ và khi làm việc không phải đóng cắt nhiều lần. Ở những mạch điện có công suất lớn, cầu dao thường chỉ đóng cắt khi không tải.

2. Điều kiện tính chọn

Khi tính chọn cầu dao, ta cần tính chọn theo 2 điều kiện sau:

- Chọn theo điều kiện điện áp:

Chọn theo điều kiện điện áp là để đảm bảo cách điện an toàn giữa các bộ phận dẫn điện của cầu dao với đế. Vì thế, nó phụ thuộc vào điện áp của nguồn điện mà cầu dao sử dụng:

$$U_{dm\ CD} \geq U_{ng}$$

Trong đó:

$U_{dm\ CD}$: Điện áp định mức của cầu dao; thường được chế tạo ở các cấp 220 (V); 230 (V); 380 (V); 400 (V); 440 (V); 500 (V); 690 (V).

U_{ng} : Điện áp định mức của nguồn điện (V).

- Chọn theo điều kiện dòng điện:

Chọn theo điều kiện dòng điện là để lưỡi của cầu dao có thể chịu được dòng điện của phụ tải (I_n):

$$I_{dm\ CD} \geq I_n$$

Để đảm bảo tính kinh tế, thông thường chọn $I_{dm\ CD} = (1,2 - 1,5) I_n$.

Ngoài ra, khi tính chọn cầu dao còn phải chú ý đến số pha, số cực, môi trường lắp đặt, khả năng đóng cắt...

3. Điều kiện kiểm tra

Do cầu dao chỉ làm nhiệm vụ đóng cắt mạch điện hạ áp có công suất nhỏ nên không cần kiểm tra.

4. Ví dụ áp dụng

Hãy tính chọn cầu dao đóng cắt cho một động cơ không đồng bộ xoay chiều 3 pha có các thông số sau:

$$P_{dm} = 7\text{ kW}; U_{dm} = 380\text{ V}; \cos\varphi = 0,73; \eta = 0,8$$

Giải

Dòng điện định mức của động cơ:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

$$I_{dm} = \frac{7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,73 \cdot 0,8} = 18,23 \quad (A)$$

Chọn cầu dao theo điều kiện điện áp

$$U_{dm\ CD} \geq U_{ng}$$

$$\text{mà:} \quad U_{ng} = 380\text{ V}$$

$$\text{nên chọn:} \quad U_{dm\ CD} \geq 380\text{ (V)}$$

Chọn cầu dao theo điều kiện dòng điện:

$$I_{dm\ CD} \geq I_{tt}$$

mà: $I_{tt} = I_{dm} = 18,23 \text{ (A)}$

nên chọn: $I_{dm\ CD} \geq 18,23 \text{ (A)}$

Vậy chọn cầu dao có các thông số kỹ thuật sau:

$$U_{dm\ CD} = 500 \text{ (V)}$$

$$I_{dm\ CD} = 20 \text{ (A)}$$

III. TÍNH CHỌN VÀ KIỂM TRA CẦU CHÌ HẠ ÁP

1. Chức năng của cầu chì

Cầu chì dùng để bảo vệ ngăn mạch cho thiết bị và lưới điện.

Cầu chì có đặc điểm là đơn giản, kích thước nhỏ, khả năng cắt lớn và giá thành thấp nên vẫn được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp và dân dụng.

2. Điều kiện tính chọn

Một trong những yêu cầu quan trọng của cầu chì là phải loại trừ thật nhanh sự cố ngắn mạch ($t_c = 0,08s$). Tuy nhiên, cầu chì lại không được phép cắt mạch nếu có dòng khởi động của thiết bị đi qua cầu chì. Vì vậy, khi tính chọn cầu chì (chọn dây chảy) ta phải tính đến dòng khởi động của thiết bị được bảo vệ bằng cầu chì.

Chọn cầu chì phải đảm bảo các điều kiện sau:

- Điều kiện về điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U_{nguồn}$$

- Điều kiện về dòng điện làm việc bình thường của thiết bị:

$$I_{dm\ dây\ chảy} \geq I_{dm\ thiết\ bị}$$

- Điều kiện về dòng điện khởi động của thiết bị:

$$I_{dm\ dây\ chảy} \geq \frac{I_{kd\ thiết\ bị}}{\alpha}$$

Trong đó:

U_{dmCC} : Điện áp định mức của cầu chì (V).

$U_{nguồn}$: Điện áp định mức của nguồn (V).

$I_{dm\ dây\ chảy}$: Dòng điện định mức của dây chảy của cầu chì (A).

$I_{dm\ thiết\ bị}$: Dòng điện định mức của thiết bị (tải) (A).

I_{kd} thiết bị: Dòng điện khởi động của thiết bị (A).

$$I_{kd} \text{ thiết bị} = k_{kd} \cdot I_{dm} \text{ thiết bị}$$

Trong đó:

k_{kd} : Hệ số khởi động; nó phụ thuộc vào kết cấu của thiết bị:

- Động cơ không đồng bộ Rôto lồng sóc : $K_{kd} = (5 - 7) I_{dm}$
- Động cơ không đồng bộ Rôto dây quấn: $K_{kd} = 2 I_{dm}$
- Động cơ một chiều : $K_{kd} = 2,5 I_{dm}$
- Lò điện hồ quang hay máy biến áp hàn : $K_{kd} \geq 3 I_{dm}$

α : Hệ số xét đến tình trạng khởi động của thiết bị.

- Nếu thiết bị khởi động không tải, thời gian khởi động ngắn, sau một thời gian dài mới khởi động trở lại: $\alpha = 2,5$.

- Nếu thiết bị khởi động có tải, thời gian khởi động dài (đến 40s), sau một thời gian ngắn lại khởi động trở lại: $\alpha = 1,6$.

Sau khi tính toán được dòng điện định mức của dây chảy, ta sử dụng các bảng tra để tìm đường kính dây chảy

Chú ý:

Để đảm bảo tính bảo vệ có chọn lọc, khi tính chọn cầu chì cho một nhóm thiết bị, nên chọn theo điều kiện sau:

- Điều kiện về điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U$$

- Điều kiện về dòng điện làm việc bình thường của nhóm có n thiết bị:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n I_{dm \text{ thiết bị}}$$

- Điều kiện về dòng điện khởi động của nhóm thiết bị:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq \frac{I_{kd \max} + \left(\sum_{i=1}^n I_{dm \text{ thiết bị}} - K_{sd} I_{dm \max} \right)}{\alpha}$$

Trong đó:

n: Số thiết bị trong nhóm.

$I_{dm \max}$: Dòng điện định mức của thiết bị có hiệu số $(I_{kd} - K_{sd} - I_{dm})$ lớn nhất trong nhóm

$I_{kd \max}$: Dòng điện khởi động của thiết bị có hiệu số $(I_{kd} - K_{sd} - I_{dm})$ lớn nhất trong nhóm.

Khi có nhiều đường dây nối tiếp nhau, để đảm bảo tính đóng cắt có chọn lọc thì dòng điện định mức của cầu chì phía trước phải lớn hơn dòng điện định mức của cầu chì phía sau ít nhất là một cấp bảo vệ (tính từ nguồn đến hộ tiêu thụ điện).

3. Điều kiện kiểm tra

Cầu chì là thiết bị bảo vệ ngắn mạch có thời gian cắt rất nhanh nên không cần kiểm tra ổn định lực điện động và ổn định nhiệt.

4. Ví dụ áp dụng

Hãy tính chọn cầu chì bảo vệ cho các động cơ 1, 2, 3 phụ tải chiếu sáng và đường dây trục chính sau:

$$\text{Đ}_1: I_{dm1} = 93A, K_{kd} = 1,5$$

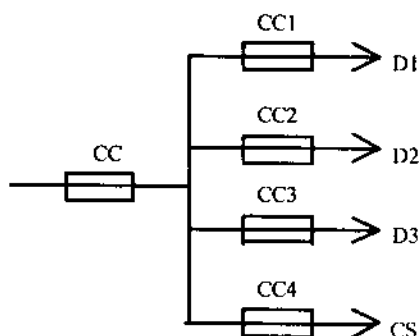
$$\text{Đ}_2: I_{dm2} = 26A, K_{kd} = 2,5$$

$$\text{Đ}_3: I_{dm3} = 15,9A, K_{kd} = 6$$

$$\text{Phụ tải chiếu sáng: } I_{dmcs} = 18A$$

Tất cả các động cơ đều mở máy không tải

Hệ số sử dụng của các động cơ $K_{sd} = 0,8$.



Giải

+ Nhánh 1

- Dòng điện khởi động của động cơ Đ1:

$$I_{kd1} = K_{kd1} \cdot I_{dm1} = 1,5 \cdot 93 = 140 (A)$$

- Chọn cầu chì CC₁ theo điều kiện điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U_{nguồn}$$

$$U_{dmCC} \geq 380 V$$

- Chọn cầu chì CC₁ theo điều kiện dòng điện làm việc bình thường:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq I_{dm \text{ thiết bị}}$$

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq 93 A$$

- Chọn cầu chì CC₁ theo điều kiện dòng điện khởi động:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq \frac{I_{kd}}{\alpha}$$

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq \frac{I_{kd}}{\alpha} = \frac{140}{2,5} = 56 A$$

Vậy chọn cầu chì CC₁ có

$$U_{dm} = 500V$$

$$I_{dm \text{ dc}} = 100 A$$

+ Nhánh 2

- Dòng điện khởi động của động cơ Đ2:

$$I_{kd\ 2} = K_{kd\ 2} \cdot I_{dm\ 2} = 2,5 \cdot 16 = 40 \text{ (A)}$$

- Chọn cầu chì CC₂ theo điều kiện điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U_{nguồn}$$

$$U_{dmCC} \geq 380 \text{ V}$$

- Chọn cầu chì CC₂ theo điều kiện dòng điện làm việc bình thường:

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} \geq I_{dm\ \text{thiết bị}}$$

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} \geq 16 \text{ A}$$

- Chọn cầu chì CC₂ theo điều kiện dòng điện khởi động:

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} > \frac{I_{kd}}{\alpha} = \frac{40}{2,5} = 16$$

Vậy chọn cầu chì CC₂ có $U_{dm} = 500\text{V}$

$$I_{dm\ dc} = 20 \text{ A}$$

+ Nhánh 3

- Dòng điện khởi động của động cơ Đ3:

$$I_{kd\ 3} = K_{kd\ 3} \cdot I_{dm\ 3} = 6 \cdot 15,9 = 95,4 \text{ (A)}$$

- Chọn cầu chì CC₃ theo điều kiện điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U_{nguồn}$$

$$U_{dmCC} \geq 380 \text{ V}$$

- Chọn cầu chì CC₃ theo điều kiện dòng điện làm việc bình thường:

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} \geq I_{dm\ \text{thiết bị}}$$

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} \geq 15,9 \text{ A}$$

- Chọn cầu chì CC₃ theo điều kiện dòng điện khởi động:

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} \geq \frac{I_{kd}}{\alpha}$$

$$I_{dm\ \text{dây cháy}} \geq \frac{95,4}{2,5} = 38,1 \text{ (A)}$$

Vậy chọn cầu chì CC₃ có: $U_{dm} \geq 500 \text{ V}$

$$I_{dm\ dc} \geq 50 \text{ A}$$

+ Nhánh 4: phụ tải chiếu sáng

- Chọn cầu chì CC₄ theo điều kiện điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U_{nguồn}$$

$$U_{dmCC} \geq 220 \text{ V}$$

- Chọn cầu chì CC₄ theo điều kiện dòng điện định mức:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq I_{dm \text{ thiết bị}}$$

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq 18 \text{ A}$$

Vậy chọn Cầu chì CC₄ có: $U_{dm} = 500\text{V}$

$$I_{dm \text{ dc}} = 20 \text{ A}$$

+ Cầu chì tổng CC:

Trong 3 động cơ, động cơ số 3 là động cơ có hiệu số $(I_{kd} - K_{sd} I_{dm})$ là lớn nhất. Vậy cầu chì tổng được chọn theo công thức:

- Điều kiện về điện áp:

$$U_{dmCC} \geq U_{nguồn}$$

$$U_{dmCC} \geq 380 \text{ V}$$

- Điều kiện về dòng điện làm việc bình thường của nhóm thiết bị:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq K_{dm} \sum_{i=1}^n I_{dm \text{ thiết bị } i}$$

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq 0,9 \cdot (93 + 20 + 15,9 + 18) = 132,2 \text{ (A)}$$

- Điều kiện về dòng điện khởi động của nhóm thiết bị:

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq \frac{I_{kd \text{ max}} + \left(\sum_{i=1}^n I_{dm \text{ thiết bị } i} - K_{sd} I_{dm \text{ max}} \right)}{\alpha}$$

$$I_{dm \text{ dây chảy}} \geq \frac{95,4 + (146,9 - 0,8 \cdot 15,9)}{2,5} = 90,1 \text{ (A)}$$

Vậy chọn cầu chì CC có: $U_{dm} = 500\text{V}$

$$I_{dm \text{ dc}} = 150 \text{ A}$$

IV. TÍNH CHỌN VÀ KIỂM TRA ÁPTÔMÁT

1. Chức năng của aptômat

- Đóng cắt mạch điện

- Bảo vệ quá tải, ngắn mạch, bảo vệ điện áp thấp. Hiện nay, còn có loại aptomat bảo vệ dòng rò (có thể cắt mạch điện khi có dòng điện rò).

2. Điều kiện tính chọn

Do aptomat có chức năng đóng cắt nên khi tính chọn phải đảm bảo các điều kiện sau:

+ Điều kiện về điện áp:

$$U_{dm\ ATM} \geq U_{ng} \text{ (V)}$$

Điều kiện về dòng điện làm việc bình thường:

$$I_{dm\ ATM} \geq I_{TT} \text{ (A)}$$

+ Số cực của aptomat: 2 cực; 3 cực; 4 cực.

3. Điều kiện kiểm tra

Do thời gian cắt của aptomat rất ngắn nên không cần phải kiểm tra ổn định lực và ổn định nhiệt.

Tuy nhiên, với chức năng của aptomat là có thể bảo vệ quá tải và ngắn mạch nên sau khi tính chọn ta phải kiểm tra khả năng bảo vệ của aptomat:

+ Aptomat bảo vệ quá tải (thời gian cắt $\leq 20s$):

$$I_{td\ nhiệt} \geq 1,25 I_{dm\ tải} \quad (A)$$

+ Aptomat bảo vệ ngắn mạch (thời gian cắt từ 0,025s đến 0,05s)

$$I_{td\ điện\ từ} \geq 1,2 I_{kd} \quad (A)$$

nhưng không được quá 1,5 lần dòng điện định mức của cầu chì.

Trong đó:

$I_{td\ nhiệt}$: Dòng điện tác động nhiệt của aptomat (tra bảng).

$I_{td\ điện\ từ}$: Dòng điện tác động điện từ của aptomat (tra bảng).

I_{dm} : Dòng điện định mức của tải.

I_{kd} : Dòng điện khởi động của tải (xem phần tính chọn cầu chì).

4. Ví dụ áp dụng

Hãy tính chọn aptomat để đóng cắt và bảo vệ cho một động cơ 3 pha Roto lồng sóc có $U_{dm} = 380V$; $P_{dm} = 10kW$; $\cos\varphi = 0,76$; $\eta = 0,84$.

Giải

- Tính dòng điện định mức của động cơ:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

$$I_{dm} = \frac{10.10^3}{\sqrt{3.380.0,76.0,84}} = 23,82 \quad (A)$$

- Chọn aptomat theo điều kiện điện áp:

$$U_{dm \text{ ATM}} \geq U_{ng} \quad (V)$$

$$U_{dm \text{ ATM}} \geq 380 \quad (V)$$

- Chọn aptomat theo điều kiện dòng điện:

$$I_{dm \text{ ATM}} \geq I_{TT} \quad (A)$$

$$I_{dm \text{ ATM}} \geq 23,82 \quad (A)$$

- Kiểm tra aptomat theo điều kiện bảo vệ dòng quá tải:

$$I_{td \text{ nhiệt}} \geq 1,2 I_{dm \text{ tải}} \quad (A)$$

$$I_{td \text{ nhiệt}} \geq 1,2. 23,82 = 28,58 \quad (A)$$

- Kiểm tra aptomat theo điều kiện bảo vệ dòng ngắn mạch:

$$I_{td \text{ điện từ}} \geq 1,2 I_{kd} \quad (A)$$

$$I_{td \text{ điện từ}} \geq 1,2. K_{kd}. I_{dm} \quad (A)$$

$$I_{td \text{ điện từ}} \geq 1,2. 5. 23,82 = 142,9 \quad (A)$$

Vậy chọn aptomat có các thông số kỹ thuật sau:

Loại: EA53 - G.

Nước sản xuất: Nhật Bản

Số cực: 3

$$I_{dm} = 35 \text{ A}$$

$$U_{dm} = 380 \text{ V}$$

$$I_{dN} = 5 \text{ kA}$$

V. TÍNH CHỌN VÀ KIỂM TRA DÂY DẪN, DÂY CÁP ĐIỆN

1. Chức năng của dây dẫn, dây cáp điện

Dây dẫn, dây cáp điện là một phần tử quan trọng trong hệ thống cung cấp điện. Nó làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng từ nguồn điện đến các hộ tiêu thụ điện.

2. Điều kiện tính chọn

Cáp và dây dẫn thường phải thoả mãn các yêu cầu rất khác nhau trên suốt tuyến đường dây, nên trước khi quyết định chọn loại dây và tiết diện ta phải

xem xét, chức năng đặc biệt của từng loại dây cáp, dây dẫn cũng như các yếu tố khí hậu và yếu tố vận hành ảnh hưởng đến độ tin cậy và tuổi thọ của thiết bị; đặc biệt là các điều kiện tản nhiệt của dây.

Trong mạng điện xí nghiệp, dây dẫn, dây cáp thường được chọn theo các điều kiện sau:

2.1. Chọn dây theo điều kiện phát nóng

Khi có dòng điện chạy qua dây dẫn thì dây dẫn bị nóng lên. Nếu nhiệt độ của dây quá cao thì sẽ làm giảm tuổi thọ của dây, giảm độ bền cơ học, gây chạm chập dây dẫn.

Việc tính chọn dây dẫn dây cáp theo điều kiện phát nóng nghĩa là phải tính chọn sao cho có một dòng điện chạy qua dây dẫn trong thời gian không hạn chế nhưng không làm cho nhiệt độ của dây vượt quá trị số cho phép.

Ví dụ: Đối với cáp cách điện bằng cao su, điện áp sử dụng từ 0,5kV đến 3kV thì nhiệt độ cao nhất cho phép của ruột cáp là 65°C.

Nhiệt độ cao nhất cho phép của ruột cáp được quy định bởi các nhà sản xuất.

Tính chọn dây, cáp theo điều kiện phát nóng:

$$I_{CP} \geq \frac{I_{\max}}{k_1 \cdot k_2} \quad (A)$$

Trong đó:

I_{\max} : Dòng điện lớn nhất của dây dẫn. Thông thường được lấy bằng dòng điện tính toán (I_t) hay dòng điện định mức của phụ tải (I_{dm}).

k_1 : Hệ số xét đến khi nhiệt độ môi trường làm việc khác với nhiệt độ tiêu chuẩn của nhà chế tạo. Nếu cáp đặt trong không khí, nhiệt độ tiêu chuẩn: +25°C; nếu cáp đặt trong đất: +15°C. Nhiệt độ môi trường làm việc ở Việt Nam: +30°C. Hệ số k_1 tra trong các sổ tay kỹ thuật.

k_2 : Hệ số xét đến số lượng cáp đặt trong một rãnh cáp hay hào cáp. Hệ số k_2 được tra trong các sổ tay kỹ thuật.

I_{CP} : Dòng điện cho phép của dây (tuỳ thuộc nhà chế tạo) (tra sổ tay kỹ thuật).

Chú ý: Đối với mạng điện hạ áp được bảo vệ bằng cầu chì hay aptômát, dây dẫn, dây cáp sau khi chọn theo điều kiện phát nóng phải được kiểm tra với các thiết bị bảo vệ đó:

+ Nếu mạng điện được bảo vệ bằng cầu chì:

$$I_{CP} \geq \frac{I_{dc}}{\beta} \quad (A)$$

Trong đó:

I_{dc} : Dòng điện định mức của dây chảy của cầu chì đã chọn (A)

β : Hệ số phụ thuộc vào điều kiện lắp đặt và quản lý mạng điện. Với mạng động lực, do khi tính chọn cầu chì ta đã tính đến dòng điện khởi động của thiết bị tăng gấp (5 - 7) I_{dm} và có xét đến tình trạng khởi động của thiết bị nên lấy $\beta = 3$. Với mạng sinh hoạt, do phụ tải không giữ ở mức nhất định và rất khó khống chế, nên lấy $\beta = 0,8$.

+ Nếu mạng điện được bảo vệ bằng aptômát:

$$I_{CP} \geq \frac{1,25 \cdot I_{dmATM}}{1,5} \quad (A)$$

Trong đó:

$1,25 I_{dmATM} = I_{nhiet}$: Dòng điện tác động nhiệt của aptômát trong đó 1,25 là hệ số cắt quá tải của aptômát.

2.2. Chọn dây theo điều kiện tổn thất điện áp

Đối với những hệ thống điện có công suất nhỏ, thiết diện dây dẫn bé sẽ có điện trở dây lớn, gây ra tổn thất điện áp lớn. Vậy nếu tăng tiết diện dây lớn lên sẽ làm giảm tổn thất điện áp trên đường dây, nghĩa là giữ cho tổn thất điện áp không vượt quá trị số cho phép.

Theo tiêu chuẩn của Việt Nam:

- Tổn thất điện áp cho phép của đường dây mạng động lực:

$$U\%_{CP} \leq 5\% U_{dm}$$

- Tổn thất điện áp cho phép của đường dây mạng chiếu sáng:

$$U\%_{CP} \leq 2,5\% U_{dm}$$

Trong chương "Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện" ta biết tổn thất điện áp trong hệ thống điện xoay chiều đều do công suất tác dụng và công suất phản kháng gây ra, nghĩa là:

$$\Delta U = \frac{P.R + Q.X}{U_{dm}} \quad (V - kV)$$

$$\Delta U = \Delta U_p + \Delta U_Q$$

Trong đó:

ΔU_p : Tổn thất điện áp do công suất tác dụng gây ra (V - kV).

ΔU_Q : Tổn thất điện áp do công suất phản kháng gây ra (V - kV).
 Để đảm bảo chất lượng điện năng thì $\Delta U \leq \Delta U_{CP}$
 hay:

$$\Delta U_{CP} \leq \Delta U_P + \Delta U_Q$$

+ Tính ΔU_Q :

Thực tế cho thấy, với các loại dây dẫn làm bằng kim loại màu của đường dây trên không hay của đường dây cáp ngầm thì giá trị của x_0 /km chiều dài dây thay đổi rất ít. Vì vậy, ta có thể lấy giá trị gần đúng của x_0 để tính điện kháng của đường dây, mặc dù chưa biết loại dây:

- Đường dây trên không: $x_0 = 0,36 - 0,42 \text{ } \Omega/\text{km}$.

- Đường dây cáp ngầm: $x_0 = 0,07 - 0,08 \text{ } \Omega/\text{km}$.

Như vậy ta có thể tính được ΔU_Q :

$$\Delta U_Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot X_d}{U_{dm}} \quad (V)$$

Chú ý: Lấy chiều dài dây để tính X tùy thuộc vào cách tính tổn thất điện áp theo công suất trên đường dây hay công suất của phụ tải.

+ Tính ΔU_P :

Khi đã tính được ΔU_Q , thì ΔU_P được tính:

$$\Delta U_P = \Delta U_{CP} - \Delta U_Q$$

mà:

$$\Delta U_P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot R_d}{U_{dm}} \quad (V)$$

$$R_d = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$

Vậy chọn thiết diện dây theo điều kiện tổn thất điện áp là:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n P_{dm} \cdot l}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_P}$$

Trong đó:

S: Thiết diện dây dẫn (mm^2).

P_{dm} : Công suất định mức của phụ tải (W).

l : Chiều dài dây dẫn cung cấp điện cho phụ tải (m).

γ : Điện dẫn suất của dây dẫn ($m/\Omega \cdot mm^2$).

ΔU_{dm} : Điện áp định mức của nguồn điện (V).

ΔU_p : Tổn thất điện áp do công suất tác dụng gây ra (V).

2.3. Chọn dây theo mật độ dòng điện kinh tế

Khi xây dựng đường dây cùng một tiết diện trên toàn bộ chiều dài sẽ dẫn đến việc sử dụng một khối lượng kim loại màu lớn, làm cho tổn thất công suất trên đường dây tăng và sẽ tăng chi phí vật tư. Vì vậy, nếu thời gian sử dụng công suất cực đại (T_{max}) lớn, nên chọn dây theo mật độ dòng điện kinh tế.

Mật độ dòng điện kinh tế (J_{kt}) là dòng điện lớn nhất có thể chạy qua một mm^2 tiết diện kinh tế của dây. J_{kt} phụ thuộc rất nhiều yếu tố, thay đổi tùy theo tình hình phát triển kinh tế, kỹ thuật trong từng giai đoạn và chính sách trong từng nước. J_{kt} phụ thuộc vào T_{max} và loại dây.

Điều kiện chọn là:

$$S = \frac{I_H}{J_{KT}} \quad (mm^2)$$

Trong đó:

I_H : Dòng điện tính toán của phụ tải, thường lấy bằng dòng điện định mức (A).

S : Thiết diện dây dẫn (mm^2).

J_{kt} : Mật độ dòng điện kinh tế của dây (A/ mm^2) (tra bảng).

3. Điều kiện kiểm tra

Nếu tính chọn dây dẫn, dây cáp điện theo điều kiện phát nóng thì phải kiểm tra theo điều kiện tổn thất điện áp; và ngược lại.

4. Một số chú ý khi lựa chọn dây dẫn và dây cáp điện

- Dây dẫn cung cấp điện cho mạch chiếu sáng cố định trong nhà phải có thiết diện $S \geq 0,5mm^2$.

- Dây dẫn cung cấp điện cho mạch chiếu sáng ngoài nhà phải có thiết diện $S \geq 1mm^2$ đối với dây đồng, và $S \geq 2,5mm^2$ đối với dây nhôm.

- Dây dẫn mềm cung cấp điện cho các đèn treo, đèn để bàn, đèn di động và các thiết bị dùng cho sinh hoạt phải có $S \geq 0,75mm^2$ đối với dây đồng.

- Dây dẫn mềm, cách điện bằng cao su, cung cấp điện cho các thiết bị điện di động, phải có $S \geq 1\text{mm}^2$ đối với dây đồng.

- Dây dẫn có cách điện luồn trong ống bảo vệ, phải có $S \geq 1\text{mm}^2$ đối với dây đồng và $S \geq 2,5\text{mm}^2$ đối với dây nhôm.

- Dây trung tính phải là dây màu xanh (blue), khác biệt với các dây pha.

5. Ví dụ áp dụng

Chọn cáp 4 ruột lõi nhôm cung cấp cho bảng phân phối 380V/220V theo điều kiện phát nóng. Biết dòng điện tính toán tổng của bảng phân phối điện là 242A; một cáp đặt trong một rãnh, chôn trong đất; nhiệt độ môi trường 30°C; chiều dài cáp 450m. Cáp được bảo vệ bằng cầu chì có dòng điện định mức của dây chảy là 260A.

Giải

- Chọn cáp theo điều kiện phát nóng được tính theo công thức sau:

$$I_{CP} \geq \frac{I_{\max}}{k_1 \cdot k_2} \quad (A)$$

Trong đó:

$$I_{\max} = 242 \text{ A}$$

$$k_1 = 0,88 \text{ (do nhiệt độ môi trường là } 30^\circ\text{C)}$$

$$k_2 = 1 \text{ (do một cáp đặt trong một rãnh)}$$

Vậy:

$$I_{CP} \geq \frac{242}{0,88 \cdot 1} = 275 \quad (A)$$

- Chọn cáp có các thông số kỹ thuật sau: (PL 4.17 - Hệ thống cung cấp điện).

Cáp ruột nhôm, cách điện bằng giấy tẩm nhựa thông và nhựa không cháy, vỏ chì hay nhôm, đặt trong đất.

Số lõi: 4

Điện áp: 1kV

Nhiệt độ cho phép của ruột cáp: 80°C

Tiết diện ruột: 150mm²

Dòng điện cho phép: 305 A

Điện trở tiêu chuẩn/km: $r_0 = 0,22 \text{ /km}$

Điện kháng tiêu chuẩn/km: $x_0 = 0,06 \text{ } \Omega/\text{km}$

- Vì dây cáp có cầu chì bảo vệ nên phải kiểm tra theo thiết bị bảo vệ đi kèm, theo công thức:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{\beta}$$

Với dòng điện định mức của dây chảy: 260 A và mạng động lực có $\beta = 3$

$$305 \geq \frac{260}{3}$$

Vậy thiết diện cáp chọn đã đạt yêu cầu.

VI. TÍNH CHỌN VÀ KIỂM TRA THANH CÁI (THANH DẪN)

1. Chức năng của thanh cái

Sau khi lắp đặt thiết bị điện vào vị trí như thiết kế, ta cần phải nối hệ thống điện vào với nhau cho hoàn chỉnh để truyền tải và phân phối điện năng. Vì dây dẫn trần có giá thành rẻ hơn, lắp đặt, bảo hành, bảo quản, sửa chữa đơn giản hơn nên phần lớn các thiết bị phân phối điện ở nhà máy điện và trạm biến áp đều dùng dây dẫn trần để nối với nhau. Dây dẫn trần có thiết diện lớn gọi là thanh cái (thanh dẫn).

2. Điều kiện tính chọn

Vì chức năng của thanh cái giống như dây dẫn nên thường được tính chọn theo hai điều kiện sau:

2.1. Tính chọn thanh cái theo điều kiện phát nóng

Cũng giống như yêu cầu đối với dây dẫn, dây cáp điện, thanh cái phải có nhiệt độ làm việc ổn định khi có dòng điện định mức chạy qua trong thời gian lâu dài hay khi nhiệt độ môi trường thay đổi. Muốn như vậy, tính chọn thanh cái theo điều kiện phát nóng là:

$$I_{CPTC} \geq \frac{I_{uTC}}{k_1.k_2.k_3} \quad (A)$$

Trong đó:

I_{uTC} : Dòng điện tính toán trên thanh cái (A).

I_{PTC} : Dòng điện cho phép của mỗi thanh cái khi nhiệt độ thanh cái là 70°C , nhiệt độ môi trường xung quanh là 25°C và thanh cái đặt đứng.

k_1 : Hệ số hiệu chỉnh.

- Khi thanh cái đặt đứng $k_1 = 1$
- Khi thanh cái đặt nằm ngang $k_1 = 0,95$

k_2 : Hệ số hiệu chỉnh xét đến khi thanh cái gồm nhiều thanh ghép lại (tra bảng).

k_3 : Hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường xung quanh (tra bảng).

2.2. Tính chọn thanh cái theo mật độ dòng điện kinh tế

$$S \geq \frac{I_{uTC}}{J_{KT}}$$

Trong đó:

S: Thiết diện của thanh cái (mm^2).

I_{uTC} : Dòng điện tính toán trên thanh cái (A).

J_{KT} : Mật độ dòng điện kinh tế của thanh cái (A/mm^2); J_{KT} phụ thuộc vào vật liệu làm thanh cái và thời gian sử dụng công suất lớn nhất (T_{\max}).

Chú ý:

- Với dòng điện một chiều, do không có hiệu ứng mật ngoài nên hình dáng thanh cái chỉ quan trọng trên phương diện diện tích toả nhiệt. Do vậy, người ta hay sử dụng thanh cái hình chữ nhật, được đúc liên tục có tiết diện lớn. Đối với dòng điện xoay chiều, do có hiệu ứng mật ngoài và các yếu tố khác tạo ra sự tăng điện trở thanh cái nên cần phải hạn chế mức tăng này bằng cách chọn tiết diện hợp lý. Tốt nhất nên chọn 2 thanh cái trong một pha. Đối với dòng điện lớn, 4 thanh cái phẳng trong một pha là hiệu quả nhất; tuy nhiên phải tăng khoảng cách giữa thanh thứ hai và thanh thứ ba ($= 70\text{mm}$) để dòng điện phân bố tốt hơn.

- Để dễ dàng phân biệt được các pha của hệ thống điện, tránh cho thanh cái bị gỉ, kéo dài tuổi thọ của thanh cái, người ta thường sơn thanh cái theo ba màu vàng - xanh - đỏ, tương ứng với ba pha A - B - C của hệ thống điện.

- Thanh cái phải được lắp đặt chắc chắn trên sứ cách điện.

3. Kiểm tra thanh cái

Do dòng điện chạy trong thanh cái lớn nên khi có hiện tượng ngắn mạch, thanh cái chịu tác dụng của lực điện động và nhiệt độ lớn. Điều đó làm cho thanh cái bị biến dạng. Vì vậy, sau khi tính chọn thanh cái, ta phải tiến hành kiểm tra thanh cái đã chọn khi có hiện tượng ngắn mạch.

3.1. Kiểm tra thanh cái theo điều kiện ổn định động

Để kiểm tra ổn định động của thanh cái đã chọn, ta phải so sánh ứng suất trong thanh cái do lực điện động gây ra với ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh cái.

Trong giới hạn môn học, chỉ nghiên cứu đối với thanh cái đơn.

Điều kiện ổn định động đối với thanh cái đơn là:

$$\sigma_{TT} \leq \sigma_{TP} \text{ (kG/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

σ_{CP} : Ứng suất cho phép của thanh cái.

Thanh cái bằng nhôm loại AT có $\sigma_{CP} = 700 \text{ kG/cm}^2$.

Thanh cái bằng đồng loại MT có $\sigma_{CP} = 400 \text{ kG/cm}^2$.

σ_{TT} : Ứng suất tính toán của thanh cái.

Trình tự tính toán ứng suất tính toán của thanh cái như sau:

Bước 1: Xác định lực tính toán F_{tt} do tác dụng của dòng ngắn mạch gây ra:

$$F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{a} \cdot i_{xk}^2 \quad (\text{kG})$$

Trong đó:

i_{xk} : Dòng điện xung kích khi có ngắn mạch ba pha (kA).

l : Khoảng cách giữa các sứ của một pha (nhịp) (cm).

a : Khoảng cách giữa các pha (cm).

Bước 2: Xác định mô men uốn M trên thanh cái:

- Khi thanh cái có 3 nhịp:

$$M = \frac{F_{tt} \cdot l}{10} \quad (\text{kGcm})$$

- Khi thanh cái có 2 nhịp:

$$M = \frac{F_{tt} \cdot l}{8} \quad (\text{kGcm})$$

Bước 3: Xác định ứng suất tính toán trong thanh cái:

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W} \quad (\text{kG/cm}^2)$$

Trong đó:

W : Mô men chống uốn của thanh cái (cm^3).

- Thanh cái đặt đứng: $W = bh^2 / 6 \text{ (cm}^3\text{)}$

- Thanh cái đặt nằm: $W = hb^2 / 6 \text{ (cm}^3\text{)}$

Với b và h là chiều rộng và bề dày của thanh cái (xét với thanh cái hình chữ nhật).

Bước 4: So sánh σ_{TT} với σ_{CP} để kết luận.

Nếu thanh cái đã chọn có $\sigma_{CP} < \sigma_{TT} \rightarrow$ không đạt yêu cầu, phải chọn và kiểm tra lại.

3.2. Kiểm tra thanh cái theo điều kiện ổn định nhiệt

Khi dòng ngắn mạch chạy qua thanh cái thì nhiệt độ thanh cái sẽ tăng lên, gây ra hiện tượng cong, vênh làm biến dạng thanh cái. Vì vậy, cần phải kiểm tra ổn định nhiệt của thanh cái để đảm bảo nhiệt độ thanh cái không vượt quá trị số giới hạn cho phép lúc đốt nóng ngắn hạn.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo công thức:

$$S_{nh} = \alpha \cdot I_N \cdot \sqrt{t_{qd}} \quad (\text{mm}^2)$$

Trong đó:

S_{nh} : Thiết diện ổn định nhiệt (mm^2).

α : Hệ số nhiệt độ. Thanh cái bằng đồng: = 6.

Thanh cái bằng nhôm: = 11.

Thanh cái bằng thép: = 15.

I_N : Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch ổn định (kA).

$\sqrt{t_{qd}}$: Thời gian ngắn mạch đã quy đổi. Nó thường được tính như là tổng thời gian tác động của bảo vệ chính đặt tại chỗ máy cắt điện sự cố với thời gian tác động toàn phần của máy cắt điện đó (0,5s - 1s).

Sau đó so sánh với tiết diện thanh cái đã chọn:

Nếu $S \geq S_{nh}$: Thanh cái đã chọn đảm bảo yêu cầu về ổn định nhiệt.

4. Ví dụ áp dụng

Hãy tính chọn và kiểm tra thanh cái của một trạm biến áp có:

- Dòng điện của phụ tải $I_{TT} = 500\text{A}$.
- Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại thanh cái $I_N = 47\text{kA}$.
- Hệ số xung kích $k_{xk} = 1,73$.
- Thời gian làm việc với công suất lớn nhất của trạm biến áp: $T_{max} = 6000\text{h}$.

Giải

- + Chọn thanh cái theo điều kiện mật độ dòng điện kinh tế:
- Chọn vật liệu làm thanh cái bằng đồng.
- Chiều dài 2,1m.

- Khoảng cách giữa các sứ đỡ là 0,7m - có 3 nhịp.
- Khoảng cách giữa các pha $a = 0,5\text{m}$.

Vì thời gian làm việc với công suất lớn nhất của trạm biến áp là 6000h nên lấy $J_{KT} = 1,8 \text{ A/mm}^2$.

Chọn tiết diện thanh cái:

$$S \geq \frac{I_{uTC}}{J_{KT}}$$

$$S \geq \frac{500}{1,8} = 278 \quad (\text{mm}^2)$$

Tra phụ lục số 13-7, trang 603, sách “Cẩm nang thiết bị đóng cắt”, chọn thanh cái đồng có tiết diện $S = 300 \text{ mm}^2$ ($h = 30\text{mm}$; $b = 10\text{mm}$).

+ Kiểm tra thanh cái đã chọn theo điều kiện ổn định lực điện động:

Vì chọn thanh cái bằng đồng nên $\sigma_{CP} = 1400 \text{ kG/cm}^2$.

Tính ứng suất tính toán của thanh cái như sau:

Bước 1: Xác định lực tính toán F_{TT} :

$$F_u = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{a} \cdot i_{xk}^2 \quad (\text{kG})$$

Trong đó: dòng điện ngắn mạch xung kích:

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_N = 1,41 \cdot 1,73 \cdot 47 = 114,65 \quad (\text{kA})$$

$$\text{Nên: } F_u = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{70}{50} \cdot 114,65^2 = 262,89 \quad (\text{kG})$$

Bước 2: Xác định mô men uốn M :

Vì chọn thanh cái có 3 nhịp nên:

$$M = \frac{F_u \cdot l}{10} \quad (\text{kGcm})$$

$$M = \frac{262,89 \cdot 70}{10} = 1840,23 \quad (\text{kGcm})$$

Bước 3: Xác định ứng suất tính toán:

Tính mô men chống uốn của thanh cái: Vì chọn thanh cái bằng đồng, thiết diện hình chữ nhật, đặt đứng nên mô men chống uốn là:

$$W = bh^2 / 6 = 1 \cdot 3^2 / 6 = 1,5 \quad (\text{cm}^3)$$

Vậy ứng suất tính toán là:

$$\sigma_{TT} = \frac{M}{W} \quad (\text{kG/cm}^2)$$

$$\sigma_{TT} = \frac{1840,23}{1,5} = 1226,82 \quad (\text{kG/cm}^2)$$

So sánh với ứng suất cho phép, ta thấy:

$$\sigma_{TT} = 1226,82 \text{ (kG/cm}^2) \leq \sigma_{CP} = 1400 \text{ (kG/cm}^2)$$

Vậy thanh cái đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định lực điện động.

+ Kiểm tra thanh cái đã chọn theo điều kiện ổn định nhiệt:

Vì chọn thanh cái bằng đồng nên: $\alpha = 6$.

Biết $I_N = 47(\text{kA})$. Lấy thời gian ngắn mạch đã quy đổi $t_{qd} = 0,8\text{s}$

Ta có:

$$S_{nh} = \alpha \cdot I_N \cdot t_{qd} = 6 \cdot 47 = 169,2 \quad (\text{mm}^2)$$

So sánh với thiết diện thanh cái ta đã chọn:

$$S = 300 \text{ (mm}^2) \geq S_{nh} = 169,2 \quad (\text{mm}^2)$$

Vậy thanh cái đã chọn đảm bảo yêu cầu ổn định nhiệt.

VII. TÍNH CHỌN TỦ PHÂN PHỐI VÀ TỦ ĐỘNG LỰC

1. Chức năng của tủ phân phối và tủ động lực

- Tủ phân phối: Làm nhiệm vụ lấy nguồn từ trạm biến áp và cấp nguồn cho các tủ động lực. Ngoài ra, trong một số trường hợp nó còn có thể cấp nguồn cho các một số phụ tải chính như: máy điều hoà trung tâm, thang máy, hệ thống bơm nước...

- Tủ động lực: Làm nhiệm vụ lấy nguồn từ tủ phân phối và cấp nguồn cho các phụ tải là các thiết bị biến điện năng sang các dạng năng lượng khác như động cơ, lò sấy, đèn chiếu sáng...

2. Điều kiện tính chọn

- Chọn loại tủ:

+ Tủ tự chế tạo.

+ Tủ hợp bộ: Được chế tạo bởi một nhà máy hay công ty nào đó. Với tủ hợp bộ, mọi kích thước, thiết bị lắp trong tủ đều đã được chế tạo theo thiết kế sẵn có của nhà máy, khi mua về chỉ cần lắp đặt, đấu điện vào đầu vào và đầu ra của tủ.

- Chọn sơ đồ nối dây của tủ:
 - + Sơ đồ hình tia.
 - + Sơ đồ phân nhánh.
 - + Sơ đồ hỗn hợp.
- Chọn các thiết bị đóng cắt, bảo vệ, đo lường và an toàn lắp trong tủ: xem các bài tính chọn của các thiết bị điện hạ áp.

VIII. TÍNH CHỌN ỐNG BẢO VỆ

Khi thiết kế một hệ thống cung cấp điện, tùy theo yêu cầu và đặc điểm của hệ thống đường dây mà ta lựa chọn phương pháp đi dây cho phù hợp, đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật và an toàn.

Theo “Quy phạm về điện” - QPXD 27-66, khi thiết kế và thi công đường dây cung cấp điện phải đảm bảo một số các yêu cầu sau:

- Đường dây cung cấp điện phải đảm bảo kiểm tra một cách thuận lợi để dàng phát hiện chỗ xảy ra sự cố và sửa chữa.
- Ở những môi trường có nguy cơ nổ, cháy, ăn mòn kim loại thì phải sử dụng dây dẫn, dây cáp ruột đồng và đi dây ngầm.
- Khi dây cáp xuyên qua móng nhà, tường nhà, trần nhà thì phải bảo vệ dây bằng ống.
- Khi đặt ống nơi ẩm ướt phải đảm bảo độ dốc để nước có thể thoát ra ngoài. Tránh đặt đường ống nước song song với đường ống dây dẫn điện có thể gây sự ngưng tụ hơi nước trong đường ống.
- Không cho phép nối dây và rẽ nhánh cáp trong đường ống.

1. Chức năng của ống bảo vệ

Ống bảo vệ có chức năng bảo vệ dây dẫn, dây cáp điện.

2. Điều kiện tính chọn ống bảo vệ

2.1. Chọn loại ống

Tùy thuộc vào tính chất của mạng điện mà ta chọn các loại ống khác nhau cho thích hợp:

- Nếu dùng ống bảo vệ trong mạng điện chiếu sáng, có các loại:
 - + Ống nhựa mềm
 - + Ống nhựa cứng

- + Ống cao su nửa cứng
- Nếu dùng ống bảo vệ mạng điện động lực:
- + Ống kim loại mỏng
- + Ống thép
- + Ống gang

2.2. Chọn đường kính ống

Căn cứ vào số lượng dây hoặc cáp đặt trong ống và đường kính dây, cáp mà ta chọn đường kính ống cho phù hợp:

- Trường hợp 1 dây hoặc 1 cáp đặt trong 1 ống:

$$\frac{D}{k} \geq d$$

- Trường hợp 2 dây hoặc 2 cáp đặt trong 1 ống:

$$\frac{D}{k} \geq \frac{d_1 + d_2}{2}$$

- Trường hợp 3 dây hoặc 3 cáp trở lên đặt trong 1 ống:

$$k.D^2 \geq n_1.d_1^2 + n_2.d_2^2 + n_3.d_3^2 + \dots$$

Trong đó:

k: Hệ số xét đến mức độ phức tạp đặt trong ống (tra bảng).

D: Đường kính trong của ống.

d_1, d_2 : Đường kính ngoài của dây hoặc cáp.

n_1, n_2 : Số lượng dây hoặc cáp đặt trong ống.

Trên thị trường hiện nay các loại ống nhựa cứng PVC, ống tôn, ống hợp kim kẽm bên trong có lớp giấy tẩm nhựa đường thường được chế tạo với các đường kính 7; 9; 11; 13,5; 16; 23; 29; 36; và 48mm và chiều dài ống khoảng 3m.

3. Những điều cần chú ý khi lựa chọn và lắp đặt ống bảo vệ

3.1. Lựa chọn ống bảo vệ

Khi lựa chọn ống bảo vệ, cần phải chú ý một số điểm cơ bản sau:

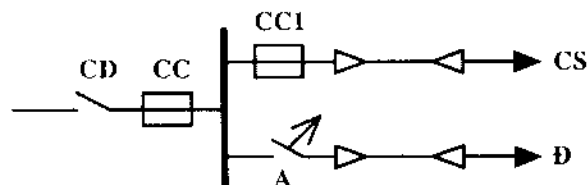
- Không lựa chọn ống nhựa khi nhiệt độ nơi đặt ống 60°C.
- Ở những nơi ẩm thấp thường xuyên, nên lựa chọn phương án đi dây nổi.

3.2. Lắp đặt ống bảo vệ

- Tất cả các đường ống bảo vệ bằng kim loại đều phải được nối đất bảo vệ để tránh trường hợp rò điện từ đường dây cáp.
- Khi ống bảo vệ đi nổi, đường ống phải được giữ cố định trên tường nhờ các móc đỡ. Khoảng cách giữa các móc đỡ từ 0,5m đến 0,7m (QPXD 27-66).
- Khi ống bảo vệ đi chìm, đường ống phải được đặt nơi khô ráo.
- Tại các vị trí nối đường ống, phải được thực hiện bằng các hộp nối ống dài, chữ T hoặc L.
- Tại vị trí bẻ góc đường ống, nếu không có mối nối rẽ thì phải uốn cong đường ống với bán kính uốn bằng 10 lần đường kính ống và phải uốn bằng dụng cụ uốn ống.
- Khi luồn dây trong ống, phải sử dụng ống cách điện miệng ống (bằng sứ cách điện, bên ngoài có vỏ bọc bằng tôn, đặt ở đầu miệng ống) để tránh làm hỏng lớp cách điện của đường dây.

Câu hỏi ôn tập

1. Nêu chức năng, điều kiện tính chọn và kiểm tra cầu dao điện?
2. Nêu chức năng, điều kiện tính chọn và kiểm tra cầu chì?
3. Nêu chức năng, điều kiện tính chọn và kiểm tra áp tô mát?
4. Nêu chức năng, điều kiện tính chọn và kiểm tra thanh cái?
5. Nêu chức năng, điều kiện tính chọn và những điều cần chú ý khi lắp đặt ống bảo vệ?
6. Nêu điều kiện tính chọn và kiểm tra dây dẫn, dây cáp điện?
7. Tính chọn cầu dao, cầu chì, áp tô mát, dây cáp để cung cấp điện cho động cơ và phụ tải chiếu sáng theo sơ đồ sau:



$$P_{CS} = 20\text{kW}; \cos\varphi = 0,8$$

$$P_{Đ} = 14\text{kW}; \cos\varphi = 0,7; K_{KD} = 5$$

Chương 7

BẢO VỆ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Mục tiêu

- Giải thích được nguyên lý làm việc của một số sơ đồ tự động bảo vệ hệ thống cung cấp điện.
- Thiết kế được hệ thống nối đất bảo vệ và hệ thống chống sét cho phân xưởng hoặc trạm biến áp xí nghiệp.

Nội dung tóm tắt

- Các sơ đồ thường được dùng để bảo vệ hệ thống cung cấp điện: bảo vệ quá dòng (cắt nhanh hoặc cắt có thời gian duy trì); bảo vệ điện áp thấp; tự động đóng dự trữ.
- Đường dây cung cấp điện, trạm biến áp, phân xưởng phải được bảo vệ chống sét.
- Để tăng cường biện pháp bảo vệ cho người và thiết bị, nên thực hiện việc nối đất bảo vệ ($R_{nd} \leq 4$).

I. CÁC HÌNH THỨC BẢO VỆ TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN (CCĐ)

1. Giới thiệu chung

Trong quá trình vận hành hệ thống cung cấp điện, có thể xuất hiện tình trạng sự cố và chế độ làm việc không bình thường của các phần tử trong hệ thống, tạo ra các sự cố làm rối loạn sự hoạt động bình thường của hệ thống điện nói chung và các phụ tải điện nói riêng.

Muốn duy trì sự hoạt động bình thường của hệ thống và của các hộ tiêu thụ điện khi sự cố xuất hiện, cần phải phát hiện càng nhanh càng tốt nơi xảy ra sự cố và cách ly chúng ra khỏi hệ thống, phần còn lại vẫn phải được hoạt động một cách bình thường; đồng thời giảm đến mức nhỏ nhất những thiệt hại do phần có sự cố gây ra.

Thiết bị bảo vệ bằng rơle (gọi tắt là bảo vệ rơle) là loại thiết bị tự động bảo vệ có chức năng thực hiện tốt các yêu cầu trên. Bảo vệ rơle theo dõi liên tục tình trạng và chế độ làm việc của tất cả các phần tử của hệ thống cung cấp điện. Khi xuất hiện sự cố, bảo vệ rơle sẽ phát hiện, cắt và loại trừ phần tử hư hỏng ra khỏi hệ thống điện bằng máy cắt điện.

Do đó, các rơle bảo vệ cần phải tác động nhanh với độ tin cậy và khả năng có thể đáp ứng cao nhất của hệ thống.

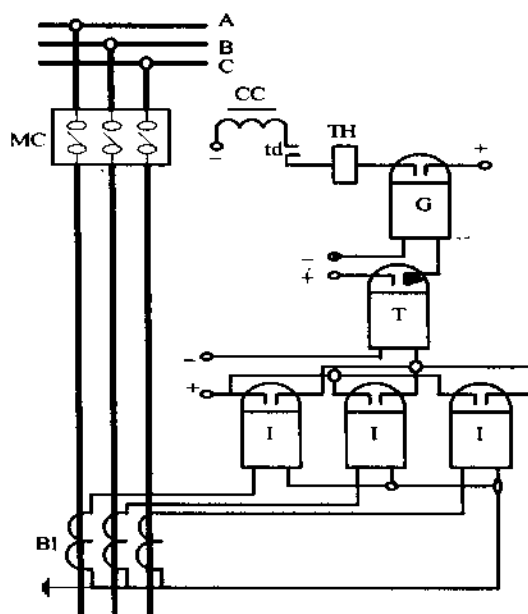
2. Các sơ đồ bảo vệ điện hình bằng rơle dùng trong hệ thống CCD

2.1. Bảo vệ dòng điện

Bảo vệ dòng điện tác động trong trường hợp dòng điện của vùng cần bảo vệ tăng lên quá lớn do quá tải hay ngắn mạch. Những bảo vệ này được thực hiện bằng rơle dòng điện.

+ Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì:

Được dùng để bảo vệ tình trạng quá tải của hệ thống điện và làm bảo vệ dự phòng cho các loại bảo vệ khác.



Hình 7.1: Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì
(biến dòng nối hình sao hoàn toàn)

Trong đó:

BI: Máy biến dòng 3 pha.

MC: Máy cắt.

I: Rơle dòng điện.

T: Rơle thời gian (có tiếp điểm, thường mở đóng chậm).

G: Role trung gian.

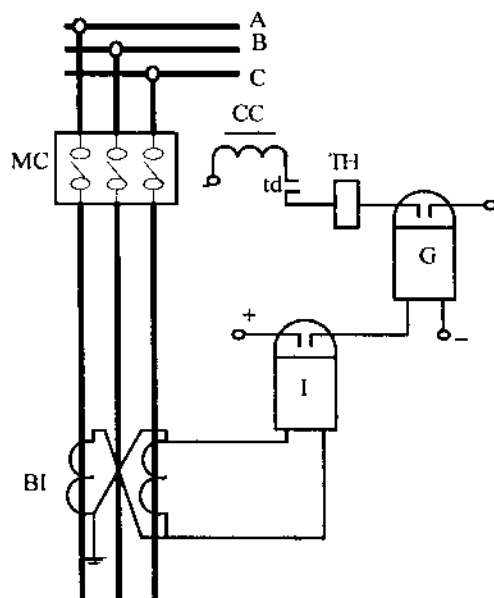
TH: Role tín hiệu.

td: Tiếp điểm thường mở của máy cắt.

CC: Cuộn dây cắt của máy cắt.

- Bảo vệ dòng điện cắt nhanh:

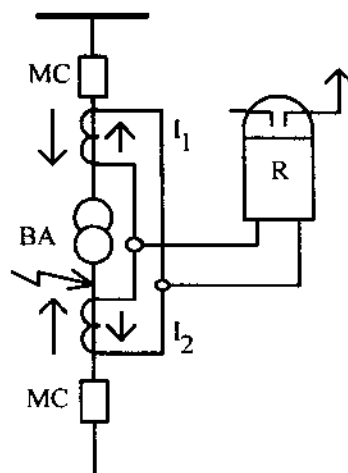
Loại bảo vệ này cũng là loại bảo vệ dòng điện, nhưng tác động ngay khi có sự cố, không có thời gian duy trì để nhanh chóng loại trừ dòng ngắn mạch.



Hình 7.2: Sơ đồ bảo vệ dòng điện cắt nhanh (biến dòng nối hình số 8)

- Bảo vệ dòng điện so lệch:

Hình 7.3: Bảo vệ dòng điện so lệch cho máy biến áp



Bảo vệ dòng điện so lệch cũng là loại bảo vệ dòng điện cắt nhanh.

Sơ đồ bảo vệ dòng điện so lệch làm việc theo nguyên tắc so sánh dòng điện ở những điểm cuối của các phần tử cần bảo vệ. Ở cả hai phía (đầu và cuối) của máy biến áp hay đường dây cần bảo vệ, người ta đặt các biến dòng để phản ánh dòng điện chạy trong vùng bảo vệ. Các cuộn dây thứ cấp của biến dòng được nối sao cho dòng điện chạy trong role bằng hiệu hai dòng điện chạy trong hai biến dòng:

$$I_R = I_1 - I_2$$

- Khi không có hiện tượng ngắn mạch trong máy biến áp hoặc ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, ta có $I_1 = I_2$; $I_R = 0$ nên role không tác động.

- Khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ, $I_2 = 0$ (nếu hệ thống chỉ có một nguồn cung cấp hoặc không có dòng điện trả về nguồn của các động cơ không đồng bộ) hoặc $I_R = I_1 + I_2$ (nếu hệ thống có hai nguồn cung cấp hoặc có dòng điện trả về nguồn của các động cơ không đồng bộ nên I_2 cùng chiều với I_1), làm cho $I_R \neq 0$. Role tác động, cắt điện cuộn dây máy cắt và cắt máy biến áp ra khỏi nguồn.

Muốn vậy, các cuộn dây của máy biến dòng phải được chế tạo cùng tỷ số biến đổi, cùng góc lệch pha, không có sai số.

So với sơ đồ bảo vệ dòng điện, sơ đồ bảo vệ dòng điện so lệch có ưu điểm là chính xác, không có “vùng chết” nhưng sơ đồ phức tạp, giá thành cao nên chỉ dùng cho những máy biến áp có công suất lớn, những máy biến áp có phụ tải đặc biệt quan trọng. Không dùng để bảo vệ cho đường dây vì dây dẫn trong mạch điều khiển phải kéo dài, gây tổn kém.

2.2. Bảo vệ điện áp

Bảo vệ điện áp được thực hiện bằng các role điện áp cực đại. Role sẽ tác động khi điện áp nguồn tăng cao hơn điện áp cho phép của hệ thống.

2.3. Bảo vệ khoảng cách

Bảo vệ khoảng cách được thực hiện bằng role tổng trở. Khi hệ thống làm việc bình thường, role bảo vệ đo được một giá trị tương đối cao tổng trở của mạch cần bảo vệ. Khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ, tổng trở sẽ giảm đi nhiều, làm cho dòng điện tăng đáng kể; role tổng trở sẽ tác động, cắt vùng cần bảo vệ ra khỏi nguồn.

2.4. Bảo vệ tần số cao

Bảo vệ tần số cao thuộc loại tác động nhanh. Hệ thống sẽ tác động khi tần số của lưới điện tăng cao. Việc truyền tín hiệu được thông qua “Kênh vô

tuyến". Tại mỗi đầu đường dây có đặt một hệ thống thu - phát với tần số cực ngắn (sóng dm hay cm tương đương 300 - 30 000MHz để truyền tín hiệu).

Bảo vệ tần số cao sử dụng kênh vô tuyến cho phép thực hiện bảo vệ chọn lọc và tác động nhanh đối với lưới điện có cấu tạo phức tạp.

2.5. Bảo vệ máy biến áp bằng role hơi

Đối với máy biến áp có công suất lớn ($S \geq 1000$ kVA), người ta có thể thay bảo vệ dòng cắt nhanh bằng bảo vệ dòng điện lệch. Ngoài ra đối với máy biến áp dầu, người ta quy định phải dùng thêm role hơi để bảo vệ quá tải và các dạng ngắn mạch bên trong máy biến áp.

Role hơi được đặt trong đoạn nối giữa thùng dầu phụ và thùng dầu chính của máy biến áp. Role hơi là một cái phao có gắn hai tiếp điểm.

Khi máy biến áp có hiện tượng ngắn mạch giữa các pha, hoặc giữa các vòng dây, hoặc quá tải, dòng điện trong máy biến áp sẽ tăng cao, dầu trong máy biến áp sẽ bốc hơi mạnh làm áp lực dầu tăng, role sẽ nghiêng đi so với trạng thái cân bằng.

Nếu sự cố nhẹ, role nghiêng đi ít, sẽ đóng tiếp điểm số 1 để báo tín hiệu cho công nhân vận hành biết. Nếu sự cố nặng, role nghiêng đi nhiều, sẽ đóng tiếp điểm số 2, cấp điện cho cuộn dây của máy cắt, cắt máy biến áp ra khỏi lưới.

Đặc điểm:

- Cấu tạo đơn giản, độ nhạy cao nên được sử dụng rộng rãi để bảo vệ máy biến áp.
- Kém nhạy ở những sự cố ở phía đầu ra của máy biến áp.

2.6. Bảo vệ chạm đất

Ở những lưới điện có điện áp lớn, khi có hiện tượng ngắn mạch 1 pha chạm đất sẽ rất nguy hiểm. Vì vậy, phải có hệ thống bảo vệ khi có ngắn mạch chạm đất. Thông thường, người ta sử dụng các role bảo vệ dòng cắt nhanh.

II. CHỐNG SÉT TRONG HỆ THỐNG CCĐ

1. Khái niệm chung

- Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây mang điện tích trái dấu hay giữa đám mây với đất.

- Năng lượng của sét là rất lớn: điện áp 25 kV - 30kV; dòng điện 50 kA -

100kA; nhiệt độ 10.000°C ; thời gian rất ngắn 20 - 30μs nên rất nguy hiểm cho người và thiết bị. Vì vậy, các công trình xây dựng, đặc biệt là hệ thống cung cấp điện phải có chống sét.

- Thiết bị chống sét là thiết bị được ghép song song với các thiết bị điện khác để bảo vệ quá điện áp khí quyển. Khi xuất hiện quá điện áp khí quyển (có sét đánh), nó sẽ làm việc trước để giảm điện áp đặt lên thiết bị, tránh nguy hiểm cho thiết bị.

2. Điện trở nối đất chống sét tiêu chuẩn

- Trạm biến áp có trung tính nối đất trực tiếp, điện áp $\geq 110\text{kV}$:

$$R_{ic} \leq 0,5\Omega$$

- Trạm biến áp có trung tính nối đất trực tiếp, điện áp $\leq 110\text{kV}$:

$$R_{ic} \leq 4\Omega$$

- Trạm biến áp có công suất nhỏ ($\leq 100\text{kVA}$):

$$R_{ic} \leq 10\Omega$$

- Các công trình xây dựng công nghiệp và dân dụng:

$$R_{ic} \leq 4 - 10\Omega$$

3. Các loại chống sét cho hệ thống cung cấp điện

3.1. Chống sét đánh trực tiếp

- Sử dụng kim thu sét: Để thu dòng điện sét, sau đó dẫn dòng điện sét xuống đất.

- Sử dụng lưới chống sét: Thu dòng điện sét bằng hệ thống nhiều kim lập thành lưới, sau đó dẫn dòng điện sét xuống đất.

- Sử dụng đường dây chống sét: Đặt phía trên song song với đường dây tải điện một đường dây có tác dụng thu dòng điện sét, sau đó dẫn dòng điện sét xuống đất.

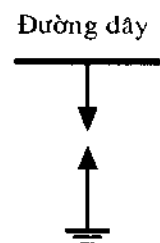
3.2. Chống sét lan truyền theo đường dây vào trạm biến áp

3.2.1. Khe hở phóng điện

Khe hở phóng điện là thiết bị chống sét đơn giản nhất gồm có hai điện cực: một điện cực nối với dây dẫn điện, còn điện cực kia nối với hệ thống nối đất chống sét.

Khi hệ thống điện làm việc bình thường, khe hở cách ly phân tử mang điện (dây dẫn) với đất. Khi có hiện tượng quá điện áp (sét đánh vào đường dây), khe hở sẽ phóng điện sẽ truyền dòng điện sét xuống hệ thống nối đất chống sét.

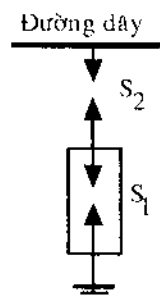
- Ưu điểm: Đơn giản, rẻ tiền.
- Nhược điểm: Do không có bộ phận dập hồ quang nên khi phóng điện sẽ gây nên hiện tượng ngắn mạch tạm thời làm các rơle bảo vệ có thể tác động nhầm.
- Phạm vi áp dụng: Dùng để bảo vệ phụ hay kết hợp với thiết bị chống sét khác.



3.2.2. Chống sét ống

Gồm hai khe hở phóng điện S_1 và S_2 (kí hiệu như hình vẽ). Khe hở S_1 đặt trong một ống làm bằng vật liệu sinh khí (fibro bakêlít). Khi có hiện tượng quá điện áp, cả hai khe hở S_1 và S_2 đều phóng điện, đưa dòng điện sét xuống đất.

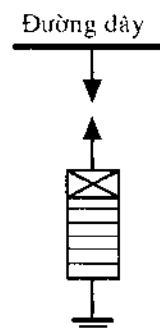
- Ưu điểm: Hiệu quả hơn khe hở phóng điện.
- Nhược điểm: Khả năng dập tắt hồ quang còn hạn chế.
- Phạm vi áp dụng: Dùng để bảo vệ cho đường dây không có dây chống sét hoặc làm phân tử phụ trong sơ đồ bảo vệ trạm biến áp.

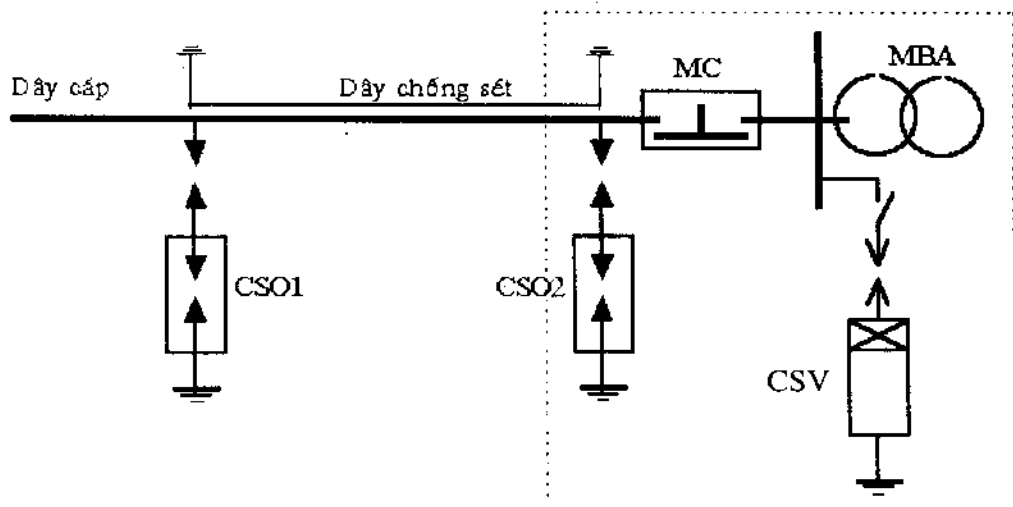


3.2.3. Chống sét van

Gồm hai phần tử chính là khe hở phóng điện và điện trở làm việc (kí hiệu như hình vẽ). Khe hở phóng điện là một chuỗi các khe hở. Điện trở phóng điện là điện trở phi tuyến làm bằng chất Vilit có tính chất đặc biệt: khi điện áp tăng thì điện trở giảm để tăng khả năng dẫn điện; khi điện áp bình thường thì điện trở tăng để tăng khả năng cách điện.

- Ưu điểm: Có khả năng dập hồ quang cao (ở một số van chống sét còn có hệ thống thoát khí để phòng nổ vỏ sứ).
- Nhược điểm: Giá thành cao.
- Phạm vi ứng dụng: Bảo vệ thiết bị và những trạm biến áp quan trọng.





Hình 7.4: Sơ đồ chống sét cho trạm biến áp 35kV

4. Thiết kế chống sét đánh trực tiếp bằng kim thu sét

4.1. Bộ phận của hệ thống chống sét đánh trực tiếp

- Bộ phận thu sét: Là một thanh kim loại, phía đầu được mạ kẽm hoặc sơn dẫn điện, đặt phía trên công trình. Kim thu sét có thể làm bằng thép tròn hoặc thép ống, đường kính 12 - 16mm.

- Dây dẫn sét: Bằng kim loại, đường kính 10 - 12mm, đặt theo đường ngắn nhất nối giữa kim thu sét và bộ phận nối đất. Dây dẫn sét phải đặt cách xa cửa ra vào hoặc lối đi ít nhất 5m và cách công trình 100mm.

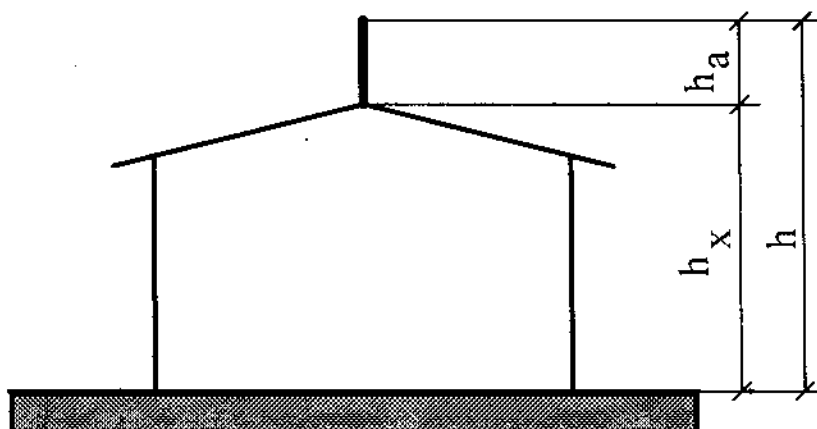
- Bộ phận nối đất: Gồm nhiều cọc nối đất và thanh nối đất ghép lại, đặt cách móng công trình 5m. Riêng đối với khu đông dân cư và khu trại chăn nuôi gia súc, phải đặt cách 10m, để phòng điện áp bước.

4.2. Phạm vi bảo vệ của một kim thu sét

Khoảng không gian gần cột thu sét mà vật được bảo vệ đặt trong đó rất ít khả năng bị sét đánh, gọi là phạm vi bảo vệ của kim thu sét.

Phạm vi bảo vệ của kim thu sét là một hình nón cong tròn xoay, có tiết diện ngang là những đường tròn; đường sinh có dạng gãy khúc.

* Bán kính của đường tròn phụ thuộc vào chiều cao của kim thu sét



Hình 7.5: Kích thước công trình có kim thu sét

- Giả sử có chiều cao công trình h_x
- Chiều dài kim thu sét h_a
- Chiều cao tính toán của kim thu sét: $h = h_x + h_a$

Nếu $h_x / h \leq 2/3$ thì bán kính của đường tròn được tính:

$$R_x = 1,5 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8 \cdot h} \right) \cdot P$$

Nếu $h_x / h > 2/3$ thì bán kính của đường tròn được tính:

$$R_x = 0,75 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{h} \right) \cdot P$$

Trong đó:

P là hệ số. Với $h \leq 30\text{m} \rightarrow P = 1$

Với $h > 30\text{m} \rightarrow P = 5,5 / \sqrt{h}$

Có thể xác định R_x theo công thức gần đúng của Liên Xô (cũ):

$$R_x = \frac{1,6 \cdot h_a}{1 + \frac{h_x}{h}} \cdot P$$

* Chiều cao kim thu sét được xác định khi biết chiều cao (h_x) và bề rộng (b_x) công trình cần bảo vệ:

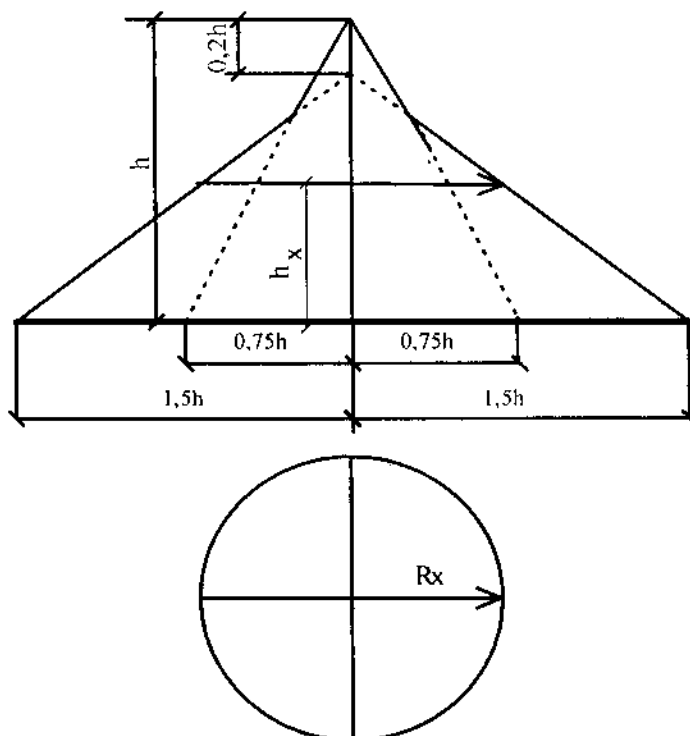
- Nếu $h_x / R_x \leq 2,67$ thì chiều cao kim thu sét được tính:

$$h = \frac{r_x + 1,9.h_x}{1,5}$$

- Nếu $h_x / R_x > 2,67$ thì chiều cao kim thu sét được tính:

$$h = \frac{r_x + 0,75.h_x}{0,75}$$

* Đường bao ngoài của hình nón được xác định theo hình vẽ sau:



Hình 7.6: Phạm vi bảo vệ của một kim thu sét

Như vậy, tất cả các công trình có kích thước nằm phía trong phạm vi của hình nón đều được bảo vệ khỏi bị sét đánh.

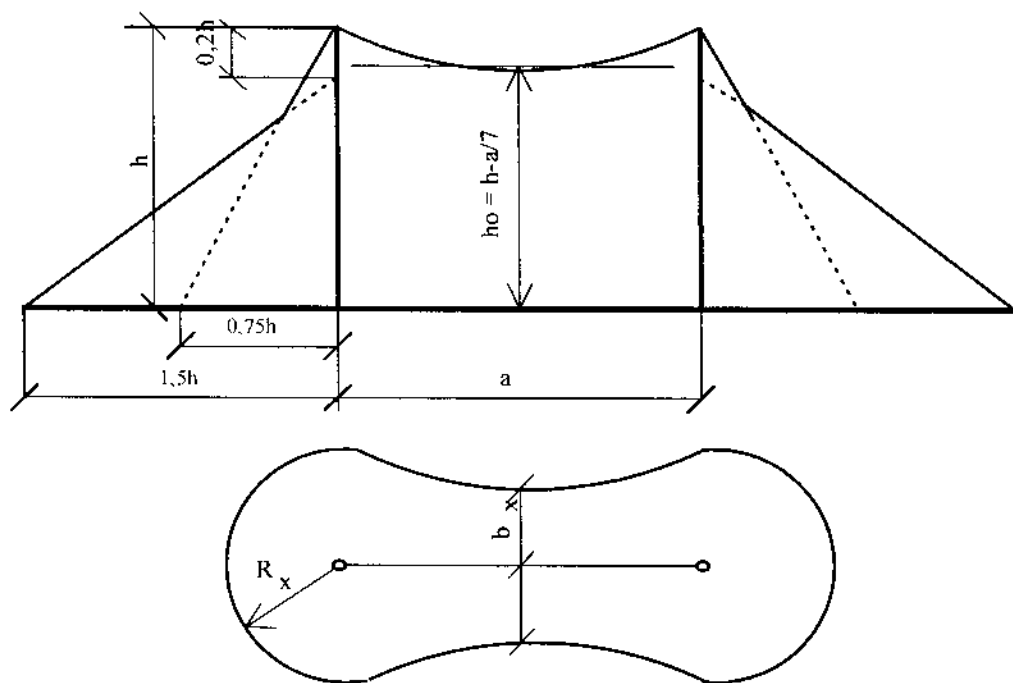
4.3. Phạm vi bảo vệ của hai kim thu sét

Trong nhiều trường hợp, nếu muốn bảo vệ công trình thì kim thu sét phải rất cao, gây khó khăn cho việc thi công và hay bị ảnh hưởng của thời tiết (gió, bão). Để khắc phục tình trạng này, người ta sử dụng hai kim thu sét.

– Khoảng cách a giữa hai cột phải thỏa mãn điều kiện:

$$a / h_a \leq 7$$

- Phạm vi bảo vệ phía ngoài của hai kim thu sét giống như phạm vi bảo vệ của 1 kim.



Hình 7.7: Phạm vi bảo vệ của hai kim thu sét

- Bán kính bảo vệ R_x được xác định như phần 1 kim.

- Bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ giữa hai kim, tương ứng với độ cao h_x được xác định:

$$b_x = 2R_x \cdot \frac{7.h_a - a}{14.h_a - a}$$

Trong đó:

a: Khoảng cách giữa hai cột thu sét

h_a : Chiều dài kim thu sét

+ Chiều cao thấp nhất của cung bảo vệ được xác định:

$$h_0 = h - \frac{a}{7}$$

Nếu biết h_x và b_x thì có thể xác định được chiều cao thấp nhất của vùng bảo vệ giữa hai kim thu sét:

+ Nếu $h_x / b_x \leq 2,67$:

$$h_0 = \frac{b_x + 1,875.h_x}{1,5}$$

- Nếu $h_x / b_x > 2,67$:

$$h_0 = \frac{b_x + 0,75.h_x}{0,75}$$

4.4. Phạm vi bảo vệ của bốn kim thu sét

- Trường hợp công trình đặt nhiều cột thu lôi thì phần ngoài của phạm vi bảo vệ cũng được xác định như trên (điều kiện $a/h_a \leq 7$).

- Không cần vẽ phạm vi bảo vệ bên trong các cột mà chỉ cần kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn. Công trình có độ cao h_x sẽ được bảo vệ nếu thỏa mãn điều kiện:

$$D \leq 8 (h - h_x) = 8. h_a \quad \text{với } h \leq 30\text{m}$$

$$D \leq 8 (h - h_x). P \quad \text{với } h > 30\text{m}$$

Trong đó:

D: Đường kính vòng tròn ngoại tiếp của đa giác hình thành bởi các cột thu sét.

5. Ví dụ áp dụng

Hãy kiểm tra khả năng chống sét đánh trực tiếp của hai kim thu sét bảo vệ cho một trạm biến áp có kích thước 2m x 7m; chiều cao $h_x = 8\text{m}$.

Khoảng cách giữa hai kim thu sét $a = 8\text{m}$

Chiều dài của kim thu sét $h_a = 2\text{m}$.

Giải

- Tính tỉ số a / h_a

$$a / h_a = 8 / 2 = 4$$

- Chiều cao thực tế của kim thu sét:

$$h = h_x + h_a = 8 + 2 = 10\text{m}$$

- Bán kính bảo vệ của hai kim thu sét ứng với chiều cao công trình 8m

$$R_x = \frac{1,6.h_a}{1 + \frac{h_x}{h}} . P$$

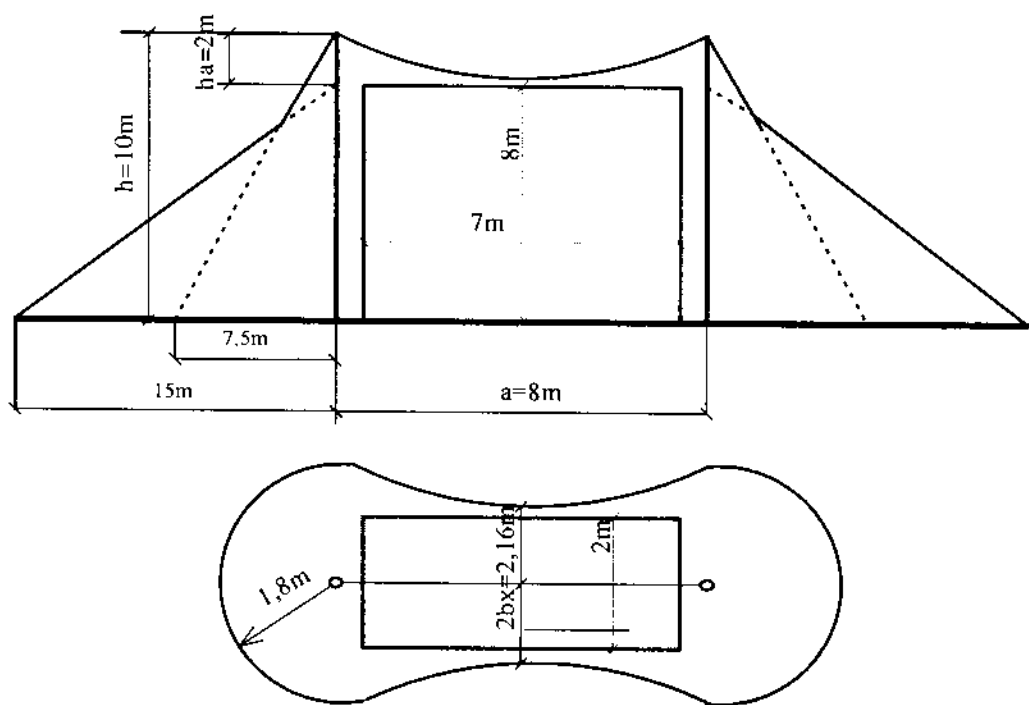
$$R_x = \frac{1,6.2}{1 + \frac{8}{10}} . 1 = 1,8\text{m}$$

- Tính bề ngang hẹp nhất của phạm vi bảo vệ giữa hai kim thu sét tương ứng với độ cao 8m

$$b_x = 2R_x \cdot \frac{7.h_a - a}{14.h_a - a}$$

$$b_x = 2.1,8 \cdot \frac{7.2 - 8}{14.2 - 8} = 1,08$$

Như vậy, với chiều cao của hai kim thu sét (2m) đặt cách nhau 8m, ta thấy trạm biến áp hoàn toàn được bảo vệ khỏi bị sét đánh (xem hình 7-8).



Hình 7.8: Phạm vi bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

III. NỒI ĐẤT TRONG HỆ THỐNG CCĐ

1. Khái niệm chung

Hệ thống cung cấp điện làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ tiêu thụ điện. Do đó, đặc điểm quan trọng của hệ thống là phân bố trên diện tích rộng và thường xuyên có công nhân làm việc với các thiết bị điện.

Trong quá trình làm việc, do cách điện của các thiết bị điện bị chọc thủng, do công nhân vận hành không tuân theo các quy tắc an toàn... nên đã gây ra nhiều tai nạn điện. Do đó, trong hệ thống cung cấp điện nhất thiết phải có các biện pháp an toàn chống điện giật.

Một trong những biện pháp an toàn, có hiệu quả và tương đối đơn giản là thực hiện “nối đất bảo vệ” cho thiết bị điện.

Hệ thống cung cấp điện có các loại nối đất sau:

+ Nối đất trung tính nguồn: Nối điểm trung tính của nguồn với đất để tạo ra hệ thống cung cấp điện có trung tính nguồn nối đất.

+ Nối đất lặp lại: Để giảm tác hại của sự cố ngắn mạch một pha (một dây pha chạm vào dây trung tính) trong hệ thống ba pha có trung tính nguồn nối đất, người ta phải thực hiện nối đất lặp lại cho dây trung tính (ở cuối đường dây) nếu đường dây cung cấp điện dài > 200m, hoặc ở phía đầu đường dây rẽ nhánh.

+ Nối đất bảo vệ: Các thiết bị điện sử dụng điện từ nguồn 3 pha có trung tính cách li thì vỏ của thiết bị điện phải “nối đất”. Tuy nhiên, các thiết bị điện phổ biến đều sử dụng nguồn điện 3 pha 4 dây có trung tính nguồn nối đất, nên biện pháp bảo vệ chính là “nối không”. Trên thực tế, người ta có thể thay “nối không” bằng “nối đất” ở các điểm cơ khí nhỏ hoặc ở các công trường thi công, khi việc kéo dây từ nguồn đến các thiết bị điện di động là khó khăn; hoặc sử dụng thêm nối đất như một loại “nối đất bảo vệ tăng cường”. Có hai loại “nối đất bảo vệ”:

- Nối đất tự nhiên: Là phần kim loại tiếp xúc trực tiếp với đất hoặc nước qua bê tông, ban đầu không phải là cực nối đất, nhưng có tác dụng như cực nối đất, ví dụ như các ống, móng công trình xây dựng, các bộ phận sắt thép...

- Nối đất nhân tạo: Là hệ thống bao gồm các cọc, thanh chỉ làm chức năng nối đất.

+ Nối đất chống sét: Nối các bộ phận bình thường không mang điện nhưng có tác dụng giảm nhanh dòng điện khi có sét đánh vào.

Để hệ thống nối đất bảo vệ đạt hiệu quả, thì điện trở nối đất phải đảm bảo theo tiêu chuẩn quy định của nhà nước.

2. Điện trở nối đất tiêu chuẩn

+ Thiết bị điện có điện áp đến 1000V

- Nối đất trung tính nguồn: $R_{nd} \leq 4\Omega$

- Nối đất lặp lại: $R_{nd} \leq 10\Omega$

- Nối đất bảo vệ: $R_{nd} \leq 4\Omega$
- + Thiết bị điện có điện áp đến 1000V, công suất nguồn < 100kVA
- Nối đất trung tính nguồn: $R_{nd} \leq 10\Omega$
- Nối đất lặp lại: $R_{nd} \leq 30\Omega$
- Nối đất bảo vệ: $R_{nd} \leq 10\Omega$

3. Tính toán nối đất

3.1. Trang bị nối đất nhân tạo

- + Cọc nối đất: Nên dùng thép mạ kẽm, có thể làm bằng:
 - Thép ống có đường kính từ 3 - 5cm.
 - Thép góc 40 x 40 x 5 ; 50 x 50 x 5 ; 60 x 60 x 5.
 - Chiều dài từ 2m - 2,5m; đầu trên của cọc chìm sâu từ 0,8m đến 1m so với mặt đất.
- + Thanh nối đất:
 - Thép thanh 40 x 5, đặt nằm ngang, chôn sâu từ 0,8m - 1m.
 - Nếu là thanh thép trần thì đường kính tối thiểu là 5mm khi đặt trong nhà, hoặc 6mm khi đặt ngoài trời.
 - Nếu là thanh đồng trần thì đường kính tối thiểu là 4mm.

3.2. Tính toán nối đất nhân tạo

Tính toán nối đất nhân tạo được thực hiện khi nối đất tự nhiên không đảm bảo trị số theo tiêu chuẩn. Trình tự các bước tính toán nối đất:

Bước 1: Xác định trị số điện trở nối đất yêu cầu của hệ thống cần thiết kể nối đất:

$$R_{YC} = [R]$$

Bước 2: Xác định và đo điện trở nối đất tự nhiên của hệ thống ($R_{tự\ nhiên}$)

Bước 3: So sánh:

$[R] > R_{tự\ nhiên} \rightarrow$ Không cần thiết kế thêm hệ thống nối đất nhân tạo.

$[R] < R_{tự\ nhiên} \rightarrow$ Phải thiết kế thêm hệ thống nối đất nhân tạo.

Bước 4: Xem xét, chọn diện tích bố trí các điện cực, chọn số lượng, kích thước cọc, chiều sâu chôn cọc nối đất.

- Theo quy định, số cọc nối đất $n \geq 2$.
- Bố trí cọc nối đất trên bản vẽ.

Bước 5: Xác định điện trở nối đất của 1 cọc:

$$R_{1C} = 0,00298 \cdot \rho \cdot k_{\max}$$

Trong đó:

ρ : Điện trở suất của đất (Ω/cm) (tra bảng 2-65 hay PL 6.3).

k_{\max} : Hệ số mùa (tra bảng 2-66 hay PL 6.4).

Bước 6: Xác định điện trở của n cọc nối đất:

$$R_c = \frac{R_{1C}}{n\eta_c}$$

Trong đó:

η_c : Hệ số sử dụng cọc. (tra bảng 2-68 hay PL 6.6).

n: Số cọc nối đất đã chọn ở bước 4.

Bước 7: Xác định điện trở của thanh nối đất:

$$R_T = \frac{0,366 \cdot \rho_0}{L} \cdot \lg \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}$$

Trong đó:

$\rho_0 = \rho \cdot k_{\max}$: Điện trở suất của đất ở độ sâu chôn thanh nối đất.

L: Chiều dài (chu vi) mạch vòng nối đất (cm).

b: Bề rộng thanh nối đất (cm). Nếu dùng thép góc: $b = 0,95d$.

t: Chiều sâu chôn thanh nối đất ($0,8\text{m} = 80\text{cm}$).

Tuy nhiên khi tính điện trở của thanh nối đất phải xét đến hệ số sử dụng thanh (η_T).

Hệ số sử dụng thanh tra η_T bảng 10-3:

$$R_T = \frac{R_T}{\eta_T} \quad (\Omega)$$

Bước 8: Tính điện trở nối đất của n cọc và thanh đã thiết kế:

$$R_{nd} = \frac{R_c \cdot R_T}{R_c + R_T} \quad (\Omega)$$

Bước 9: So sánh điện trở nối đất vừa tính với điện trở nối đất theo yêu cầu:

Nếu $R_{nd} > R_{YC}$ thì phải tăng thêm số cọc và tính lại từ bước 6.

4. Ví dụ áp dụng

Tính toán thiết kế hệ thống nối đất lặp lại cho mạng 380V/220V. Máy biến áp có công suất lớn hơn 100kVA.

Biết điện trở suất của đất $\rho = 2 \cdot 10^4 (\Omega/\text{cm})$; $k_{\max} = 1,4$

Giải

Bước 1: Xác định trị số điện trở nối đất yêu cầu:

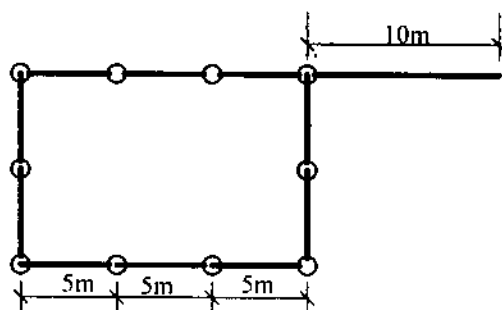
Theo tiêu chuẩn, đối với máy biến áp có công suất lớn hơn 100kVA thì điện trở nối đất lặp lại phải ≤ 10 .

Vậy chọn $R_{YC} \leq 10$.

Bước 2 và 3: Trạm không có nối đất tự nhiên, phải thiết kế nối đất nhân tạo.

Bước 4: Thiết bị nối đất được dự kiến thiết kế như sau:

- Dùng thép góc 60 x 60 x 6 làm cọc nối đất.
- Số cọc nối đất dự kiến $n = 10$.
- Các cọc nối đất chôn thành mạch vòng cách nhau 5m (Hình vẽ).
- Thanh nối đất là thép dẹt 40 x 5.
- Chiều sâu chôn thanh nối đất $t = 0,8\text{m}$.
- Tra bảng có hệ số sử dụng cọc $\eta_C = 0,69$.



Hình 7.9: Dự kiến bố trí cọc nối đất

Bước 5: Xác định điện trở nối đất của một cọc nối đất

$$R_{1C} = 0,00298 \cdot \rho \cdot k_{\max}$$

$$R_{1C} = 0,00298 \cdot 1,4 \cdot 2 \cdot 10^4$$

$$R_{1C} = 84 \quad (\Omega)$$

Bước 6: Xác định điện trở nối đất của 10 cọc nối đất:

$$R_c = \frac{R_{1c}}{n \cdot \eta_c}$$

$$R_c = \frac{84}{10.0,69}$$

$$R_c \approx 12 \quad (\Omega)$$

Bước 7: Xác định điện trở của thanh nối đất:

$$R_T = \frac{0,366 \cdot \rho_0}{L} \cdot \lg \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}$$

Trong đó:

ρ : Điện trở suất của đất $\rho = \rho_0 \cdot k_{\max} = 2 \cdot 10^4 \cdot 1,4$

L : Chiều dài thanh nối đất (tính trên bản vẽ): $60m = 6000cm$

b : Chiều rộng thanh nối đất $4mm = 4cm$

t : Chiều sâu chôn thanh nối đất $0,8m = 80cm$

$$R_T = \frac{0,366 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 1,4}{6000} \cdot \lg \frac{2 \cdot 6000^2}{4 \cdot 80}$$

$$R_T \approx 14,5 \quad (\Omega)$$

Tính điện trở thanh nối đất có xét đến hệ số sử dụng thanh η_T

Tra bảng 10-3 có $\eta_T = 0,4$

$$R_T' = \frac{R_T}{\eta_T} \quad (\Omega)$$

$$R_T' = \frac{14,5}{0,4} = 36,2 \quad (\Omega)$$

Bước 8: Tính điện trở nối đất của n cọc và thanh đã thiết kế:

$$R_{nd} = \frac{R_c \cdot R_T}{R_c + R_T} \quad (\Omega)$$

$$R_{nd} = \frac{12 \cdot 36,2}{12 + 36,2} \quad (\Omega)$$

$$R_{nd} \approx 9 \quad (\Omega)$$

Bước 9: So sánh điện trở nối đất vừa tính với điện trở nối đất theo yêu cầu:

$$R_{nd} \approx 9 \quad (\Omega) < R_{YC} = 10 \quad (\Omega)$$

Vậy hệ thống nối đất vừa thiết kế đạt yêu cầu.

Câu hỏi ôn tập

1. Vẽ và giải thích nguyên lý làm việc của rơle bảo vệ dòng cực đại có thời gian duy trì.
2. Vẽ và giải thích sơ đồ chống sét cho trạm biến áp 35kV.
3. Thiết kế hệ thống nối đất và chống sét cho trạm biến áp của một xí nghiệp ở vùng trung du có điện trở suất $3 \cdot 10^4$ (Ω/cm). Kích thước trạm: dài 12m - rộng 5m - cao 6m.

Chương 8

CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP

Mục tiêu

- Hiểu được nguyên lý làm việc của một số loại đèn chiếu sáng dùng trong công nghiệp.
- Thiết kế được hệ thống chiếu sáng chung cho một nhà máy hay xí nghiệp công nghiệp.

Nội dung tóm tắt

- Các loại đèn thường dùng trong chiếu sáng công nghiệp: đèn sợi đốt, đèn huỳnh quang, đèn cao áp thuỷ ngân, đèn Halogen.
- Thiết kế chiếu sáng chung thường sử dụng 2 phương pháp: “suất phụ tải chiếu sáng/đơn vị diện tích” và “hệ số sử dụng”.

I. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong các xí nghiệp công nghiệp, chiếu sáng là một yếu tố quan trọng góp phần quyết định đến sức khoẻ của công nhân và năng suất, chất lượng của sản phẩm. Hiện nay, người ta dùng đèn điện để chiếu sáng. Đèn điện chiếu sáng có các ưu điểm:

- Thiết bị đơn giản.
- Sử dụng thuận tiện.
- Giá thành rẻ.
- Tạo được ánh sáng gần giống với ánh sáng mặt trời.

Đặc điểm của phụ tải chiếu sáng là:

- Bảng phẳng ($K_{dc} \approx 1$).
- Phụ thuộc vào mùa và vĩ độ địa lý.

1. Phân loại các hình thức chiếu sáng

1.1. Chiếu sáng chung

Chiếu sáng chung là hình thức chiếu sáng tạo nên độ rọi đồng đều trên toàn bộ diện tích phân xưởng. Trong hình thức này, các bóng đèn thường được treo cao theo một quy luật nào đó.

Chiếu sáng chung thường dùng cho những phân xưởng rộng, có yêu cầu về độ rọi gần như nhau tại mọi điểm; phân xưởng có quá trình công nghệ không đòi hỏi chính xác.

1.2. Chiếu sáng cục bộ

Chiếu sáng cục bộ dùng ở những phân xưởng cần quan sát tỉ mỉ, chính xác như: chiếu sáng các chi tiết gia công trên máy công cụ; chiếu sáng ở các bộ phận kiểm tra, lắp máy; hoặc đèn cầm tay khi làm việc ở trong các nồi hơi...

Chiếu sáng cục bộ là đặt đèn vào gần nơi quan sát, vì thế chỉ cần những đèn có công suất nhỏ. Đặc biệt, điện áp cung cấp cho các loại đèn chiếu sáng cục bộ hoặc đèn cầm tay phải là điện áp an toàn: 42V, 36V, 12V.

1.3. Chiếu sáng hỗn hợp

Đây là hình thức chiếu sáng kết hợp cả chiếu sáng chung và chiếu sáng cục bộ. Chiếu sáng hỗn hợp thường được dùng ở các phân xưởng gia công nguội, phân xưởng đúc, khuôn mẫu...

1.4. Chiếu sáng sự cố

Ngoài hệ thống chiếu sáng chung, trong các xí nghiệp phải có thêm hệ thống chiếu sáng sự cố. Chiếu sáng sự cố có tác dụng thay thế hệ thống chiếu sáng chung khi hệ thống này bị sự cố.

- Điện cung cấp cho hệ thống chiếu sáng sự cố phải được lấy từ nguồn điện dự trữ hoặc ắc quy.

- Độ rọi của hệ thống chiếu sáng sự cố phải lớn hơn 10% của hệ thống chiếu sáng chung.

- Hệ thống chiếu sáng sự cố phải làm việc đồng thời với hệ thống chiếu sáng chung, hoặc phải có hệ thống tự động đóng, khi hệ thống chiếu sáng chung bị sự cố.

- Các đèn của hệ thống chiếu sáng sự cố phải được đánh dấu riêng để tiện kiểm tra, theo dõi.

- Đèn chiếu sáng sự cố phải được đặt ở những nơi cần chú ý như: cầu thang, bể nước, những nơi có phần chuyển động của máy.

1.5. Chiếu sáng trong nhà

Chiếu sáng bên trong nhà xưởng.

1.6. Chiếu sáng ngoài trời

Chiếu sáng ở các khu vực làm việc ngoài trời như: sân bãi, kho ngoài trời,

nơi bốc dỡ hàng... Chiều sáng ngoài trời chịu ảnh hưởng của yếu tố thời tiết, nên khi thiết kế phải chú ý đến đặc điểm này.

2. Các đơn vị đo dùng trong chiếu sáng

2.1. Cường độ ánh sáng I (Candela - cd)

Đặc trưng cho độ mạnh yếu của ánh sáng. Cường độ ánh sáng được so sánh với nến. Ví dụ:

- Nến có cường độ ánh sáng là 0,8 cd theo mọi hướng.
- Đèn sợi đốt 40W có cường độ ánh sáng là 35 cd theo mọi hướng.
- Đèn sợi đốt 300W có cường độ ánh sáng là 400 cd theo mọi hướng.

2.2. Quang thông ϕ (Lumen - lm)

Là đơn vị đo quang cơ bản.

Năng lượng do một nguồn sáng phát ra qua một diện tích, trong một đơn vị thời gian, gọi là thông lượng của quang năng hay quang thông.

2.3. Độ rọi E (Lux - lx)

Phần quang thông tới trên một đơn vị diện tích, gọi là độ rọi.

Tùy từng đối tượng chiếu sáng mà mỗi nước có những quy định về tiêu chuẩn của độ rọi khác nhau.

Tham khảo trị số độ rọi theo phụ lục 13.1 (trang 569 - Cung cấp điện - Nguyễn Công Hiến).

Đối tượng chiếu sáng	Độ rọi (lx)
Phòng làm việc	4000 - 6000
Nhà ở	150 - 3000
Đường phố	20 - 50
Cửa hàng, kho tàng	100
Phòng ăn	200 - 300
Phòng học, phòng thí nghiệm	300 - 500
Phòng vẽ, siêu thị	750
Công nghiệp màu	1000
Làm việc với các chi tiết nhỏ	> 1000

Bảng 8.1: Tham khảo trị số độ rọi theo tiêu chuẩn của Pháp

3. Các yêu cầu khi thiết kế chiếu sáng

Trong thiết kế chiếu sáng, vấn đề quan trọng nhất là phải đáp ứng được yêu cầu về độ rọi và hiệu quả của chiếu sáng đối với thị giác của con người. Ngoài ra còn phải chú ý đến màu sắc ánh sáng, đảm bảo tính kỹ thuật, kinh tế và mỹ quan.

Khi thiết kế chiếu sáng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Không làm loá mắt của công nhân.
- Không làm loá mắt do phản xạ.
- Phải có độ rọi đồng đều, không tạo thành khoảng tối trong khu vực cần chiếu sáng.
- Phải tạo được ánh sáng gần giống với ánh sáng ban ngày.

II. CÁC LOẠI ĐÈN DÙNG TRONG CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP

1. Đèn sợi đốt

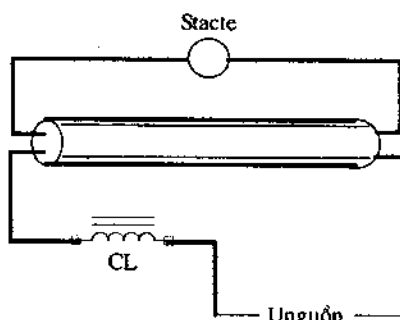
Đặc điểm của đèn sợi đốt:

- Giá thành thấp.
- Dễ lắp đặt, thay thế.
- Màu sắc ấm áp.
- Khi bật đèn sáng ngay.
- Hệ số công suất cao (≈ 1).
- Khi điện áp đặt lên đèn tăng, mặc dù hiệu suất phát quang của đèn tăng nhưng tuổi thọ của đèn sẽ giảm (điện áp tăng 5%, tuổi thọ giảm 45%). Khi giảm bớt điện áp làm việc của đèn cũng có thể kéo dài tuổi thọ của đèn, nhưng cũng làm cho hiệu suất phát quang giảm (điện áp giảm 5%, hiệu suất phát quang giảm 18%).
- Khi đèn làm việc có toả nhiệt.
- Sau một thời gian sử dụng, vofram sẽ dần dần bị bay hơi nên nhỏ dần, ảnh hưởng đến độ sáng và tuổi thọ của đèn.
- Đèn sợi đốt thường được dùng trong sinh hoạt.

2. Đèn huỳnh quang

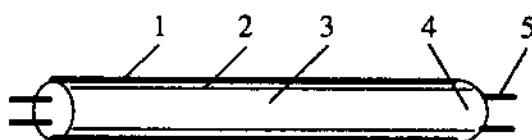
2.1. Cấu tạo

Đèn huỳnh quang là loại đèn chiếu sáng được dùng rộng rãi, thích hợp với việc chiếu sáng trong nhà, khu vực công cộng, văn phòng làm việc...



Hình 8.1: Sơ đồ nguyên lý của mạch điện đèn huỳnh quang

+ Bóng đèn:



Hình 8.2: Cấu tạo của bóng đèn huỳnh quang

- 1: Bóng thủy tinh: Hình trụ tròn hàn kín hai đầu. Chiều dài bóng phụ thuộc vào công suất của đèn. Ví dụ: bóng thủy tinh dài 1,2m tương đương với công suất 40W; bóng thủy tinh dài 0,6m tương đương với công suất 20W.

- 2: Bột phát quang: Là một chất đặc biệt có khả năng biến đổi bước sóng ánh sáng khi có bức xạ cực tím chiếu vào nó.

- 3: Khí trơ (Argon) và hơi thủy ngân. Khi muốn có ánh sáng màu, người ta có thể cho vào trong bóng thủy tinh một số chất.

- 4: Dây tóc Vonfram.

- 5: Cực tiếp xúc.

+ Chấn lưu (cuộn kháng)

Chức năng:

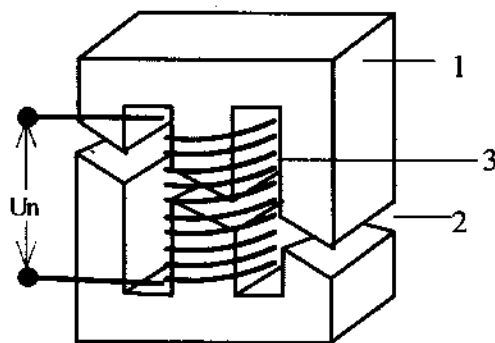
- Tạo ra xung điện áp cao khi đèn khởi động.

- Làm giảm điện áp đặt lên đèn khi đèn làm việc.

1: Lõi thép, làm bằng các lá thép kỹ thuật điện, hai mặt được tráng sơn cách điện, ghép lại với nhau có tác dụng dẫn từ.

2: Khe hở không khí, tham gia vào quá trình dẫn từ. Khi thay đổi chiều dài khe hở không khí, dòng điện qua cuộn dây sẽ thay đổi.

3: Cuộn dây làm bằng đồng.



Hình 8.3: Cấu tạo chấn lưu

+ Stắcte: có chức năng như một công tắc đóng cắt tự động.

1: Cực tĩnh: Làm bằng kim loại.

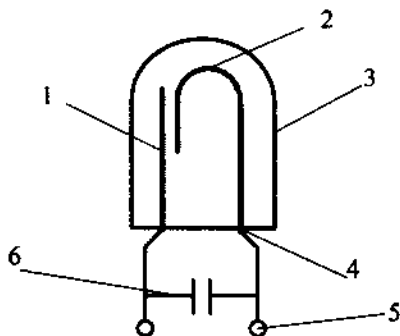
2: Cực động: Làm bằng hai loại kim loại có độ giãn nở vì nhiệt khác nhau.

3: Bóng thủy tinh, bên trong có khí trơ.

4: Đế bằng phíp hoặc nhựa cách điện.

5: Chân bằng kim loại.

6: Tụ điện giấy có trị số $C = 0,0005\mu F - 0,0007\mu F$; $U = 250V$.



Hình 8-4: Cấu tạo Stắcte

2.2. Nguyên lý làm việc của đèn huỳnh quang

Khi đặt điện áp nguồn vào mạch điện, trong mạch chưa có dòng điện. Điện áp nguồn đặt lên khe hở không khí giữa cực động và cực tĩnh của stắcte, tạo ra sự phóng điện hồ quang, đốt nóng cực động và cực tĩnh. Do cấu tạo đặc biệt của cực động nên cực động nở ra, cong lại, chạm vào cực tĩnh. Trong mạch có dòng điện chạy qua chấn lưu - stắcte - hai đầu dây tóc bóng đèn làm bắn ra các

điện tử tự do ở hai đầu dây tóc. Khi cực động chạm vào cực tĩnh, khe hở không khí giữa cực động và cực tĩnh không còn, hồ quang tắt đi, làm cho nhiệt độ trong stacte giảm dần, cực động nguội dần, trở về trạng thái ban đầu. Dòng điện trong mạch giảm đột ngột về không, tạo nên hiện tượng tự cảm trong chấn lưu. Trong chấn lưu sinh ra một sức điện động tự cảm lớn đặt lên hai đầu đèn, làm cho các điện tử tự do chuyển động với vận tốc lớn. Khi chuyển động, chúng va đập vào các phân tử khí trơ và hơi thủy ngân trung hoà, làm phát ra các điện tử tự do khác. Chỉ trong một thời gian ngắn, trong ống thủy tinh có một dòng điện tử chuyển động (dòng điện trong môi trường khí), có bước sóng ánh sáng mà mắt người không nhìn thấy (gọi là tia tử ngoại). Dòng tia tử ngoại khi chuyển động sẽ va đập vào chất phát quang phủ bên trong thành ống, tạo thành ánh sáng có bước sóng mà mắt người nhìn thấy được.

- Khi đèn làm việc:

$$U_{\text{nguồn}} = U_{\text{chấn lưu}} + U_{\text{đèn}}$$

Vì vậy, chấn lưu có tác dụng làm giảm điện áp nguồn đặt lên đèn khi đèn làm việc. Stacte lúc này không làm việc nên có thể bỏ ra ngoài.

2.3. Đặc điểm của đèn huỳnh quang

- Hiệu suất phát quang lớn nên được dùng ở những nơi cần độ rọi lớn.
- Ánh sáng mát dịu, giống ánh sáng ban ngày nên mắt công nhân ít mệt mỏi.
- Tuổi thọ cao hơn đèn dây tóc; ít phát nóng (2500h).
- Có thể chế tạo các loại đèn có màu sắc ánh sáng, hình dáng khác nhau.
- Kích thước lớn nhưng trọng lượng nhỏ, kết cấu gọn nhẹ.
- Thành phần quang phổ tốt nên ít ảnh hưởng tới mắt của công nhân.
- Chế tạo phức tạp nên giá thành cao.
- Thời gian khởi động của đèn còn phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường nhiệt độ càng thấp, đèn càng khó khởi động.
- Hệ số công suất của đèn thấp do chấn lưu (khoảng 0,5 - 0,6).
- Quang thông và diện tích phát quang phụ thuộc vào nhiệt độ.
- Khi điện áp giảm nhiều thì đèn khó khởi động và hiệu suất phát quang giảm làm cho mắt công nhân mệt mỏi, ảnh hưởng đến sức khoẻ và chất lượng sản phẩm.
- Đèn huỳnh quang thường dùng trong các văn phòng làm việc.

3. Đèn cao áp thuỷ ngân

3.1. Cấu tạo

1: Bóng thuỷ tinh, bên trong có lớp bột phát quang

2: Bóng thuỷ tinh thạch anh có khả năng chịu được nhiệt độ cao và áp suất lớn.

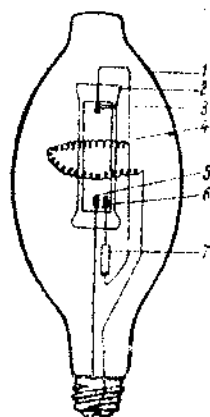
3: Cực chính số 1.

4: Dây tóc tự chấn lưu

5: Cực chính số 2.

6: Cực phụ.

7: Điện trở tránh ngắn mạch.



Hình 8.5: Cấu tạo đèn cao áp thuỷ ngân

3.2. Nguyên lý làm việc

Sau khi nối với nguồn điện, nhờ giọt thuỷ ngân nên giữa cực chính 1 và cực phụ được nối kín, tạo ra dòng điện chạy qua. Khi có dòng điện chạy qua giọt Hg bốc hơi và dây tóc nóng lên tạo thành áp suất cao từ 2 - 5 at nên có sự phóng điện giữa cực chính 1 và 2, làm xuất hiện tia tử ngoại là ánh sáng không nhìn thấy được. Dòng ánh sáng này khi chuyển động sẽ đập vào lớp bột phát quang, tạo thành ánh sáng mà mắt người nhìn thấy được.

Tác dụng của dây tóc:

- Giúp đèn sáng.
- Giảm dòng điện.
- Cải thiện màu sắc ánh sáng.

3.3. Đặc điểm của đèn cao áp thuỷ ngân

- Màu sắc của đèn phụ thuộc vào khí nạp vào trong ống:

Khí Adôt (azote): màu sáng nhạt

Khí Argông (argon): màu sáng tím.

Khí Nêong (neon): màu sáng đỏ.

Khí Kriptong (krypton): màu xanh lục.

Khí Xeong (xeon): màu sáng xanh.

Khí Hêli (helium): màu sáng hồng.

- Không dùng chấn lưu nên $\cos\varphi \approx 1$.

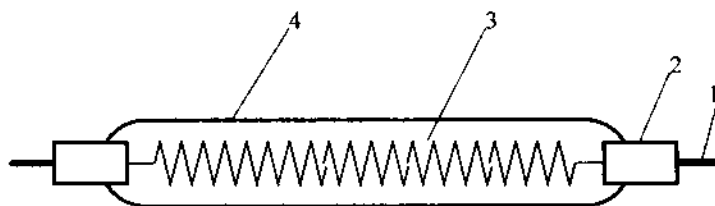
- Hiệu suất phát quang cao nên được dùng để chiếu sáng quảng trường, đường, kho...

- Lắp đặt đơn giản (như đèn sợi đốt).
- Tiết kiệm điện.
- Thời gian khởi động ngắn hơn so với loại đèn thủy ngân cao áp sử dụng chấn lưu ngoài.
- Màu sắc ánh sáng gần giống với ánh sáng ban ngày.
- Dải nhiệt độ môi trường làm việc rộng từ $-30^{\circ}\text{C} + 60^{\circ}\text{C}$.
- Giá thành cao.
- Tuổi thọ ngắn hơn so với loại đèn thủy ngân cao áp sử dụng chấn lưu ngoài (1000h).

4. Đèn Hallogen

Gần đây, đèn Hallogen được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp vì đèn này khắc phục được những nhược điểm của đèn sợi đốt và có những tính năng rất đặc biệt.

4.1. Cấu tạo đèn Hallogen



Hình 8.6: Cấu tạo đèn Hallogen

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 1: Cực tiếp xúc | 2: Trụ sứ |
| 3: Dây vonfram | 4: Ống thủy tinh thạch anh |

4.2. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc của đèn Hallogen giống như nguyên lý làm việc của đèn sợi đốt. Tuy nhiên vì nhược điểm của đèn sợi đốt là sau một thời gian sử dụng, dây vonfram bị bay hơi, làm cho tuổi thọ và độ sáng của đèn giảm, nên để khắc phục hiện tượng này, người ta cho trong đèn một lượng chất Halogen vào bên trong ống thủy tinh thạch anh (flo; clo; brom; iốt...).

Khi đèn làm việc, ở nhiệt độ cao các phân tử Vonfram bay hơi từ dây tóc sẽ khuếch tán vào trong ống thủy tinh thạch anh, kết hợp với Iốt (nếu là đèn Iốt- Vonfram) tạo thành chất Vonfram Iốtđua. Tính chất của chất này rất không ổn định. Khi nó đến gần dây tóc có nhiệt độ cao (1400°C) thì lập tức bị phân

huỷ thành iốt và vonfram. Vonfram sẽ quay trở lại dây tóc bóng đèn, còn Iốt thì dùng cho chu kỳ phản ứng sau.

Vì vậy, quá trình tuần hoàn của Halogen đã làm giảm sự bay hơi của dây tóc vonfram nên làm tăng tuổi thọ của đèn.

4.3. Đặc điểm

- Hiệu suất phát quang lớn. Một bóng đèn Iốt - Vonfram công suất 1000W có độ sáng tương đương với đèn dây tóc có công suất 5000W.

- Tuổi thọ lớn gấp 2 lần đèn dây tóc.

- Do hiệu suất phát quang lớn nên có thể chế tạo đèn với thể tích nhỏ.

- Khi lắp đèn phải đặt nằm ngang, nếu không sẽ làm cho sự tuần hoàn của Halogen kém đi, dẫn đến giảm tuổi thọ của đèn. (Yêu cầu góc nghiêng không quá 4°).

- Vì dây tóc được nấu luyện ở nhiệt độ cao nên tương đối giòn. Vì vậy đèn cần tránh bị chấn động nhiều.

- Nhiệt độ của ống thủy tinh khi làm việc là rất cao (500°C - 700°C) nên các vật liệu tiếp xúc với ống đèn phải là loại vật liệu chịu nhiệt.

- Dùng cho mục đích chiếu rọi hay các khu vực mà khoảng cách từ nguồn sáng tới bề mặt cần chiếu rọi tương đối lớn (tiền sảnh, hành lang, chiếu hắt từ bên ngoài nhà...). Trong khách sạn, loại đèn này được dùng phổ biến cho mục đích trang trí (sử dụng đèn có công suất nhỏ, màu sắc ấm...)

III. THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG

1. Phương pháp “suất phụ tải chiếu sáng / đơn vị diện tích”

Phương pháp này được dùng nhiều trong tính toán sơ bộ, nhằm xác định một cách nhanh nhất tổng công suất phụ tải chiếu sáng của một phân xưởng.

Trình tự tính toán thiết kế:

Bước 1: Căn cứ vào yêu cầu chiếu sáng khác nhau của từng phân xưởng, từng yêu cầu công nghệ, tra bảng để xác định suất phụ tải chiếu sáng trên một đơn vị diện tích (p_o).

Bước 2: Xác định diện tích phân xưởng (thông qua tỷ lệ bản vẽ hoặc đo trực tiếp).

Bước 3: Xác định công suất chiếu sáng (P_{CS} và Q_{CS}).

$$P_{CS} = p_o \cdot S \quad (W - kW)$$

$$Q_{CS} = P_{CS} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{VAr} - \text{kVAr})$$

Trong đó:

p_o : Suất phụ tải chiếu sáng / đơn vị diện tích (W/m^2).

S: Diện tích phân xưởng (m^2).

Tuy nhiên, nếu chiếu sáng sử dụng đèn sợi đốt thì coi $\cos \varphi = 1$.

Bước 4: Chọn loại đèn, công suất đèn và tính số lượng bóng đèn:

Số lượng bóng đèn: $n = P_{CS} / P_{\text{Đèn}}$

Bước 5: Căn cứ vào diện tích được chiếu sáng, thiết kế:

- Khoảng cách giữa các bóng đèn.

- Chiều cao treo đèn. Khi xác định chiều cao treo đèn, ngoài việc căn cứ vào khoảng cách giữa các bóng đèn, còn phụ thuộc vào chiều cao phân xưởng. Thông thường, chiều cao của đèn cách mặt đất từ 2m - 6m.

- Lập tỷ số giữa khoảng cách giữa hai bóng đèn và chiều cao treo đèn, nếu tỷ số đó $< 1,5$ là đạt yêu cầu. Nếu $> 1,5$, phải tiến hành bố trí lại đèn.

- Vẽ sơ đồ bố trí đèn tổng hợp cho phân xưởng.

Bước 6: Thiết kế sơ đồ cung cấp điện cho hệ thống chiếu sáng.

Bước 7: Lựa chọn các phần tử trên sơ đồ nguyên lý.

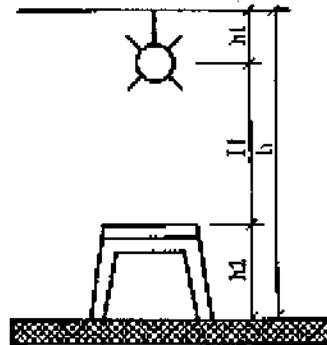
2. Phương pháp “hệ số sử dụng”

Đây là phương pháp có thể tính toán chính xác độ rọi tại mặt bàn công tác của công nhân, nên thường được sử dụng để thiết kế chiếu sáng cho các phân xưởng sản xuất.

Trình tự tính toán thiết kế

Bước 1: Xác định độ cao treo đèn:

$$H = h - h_1 - h_2$$



Hình 8-7: Xác định độ cao treo đèn

Trong đó:

h : Độ cao của nhà xưởng.

h_1 : Khoảng cách từ trần đến bóng đèn.

h_2 : Độ cao mặt bàn làm việc.

Bước 2: Xác định khoảng cách giữa hai bóng đèn (L) theo tỷ số hợp lý L/H (bảng 10/7) để tính số bóng đèn (n).

Bước 3: Xác định hệ số phản xạ tường (ρ_{TU}); trần (ρ_{TR}) (PL6.7).

Bước 4: Xác định chỉ số phòng (phòng có kích thước a, b).

$$\varphi = \frac{a.b}{H(a+b)}$$

Bước 5: Từ ρ_{TU} ; trần ρ_{TR} ; φ tra bảng để tìm hệ số sử dụng K_{SD} .

Bước 6: Xác định quang thông yêu cầu của mỗi đèn:

$$F_{YC} = \frac{K.E.S.Z}{n.K_{SD}}$$

Trong đó:

K : Hệ số dự trữ (bảng 10.5).

E : Độ rọi (lx) theo yêu cầu tiêu chuẩn (Bảng 10.4 ; 10.6).

S : Diện tích nhà xưởng (m^2).

Z : Hệ số tính toán; lấy từ 0,8 - 1,4.

n : Số bóng đèn.

Bước 7: Tra sổ tay kỹ thuật tìm bóng đèn có quang thông

$$F \geq F_{YC}$$

Bước 8: Vẽ sơ đồ bố trí đèn trên mặt bằng.

Bước 9: Vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống điện chiếu sáng.

Bước 10: Lựa chọn các phần tử trên sơ đồ nguyên lý.

3. Ví dụ áp dụng

Thiết kế chiếu sáng cho phân xưởng cơ khí có diện tích $S = 20 \times 50 (m^2)$.
Chiều cao phân xưởng 4,5m.

Giải

Bước 1: Xác định độ cao treo đèn:

$$H = h - h_1 - h_2$$

$$H = 4,5 - 0,7 - 0,8 = 3 \text{ (m)}$$

Trong đó:

$h = 4,5 \text{ m}$: Độ cao của nhà xưởng.

$h_1 = 0,7 \text{ m}$: Khoảng cách từ trần đến bóng đèn.

$h_2 = 0,8 \text{ m}$: Độ cao mặt bàn làm việc.

Bước 2: Chọn đèn sợi đốt, bóng vạng năng có tỷ số hợp lý $L/H = 1,8$

Xác định khoảng cách giữa hai bóng đèn (L).

$$L = 1,8. H = 1,8. 3 = 5,4 \quad (\text{m})$$

Căn cứ vào chiều rộng phòng là 20m, chọn $L = 5 \text{ (m)}$.

Đèn sẽ được bố trí làm 4 dãy, cách nhau 5m, cách tường 2,4m.

Mỗi dãy có 9 bóng đèn, tổng cộng có 36 bóng đèn.

Bước 3:

Xác định hệ số phản xạ tường ($\rho_{\text{TƯ}}$) = 50%.

Xác định hệ số phản xạ trần (ρ_{TR}) = 30%.

Bước 4: Xác định chỉ số phòng (phòng có kích thước a. b)

$$\varphi = \frac{a.b}{H(a+b)}$$

$$\varphi = \frac{20.50}{3.(20 + 30)} \approx 5$$

Bước 5: Từ $\rho_{\text{TƯ}}$; trần ρ_{TR} ; φ tra bảng để tìm hệ số sử dụng $K_{\text{SD}} = 0,48$

Bước 6: Xác định quang thông yêu cầu của mỗi đèn:

$$F_{\text{YC}} = \frac{K.E.S.Z}{n. K_{\text{SD}}}$$

$$F_{\text{YC}} = \frac{1,3.30.1000.1,1}{36.0,48} = 2483 \text{ (lumen)}$$

Trong đó:

$K = 1,3$ hệ số dự trữ.

$E = 30 \text{ lx}$ độ rọi theo yêu cầu tiêu chuẩn.

$S = 1000\text{m}^2$ diện tích nhà xưởng.

$Z = 1,1$ hệ số tính toán.

$n = 36$ số bóng đèn.

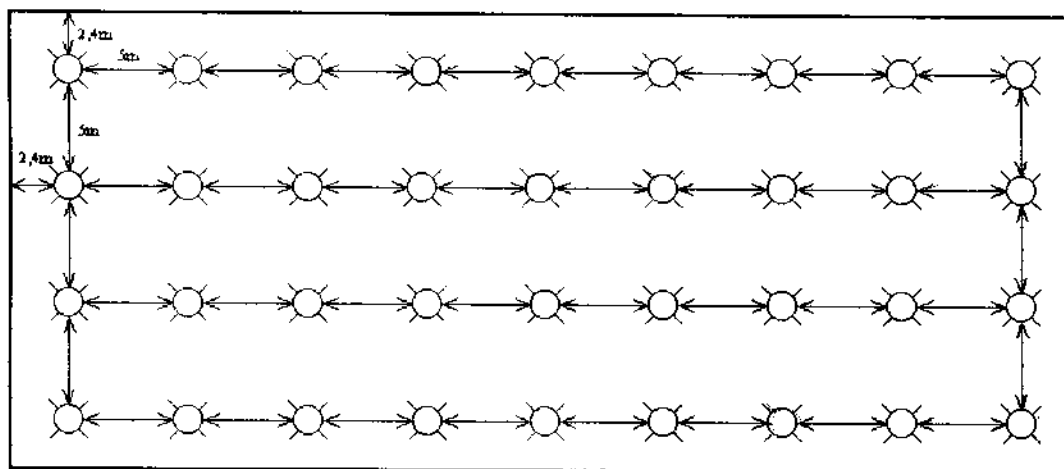
Bước 7: Tra sổ tay kỹ thuật tìm bóng đèn sợi đốt 200W có quang thông

$$F = 2528 \text{ (lumen)} \geq F_{YC}$$

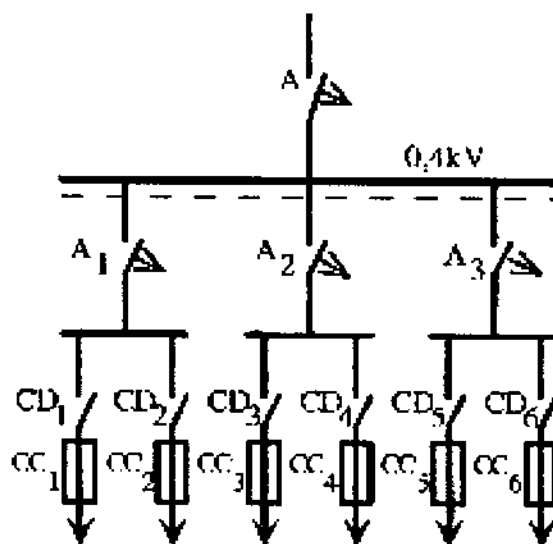
Bước 8: Vẽ sơ đồ bố trí đèn trên mặt bằng (hình 8.8).

Bước 9: Vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống điện chiếu sáng (hình 8.9).

Bước 10: Lựa chọn các phần tử trên sơ đồ nguyên lý.



Hình 8.8: Bố trí đèn trên sơ đồ mặt bằng



Hình 8.9: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống đèn chiếu sáng
(mỗi nhánh có 6 bóng đèn đấu song song)

Câu hỏi ôn tập

1. Nêu các yêu cầu cơ bản khi thiết kế chiếu sáng?
2. Trình bày cấu tạo, nguyên lý làm việc và đặc điểm của đèn huỳnh quang, đèn cao áp thuỷ ngân, đèn Halogen?
3. Trình bày nội dung các phương pháp thiết kế chiếu sáng? :
4. Thiết kế chiếu sáng chung cho phân xưởng may công nghiệp. Kích thước phân xưởng: 36m x 25m x 6m?

Chương 9

NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT TRONG XÍ NGHIỆP CÔNG NGHIỆP

Mục tiêu

- Hiểu được mục đích của việc nâng cao hệ số công suất của hệ thống cung cấp điện.
- Biết tính toán và lắp đặt thiết bị để nâng cao hệ số công suất.

Nội dung tóm tắt

- Mục đích của việc nâng cao hệ số công suất: giảm tổn thất công suất, tổn thất điện áp; tăng khả năng truyền tải của máy biến áp; giảm chi phí kim loại mẫu.
- Các biện pháp nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp nhân tạo thông dụng: sử dụng tụ điện tĩnh hoặc máy bù đồng bộ.

I. Ý NGHĨA CỦA VIỆC NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

1. Đặt vấn đề

Điện năng là năng lượng chủ yếu của các xí nghiệp công nghiệp. Các xí nghiệp này tiêu thụ khoảng hơn 70% tổng số điện năng sản xuất ra. Vì thế việc sử dụng hợp lý và tiết kiệm điện năng là vấn đề có ý nghĩa rất quan trọng.

Các xí nghiệp công nghiệp sử dụng nhiều động cơ không đồng bộ ba pha, thường xuyên non tải hoặc chạy không tải, vì thế nó tiêu thụ lượng Q rất lớn, làm cho $\cos\varphi$ thấp. Trong khi đó, công suất phản kháng Q mà các xí nghiệp công nghiệp tiêu thụ lại chiếm khoảng 65% đến 70% tổng công suất phát ra từ các nhà máy điện.

Nếu các xí nghiệp công nghiệp, bằng các giải pháp kỹ thuật nâng cao hệ số công suất ($\cos\varphi$), nghĩa là làm giảm lượng công suất phản kháng truyền tải trên đường dây từ nhà máy điện đến các xí nghiệp thì sẽ làm tăng tính kinh tế vận hành lưới điện.

Hệ số công suất ($\cos\varphi$) là một chỉ tiêu để đánh giá xí nghiệp dùng điện có hợp lý và tiết kiệm không. Ở Việt Nam hiện nay $\cos\varphi$ nói chung còn thấp (khoảng 0,6 - 0,7). Chúng ta phải phấn đấu nâng cao hệ số $\cos\varphi$ đến trên 0,9.

Ý nghĩa của việc tiết kiệm điện và nâng cao hệ số $\cos\varphi$ không những chỉ ở khía cạnh giảm giá thành sản phẩm, có lợi cho bản thân xí nghiệp, mà còn có thêm điện năng để sản xuất, có lợi chung cho nền kinh tế quốc dân.

2. Các định nghĩa về hệ số công suất

2.1. Hệ số công suất tức thời

Là hệ số $\cos\varphi$ tại một thời điểm nào đó, đo được nhờ đồng hồ đo $\cos\varphi$, hoặc 3 đồng hồ đo: công suất tác dụng, Vôn kế và Ampe kế:

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U.I}$$

Do phụ tải luôn biến đổi nên $\cos\varphi$ cũng luôn thay đổi. Vì vậy, hệ số công suất tức thời không có tác dụng trong tính toán.

2.2. Hệ số công suất trung bình

Là $\cos\varphi$ trung bình trong một khoảng thời gian nào đó (1 ca, 1 ngày đêm, 1 tháng...).

$\cos\varphi$ trung bình được dùng để đánh giá mức độ sử dụng điện tiết kiệm và hợp lý của xí nghiệp.

Hệ số công suất tự nhiên: Là hệ số $\cos\varphi$ trung bình tính cho cả năm khi không có thiết bị bù. Hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên được dùng làm căn cứ để tính toán nâng cao hệ số $\cos\varphi$ cho xí nghiệp.

3. Ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất

Phần lớn các thiết bị dùng điện đều tiêu thụ công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q . Công suất tác dụng P là công suất biến thành cơ năng hoặc nhiệt năng trong các thiết bị điện; công suất phản kháng Q là công suất từ hoá trong máy điện xoay chiều; mặc dù nó không sinh ra công, nhưng không thể thiếu trong máy điện xoay chiều.

Công suất phản kháng Q cung cấp cho thiết bị điện, không nhất thiết phải lấy từ nguồn cung cấp. Để tránh truyền tải Q trên đường dây, có thể lấy Q từ máy phát điện đồng bộ hoặc tụ điện tĩnh, gọi là bù công suất phản kháng. Như vậy, khi có bù công suất phản kháng, công suất phản kháng truyền tải trên đường dây sẽ giảm đi, về thực chất chúng ta đã giảm được góc lệch pha φ trong tam giác công suất, dẫn đến tăng hệ số $\cos\varphi$ của hệ thống cung cấp điện vì công suất tác dụng P của hệ thống không đổi nhờ công thức sau:

$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P}$$

Những thiết bị tiêu thụ nhiều công suất phản kháng là động cơ không đồng bộ và máy biến áp.

Hệ số công suất $\cos\varphi$ tăng lên sẽ có những hiệu quả sau đây:

- Giảm tổn thất công suất trong mạng điện:

Tổn thất công suất trong hệ thống điện được tính theo công thức:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)}$$

Khi giảm công suất phản kháng Q truyền tải trên đường dây, ta sẽ giảm được tổn thất công suất do thành phần công suất phản kháng gây ra.

- Giảm tổn thất điện áp trong mạng điện:

Tổn thất điện áp trong mạng điện được tính:

$$\Delta P = \frac{PR + Q.X}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{Q.X}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)}$$

Khi giảm công suất phản kháng Q truyền tải trên đường dây, ta sẽ giảm được tổn thất điện áp do thành phần công suất phản kháng gây ra.

- Tăng khả năng truyền tải trên đường dây và của máy biến áp:

Khả năng truyền tải trên đường dây và của máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng, tức là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng. Dòng điện chạy trong máy biến áp và dây dẫn được tính:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.U} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}.U}$$

Nếu giữ nguyên tình trạng phát nóng của đường dây hay máy biến áp, tức là giữ nguyên dòng điện, ta có thể tăng khả năng truyền tải công suất tác dụng P khi giảm công suất phản kháng Q .

- Giảm chi phí kim loại màu:

Nếu giữ nguyên công suất tác dụng, thì khi giảm Q ta có thể giảm đường kính dây, dẫn đến giảm chi phí kim loại màu.

Vì những lý do trên, mà việc bù công suất phản kháng hay nâng cao hệ số công suất trở thành một vấn đề quan trọng, cần phải được quan tâm đặc biệt trong hệ thống cung cấp điện.

II. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

1. Biện pháp tự nhiên

1.1 Thay đổi và cải tiến quy trình công nghệ để các thiết bị làm việc ở chế độ hợp lý nhất

Căn cứ vào điều kiện cụ thể cần sắp xếp lại quy trình công nghệ hợp lý nhất. Khi có một công nghệ hợp lý, sẽ giảm bớt được các nguyên công thừa, tiết kiệm điện năng, giảm giá thành sản phẩm.

1.2. Thay thế động cơ không đồng bộ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn

Khi một động cơ làm việc non tải, hệ số phụ tải rất thấp, dẫn đến $\cos\phi$ sẽ thấp. Như vậy, khi thay động cơ làm việc ở chế độ non tải bằng những động cơ có công suất nhỏ hơn, sẽ tăng được hệ số phụ tải và làm cho $\cos\phi$ tăng.

Việc thay thế động cơ phải đảm bảo nhiệt độ làm việc của động cơ phải nhỏ hơn nhiệt độ cho phép, đảm bảo điều kiện mở máy và làm việc ổn định và phải dựa vào so sánh vấn đề kinh tế. Kinh nghiệm cho thấy:

- Khi hệ số phụ tải $K_{PT} < 0,45 \rightarrow$ việc thay thế bao giờ cũng có lợi.
- Khi hệ số phụ tải $0,45 K_{PT} \leq 0,75 \rightarrow$ phải so sánh giữa vấn đề kinh tế và kỹ thuật.

1.3. Giảm điện áp của động cơ làm việc non tải

Biện pháp này chỉ được dùng khi không có điều kiện thay thế động cơ non tải bằng một động cơ có công suất nhỏ hơn.

Vì công suất phản kháng tỷ lệ với bình phương điện áp:

$$Q = \frac{k \cdot U^2 \cdot f \cdot V}{\mu}$$

Trong đó:

- k: Hằng số.
- U: Điện áp của động cơ.
- f: Tần số của lưới điện.
- V: Thể tích mạch từ.
- μ : Hệ số dẫn từ.

Nên khi giảm U thì Q giảm đi bình phương lần và $\cos\phi$ được tăng lên.

Tuy nhiên, khi giảm U đặt lên động cơ, phải chú ý đến mô men mở máy

của động cơ. Khi giảm điện áp, mô men mở máy của động cơ giảm bình phương lần, nên phải kiểm tra lại khả năng mở máy và làm việc ổn định của động cơ.

Trong thực tế, người ta thường dùng các biện pháp sau đây để giảm điện áp đặt lên động cơ chạy non tải:

- Sử dụng máy biến áp tự ngẫu để giảm điện áp. Biện pháp này không hiệu quả vì phải đầu tư thêm máy biến áp và chỉ dùng cho những động cơ công suất nhỏ.

- Đổi nối dây quấn từ tam giác sang sao: điện áp đặt lên một pha của dây quấn sẽ giảm đi $\sqrt{3}$ lần $\rightarrow \cos\varphi$ và hiệu suất của động cơ sẽ tăng lên $\sqrt{3}$ lần vì:

$$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi.\eta$$

nên:

$$\cos\varphi.\eta = \frac{P}{\sqrt{3}.U.I}$$

Khi động cơ đấu tam giác, điện áp đặt lên một pha của dây quấn là điện áp dây, nên khi chuyển sang đấu sao, điện áp đặt lên mỗi cuộn dây sẽ giảm đi $\sqrt{3}$ lần. Tuy nhiên, với biện pháp này công suất của động cơ cũng sẽ giảm đi $\sqrt{3}$ lần. Biện pháp này thường được dùng cho những động cơ hạ áp, hệ số phụ tải 0,35 - 0,4.

- Thay đổi các nhóm đầu dây của động cơ. Phương pháp này thường được dùng cho những động cơ có công suất lớn, có nhiều mạch nhánh đầu song song trong một pha. Tuy nhiên, biện pháp này khó thực hiện vì phải tháo động cơ.

- Thay đổi đầu phân áp của máy biến áp để hạ thấp điện áp của phân xưởng. Biện pháp này chỉ thực hiện khi tất cả các động cơ trong phân xưởng đều làm việc non tải và các thiết bị khác trong phân xưởng không có yêu cầu cao về chỉ tiêu điện áp. Biện pháp này ít được sử dụng.

1.4. Hạn chế động cơ chạy không tải

Các máy công cụ, trong quá trình gia công, nhiều lúc phải chạy không tải, như khi chuyển từ nguyên công này sang nguyên công khác; hay khi thao tác của công nhân không hợp lý. Khi động cơ chạy không tải, hệ số $\cos\varphi$ rất thấp (P rất nhỏ). Vì vậy, phải hạn chế thời gian động cơ chạy không tải.

1.5. Dùng động cơ đồng bộ thay thế động cơ không đồng bộ

Đối với những máy sản xuất có công suất tương đối lớn và không yêu cầu điều chỉnh tốc độ như máy bơm, quạt gió... ta nên dùng động cơ đồng bộ vì động cơ đồng bộ có những đặc điểm sau:

- Hệ số công suất cao.
- Khi cần, có thể cho động cơ làm việc ở chế độ quá kích từ, để trở thành một máy phát bù công suất phản kháng Q cho mạng.
- Tốc độ quay của động cơ không phụ thuộc vào phụ tải nếu tần số của lưới không đổi. Do đó, năng suất làm việc của động cơ cao
- Giá thành cao.

1.6. Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ

Nếu chất lượng sửa chữa động cơ không tốt, sau khi sửa chữa, các chỉ tiêu kỹ thuật của động cơ thường bị thay đổi như: tổn hao tăng lên, $\cos\varphi$ giảm xuống. Vì vậy, phải chú trọng đến khâu nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ, góp phần giải quyết vấn đề cải thiện hệ số $\cos\varphi$ cho xí nghiệp.

1.7. Thay thế máy biến áp làm việc non tải bằng máy biến áp có công suất nhỏ hơn

Máy biến áp là một trong những máy điện tiêu thụ nhiều công suất phản kháng (sau động cơ không đồng bộ). Vì vậy, nếu trong tương lai, nếu hệ số phụ tải của máy biến áp $K_{PT} < 0,3$ thì nên thay thế bằng máy biến áp có công suất nhỏ hơn.

2. Biện pháp nhân tạo

Để nâng cao hệ số $\cos\varphi$ cho xí nghiệp, trước hết phải dùng các biện pháp bù tự nhiên, ít tốn kém. Nếu biện pháp này không đạt được hiệu quả thì phải tiến hành bù bằng phương pháp nhân tạo.

2.1. Sử dụng máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ là động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ không tải. Do không có phụ tải nên trục của máy bù đồng bộ có cấu tạo gọn nhẹ và rẻ hơn động cơ đồng bộ có cùng công suất.

Ở chế độ quá kích thích, máy bù đồng bộ sẽ sản xuất ra công suất phản kháng Q để cung cấp cho mạng. Còn ở chế độ thiếu kích thích, máy bù sẽ tiêu thụ công suất Q của mạng.

Nhược điểm của máy bù là do có phần quay nên việc lắp ráp, bảo quản, bảo dưỡng khó khăn. Để kinh tế, máy bù thường được chế tạo công suất lớn và đặt ở những nơi cần bù tập trung.

2.2. Sử dụng tụ điện tĩnh

Tụ điện là loại thiết bị điện tĩnh, có thể cung cấp công suất phản kháng Q cho mạng điện.

Tụ điện có những đặc điểm sau:

- Tổn thất công suất tác dụng nhỏ.
- Không có phần quay nên lắp ráp, bảo quản, bảo dưỡng dễ dàng.
- Tụ điện được chế tạo thành từng đơn vị nhỏ, nên có thể đầu tư tùy thuộc vào sự phát triển của phụ tải trong quá trình sản xuất.
- Giá thành rẻ hơn các thiết bị bù khác.
- Q phụ thuộc vào U nên khi U thay đổi thì Q phát ra không ổn định.
- Cấu tạo kém chắc chắn nên dễ bị phá hỏng khi có ngắn mạch. Vì vậy, khi điện áp tăng cao ($U \geq 110\%$), không được phép vận hành tụ điện.
- Khi tụ điện được cắt ra khỏi mạng, có một lượng điện áp dư tích trên hai bản cực của tụ nên gây nguy hiểm cho công nhân vận hành.
- Do tụ điện có thể được chia nhỏ thành từng đơn vị, đặt ở các vị trí khác nhau trong xí nghiệp, nên sơ đồ nối dây phức tạp; tổn kém thiết bị đóng cắt dẫn đến tăng giá thành lắp đặt.

III. TÍNH TOÁN NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

1. Xác định dung lượng cần bù

Dung lượng bù được xác định bằng công thức sau:

$$Q_{bù} = P (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) \cdot \alpha \quad (\text{kVAr})$$

Trong đó:

P: Phụ tải tính toán của hộ tiêu thụ điện (kW).

φ_1 : Góc ứng với hệ số $\cos\varphi$ trước khi bù.

φ_2 : Góc ứng với hệ số $\cos\varphi$ muốn đạt được sau khi bù.

α : Hệ số xét tới khả năng nâng cao hệ số \cos bằng các phương pháp khác.

Ngoài ra, có thể xác định dung lượng cần bù theo PL-34

2. Chọn dung lượng và số lượng tụ bù

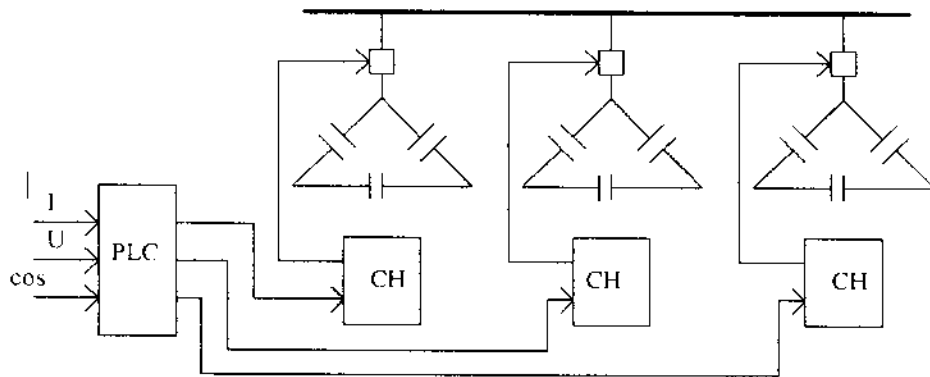
- Tụ điện được chọn chủ yếu theo điện áp định mức. Vì công suất phản kháng do tụ điện sinh ra tỷ lệ với bình phương điện áp đặt lên cực của chúng nên cần cho tụ điện làm việc đúng với điện áp định mức để đạt được hiệu suất của tụ điện.

- Số lượng tụ điện tùy thuộc vào dung lượng cần bù và loại tụ điện của nhà chế tạo. tra phụ lục PL-6.1).

- Thông thường tụ điện điện áp thấp thường được chế tạo thành tụ 3 pha - 3 phần tử, đấu tam giác.

- Ngày nay, do kỹ thuật vi xử lý phát triển, trên thị trường có bán các loại thiết bị điều khiển PLC (Programmable Logic Controller) làm thiết bị tự động đóng cắt dung lượng bù.

+ Đầu vào của PLC là tín hiệu I, U, $\cos\phi$ của mạng điện.



Hình 9.1: Điều chỉnh dung lượng bù bằng PLC

+ Đầu ra của PLC tác động đến các cơ cấu chấp hành để đóng cắt các nhóm tụ điện. Tùy theo yêu cầu, người ta có thể lập trình để PLC tác động theo tín hiệu điện áp, thời gian, theo $\cos\phi$ của mạng.

+ PLC làm việc tin cậy, linh hoạt, có thể thay đổi chương trình một cách nhanh chóng nên được dùng rộng rãi để tự động điều chỉnh dung lượng bù.

- Để tránh bù quá cho tải, dẫn đến tự kích động cơ chạy sau khi cắt mạch, bù chỉ nên thực hiện 90% dung lượng bù khi hở mạch.

3. Vị trí đặt thiết bị bù

Sau khi tính dung lượng bù và chọn loại thiết bị bù, ta phải tìm được vị trí đặt thiết bị bù sao cho đạt hiệu quả kinh tế nhất.

Tụ bù điện áp thấp được đặt theo 3 vị trí:

- Đặt tại thanh cái của trạm biến áp phân xưởng:

+ Có khả năng bù tập trung

+ Lắp đặt hệ thống tự động điều chỉnh dung lượng bù đơn giản, thuận tiện.

+ Không giảm được tổn thất trong mạng điện phân xưởng.

- Đặt tại tủ động lực:

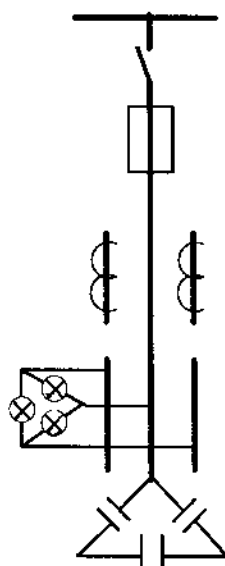
+ Hiệu suất sử dụng cao.

- + Giảm được tổn thất nhiều hơn khi đặt tụ ở thanh cái trạm biến áp.
- + Khó khăn trong việc quản lý.
- + Khó khăn trong việc lắp đặt hệ thống tự động điều chỉnh dung lượng bù.
- Đặt phân tán tại từng thiết bị:
- + Hiệu suất sử dụng cao nhất.
- + Giảm được tổn thất nhiều nhất.
- + Khó khăn trong việc quản lý.
- + Khó khăn trong việc lắp đặt hệ thống tự động điều chỉnh dung lượng bù.
- + Khi thiết bị nghỉ làm việc thì tụ điện cũng nghỉ theo.

4. Chọn sơ đồ nối dây và điện trở phóng điện cho tụ điện

4.1. Sơ đồ nối dây

Tụ bù ở mạng điện áp thấp là loại tụ điện 3 pha, các phần tử đã nối sẵn thành hình tam giác ở phía trong.



Hình 9.2: Sơ đồ nối dây của tụ điện

Thiết bị đóng cắt và bảo vệ cho tụ bù có thể là cầu dao, cầu chì, công tắc tơ hay aptômát.

4.2. Điện trở phóng điện

Tụ điện sau khi cắt ra khỏi lưới thường tồn tại một lượng điện áp dư, rất

nguy hiểm cho công nhân vận hành. Vì vậy, phải có điện trở phóng điện đầu ngay ở đầu cực của tụ điện. Điện trở phóng điện phải có các yêu cầu sau:

- Giảm nhanh điện áp dư trên tụ điện: Theo quy định, sau 30' điện áp dư trên tụ điện phải giảm xuống $\leq 65V$.

- Ở trạng thái làm việc bình thường, tổn thất công suất tác dụng trên điện trở phóng điện so với dung lượng tụ $\leq 1W/kVAr$.

Người ta thường dùng bóng đèn dây tóc có công suất 15W - 40W làm điện trở phóng điện.

- Ưu điểm của bóng đèn dây tóc làm điện trở phóng điện: rẻ tiền; có thể theo dõi độ sáng của đèn để biết tụ điện đã phóng điện hết hay chưa.

- Các bóng đèn dây tóc làm điện trở phóng điện có thể được đấu theo hình sao hoặc hình tam giác. Cách đấu tam giác ưu điểm hơn đấu sao vì khi điện trở phóng điện 1 pha bị đứt thì tụ điện vẫn có thể phóng điện qua 2 pha còn lại.

- Giá trị của điện trở phóng điện của cả 3 pha được tính theo công thức:

$$R_{PD} = \frac{15.10^6.U_f^2}{Q}$$

Trong đó:

Q: Dung lượng của bộ tụ điện cần bù cho cả 3 pha (kVAr).

U_f : Điện áp pha của mạng (kV).

5. Vận hành tụ điện

Khi tụ điện làm việc, do có tổn thất công suất tác dụng nên tụ điện sẽ nóng lên. Nếu nhiệt độ của tụ điện vượt quá trị số cho phép, dầu cách điện trong tụ điện sẽ bốc hơi, làm cho tụ phình ra, hỏng cách điện, chọc thủng cách điện, gây ngắn mạch và có thể dẫn đến nổ tụ. Vì vậy, khi vận hành tụ điện phải đảm bảo các điều kiện sau:

- Phải giữ cho điện áp trên hai bản cực của tụ không vượt quá 110% U_{dm} .
- Dòng điện giữa 3 pha của tụ phải cân bằng, không chênh nhau quá 10%.
- Nhiệt độ môi trường không vượt quá 35°C.
- Trong phòng đặt tụ, không dùng chiếu sáng tự nhiên, tránh tụ bị ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp vào.
- Tụ điện phải đặt ở nơi cao ráo, ít bụi, khó nổ, khó cháy và không có khí ăn mòn.
- Tụ điện được đặt trên giá sắt hoặc trong tủ điện; có thể đặt thành tầng

nhưng không quá 3 tầng. Giữa các tầng phải có khoảng cách thích hợp để thông gió dễ dàng.

- Khi tụ có hiện tượng bị phồng, phải cắt ngay ra khỏi mạng điện.

Câu hỏi ôn tập

1. Phân tích ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất.
2. Trình bày cách nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp tự nhiên.
3. Trình bày cách nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp nhân tạo.
4. Tính toán dung lượng tụ bù để nâng cao hệ số công suất lên 0,95 cho một xí nghiệp cơ khí gồm 3 phân xưởng.
Phân xưởng 1: $S_1 = 50 + j 70$ (kVA)
Phân xưởng 2: $S_2 = 80 + j 120$ (kVA)
Phân xưởng 3: $S_3 = 50 + j 50$ (kVA)

PHỤ LỤC

PL.1. Trị số trung bình K_{SD} và $\cos\varphi$ của các nhóm thiết bị điện

Nhóm thiết bị	K_{SD}	$\cos\varphi$
Nhóm máy gia công kim loại (tiện, cưa, bào...)		
- Phân xưởng cơ khí	0,2 - 0,4	0,6 - 0,7
- Phân xưởng sửa chữa cơ khí	0,14 - 0,2	0,5 - 0,6
- Phân xưởng làm việc theo dây chuyền	0,5 - 0,6	0,7
Nhóm máy phân xưởng rèn	0,25 - 0,35	0,6 - 0,7
Nhóm máy phân xưởng đúc	0,3 - 0,35	0,6 - 0,7
Nhóm động cơ làm việc liên tục (quạt, máy bơm, máy nén khí..)	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Nhóm động cơ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại (cẩu trục, palăng..)	0,05 - 0,1	0,4 - 0,5
Nhóm máy vận chuyển làm việc liên tục (băng tải, băng truyền..)	0,6 - 0,7	0,65 - 0,75
Nhóm lò điện (lò điện trở, lò sấy)		
- Lò điện trở làm việc liên tục	0,7 - 0,8	0,9 - 0,95
- Lò cảm ứng	0,75	0,3 - 0,4
- Lò cao tần	0,5 - 0,6	0,7
Nhóm máy hàn		
- Biến áp hàn hồ quang	0,3	0,35
- Thiết bị hàn hơi, hàn đường, nung tán đỉnh	0,35 - 0,4	0,5 - 0,6
Nhóm máy dệt	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8

PL.2. Trị số K_{NC} và $\cos\varphi$ của các phân xưởng

Tên phân xưởng	K_{NC}	$\cos\varphi$
Phân xưởng cơ khí lắp ráp	0,3 - 0,4	0,5 - 0,6
Phân xưởng nhiệt luyện	0,6 - 0,7	0,7 - 0,9
Phân xưởng rèn, dập	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7
Phân xưởng đúc	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Phân xưởng sửa chữa cơ khí	0,2 - 0,3	0,5 - 0,6
Phân xưởng nhuộm, hấp, tẩy	0,65 - 0,7	0,8 - 0,9
Phân xưởng nén khí	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8
Phân xưởng mộc	0,4 - 0,5	0,6 - 0,7
Phòng thí nghiệm, nghiên cứu khoa học	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8
Nhà hành chính, quản lý	0,7 - 0,8	0,8 - 0,9

PL.3. Trị số T_{max} và $\cos\varphi$ của xí nghiệp

Tên xí nghiệp	T_{max} (h)	$\cos\varphi$
Xí nghiệp cơ khí chế tạo máy	4500 - 5000	0,6 - 0,7
Xí nghiệp chế tạo vòng bi	5000 - 5500	0,7 - 0,75
Xí nghiệp chế tạo dụng cụ	3000 - 4000	0,62 - 0,7
Xí nghiệp gia công gỗ	3000 - 4500	0,65 - 0,7
Xí nghiệp hoá chất	5500 - 6000	0,8 - 0,9
Xí nghiệp đường	4800 - 5200	0,7 - 0,8
Xí nghiệp luyện kim	5000 - 5500	0,75 - 0,88
Xí nghiệp bánh kẹo	5000 - 5300	0,7 - 0,75
Xí nghiệp ôtô máy kéo	4000 - 4500	0,72 - 0,8
Xí nghiệp in	3000 - 3500	0,75 - 0,82
Xí nghiệp dệt	4800 - 5500	0,7 - 0,8

PL4. Trị số n_{hq}^* theo n^* và p

n*=	p* = ΣP _i / ΣP																		
	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
0,02	0,71	0,51	0,36	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,01	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
0,03	0,81	0,64	0,48	0,36	0,27	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
0,04	0,86	0,72	0,57	0,44	0,34	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
0,05	0,90	0,79	0,61	0,51	0,41	0,33	0,26	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05
0,06	0,92	0,83	0,70	0,58	0,47	0,38	0,31	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
0,08	0,94	0,89	0,79	0,68	0,57	0,48	0,40	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08
0,1	0,94	0,92	0,85	0,76	0,66	0,56	0,47	0,40	0,31	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09
0,15		0,95	0,93	0,88	0,80	0,72	0,67	0,56	0,48	0,42	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
0,20			0,95	0,93	0,89	0,83	0,76	0,69	0,61	0,54	0,47	0,42	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19
0,25				0,95	0,93	0,90	0,85	0,78	0,71	0,61	0,57	0,51	0,45	0,41	0,36	0,32	0,29	0,26	0,24
0,30					0,95	0,94	0,90	0,86	0,80	0,73	0,66	0,60	0,53	0,48	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29
0,35						0,95	0,94	0,91	0,86	0,81	0,74	0,68	0,62	0,56	0,50	0,45	0,41	0,37	0,33
0,40							0,95	0,93	0,91	0,86	0,81	0,75	0,69	0,63	0,57	0,52	0,47	0,42	0,38
0,45								0,95	0,93	0,91	0,87	0,81	0,76	0,70	0,64	0,58	0,52	0,47	0,43

[illegible]

PL.5. Trị số K_{max} theo K_{SD} và n_{hq}

n_{hq}	Giá trị K_{max} khi K_{SD}									
	0,1	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
4	3,43	3,81	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,36	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,32	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,28	1,25	1,20	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,26	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,70	1,55	1,37	1,24	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,21	1,20	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,19	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,17	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
35	1,56	1,41	1,30	1,21	1,15	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,14	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,13	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,12	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,10	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,37	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,09	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,08	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,07	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,06	1,07	1,07	1,05	1,02	1,02
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,05	1,06	1,06	1,05	1,02	1,02

160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,02
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
220	1,14	1,12	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
240	1,14	1,11	1,08	1,07	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
260	1,13	1,22	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
280	1,13	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	1,03	1,01	1,01
300	1,12	1,10	1,07	1,06	1,04	1,04	1,03	1,03	1,01	1,01

PL.6. Thời gian T_{\max} của một số xí nghiệp

Xí nghiệp	Hệ số		T_{\max} (h)
	K_{NC}	$\cos\varphi_{TB}$	
Xí nghiệp hoá chất	0,35	0,7	6200
Xí nghiệp lọc dầu	0,35	0,8	7100
Chế tạo máy cỡ nặng	0,22	0,62	3770
Chế tạo máy công cụ	0,23	0,65	4345
Cơ khí sửa chữa	0,22	0,63	4140
Sửa chữa Ôtô	0,20	0,76	4370
Chế tạo đồ điện	0,31	0,64	4280

Trong trường hợp không có số liệu chính xác, ta có thể lấy gần đúng như sau:

Làm việc 1 ca: $T_{\max} = 2500h \div 3000h$

Làm việc 2 ca: $T_{\max} = 4500h \div 5000h$

Làm việc 3 ca: $T_{\max} = 6500h \div 7000h$

PL.7. Suất phụ tải của một số phân xưởng

Tên phân xưởng	p_0 (W/m ²)
Phân xưởng nhiệt luyện và hàn điện	300 - 600
Phân xưởng cơ khí và lắp ráp	200 - 300
Phân xưởng tiện, phay, dập, rèn khuôn	150 - 300
Phân xưởng dụng cụ và đồ gá	50 - 100
Phân xưởng dập, ép chất dẻo	100 - 200
Phân xưởng dập, nén, ép kim loại	250 - 300
Phân xưởng mộc, gia công gỗ	48
Phân xưởng đúc	250 - 300
Phân xưởng sửa chữa, tiện	80 - 100

PL.8. Trị số J_{KT} theo T_{max} và loại dây

Loại dây	Tmax (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

**PL.9. Suất phụ tải của một số phân xưởng
(dùng đèn sợi đốt)**

Tên phân xưởng	p_0 (W/m²)
Phân xưởng cơ khí và hàn	13- 16
Phân xưởng rèn dập và nhiệt luyện	15
Phân xưởng chế biến gỗ	14
Phân xưởng đúc	12- 15
Phân xưởng nổi hơi	8 - 10
Trạm bơm và trạm khí nén	10 - 15
Trạm Axêtylen (nhà máy)	20
Trạm Axít (nhà máy)	10
Các trạm biến áp và biến đổi	12 - 15
Gara ôtô	10 - 15
Trạm cứu hoả	10
Cửa hàng và các kho vật liệu	10
Kho vật liệu dễ cháy	16
Các đường hầm cấp nhiệt	16
Phòng thí nghiệm trung tâm nhà máy	20
Phòng làm việc	15
Phòng điều khiển nhà máy	20
Các toà nhà sinh hoạt của phân xưởng	10
Đất đai trống của xí nghiệp, đường đi	0,15 - 0,22
Trung tâm điều khiển nhà máy điện và trạm biến áp	25 - 30

**PL.10. Thông số kỹ thuật máy biến áp phân phối
do ABB chế tạo**

Công suất (kVA)	Điện áp (kV)	ΔP_0 (W)	ΔP_N (W)	$u_N\%$	Kích thước (mm) Đài - Rộng - Cao	Trọng lượng (kg)
31,5	35 / 0,4	150	700	4,5	860-705-1325	420
	6,3 / 0,4	200	1250	4	860-705-1325	510
50	10 / 0,4	200	1250	4,5	860-705-1325	510
	22 / 0,4	200	1250	4	860-705-1325	510
	35 / 0,4	240	1250	4,5	920-730-1365	467
70	35 / 0,4	280	1400	4,5	920-730-1255	525
	6,3 / 0,4	320	2050	4	900-730-1365	630
100	10 / 0,4	320	2050	4,5	900-730-1365	630
	22 / 0,4	320	2050	4	900-730-1365	630
	35 / 0,4	360	2050	4,5	1010-750-1445	695
	6,3 / 0,4	500	2950	4	1260-770-1420	820
160	10 / 0,4	500	2950	4,5	1260-770-1420	820
	22 / 0,4	500	2950	4	1260-770-1420	820
	35 / 0,4	530	2950	4,5	1160-765-1495	945
	6,3 / 0,4	530	3150	4	1260-770-1420	880
180	10 / 0,4	530	3150	4,5	1260-770-1420	880
	22 / 0,4	530	3150	4	1260-770-1420	880
	35 / 0,4	580	3150	4,5	1160-765-1495	968
	6,3 / 0,4	530	3450	4	1290-780-1450	885
200	10 / 0,4	530	3450	4,5	1290-780-1450	885
	22 / 0,4	530	3450	4	1290-780-1450	885
	35 / 0,4	600	3450	4,5	1350-815-1530	1040
	6,3 / 0,4	640	4100	4	1370-820-1485	1130
250	10 / 0,4	640	4100	4,5	1370-820-1485	1130
	22 / 0,4	640	4100	4	1370-820-1485	1130
	35 / 0,4	680	4100	4,5	1430-860-1550	1166
	6,3 / 0,4	720	4850	4	1380-865-1525	1270

315	10 / 0,4	720	4850	4,5	1380-865-1525	1270
	22 / 0,4	720	4850	4	1380-865-1525	1275
	35 / 0,4	800	4850	4,5	1470-870-1605	1402
	6,3 / 0,4	840	5750	4	1620-1055-1500	1440
400	10 / 0,4	840	5750	4,5	1620-1055-1500	1440
	22 / 0,4	840	5750	4	1620-1055-1500	1440
	35 / 0,4	920	5750	4,5	1640-1040-1630	1650
	6,3 / 0,4	1000	7000	4	1535-930-1625	1695
500	10 / 0,4	1000	7000	4,5	1535-930-1625	1695
	22 / 0,4	1000	7000	4	1535-930-1625	1695
	35 / 0,4	1150	7000	4,5	1585-955-1710	1866
	6,3 / 0,4	1200	8200	4	1570-940-1670	1970
630	10 / 0,4	1200	8200	4,5	1570-940-1670	1970
	22 / 0,4	1200	8200	4	1570-940-1670	1970
	35 / 0,4	1300	8200	4,5	1620-940-1750	2218
	6,3 / 0,4	1400	10500	5	1770-1075-1695	2420
800	10 / 0,4	1400	10500	5,5	1770-1075-1695	2420
	22 / 0,4	1400	10500	5	1770-1075-1695	2420
	35 / 0,4	1520	10500	5,5	1755-1020-1755	2520
	6,3 / 0,4	1750	13000	5	1765-1065-1900	2910
1000	10 / 0,4	1750	13000	5,5	1765-1065-1900	2910
	22 / 0,4	1750	13000	5	1765-1065-1900	2910
	35 / 0,4	1900	13000	5,5	1840-1080-1900	3051
> 1000	Sản xuất theo đơn đặt hàng					

**PL.11. Máy biến áp ba pha hai cuộn dây
do Việt Nam chế tạo**

Loại	Công suất	Điện áp định mức (kV)		Tổn thất (kW)		$\eta_{dm}\%$	$u_N\%$	$i_0\%$
	định mức (kVA)	Cao áp	Hạ áp	ΔP_0	ΔP_N			
20-6,6 / 0,4	20	6,6	0,4	180	600	96,25	5,5	9
50-6,6 / 0,4	50	6,6	0,4	350	1325	96,75	5,5	7
50-10 / 0,4	50	10	0,4	440	1325	96,50	5,5	8
50-35 / 0,4	50	35	0,4	520	1325	96,85	6,5	9
100-6,6 / 0,4	100	6,6	0,4	600	2400	97,09	5,5	6,5
100-10 / 0,4	100	10	0,4	730	2400	96,96	5,5	7,5
100-35 / 0,4	100	35	0,4	900	2400	96,81	6,5	8,0
180-6,6 / 0,4	180	6,6	0,4	1000	4000	97,30	5,5	6,0
180-10 / 0,4	180	10	0,4	1200	4100	97,14	5,5	7,0
180-35 / 0,4	180	35	0,4	1500	4100	96,97	6,5	8,0
320-6,6 / 0,4	320	6,6	0,4	1600	6070	97,66	5,5	6,0
320-10 / 0,4	320	10	0,4	1900	6200	97,54	5,5	7,0
320-35 / 0,4	320	35	0,4	2300	6200	97,41	6,5	7,5
320-35 / 6,6	320	35	6,6	2300	6200	97,41	6,5	7,5
320-35 / 10,5	320	35	10,5	2300	6200	97,41	6,5	7,5
560-6,6 / 0,4	560	6,6	0,4	2500	9400	97,87	5,5	6,0
560-10 / 0,4	560	10	0,4	2500	9400	97,77	5,5	6,0
560-35 / 0,4	560	35	0,4	3350	9400	97,77	6,5	6,5
560-35 / 6,6	560	35	6,6	3350	9400	97,77	6,5	6,5
560-35 / 10,5	560	35	10,5	3350	9400	97,77	6,5	6,5
750-6,6 / 0,4	750	6,6	0,4	4100	11900	97,91	5,5	6,0

750-10 / 0,4	750	10	0,4	4100	11900	97,91	5,5	6,0
750-35 / 0,4	750	35	0,4	4100	11900	97,91	6,5	6,5
750-35 / 6,6	750	35	6,6	4100	11900	97,91	6,5	6,5
1000-10 / 0,4	1000	10	0,4	4900	1500	98,05	5,5	5,0
1000-10,5 / 6,3	1000	10,5	6,3	4900	1500	98,05	5,5	5,0
1000-35 / 0,4	1000	35	0,4	5100	15000	98,05	5,5	5,5
1000-35 / 6,6	1000	35	6,6	5100	15000	98,05	5,5	5,5
1000-35 / 10,5	1000	35	10,5	5100	15000	98,03	6,5	5,5
1800-31,5 / 6,3	1800	31,5	6,3	8300	24000	98,3	6,5	5,0
1800-35 / 6,6	1800	35	6,6	8300	24000	98,3	6,5	5,0
1800-38,5 / 6,3	1800	38,5	6,3	8300	24000	98,3	6,5	5,0
3200-35 / 6,6	3200	35	6,6	11500	37000	98,51	7,0	4,5
3200-35 / 10,5	3200	35	10,5	11500	37000	98,51	7,0	4,5
5600-35 / 6,6	5600	35	6,6	18500	57000	98,67	7,5	4,5
5600-35 / 10,5	5600	35	10,5	18500	57000	98,67	7,5	4,5

**PL.12. Điện áp và dòng điện của dây chảy cầu chì hạ áp
(do ABB chế tạo)**

Điện áp xoay chiều (V)	230, 400, 500, 690, 750, 1000
Điện áp một chiều (V)	220, 440, 500, 600, 750, 1200, 1500, 2400, 3000
Dòng điện định mức (A)	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250

PL.13. Đường kính dây chảy
(khi dây chảy làm bằng dây chì tròn)

Dòng điện định mức (A)	Đường kính dây chì (mm)	Dòng điện định mức (A)	Đường kính dây chì (mm)
0,5	0,2	9	1,2
1	0,3	11	1,4
1,5	0,4	14	1,6
2	0,5	16	1,8
2,5	0,6	19	2,0
3,5	0,7	24	2,2
4	0,8	28	2,4
5	0,9	32	2,6
6	1,0		

PL.14. Đường kính dây chảy
(khi dây chảy làm bằng lá kẽm)

Dòng định mức (A)	Chiều rộng (mm)	Chiều dày (mm)	Tiết diện (mm ²)
100	5	0,5	2,5
125	8	0,5	4,0
160	12	0,5	6,0
200	17	0,5	8,5
225	8	1	8,0
260	10	1	10,0
300	13	1	13,0
350	15	2	30,0

**PL.15. Thông số kỹ thuật của bộ cầu chì -
Cầu dao hạ áp OESA (do ABB chế tạo)**

I_{dm} (A)	U_{dm} (V)	U_{xk} (kV)	I_N (kA)	I_{N10s} (kA)	Khối lượng (kG)
20	1000	12	7,5	1	0,7
25	1000	12	7,5	1	0,7
32	1000	12	7,5	1	0,7
32	750	12	10	1,5	1,6
63	750	12	12	2	1,6
125	750	12	23	5	1,8
160	750	12	23	5	1,8
200	1000	12	40	8	6,9
250	1000	12	40	8	6,9
315	1000	12	40	10	7,3
400	1000	12	40	10	7,8
630	1000	12	75	16	15,5
800	1000	12	75	16	17

**PL.16. Thông số kỹ thuật của cầu chì điện áp thấp
kiểu ống IP-2 (do Liên Xô chế tạo)**

Dòng điện định mức của cầu chì (A)	Dòng điện định mức của dây chảy (A)	Dòng điện cắt giới hạn của dòng điện xoay chiều khi điện áp (V)		
		220 (V)	380 (V)	500 (V)
15	6, 10, 15	1200	8000	7000
60	15, 20, 25, 34, 45, 60	5500	4500	3500
100	60, 80, 100	11000	11000	10000
200	100, 125, 160, 200	11000	11000	10000
350	200, 225, 260, 300, 350	1100	13000	11000
600	350, 430, 500, 600	15000	23000	20000
1000	600, 700, 850, 1000	15000	20000	20000

**PL.17. Thông số kỹ thuật của aptômat G4CB,
điện áp 230 / 400V (do Clipsal chế tạo)**

1 cực		2 cực		3 cực		I_{Ndm} (kA)
I_{dm} (A)	Mã số	I_{dm} (A)	Mã số	I_{dm} (A)	Mã số	
06	G4CB1006C	10	G4CB2010C	10	G4CB3010C	6
10	G4CB1010C	16	G4CB2016C	16	G4CB3016C	6
16	G4CB1016C	20	G4CB2020C	20	G4CB3020C	6
20	G4CB1020C	25	G4CB2025C	25	G4CB3025C	6
25	G4CB1025C	32	G4CB2032C	32	G4CB3032C	6
32	G4CB1032C	40	G4CB2040C	40	G4CB3040C	6
40	G4CB1040C	50	G4CB2050C	50	G4CB3050C	6
50	G4CB1050C	63	G4CB2063C	63	G4CB3063C	6
63	G4CB1063C	100	G4CB20100C	100	G4CB30100C	6

**PL.18. Thông số kỹ thuật của aptomat từ 5A đến 225A
(do LG chế tạo)**

Loại		50AF	100AF				225AF			
Kiểu		ABE 53a	ABE 103a	ABS 103a	ABH 103a	ABL 103a	ABE 203a	ABS 203a	ABH 203a	ABL 203a
U_{dm} (V)		600	600	600	600	600	600	600	600	600
Số cực		2,3	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4
I_{dm} (A)		5	5		15				125	
		10	10		20				150	
		15	15		30				175	
		20	20		40				200	
		30	30		40				225	
		40	40		50					
		50	50		60					
			60		75					
			75		100					
			100							
I_{Cdm} (kA)		2,5	5	7,5	10	35	7,5	7,5	25	35
Kích thước (mm)	rộng	75	75	90	90	105	105	105	105	105
	cao	130	130	155	155	165	165	165	165	165
	sâu	64	64	64	64	86	64	64	103	103
Khối lượng (kg)	2cực	0,45	0,6	0,7	0,7	1,1	1,1	1,1	2,1	2,1
	3cực	0,65	0,8	1,1	1,1	1,7	1,3	1,3	2,3	2,3
	4cực			1,5	1,5	2,3		1,5	2,5	2,5

PL.19. Thông số kỹ thuật aptômat kiểu A3100
(do Liên Xô chế tạo)

Kiểu	Ký hiệu theo kết cấu	Dòng điện định mức I_{dm} (A)	Điện áp định mức (V)		Số cực	Dạng móc bảo vệ dòng điện cực đại	Dòng điện định mức của móc bảo vệ (A)	Dòng điện tác động tức thời (A)
	A3161		110	220	1	Phân	15, 20, 25	
A3160	A3162	60	220	380	2	tử	30, 40, 50	
	A3163		220	380	3	nhiệt	60	
	A3113/1	100	220	500	2		15	150
	A3114/1				3		20	200
							25	250
						Tổng	30	300
A3110						hợp	40	400
							50	500
							60	600
							80	800
							100	1000
	A3113/5	100	220	500	2		15	150
	A3114/5				3		20	200
						Điện	25	250
						tử	40	300, 400
							60	500, 600
							100	1000
	A3123	100	200	500	2	Tổng	15, 20, 25, 30	430

	A3124				3	hợp	40, 50, 60, 80	600
A3120							100	800
						Điện	30	430
						từ	100	840
								600, 800
	A3133	200	220	500	2	Tổng	120	840
	A3134				3	hợp	150	1050
A3130							200	1400
						Điện	200	840
						từ		1050
								1400
	A3143	600	220	500	2		300	2100
	A3144				3	Tổng	400	2800
						hợp	500	3500
							600	4200
A3140							600	1750
								2100
								2800
								3500
								4200

Chú thích:

- Khi dòng quá tải bằng 1,1 dòng chỉnh định aptômát không tác động.
- Khi dòng quá tải bằng 1,35 dòng chỉnh định aptômát tác động không quá 30 phút.

PL20. Thông số kỹ thuật aptômát từ 10A đến 225A (do Nhật chế tạo)

Loại	EA52-G	EA53-G	EA102-G	EA103-G	EA202-G	EA203-G	EA204-G
Số cực	2	3	2	3	2	3	4
I_{dm} (A)	10, 15, 20, 30, 40, 50		60, 75, 100		125, 160, 175, 200, 225		
U_{dm} (V)	220, 380		220, 380		220, 380		
I_N (kA)	5		25, 14		25, 18		

PL21. Thông số kỹ thuật aptômát từ 250A đến 1000A (do Nhật chế tạo)

Loại A	SA402-H	SA403-H	SA404-H	SA603-G	SA604-G	SA803-G	SA804-G	SA1003-G
Số cực	2	3	4	3	4	3	4	3
I_{dm} (A)	250, 300, 350, 400			500, 600		700, 800		
U_{dm} (V)	220, 380			220, 380		220, 380		
I_N (kA)	85, 45			85, 45		85, 50		

PL22. Điện trở và điện kháng của dây đồng trần

Loại dây	M-6	M-10	M-16	M-25	M-35	M-50	M-70	M-95	M-120	M-150	M-185
Điện trở (Ω/km)	3,06	1,84	1,20	0,74	0,54	0,39	0,28	0,20	0,158	0,123	0,103
Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây (mm)	Điện kháng (Ω/km)										
400	0,371	0,355	0,333	0,319	0,308	0,297	0,283	0,274			
600	0,397	0,381	0,385	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287	0,280
800	0,415	0,399	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305	0,298
1000	0,429	0,418	0,391	0,377	0,356	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319	0,313
1250	0,443	0,427	0,405	0,391	0,380	0,369	0,255	0,346	0,338	0,333	0,327
1500		0,438	0,416	0,402	0,391	0,380	0,366	0,357	0,349	0,344	0,338
2000		0,457	0,435	0,421	0,410	0,398	0,385	0,376	0,368	0,363	0,357
2500			0,449	0,435	0,420	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371
3000			0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382

PL 23. Điện trở và điện kháng của dây nhôm trần

Loại dây	A-6	A-10	A-16	A-25	A-35	A-50	A-70	A-95	A-120	A-150	A-185
Điện trở (Ω/km)	5,26	3,16	1,98	1,28	0,92	0,64	0,46	0,34	0,27	0,21	0,17
Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây (mm)	Điện kháng (Ω/km)										
600	-	-	0,358	0,345	0,336	0,325	0,315	0,303	0,297	0,288	0,297
800	-	-	0,377	0,363	0,352	0,341	0,331	0,319	0,313	0,305	0,298
1000	-	-	0,391	0,377	0,366	0,355	0,345	0,334	0,327	0,319	0,311
1250	-	-	0,405	0,391	0,380	0,369	0,359	0,347	0,341	0,333	0,328
1500	-	-	-	0,402	0,391	0,380	0,370	0,358	0,352	0,344	0,339
2000	-	-	-	0,421	0,410	0,398	0,388	0,377	0,371	0,363	0,355

PL24. Điện trở và điện kháng của dây nhôm lõi thép

Loại dây	AC-10	AC-16	AC-25	AC-35	AC-50	AC-70	AC-95	AC-120	AC-150	AC-185
Điện trở (Ω/km)	3,12	2,06	1,38	0,85	0,65	0,46	0,33	0,27	0,21	0,17
Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây (mm)	Điện kháng (Ω/km)									
2000	-	-	-	0,403	0,392	0,382	0,371	0,365	0,358	-
2500	-	-	-	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	-
3000	-	-	-	0,429	0,418	0,408	0,397	0,391	0,389	0,377

PL.25. Các số liệu tính toán của dây đồng và dây nhôm

Tiết diện định mức (mm ²)	Tiết diện tính toán (mm ²)	Đường kính tính toán (mm)	Điện trở khi nhiệt độ 20°C (Ω/kM) không lớn hơn	Khối lượng tính toán (kG/kM)
Dây đồng				
4	3,94	2,2	4,65	35
6	5,85	2,7	3,06	52
10	9,79	3,5	7,81	87
16	15,5	5,0	1,20	140
25	24,5	6,3	0,74	221
35	34,1	7,5	0,54	323
50	48,5	8,9	0,39	439
70	68,3	10,7	0,28	618
95	92,5	12,5	0,20	837
120	117	14,0	0,158	1058
150	148	15,8	0,123	1338
185	180	17,4	0,103	1627
240	234	19,9	0,078	2120
300	288	22,1	0,062	2608
400	289	25,6	0,047	3521
Dây nhôm				
16	15,9	5,1	1,98	41
25	24,7	6,4	1,28	68
35	34,4	7,5	0,92	95
50	49,5	9,0	0,64	136
70	69,3	10,7	0,46	191

95	93,3	12,4	0,34	257
120	117	14,0	0,27	322
150	148	15,8	0,21	407
185	183	17,5	0,17	503
240	239	20,0	0,132	656
300	298	22,4	0,106	817
400	396	25,8	0,080	1087
500	501	29,1	0,063	1376
600	604	32,0	0,052	1658

PL.26. Điện trở và điện kháng của dây dẫn và cáp lõi đồng, nhôm điện áp đến 500V

Tiết diện (mm ²)	r_0 (Ω/kM)		x_0 (Ω/kM)		Tiết diện (mm ²)	r_0 (Ω/kM)		x_0 (Ω/kM)	
	Nhôm	Đồng	Dây đặt hở	Dây đặt trong ống hay cáp		Nhôm	Đồng	Dây đặt hở	Dây đặt trong ống hay cáp
1,5	22,2	13,35	-	0,10	50	0,67	0,40	0,25	0,06
2,5	13,3	8,0	-	0,09	70	0,48	0,29	0,24	0,06
4	8,35	5,0	0,33	0,09	95	0,35	0,21	0,23	0,06
6	5,55	3,33	0,32	0,09	120	0,28	0,17	0,22	0,06
10	3,33	2,0	0,31	0,07	150	0,22	0,13	0,21	0,06
16	2,08	1,25	0,29	0,07	185	0,18	0,11	0,21	0,06
25	1,33	0,80	0,27	0,07	240	-	0,08	0,20	-
35	0,95	0,57	0,26	0,06	300	0,12	0,07	0,19	0,06

PL.27. Dòng điện phụ tải cho phép của cáp ruột đồng có cách điện bằng giấy tẩm nhựa thông và nhựa không cháy có vỏ chì hay nhôm đặt trong đất (A)

Tiết diện ruột (mm ²)	Cáp ba ruột		Cáp bốn ruột
	6 (kV)	10 (kV)	dưới 1 (kV)
	Nhiệt độ cho phép của ruột cáp (°C)		
	65	60	80
4	-	-	50
6	-	-	60
10	80	-	85
16	105	95	115
25	135	120	150
35	160	150	175
50	200	180	215
70	245	215	265
95	295	265	310
120	340	310	350
150	390	355	395
185	440	400	450
240	510	460	-

**PL.28. Dòng điện phụ tải cho phép của cáp ruột nhôm
có cách điện bằng giấy tẩm nhựa thông và nhựa không cháy
có vỏ chì hay nhôm đặt trong đất (A)**

Tiết diện ruột (mm ²)	Cáp ba ruột		Cáp bốn ruột
	6 (kV)	10 (kV)	dưới 1 (kV)
	Nhiệt độ cho phép của ruột cáp (°C)		
	65	60	80
4	-	-	38
6	-	-	46
10	60	-	65
16	80	75	90
25	105	90	115
35	125	115	135
50	155	140	165
70	190	165	200
95	225	205	240
120	260	240	270
150	300	275	305
185	300	310	345
240	390	355	-

**PL.29. Dòng điện cho phép của cáp có cách điện
bằng giấy tẩm nhựa cách điện, vỏ bằng chất policlovinin
(mã hiệu BM, ABM) đặt trong đất (A)**

Tiết diện ruột (mm ²)	Cáp dưới 1 (kV)			
	Ruột đồng		Ruột nhôm	
	Ba ruột	Bốn ruột	Ba ruột	Bốn ruột
Nhiệt độ cho phép của ruột 65°C				
4	50	40	40	30
6	70	60	55	45
10	90	80	70	60
16	125	115	95	90
25	150	135	115	105
35	190	170	145	130
50	230	205	175	160

PL.30. Điện trở và điện kháng của thanh cái phẳng

Kích thước (mm)	r_0 khi 65°C (mΩ/m)		x_0 (đồng và nhôm) (mΩ/m)			
	Đồng	Nhôm	Khoảng cách trung bình hình học (mm)			
			110	150	200	300
25 x 3	0,268	0,475	0,179	0,200	0,295	0,244
30 x 3	0,223	0,394	0,163	0,189	0,206	0,235
30 x 4	0,167	0,296	0,163	0,189	0,206	0,235
40 x 4	0,125	0,222	0,145	0,170	0,189	0,214
40 x 5	0,100	0,177	0,145	0,170	0,189	0,214
50 x 5	0,080	0,142	0,137	0,156	0,180	0,200
50 x 6	0,067	0,118	0,127	0,156	0,180	0,200
60 x 6	0,056	0,099	0,119	0,145	0,163	0,189
60 x 8	0,042	0,074	0,119	0,145	0,163	0,189
80 x 8	0,031	0,055	0,090	0,126	0,145	0,179
80 x 10	0,025	0,044	0,102	0,126	0,145	0,170
100 x 10	0,020	0,035	0,102	0,113	0,133	0,157

**PL.31. Dòng điện phụ tải cho phép
của thanh cái bằng đồng và nhôm (nhiệt độ tiêu chuẩn
của môi trường xung quanh là + 25°C)**

Kích thước (mm ²)	Tiết diện của một thanh (mm ²)	Khối lượng (kg/m)		Dòng điện cho phép (A)					
		Đồng	Nhôm	Mỗi pha một thanh		Mỗi pha ghép hai thanh		Mỗi pha ghép ba thanh	
				Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm
25 x 3	75	0,668	0,203	340	265	-	-	-	-
30 x 3	90	0,800	0,234	405	305	-	-	-	-
30 x 4	120	1,066	0,324	475	365	-	-	-	-
30 x 4	160	1,424	0,432	625	480	-	-	-	-
40 x 5	200	1,780	0,540	700	540	-	-	-	-
50 x 5	250	2,225	0,675	860	665	-	-	-	-
50 x 6	300	2,676	0,810	955	740	-	-	-	-
60 x 5	300	2,670	0,810	1025	705	-	-	-	-
60 x 6	360	3,204	0,972	1125	870	1740	1350	2240	1700
60 x 8	480	4,272	1,295	1320	1025	2160	1680	2790	2180
60 x 10	600	5,310	1,620	1175	1155	2560	2010	3300	2650
80 x 6	480	4,272	1,295	1480	1150	2110	1630	2720	2100
80 x 8	640	5,698	1,728	1690	1320	2620	2040	3370	2620
80 x 10	800	7,100	2,160	1900	1180	3100	2410	3990	3100
100 x 6	600	5,340	1,620	1810	1125	2170	1935	3170	2500
100 x 8	800	7,120	2,160	2080	1625	3060	2390	3930	3050
100 x 10	1000	8,900	2,700	2310	1820	3610	2860	4650	3640
120 x 8	960	8,460	2,600	2400	1900	3100	2650	4340	3380
120 x 10	1200	10,650	3,240	2650	2070	4100	3200	5200	4100

PL.32. Cáp đồng hạ áp 3, 4 lõi cách điện PVC
(do hãng LENS chế tạo)

F (mm ²)	d (mm)			M (kG/kM)	r ₀ (Ω/kM ở 20 ⁰ C)	I _{CP} (A)	
	Lõi	Vỏ				Trong nhà	Ngoài trời
		min	max				
Cáp 3 lõi							
3G 1,5	1,4	9,2	11,0	148	12,1	31	23
3G 2,5	1,8	10,0	12,5	188	7,41	41	31
3G 4	2,25	11,0	13,5	255	4,61	53	42
3G 6	2,90	12,0	15,0	323	3,08	66	54
3G 10	3,80	13,5	17,0	479	1,83	87	75
3G 16	4,8	15,5	19,5	681	1,15	113	100
3G 25	6,0	19,0	23,5	1095	0,727	144	127
3G 35	7,1	21,0	26,0	1435	0,524	174	158
3G 50	8,4	24,5	29,0	1885	0,387	206	192
3G 70	10,0	28,5	34,0	2645	0,268	254	246
3G 95	12,1	32,5	38,5	3450	0,193	301	298
3G 120	12,6	36,0	42,5	4425	0,153	343	346
3G 150	14,0	40,0	47,5	5440	0,124	387	395
3G 185	16,5	44,5	53,0	6810	0,0991	434	450
3G 240	17,9	50,5	59,5	8815	0,0754	501	538
3G 300	20,1	56,0	66,0	10725	0,0601	565	621
Cáp 4 lõi							
4G 1,5	1,4	9,8	12,0	176	12,1	31	23
4G 2,5	1,8	10,5	13,0	227	7,41	41	31
4G 4	2,25	12,0	14,5	298	4,61	53	42

4G 6	2,90	13,0	16,0	406	3,08	66	54
4G 10	3,80	15,0	18,5	600	1,83	87	75
4G 16	4,8	17,0	21,0	851	1,15	113	100
4G 25	6,0	20,5	25,5	1294	0,727	144	127
4G 35	7,1	23,0	28,5	1730	0,524	174	158
4G 50	8,4	27,0	32,5	2276	0,387	206	192
4G 70	10,0	31,5	37,5	3195	0,268	254	246
4G 95	11,1	36,0	42,5	4150	0,193	301	298
4G 120	12,6	40,0	47,5	5310	0,153	343	346
4G 150	14,0	44,5	52,5	6805	0,124	387	395
4G 185	15,6	50,0	59,0	8175	0,0991	434	450

PL.33. Hệ số điều chỉnh k_2 về số dây cáp cùng đặt trong một hầm cáp hoặc một rãnh dưới đất

Khoảng cách giữa các sợi cáp (mm)	Số sợi cáp					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

PL34. Hệ số hiệu chỉnh k_1 về nhiệt độ của môi trường xung quanh đối với dòng điện phụ tải của cáp, dây dẫn cách điện và không cách điện

Nhiệt độ tiêu chuẩn của môi trường xung quanh (°C)	Nhiệt độ lớn nhất cho phép cho phép của dây (°C)	Hệ số k ₁ khi nhiệt độ của môi trường xung quanh (°C)											
		-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25		1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25		1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25		1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54

PI.35. Bảng tính công suất bù Q_{bu}

$\cos \varphi$	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,50	0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,181	1,529	1,590	1,732
0,51	0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52	0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
0,53	0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55	0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,60	0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64	0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200

0,65	0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
0,66	0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
0,70	0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,71	0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,72	0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,73	0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,75	0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,76	0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,78	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79	0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,80	-	0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,81	-	0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82	-	0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83	-	0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672

0,84	-	0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,85	-	0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,86	-	-	0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,87	-	-	0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88	-	-	0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89	-	-	0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,90	-	-	-	0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

PL36. Hệ số sử dụng của một số loại đèn (k_{SD})

Loại đèn	Số đốt vận năng						Số đốt vận năng						Số đốt chiếu sâu						Số đốt dùng cho phòng làm việc						Đèn huỳnh quang						Đèn huỳnh quang loại kín					
	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70			
Phân %																																				
Phuồng %	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
Φ	05	21	24	28	14	17	21	19	21	25	16	20	27	22	29																					
	06	27	30	34	19	22	26	24	27	31	21	25	32	27	33																					
	07	32	35	38	23	26	29	29	31	34	24	29	35	30	38																					
	08	35	38	41	26	28	32	32	34	37	26	31	37	33	41																					
	09	38	40	44	28	30	34	34	36	39	29	33	39	35	43																					
	10	40	42	45	30	31	35	35	38	40	31	34	41	37	44																					
	11	42	44	46	31	33	36	37	39	41	32	36	42	38	46																					
	125	44	46	48	33	35	37	39	41	43	34	38	43	41	48																					
	15	46	48	51	35	36	40	41	43	46	37	41	46	44	51																					
	175	48	50	53	37	39	41	43	44	48	39	43	48	46	53																					
20	50	52	55	39	40	43	44	46	49	41	45	50	48	55																						
225	52	54	56	40	42	45	46	48	51	43	47	52	50	57																						

25	54	55	59	42	44	46	48	49	52	45	48	54	52	58	60	62	63	65	64	67	46	46	47	49	48	50
30	55	57	60	43	45	47	49	51	53	47	51	55	54	60	62	64	64	67	66	69	47	48	48	50	49	51
35	56	58	61	44	46	48	50	52	54	49	52	57	57	63												
40	57	59	62	45	47	49	51	52	55	50	54	58	59	64	65	67	68	70	69	72	48	49	50	52	51	53
50	58	60	63	46	48	51	52	54	57	52	56	60	61	65	67	68	69	72	71	74	49	50	51	53	52	54

PL.37. Thông số kỹ thuật của tụ điện bù cos φ
(do Liên Xô chế tạo)

Loại	Công suất danh định (kVAr)	Điện dung danh định (μF)	Kiểu chế tạo	Chiều cao (mm)
Loại 1				
KM-3,15-12-2Y1	12	3,8	Một pha	466
KM-6,3-12-2Y1	12	1,0		506
KM-10,5-12-2Y1	12	0,35		546
KM-3,15-24-2Y1	24	7,7		781
KM-8,3-24-2Y1	24	1,9		821
KM-10,5-24-2Y1	24	0,7		861
Loại 2				
KC1-0,022-3Y1	6	395	Một pha và ba pha	472
KC1-0,38-14-3Y1	14	309		472
KC1-0,5-14-3Y1	14	178		472
KC1-0,66-16-3Y1	14	117		472
KC2-0,22-12-3Y3	12	790		725
KC2-0,38-36-3Y3	36	794		725
KC2-0,5-36-3Y3	36	458		725
KC2-0,66-40-3Y3	40	292		739
KC2-O,22-12-3Y1	12	790		787

KC2-0,38-28-3Y1	28	618		787
KC2-0,5-28-3Y1	28	357		787
KC2-0,66-32-3Y1	32	234		787
Loại 3				
KC1-0,22-8-3Y3	8	526	Một pha và ba pha	410
KC1-0,38-25-3Y3	25	551		410
KC1-0,66-25-3Y3	25	183		418
KC1-0,22-8-3Y1	8	526		472
KC1-0,38-20-Y1	20	442	Một pha	472
KC1-0,66-20-3Y1	20	146		466
KC1-1,05-37,5-2Y3	37,5	108		418
KC1-3,15-37,5-2Y3	37,5	12		441
KC1-6,3-37,5-2Y3	37,5	3		471
KC1-10,5-37,5-2Y3	37,5	1		526
KC1-1,05-30-2Y1	30	867		466
KC1-3,15-30-2Y1	30	10		466
KC1-6,3-30-2Y1	30	2		506
KC1-10,5-30-2Y1	30	1		504
KC2-0,22-16-3Y3	16	1052	Một pha và ba pha	725
KC2-0,38-50-3Y3	50	1102		725
KC2-0,66-50-3Y3	50	366		739

KC2-0,22-16-3Y1	16	1052		787
KC2-0,38-40-3Y1	40	884		787
KC2-0,66-40-3Y1	40	292		787
KC2-1,05-75-2Y3	75	217		739
KC2-3,15-75-2Y3	75	24		756
KC2-6,3-75-2Y3	75	6		768
KC2-10,5-75-2Y3	75	2		841
KC2-1,05-60-2Y1	60	173		787
KC2-3,15-60-2Y1	60	19		781
KC2-6,3-60-2Y1	60	5		821
KC2-10,5-60-2Y1	60	2		861
Loại 4				
KC0-0,22-4-3Y3	4	260	Một pha và ba pha	260
KC0-0,38-12,5-3Y3	12,5	275		260
KC0-0,66-12,5-3Y3	12,5	92		274
KC0-3,15-25-2Y3	26	8		296
KC0-6,3-25-2Y3	25	2		326
KC0-10,5-25-2Y3	25	1		390
KC1-3,15-50-2Y3	50	16		441
KC1-6,3-50-2Y3	50	3	Một pha	471
KC1-10,5-50-2Y3	50	1,4		526

KC1-3,15-37,5-2Y1	37,5	12		466
KC1-6,3-37,5-2Y1	37,5	3		506
KC1-10,5-37,5-2Y1	37,5	1,1		546
KC1-3,15-100-2Y3	100	32,7		756
KC2-6,3-100-2Y3	100	8		786
KC2-10,5-100-2Y3	100	2,9		841
KC2-3,15-75-2Y1	75	24		781
KC2-6,3-75-2Y1	75	6		821
KC2-10,5-75-2Y1	75	2,2		861
KC11-0,66-36-T1	36	263		787
KCTC-0,38-9,4-Y2	9,4	207		305

PL.38. Điện trở suất của đất (ρ)

Đất	$\rho \cdot 10^4$ (Ω/cm)
Cát	7
Cát pha	3
Đất đen	2
Đất sét, đất sét pha sỏi	1
Độ dày của lớp đất sét (1 - 3)m	1
Đất vườn, ruộng	0,4
Đất bùn	0,2

PL.39. Hệ số hiệu chỉnh điện trở suất của đất k_{max}

Cực nối đất	k_1	k_2	k_3
Thanh dẹt chôn nằm ngang cách mặt đất 0,5m	6,5	5,0	4,5
Thanh dẹt chôn nằm ngang cách mặt đất 0,8m	3,0	2,0	1,6
Cọc thép, ống thép, cọc thép góc đóng chôn sâu cách mặt đất 0,5m - 0,8m	2,0	1,5	1,4

Chú thích: k_1 : Đất ẩm; k_2 : Đất ẩm trung bình; k_3 : Đất khô

PL.40. Hệ số sử dụng của cọc (η_C) và thanh ngang (η_T)

Số cọc chôn thẳng đứng	Tỷ số a / l					
	1		2		3	
	η_C	η_T	η_C	η_T	η_C	η_T
Khi đặt các cọc theo chu vi mạch vòng						
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64
8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,60
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,47
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33
Khi đặt các cọc thành dãy						
3	0,78	0,80	0,86	0,92	0,91	0,95
4	0,74	0,77	0,83	0,87	0,88	0,92
5	0,70	0,74	0,81	0,86	0,87	0,90
6	0,63	0,72	0,77	0,83	0,83	0,88
10	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82
15	0,54	0,50	0,70	0,64	0,78	0,74
20	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68
30	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58

Chú ý: a: Khoảng cách giữa các cọc
l: Chiều dài cọc

PL.41. Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất

	τ (h)		
T_{\max} (h)	Khi hệ số công suất trung bình ($\cos \varphi_{TB}$)		
	1	0,8	0,6
2000	800	2000	2700
2500	1000	2000	2700
3000	1300	2000	2700
3500	1600	2150	3000
4000	2000	2750	3400
4500	2500	3300	3750
5000	2900	3650	4150
5500	3500	4150	4600
6000	4200	4600	5000
6500	5000	5300	5500
7000	5700	5900	6100
7500	6600	6050	6700
8000	7900	7400	7400
8760	8760	8760	8760

PL.42. Mật độ phụ tải

Mật độ phụ tải (kW/m²)	Công suất trạm 1 MBA(kVA)	Mật độ phụ tải (kW/m²)	Công suất trạm 2 MBA(kVA)
0004	180	0004	2 x 100
0010	240	0022	2 x 180
0023	320	0052	2 x 240
0061	420	0125	2 x 320
0121	560	0282	2 x 420
0292	780	0670	2 x 560
0695	1000	1610	2 x 750

PL.43. Hệ số K

Số cấp đặt trong ống	Độ phức tạp	Hệ số K
1	A	1,25
	B	1,4
	C	1,65
2	A	2,5
	B	2,7
	C	2,7
3 và nhiều hơn	A	0,45
	B	0,4
	C	0,32

PL.44. Độ phức tạp của tuyến đường ống

Đặc điểm của tuyến	Chiều dài	Độ phức tạp
Đường thẳng	đến 50m	A
	51 - 75	B
	76 - 100	C
Một góc 90^0 hoặc hai góc $120^0 - 150^0$	đến 30m	A
	31 - 50	B
	51 - 75	C
Hai góc 90^0 hoặc một góc 90^0 và hai góc $120^0 - 150^0$	đến 20m	A
	21 - 30	B
	31 - 50	C
Ba góc 90^0 hoặc hai góc 90^0 và một góc $120^0 - 150^0$	đến 15m	A
	16 - 25	B
	26 - 40	C
Bốn góc 90^0 hoặc hai góc 90^0 và hai góc $120^0 - 150^0$	đến 10m	A
	11 - 20	B
	21 - 30	C

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Giáo trình cung cấp điện*, Nguyễn Công Hiền, Đặng Ngọc Dinh, Nhà xuất bản Đại học và Trung học công nghiệp.
2. *Giáo trình cung cấp điện*, Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục.
3. *Hệ thống cung cấp điện của xí nghiệp công nghiệp đô thị và nhà cao tầng*, Nguyễn Công Hiền, Nguyễn Mạch Hoạch, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
4. *Hướng dẫn thực hành thiết kế điện nhà*, Nhà xuất bản Đà Nẵng.
5. *Cẩm nang các thiết bị đóng cắt*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
6. *Thiết kế cấp điện*, Ngô Hồng Quang, Vũ Văn Tắm, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Bài mở đầu</i>	5
Chương 1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ CUNG CẤP ĐIỆN	
I. Đặc điểm của quá trình sản xuất và phân phối điện năng	6
II. Hộ tiêu thụ điện	12
III. Yêu cầu và các bước khi thiết kế hệ thống cung cấp điện	14
Chương 2. TÍNH TOÁN PHỤ TẢI ĐIỆN	
I. Ý nghĩa của việc tính toán phụ tải điện	19
II. Các hệ số và đại lượng dùng trong cung cấp điện	20
III. Các phương pháp xác định phụ tải tính toán	23
IV. Trình tự xác định phụ tải tính toán của phân xưởng và nhà máy	27
V. Xác định trung tâm phụ tải	31
Chương 3. MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP	
I. Khái niệm chung	33
II. Các sơ đồ nối dây trong hệ thống cung cấp điện	34
III. Kết cấu của mạng điện xí nghiệp	36
Chương 4. TRẠM BIẾN ÁP	
I. Khái niệm chung về trạm biến áp	40
II. Chọn vị trí, số lượng, dung lượng trạm biến áp	41
III. Đo lường, vận hành và kiểm tra trạm biến áp	44
Chương 5. TÍNH TOÁN ĐIỆN	
I. Tính toán tổn thất công suất trong hệ thống cung cấp điện	46
II. Tính toán tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện	52
III. Tính toán tổn thất điện áp trong hệ thống cung cấp điện	54
Chương 6. TÍNH CHỌN CÁC PHẦN TỬ	
IIA ÁP TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN	
I. Điều kiện chung để tính chọn các phần tử hạ áp trong hệ thống cung cấp điện	60

II. Tính chọn và kiểm tra cầu dao điện hạ áp	63
III. Tính chọn và kiểm tra cầu chì hạ áp	65
IV. Tính chọn và kiểm tra aptômát	69
V. Tính chọn và kiểm tra dây dẫn, dây cáp điện	71
VI. Tính chọn và kiểm tra thanh cái (thanh dẫn)	77
VII. Tính chọn tủ phân phối và tủ động lực	82
VIII. Tính chọn ống bảo vệ	83
Chương 7. BẢO VỆ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN	
I. Các hình thức bảo vệ trong hệ thống cung cấp điện (CCĐ)	86
II. Chống sét trong hệ thống cung cấp điện (CCĐ)	90
III. Nối đất trong hệ thống cung cấp điện (CCĐ)	98
Chương 8. CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP	
I. Khái niệm chung	105
II. Các loại đèn dùng trong chiếu sáng công nghiệp	108
III. Thiết kế chiếu sáng	114
Chương 9. NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT TRONG XÍ NGHIỆP CÔNG NGHIỆP	
I. Ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất	120
II. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất	123
III. Tính toán nâng cao hệ số công suất	126
Phụ lục	131
Tài liệu tham khảo	176

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỔNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916 - FAX: (04) 9289143

GIÁO TRÌNH
CUNG CẤP ĐIỆN
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chịu trách nhiệm xuất bản
NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập
TRƯƠNG ĐỨC HÙNG

Bìa
TRẦN QUANG
Kỹ thuật vi tính
PHẠM BẰNG VIỆT

Sửa bản in
ĐỨC HÙNG
BẠCH THỊ LÊ

In 550 cuốn, khổ 17x24cm, tại Công ty Cổ phần in Khoa học Kỹ thuật. Quyết định xuất bản: 160 - 2007/CXB/428GT - 27/HN, số: 313/CXB ngày 02/3/2007. In xong và nộp lưu chiểu quý III/2007.

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2007
KHOẢNG TRƯỜNG TRUNG HỌC CÔNG NGHIỆP

1. THỰC TẬP QUA BAN HÀN
2. THỰC TẬP QUA BAN NGUỘI
3. THỰC TẬP QUA BAN MÁY
4. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
5. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
6. VẬT LIỆU ĐIỆN
7. ĐO LƯỜNG ĐIỆN
8. CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN
9. ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT
10. MÁY CÔNG CỤ CẮT GỌT
11. ĐỒ GÁ
12. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY
13. TỔ CHỨC SẢN XUẤT
14. MÁY VÀ LẬP TRÌNH CNC
15. CẮT GỌT KIM LOẠI
16. SỬA CHỮA MÁY CÔNG CỤ
17. MÁY ĐIỆN
18. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
19. KHÍ CỤ ĐIỆN - TRANG BỊ ĐIỆN
20. CUNG CẤP ĐIỆN
21. KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN LOGIC VÀ ỨNG DỤNG
22. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN CÔNG NGHỆ CTM
23. THỰC HÀNH CẮT GỌT KIM LOẠI
24. THỰC HÀNH SỬA CHỮA THIẾT BỊ
25. THÍ NGHIỆM KỸ THUẬT ĐIỆN
26. THÍ NGHIỆM MÁY ĐIỆN
27. THỰC TẬP ĐIỆN CƠ BẢN
28. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
29. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
30. QUẢN TRỊ DOANH NGHIỆP
31. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN TRANG BỊ ĐIỆN
32. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN CUNG CẤP ĐIỆN
33. CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY
34. ĐỒ ÁN CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY
(ĐỒ ÁN CHI TIẾT MÁY)
35. CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ GIẢI THUẬT
36. LÝ THUYẾT TRUYỀN TIN
37. CƠ SỞ KỸ THUẬT TRUYỀN SỐ LIỆU
38. ASSEMBLY
39. THỰC TẬP CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
40. THỰC HÀNH PLC
41. FOXPRO

GT Cung cấp điện



24,500



Giá: 24.500 đ