

Chương I

KHÁI QUÁT VỀ CUNG CẤP ĐIỆN

Sau khi học xong chương này sinh viên cần nắm được:

- Các đặc điểm của cung cấp điện xí nghiệp công nghiệp
- Các dạng nguồn điện
- Khái niệm về mạng điện xí nghiệp công nghiệp
- Các đặc điểm của hộ tiêu thụ
- Các yêu cầu của thiết kế cung cấp điện
- Hướng nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực cung cấp điện

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

Điện năng là một dạng năng lượng đặc biệt và rất phổ biến hiện nay, bởi điện năng có rất nhiều ưu điểm hơn hẳn so với các dạng năng lượng khác như: Dễ dàng chuyển thành các dạng năng lượng khác với hiệu suất cao (cơ năng, nhiệt năng, hoá năng, quang năng ...), có thể truyền tải đi xa, rất xa với công suất lớn và rất lớn.

Điện năng trong quá trình sản xuất và phân phối có một số đặc điểm sau đây:

- Điện năng sản xuất ra nói chung không tích trữ được (trừ một vài trường hợp đặc biệt với công suất rất nhỏ như pin, ắc quy). Tại mọi thời điểm luôn phải bảo đảm cân bằng giữa lượng điện năng sản xuất ra với lượng điện năng tiêu thụ kể cả tổn thất do truyền tải.

- Các quá trình về điện xảy ra rất nhanh (chẳng hạn sóng điện từ lan truyền trong dây dẫn với tốc độ rất lớn xấp xỉ tốc độ ánh sáng 300.000 km /s), sóng sét lan truyền trên đường dây, thời gian đóng cắt mạch điện, thời gian tác động của các bảo vệ... thường xảy ra trong khoảng $< 0,1s$.

Đặc điểm này đòi hỏi chúng ta phải sử dụng rộng rãi các thiết bị tự động trong công tác vận hành, điều độ hệ thống cung cấp điện ở trạng thái làm việc bình thường cũng như lúc sự cố, nhằm đảm bảo cho hệ thống cung cấp điện làm việc an toàn, tin cậy và kinh tế.

- Ngành điện lực có liên quan chặt chẽ đến nhiều ngành kinh tế quốc dân khác như: Luyện kim, hoá chất, khai thác mỏ, cơ khí, công nghiệp nhẹ và dân dụng... Nó là một trong những động lực tăng năng xuất lao động, tạo nên sự phát triển nhịp nhàng trong cơ cấu kinh tế.

Ngoài các đặc điểm chủ yếu đã nêu trên cũng cần chú ý là việc sản xuất, truyền tải và cung cấp điện luôn được thực hiện theo một kế hoạch chung trong toàn hệ thống điện. Hệ thống điện bao gồm các khâu: Phát điện, truyền tải, phân phối, cung cấp điện tới các hộ tiêu thụ và sử dụng điện, được thực hiện bởi các nhà máy điện, trạm phát điện, mạng lưới điện và các thiết bị dùng điện khác.

1.2. CÁC DẠNG NGUỒN ĐIỆN

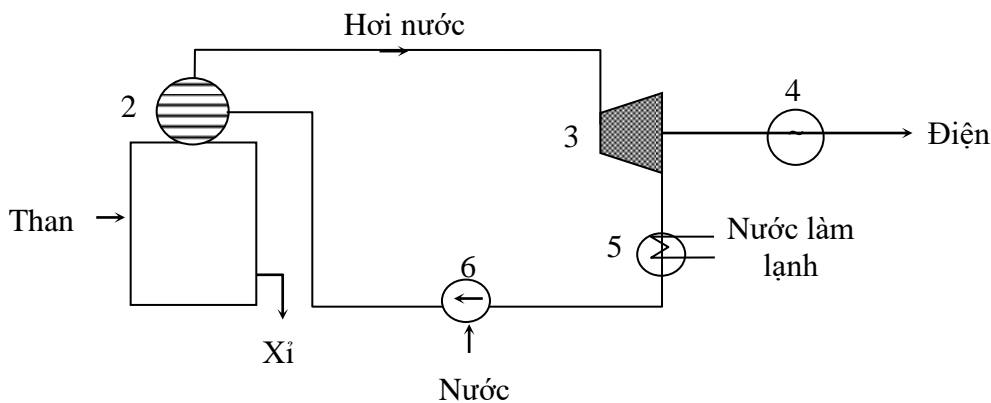
Điện năng là một sản phẩm được sản xuất được sản xuất ra từ các nhà máy điện. Hiện nay các nhà máy điện lớn đều phát ra năng lượng dòng điện xoay chiều ba pha, rất ít nhà máy phát năng lượng dòng điện một chiều. Trong công nghiệp muốn dùng năng lượng dòng điện một chiều thì người ta dùng chỉnh lưu để biến đổi năng lượng dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều.

Nguyên lý chung để sản xuất ra điện ở các nhà máy điện là từ một dạng năng lượng sơ cấp nào đó muốn chuyển thành điện năng đều phải biến đổi qua một cấp trung gian là cơ năng làm quay máy phát điện để phát ra điện năng. Nguồn năng lượng thường dùng trong đa số các nhà máy điện hiện nay vẫn là năng lượng các chất đốt và năng lượng nước. Từ năm 1954, ở một số nước tiên tiến đã bắt đầu xây dựng một số nhà máy điện dùng năng lượng nguyên tử.

Dưới đây trình bày sơ lược nguyên lý làm việc của ba loại nhà máy điện tương ứng với ba nguồn năng lượng kể trên là nhà máy nhiệt điện, nhà máy thủy điện, nhà máy điện nguyên tử.

1.2.1. Nhà máy nhiệt điện

Đây là một dạng nguồn điện kinh điển nhưng đến nay vẫn còn được sử dụng rất phổ biến.



Hình 1-1. Sơ đồ nguyên lý công nghệ của quá trình sản xuất điện trong các nhà máy nhiệt điện

Đối với các nhà máy nhiệt điện, động cơ sơ cấp của máy phát điện chủ yếu là tuabin hơi, máy hơi nước ... ở các nhà máy nhiệt điện lớn thì động cơ sơ cấp là tuabin hơi.

Quá trình biến đổi năng lượng trong nhà máy nhiệt điện được mô tả như sau:

Nhiệt năng \rightarrow cơ năng \rightarrow điện năng

Sơ đồ nguyên lý công nghệ của quá trình sản xuất điện trong các nhà máy nhiệt điện được tóm tắt trên (hình 1-1).

Nhiên liệu được đốt cháy trong buồng đốt 1 nhằm đun sôi nước ở bao hơi 2 với nhiệt độ và áp suất cao (khoảng 500°C và 40 at) được dẫn đến làm quay tuabin 3 với tốc độ rất lớn (khoảng 3000 vòng /phút). Trục của tuabin gắn với trục của máy phát điện 4 làm cho máy phát sản xuất ra điện. Nhiên liệu cháy sinh ra nhiệt năng ở buồng đốt trở thành xỉ và khí thải ra ngoài. Hơi nước sau khi sinh công ở tuabin trở thành nước nhờ bình ngưng 5, sau đó lại được bơm trở về tạo thành chu kỳ kín. Tuy nhiên luôn luôn phải có bơm nước bổ sung vào bao hơi.

Nhiên liệu dùng cho các lò hơi (buồng đốt) thường là than đá, than cám, than bùn, có khi dùng nhiên liệu là chất lỏng như dầu điêzen hoặc các khí đốt tự nhiên, khí than cốc khí tự nhiên... Nhà máy nhiệt điện dùng nhiên liệu điêzen hoặc khí đốt có hiệu quả kinh tế cao hơn nhà máy nhiệt điện dùng nhiên liệu là than. Ở nước ta, hiện nay các nhà máy nhiệt điện dùng than đá như NĐ Phả Lại (3x200 MW + 2x300MW), NĐ Na Dương, NĐ Uông Bí...

Các lò hơi dùng nhiên liệu than có thể là lò ghi -xích hoặc lò than phun. Ở lò ghi -xích than đưa vào lò là than cục và cháy thành một lớp ở trong lò, ở lò than phun than được nghiền nhỏ mịn như bột rồi dùng quạt gió thổi mạnh theo những đường ống phun vào lò. Nhà máy nhiệt điện dùng lò than phun có hiệu suất cao hơn dùng lò ghi -xích. Vì vậy lò ghi -xích chỉ dùng trong những trường hợp công suất lò tương đối nhỏ, các thông số (áp lực, nhiệt độ) của hơi không cao.

Nhà máy nhiệt điện có công suất càng lớn thì hiệu suất càng cao. Trên thế giới hiện nay có những nhà máy nhiệt điện hàng triệu kW có tổ tuabin - máy phát công suất tới 600MW.

Ngoài các nhà máy nhiệt điện dùng tuabin hơi kể trên, còn có các nhà máy nhiệt điện động cơ sơ cấp là máy hơi nước, gọi là nhà máy điện lô-cô và nhà máy nhiệt điện

động cơ sơ cấp là động cơ điêzen, gọi là nhà máy điện điêzen. Nhà máy điện lô cô dùng các nhiên liệu địa phương như than xấu, củi, trấu... Hiệu suất của nhà máy điện lô-cô khoảng (11÷12)%. Vì vậy nhà máy điện lô cô chỉ dùng cung cấp điện cho vùng nông thôn hoặc miền núi, phạm vi truyền tải điện năng không lớn. Điện áp các nhà máy điện lô-cô thường là 380/220V có thể có cấp 6 kV.

Nhà máy điện điêzen có hiệu suất cao (khoảng 38%), thời gian khởi động rất nhanh nhưng nhiên liệu dùng cho nhà máy là các chất đốt quý, hiếm (điêzen). Công suất nhà máy hạn chế trong khoảng từ vài trăm tới 1000kW. Ngày nay nhà máy điện điêzen chỉ dùng ở các địa phương xa hệ thống cung cấp điện chung, ở các công trường đang xây dựng, dùng trong quân đội hoặc dùng làm nguồn điện dự phòng cho các nhà máy nhiệt điện tuabin hơi.

Những nhà máy nhiệt điện lớn thường được xây dựng gần các khu mỏ than, gần nguồn nước làm mát và thuận lợi giao thông vận tải. Ngoài ra còn phải kể tới các yếu tố khác như an ninh, quốc phòng, môi trường môi sinh...

Ưu điểm của nhà máy nhiệt điện:

- Có thể xây dựng ở nhiều nơi trong lãnh thổ đất nước.
- Phát điện không phụ thuộc vào thời tiết, chỉ cần đủ nhiên liệu.
- Thời gian xây dựng ngắn.
- Diện tích cho xây dựng nhà máy không lớn.

Nhược điểm của nhà máy nhiệt điện:

- Phải phải khai thác và vận chuyển nhiên liệu.
- Hiệu suất thấp (0,3÷0,6).
- Thời gian khởi động nhà máy lâu (4÷5) h và thời gian dừng máy kéo dài (6÷12)h.
- Thiết bị phức tạp nên khó tự động hoá, kém an toàn, số nhân công lao động trong quản lý vận hành nhiều (cao hơn thuỷ điện gấp khoảng 13 lần).
- Công suất tự dùng của nhà máy cao (chiếm (8-13)%).
- Giá thành điện năng cao (cao hơn thuỷ điện (5÷10) lần).

1.2.2. Nhà máy thuỷ điện

Nhà máy thuỷ điện sử dụng năng lượng của dòng nước làm quay tuabin thuỷ lực dẫn đến quay máy phát điện.

Đối với nhà máy thuỷ điện, quá trình biến đổi năng lượng được thực hiện như sau:

Thuỷ năng - Cơ năng - Điện năng

Động cơ sơ cấp của máy phát là tuabin nước, nối dọc trục với máy phát.

Công suất nguồn nước của nhà máy thuỷ điện phụ thuộc chủ yếu vào hai yếu tố sau:

Lưu lượng dòng nước Q và chiều cao cột nước h , thể hiện qua biểu thức:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot h \quad (\text{kW}) \quad (1-1)$$

Trong đó:

- Q là lưu lượng của dòng nước: (m^3/s).
- h là chiều cao cột nước: (m).

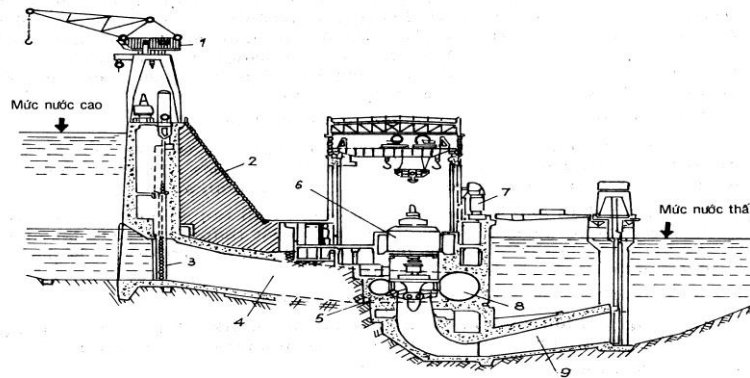
Công suất của nhà máy thủy điện được xác định theo biểu thức:

$$P_F = 9,81 \cdot Q \cdot h \cdot \eta_{TB} \cdot \eta_{MF} \cdot \eta_{BT} \quad (1-2)$$

Trong đó:

- η_{TB} là hiệu suất của tuabin.
- η_{MF} là hiệu suất của máy phát.
- η_{BT} là hiệu suất của bộ truyền.

Từ biểu thức (1-1) và (1-2) ta thấy rằng để tăng công suất của thủy điện, có thể xây dựng loại đập chắn trên những đoạn tương đối bằng phẳng của dòng nước để tạo ra lưu lượng Q lớn, hoặc xây dựng ở những đoạn có độ chênh lệch lớn giữa hai mức nước để tạo độ cao h lớn.



Hình 1-2. Mô hình sản xuất điện của các nhà máy thủy điện

Nhà máy thủy điện có hai loại là loại có đập ngăn nước và loại dùng máng dẫn nước.

+ Nhà máy thủy điện dùng đập thường xây dựng ở những sông có lưu lượng nước lớn nhưng độ dốc ít. Đập xây chắn ngang qua sông để tạo chênh lệch giữa 2 mức nước. Gian máy và trạm phân phối điện xây ngay bên cạnh hoặc trên đập, (hình 1-2) vẽ mặt cắt dọc một nhà máy thủy điện dùng đập.

Lưu lượng nước của sông thường thay đổi theo các mùa trong năm, hơn nữa phụ tải điện lại luôn thay đổi trong ngày. Do đó để bảo đảm nhà máy có thể hoạt động ngay trong mùa khô cạn và có thể điều chỉnh được công suất phát ra trong một ngày, người ta xây dựng những hồ chứa nước rất lớn để dự trữ nước cho nhà máy.

+ Nhà máy thủy điện có máng dẫn nước thường xây dựng ở những sông có lưu lượng nước ít, nhưng độ dốc lớn.

Hiện nay trên thế giới đã có những nhà máy thủy điện có công suất lên tới (4000÷5000)MW (nhà máy thủy điện Hoà Bình có công suất 1920MW).

Nước ta có nhiều sông, thác nước lớn nguồn thủy năng rất phong phú, lượng mưa hàng năm lại nhiều: Riêng miền Bắc nước ta có khoảng 1069 con sông lớn nhỏ, ước lượng công suất tiềm tàng khoảng 14 triệu kW. Hiện nay chúng ta đã và đang xây dựng một số nhà máy thủy điện lớn như Thác Bà, Hoà Bình, Trị An, Ialy, Sơn La... Ngoài ra ở các địa

phương, đặc biệt là ở vùng núi đã xây dựng được các nhà máy thủy điện nhỏ, công suất từ vài chục đến vài trăm kW phục vụ cho công nghiệp và sinh hoạt ở các địa phương.

Mặc dầu trữ lượng than đá của nước ta cũng còn lớn, song chúng ta vẫn tập chung xây dựng các nhà máy thủy điện lớn vì các nhà máy thủy điện có những ưu điểm nổi bật so với nhà máy nhiệt điện.

Ưu điểm của nhà máy thủy điện:

- Dùng năng lượng nước để chạy máy phát điện nên không phải vận chuyển nhiên liệu như nhiệt điện, nguồn nước thiên nhiên rất phong phú.

- Hiệu suất cao (0,8÷0,9).

- Thời gian mở máy nhỏ (<2 phút), thời gian dừng máy nhỏ (<1 phút).

- Dễ tự động hoá, an toàn, số công nhân quản lý vận hành không nhiều.

- Công suất tự dùng của nhà máy nhỏ (khoảng (0,5÷1)%).

- Giá thành điện năng thấp hơn so với nhiệt điện.

Nhược điểm của nhà máy thủy điện:

- Chỉ xây dựng được ở nơi có nguồn nước.

- Sản lượng điện năng phụ thuộc vào lượng nước của nguồn nước.

- Thời gian xây dựng dài, vốn đầu tư xây dựng lớn.

- Trường hợp phải xây dựng hồ chứa nước có thể làm ngập một diện tích đất đai lớn.

Do những ưu khuyết điểm nói trên, nhiệt điện và thủy điện phải hỗ trợ cho nhau. Nơi nào không có nguồn nước hoặc cần thiết phải xây dựng nhanh chóng thì xây dựng nhà máy nhiệt điện. Ở những nơi có nguồn nước và kết hợp với mục đích thủy lợi khác phải chú ý đến khả năng xây dựng nhà máy thủy điện.

Thực tế việc xây dựng các nhà máy thủy điện có tác dụng tích cực cho phòng chống lũ lụt, thủy lợi, giao thông...Tuy nhiên cũng làm thay đổi căn bản hệ sinh thái của cả một vùng rộng lớn.

1.2.3. Nhà máy điện nguyên tử

Với tốc độ phát triển của đời sống xã hội và các ngành công nghiệp như hiện nay dẫn đến nhu cầu sử dụng điện ngày một tăng, các nhà máy nhiệt điện phải chạy hết công suất sẽ làm cho nguồn dự trữ các chất đốt đã tìm thấy trên trái đất sẽ hao cạn dần, công việc khai thác ngày càng trở nên khó khăn hơn, giá thành sẽ cao hơn. Mặt khác các chất đốt đặc biệt là dầu lửa được sử dụng cho các mục đích khác. Vì vậy từ nửa đầu thế kỷ XX, một số nước tiên tiến trên thế giới đã bắt đầu nghiên cứu sử dụng một nguồn năng lượng mới là năng lượng nguyên tử. Năm 1954, Liên Xô là nước đầu tiên trên thế giới đã xây dựng thí nghiệm thành công nhà máy điện nguyên tử có công suất 5000 kW. Hiện nay các nước phát triển trên thế giới như: Nga, Pháp, Anh, Đức, Thụy Điển, Nhật Bản... đã xây dựng những nhà máy điện nguyên tử lớn và ở nước ta sẽ xây dựng nhà máy điện nguyên tử vào những năm 2010.

Năng lượng nguyên tử được sử dụng từ nhiệt năng thu được khi phá vỡ liên kết hạt nhân nguyên tử của một số chất ở trong lò phản ứng hạt nhân. Vì vậy đối với nhà máy

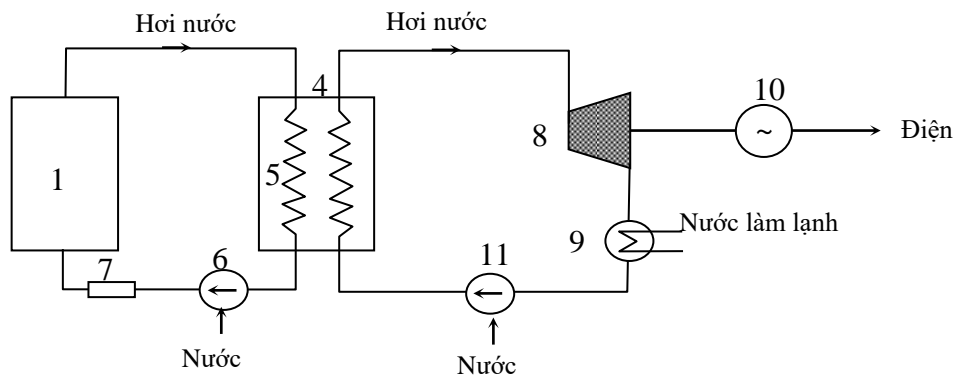
điện nguyên tử, quá trình biến đổi năng lượng cũng được thực hiện như ở nhà máy nhiệt điện:

Nhiệt năng → Cơ năng → Điện năng

Thực chất nhà máy điện nguyên tử là một nhà máy nhiệt điện, nhưng lò đốt được thay bằng lò phản ứng hạt nhân.

Sơ đồ nguyên lý công nghệ của quá trình sản xuất điện ở nhà máy điện nguyên tử được mô tả ở (hình 1-3).

Để tránh ảnh hưởng có hại của các tia phóng xạ tới công nhân làm việc ở gian máy, nhà máy điện nguyên tử có hai đường nước chảy tuần hoàn theo hai đường vòng khép kín. Đường vòng thứ nhất gồm lò phản ứng hạt nhân 1 và các ống 5 đặt trong bộ trao đổi nhiệt 4. Nhờ bơm 6 nên nước có áp suất 100 at sẽ tuần hoàn chạy qua các ống của lò phản ứng và được đốt nóng lên tới 270°C. Nó đem nhiệt năng từ lò chuyển qua các ống 5 của bộ phận trao đổi nhiệt. Bộ lọc 7 dùng để lọc các hạt rắn có trong nước trước khi đi vào lò.



Hình 1-3. Sơ đồ nguyên lý công nghệ của quá trình sản xuất điện trong các nhà máy điện nguyên tử

Đường vòng thứ hai gồm bộ trao đổi nhiệt 4, tuốc bin 8 và bình ngưng 9. Nước lạnh qua bộ trao đổi nhiệt 4 sẽ hấp thụ nhiệt và biến thành hơi có áp suất 12,5at, nhiệt độ 260°C. Hơi này sẽ qua tuabin làm quay tuabin và máy phát 10, sau đó tới ngưng lại thành nước ở bình ngưng 9 và được bơm 11 đưa trở lại bộ trao đổi nhiệt.

Nhiên liệu của lò phản ứng hạt nhân là các kim loại nặng có hoạt tính phóng xạ mạnh như U^{230} cùng với một số chất làm chậm neutron như chì, nước áp suất cao 100 at. (Các hạt neutron va đập vào các nguyên tử của chất làm chậm sẽ mất một phần động năng và giảm tốc).

Hiệu suất của nhà máy điện nguyên tử hiện nay khoảng (30÷35)%. Như vậy muốn nhận được công suất điện là 50MW thì lò phản ứng hạt nhân cần có công suất khoảng 200MW.

Nhà máy điện nguyên tử tuy có vốn đầu tư ban đầu cao (cao hơn nhiệt điện và thủy điện) nhưng có thể xây dựng gần trung tâm phụ tải, độ tin cậy cung cấp điện tương đối cao. Ngày nay nhiều nước đang chú ý tới phát triển nhà máy điện nguyên tử.

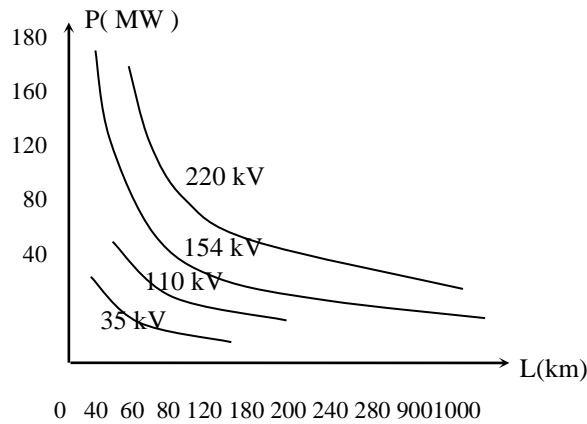
1.3. KHÁI NIỆM VỀ MẠNG LƯỚI ĐIỆN

Điện năng sau khi được sản xuất ra từ các nhà máy điện, được truyền tải, phân phối, cung cấp tới các hộ tiêu thụ điện nhờ mạng lưới điện.

Hệ thống điện bao gồm: Nguồn phát điện, truyền tải phân phối, cung cấp tới các hộ tiêu thụ điện.

Mạng lưới điện bao gồm hai bộ phận chủ yếu: lưới truyền tải và các trạm biến áp trung gian lớn.

Mạng điện xí nghiệp có một phạm vi nhỏ hơn, nó chỉ gồm trạm biến áp và mạng điện nội bộ trong một xí nghiệp nhằm mục đích phân phối điện năng đến các thiết bị dùng điện trong xí nghiệp.



Hình 1-4. Đồ thị biểu diễn điện áp tải điện theo công suất và chiều dài truyền tải

Mạng điện có các cấp điện áp định mức như sau: 220V, 380V, 600V, 3kV, 6kV, 10kV, 20kV, 35kV, 110kV, 150kV, 220kV, 330kV, 500kV, 750kV.

Cấp điện áp định mức của mạng điện được chọn càng cao khi công suất truyền tải và độ dài truyền tải càng lớn, để chi phí kim loại màu và tổn thất điện năng trong mạng điện giảm. Tuy nhiên cấp điện áp càng cao thì vốn đầu tư xây dựng mạng điện cũng như chi phí vận hành cũng tăng theo. Do đó, tùy theo một công suất và khoảng cách tải điện nhất định, ta phải tiến hành tính toán so sánh về kinh tế và kỹ thuật để chọn cấp điện áp định mức mạng điện cho hợp lý.

Theo kinh nghiệm thiết kế và vận hành của Liên Xô, người ta đã xây dựng được đường cong giới hạn điện áp tải điện kinh tế. Ngoài ra có thể áp dụng một số công thức thực nghiệm khác của Mỹ hay Đức để tính chọn cấp điện áp định mức truyền tải cho thích hợp.

Mạng điện được phân loại theo nhiều cách khác nhau:

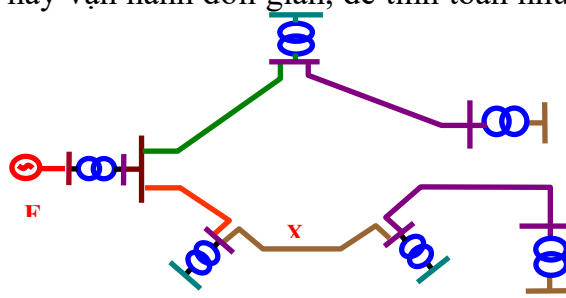
+ Căn cứ theo tiêu chuẩn điện áp cao, thấp và khoảng cách dẫn điện xa, gần. Mạng điện có thể phân ra làm hai loại:

- Mạng điện khu vực: Cung cấp và phân phối điện cho một khu vực rộng lớn, với bán kính hoạt động từ 30km trở lên tới (200÷300) km. Điện áp của mạng điện khu vực thông thường là 35kV, 110kV đến 220kV.

- Mạng điện địa phương: Như các mạng điện công nghiệp, thành phố, nông thôn cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ trong bán kính không quá (15-30) km. Điện áp của mạng điện địa phương thông thường là 6kV, 10kV đến 35kV.

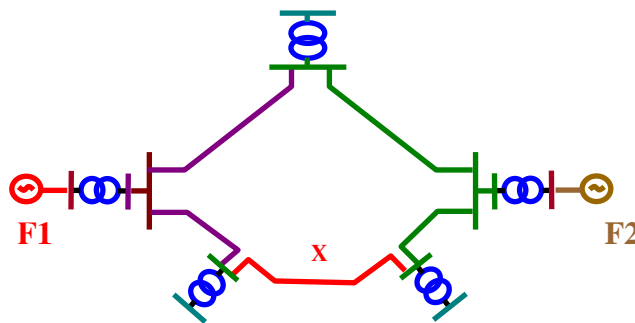
+ Căn cứ theo hình dáng, mạng điện có thể phân làm hai loại.

- Mạng điện hở: Là mạng điện mà ở mỗi hộ tiêu thụ được cung cấp điện chỉ từ một phía (hình 1-5). Mạng điện này vận hành đơn giản, dễ tính toán nhưng mức bảo đảm cung cấp điện thấp.



Hình 1-5. Mạng điện hở

- Mạng điện kín: Là mạng điện mà ở mỗi hộ tiêu thụ có thể được cấp điện ít nhất từ hai phía (hình 1-6). Mạng điện này tính toán khó khăn, vận hành phức tạp nhưng tính liên tục cung cấp điện cao.



Hình 1-6. Mạng điện kín

+ Căn cứ theo công dụng mạng điện chia ra làm hai loại.

- Mạng điện cung cấp: Là mạng điện truyền tải điện năng đến các trạm phân phối trung gian khu vực và từ đó cấp điện cho các mạng phân phối.

- Mạng điện phân phối: Là mạng điện phân phối trực tiếp cho các hộ tiêu thụ như: Động cơ điện, máy biến áp...

+ Căn cứ theo chế độ trung tính của mạng chia ra làm hai loại.

- Mạng điện ba pha trung tính cách điện với đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang (mạng có dòng chạm đất nhỏ) 35, 10, 6kV.

- Mạng điện ba pha trung tính nối đất trực tiếp.

Các mạng có điện áp 22kV và từ 110kV trở lên đều có trung tính trực tiếp nối đất

+ Dựa theo cấp điện áp mạng điện được chia làm 3 loại:

- Mạng điện hạ áp là mạng có điện áp dưới 1000V.

- Mạng điện cao áp là mạng có điện áp từ 1kV đến 220kV.

- Mạng điện siêu cao áp là mạng có điện áp trên 220kV.

Ngoài ra người ta còn phân mạng điện thành các mạng điện đường dây trên không, mạng cáp, mạng điện xoay chiều, mạng điện một chiều...

1.4. PHÂN LOẠI CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA CÁC LOẠI THIẾT BỊ SỬ DỤNG ĐIỆN

1.4.1 PHÂN LOẠI CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN

Trong thực tế có rất nhiều loại thiết bị điện và có nhiều cách phân loại. Một cách tổng quát ta có thể phân loại các thiết bị điện như sau:

- Theo điện áp định mức của thiết bị có thể phân ra:

- Các thiết bị hạ áp là các thiết bị điện có điện áp định mức < 1000V.
- Các thiết bị điện cao áp là các thiết bị điện có điện áp định mức > 1000V.

- Theo tần số có thể phân ra:

- Thiết bị điện có tần số công nghiệp (50Hz).
- Thiết bị điện có tần số khác tần số công nghiệp.

Hiện nay ở ta các nguồn điện 3 pha đều sử dụng tần số công nghiệp 50Hz. Đối với các thiết bị có tần số khác tần số công nghiệp thì phải có thiết bị biến đổi. Vì vậy, đối với cung cấp điện thì ta coi bộ biến đổi như một thiết bị dùng điện xoay chiều tần số công nghiệp bình thường và việc tính toán cung cấp điện cho thiết bị tần số khác tần số công nghiệp được quy về việc tính toán cung cấp điện cho thiết bị biến đổi.

- Theo nguồn cung cấp có thể chia ra:

- Thiết bị điện xoay chiều ba pha và một pha.
- Thiết bị điện một chiều.

- Theo chế độ làm việc có thể chia ra:

- Thiết bị điện làm việc theo chế độ dài hạn.
- Thiết bị điện làm việc theo chế độ ngắn hạn.
- Thiết bị điện làm việc theo chế độ ngắn hạn lặp lại.

- Theo vị trí lắp đặt có thể chia ra:

- Thiết bị điện lắp đặt cố định, di động.
- Thiết bị điện lắp đặt trong nhà, ngoài trời.
- Thiết bị điện lắp đặt ở những điều kiện đặc biệt như nóng, ẩm, bụi, có hơi và khí ăn mòn, có khí và bụi nổ.

1.4.2 ĐẶC ĐIỂM CỦA CÁC NHÓM THIẾT BỊ DÙNG ĐIỆN VÀ MỨC ĐỘ YÊU CẦU CUNG CẤP ĐIỆN

1.4.2.1 Thiết bị động lực dùng trong công nghiệp

Đây là nhóm các thiết bị như máy nén, máy bơm, máy quạt, cầu trục, thiết bị vận chuyển ...

Động cơ của các thiết bị trong nhóm này thường làm việc trong chế độ dài hạn. Công suất của chúng thay đổi trong phạm vi rộng từ vài trăm kW đến hàng ngàn kW. Điện áp định mức từ (0,4÷10) kV. Thường dùng nguồn điện xoay chiều tần số 50Hz.

Đối với nhóm thiết bị này thường đòi hỏi mức độ tin cậy cung cấp điện cao. Bởi vì, nếu ngừng làm việc đột ngột do mất điện sẽ gây nguy hiểm cho người và thiết bị.

Ví dụ: Các máy công cụ cỡ lớn thường kẹp chặt chi tiết gia công bằng khí nén. Nếu mất điện dẫn tới mất khí nén thì có thể làm hỏng máy và gây nguy hiểm cho công nhân vận hành. Động cơ bơm nước làm mát cho lò cao cũng cần phải làm việc liên tục. Nếu mất

nước làm mát, vỏ lò cao sẽ bị hư hỏng và rất nguy hiểm cho người vận hành. Những động cơ quạt gió dùng để thải khí độc cũng yêu cầu làm việc liên tục. Nếu ngừng làm việc có thể gây nhiễm độc nặng cho công nhân.

Vì vậy các thiết bị dùng điện thuộc nhóm này thường được xếp vào hộ tiêu thụ điện loại I. Chúng thường có đồ thị phụ tải khá bằng phẳng và cân bằng giữa các pha, hệ số công suất khoảng $(0,8 \div 0,85)$.

Riêng các loại cầu trục và thiết bị vận chuyển làm việc trong chế độ ngắn hạn lặp lại, hệ số công suất từ $(0,3 \div 0,8)$. Tùy mức độ quan trọng của việc vận chuyển có thể xếp các thiết bị này vào hộ tiêu thụ điện loại I hoặc II.

1.4.2.2 Động cơ của các máy gia công kim loại

Hầu hết các xí nghiệp công nghiệp đều có các loại máy công cụ. Ở nhà máy cơ khí, máy công cụ chiếm phần lớn trong các loại máy. Động cơ của máy công cụ gồm rất nhiều loại, công suất thay đổi từ hàng trăm W đến hàng trăm kW. Những máy có yêu cầu điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng thường dùng động cơ điện một chiều, số còn lại (chiếm khoảng 90%) dùng động cơ điện xoay chiều. Hệ số công suất thay đổi trong phạm vi từ $(0,3 \div 0,8)$.

Các loại máy công cụ này có thể xếp vào hộ tiêu thụ điện loại II hoặc III.

1.4.2.3 Lò điện và các loại thiết bị gia công nhiệt khác

Trong công nghiệp thường dùng các loại lò sau đây: Lò điện trở, lò cảm ứng, lò hồ quang, lò hỗn hợp (hồ quang - điện trở).

a. Lò điện trở

Lò điện trở có hai loại: đốt nóng trực tiếp và gián tiếp. Công suất của lò có thể từ hàng trăm đến hàng ngàn kW. Điện áp định mức thường $< 1000V$, tần số 50 Hz dùng điện 1 pha hoặc 3 pha. Hệ số công suất của loại lò đốt nóng gián tiếp phần lớn bằng 1. Đối với loại lò đốt nóng trực tiếp, có trường hợp lấy điện từ mạng điện áp cao nên phải dùng biến áp hạ áp, vì thế nói chung hệ số công suất khoảng $(0,7 \div 1)$.

Lò điện trở thường được xếp vào hộ phụ tải loại II.

b. Lò cảm ứng

Lò cảm ứng có 2 loại:

- Loại lò có lõi thép thường dùng dòng điện xoay chiều tần số 50Hz, điện áp $(220 \div 380)$ V. Công suất có thể đạt tới 2000kVA, hệ số công suất khoảng $(0,2 \div 0,8)$, thường được dùng để luyện kim loại màu.

- Loại lò không có lõi thép cũng dùng nguồn điện như trên hoặc dùng nguồn điện có tần số cao hơn khoảng $(500 \div 1000)$ Hz. Công suất có thể đạt tới 4500kVA, hệ số công suất rất thấp khoảng $(0,05 \div 0,25)$, thường dùng để luyện thép đặc biệt hoặc kim loại màu.

Lò cảm ứng thường được xếp vào hộ phụ tải loại I hoặc loại II.

c. Lò hồ quang

Lò hồ quang có hai loại: Đốt nóng trực tiếp và gián tiếp. Được cung cấp từ nguồn điện khoảng $(6 \div 110)$ kV qua máy biến áp hạ áp. Lò hồ quang ba pha công suất có thể đạt tới

4500kVA, hệ số công suất khoảng $(0,8 \div 0,9)$. Trong quá trình vận hành thường xảy ra tình trạng ngắn mạch làm việc, tức là cho phép nguyên liệu chạm vào điện cực gây ra ngắn mạch. Dòng điện ngắn mạch làm việc có thể lên tới $(2,5 \div 3,5)$ lần dòng điện định mức của lò. Để giảm bớt tình trạng ngắn mạch làm việc gây sụt áp ảnh hưởng tới các hộ tiêu thụ khác, người ta quy định như sau: Nếu là hệ thống điện có công suất lớn, thì tổng công suất của các lò không được vượt quá 40% công suất máy biến áp trung gian của xí nghiệp. Nếu là hệ thống điện có công suất bé thì tổng công suất các lò không được vượt quá $(15 \div 20)\%$.

Các lò hồ quang thường được xếp vào hộ phụ tải loại I.

1.4.2.4 Máy hàn điện

Có nhiều cách phân loại máy hàn.

- Theo nguồn cung cấp thường chia ra loại máy hàn dùng dòng điện xoay chiều và loại máy hàn dùng dòng điện một chiều.

- Theo nguyên lý hàn chia ra loại hàn hồ quang và loại hàn tiếp xúc.

- Theo cách làm việc chia ra loại máy hàn tay và máy hàn tự động.

Máy hàn điện một chiều thường là một tổ máy gồm động cơ ba pha xoay chiều quay máy phát điện một chiều. Hệ số công suất lúc làm việc định mức là $(0,7 \div 0,8)$, lúc không tải khoảng 0,4.

Máy hàn điện xoay chiều thường là các máy biến áp hàn một pha, tần số 50 Hz, làm việc trong chế độ ngắn hạn lặp lại. Hệ số công suất của máy hàn hồ quang là $(0,33-0,45)$, của máy hàn tiếp xúc là $(0,4 \div 0,7)$. Điện áp cung cấp cho chúng thường là 380/220V.

Các máy hàn thường được xếp vào hộ phụ tải loại II hoặc loại III.

1.4.2.5 Thiết bị chiếu sáng

Thiết bị chiếu sáng thường là loại thiết bị một pha, công suất của mỗi thiết bị chiếu sáng không lớn, thường từ $(10 \div 1000)$ W. Điện áp cung cấp thường là (220, 127, 36, 12) V tần số 50Hz. Đặc điểm đồ thị phụ tải của loại thiết bị này là bằng phẳng, phụ thuộc vào chế độ làm việc của xí nghiệp (một ca, hai ca hoặc ba ca). Hệ số công suất của đèn dây tóc là 1, của đèn huỳnh quang là 0,6.

Thông thường các thiết bị chiếu sáng được xếp vào hộ phụ tải loại I hoặc loại II. Đặc biệt ở những nơi có yêu cầu về chiếu sáng cao như phòng mổ trong bệnh viện, chiếu sáng ở sân bay, bến cảng, quảng trường, các đường phố của các thành phố lớn... thì thiết bị chiếu sáng được xếp vào hộ phụ tải loại I.

Cần nhấn mạnh rằng việc phân chia các thiết bị dùng điện thuộc loại hộ phụ tải nào là phải kết hợp với tình hình cụ thể của xí nghiệp, không nên dập khuôn máy móc.

1.5. CÁC YÊU CẦU CỦA THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN

Để đánh giá chất lượng điện năng cung cấp cho các hộ tiêu thụ người ta dựa vào ba chỉ tiêu cơ bản sau đây: Điện áp, tần số và tính liên tục cung cấp điện.

1.5.1 Điện áp

Điện áp đặt lên đầu cực thiết bị điện so với điện áp định mức của thiết bị điện không được sai lệch vượt quá giới hạn cho phép. Độ lệch điện áp cho phép so với điện áp định mức được quy định như sau:

- Đối với mạng cung cấp cho các thiết bị động lực: $[\Delta U\%] = \pm 5$.

- Đối với mạng cung cấp cho các thiết bị chiếu sáng: $[\Delta U\%] = \pm 2,5$.

Trong trường hợp khởi động động cơ hoặc mạng đang ở trong tình trạng sự cố thì độ lệch điện áp cho phép có thể tới $(-10 \text{ đến } 20\%)U_{dm}$.

Điện áp là một chỉ tiêu rất quan trọng, nếu điện áp tăng lên thì tuổi thọ của các thiết bị điện sẽ giảm đi rất nhiều (nếu điện áp tăng 5% thì tuổi thọ của bóng đèn sẽ giảm đi một nửa, nếu điện áp giảm 5% thì quang thông của bóng đèn giảm đi 18%), khi điện áp giảm làm tốc độ động cơ giảm sẽ ảnh hưởng sản xuất và nếu hạ thấp nữa thì có thể ngừng quay gây cháy hỏng.

1.5.2. Tần số

Độ lệch tần số cho phép được quy định bằng $\pm 0,5\text{Hz}$. Để bảo đảm cho tần số của hệ thống điện được ổn định thì công suất tiêu thụ phải luôn luôn cân bằng với công suất của nguồn phát.

$$P_{t.thụ} = P_{fát}$$

Ở các xí nghiệp lớn, để ổn định tần số khi phụ tải tăng lên thường đặt thiết bị tự động đóng thêm máy phát điện dự trữ của xí nghiệp hoặc đặt thiết bị bảo vệ cắt bớt phụ tải theo tần số.

1.5.3. Tính liên tục cung cấp điện

Tính liên tục cung cấp điện là một chỉ tiêu quan trọng trong hệ thống cung cấp điện. Mức độ liên tục cung cấp điện được bảo đảm tùy theo tầm quan trọng và yêu cầu của hộ phụ tải. Các hộ tiêu thụ điện được chia làm 3 loại như sau:

➤ **Hộ loại I**

Hộ loại I gồm các thiết bị nếu ngừng cung cấp điện sẽ gây ra nguy hiểm đến tính mạng con người, làm hư hỏng nặng thiết bị, rối loạn quá trình sản xuất của xí nghiệp, gây ra hàng loạt phế phẩm, ảnh hưởng lớn về chính trị và gây thiệt hại lớn cho nền kinh tế quốc dân.

Ví dụ: Nhà máy luyện gang thép, hệ thống quạt gió để thông gió cho công nhân làm việc trong các hầm lò, những buổi mít tinh quan trọng...

Vì vậy, hộ loại I yêu cầu tính liên tục cung cấp điện rất cao, không cho phép ngừng cung cấp điện. Hộ loại I thường phải được cung cấp ít nhất từ hai nguồn khác nhau hoặc có nguồn dự phòng, nhằm giảm thời gian mất điện xuống rất nhỏ. Thời gian mất điện đối với hộ loại I chỉ cho phép bằng thời gian tự động đóng nguồn dự phòng.

➤ **Hộ loại II**

Hộ loại II gồm các thiết bị nếu ngừng cung cấp điện sẽ gây ra nhiều phế phẩm, ngừng sản xuất trong xí nghiệp, có thể có hư hỏng thiết bị nhưng ở mức độ nhẹ hơn trường hợp trên, lãng phí lao động ...

Như vậy đối với hộ loại II nếu ngừng cung cấp điện chỉ dẫn đến thiệt hại về kinh tế.

Tính liên tục cung cấp điện đối với hộ loại II có thấp hơn hộ loại I. Có thể cho phép mất điện trong một thời gian ngắn để thay thế các thiết bị hư hỏng khôi phục cấp điện lại.

Phương án cung cấp điện cho hộ loại II có thể lấy từ một nguồn hoặc hai nguồn, đường dây đơn hoặc đường dây kép, có nguồn dự phòng hoặc không có nguồn dự phòng phải dựa trên kết quả so sánh kinh tế và kỹ thuật.

➤ **Hộ loại III**

Hộ loại III gồm các thiết bị còn lại không nằm trong hai loại trên. Hộ loại III có yêu cầu liên tục cung cấp điện thấp hơn so với hai loại trên. Cho phép mất điện trong một thời gian để sửa chữa, thay thế các thiết bị khi cần thiết. Phương án cung cấp điện cho hộ loại III có thể dùng một nguồn, đường dây đơn (1 lộ).

Ghi chú: Việc phân chia các thiết bị điện thuộc hộ loại I, II hay III chỉ là tương đối. Phải kết hợp với tình hình cụ thể của xí nghiệp để phân chia cho hợp lý. Cùng một loại thiết bị, ở xí nghiệp này do có vai trò rất quan trọng nên được xếp vào hộ loại I, nhưng ở xí nghiệp khác thì lại có thể xếp vào hộ loại II ...

1.6. HUỚNG NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN TRONG LĨNH VỰC CUNG CẤP ĐIỆN

Theo thống kê gần đây nhất thì sản xuất và tiêu thụ điện năng trên thế giới chiếm khoảng 10.000 TWh (Tera oát giờ). Hầu như tất cả các nước đều sản xuất ra điện năng. Sự tiêu thụ điện năng cho một đầu người hàng năm đối với mỗi nước có khác nhau thể hiện sức sản xuất của cải vật chất cho xã hội và mức sống sử dụng điện trung bình của người dân nước đó.

Việc sử dụng các dạng năng lượng khác để biến thành điện năng của mỗi nước là tùy tình hình tài nguyên và đường lối phát triển năng lượng của mỗi nước.

Nhà máy nhiệt điện là một dạng nguồn điện kinh điển sử dụng nhiên liệu như than, dầu, khí đốt, chiếm tỉ lệ khá cao.

Khoảng 79,5% tổng sản lượng điện năng là do nhiệt điện sản xuất ra, khoảng 6,7% tổng sản lượng do nhà máy thủy điện sản xuất ra; phần còn lại trong tổng số này tuyệt đại đa số do nhà máy điện nguyên tử sản xuất ra. Các dạng nguồn điện như phong điện, năng lượng mặt trời chiếm tỉ lệ khá nhỏ không đáng kể trong tổng sản lượng này.

Ở Việt Nam do hậu quả của chiến tranh kéo dài nên cơ sở vật chất kỹ thuật trong ngành điện rất non yếu. Sau khi thống nhất đất nước, chúng ta đã xây dựng nhà máy thủy điện Hòa Bình (1920 MW), thủy điện Trị An (420 MW), Nhiệt điện Phả Lại (440 MW), nhà máy thủy điện Yali (720 MW), nhà máy nhiệt điện Phú Mỹ (2000 MW), nhà máy điện Bà Rịa (gần 200 MW). Ngoài ra, công suất phát ra của nhiều nhà máy như: Thủ Đức, Chợ Quán, Yên Phụ... cũng đã được nâng lên đáng kể. Chúng ta đã xây dựng và đưa vào vận hành đường dây siêu cao thế 500 KV Bắc Nam với công suất truyền tải 500 MW. Sản lượng điện năng năm 1994 đạt 14 tỉ KWh, bình quân khoảng 200 KWh/1 người/1 năm. Rõ ràng con số này còn ít so với các nước trong khu vực và trên thế giới.

Hiện nay, theo tính toán thì phần dự trữ các nhiên liệu như than đá, dầu mỏ, khí đốt... sẽ không đủ đảm bảo cho nhu cầu tương lai của loài người. Vì thế phải tìm nguồn năng lượng mới, trong đó có nguồn năng lượng nguyên tử.

Nhiều nước đã xây dựng rộng rãi các nhà máy điện nguyên tử với quy mô ngày càng lớn, giá thành điện năng do nhà máy điện nguyên tử sản xuất ra cũng đã giảm nhiều do có nhiều tiến bộ kỹ thuật đáng kể.

Theo thống kê của tập đoàn VNPT thì mỗi năm lượng điện năng tiêu thụ tăng 11%, vậy sau 5 năm thì yêu cầu sản lượng điện cung cấp tăng lên hơn gấp đôi, đây là bài toán khó cho ngành điện nói riêng và nhà nước nói chung vì phải đầu tư, xây dựng và phát triển cơ sở hạ tầng và kiến trúc thượng tầng của ngành nhằm đảm bảo được nhu cầu của khách hàng.

CHƯƠNG II

CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ KỸ THUẬT CỦA PHƯƠNG ÁN CUNG CẤP ĐIỆN

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần nắm được:

- Khái niệm chung về các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của phương án cung cấp điện
- Phương pháp tính toán kinh tế kỹ thuật
- Tính toán tổn thất kinh tế do ngừng CCĐ
- Tính toán kinh tế kỹ thuật trong trường hợp thiết kế mở rộng thay thế.

2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Khi thiết kế hệ thống cung cấp điện xí nghiệp cần giải quyết những vấn đề quan trọng:

- Dựa trên quan điểm kinh tế - kỹ thuật, chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý
- Trên cơ sở những lập luận chặt chẽ và chính xác về kinh tế - kỹ thuật chọn số lượng và dung lượng máy biến áp cho trạm hạ áp và phân xưởng;
- Chọn cấp điện áp tối ưu cho lưới điện, việc này ảnh hưởng đến vốn đầu tư, khối lượng kim loại màu, tổn thất điện năng và chi phí vận hành.
- Chọn các thiết bị và khí cụ điện, sứ cách điện và các phần tử dẫn điện khác theo yêu cầu kinh tế - kỹ thuật hợp lý
- Chọn tiết diện dây dẫn, thanh cái, cáp theo những yêu cầu về kinh tế - kỹ thuật.

Mạng điện xí nghiệp làm nhiệm vụ phân phối và truyền tải điện năng đến từng thiết bị dùng điện của xí nghiệp. Vì vậy các thiết bị của xí nghiệp có đảm bảo hoạt động liên tục hay không, tùy thuộc vào tình trạng làm việc của mạng điện xí nghiệp. Do đó một mạng điện được coi là hợp lý, nếu như nó đảm bảo được các yêu cầu kinh tế, kỹ thuật sau đây:

-Yêu cầu về kỹ thuật: Đảm bảo chất lượng điện năng (đảm bảo cho điện áp và tần số nằm trong phạm vi cho phép). Đảm bảo tính liên tục cung cấp điện phù hợp với từng loại hộ phụ tải. Đảm bảo điều kiện vận hành an toàn cho người và thiết bị (không nhầm lẫn trong thao tác, lắp ráp nhanh, thuận tiện và an toàn khi sửa chữa).

-Yêu cầu về kinh tế: Có chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật hợp lý nhất về các mặt vốn đầu tư ban đầu, chi phí vận hành hàng năm ...

Trên đây là những yêu cầu cơ bản của mạng điện. Khi thiết kế cụ thể phải xét tới nhiều mặt để vận dụng đúng đắn các yêu cầu đó. Nhiệm vụ của người thiết kế là chọn được phương án cung cấp điện tốt nhất, thoả mãn các yêu cầu kinh tế kỹ thuật đã đề ra.

2.1.1. Phương pháp tính toán, so sánh kinh tế kỹ thuật

So sánh kinh tế các phương án có hai số liệu cơ bản là: Vốn đầu tư V và chi phí vận hành C_{vh} .

1. Vốn đầu tư V .

Vốn đầu tư V được tính theo biểu thức sau:

$$V = V_{tb} + V_{xd} \quad (2-1)$$

Trong đó:

- V_{tb} là vốn đầu tư về thiết bị (kể cả vốn đầu tư để lắp ráp).
- V_{xd} là vốn đầu tư về các công trình xây dựng trạm biến áp, trạm phân phối ...

Vốn đầu tư về thiết bị V_{tb} chủ yếu kể tới vốn đầu tư về các trạm biến áp và phân phối như tiền mua máy biến áp, thiết bị phân phối, thiết bị đóng cắt, bảo vệ... và đầu tư về đường dây như tiền mua dây dẫn, cột, xà, sứ... Nếu là đường cáp thì còn phải kể đến tiền đào rãnh, xây rãnh, xây hầm cáp ...

Nếu phương án có yêu cầu nâng cao chất lượng điện năng và hệ số công suất $\cos \varphi$ mà phải đặt thêm thiết bị bù thì ta phải tính thêm vốn đầu tư cho các thiết bị bù đó V_{bu} .

2. Chi phí vận hành hàng năm C_{vh}

Chi phí vận hành hàng năm C_{vh} được tính theo biểu thức sau:

$$C_{vh} = C_{kh} + C_{bq} + C_{\Delta A} + C_{md} + C_{cn} + C_{phu} \quad (2-2)$$

Trong đó:

- $C_{kh} = a_{kh} \cdot V$ là chi phí về khấu hao.
- a_{kh} là hệ số khấu hao.
- V là tổng vốn đầu tư.
- $C_{bq} = a_{bq} \cdot V$ là chi phí về sửa chữa và bảo quản.
- a_{bq} là hệ số bảo quản.
- $C_{\Delta A}$ là chi phí về tổn thất điện năng $C_{\Delta A} = \Delta A \cdot \beta$
- ΔA là tổn thất điện năng hàng năm (kWh).
- β là giá tiền 1 kWh điện năng (VND).
- C_{md} là tổn hại về kinh tế do mất điện.
- C_{cn} là chi phí về lương của cán bộ và công nhân vận hành.
- C_{phu} là chi phí phụ khác.

Chi phí C_{cn} và C_{phu} giữa các phương án gần bằng nhau nên khi so sánh phương án thường bỏ qua. C_{md} được kể đến khi so sánh giữa các phương án có tính đến độ tin cậy cung cấp điện.

Do đó chi phí vận hành hàng năm có thể tính qua biểu thức sau:

$$C_{vh} = a_{vh} \cdot V + C_{\Delta A}$$

Trong đó: $a_{vh} = (a_{kh} + a_{bq})$ là hệ số vận hành.

Thường các phương án có vốn đầu tư lớn thì lại có chi phí vận hành nhỏ và ngược lại.

Ví dụ: Muốn giảm tổn thất điện năng, giảm tổn hại về kinh tế do ngừng cung cấp điện ta phải đặt thêm thiết bị bù, tăng tiết diện dây dẫn, đặt các đường dây và máy biến áp dự phòng... Kết quả là làm tăng vốn đầu tư.

Vì vậy người ta đã xây dựng được chỉ tiêu phản ánh cả hai mặt nói trên để đánh giá tính kinh tế kỹ thuật của phương án cung cấp điện. Chỉ tiêu đó được gọi là chi phí tính toán CV_t .

2.1.2. Các phương pháp so sánh kinh tế kỹ thuật

a) Phương pháp so sánh kinh tế tính theo thời hạn thu hồi vốn đầu tư

Việc tăng vốn đầu tư V (vốn đầu tư phụ) đối với một công trình nào đó được xem là kinh tế nếu như chi phí vận hành hàng năm giảm và thu hồi lại được phần vốn tăng thêm trong thời gian quy định T_{tc} .

Ví dụ: Có hai phương án có vốn đầu tư là V_1, V_2 và chi phí vận hành hàng năm là C_1, C_2 .

Phương pháp so sánh tính theo thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ chính là so sánh sự khác nhau về vốn đầu tư ($V_2 - V_1$) với sự tiết kiệm về chi phí vận hành hàng năm ($C_1 - C_2$) theo biểu thức:

$$T = \frac{V_2 - V_1}{C_1 - C_2} \quad (2-3)$$

Thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ T (tính bằng năm) sẽ so sánh với T_{tc} là thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư phụ. Đối với nước ta $T_{tc} = 5$ (năm).

Nếu $T = T_{tc}$ thì các phương án tương đương về mặt kinh tế.

Nếu $T < T_{tc}$ thì phương án có vốn đầu tư lớn và chi phí vận hành hàng năm nhỏ được coi là phương án kinh tế hơn, vì việc giảm được chi phí vận hành hàng năm mà chỉ cần sau T năm bé hơn T_{tc} đã hoàn lại được đủ phần vốn phải bỏ thêm ra lúc đầu.

Nếu $T > T_{tc}$ thì phương án có vốn đầu tư nhỏ và chi phí vận hành hàng năm lớn sẽ là phương án kinh tế hơn.

Như vậy với biểu thức (2-3) chỉ có thể so sánh các phương án theo từng đôi một.

b) Phương pháp so sánh kinh tế theo chi phí tính toán hàng năm Z_{tt} :

So sánh kinh tế theo chi phí tính toán hàng năm Z_{tt} được tính theo biểu thức sau:

$$Z_{tt} = a_{tc} \cdot V + C_{vh} = \min \quad (\text{VND/ năm}).$$

Trong đó: a_{tc} là hệ số tiêu chuẩn, nói lên mức độ sử dụng hiệu quả vốn đầu tư.

$$a_{tc} = \frac{1}{T_{tc}}.$$

Thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ T_{tc} thay đổi tùy theo tính chất của công trình và tình hình kinh tế của mỗi nước. Ở những nước phát triển, tiềm năng kinh tế lớn thì quy định thời gian thu hồi vốn đầu tư dài, còn ở những nước đang phát triển cần quay vốn nhanh để xây dựng thì người ta quy định thời gian thu hồi vốn đầu tư tương đối ngắn. Ở Liên Xô quy định $a_{tc} = 0,12$, $T_{tc} = 8,33$ năm, ở Việt Nam $a_{tc} = 0,2$ và $T_{tc} = 5$ năm.

Như vậy chỉ tiêu kinh tế của phương án cung cấp điện là:

$$Z_{tt} = a_{tc} \cdot V + C_{vh}.$$

Trong đó: $C_{vh} = a_{vh} \cdot V + C_{\Delta A}$

$$Z_{tt} = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot V + C_A = a \cdot V + C_{\Delta A}. \quad (2-4)$$

Trong đó:

$$- a_{vh} = a_{kh} + a_{bq}$$

$$- a = a_{tc} + a_{vh}$$

Trong trường hợp kể đến độ tin cậy cung cấp điện thì trong chi phí vận hành phải tính đến tổn hại kinh tế do mất điện C_{md} . Tổn hại kinh tế do mất điện gồm hai phần: Tổn hại trực tiếp và tổn hại gián tiếp.

- Tổn hại trực tiếp bao gồm: Tổn hại do thời gian nghỉ việc của công nhân, nếu số công nhân đó không chuyển được hoàn toàn hay một phần sang các công việc khác, giảm tuổi thọ của máy móc, gây ra phế phẩm và giảm chất lượng sản phẩm, tăng chi phí sức lao động, nguyên vật liệu và năng lượng cho một đơn vị sản phẩm.

- Tổn hại gián tiếp gồm: Giá trị số sản phẩm bị hụt đi do ngừng sản xuất vì mất điện.

Các phương án đem ra so sánh trước hết phải đạt các yêu cầu về kỹ thuật. Như phần trên đã nói, phương án nào có $Z_{tt, \min}$ là phương án tối ưu về mặt kinh tế.

Trong thực tế có khả năng xảy ra trường hợp Z_{tt} của các phương án không chênh lệch nhau nhiều lắm. Nếu độ chênh lệch không lớn hơn 10% thì có thể coi tính kinh tế của các phương án là ngang nhau và chúng ta nên chọn phương án có vốn đầu tư nhỏ hơn, hoặc có những điểm nổi bật về mặt kỹ thuật.

Thường ở các phương án, vốn đầu tư và chi phí vận hành có mặt đối lập nhau. Trong trường hợp này, để đánh giá các phương án ta phải xét tới thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ.

Bảng 2-1

STT	Danh mục	a_{vh}	a_{kh}	a_{bq}	Cộng
1	Đường dây trên không cột sắt hoặc cột bê tông.				
	U < 20 kV	0,2	0,0	0,0	0,2
	U = (35÷110) kV	0,2	0,0	0,0	0,2
2	Đường dây trên không cột gỗ có xử lý				
	U < 20 kV	0,2	0,0	0,0	0,2
	U = (35÷110) kV	0,2	0,0	0,0	0,2
3	Đường cáp đặt dưới đất và nước				
	U < 10 kV	0,2	0,0	0,0	0,2
	U = 35 kV	0,2	0,0	0,0	0,2
4	Đường cáp đặt trong hầm, trong không khí mái che.				
	U = 10 kV	0,2	0,0	0,0	0,2
	U = 35 kV	0,2	0,0	0,0	0,2
5	Thanh cái (6÷10) kV	0,2	0,0	0,0	0,240
6	Động cơ có công suất dưới 100 kW	0,2	0,1	0,0	0,319
7	Động cơ có công suất trên 100 kW	0,2	0,0	0,0	0,284

8	Thiết bị phân phối, trạm biến áp và các thiết bị động lực khác	0,2	0,0	0,0	0,273
9	Thiết bị đo lường điều khiển	0,2	0,1	0,0	0,330
10	Tụ điện bù	0,2	0,0	0,0	0,283
11	Máy biến áp hàn	0,2	0,0	0,0	0,240
12	Bơm ly tâm	0,2	0,1	0,0	0,377

2.3. Tính toán tổn thất kinh tế do ngừng cung cấp điện

Nếu kể đến độ tin cậy cung cấp điện, thì khi tính toán kinh tế kỹ thuật của các phương án nghiên cứu ta phải quan tâm đến thiệt hại sản xuất do việc gián đoạn cung cấp điện gây nên. Khi đó chi phí vận hành hàng năm phải tính đến tổn thất kinh tế do mất điện, tức là:

$$Z_{tt} = k_{đm}.V + C_{vh} + C_{md} = \min$$

Ở đây chúng ta không tính toán đến những thiệt hại do điện năng được cung cấp kém chất lượng (điện áp và tần số lệch quá trị số cho phép) mà chỉ chú ý đến việc mất điện do các nguồn cung cấp kém tin cậy gây ra.

Thiệt hại do nền kinh tế quốc dân thường do những nguyên nhân sau:

- Không sản xuất đủ sản phẩm
- Hư hỏng sản phẩm (một phần hay toàn bộ) trong thời gian xí nghiệp bị cắt điện.
- Hư hỏng thiết bị
- Rối loạn quá trình công nghệ có thể kéo dài một thời gian sau khi cung cấp điện trở lại.
- Trả lương cho công nhân không có việc làm trong thời gian mất điện; trả lương hưu cho những người mất sức lao động do tai nạn khi mất điện và tiền trợ cấp cho những người bị mất sức lao động tạm thời.

Ngày nay, một số công trình nghiên cứu đã đưa ra những công thức để tính thiệt hại thực tế khi tính toán kinh tế trong lĩnh vực năng lượng. Ví dụ, thiệt hại kinh tế do việc ngừng cung cấp điện đối với xí nghiệp có thể xác định theo biểu thức:

$$C_{md} = NP, \bar{T}C$$

Với N là số lần mất điện trong một năm

\bar{T} : Kỳ vọng toán của thời gian phục hồi cung cấp điện, đơn vị: giờ

\bar{P} : Kỳ vọng toán của phụ tải (kW)

C: tổn thất kinh tế khi ngừng cung cấp một kWh điện

Số lần mất điện trong một năm N là một đại lượng ngẫu nhiên phụ thuộc vào các yếu tố như sau: sơ đồ đấu dây, chất lượng các thiết bị điện và trình độ vận hành của nhân viên, số liệu này do kinh nghiệm vận hành thống kê lại mà có.

T: là thời gian trung bình cần cho một lần phục hồi cung cấp điện. Vì nguyên nhân mất điện rất nhiều và rất ngẫu nhiên nên thời gian phục hồi cung cấp điện cũng rất khác nhau, do vậy ta chỉ tính được trị số trung bình theo xác suất của nó mà thôi.

\bar{P} : được tính như sau: $\bar{P} = \frac{T_{max} \cdot P_{max}}{8760}$, trong đó

T_{max} : Thời gian sử dụng công suất lớn nhất P_{max} , tính bằng giờ (h).

Tuy vậy, cho đến nay vẫn chưa có phương pháp tin cậy để đánh giá trị số C_{md} . Do đó ta chỉ tính tới nó trong trường hợp thật cần thiết. Tổn thất kinh tế do ngừng cung cấp điện chủ yếu được dùng để đánh giá kinh tế đối với phụ tải loại II, còn đối với phụ tải loại I và loại III rõ ràng không sử dụng chỉ tiêu này.

2.4. Tính toán kinh tế kỹ thuật trong trường hợp thiết kế mở rộng thay thế.

Ngày nay, người ta sử dụng nhiều phương pháp toán học khác nhau để tính toán kinh tế kỹ thuật.

Khi tính toán kinh tế trong việc chọn điện áp hợp lý cho hệ thống cung cấp điện xí nghiệp hoặc khi tính tiết diện kinh tế của đường dây, ta thường sử dụng những phương pháp phân tích kinh điển (như phương pháp xấp xỉ, phương pháp nội suy).

Khi tính toán kinh tế kỹ thuật nhằm tối ưu hóa cho một công trình thiết kế mới, hoặc cải tạo hệ thống cung cấp điện xí nghiệp để nâng cao khả năng truyền tải của đường dây, ta phải sử dụng những phương pháp toán học phức tạp hơn: quy hoạch tuyến tính, phi tuyến hoặc quy hoạch động.

Trong vận hành và thiết kế cung cấp điện xí nghiệp, ta sử dụng máy vi tính để giải các bài toán cơ bản về kinh tế kỹ thuật, vì việc này không những có lợi trong trường hợp phép toán công kênh và phức tạp mà ngay cả với phép tính đơn giản nhưng phải tính nhiều lần. Điều này rất hay gặp trong thực tế.

2.5. Khái niệm về sử dụng máy vi tính để giải các bài toán kinh tế kỹ thuật trong cung cấp điện

Máy vi tính cho phép ta giải được nhiều phép toán phức tạp có xét đến nhiều yếu tố đặc trưng cho bài toán. Với sự xuất hiện của máy vi tính, phương pháp tính đã trở thành phương pháp cơ bản để giải bài toán trong đó có bài toán về năng lượng.

* Trình tự giải bài toán trên máy vi tính: Khi giải bất kì bài toán nào trên máy vi tính cũng phải qua các giai đoạn sau:

1. Diễn tả toán học của vấn đề
2. Chọn phương pháp tính
3. Xây dựng thuật toán
4. Lập chương trình giải bài toán trên máy cụ thể
5. Hiệu chỉnh chương trình
6. Giải bài toán trên máy vi tính.

Ví dụ 2.1. Yêu cầu so sánh hai phương án để xây dựng cùng một công trình, được thực hiện ở những thời hạn khác nhau với vốn đầu tư theo thứ tự cũng khác nhau.

Giải: Đối với phương án thứ nhất, người ta tiến hành xây dựng với thời hạn xây dựng xong công trình là $T_x = 4$ năm. Dự toán đầu tư cho việc xây dựng là 20 triệu đồng. Thứ tự đầu tư là mỗi năm 5 triệu đồng.

Đối với phương án thứ hai, người ta sẽ tiến hành xây dựng công trình bắt đầu sau một năm (so với phương án 1) và thời hạn xây dựng xong công trình là $T'_x = 3$ năm. Dự toán đầu tư cho việc xây dựng là 21 triệu. Thứ tự đầu tư hàng năm tương ứng với số tiền sau 4 triệu, 7 triệu và 10 triệu đồng.

Hệ số hiệu quả định mức là $k_{dm} = 12,5\%$ thời hạn thu hồi vốn đầu tư là 8 năm.

Vốn đầu tư tính toán đến lúc bắt đầu khai thác công trình sẽ được xác định theo công thức là: $V_u = \sum_{t=1}^{T_x} V_t (1 + k_{dm})^{T_x - t}$

Đối với phương án I:

$$V_u = V_1(1 + k_{dm})^{T_x - 1} + V_2(1 + k_{dm})^{T_x - 2} + V_3(1 + k_{dm})^{T_x - 3} + V_4$$

$$V_u = 5(1 + 0,125)^3 + 5(1 + 0,125)^2 + 5(1 + 0,125)^1 + 5 = 24,07$$

Đối với phương án II:

$$V'_u = V'_1(1 + k_{dm})^{T'_x - 1} + V'_2(1 + k_{dm})^{T'_x - 2} + V'_3$$

$$V'_u = 4(1 + 0,125)^2 + 7(1 + 0,125)^1 + 10 = 22,94$$

Ta thấy rằng rõ ràng về phương diện tiết kiệm vốn đầu tư chúng ta quan tâm đến phương án II dù rằng giá trị dự toán trội hơn một triệu đồng.

Ví dụ 2.2. Hãy so sánh tính kinh tế của hai phương án thực hiện cho một công trình. Hai phương án này khác nhau về vốn đầu tư và chi phí vận hành.

Giải: Vốn đầu tư đối với phương án I (tính đến lúc bắt đầu khai thác) là 10 triệu đồng; còn chi phí vận hành hàng năm là một triệu đồng/năm.

Vốn đầu tư đối với phương án II là 5 triệu đồng, còn chi phí vận hành hàng năm là 2 triệu đồng/năm.

Thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ theo định mức là 8 năm, (hệ số hiệu quả định mức là 12,5%).

Theo công thức (2-3) thì:
$$T = \frac{V_A - V_B}{C_B - C_A} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = 5 \text{ năm}$$

Như vậy so sánh thời gian thu hồi định mức cho là 8 năm thì ta thấy rõ tính kinh tế của phương án đầu tiên.

Ta cũng sẽ nhận được kết luận trên nếu sử dụng công thức (2-4). Thật vậy, chi phí tính toán của phương án đầu tiên A là:

$$Z_{tA} = k_{dm} V_A + C_{vhA} = 0,125 \cdot 10 + 1 = 2,25$$

chi phí tính toán của phương án II (B) là:

$$Z_{tB} = k_{dm} V_B + C_{vhB} = 0,125 \cdot 5 + 2 = 2,625$$

Ví dụ 2.3. Hãy so sánh tính kinh tế của 4 phương án thực hiện cho cùng một công trình, vốn đầu tư và chi phí vận hành hàng năm của chúng là:

$$V_1 = 2,0 \text{ triệu đồng} \quad C_1 = 1,8 \text{ triệu đồng}$$

$$V_2 = 3,0 \text{ triệu đồng} \quad C_2 = 1,2 \text{ triệu đồng}$$

$$V_3 = 5,0 \text{ triệu đồng} \quad C_3 = 0,8 \text{ triệu đồng}$$

$$V_4 = 7,5 \text{ triệu đồng} \quad C_4 = 0,6 \text{ triệu đồng}$$

Giải: Thời hạn thu hồi vốn đầu tư phụ định mức là $T = 8$ năm (tức là $k_{dm} = 0,125$)

Vì ở đây số phương án nhiều, nên ta sử dụng công thức (2-2)

$$C_u = k_{dm} V + C_{vh} = \min$$

Đối với phương án 1:

$$C_{tt1} = k_{dm} V_1 + C_{Vh1} = 0,125.2,0 + 1,8 = 2,05$$

Đối với phương án 2:

$$C_{tt2} = k_{dm} V_2 + C_{Vh2} = 0,125.3,0 + 1,2 = 1,57$$

Đối với phương án 3:

$$C_{tt3} = k_{dm} V_3 + C_{Vh3} = 0,125.5,0 + 0,8 = 1,42$$

Đối với phương án 4:

$$C_{tt4} = k_{dm} V_4 + C_{Vh4} = 0,125.7,5 + 0,6 = 1,54$$

Rõ ràng kinh tế nhất là dùng phương án 3.

Nếu dùng công thức (2.1) thì việc tính toán sẽ phức tạp. Các phương án chỉ có thể so sánh theo từng cặp một, khi đó:

- So sánh phương án 1 và 2:

$$T_{1-2} = \frac{V_2 - V_1}{C_1 - C_2} = \frac{3 - 2}{1,8 - 1,2} = 1,66 \text{ nam} < T_{đinh muc} = 8 \text{ nam}$$

Rõ ràng phương án 2 kinh tế hơn

- So sánh phương án 2 và 3:

$$T_{2-3} = \frac{V_3 - V_2}{C_2 - C_3} = \frac{5 - 3}{1,2 - 0,8} = 5 \text{ nam} < T_{đinh muc} = 8 \text{ nam}$$

Ở đây phương án 3 kinh tế hơn

- So sánh phương án 3 và 4:

$$T_{3-4} = \frac{V_4 - V_3}{C_3 - C_4} = \frac{7,5 - 5}{0,8 - 0,6} = 12,5 \text{ nam} > T_{đinh muc} = 8 \text{ nam}$$

Rõ ràng cuối cùng phương án 3 là kinh tế hơn cả. Như vậy ta thấy nếu tính theo công thức (2.2) thì thuận tiện hơn nhiều.

Ví dụ 2.4. Một mạng cáp có phụ tải lớn nhất là 3000KVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất $T_{max} = 3000\text{h/năm}$. Mạng có đường dây dự phòng. Thời gian trung bình để phục hồi cung cấp điện là $\bar{T}_1 = 1,5\text{h}$; số lần ngừng cung cấp điện $N = 0,08$ (tức là 12,5 xảy ra một lần). Khi mạng không có dự phòng thì $\bar{T}_2 = 24\text{h}$. Hãy tính số điện năng không được cung cấp trong 1 năm.

Giải: * Trường hợp mạng có dự phòng:

$$A_1 = \bar{P}\bar{T}_1 N = \frac{T_{max} \cdot S_{max} \cos\varphi}{8760} \bar{T}_1 N = \frac{3000 \cdot 3000 \cdot 0,85}{8760} \cdot 1,5 \cdot 0,08 = 105 \text{ KWh / năm}$$

* Trường hợp mạng không có dự phòng:

$$A_2 = \bar{P}\bar{T}_2 N = \frac{T_{max} \cdot S_{max} \cos\varphi}{8760} \bar{T}_2 N = \frac{3000 \cdot 3000 \cdot 0,85}{8760} \cdot 24 \cdot 0,08 = 1680 \text{ KWh / năm}$$

Chương III

XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI ĐIỆN

Sau khi học xong chương này sinh viên cần nắm được:

- Ý nghĩa và cách xây dựng đồ thị phụ tải điện
- Khái niệm, ý nghĩa, cách xác định các đại lượng và hệ số tính toán
- Các phương pháp xác định phụ tải tính toán
- Xác định phụ tải tính toán cho nhóm thiết bị, phân xưởng và cho nhà máy.
- Xác định phụ tải tính toán cho các phụ tải đặc biệt
- Lựa chọn phương pháp xác định phụ tải tính toán
- Trình tự tính toán phụ tải điện ở các cấp của hệ thống điện
- Xác định tâm của phụ tải điện
- Dự báo phụ tải điện

3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

* Một số yếu tố ảnh hưởng đến việc xác định phụ tải điện:

- Nhiều loại máy sản xuất khác nhau.
- Thiết bị điện vận hành thường với công suất không bằng công suất định mức (Quy trình công nghệ, trình độ sử dụng của công nhân...)
- Phụ tải điện là một hàm luôn biến đổi theo thời gian, không theo quy luật nhất định.
- Tính toán phụ tải điện đơn giản: thiếu chính xác; nâng cao độ chính xác thì phương pháp tính quá phức tạp vì kể đến nhiều yếu tố ảnh hưởng...

* Ý nghĩa của việc tính toán chính xác phụ tải điện:

- Chọn các thiết bị điện trong hệ thống cung cấp điện.
- Phụ tải tính toán được xác định ra nhỏ hơn phụ tải thực tế: làm giảm tuổi thọ, có thể dẫn tới cháy, nổ các thiết bị điện.
- Phụ tải tính toán được xác định ra lớn hơn phụ tải thực tế: các thiết bị chọn sẽ quá lớn so với yêu cầu dẫn tới lãng phí...

3.2. ĐỒ THỊ PHỤ TẢI

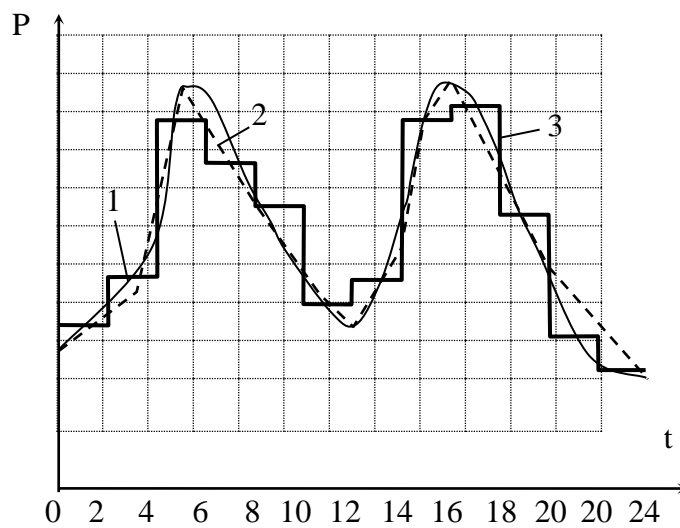
Phụ tải điện của một xí nghiệp là một hàm biến đổi theo thời gian. Đường biểu diễn sự biến thiên của công suất tác dụng (P), công suất phản kháng (Q) và dòng điện phụ tải (I) theo thời gian là đồ thị phụ tải tương ứng với công suất tác dụng, công suất phản kháng và dòng điện.

Sự thay đổi của phụ tải theo thời gian có thể được ghi lại bằng các dụng cụ đo lường có cơ cấu tự ghi như (hình 3-1a) hoặc do nhân viên vận hành ghi (hình 3-1b). Thông thường để cho việc tính toán được thuận tiện, đồ thị phụ tải được vẽ lại theo hình bậc thang. Chiều cao của các bậc thang được lấy theo giá trị trung bình của phụ tải trong khoảng thời gian được xét (hình 3-1c), tức là có thể lấy theo chỉ số của công tơ lấy trong những khoảng thời gian được xác định giống nhau. Khi thiết kế cung cấp điện nếu biết đồ thị phụ tải điện điển hình của xí nghiệp thì sẽ có căn cứ để chọn các thiết bị điện, tính điện năng tiêu thụ... Khi vận hành nếu biết đồ thị phụ tải điện của xí nghiệp thì có thể xác định được phương thức vận hành các thiết bị điện sao cho hợp lý nhất, kinh tế nhất. Các nhà máy điện cần nắm được đồ thị phụ tải điện của các xí nghiệp để có phương thức vận hành các máy phát điện cho phù hợp với các yêu cầu của phụ tải. Vì vậy đồ thị phụ tải là số liệu quan trọng trong việc thiết kế cũng như vận hành hệ thống cung cấp điện.

Đồ thị phụ tải điện được phân loại như sau:

+) Phân theo đại lượng đo:

- Đồ thị phụ tải tác dụng P (t).
- Đồ thị phụ tải phản kháng Q (t)
- Đồ thị điện năng A (t).



Hình 3- 1. Đồ thị phụ tải ngày đêm

- a) Đồ thị phụ tải do thiết bị tự ghi (1).
- b) Đồ thị phụ tải do nhân viên vận hành ghi (2).
- c) Đồ thị phụ tải vẽ theo hình bậc thang (3).

+) Phân theo thời gian khảo sát:

- Đồ thị phụ tải ngày đêm.
- Đồ thị phụ tải hàng tháng.
- Đồ thị phụ tải năm.

Sau đây sẽ phân tích một số đồ thị phụ tải thường dùng.

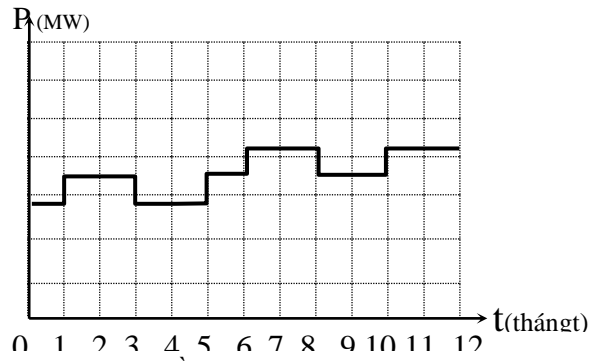
3.2.1. Đồ thị phụ tải ngày

Đây là đồ thị phụ tải một ngày đêm 24 giờ (hình 3-1). Nghiên cứu đồ thị phụ tải một ngày đêm của một phân xưởng hay một xí nghiệp ta có thể biết được tình trạng làm việc của các thiết bị, từ đó có thể sắp xếp được qui trình vận hành hợp lý nhất, để đảm bảo cho đồ thị phụ tải chung toàn phân xưởng hoặc xí nghiệp tương đối bằng phẳng. Như vậy sẽ đạt được mục đích vận hành kinh tế, giảm được tổn thất trong mạng điện. Đồ thị phụ tải ngày cũng có thể được xem là căn cứ để chọn các thiết bị điện, tính điện năng tiêu thụ...

3.2.2. Đồ thị phụ tải hàng tháng

Đồ thị phụ tải hàng tháng được xây dựng theo đồ thị phụ tải trung bình hàng tháng (hình 3-2). Nghiên cứu đồ thị phụ tải hàng tháng có thể biết được nhịp độ sản xuất của xí nghiệp, từ đó định ra được lịch vận hành, sửa chữa các thiết bị điện một cách hợp lý, đáp ứng được yêu cầu của sản xuất.

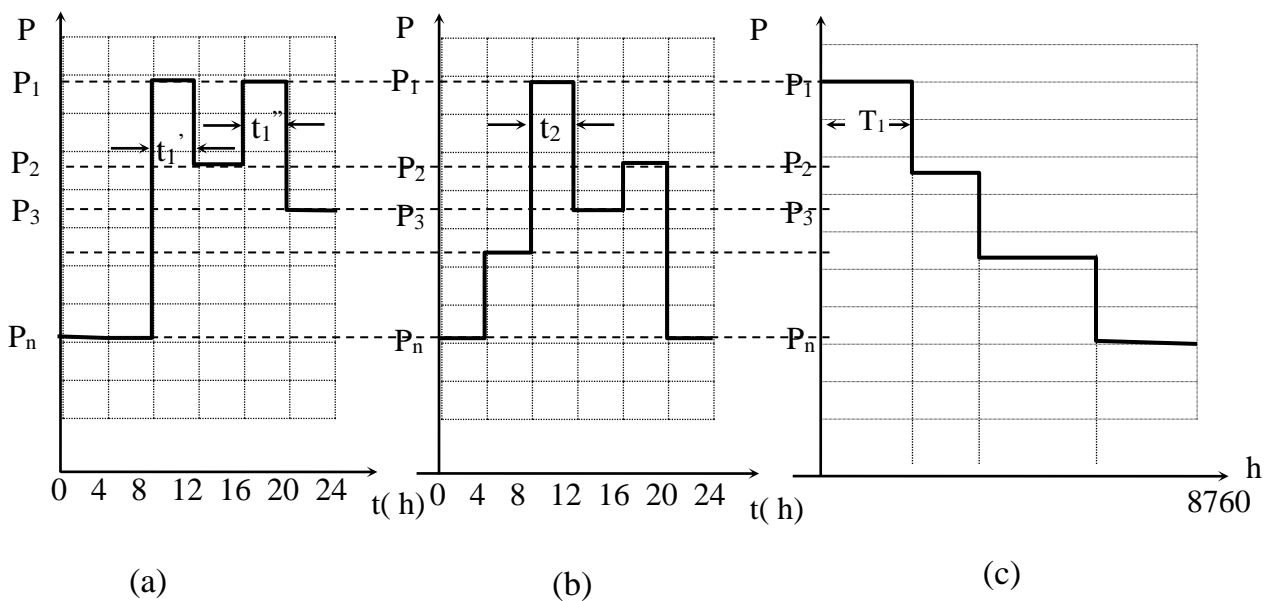
Ví dụ: Xét đồ thị (hình 3-2) ta thấy rằng vào khoảng tháng 4, 5 phụ tải của xí nghiệp là nhỏ nhất, nên có thể tiến hành sửa chữa vừa và lớn các thiết bị điện vào lúc đó. Còn những tháng cuối năm phụ tải của xí nghiệp là lớn nhất nên trước những tháng đó phải có kế hoạch sửa chữa nhỏ, hoặc bảo dưỡng hoặc thay thế các thiết bị hỏng hóc để có thể đáp ứng được yêu cầu của sản xuất



Hình 3-2. Đồ thị phụ tải hàng tháng

3.2.3. Đồ thị phụ tải năm

Căn cứ vào đồ thị phụ tải điển hình của một ngày mùa hè và một ngày mùa đông để vẽ đồ thị phụ tải năm (hình 3-3).



Hình 3-3. Đồ thị phụ tải năm.

- a) Đồ thị phụ tải một ngày mùa hè điển hình.
- b) Đồ thị phụ tải một ngày mùa đông điển hình.
- c) Đồ thị phụ tải năm.

Cách vẽ như sau: Giả sử ta chia một năm ra làm 2 mùa, quy định mùa hè gồm n_1 ngày, mùa đông gồm n_2 ngày. Với mức phụ tải P_1 ta thấy trong ngày mùa đông điển hình P_1 tồn tại trong khoảng thời gian $t_1' + t_1''$. Trong ngày điển hình mùa hè P_1 tồn tại trong khoảng thời gian t_2

Vậy trong một năm số thời gian tồn tại phụ tải P_1 là:

$$T_1 = (t_1' + t_1'') n_1 + t_2 n_2$$

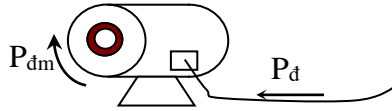
Khi xây dựng đồ thị phụ tải năm ta tiến hành lần lượt từ mức phụ tải cao đến mức phụ tải thấp, với thời gian tồn tại tương ứng của từng mức phụ tải.

Khi nghiên cứu đồ thị phụ tải hàng năm ta có thể biết được điện năng tiêu thụ hàng năm, thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max} . Những số liệu đó được dùng làm căn cứ để chọn dung lượng máy biến áp, chọn thiết bị điện, đánh giá mức độ sử dụng điện và tiêu hao điện năng.

3.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG VÀ HỆ SỐ TÍNH TOÁN

3.3.1. Công suất định mức

Công suất định mức (P_{dm}) của các thiết bị được nhà chế tạo ghi sẵn trong lý lịch hoặc trên nhãn máy. Đối với động cơ P_{max} ghi trên nhãn máy chính là công suất cơ trên trục động cơ. Đối với cung cấp điện ta quan tâm đến công suất đầu vào của động cơ được gọi là công suất đặt (P_d) (hình 3-4).



Hình 3-4. Đường dây cung cấp điện cho động cơ

Công suất đặt được tính theo biểu thức sau: $P_d = \frac{P_{dm}}{\eta_{dc}}$

Trong đó:

- P_d : Công suất đặt của động cơ.
- P_{dm} : Công suất định mức của động cơ.
- η_{dc} : Hiệu suất định mức của động cơ.

Để đơn giản trong tính toán người ta cho phép lấy hiệu suất của động cơ bằng 1 (khi lấy hiệu suất của động cơ bằng 1 thì sai số không lớn, vì khi làm việc ở chế độ định mức hiệu suất của động cơ khá cao khoảng (0,8 ÷ 0,95)).

Vì vậy thông thường người ta cho phép lấy:

$$P_d = P_{dm}$$

Đối với các thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại như cầu trục, máy hàn, khi tính phụ tải điện của chúng ta phải quy đổi về công suất định mức ở chế độ làm việc dài hạn, tức là quy đổi về chế độ làm việc có hệ số đóng điện tương đối $\varepsilon_{dm}\% = 100\%$.

Biểu thức quy đổi như sau:

- Đối với động cơ: $P'_{dm} = P_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon_{dm}}$

- Đối với máy biến áp hàn: $P'_{dm} = S_{dm} \cdot \cos \varphi_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon_{dm}}$

Trong đó:

- P'_{dm} : Công suất định mức đã quy đổi về $\varepsilon\% = 100\%$.
- P_{dm} , S_{dm} , $\cos \varphi_{dm}$, ε_{dm} : Các tham số định mức được ghi trong lý lịch máy.

Công suất định mức của nhóm gồm n thiết bị bằng tổng công suất định mức của các thiết bị riêng biệt mà công suất của các thiết bị này đã quy đổi về chế độ $\varepsilon\% = 100\%$.

$$P_{dm} = \sum_{i=1}^n P_{dmi}$$

- P_{dm} : Công suất định mức của n thiết bị.
- P_{dmi} : Công suất định mức của thiết bị thứ i đã quy đổi về $\varepsilon\% = 100\%$.

3.3.2. Phụ tải trung bình

Phụ tải trung bình là một đặc trưng tính của phụ tải điện trong một khoảng thời gian nào đó. Tổng phụ tải trung bình của các thiết bị cho ta khả năng đánh giá được giới hạn dưới của phụ tải tính toán.

Biểu thức tính phụ tải trung bình:

$$P_{tb} = \frac{\int_0^t P dt}{t}; \quad Q_{tb} = \frac{\int_0^t Q dt}{t};$$

Vì phụ tải luôn biến đổi theo những quy luật phức tạp không viết được dưới dạng hàm giải tích nên các biểu thức trên chỉ có giá trị lý thuyết, trong thực tế người ta tính phụ tải trung bình theo biểu thức:

$$P_{tb} = \frac{A_P}{t}; \quad Q_{tb} = \frac{A_Q}{t};$$

- A_P, A_Q : Điện năng tiêu thụ tính trong khoảng thời gian được khảo sát kWh, kVAh.

- Thời gian khảo sát (h).

Phụ tải trung bình của một nhóm gồm n thiết bị.

$$P_{tb} = \sum_{i=1}^n P_{tbi}; \quad Q_{tb} = \sum_{i=1}^n Q_{tbi};$$

3.3.3. Phụ tải cực đại

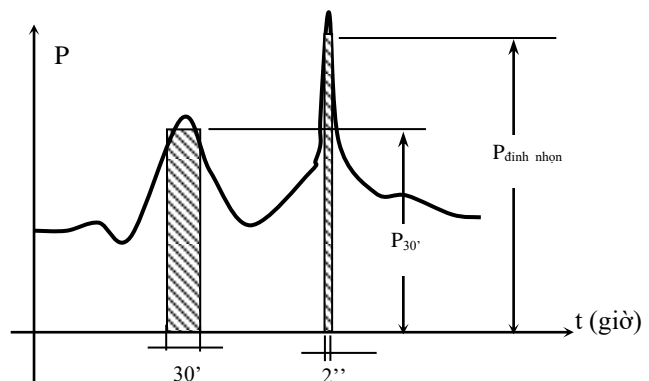
Phụ tải cực đại được chia thành hai nhóm:

1. Phụ tải cực đại ổn định, P_{max}

Phụ tải cực đại ổn định là phụ tải trung bình lớn nhất xét trong khoảng thời gian tương đối ngắn (thường lấy bằng 10, 15 hoặc 30 phút) (hình 3-5). Trị số này dùng để chọn các thiết bị theo điều kiện phát nóng. Nó cho phép ta đánh giá được giới hạn trên của phụ tải tính toán. Thường ta tính phụ tải cực đại ổn định là phụ tải trung bình lớn nhất xuất hiện trong thời gian 10, 15 hoặc 30 phút của ca làm việc có phụ tải lớn nhất trong ngày. Đôi khi người ta dùng phụ tải cực đại ổn định được xác định như trên làm phụ tải tính toán.

2. Phụ tải đỉnh nhọn $P_{đnh}$

Là phụ tải trung bình lớn nhất xét trong những khoảng thời gian cực ngắn khoảng (1÷2) s. Phụ tải đỉnh nhọn để kiểm tra độ dao động điện áp, điều kiện tự khởi động của động cơ, kiểm tra điều kiện làm việc của cầu chì, tính dòng điện khởi động của rơle bảo vệ ...



Hình 3-5. Cách xác định phụ tải cực đại trong khoảng thời gian 30' và 2''

Phụ tải đỉnh nhọn thường xuất hiện khi động cơ khởi động. Ta không chỉ quan tâm tới trị số của phụ tải đỉnh nhọn mà còn phải quan tâm tới số lần xuất hiện trong một giờ. Số lần xuất hiện của phụ tải đỉnh nhọn càng tăng thì càng ảnh hưởng xấu đến sự làm việc bình thường của các thiết bị dùng điện khác trong mạng điện.

3.3.4. Phụ tải tính toán P_{tt}

Khi thiết kế cung cấp điện cần phải có một số liệu cơ bản là phụ tải tính toán. Phụ tải tính toán là căn cứ để chọn các thiết bị điện, tính toán tổn thất công suất, tổn thất điện áp, tính toán các bảo vệ rơle...

Phụ tải tính toán được định nghĩa như sau:

Phụ tải tính toán là phụ tải giả thiết lâu dài không đổi tương đương với phụ tải thực tế (biến thiên) về mặt hiệu ứng nhiệt lớn nhất. Nói một cách khác, phụ tải tính toán cũng làm nóng vật dẫn lên tới nhiệt độ bằng nhiệt độ do phụ tải thực tế gây ra trong quá trình làm việc.

Theo định nghĩa trên phụ tải tính toán chỉ là phụ tải giả thiết, nhưng vì nó tương đương với phụ tải thực tế, nên căn cứ vào nó để chọn các thiết bị điện thì sẽ đảm bảo cho các thiết bị đó không cháy hỏng trong quá trình làm việc.

Quan hệ giữa phụ tải tính toán và các phụ tải khác như sau:

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

Hằng số thời gian phát nóng của các vật liệu dẫn điện lắp đặt trong không khí, trong ống cũng như dưới đất có các giá trị khác nhau không nhiều và thường dao động xung quanh 30 phút. Vì thế trong tính toán thiết kế thường lấy trị số trung bình của phụ tải lớn nhất xuất hiện trong khoảng thời gian 30 phút để làm phụ tải tính toán cũng vì vậy người ta còn gọi phụ tải tính toán là phụ tải cực đại 30' (phụ tải cực đại nửa giờ). Cũng có một số trường hợp người ta lấy P_{tt} tương ứng với khoảng thời gian 10 phút hoặc 15 phút.

3.3.5. Hệ số sử dụng k_{sd}

Hệ số sử dụng nói lên mức độ sử dụng, mức độ khai thác công suất của thiết bị điện trong một chu kỳ làm việc, được định nghĩa là tỷ số giữa phụ tải trung bình với công suất định mức. Hệ số sử dụng là chỉ tiêu cơ bản để tính phụ tải tính toán.

- Đối với một thiết bị:

$$k_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}}$$

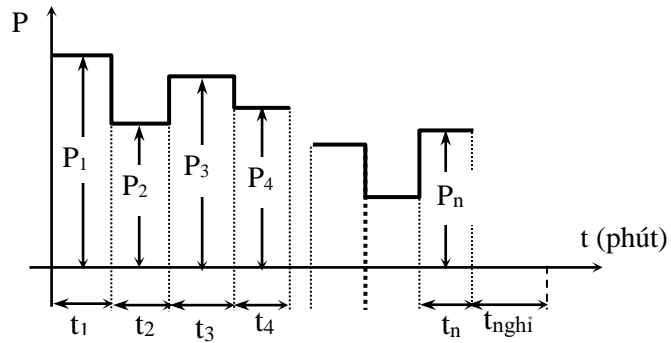
- Đối với nhóm có n thiết bị:

$$k_{sd} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{tbi}}{\sum_{i=1}^n P_{dmi}}$$

- Nếu có đồ thị phụ tải (hình 3-6) thì có thể tính hệ số sử dụng như sau:

$$k_{sd} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{P_{dm} (t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_{nghe})}$$

Phụ tải trung bình được lấy ứng với ca có phụ tải lớn nhất trong 3 ca làm việc.



Hình 3-6. Đồ thị phụ tải tác dụng

3.3.6. Hệ số phụ tải k_{pt}

Hệ số phụ tải nói lên mức độ sử dụng, mức độ khai thác thiết bị trong thời gian đang xét, được định nghĩa là tỷ số giữa phụ tải thực tế với công suất định mức. Thường ta phải xét hệ số phụ tải trong một khoảng thời gian nào đó, nên phụ tải thực tế chính là phụ tải trung bình trong khoảng thời gian đó.

$$k_{pt} = \frac{P_{thuc\ te}}{P_{dm}} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}}$$

Nếu có đồ thị phụ tải có thể tính hệ số phụ tải như sau (hình 3-6):

$$k_{pt} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{P_{dm} (t_1 + t_2 + \dots + t_n)}$$

3.3.7. Hệ số cực đại k_{max}

Hệ số cực đại là tỷ số giữa phụ tải tính toán với phụ tải trung bình trong khoảng thời gian đang xét.

$$k_{max} = \frac{P_{tt}}{P_{tb}}$$

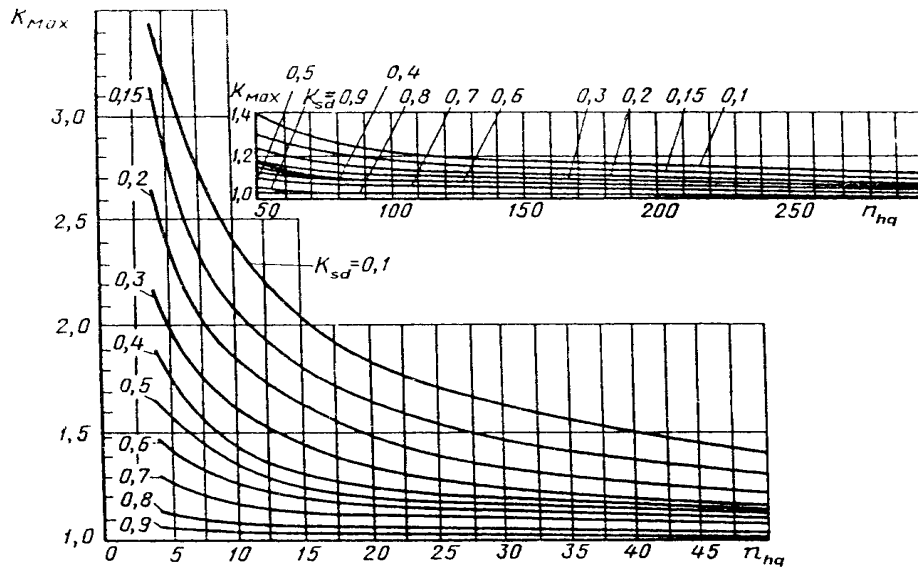
Hệ số cực đại thường được tính với ca làm việc có phụ tải lớn nhất. Hệ số cực đại thường tính cho phụ tải tác dụng. Hệ số cực đại phụ thuộc vào số thiết bị điện có hiệu quả (n_{hq}) và nhiều yếu tố khác đặc trưng cho chế độ làm việc của các thiết bị điện trong nhóm.

Trong thực tế người ta tính k_{max} theo đường cong $k_{max} = f(k_{sd}, n_{hq})$ như (hình 3-7) hoặc trên (bảng 3-1). Hoặc có thể tra ở các Tài liệu CCD.

Bảng 3.1

n_{hq}	Giá trị k_{max} tương ứng với k_{sd}									
	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,1	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
5	3,23	2,8	2,4	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
6	3,04	2,6	2,2	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0

7	2,88	2,4	2,1	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0
8	2,72	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0
9	2,56	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
10	2,42	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
12	2,24	1,9	1,7	1,6	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
14	2,10	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
16	1,99	1,7	1,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
18	1,91	1,7	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
20	1,84	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
25	1,71	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
30	1,62	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
35	1,56	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
40	1,50	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
45	1,45	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
50	1,40	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
60	1,32	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,27	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,25	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,23	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,21	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
120	1,19	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
140	1,17	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
160	1,16	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
180	1,16	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0



200	1,15	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
220	1,14	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
240	1,14	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
260	1,13	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
280	1,13	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
300	1,12	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Hình 3-7. Đường cong quan hệ $k_{max}=f(n_{hq}, k_{sd})$

3.3.8. Hệ số nhu cầu k_{nc}

Hệ số nhu cầu là tỷ số giữa phụ tải tính toán với công suất định mức. Hệ số nhu cầu được tính theo biểu thức:

$$k_{nc} = \frac{P_{tt}}{P_{dm}} = \frac{P_{tt} \cdot P_{tb}}{P_{tb} \cdot P_{dm}} = k_{max} \cdot k_{sd}$$

Cũng như hệ số cực đại k_{max} hệ số nhu cầu k_{nc} thường tính cho công suất tác dụng của nhóm máy. Cũng có khi tính toán hệ số nhu cầu cho công suất phản kháng nhưng số liệu này ít dùng. Trong thực tế k_{nc} thường do kinh nghiệm vận hành tổng kết lại.

3.3.9. Số thiết bị dùng điện có hiệu quả n_{hq}

Số thiết bị dùng điện có hiệu quả là số thiết bị giả thiết có cùng công suất và chế độ làm việc như nhau, nó đòi hỏi tiêu thụ công suất đúng bằng công suất của nhóm thiết bị thực tế tiêu thụ (gồm các thiết bị có công suất và chế độ làm việc khác nhau).

Biểu thức để tính n_{hq} như sau:
$$n_{hq} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{dmi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (P_{dmi})^2}$$

Khi số thiết bị trong nhóm lớn việc tính toán n_{hq} theo biểu thức trên khá phức tạp nên trong thực tế người ta tính n_{hq} theo bảng tra hoặc tra theo đường cong cho trước. Trình tự tính như sau:

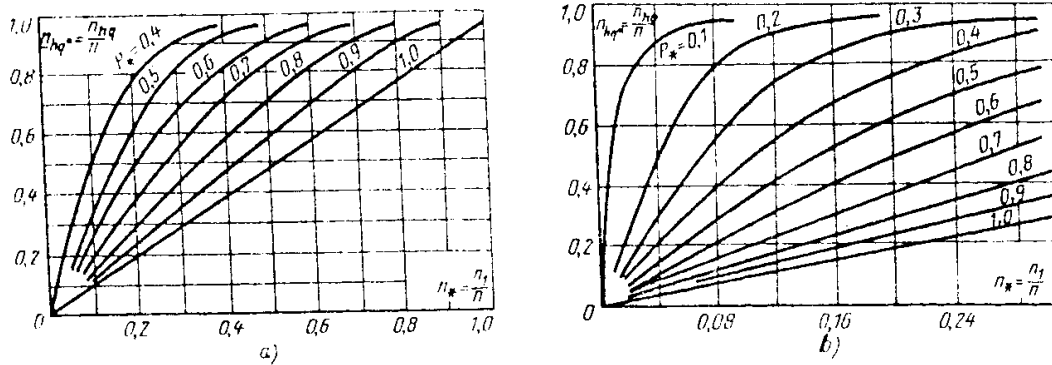
Xác định: $n_* = \frac{n_1}{n}$; và $P_* = \frac{P_1}{P}$;

Trong đó:

- n_1 là số thiết bị có công suất lớn hơn 50% công suất của thiết bị có công suất lớn nhất.
- n là tổng số thiết bị trong nhóm.
- P_1 là tổng công suất của n_1 thiết bị.
- P là tổng công suất của n thiết bị.

Sau khi tính được n_* và p_* thì có thể dùng đường cong (hình 3-8) hoặc (bảng 3-2) để tìm ra n_{hq} và tính được.

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



Hình 3.8. Đường cong $n_{hq*} = f(n_*, p_*)$

Bảng 3-2

$n_* = \frac{n_1}{n}$	$P_* = \frac{\sum P_1}{\sum P}$																		
	0.1	1.15	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1
0.02	0.7	0.51	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.0	0.0
0.03	0.8	0.64	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.0	0.0
0.04	0.8	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0
0.05	0.9	0.79	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0.06	0.0	0.0
0.06	0.9	0.83	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0.07	0.0	0.0
0.08	0.9	0.89	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0.09	0.0	0.0
0.10	0.9	0.92	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0.12	0.1	0.0
0.15		0.95	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0.17	0.1	0.1
0.20			0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0	0	0	0	0	0	0.23	0.2	0.1
0.25				0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0	0	0	0	0	0	0.29	0.2	0.2

0,30					0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7							0,35	0,3	0,2
0,35						0,9	0,9	0,9	0,8	0,8							0,41	0,3	0,3
0,40							0,9	0,9	0,9	0,8							0,47	0,4	0,3
0,45								0,9	0,9	0,9							0,52	0,4	0,4
0,50									0,9	0,9							0,58	0,5	0,4
0,55										0,9							0,63	0,5	0,5
0,60																	0,69	0,6	0,5
0,65																	0,74	0,6	0,6
0,70																	0,80	0,7	0,6
0,75																	0,85	0,7	0,7
0,80																	0,89	0,8	0,7
0,85																	0,93	0,8	0,8
0,90																	0,95	0,9	0,8
1,00																			0,9

Ngoài ra còn có thể tính n_{hq} bằng phương pháp gần đúng như sau:

- Khi $m = \frac{P_{dm \max}}{P_{dm \min}} \leq 3$ và $k_{sd} \leq 0,4$ thì:

$$n_{hq} = n.$$

Trong đó:

$P_{dm \max}$: Công suất định mức của thiết bị có công suất lớn nhất.

$P_{dm \min}$: Công suất định mức của thiết bị có công suất nhỏ nhất.

- Khi $m > 3$ và $k_{sd} \geq 0,2$ thì:

$$n_{hq} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{dmi}}{P_{dm \max}}$$

Trong cách tính này nếu tính ra $n_{hq} > n$ thì:

lấy $n_{hq} = n$

- Khi trong nhóm thiết bị đã cho có n_1 thiết bị dùng điện có tổng công suất định mức $\leq 5\%$ tổng công suất định mức của toàn nhóm thì:

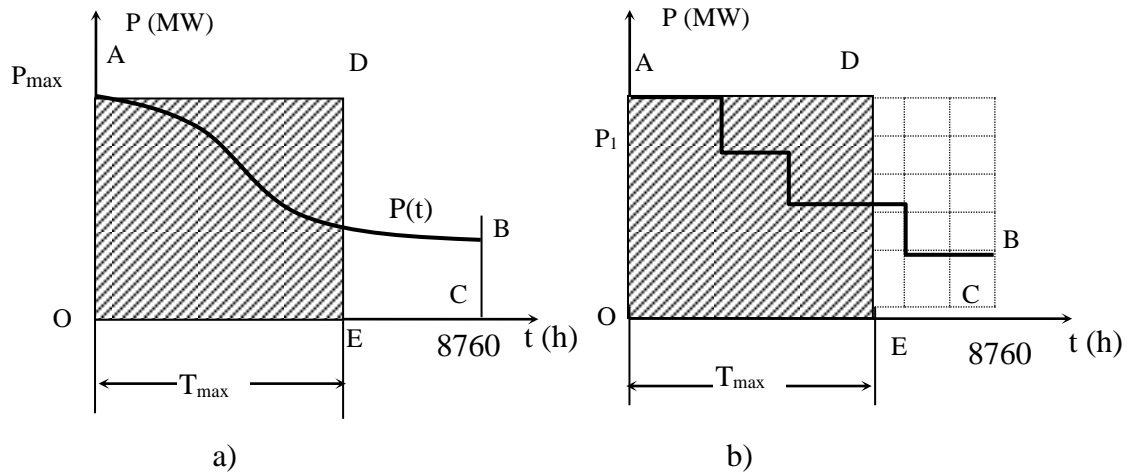
$$n_{hq} = n - n_1$$

3.3.10. Thời gian sử dụng công suất cực đại, T_{\max}

Thời gian sử dụng công suất cực đại T_{\max} là thời gian giả thiết mà hộ phụ tải luôn làm việc với công suất cực đại, nó sẽ tiêu thụ một lượng điện năng đúng bằng lượng điện năng do phụ tải thực tế (biến thiên) tiêu thụ trong một năm.

T_{\max} ứng với mỗi loại xí nghiệp và chế độ làm việc khác nhau có giá trị khác nhau. Trị số này có thể được tra trong các sổ tay.

Thời gian T_{\max} nói trên được định nghĩa với công suất tác dụng, đối với công suất phản kháng cũng định nghĩa tương tự. Thường $T_{\max}(P)$ khác $T_{\max}(Q)$ và $T_{\max}(Q)$ ít dùng nên ở đây không đề cập tới.



Hình 3- 9. Cách xác định T_{\max} từ đồ thị phụ tải năm

Giả sử có đồ thị phụ tải như (hình 3-9a).

AB là đường cong biểu diễn sự biến thiên của phụ tải thực tế. Ta xác định T_{\max} như sau:

Hình chữ nhật ADEO được vẽ sao cho diện tích của nó bằng diện tích hình ABCO. OE chính là T_{\max} .

Điện năng tiêu thụ trong một năm là:

$$A = \int_0^{8760} P(t)dt = P_{\max} \cdot T_{\max} \quad \text{suy ra} \Rightarrow T_{\max} = \frac{A}{P_{\max}}$$

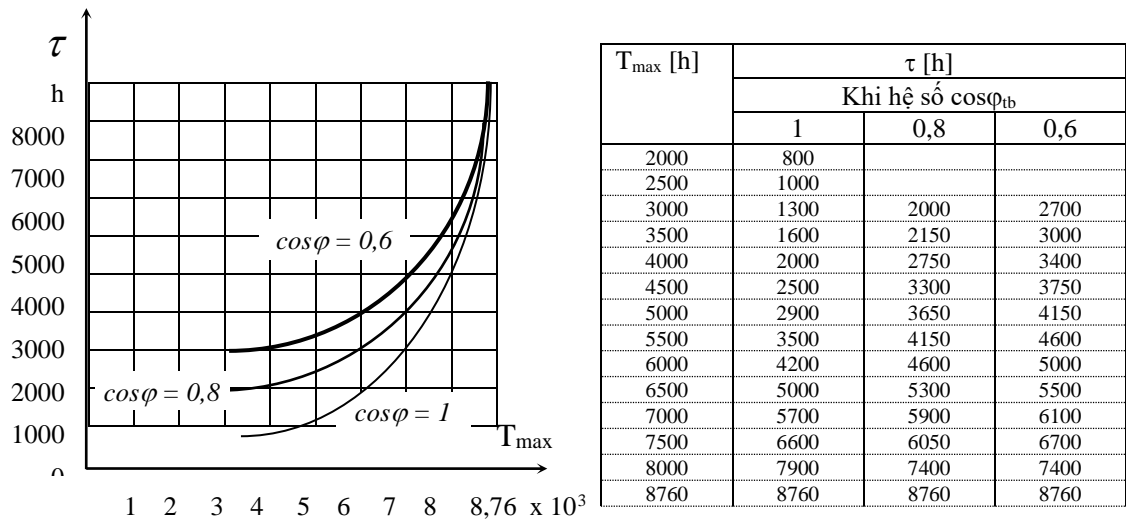
Vì phụ tải thực tế luôn luôn biến đổi theo thời gian theo những quy luật phức tạp không viết dưới dạng hàm giải tích được, cho nên trong thực tế tính toán người ta xác định T_{\max} dựa vào đồ thị phụ tải hàng năm (hình 3-9b).

Trong trường hợp không có số liệu chính xác ta lấy gần đúng như sau:

- Xí nghiệp làm việc 1 ca: $T_{\max} = 2500 - 3000$ giờ
- Xí nghiệp làm việc 2 ca: $T_{\max} = 4500 - 5000$ giờ
- Xí nghiệp làm việc 3 ca: $T_{\max} = 6500 - 7000$ giờ

3.3.11. Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất, τ

Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất τ là thời gian giả thiết mà hộ phụ tải luôn vận hành với mức tổn thất công suất lớn nhất, nó sẽ gây tổn thất lượng điện năng đúng bằng lượng điện năng tổn thất do phụ tải thực tế gây ra trong một năm.



Hình 3-10. Đường cong biểu diễn quan hệ $\tau = f(T_{\max}, \cos \varphi)$

Giả thiết ta biết dòng phụ tải thực tế là $I(t)$ thì tổn thất điện năng ΔA sẽ là:

$$\Delta A = 3R \int_0^{8760} [I(t)]^2 dt = 3I_{\max}^2 \cdot R \cdot \tau \text{ suy ra có } \Rightarrow \tau = \frac{\int_0^{8760} [I(t)]^2 dt}{I_{\max}^2}$$

Trị số τ phụ thuộc vào T_{\max} và $\cos \varphi_{tb}$ của xí nghiệp, có thể xác định τ theo đồ thị như (hình 3-10), hoặc có thể tra theo bảng ở các sổ tay.

Cũng có thể xác định τ theo công thức kinh nghiệm của Kezevits sau đây:

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \text{ h}$$

3.3.12. Hệ số đồng thời, k_{dt}

Hệ số đồng thời là tỷ số giữa phụ tải tính toán với tổng phụ tải cực đại ổn định của các thiết bị.

$$k_{dt} = \frac{P_{tt}}{\sum_{i=1}^n P_{\max i}}$$

Trong đó: k_{dt} là số liệu cơ bản để xác định phụ tải tính toán của các phân xưởng, các xí nghiệp, theo kinh nghiệm vận hành $k_{dt} = (0,85 \div 1)$.

Nói cách khác K_{dt} phản ánh sự xuất hiện đồng thời của các phụ tải cực đại trong quá trình làm việc của một hộ tiêu thụ:

Giả sử một phân xưởng gồm n nhóm thiết bị ta có:

$$\bullet \quad S_{ttPX} = k_{dt.PX} \left(\sum_{i=1}^n (P_{(tt.n \text{ hom})i}) + j \sum_{i=1}^n Q_{(tt.n \text{ hom})i} \right)$$

hay một nghiệp gồm m phân xưởng ta có:

$$\bullet \quad S_{ttXN} = k_{dt.XN} \left(\sum_{j=1}^m (P_{(tt.PX)j}) + j \sum_{j=1}^m Q_{(tt.PX)j} \right)$$

3.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

3.4.1. Xác định phụ tải tính toán theo công suất đặt và hệ số nhu cầu

Biểu thức tính:

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1}^n P_{di} ; Q_{tt} = P_{tt} \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = \frac{P_{tt}}{\cos\varphi}$$

Một cách gần đúng ta có thể coi $P_d = P_{dm}$ do đó:

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1}^n P_{dmi}$$

Trong đó:

- P_d là công suất đặt của các thiết bị (kW).
- P_{dm} là công suất định mức của thiết bị (kW).
- P_{tt} , Q_{tt} , S_{tt} là công suất tác dụng, công suất phản kháng, công suất biểu kiến tính toán của thiết bị (kW), (kVAr), (kVA).

Nếu hệ số công suất của các thiết bị trong nhóm không giống nhau thì cần phải tính toán hệ số công suất trung bình.

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{P_1 \cos\varphi_1 + P_2 \cos\varphi_2 + \dots + P_n \cos\varphi_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}$$

Hệ số nhu cầu của các loại máy khác nhau có giá trị khác nhau và có thể tra trong các tài liệu CCD.

Cách tính toán phụ tải tính toán theo phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, tính toán thuận tiện. Vì vậy được sử dụng rộng rãi tuy nhiên còn có nhiều nhược điểm như: Hệ số nhu cầu tra trong các sổ tay là một trị số nhất định, nhưng ta đã biết:

$$k_{nc} = k_{sd} \cdot k_{max}$$

Trong đó: k_{sd} và k_{max} lại phụ thuộc vào quá trình sản xuất và số thiết bị trong nhóm máy, hai yếu tố này thường xuyên thay đổi. Vì vậy k_{nc} tra trong các sổ tay không phản ánh đầy đủ các yếu tố kể trên, do đó dẫn tới kết quả không chính xác.

Ví dụ: Tính phụ tải tính toán của một phân xưởng hoá chất, các số liệu và kết quả tính toán được ghi trong (bảng 3-3):

Bảng 3-3

Tên thiết bị	Số đ ng óm	Tổng suất mức (W)	k_n	$\frac{\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}$	Phụ tải tính toán		
					P_{tt} (W)	Q_{tt} (VAr)	S_{tt} (VA)
Thiết bị vận chuyển	16	191,4	0,	$\frac{0,75}{0,882}$	15	135	

Máy pha nguyên liệu	2	9	0,	$\frac{0,5}{1,73}$	3,2	5,5	
Động cơ máy phay	23	158,5	0,	$\frac{0,75}{0,882}$	95	83,8	
Quạt gió, bơm nước	8	18	0,	$\frac{0,85}{0,62}$	14,	8,9	
Tổng cộng	48	376,9	0,	$\frac{0,697}{1,037}$	22	232,	324,

3.4.2. Xác định phụ tải tính toán theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất

Biểu thức tính như sau: $P_{tt} = P_0 \cdot F$

Trong đó:

- F là diện tích đặt máy sản xuất (m²).
- P₀ là suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất (kW/m²).

Trị số P₀ có thể tra trong các sổ tay thiết kế, trị số P₀ của từng loại phân xưởng do kinh nghiệm vận hành thống kê lại mà có.

Phương pháp này chỉ cho kết quả gần đúng vì vậy thường được dùng để tính toán sơ bộ khi so sánh các phương án, hay áp dụng cho các phân xưởng có mật độ máy phân bố đều trên mặt bằng như phân xưởng cơ khí, dệt, sợi, nguội, sản xuất ô tô...

Ví dụ: Xác định phụ tải tính toán cho phân xưởng gia công nguội của nhà máy chế tạo máy. Cho biết suất phụ tải tính toán (kW).

$$P_0 = 0,3 \text{ (kW/m}^2\text{)}$$

$$F = 13.000 \text{ (m}^2\text{)}$$

Ta có phụ tải tính toán:

$$P_{tt} = P_0 \cdot F = 0,3 \cdot 13000 = 3900 \text{ (kW)}.$$

3.4.3. Xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm

Biểu thức tính như sau: $P_{tt} = \frac{M \cdot W_0}{T_{\max}}$

- M là số đơn vị sản phẩm sản xuất trong một năm.
- W₀ là suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm (kWh/đơn vị sản phẩm).
- T_{max} là thời gian sử dụng công suất lớn nhất (h).

Phương pháp này thường dùng tính toán cho các thiết bị điện có đồ thị phụ tải ít biến đổi hoặc không biến đổi. Ví dụ như quạt gió, bơm nước, máy nén khí ... Khi đó phụ tải tính toán gần bằng phụ tải trung bình và kết quả tương đối chính xác.

Ví dụ: Tính phụ tải tính toán của một nhóm máy nén khí, biết rằng trong một năm nhóm máy đó sản xuất 312.10^6 (m³) khí nén. Điện năng tiêu thụ cho 10^3 (m³) khí nén là: $W_0 = 100$ (kWh/10³m³). Thời gian sử dụng công suất lớn nhất 7000h.

Giải:

$$P_{tt} = \frac{312.10^6.10^2}{10^3.7.10^3} = 4457 \text{ (kW)}.$$

3.4.4. Xác định phụ tải tính toán theo hệ số cực đại k_{max} và công suất trung bình P_{tb} (còn gọi là phương pháp số thiết bị điện có hiệu quả)

Biểu thức tính:

$$P_{tt} = k_{max}.P_{tb}.$$

Thay: $P_{tb} = k_{sd}.P_{dm}.$

$$P_{tt} = k_{max}.k_{sd}.P_{dm}.$$

Trong đó:

P_{tb} , P_{dm} là công suất trung bình và công suất định mức.

k_{max} , k_{sd} là hệ số cực đại và hệ số sử dụng.

Hệ số sử dụng của từng nhóm máy có thể tra trong các sổ tay hoặc trong các sách hướng dẫn thiết kế cung cấp điện.

Phương pháp này cho kết quả tương đối chính xác, vì nó xét tới ảnh hưởng của số lượng thiết bị trong nhóm, số thiết bị có công suất lớn nhất, cũng như sự khác nhau về chế độ làm việc của chúng (khi tính n_{hq} đã xét tới những yếu tố đó).

Khi tính phụ tải theo phương pháp này ta có thể sử dụng một số biểu thức gần đúng sau đây tùy từng trường hợp cụ thể:

a) Trường hợp $n \leq 3$ và $n_{hq} < 4$. Phụ tải tính toán được xác định theo biểu thức:

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{dm.i}; \quad Q_{tt} = \sum_{i=1}^n Q_{dm.i}$$

Đối với thiết bị làm việc trong chế độ ngắn hạn lặp lại thì:

$$S_{tt} = \frac{S_{dm} \cdot \sqrt{\epsilon_{dm}}}{0,875} = \frac{S'_{dm}}{0,875}.$$

Trong đó:

- S_{dm} là công suất định mức cho trong lý lịch máy.
- S'_{dm} là công suất đã quy đổi về $\epsilon\% = 100\%$.

b) Trường hợp $n > 3$ và $n_{hq} < 4$. Phụ tải tính toán được xác định theo biểu thức:

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^n k_{pt.i}.P_{dm.i}$$

Trong đó: k_{pt} là hệ số phụ tải của từng máy, nếu không có số liệu chính xác thì có thể lấy gần đúng như sau:

- +) $k_{pt} = 0,9$ đối với các thiết bị làm việc ở chế độ dài hạn.
- +) $k_{pt} = 0,7$ đối với các thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại.

c) Đối với các thiết bị có đồ thị phụ tải bằng phẳng (máy bơm, máy nén khí ...) phụ tải tính toán có thể lấy bằng phụ tải trung bình.

$$P_{tt} = P_{tb} = k_{sd} \cdot P_{dm}$$

d) Trên các đường cong và các bảng cho trong các sổ tay và sách hướng dẫn thiết kế k_{max} chỉ tra được với $n_{hq} \leq 300$, nếu $n_{hq} > 300$ và $k_{sd} < 0,5$ thì hệ số k_{max} vẫn được lấy ứng với $n_{hq} = 300$.

Còn khi $n_{hq} > 300$ và $k_{sd} \geq 0,5$ thì lấy $k_{max} = 1,05$

e) Nếu trong mạng có các thiết bị điện một pha thì phải phân phối các thiết bị một pha vào 3 pha của mạng sao cho mức không cân bằng giữa các pha là nhỏ nhất.

Nếu tại một điểm cung cấp (tủ phân phối hay trên đường dây chính...) mà phần công suất không cân bằng nhỏ hơn 15% tổng công suất của các thiết bị 3 pha, thì ta xác định phụ tải tính toán thiết bị một pha đó được coi như thiết bị ba pha có công suất tương đương.

Nếu phần công suất không cân bằng lớn hơn 15% tổng công suất của thiết bị ba pha thì phụ tải tính toán được xác định như sau:

- Trường hợp 1: Các thiết bị một pha nối vào điện áp pha của mạng thì:

$$P_{tt.3f} = 3P_{dm.1f(max)}$$

(Ta tính phụ tải tính toán 3 pha của thiết bị một pha bằng 3 lần phụ tải tính toán của pha có phụ tải lớn nhất).

- Trường hợp 2: Các thiết bị một pha mắc vào điện áp dây của mạng thì ta tính tương tự theo biểu thức:

$$P_{tt.3f} = \sqrt{3} P_{dm.1f(max)}$$

- Trường hợp 3: Trong mạng vừa có thiết bị một pha mắc vào điện áp pha, vừa có thiết bị một pha mắc vào điện áp dây thì phải quy đổi các thiết bị nối vào điện áp dây thành thiết bị nối vào điện áp pha.

Các hệ số quy đổi cho trong bảng 3-4:

Bảng 3-4

Hệ số quy đổi	Hệ số công suất của phụ tải ($\cos\varphi$)							
	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$P_{(ab)a}, P_{(bc)b}$ c)c	1,1	1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5
$P_{(ab)b}, P_{(bc)c}$ c)a	-	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
$Q_{(ab)a}, Q_{(bc)b}$ c)c	0,8	0,5	0,3	0,3	0,2	0,0	-	-
$Q_{(ab)b}, Q_{(bc)c}$ c)a	1,4	1,1	0,9	0,8	0,8	0,6	0,5	0,2

Phụ tải tính toán của một pha bằng tổng phụ tải của thiết bị nối vào điện áp pha và phụ tải nối vào điện áp dây đã quy đổi về điện áp pha. Sau đó ta tính tương tự như trường hợp 1.

Ví dụ: Một mạng có các thiết bị một pha đấu vào điện áp dây U_{ab} , U_{ac} và điện áp pha U_{ao} . Hãy quy đổi phụ tải về pha a.

Giải:

Phụ tải pha a được tính theo biểu thức:

$$P_{fa\ a} = p_{(ab)a} \cdot P_{ab} + p_{(ac)a} P_{ac} + P_{ao}.$$

Trong đó:

- P_{ab} , P_{ac} là tổng công suất của các thiết bị nối vào điện áp dây U_{ab} và U_{ac} .
- P_{ao} là tổng công suất của các thiết bị nối vào điện áp pha U_{ao} .
- $p_{(ab)a}$, $p_{(ac)a}$ là các hệ số quy đổi tra theo bảng trên.

Để minh họa cách tính phụ tải tính toán theo phương pháp số thiết bị điện có hiệu quả ta xét một ví dụ:

Tính phụ tải tính toán của phân xưởng cơ khí có các máy cho trong bảng 3-5

Điện áp mạng $U = 380/220$ (V).

Hệ số sử dụng của các máy trong phân xưởng là giống nhau: $k_{sd} = 0,1$.

Bảng 3-5

Tên máy	Số lượng	P_{dm} (kW)	$\cos\varphi$
Máy tiện T630	4	10	0,7
Máy tiện T620	5	7	0,6
Máy tiện T616	4	4,5	0,65
Máy khoan	5	2,8	0,5
Máy khoan bàn	20	1,0	0,5

Giải:

Bước 1: Tính số thiết bị điện có hiệu quả n_{hq} .

$$n_1 = 4 + 5 = 9$$

$$P_1 = 4 \cdot 10 + 5 \cdot 7 = 75 \quad (\text{kW})$$

$$\text{Vậy: } n^* = \frac{n_1}{n} = \frac{9}{38} = 0,23$$

$$p^* = \frac{P_1}{P} = \frac{75}{127} = 0,59$$

Tra đường cong (hình 3-8) hoặc (bảng 3-2).

$$\text{Ta có: } n_{hq}^* = 0,58$$

$$\text{Vậy: } n_{hq} = n \cdot n_{hq}^* = 38 \cdot 0,58 = 21,2$$

Nếu tính n_{hq} theo biểu thức:
$$n_{hq} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n P_{dm.i} \right]^2}{\sum_{i=1}^n (P_{dm.i})^2}$$

$$n_{hq} = \frac{(4.10 + 5.7 + 4.4,5 + 5.2,8 + 20.1)^2}{4.10^2 + 5.7^2 + 4.4,5^2 + 5.2,8^2 + 20.1^2} = \frac{127^2}{758,2} = 20,6$$

Ta thấy n_{hq} tính theo biểu thức này cho ra kết quả gần giống như phương pháp trên nhưng khối lượng tính toán khá nhiều.

Bước 2: Tính phụ tải tính toán.

$$P_{tt} = k_{max} \cdot k_{sd} \cdot \sum_{i=1}^n P_{dm.i}$$

Từ $n_{hq} = 21, 2$ và $k_{sd} = 0, 1$ tra đường cong (hình 3-7) hoặc (bảng 3-1) ta có:

$$k_{max} = 1,82.$$

$$\text{Suy ra: } P_{tt} = 0,1 \cdot 1,82 \cdot (4.10 + 5.7 + 4.4,5 + 5.38 + 20.1) = 23,1$$

Do $\cos\varphi$ của các máy không giống nhau nên ta phải tính $\cos\varphi_{tb}$.

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{4.10.0,7 + 5.7.0,6 + 4.4,5.0,65 + 5.38.0,5 + 20.1.0,5}{4.10 + 5.7 + 4.4,5 + 5.2,8 + 20.1} = \frac{77,7}{127} = 0,61$$

$$\text{tương ứng: } \varphi_{tb} = 53^{\circ}40' \rightarrow \text{tg}\varphi = 1,299$$

$$\text{Nên có: } Q_{tt} = P_{tt} \cdot \text{tg}\varphi = 23,1 \cdot 1,299 = 30 \quad (\text{kVAr})$$

$$S_{tt} = \frac{P_{tt}}{\cos\varphi_{tb}} = \frac{23,1}{0,61} = 38,1 \quad (\text{kVA})$$

3.5. XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN CHO CÁC PHỤ TẢI ĐẶC BIỆT

3.5.1. Xác định phụ tải đỉnh nhọn

Phụ tải đỉnh nhọn là phụ tải cực đại xuất hiện trong khoảng (1-2) s. Phụ tải đỉnh nhọn thường được tính dưới dạng dòng điện đỉnh nhọn $I_{d.nh}$. Ta tính $I_{d.nh}$ để kiểm tra độ sụt điện áp, chọn các thiết bị bảo vệ...

Ta không chỉ quan tâm tới giá trị của dòng điện đỉnh nhọn $I_{d.nh}$ mà còn phải quan tâm đến số lần xuất hiện của nó trong một giờ. Trong mạng điện, thường dòng điện đỉnh nhọn xuất hiện do động cơ khởi động.

Trong trường hợp chỉ có một máy thì dòng điện đỉnh nhọn chính là dòng điện khởi động.

$$I_{d.nh} = I_{mm} = k_{mm} \cdot I_{dm}$$

Trong đó: k_{mm} là hệ số mở máy của động cơ.

Trường hợp với một nhóm máy thì dòng điện đỉnh nhọn của một nhóm máy được tính theo biểu thức sau:

$$I_{d.nh} = I_{mm \max} + (I_{tt} - k_{sd} \cdot I_{dm \max}) = k_{mm} \cdot I_{dm \max} + (I_{tt} - k_{sd} \cdot I_{dm \max})$$

Trong đó:

- $I_{mm \max}$ là dòng điện mở máy lớn nhất của các động cơ trong nhóm.

- I_{tt} là dòng điện tính toán của nhóm máy.
- $I_{dm,max}$ là dòng điện định mức của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất.
- k_{sd} là hệ số sử dụng của động cơ có dòng mở máy lớn nhất.

Hệ số mở máy có thể lấy gần đúng như sau:

- + Đối với động cơ KĐB rôto lồng sóc: $k_{mm} = (5 \div 7)$.
- + Đối với động cơ KĐB rôto dây quấn: $k_{mm} = (2,5 \div 3)$.
- + Đối với lò điện và máy biến áp hàn: $k_{mm} \geq 3$.

Ví dụ: Tính dòng điện định nhọn của đường dây cung cấp điện cho phân xưởng cơ khí ở ví dụ trên.

Giải:

Kết quả của ví dụ trên cho ta biết:

$$\begin{aligned} P_{tt} &= 23,1 && (\text{kW}) \\ Q_{tt} &= 30 && (\text{kVAr}) \\ S_{tt} &= 38,1 && (\text{kVA}) \\ \cos\varphi_{tb} &= 0,61 \end{aligned}$$

Dòng điện tính toán của phân xưởng:

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{38,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 65,68 \quad (\text{A})$$

Dòng điện định mức của máy tiện T630 có giá trị lớn nhất.

$$I_{dm(max)} = \frac{P_{dm(max)}}{\sqrt{3} \cdot I_{dm} \cdot \cos\varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 21,73 \quad (\text{A})$$

Dòng điện mở máy của máy tiện T630:

$$I_{mm(max)} = k_{mm} \cdot I_{dm(max)} = 5 \cdot 21,73 = 108,65 \quad (\text{A})$$

Ta lấy: $k_{mm} = 5$.

Dòng điện định nhọn chạy trên đường dây cung cấp điện cho phân xưởng là:

$$\begin{aligned} I_{đ.nh} &= I_{mm(max)} + (I_{tt} - k_{sd} \cdot I_{dm(max)}) \\ &= 108,65 + (65,68 - 0,1 \cdot 21,73) = 172,15 \quad (\text{A}) \end{aligned}$$

3.6. LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

Ở mục 3.4 đã trình bày một số phương pháp xác định phụ tải tính toán, mỗi một phương pháp đều có những ưu, nhược điểm riêng và phạm vi ứng dụng của nó. Sau đây là một số hướng dẫn về cách chọn phương pháp tính.

1. Khi phụ tải tính toán cho từng nhóm máy ở mạng điện áp thấp ($U < 1000 \text{ V}$) nên dùng phương pháp tính theo hệ số cực đại k_{max} (tức phương pháp số thiết bị điện có hiệu quả), bởi vì phương pháp này có kết quả tương đối chính xác.

2. Khi phụ tải phân bố tương đối đều trên diện tích sản xuất, hoặc có số liệu chính xác về xuất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm thì có thể dùng phương pháp “xuất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất” hoặc phương pháp “suất tiêu hao đơn vị điện năng cho một đơn vị sản phẩm” để tính phụ tải tính toán. Các phương pháp trên cũng

thường được dùng trong các giai đoạn tính toán sơ bộ để ước lượng phụ tải cho hộ tiêu thụ.

3. Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ thường cần phải đánh giá phụ tải chung của cả hộ tiêu thụ (phân xưởng, xí nghiệp, khu vực, thành phố...), trong trường hợp này nên dùng phương pháp hệ số nhu cầu.

3.7. TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN PHỤ TẢI ĐIỆN Ở CÁC CẤP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

Nguyên tắc tính phụ tải tính toán của phân xưởng và toàn xí nghiệp là phải tính ngược từ phụ tải về nguồn và phải kể tới tổn thất công suất trên các đường dây và máy biến áp.

Giả thiết có một xí nghiệp có sơ đồ cung cấp điện như (hình 3-11). Hãy tính phụ tải tính toán của toàn xí nghiệp.

Trình tự tính toán như sau:

1) *Phụ tải tại điểm 1*: Là điểm cung cấp điện trực tiếp cho các thiết bị điện, cần xác định công suất của các thiết bị đó, các hệ số cần thiết như: k_{sd} , k_{pt} ...

2) *Phụ tải điểm 2*: Dùng các phương pháp tính toán trên để tính phụ tải tính toán cho từng nhóm máy, thường ta dùng phương pháp hệ số k_{max} và P_{tb} .

Ta có:
$$\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2$$

3) *Phụ tải tại điểm 3*: Phụ tải tại điểm 3 bằng phụ tải tại điểm 2 cộng với tổn thất điện năng trên đường dây từ điểm 2 đến điểm 3.

$$\dot{S}_3 = k_{dt} \sum_{i=1}^n (\dot{S}_{2i} + \Delta \dot{S}_{ddi})$$

Trong đó: $\Delta \dot{S}_{dd}$ là tổn thất công suất trên đường dây.

4) *Phụ tải tại điểm 4*: Phụ tải tại điểm này thường là phụ tải tính toán của phân xưởng:

$$\dot{S}_4 = (k_{dtPX} \sum_{i=1}^n P_{3i} + P_{cs}) + j(k_{dtPX} \sum_{i=1}^n Q_{3i})$$

Trong đó:

- k_{dt} : Hệ số đồng thời, thường lấy (0,85÷1).
- P_{cs} : Công suất chiếu sáng trong phân xưởng.

5) *Phụ tải tại điểm 5*:

$$\dot{S}_5 = \dot{S}_4 + \Delta \dot{S}_{BA2}$$

Trong đó: $\Delta \dot{S}_{BA2}$ là tổn thất công suất trong máy biến áp.

6) *Phụ tải tại điểm 6*:

$$\dot{S}_6 = k_{dt} \sum_{i=1}^n (\dot{S}_{5i} + \Delta \dot{S}_{ddi})$$

Trong đó: $\Delta \dot{S}_{ddi}$ là tổn thất công suất trên mạng điện cao áp.

7) Phụ tải tại điểm 7:

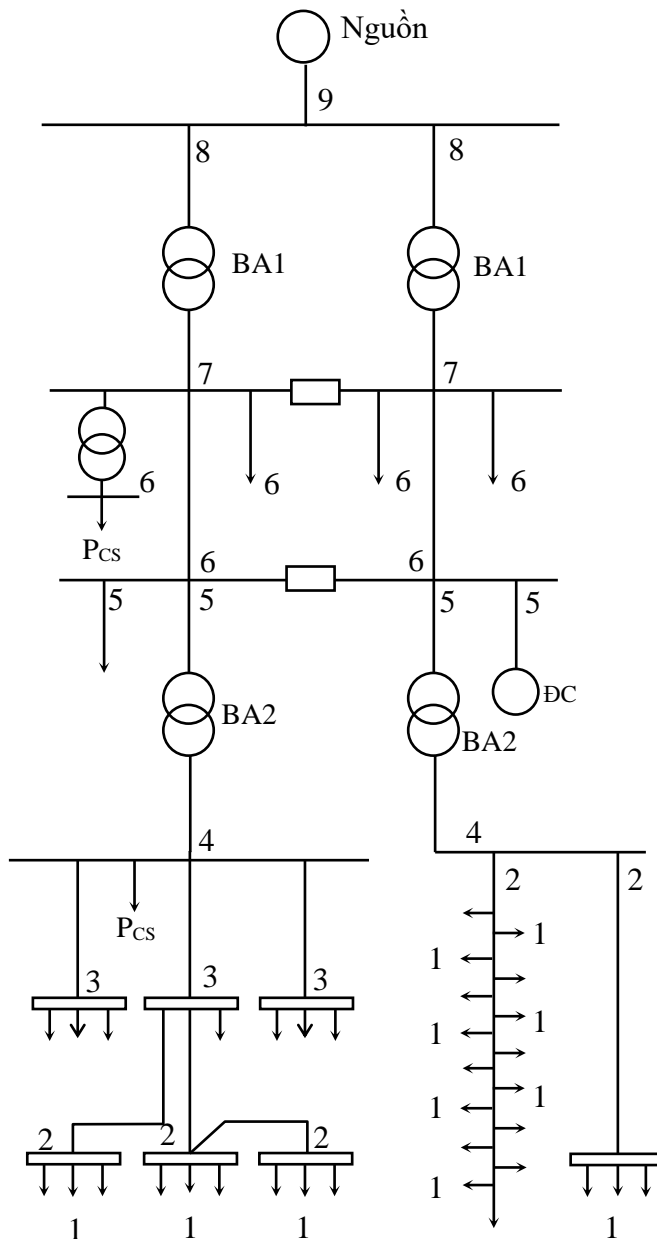
$$\dot{S}_7 = k_{dt} \left(\sum_{i=1}^n P_{6i} + j \sum_{i=1}^n Q_{6i} \right)$$

Trong trường hợp các trạm biến áp phân xưởng không cung cấp điện để chiếu sáng cho đường đi, bãi trống, hàng rào bảo vệ, các khu vực hành chính và khu vực sinh hoạt ... ở lân cận thì biểu thức này sẽ là:

$$\dot{S}_7 = (k_{dtXN} \sum_{i=1}^m P_{6i} + P_{csXN}) + j(k_{dtXN} \sum_{i=1}^m Q_{6i})$$

Trong đó:

- k_{dtXN} là hệ số đồng thời của xí nghiệp $k_{dtXN} = (0,85 \div 1)$.
- P_{csXN} là công suất chiếu sáng ngoài phân xưởng của xí nghiệp bằng MBA riêng.



Hình 3-11. Sơ đồ cung cấp điện

8) Phụ tải tại điểm 8:

$$\dot{S}_8 = \dot{S}_7 + \Delta \dot{S}_{BA1}$$

Trong đó: $\Delta \dot{S}_{BA1}$ là tổn thất công suất trong máy biến áp.

9) *Phụ tải tại điểm 9*: Là phụ tải tính toán của xí nghiệp.

$$\dot{S}_9 = \dot{S}_{xn} = k_{dt} \left(\sum_{i=1}^n P_{8i} + j \sum_{i=1}^n Q_{8i} \right)$$

Khi tính phụ tải toàn xí nghiệp cần chú ý:

- Quá trình sản xuất càng được hiện đại hoá thì phụ tải của xí nghiệp càng tăng vì phải đặt thêm các thiết bị mới.

- Khi tính toán cần dự kiến mức phát triển của xí nghiệp trong (5÷10) năm sau: Thông thường phụ tải tính toán của xí nghiệp \dot{S}_{xn} được tính:

$$\dot{S}_{xn} = k_{pt} \cdot \dot{S}_9$$

Trong đó: K_{pt} là hệ số phát triển thường lấy (1,05÷1,15).

- Tùy theo giai đoạn thiết kế, tùy theo điểm tính phụ tải mà chọn phương pháp xác định phụ tải tính toán cho phù hợp.

- Sau khi xác định phụ tải tính toán cho 1 xí nghiệp ta có thể dùng các chỉ tiêu ghi trong các sổ tay hoặc sách hướng dẫn thiết kế để kiểm tra việc tính toán có đúng không. Nếu các số liệu tính ra xấp xỉ các số liệu quy định là đạt.

3.8. XÁC ĐỊNH TÂM PHỤ TẢI ĐIỆN

3.8.1. Ý nghĩa tâm phụ tải

Tâm phụ tải là một điểm nằm trên mặt phẳng phụ tải mà nếu ta đặt trạm biến áp hay tủ phân phối ngay tại tâm phụ tải thì các dạng tổn thất về điện hay chi phí về kim loại màu là ít nhất.

Trọng tâm phụ tải của nhà máy là một số liệu quan trọng giúp người thiết kế tìm được vị trí đặt trạm biến áp, trạm phân phối nhằm giảm tối đa tổn hao năng lượng. Ngoài ra trọng tâm phụ tải còn có thể giúp nhà máy trong việc quy hoạch và phát triển sản xuất trong tương lai nhằm có các sơ đồ cung cấp điện hợp lý, tránh lãng phí và đạt được các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật.

3.8.2. Xác định tâm phụ tải

Vị trí tâm phụ tải thường đặt gần ở những phụ tải hoặc các thiết bị có công suất lớn. Tâm phụ tải được xác định thông qua cách vẽ biểu đồ phụ tải:

Biểu đồ phụ tải của một hộ tiêu thụ là một vòng tròn: Tâm của vòng tròn tại trung tâm phụ tải của hộ tiêu thụ, diện tích vòng tròn biểu thị độ lớn của Phụ tải tính toán (PTTT) của hộ tiêu thụ thông qua tỷ lệ xích, nếu PTTT gồm 2 phần động lực và chiếu sáng thì vòng tròn cũng chia làm 2 phần theo tỷ lệ tương ứng.

Biểu đồ phụ tải của 1 nhóm máy thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: áp đặt một hệ tọa độ XOY lên mặt bằng xí nghiệp. Gọi tọa độ trung tâm phụ tải của một nhóm máy nào đó là X và Y thì chúng được xác định như sau:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Trong đó:

- X_i, Y_i là tọa độ của phụ tải thứ i trong nhóm máy (mm).
- P_i là phụ tải tính toán của phụ tải thứ i trong nhóm máy (kW).

Bước 2: Vẽ vòng tròn phụ tải có tâm tại tọa độ (X, Y) của nhóm máy vừa xác định được; Bán kính vòng tròn được xác định theo biểu thức sau:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m \cdot \pi}}$$

Trong đó:

- R_i là bán kính vòng tròn [mm].
- P_i là phụ tải tính toán của nhóm máy (kW).
- m là tỷ lệ xích [kW/mm²].

Góc của phụ tải chiếu sáng nằm trong biểu đồ được xác định theo công thức sau:

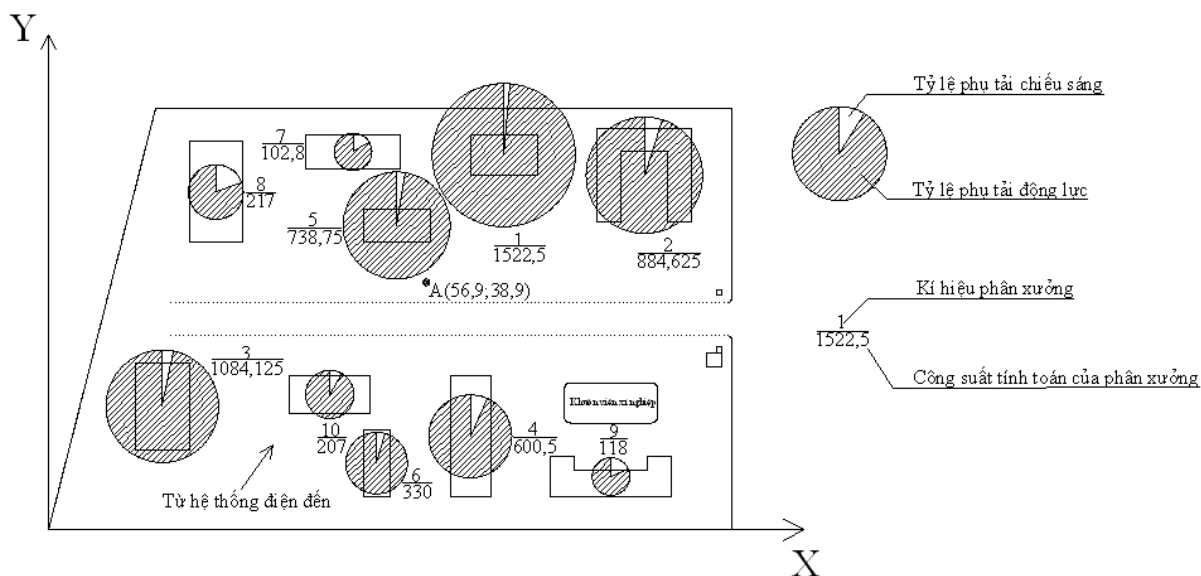
$$\alpha_{csi} = \frac{360 \cdot P_{csi}}{P_{tti}}$$

Trong vòng tròn ta chia thành 2 phần để quạt: Phần lớn có gạch chéo biểu thị phụ tải tính toán động lực, phần nhỏ là phụ tải tính toán chiếu sáng.

Trong trường hợp cần thiết nếu phụ tải bố trí không cùng trên mặt phẳng ngang người ta còn xác định trung tâm phụ tải theo tọa độ z .

Hệ trục tọa độ có thể được lấy bất kỳ mà kết quả xác định trung tâm phụ tải không thay đổi.

Để vẽ biểu đồ cho các phân xưởng và toàn bộ xí nghiệp ta có thể áp dụng nguyên tắc trên một cách tương tự (hình 3-12).



Hình 3.12. Biểu đồ phụ tải của một nhà máy cơ khí

Trong thực tế thì vị trí đặt các thiết bị phân phối hay trạm biến áp không thể đặt đúng tại trung tâm phụ tải tương ứng của nó được vì có nhiều lý do khác cản trở như điều kiện địa hình xí nghiệp, mặt bằng phân xưởng, đặc điểm sản xuất của từng phân xưởng... Vì thế mà các vị trí đó phải dịch chuyển khỏi trung tâm phụ tải nhưng cố gắng sao cho không dịch chuyển quá xa thì càng tốt.

3.9. DỰ BÁO PHỤ TẢI ĐIỆN

Thực tế cho thấy: phụ tải điện của xí nghiệp tăng lên không ngừng thường do các nguyên nhân như: Tăng dung lượng do phát triển, hợp lý hóa việc tiêu thụ điện năng, hoặc cần hoàn thiện và xây lắp thêm các thiết bị công nghệ... do vậy cần tính toán đến sự phát triển của phụ tải về sau này.

Thật ra việc nghiên cứu phát triển phụ tải điện trong tương lai là một nhiệm vụ rất quan trọng của người lập quy hoạch và thiết kế cung cấp điện.

Đây là khoa học nghiên cứu về dự báo phụ tải điện. Nếu chúng ta dự báo không chính xác, sai lệch quá nhiều về khả năng cung cấp hoặc về nhu cầu năng lượng thì sẽ dẫn đến hậu quả không tốt cho nền kinh tế. Ví dụ: nếu dự báo phụ tải quá thừa thì sẽ dẫn đến hậu quả là huy động nguồn vốn phải lớn, tăng vốn đầu tư, có thể gây nên tổn thất năng lượng tăng lên; ngược lại nếu dự báo phụ tải quá thấp so với nhu cầu thì sẽ không đủ năng lượng cung cấp cho các hộ tiêu thụ trong tương lai gần và do đó dẫn đến phải cắt bỏ một số phụ tải, gây thiệt hại cho nền kinh tế.

Thông thường có 3 loại dự báo chủ yếu:

- Dự báo tầm ngắn: khoảng 1 đến 2 năm
- Dự báo tầm vừa: khoảng 3 đến 10 năm
- Dự báo tầm xa hay dài hạn: khoảng 15 đến 20 năm và dài hơn.

Tầm dự báo càng ngắn thì độ chính xác đòi hỏi càng cao.

Các dự báo tầm ngắn sai số cho phép khoảng 5 – 10%, tầm vừa và dài sai số cho phép khoảng 10 đến 20%. Đối với một số dự báo tầm xa có tính chất chiến lược thì chỉ

nêu lên những phương hướng phát triển chủ yếu mà không yêu cầu xác định các chỉ tiêu cụ thể.

Ngoài các loại dự báo ngắn hạn và dài hạn như trên, ta còn gặp dự báo điều độ, tầm dự báo khoảng vài giờ, vài ngày, vài tuần lễ phục vụ cho công tác vận hành của các xí nghiệp, các hệ thống điện, sai số cho phép khoảng 3 đến 5%.

Ngày nay có nhiều phương pháp dự báo nhu cầu điện năng như sau:

3.9.1. Phương pháp tính hệ số vượt trước

Phương pháp này giúp ta thấy được khuynh hướng phát triển của nhu cầu và sơ bộ cân đối nhu cầu này với nhịp độ phát triển của nền kinh tế quốc dân. Ví dụ: Trong 5 năm từ 1950 đến 1955 sản lượng công nghiệp của Liên Xô tăng từ 100% lên 185% còn sản lượng điện năng cũng trong thời gian ấy tăng 186,5%.

$$\text{Do đó hệ số vượt trước là: } k = \frac{186,5}{185} = 1,01$$

Như vậy, phương pháp này chỉ nói lên một xu hướng phát triển với một mức độ chính xác nào đó và trong tương lai, xu hướng này còn chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như tiến bộ kỹ thuật, điện năng được sử dụng ngày càng nhiều hoặc cơ cấu kinh tế không ngừng thay đổi... do đó hệ số vượt trước có thể khác 1 và tăng hay giảm nhiều.

3.9.2. Phương pháp tính trực tiếp

Nội dung của phương pháp này là xác định nhu cầu điện năng của năm dự báo, dựa trên tổng sản lượng kinh tế của các ngành của năm đó và xuất tiêu hao điện năng của từng loại sản phẩm. Phương pháp này cho ta kết quả chính xác với điều kiện nền kinh tế phát triển có kế hoạch và ổn định. Phương pháp này thường dùng cho các dự báo ngắn hạn.

3.9.3. Phương pháp ngoại suy theo thời gian

Nội dung của phương pháp là: nghiên cứu sự diễn biến của nhu cầu điện năng trong thời gian quá khứ tương đối ổn định để tìm ra quy luật nào đó, rồi dùng nó để dự toán tương lai.

Ví dụ 1: Khi nghiên cứu các xí nghiệp thuộc các ngành công nghiệp khác nhau, dùng lý thuyết về xác suất và thống kê cho thấy rằng: hầu hết các trường hợp, sự phát triển phụ tải cực đại có thể mô tả chính xác theo luật tuyến tính sau:

$$S_{(t)} = S_{t_0} (1 + \alpha_1 t)$$

Ở đây S_{t_0} - Công suất tính toán của xí nghiệp ở thời điểm gốc ban đầu

$S_{(t)}$ - Công suất tính toán sau t năm.

α_1 - Hệ số phát triển hàng năm của phụ tải cực đại (tính toán)

Hệ số phát triển α_1 đối với các nước thường dao động trong khoảng từ 0.03 đến 0.1

Ví dụ 2: Nhu cầu điện năng diễn biến theo quy luật hàm số mũ sau:

$$A_{(t)} = A_0 (1 + \alpha_2)^t$$

Trong đó: $A_{(t)}$ là điện năng dự báo ở năm thứ t

A_0 là điện năng ở năm chọn làm gốc

α_2 là tốc độ phát triển bình quân hàng năm

t: là thời gian dự báo

Ưu điểm của phương pháp này là khá chính xác nếu tương lai không bị nhiễu.

3.9.4. Phương pháp tương quan

Nội dung của phương pháp là nghiên cứu mối tương quan giữa điện năng tiêu thụ với các chỉ tiêu kinh tế khác như tổng giá trị sản lượng công nghiệp (đồng/năm) tổng giá trị sản lượng kinh tế quốc dân (đồng/năm)... Dựa trên các mối tương quan đã được xác định và dự báo về phát triển kinh tế mà chúng ta xác định được dự báo về nhu cầu điện năng. Nhược điểm của phương pháp này là muốn lập dự báo nhu cầu điện thì yêu cầu phải lập các dự báo về sự phát triển của các thành phần trong nền kinh tế quốc dân.

3.9.5. Phương pháp đối chiếu

Nội dung là so sánh đối chiếu nhu cầu phát triển điện năng của các nước có hoàn cảnh tương tự. Phương pháp này tính toán đơn giản cho kết quả tương đối chính xác nên được dùng trong các dự báo tầm ngắn và trung bình.

3.9.6. Phương pháp chuyên gia

Nội dung chính là dựa trên hiểu biết sâu sắc của các chuyên gia giỏi. Các chuyên gia sẽ đưa ra các dự báo của mình: Phương pháp này hiện nay được áp dụng rộng rãi để xây dựng các dự báo tầm trung bình và tầm xa.

CHƯƠNG IV

SƠ ĐỒ VÀ KẾT CẤU MẠNG HẠ ÁP

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần nắm được:

- Các hệ thống điện hạ áp
- Chọn cấp điện áp tải điện cho mạng điện
- Các sơ đồ nối dây mạng điện hạ áp XNCN
- Kết cấu của đường dây trên không, đường dây cáp và của mạng điện phân xưởng trong XNCN

4.1. KHÁI NIỆM CHUNG

* Những vấn đề chung về lưới điện ở hộ tiêu thụ:

Trang bị điện ở hộ tiêu thụ gồm có:

- Thiết bị tiêu thụ điện
- Lưới điện

Lưới điện có 2 loại:

- Lưới cung cấp là lưới điện từ nguồn đưa đến điểm phân phối
- Lưới điện phân phối là lưới điện nối từ điểm phân phối cuối cùng đến hộ tiêu thụ điện.

4.2. CÁC HỆ THỐNG ĐIỆN HẠ ÁP

* Mạng điện hạ áp ở đây là mạng động lực hoặc mạng chiếu sáng trong phân xưởng với cấp điện áp thường là 380/220 V hoặc 220/127 V.

Những điểm phân phối ở điện áp dưới 1000V là những bảng phân phối (hoặc là tủ phân phối)

4.3. SƠ ĐỒ NỐI DÂY MẠNG ĐIỆN HẠ ÁP

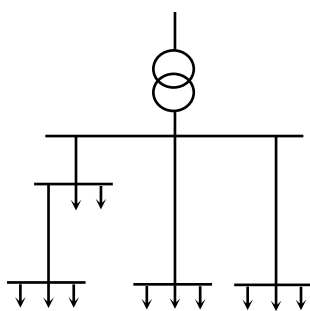
4.3.1. Sơ đồ mạng điện động lực

Sơ đồ nối dây của mạng điện động lực có hai dạng cơ bản. Đó là sơ đồ mạng hình tia và sơ đồ mạng phân nhánh.

- Sơ đồ hình tia (hình 4-9a) dùng để cung cấp điện cho các phụ tải phân tán. Từ thanh cái của trạm biến áp phân xưởng có các đường dây dẫn đến các tủ phân phối động lực. Từ tủ phân phối động lực có các đường dây dẫn đến phụ tải.

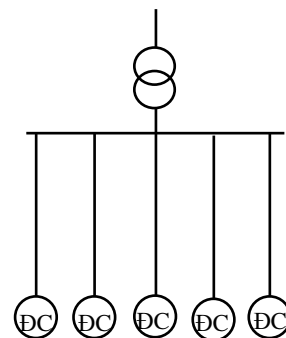
Loại sơ đồ này có độ tin cậy tương đối cao, thường được dùng trong phân xưởng có thiết bị phân tán trên diện tích rộng như phân xưởng gia công cơ khí, lắp ráp, dệt, sợi...

- Sơ đồ hình tia (hình 4-9b) cung cấp cho các phụ tải tập trung có công suất tương đối lớn như các trạm bơm, lò nung, trạm khí nén... các đường dây đi thẳng từ thanh cái các trạm biến áp cung cấp cho các phụ tải.



(a)

Hình 4- 9a. Sơ đồ mạng điện áp thấp kiểu hình tia cung cấp điện cho các phụ tải phân tán



(b)

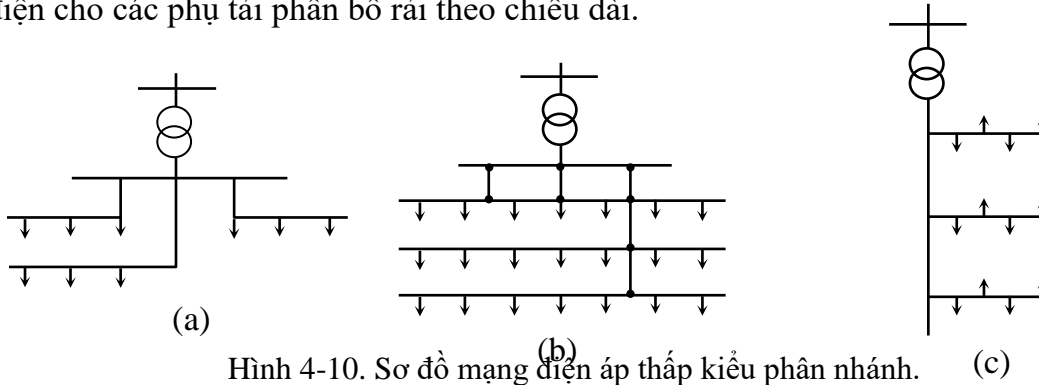
Hình 4- 9b. Sơ đồ mạng điện áp thấp kiểu hình tia cung cấp điện cho các phụ tải tập trung

- Sơ đồ phân nhánh (hình 4-10a) thường được dùng trong các phân xưởng có phụ tải không quan trọng.

- Sơ đồ phân nhánh (hình 4-10b) là sơ đồ phân nhánh nhưng có nét đặc biệt: Từ thanh cái của máy biến áp phân xưởng có những đường dây cung cấp cho các thanh cái đặt dọc trong phân xưởng. Từ các thanh cái đó có các đường dây dẫn đến các tủ phân phối động lực hoặc đến các phụ tải tập chung khác.

Sơ đồ này thường được dùng trong các phân xưởng có phụ tải tương đối lớn và phân bố đều trên diện tích rộng. Nhờ có các thanh cái chạy dọc theo phân xưởng, mạng có thể tải được công suất lớn đồng thời giảm được các tổn thất điện áp, công suất.

- Sơ đồ máy biến áp - đường trục (hình 4-10c). Loại sơ đồ này thường dùng để cung cấp điện cho các phụ tải phân bố rải theo chiều dài.



Hình 4-10. Sơ đồ mạng điện áp thấp kiểu phân nhánh. (a) Sơ đồ phân nhánh. (b) Sơ đồ máy biến áp - thanh cái. (c) Sơ đồ máy biến áp và đường trục.

4.3.2. Sơ đồ mạng điện chiếu sáng

Mạng điện chiếu sáng trong xí nghiệp có thể chia làm hai loại: Mạng chiếu sáng làm việc và mạng chiếu sáng sự cố.

- Mạng chiếu sáng làm việc là mạng cung cấp ánh sáng lúc làm việc bình thường gồm chiếu sáng chung và chiếu sáng cục bộ.

- Mạng chiếu sáng sự cố là mạng cung cấp ánh sáng lúc xảy ra sự cố, khi mạng chiếu sáng bị sự cố.

Hệ thống chiếu sáng sự cố phải đảm bảo đủ ánh sáng cho công nhân sơ tán ra khỏi nơi nguy hiểm hoặc tiến hành thao tác xử lý sự cố. Nguồn cung cấp cho mạng chiếu sáng sự cố phải lấy từ nguồn dự phòng, là nguồn lấy từ trạm biến áp khác đưa tới hoặc trong trường hợp đặc biệt cần thiết thì phải lấy từ tổ ắc quy đặt sẵn.

Hệ thống chiếu sáng làm việc bình thường được chia thành hệ thống chiếu sáng chung và hệ thống chiếu sáng cục bộ.

- Hệ thống chiếu sáng chung là hệ thống chiếu sáng đảm bảo cho phân xưởng có độ rọi như nhau. Chiếu sáng chung dùng để phục vụ việc đi lại, vận chuyển trong phân xưởng. Nó cũng được dùng ở các phân xưởng mà máy móc phân bố đều và khắp mặt bằng sản xuất đòi hỏi phải có độ rọi như nhau, như phân xưởng sợi, dệt ...

Hệ thống chiếu sáng cục bộ là hệ thống chiếu sáng riêng cho những nơi cần có độ rọi cao, chẳng hạn như chiếu sáng các chi tiết gia công trên máy công cụ, chiếu sáng nơi lắp ráp ...

Điện áp của mạng chiếu sáng chung thường dùng 220 V. Như vậy mạng chiếu sáng và mạng động lực của phân xưởng có thể dùng chung một cấp điện áp 380/220 V, mà không cần đặt thêm máy biến áp riêng cho mạng chiếu sáng.

Máy biến áp dùng riêng cho chiếu sáng khi:

- Mạng động lực có động cơ cỡ lớn khởi động thường xuyên, gây sụt áp làm ảnh hưởng tới chế độ làm việc bình thường của các thiết bị chiếu sáng.

- Phụ tải chiếu sáng tương đối lớn, yêu cầu độ rọi cao như phân xưởng dệt ...

4.4. KẾT CẤU MẠNG ĐIỆN

4.4.1 Kết cấu của đường dây trên không (ĐDK)

Đường dây trên không dùng để truyền tải hay phân phối điện năng theo các dây dẫn đặt trong không gian được cố định bằng các sứ, xà, cột và các linh kiện khác.

Đường dây trên không mặc dù có ưu điểm hơn so với đường cáp ở chỗ: Vốn đầu tư ít hơn, dễ thi công, dễ phát hiện và sửa chữa chỗ hư hỏng ... Nhưng nó chiếm dụng một không gian hành lang tuyến rất lớn nên ít được ứng dụng cho mạng điện nội bộ trong xí nghiệp. Trong mạng điện xí nghiệp thông thường ĐDK chỉ tham gia dẫn điện từ nguồn đến TBA hay TPP xí nghiệp. Một số xí nghiệp lớn người ta thiết kế ĐDK làm mạch vòng chạy theo chu vi của mặt bằng xí nghiệp.

Có nhiều cách phân loại đường dây trên không:

- Theo điện áp và “quy phạm xây lắp trang thiết bị điện” các đường dây trên không được chia thành hai nhóm: Đường dây hạ áp, điện áp đến 1000V và đường dây cao áp, điện áp trên 1000V. Mỗi nhóm đường dây có yêu cầu kỹ thuật xây lắp riêng.

- Theo chế độ làm việc, các đường dây trên không có thể có dây trung tính nối đất, không nối đất hoặc nối đất qua một thiết bị có điện trở lớn.

Ở đường dây có trung tính không nối đất, mức cách điện của đường dây không được xác định theo trị số điện áp dây. Vì khi một pha chạm đất, điện áp đặt lên cách điện của đường dây sẽ bằng điện áp dây. Ở đường dây có trung tính nối đất, khi một pha chạm đất sẽ là ngắn mạch một pha. Nhược điểm của loại đường dây này là dòng ngắn mạch qua đất lớn và đường dây sẽ ngừng hoạt động khi một pha chạm đất. Ở Liên Xô và một số nước xã hội chủ nghĩa đường dây có trung tính nối đất được sử dụng trong các hệ thống có điện áp đến 1000 V và từ 110 kV trở lên.

Theo điện áp và phạm vi sử dụng, đường dây trên không được chia làm 3 cấp:

+) Cấp I đường dây có $U_{dm} = (35 \div 220)$ kV.

+) Cấp II đường dây có $U_{dm} = (1 \div 20)$ kV.

+) Cấp III đường dây có $U_{dm} \leq 1$ kV.

Cấu tạo và các thành phần cơ bản của đường dây trên không. Đường dây trên không bao gồm các kết cấu cột (cột và móng), xà (hay giá treo), dây dẫn, sứ cách điện và các phụ kiện đường dây khác. Ngoài ra trong thành phần đường dây trên không còn có các kết cấu hỗ trợ khác để bảo đảm cung cấp điện không bị gián đoạn và đường dây làm việc được bình thường. Ví dụ như dây chống sét, bộ thu sét, thiết bị nối đất, bộ khử rung ...

1. Cột điện

Cột điện làm nhiệm vụ cơ bản là giữ dây dẫn ở độ cao nhất định so với mặt đất để bảo đảm an toàn cho người, cho đường dây và nơi làm việc. Tùy theo mục đích sử dụng cột điện gồm: Cột trung gian, cột góc, cột vượt, cột néo, cột đỡ ...

Vật liệu để làm cột gồm có gỗ, tre, thép, bê tông cốt thép.

a) Cột gỗ.

Cột gỗ có ưu điểm là cách điện tốt, rẻ, nhẹ ...nhưng có nhược điểm nhanh mục, độ bền kém. Gỗ làm cột điện phải được xử lý hoá học tốt như ngâm tẩm chất chống mục...Cột gỗ nếu được xử lý tốt có thể dùng làm cột cho cấp điện áp tới 35 kV.

b) Cột thép.

Cột thép có độ bền cơ học cao, khả năng chịu tốt, chiều cao lớn, dễ lắp đặt vì có thể mang rời từng bộ phận nhỏ tới công trường để lắp đặt.

Thường dùng ở những mạng có điện áp cao, khoảng vượt lớn như đường dây 110 kV trở lên, khoảng vượt sông, cột góc, cột néo...Cột thép có nhược điểm là đắt tiền chi phí về công tác bảo quản lớn, phải kiểm tra định kỳ chống rỉ.

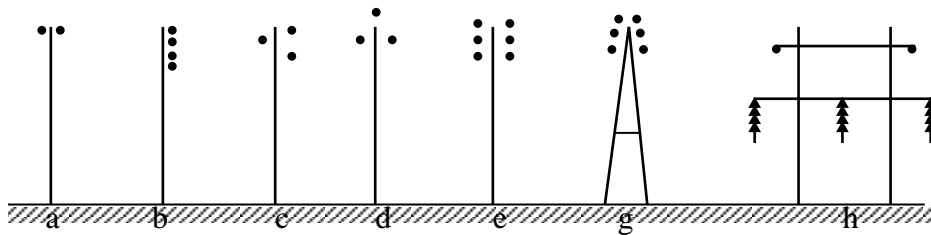
c) Cột bê tông cốt thép.

Cột bê tông cốt thép chịu lực tốt, độ bền cơ học và tuổi thọ cao... nhưng có nhược điểm là nặng khó vận chuyển đi xa.

Do tình hình khí hậu của nước ta và tình hình nguyên liệu như xi măng, sỏi, cát trong nước tương đối nhiều, cho nên lúc thiết kế có thể quyết định ngay là chọn cột bê tông cốt thép không cần so sánh với phương án dùng các loại cột khác. Cho đến nay, ở nước ta chế tạo một số loại cột tiêu chuẩn sau: 6; 6,5; 7; 7,5; 8 ; 8,5; 9; 10; 12; 14; 16; 18; 20 (m) và có một số loại cột như sau:

- Cột bê tông kiểu H, dễ thi công nhưng chịu lực yếu.
- Cột bê tông kiểu K, chịu lực tốt hơn cột H.
- Cột bê tông ly tâm, hiện nay được dùng khá phổ biến, cột chịu lực mọi hướng như nhau, rất thuận lợi cho công tác thiết kế và thi công. Ở nước ta đã sản xuất khá nhiều loại cột này với đoạn 4; 6; 8; 10; 12 m. Khi chiều cao cột từ 14 m trở lên được nối từ 2 đoạn lại bằng mối ghép mặt bích.

Vị trí các dây dẫn bố trí trên cột được mô tả trên (hình 4- 11).



Hình 4- 11. Vị trí các dây dẫn trên cột điện

- Đường dây có điện áp thấp $U < 1$ kV dùng kiểu a.
- Đường dây có điện áp $U = 1 \div 20$ kV thường dùng kiểu b, c.
- Đường dây có điện áp $U > 20$ kV thường dùng kiểu d, e, g.
- Đường dây có điện áp $U \geq 110$ kV thường dùng kiểu h.

2. Xà ngang

Xà ngang dùng để đỡ sứ cách điện và tạo khoảng cách giữa các dây dẫn, vật liệu làm xà giống như vật liệu làm cột.

a) Xà sắt.

Rất tiện lợi, nhẹ, dễ chế tạo, thi công nhanh, độ bền cơ học cao. Thông thường hay dùng sắt chữ L hay U để làm xà. Loại xà sắt không mạ kẽm hàng năm phải sơn chống rỉ, han rỉ là khuyết điểm cơ bản của xà sắt.

b) Xà gỗ.

Xà gỗ phải làm bằng gỗ tứ thiết, ít xảy ra hiện tượng gãy gục do chịu lực. Một số đường dây, việc tiếp địa chưa đảm bảo, dẫn đến khi sét đánh xà bị chẻ và gây ra sự cố. Thực tế xà gỗ cách điện rất tốt, tránh được hiện tượng rò điện và có khả năng tăng cường khả năng chống sét. Nếu gỗ được xử lý bằng các phương pháp tiên tiến và nghiên cứu dùng rộng rãi cả loại gỗ thường, thì có ý nghĩa kinh tế rất lớn.

c) Xà bê tông cốt thép.

Xà bê tông cốt thép được coi là ưu điểm hơn cả vì xà bê tông chịu lực rất khoẻ, bền, quản lý vận hành dễ dàng. Nhưng có khuyết điểm là nặng, chế tạo và thi công khó vì kích thước họng xà phải được tiêu chuẩn hoá cùng cột. Ngày nay cột bê tông ly tâm ngày càng được dùng rộng rãi, nên việc nghiên cứu để thiết kế xà bê tông thích hợp cần được quan tâm tới để phát huy được các tính ưu việt của nó.

3. Sứ cách điện

Sứ cách điện là bộ phận quan trọng để cách điện giữa dây dẫn và bộ phận không dẫn điện: Xà ngang và cột.

Sứ phải có tính năng cách điện cao, chịu được điện áp của đường dây lúc làm việc bình thường cũng như khi có quá điện áp. Sứ phải đủ độ bền cơ học.

Sứ phải chịu được sự biến đổi của môi trường như: Mưa, nắng, nhiệt độ thay đổi mà không bị nứt nẻ.

Sứ có hai loại chính.

- Sứ đứng: Thường có $U_{dm} \leq 35$ kV.

- Sứ bát: Treo thành chuỗi, dùng cho đường dây có $U \geq 35$ kV

- Ngoài ra còn có sứ thanh dùng cho các đường dây cao áp

a) Sứ đứng.

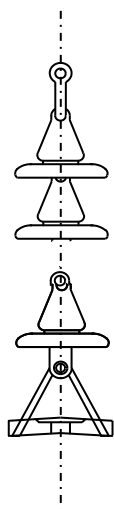
Sứ đứng (hình 4-12) được chế tạo dễ dàng và được dùng ở các đường dây có điện áp 35 kV trở xuống.

Kinh nghiệm vận hành sứ ở nước ta cho thấy rằng, việc mua sứ của nước ngoài chưa nhiệt đới hoá cần phải được chú ý. Vì sứ đó làm việc trong điều kiện khí hậu nóng ẩm hay bị rò điện và gây sự cố đường dây. Ở nước ta cũng đã sản xuất được sứ đứng 35 kV như ở TP HCM, Hải dương, Yên Bái...

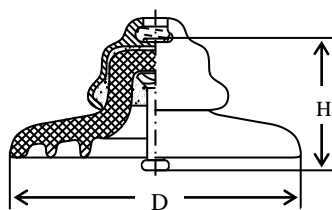
b) Sứ bát. (sứ treo)

Sứ bát thường hay gọi là sứ treo, sứ chuỗi (hình 4-13). Mỗi chuỗi gồm nhiều bát sứ. Loại sứ này thường được dùng ở đường dây có điện áp cao hơn 35 kV. Dùng sứ treo rất thuận tiện vì ta chỉ việc lắp nhiều bát sứ nối tiếp nhau thành chuỗi phù hợp với cấp điện áp của đường dây.

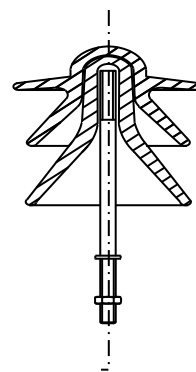
Ví dụ như đường dây 35 kV thì mỗi chuỗi sứ gồm 3 bát sứ, đường dây 110 kV thì mỗi chuỗi gồm 7 bát (nếu khu vực nào có nhiều sét thì tăng thêm một bát sứ).



Hình 4-13. Sứ bát



Hình 4.12 Sứ đứng.



4. Dây dẫn

Bộ phận chủ yếu của mạng điện là dây dẫn. Yêu cầu cơ bản đối với dùng dây dẫn là:

- Điện trở nhỏ tức là điện trở suất phải nhỏ (dẫn điện tốt).
- Sức bền cơ học tốt.

Nguyên liệu được dùng để chế tạo dây dẫn là đồng, nhôm.

a) Dẫn điện tốt.

Dây đồng là loại dây dẫn dẫn điện tốt nhất nhưng đồng là kim loại quý, hiếm nên dây đồng chỉ được dùng ở nơi quan trọng hoặc những nơi môi trường có chất ăn mòn kim loại như trong nhà máy hoá chất, vùng ven biển... Hiện nay phổ biến nhất là dùng dây nhôm, tuy độ dẫn điện của nhôm chỉ bằng khoảng 70% độ dẫn điện của đồng nhưng nhôm nhẹ và rẻ hơn đồng nhiều.

Vì độ bền cơ học của dây nhôm không cao, nên ở những đường dây điện áp cao, có khoảng vượt và sức căng lớn, người ta thường dùng loại dây nhôm lõi thép. Phần nhôm dùng để dẫn điện, lõi thép ở trong dùng để tăng độ bền cho dây dẫn.

b) Sức bền cơ học.

Dây dẫn mắc trên không phải vượt khoảng cách từ cột này đến cột khác, do đó dây dẫn phải có độ bền cơ học cần thiết. Để tăng độ bền cơ học người ta chế tạo các loại dây có nhiều sợi bện lại với nhau hoặc có cấu tạo phần ngoài là nhôm, phần trong là lõi thép.

Để bảo đảm an toàn, người ta quy định tiết diện dây nhỏ nhất cho phép tùy theo loại dây và cấp đường dây (số liệu này có thể tra trong các sổ tay).

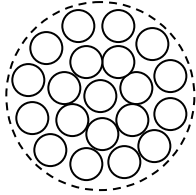
* Cấu tạo của dây trần.

Tùy theo yêu cầu và điều kiện làm việc của các đường dây dẫn điện, người ta chế tạo nhiều loại dây khác nhau.

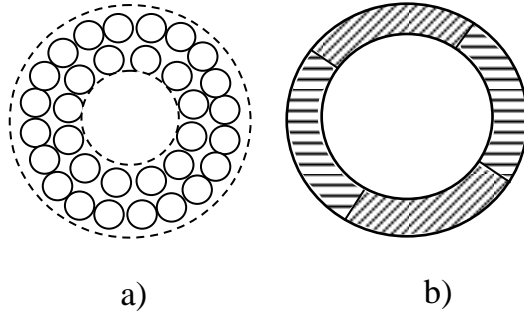
- Dây đơn: Là dây do một sợi cấu tạo nên, loại dây này dễ chế tạo, nhưng độ bền cơ học không cao, khó uốn cong nên không chế tạo được tiết diện lớn. Thường người ta chỉ chế tạo dây đơn có tiết diện bé hơn 10 mm².

- Dây vặn xoắn hay còn gọi là dây bện (hình 4-14): Dây vặn xoắn gồm nhiều sợi dây đơn vặn chéo với nhau theo nhiều lớp, thông thường lớp ngoài nhiều hơn lớp trong 6 sợi (ví dụ lớp ở giữa có 1 sợi, lớp thứ nhất có 6 sợi, lớp thứ 2 có 12 sợi ...) và mỗi lớp lại xoắn theo chiều ngược lại mục đích để dây không bị bung ra.

Dây vặn xoắn bền hơn dây đơn, khó bị đứt, uốn cong dễ dàng, với tiết diện lớn hơn 10 mm² đều dùng loại dây này.



Hình 4-14. Dây dẫn bện xoắn



Hình 4-15. Dây dẫn rỗng

- Dây rỗng: Một số đường dây điện áp cao, công suất truyền tải quá lớn, yêu cầu đường kính của dây phải khá lớn, vì nếu đường kính của dây bé quá sẽ phát sinh vàng quang điện và gây ra tổn thất điện năng. Nhưng đường kính của dây dẫn lớn quá thì sẽ thừa về dẫn điện, để khỏi lãng phí người ta chế tạo dây rỗng. Dây rỗng được cấu tạo bằng các sợi dây bằng đồng vặn xoắn từng lớp theo chiều ngược nhau và rỗng ở giữa (hình 4-15b), loại này tốt hơn nhưng chế tạo phức tạp hơn.

- Dây phức hợp: Dây phức hợp là loại dây bện bằng hai kim loại. Dây phức hợp được dùng nhiều nhất là dây nhôm lõi thép. Cấu tạo gồm: Bên trong có lõi thép bằng một hay nhiều sợi thép nhằm tăng cường độ bền cơ học. Bên ngoài là những lớp dây nhôm vặn xoắn để dẫn điện. Có ba loại dây nhôm lõi thép.

+) AC là tỷ số tiết diện nhôm và thép là (5,5-6).

+) ACO là dây nhôm lõi thép có kết cấu giảm nhẹ, tỷ lệ nhôm và thép là (7,5-8).

+) ACY là dây nhôm lõi thép tăng cường, tỷ số tiết diện nhôm và thép là 4,5. ACY là loại dây nhôm lõi thép tăng cường chỉ dùng trong những trường hợp đặc biệt. Đường dây có tiết diện lớn hơn 150 mm² thì nên dùng dây ACO.

Dùng dây AC kinh tế hơn dùng dây đồng M. Nhưng ở những vùng ven biển và ở gần nhà máy hoá chất thì dây nhôm lõi thép thông thường không được dùng vì nhôm chóng bị ăn mòn.

4.4.2. Kết cấu của mạng cáp

Cáp được chế tạo chắc chắn, cách điện tốt, lại được chôn dưới đất không bị sét đánh nên làm việc với độ tin cậy cao hơn đường dây trên không. Điện kháng của cáp rất nhỏ nên tổn thất công suất và điện năng cũng như tổn thất điện áp trên cáp nhỏ hơn nhiều so với đường dây trên không cùng loại. Cáp được chôn dưới đất nên ít cản trở giao thông và đảm bảo mỹ quan hơn đường dây trên không.

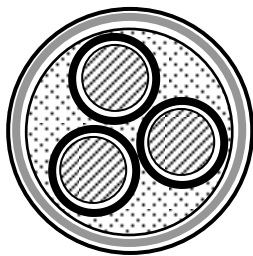
Tuy vậy mạng cáp cũng có nhược điểm là giá thành đắt, thi công khó khăn. Thông thường giá thành của đường cáp gấp 2, 5 lần giá thành của đường dây trên không cùng loại. Việc rẽ nhánh đường cáp thực hiện rất khó khăn và chính tại nơi rẽ nhánh thường hay xảy ra

sự cố. Vì vậy chỉ những đường cáp có $U \leq 10$ kV và khi cần thiết người ta mới rẽ nhánh. Cáp được bọc kín, lại chôn dưới đất, nên khi xảy ra hư hỏng, khó phát hiện chính xác chỗ xảy ra hư hỏng.

Vì vậy việc dùng đường dây trên không hay đường dây cáp phải thông qua so sánh kinh tế kỹ thuật.

Ngày nay người ta đã chế tạo được rất nhiều loại cáp.

- Đối với cáp điện lực có điện áp từ 35 kV trở xuống có ruột bằng đồng hoặc nhôm cách điện bằng giấy tẩm dầu, nhựa hoặc cao su. Bên ngoài lớp cáp điện có vỏ chì hay nhôm không có mối hàn để tránh nhiễu ảm.



Hình 4-16. Kết cấu của cáp



- Đối với cáp có $U_{dm} \leq 1$ kV thì có vỏ bằng nhựa nhân tạo hoặc bằng cao su.
- Cáp (20÷35) kV có ruột tròn, mỗi ruột có một vỏ chì riêng (hình 4-16).

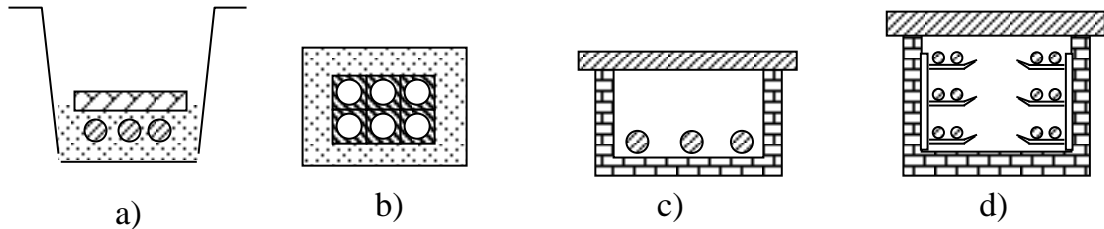
Ngoài ra còn có loại cáp chứa khí hoặc chứa dầu dùng cho cáp điện áp từ 35 kV trở lên.

- Cáp có $U_{dm} \leq 1$ kV thường được chế tạo thành loại một pha, ba pha, ba pha bốn lõi.
- Cáp có $U_{dm} > 1$ kV thường là loại cáp ba pha.

Cáp thường được chôn dưới đất ở độ sâu (0,7÷1) m. Khi có nhiều đường cáp chúng được đặt trong hào hoặc hầm cáp (hình 4-17).

Để bảo vệ cáp khỏi bị phá hỏng về cơ khí thì phía trên đường đi của cáp người ta đặt lớp gạch, tấm bê tông bảo vệ. Khi điện áp của cáp lớn hơn 1 kV thì phải đặt trên suốt chiều dài, khi điện áp nhỏ hơn 1 kV thì chỉ cần đặt ở những nơi dễ đào bới. Cáp đi qua đường ô tô, đường sắt phải đặt trong ống thép và chôn sâu so với mặt đường ít nhất là 1m, đầu ống thép cách quá mép đường về hai phía ít nhất là 2 mét.

Trong các thành phố lớn, đường phố được rải nhựa hoặc trong các xí nghiệp lớn, cáp được đặt trong khối bê tông các đầu cáp nối vào giếng cáp đặc biệt, làm như vậy để khi cần sửa chữa không phải đào đường lên.

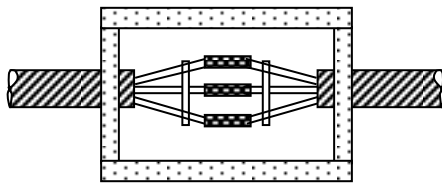


Hình 4-17. Các hình thức lắp đặt cáp.

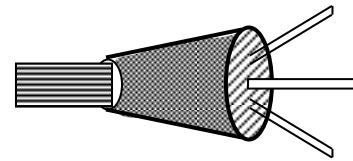
a) Cáp đặt trong đất. b) Cáp đặt trong ống bê tông.

c) Cáp đặt trong hầm cáp không có giá đỡ đặt cáp. d) Cáp đặt trong hầm cáp có giá đỡ

Trong nhà, cáp được đặt trong rãnh cáp có giá đỡ hoặc không có giá đỡ hoặc đặt trong ống thép.



Hình 4-18. Cách nối tiếp 2 sợi cáp với nhau



Hình 4-19. Đầu nối bằng phễu cáp

Chỗ nối cáp với cáp, cáp với thanh cái hoặc động cơ, nếu không được bảo vệ kỹ thì dầu sẽ chảy ra ngoài, hơi nước và không khí lọt vào trong cáp làm hỏng cách điện. Đối với cáp có $U_{dm} > 1 \text{ kV}$ khi nối với nhau phải tách ba cáp ra và làm hộp đầu nối (hình 4-18). Cáp nối với thanh cái hoặc động cơ cũng phải dùng đầu nối (hình 4-19).

4.4.3. Kết cấu của mạng điện phân xưởng

1. Dây trần, dây bọc cách điện

Dây trần, dây bọc cách điện đi trong phân xưởng đều được đặt trên sứ cách điện. Sứ được bắt chặt vào tường hay xà trong nhà xưởng. Để đảm bảo an toàn thì chiều cao lắp đặt dây dẫn phải lớn hơn 3,5 m so với nền nhà nếu là dây dẫn trần; 2,5 m nếu là dây bọc cáp điện; 2,2 m nếu dây dẫn đặt trong ống cách điện. Nếu dùng dây dẫn trần thì khoảng cách từ dây dẫn tới các thiết bị nối đất không nhỏ hơn 0,5 m; tới các đường ống không phải lau chùi bảo quản không nhỏ hơn 0,3 m; tới các đường ống thường xuyên phải lau chùi là 1 m; tới các thiết bị làm việc là 1,5 m.

Tiết diện dây dẫn, khoảng cách giữa dây dẫn các pha tra cứu trong sổ tay hoặc quy phạm lắp đặt thiết bị điện, hoặc tham khảo (bảng 4-3 và 4-4).

Dây bọc cách điện, ngoài cách mắc trên sứ còn được lắp đặt theo hai cách sau:

- Treo trên dây thép: Dây dẫn được treo dọc theo dây thép căng giữa hai tường nhà xưởng. Cách lắp đặt này rất thuận tiện vì không cần mắc sứ vào tường và dây có thể treo ở độ cao tùy ý.

- Đặt trong ống: Dây dẫn cách điện được luồn vào trong các ống thép hoặc ống chất dẻo. Cách lắp đặt này gọn, đẹp, chống khí ăn mòn, chống va đập. Các ống dẫn có thể đặt sát tường, khi đi ra các máy sản xuất thì được chôn ngầm dưới đất.

Bảng 4-3. Khoảng cách nhỏ nhất giữa các dây dẫn trần

Loại dây	Khoảng cách giữa hai sứ liên tiếp m			
	≤ 2	2 - 4	4 - 6	> 6
	Khoảng cách giữa các dây dẫn, mm			
Dây trần	50	100	150	200
Thanh cái	50	75	100	100

Bảng 4-4. Tiết diện nhỏ nhất cho phép của dây dẫn trong mạng điện phân xưởng

Đặc điểm của dây dẫn	F _{min} (mm ²)	
	Đồng	Nhôm
- Dây có vỏ bọc nối vào thiết bị điện sinh hoạt, di động.	0,75	-
- Dây có vỏ bọc và cáp nối vào thiết bị điện sản xuất, di động.	1,5	-
- Cáp nối vào các thiết bị điện di động.	2,5	-
- Dây dẫn một sợi hoặc nhiều sợi mắc trên sứ.	1,0	-
- Dây có vỏ bọc lắp đặt trong nhà:		
+ Mắc trên puli	1,0	2,5
+ Mắc trên sứ.	1,5	4,0
- Dây có vỏ bọc lắp đặt ngoài trời:		
+ Mắc dọc tường nhà hoặc trên cột.	2,5	4,0
+ Mắc trên puli dưới mái che.	1,5	2,5
- Dây có vỏ bọc, cáp đặt trong ống thép hoặc lắp đặt cố định.	1,0	2,5
- Dây trần lắp đặt trong nhà.	2,5	4,0
- Dây trần lắp đặt ngoài trời.	4,0	10,0

2. Thanh cái

Thanh cái trực chính được đặt dọc theo nhà, từ thanh cái nhánh cho các đường dây đi ra có vỏ bọc cách điện hoặc cáp đặt trong ống thép tới các tủ phân phối động lực, từ tủ phân phối lại có các đường dây hoặc cáp đặt trong ống tới các thiết bị sản xuất. Cách lắp đặt này thường được dùng cho các phân xưởng cơ khí có mật độ phụ tải lớn và ít bụi.

3. Cáp

Trong mạng điện phân xưởng người ta hay dùng cáp bọc cao su. Loại cáp này có thể để ngoài không khí, dẫn dọc theo tường nhà trên các máng đỡ cáp hay treo trên dây thép, hoặc chôn ngầm dưới đất hay đặt trong rãnh cáp, hào cáp có nắp đậy bê tông.

CHƯƠNG V

TRẠM BIẾN ÁP TRUNG/ HẠ ÁP

Sau khi học xong chương này sinh viên cần nắm được:

- Các loại trạm điện thường dùng trong mạng điện xí nghiệp
- Phân loại trạm biến áp trung/ hạ áp
- Chọn vị trí, số lượng và dung lượng trạm biến áp trung/ hạ áp
- Sơ đồ nối dây trạm biến áp trung/ hạ áp
- Kết cấu trạm biến áp trung/ hạ áp
- Đo lường và kiểm tra trong trạm biến áp trung/ hạ áp
- Vận hành trạm biến áp trung/ hạ áp

5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

5.1.1. Trạm biến áp

Trạm biến áp là trạm điện làm nhiệm vụ truyền đạt công suất có biến đổi điện áp từ phía sơ cấp sang thứ cấp. Trong TBA thì máy biến áp là phần tử chính, ngoài ra còn có

nhiều hệ thống và các thiết bị phụ trợ khác nữa như: Hệ thống phân phối đầu vào, đầu ra; Hệ thống bảo vệ và đo lường....

5.2. PHÂN LOẠI TRẠM BIẾN ÁP TRUNG/ HẠ ÁP

Trong xí nghiệp công nghiệp thì TBA thường được phân làm 2 loại:

- Trạm biến áp trung gian: Làm nhiệm vụ biến đổi điện áp (35÷110) kV của hệ thống điện thành điện áp phân phối (6÷35) kV của mạng điện xí nghiệp. Thông thường các xí nghiệp lớn mới có trạm biến áp trung gian riêng, còn các xí nghiệp trung bình thì lấy điện từ mạng điện thành phố (6÷35) kV hoặc từ trạm biến áp khu vực. Trạm biến áp khu vực cũng làm nhiệm vụ như trạm biến áp trung gian tức là biến đổi điện áp (35÷220) kV thành điện áp (6÷35) kV để cung cấp cho một khu vực kinh tế.

- Trạm biến áp phân xưởng làm nhiệm vụ biến đổi điện áp (6÷35) kV của mạng phân phối trong xí nghiệp thành điện áp 380/220 V hoặc 220/127 V của mạng phân xưởng.

5.2.1. Trạm phân phối

Trạm phân phối là trạm điện làm nhiệm vụ tổng hợp các nguồn cung cấp đến và phân phối cho các lộ xuất tuyến đầu ra trong cùng một cấp điện áp. Trong trạm phân phối thì phần tử chính là các thiết bị của hệ thống phân phối như: TC (TG), Thiết bị chuyển mạch (CL, MC, AT...). Ngoài ra luôn có các thiết bị phụ trợ khác nữa như: Hệ thống bảo vệ và đo lường, kháng điện...Nếu có máy biến áp thì chỉ là MBA tự dùng.

5.2.2. Trạm đổi điện

Trong xí nghiệp trạm đổi điện thường là trạm chỉnh lưu, biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Trạm đổi điện còn có thể là trạm biến tần, biến đổi dòng điện có tần số công nghiệp (50Hz) thành dòng có tần số nhất định, đáp ứng yêu cầu của công nghệ và thiết bị sản xuất.

Ngoài cách phân loại trạm theo nhiệm vụ như trên người ta còn phân loại trạm theo vị trí đặt trạm, gồm có:

- Trạm ngoài phân xưởng là trạm đặt cách các phân xưởng (10÷30) m. Kiểu trạm này thường được dùng trong trường hợp các phân xưởng có chất dễ nổ, dễ cháy, diện tích phân xưởng quá bé, phụ tải phân tán hoặc khi nhiều phân xưởng dùng chung một trạm biến áp.

- Trạm kề phân xưởng là trạm có một hoặc hai mặt tường chung với tường của phân xưởng. Loại trạm này do thuận tiện và kinh tế nên được sử dụng rộng rãi.

- Trạm trong phân xưởng là trạm biến áp nằm hẳn trong phân xưởng. Loại trạm này được dùng khi phụ tải phân xưởng lớn, cần đưa máy biến áp vào gần trung tâm phụ tải cho kinh tế. Nhược điểm của nó là việc phòng nổ, phòng cháy gặp khó khăn.

Ngoài ra còn có các hình thức xây dựng khác như trạm treo trên cột dùng cho các máy biến áp có công suất nhỏ, trạm ngoài trời ...

5.3. CHỌN VỊ TRÍ, SỐ LƯỢNG VÀ DUNG LƯỢNG TRẠM BIẾN ÁP TRUNG/ HẠ ÁP

Vị trí và số lượng trạm có ảnh hưởng lớn đến việc đảm bảo tính kinh tế và kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện.

* Về kỹ thuật những yêu cầu cơ bản để lựa chọn vị trí và số lượng trạm là:

- Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện.
- Gần trung tâm phụ tải để có thể giảm tổn thất điện áp và công suất trong mạng.
- Hạn chế dòng điện ngắn mạch, bố trí đi dây thuận tiện và dự phòng cho việc phát triển sau này.

* Về kinh tế vị trí phải đảm bảo:

- Vốn đầu tư và chi phí vận hành phải hợp lý.
- Chiếm dụng không gian cho công trình là nhỏ nhất.

Sau đây sẽ phân tích về vị trí và số lượng trạm.

5.3.1. Trạm biến áp trung gian

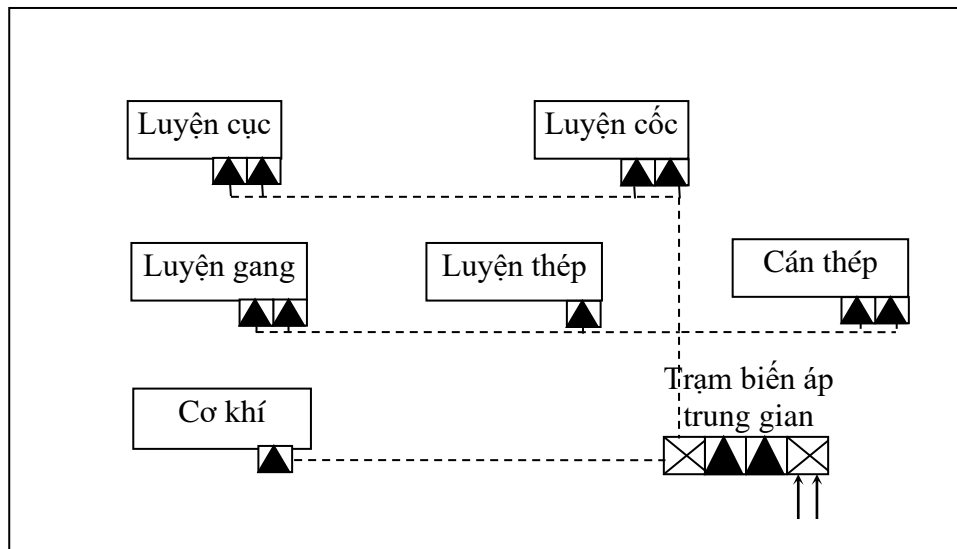
Xí nghiệp có cần đặt trạm biến áp trung gian hay không là do cấp điện áp của nguồn quyết định.

Nếu cấp điện áp của nguồn cung cấp từ 35 kV trở lên (trừ trường hợp dùng đường dây dẫn sâu) xí nghiệp phải đặt trạm biến áp trung gian.

Về nguyên tắc trạm biến áp trung gian đặt càng gần trung tâm phụ tải càng tốt. Song không vì thế mà nhất thiết phải đưa trạm biến áp trung gian vào giữa xí nghiệp vì những đường dây có điện áp từ (35÷220) kV thường chiếm một dải đất khá rộng, trên đó không được xây dựng công trình gì khác. Mặt khác các đường dây đó có thể ảnh hưởng đến giao thông vận tải trong xí nghiệp. Vì vậy nên đặt trạm biến áp trung gian ở ngoài xí nghiệp (hàng rào), những nơi ít đi lại và xa các công trình xây dựng khác.

Ở những xí nghiệp có những phân xưởng có nhiều bụi (lò cao, lò cốc, lò hơi đốt bằng than) hoặc nhiều hoá chất ăn mòn ... Trạm biến áp trung gian nên đặt ở đầu gió so với các phân xưởng đó.

Ví dụ về cách bố trí trạm biến áp trung gian cho một khu liên hợp gang thép (hình 5-1).



Hình 5- 1. Cách bố trí trạm biến áp trung gian của một khu công nghiệp

Sở dĩ đặt trạm biến áp trung gian ở vị trí như hình vẽ là vì:

- Vị trí này ở gần phân xưởng cán, là phân xưởng có nhiều động cơ cỡ lớn, tiêu thụ nhiều điện nhất so với các phân xưởng khác.
- Vị trí của trạm biến áp trung gian ở ngoài xí nghiệp, đường dây điện cao áp không đi sâu vào xí nghiệp nên không ảnh hưởng tới việc xây dựng và giao thông vận tải.
- Các phân xưởng có nhiều bụi như lò cao, luyện cốc, luyện gang... đều ở cuối gió so với trạm biến áp trung gian.

Nói chung mỗi xí nghiệp lớn chỉ nên đặt một trạm biến áp trung gian. Tùy tình hình cụ thể của phụ tải trong trạm ta có thể đặt một hoặc nhiều máy biến áp.

5.3.2. Trạm phân phối

Khi xí nghiệp được cung cấp bằng đường dây (6÷35) kV hoặc khi mạng điện phân phối trong xí nghiệp khá rộng thì cần đặt các trạm phân phối. Những nguyên tắc để đặt trạm phân phối là:

- Gần trung tâm phụ tải.
- Ở xa các phân xưởng có nhiều bụi và rung động.
- Có thể xây dựng độc lập, song để thuận tiện cho nhân viên vận hành và tiết kiệm vốn đầu tư xây dựng, trạm phân phối nên xây liền với một trong những trạm biến áp phân xưởng của xí nghiệp hoặc đặt gần các hộ tiêu thụ điện có nhiều động cơ điện áp cao như: Trạm bơm, trạm nén khí ... Theo kinh nghiệm thiết kế và vận hành cứ khoảng 5000 kVA của phụ tải thì nên đặt một trạm phân phối. Song còn tùy tình hình cụ thể của xí nghiệp, tùy sơ đồ cung cấp điện mà quyết định số lượng trạm phân phối.

Khoảng cách giữa các trạm phân phối khoảng (400÷500) m là hợp lý.

5.3.3. Trạm biến áp phân xưởng

Trạm biến áp phân xưởng làm nhiệm vụ biến đổi điện áp (6÷35) kV của mạng phân phối thành điện áp ≤ 1000 V. Cung cấp cho mạng phân xưởng.

Việc chọn vị trí của trạm được tiến hành dựa trên một số nguyên tắc sau:

- Gần trung tâm phụ tải.

- Không ảnh hưởng tới sản xuất.

- Có thể thông gió, phòng cháy, phòng nổ tốt, trạm phân xưởng có thể xây dựng bên ngoài, liền kề hoặc bên trong phân xưởng.

Trạm biến áp phân xưởng thường dùng máy biến áp cỡ nhỏ (≤ 1000 kVA), vì vậy để thông gió cho trạm người ta thường dùng phương pháp thông gió tự nhiên, do đó khi chọn vị trí của trạm biến áp không nên để cửa trạm hướng về phía tây. Năng hướng tây hướng vào cửa trạm sẽ làm cho nhiệt độ trong trạm tăng lên, ảnh hưởng tới sự làm mát của máy biến áp và do đó hạn chế công suất của máy biến áp.

Khi đặt trạm bên trong phân xưởng cần chú ý tránh ảnh hưởng tới các máy sản xuất khác, và cần tính đầy đủ các biện pháp phòng cháy, phòng nổ.

Dung lượng và số lượng máy biến áp phải được chọn căn cứ vào phụ tải của phân xưởng và các điều kiện khác. Theo kinh nghiệm thiết kế và vận hành lúc chọn số lượng và dung lượng trạm biến áp phân xưởng cần chú ý những điểm sau:

- Trong cùng một xí nghiệp nên chọn ít loại máy biến áp (về kiểu và dung lượng) nhằm mục đích thuận tiện trong vận hành, dễ thay thế lẫn nhau và không phải dự trữ nhiều loại phụ tùng thay thế khác.

- Để tạo điều kiện đưa máy biến áp vào gần phụ tải đồng thời xét đến khả năng hạn chế dòng điện ngắn mạch, người ta có xu thế phân nhỏ dung lượng của các trạm biến áp phân xưởng. Thông thường trong mỗi trạm biến áp nên đặt máy biến áp có công suất ≤ 1000 kVA.

- Trong những trường hợp sau đây ta phải xét đến việc đặt nhiều máy trong trạm biến áp phân xưởng:

+) Do điều kiện vận chuyển khó khăn phải dùng nhiều máy có công suất nhỏ thay cho một máy có công suất lớn hơn.

+) Phụ tải của phân xưởng thuộc loại I và loại II yêu cầu phải nâng cao độ tin cậy cung cấp điện.

+) Đồ thị phụ tải của phân xưởng không bằng phẳng, cần đặt nhiều máy biến áp để khi non tải có thể cắt bớt máy biến áp, nhằm mục đích giảm tổn thất công suất. Theo kinh nghiệm thiết kế và vận hành thì mỗi trạm đặt hai máy biến áp là hợp lý, không nên đặt nhiều hơn (trừ trường hợp đặc biệt).

- Trong những phân xưởng và xí nghiệp có quy mô nhỏ và trung bình, có phụ tải loại II và loại III. Khi cần nâng cao độ tin cậy cung cấp điện không nhất thiết phải đặt hai máy biến áp cho trạm phân xưởng mà có thể dùng đường dây liên lạc phía hạ áp. Khi máy biến áp bị sự cố, ta dùng đường dây liên lạc phía hạ áp lấy điện từ trạm bên cạnh để cung cấp cho những phụ tải quan trọng của phân xưởng. Thông thường đường dây liên lạc nên chọn để có thể cung cấp từ $(25 \div 30)\%$ phụ tải của phân xưởng.

- Đề chú ý đến khả năng phát triển của phụ tải, thông thường kích thước và nền móng của trạm biến áp phân xưởng được xây dựng sao cho có thể đặt được các máy biến áp có công suất liền kề nhau. Ví dụ trạm đặt máy 560 kVA cũng có thể đặt máy 750 kVA.

Như vậy sau này khi phụ tải tăng thêm ta chỉ cần thay máy biến áp, chứ không cần xây dựng lại trạm.

Trường hợp xí nghiệp chỉ có một trạm biến áp thì vị trí đặt trạm biến áp đó được xác định như trạm biến áp trung gian. Mỗi máy biến áp có thể có công suất trên 1000 kVA và khi đó người ta có thể gọi đó là trạm biến áp xí nghiệp.

5.3.4. CHỌN DUNG LƯỢNG TRẠM BIẾN ÁP

5.3.4.1. Chọn công suất của máy biến áp

Công suất của máy biến áp cần được chọn sao cho trong điều kiện làm việc bình thường trạm phải đảm bảo cung cấp đủ điện năng cho hộ tiêu thụ. Ngoài ra trạm còn phải có dự trữ một lượng công suất để khi xảy ra sự cố một máy biến áp, những máy còn lại phải đảm bảo cung cấp một lượng công suất cần thiết tùy theo yêu cầu của hộ tiêu thụ. Căn cứ vào những yêu cầu đó, công suất của máy biến áp được chọn theo những nguyên tắc sau:

1. Trong điều kiện làm việc bình thường

+) Trạm một máy:

$$S_{dmBA} \geq S_{tt}$$

Trong đó:

- S_{dmBA} là công suất định mức của một máy biến áp. Khi máy biến áp được đặt ở môi trường khác với điều kiện nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn thì công suất định mức này phải là công suất sau khi đã hiệu chỉnh theo nhiệt độ.

- S_{tt} là công suất tính toán của trạm.

+) Trạm n máy:

$$\sum_{i=1}^n S_{dmi} \geq S_{tt} \text{ hoặc } n.S_{đm} \geq S_{tt}$$

Trong đó:

- S_{dmi} là công suất định mức của máy biến áp thứ i. Khi máy biến áp được đặt ở môi trường khác với điều kiện nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn thì công suất định mức này phải là công suất sau khi đã hiệu chỉnh theo nhiệt độ.

- S_{tt} là công suất tính toán của trạm.

Trong trường hợp cần thiết cũng nên xét quá tải bình thường, đôi khi nhờ đó ta có thể chọn được máy có công suất nhỏ hơn, tiết kiệm được vốn đầu tư cũng như lợi về nhiều mặt khác.

2. Trong trường hợp sự cố

Trong trường hợp sự cố một máy biến áp đối với trạm đặt nhiều máy biến áp hoặc đường dây cung cấp điện cho một trạm biến áp bị sự cố thì các máy biến áp còn lại hoặc trạm còn lại phải đảm bảo cung cấp điện cho toàn bộ phụ tải, hay những phụ tải quan trọng của máy biến áp hoặc trạm biến áp đó.

Đối với trạm có từ hai máy biến áp trở lên, dùng để cung cấp điện cho phụ tải quan trọng, tính yêu cầu cung cấp điện cao thì:

+) Đối với trạm có hai máy thì:

$$k_{qt} \cdot S_{dmBA} \geq S_{suco}$$

Trong đó:

- S_{dmBA} là công suất định mức của một máy biến áp.
- S_{suco} là phụ tải mà trạm phải mang khi sự cố một máy biến áp.
- k_{qt} là hệ số quá tải của máy biến áp, có thể tra theo đường cong, khi không có đường cong có thể lấy: $k_{qt} = 1,4$ với điều kiện là hệ số quá tải của các máy trước khi xảy ra sự cố không quá 0,93, thời gian quá tải không quá 5 ngày đêm, mỗi ngày không quá 6 giờ.

+) Đối với trạm có n máy:

$$\sum_{i=1}^{n-1} k_{pti} \cdot S_{dmBAi} \geq S_{suco}$$

Trong đó:

- S_{dmBAi} là công suất định mức của máy biến áp thứ i.
- S_{suco} là phụ tải mà trạm phải mang khi sự cố một máy biến áp.
- k_{pti} là hệ số quá tải của máy biến áp thứ i, có thể tra theo đường cong, khi không có đường cong có thể lấy: $k_{qt} = 1,4$ với điều kiện là hệ số quá tải của các máy trước khi xảy ra sự cố không quá 0,93 thời gian quá tải không quá 5 ngày đêm, mỗi ngày không quá 6 giờ.

5.3.4.2. Hiệu chỉnh công suất của máy biến áp

Công suất định mức của máy biến áp là công suất mà nó có thể làm việc trong suốt thời kỳ phục vụ (khoảng 20 năm) với điều kiện nhiệt độ môi trường là định mức. Máy biến áp của các nước được chế tạo với các định mức khác nhau (về nhiệt độ môi trường xung quanh).

Ví dụ các máy biến áp của Liên Xô công suất định mức ứng với nhiệt độ quy định.

- Nhiệt độ trung bình môi trường xung quanh: $\theta_{tb} = +5^{\circ}\text{C}$.

- Nhiệt độ cực đại trong năm: $\theta_{max} = +35^{\circ}\text{C}$.

Khi dùng máy biến áp ở những nơi có nhiệt độ môi trường xung quanh khác với nhiệt độ môi trường chế tạo thì cần phải hiệu chỉnh lại công suất của máy biến áp.

Công thức hiệu chỉnh như sau:

$$S'_{dm} = S_{dm} \cdot \left(1 - \frac{\theta_{tb} - 5}{100} \right)$$

Trong đó:

- S'_{dm} là công suất của máy biến áp sau khi đã hiệu chỉnh.
- S_{dm} là công suất định mức của máy biến áp được ghi trên nhãn máy.
- θ_{tb} là nhiệt độ trung bình hàng năm ở nơi đặt máy.

Trong những giờ nhiệt độ môi trường xung quanh lớn hơn 35°C công suất máy biến áp đã hiệu chỉnh theo công thức trên cần phải hiệu chỉnh một lần nữa.

$$S''_{dm} = S'_{dm} \cdot \left(1 - \frac{\theta_{max} - 35}{100} \right)$$

Nếu $\theta_{max} \geq 45^\circ\text{C}$ cần phải áp dụng các biện pháp làm mát nhân tạo.

Chú ý:

Khi xác định thông số của máy biến áp thì vẫn xác định theo công suất chưa hiệu chỉnh S_{dm} .

5.3.5. KHẢ NĂNG QUÁ TẢI CỦA MÁY BIẾN ÁP

Trong quá trình vận hành, phụ tải của máy biến áp thường không bằng phụ tải định mức của máy biến áp, mà thay đổi hàng ngày, hàng tháng, khi phụ tải nhỏ, nhiệt độ của máy biến áp nhỏ hơn nhiệt độ cho phép, độ hao mòn cách điện giảm thời gian phục vụ của máy biến áp tăng lên so với bình thường.

Do đó trong vận hành có thể xét đến khả năng cho phép máy biến áp làm việc với phụ tải lớn hơn định mức một lượng nào đó, nghĩa là làm việc quá tải nhưng sao cho thời hạn phục vụ của nó tính quân bình không nhỏ hơn quy định là 20 năm.

Khả năng quá tải của máy biến áp tùy thuộc vào đồ thị phụ tải của nó, có hai loại quá tải sau:

1. Quá tải của máy biến áp lúc làm việc bình thường

Có thể xác định khả năng quá tải của máy biến áp theo đồ thị ở (hình 5-2).

Trên đồ thị:

$$m = \frac{I_{cd}}{I_{dm}}; k_{pt} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}} = \frac{I_{tb}}{I_{dm}}$$

(k_{pt} là hệ số phụ tải còn gọi là hệ số điện kín phụ tải k_{dk})

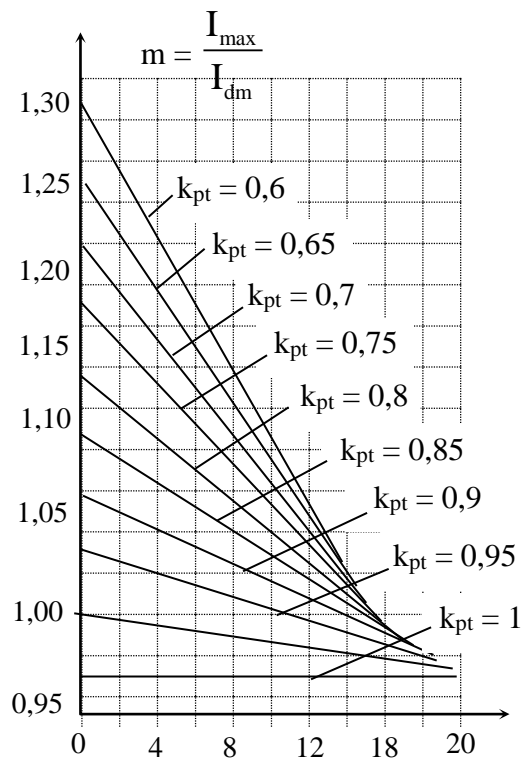
Trên hình vẽ giới thiệu đường cong quan hệ giữa bội số quá tải m và thời gian quá tải t_{qt} . Bội số quá tải là tỷ số giữa phụ tải cực đại và phụ tải định mức.

$$m = \frac{I_{cd}}{I_{dm}}$$

Như vậy khi biết bội số quá tải m và hệ số phụ tải K_{pt} có thể xác định thời gian cho phép quá tải t_{qt} hoặc khi biết K_{pt} và thời gian quá tải dự định t_{qt} có thể xác định được phụ tải cực đại của máy biến áp trong thời gian đó:

$$I_{cd} = m \cdot I_{dm}$$

$$S_{cd} = m \cdot S_{dm}$$



Hình 5- 2. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa hệ số quá tải và thời gian quá tải

Ngoài cách xác định quá tải của máy biến áp theo hệ số điện kín phụ tải k_{pt} , còn có thể xác định quá tải của máy biến áp theo hai quy tắc sau:

+ *Quy tắc 1%*: “Nếu so sánh phụ tải trung bình một ngày đêm của máy biến áp với dung lượng định mức của nó thì ứng với mỗi phần trăm non tải vào những tháng mùa hè, máy biến áp được quá tải 1% trong những tháng mùa đông nhưng tổng cộng không quá 15%”.

+ *Quy tắc 3%*: “Trong điều kiện không khí xung quanh không vượt quá $+35^{\circ}\text{C}$ thì cứ hệ số phụ tải của máy biến áp giảm 10% so với 100% thì máy biến áp được phép quá tải 3%”.

Có thể áp dụng cả hai quy tắc 1% và 3% cùng một lúc nhưng quá tải tổng cộng không vượt quá các trị số:

- Đối với máy biến áp ngoài trời 30%.
- Đối với máy biến áp đặt trong nhà 20%.

2. Khả năng quá tải lúc sự cố

Trong khi máy biến áp làm việc với phụ tải bình thường nhỏ hơn phụ tải định mức thì độ hao mòn cách điện nhỏ hơn độ hao mòn cách điện khi máy biến áp mang tải định mức không đổi suốt ngày đêm. Phần dự trữ còn lại nào đó về hao mòn cách điện có thể dùng trong tình trạng làm việc sự cố của máy biến áp.

Quá tải sự cố của máy không phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường xung quanh và vị trí đặt máy.

Đối với MBA làm mát bằng dầu, thông gió tự nhiên, trước khi xảy ra sự cố máy biến áp mang tải không quá 93% công suất định mức thì khi cần thiết có thể cho phép quá tải đến mức cao nhất là 40% trong 5 ngày đêm với điều kiện quá tải mỗi ngày đêm không quá 6 giờ.

Trường hợp quá tải cưỡng bức ngắn hạn ta có thể áp dụng mức quá tải tương ứng với thời gian quá tải như bảng 5-1

Bảng 5 - 1

Bội số quá tải $m = I_{cd}/I_{dm}$	1,	1,	1,	2,	2,4	3,0
Thời gian cho phép quá tải (phút)	1	3	1	7,	3,5	1,5

5.4. SƠ ĐỒ NỐI DÂY CỦA TRẠM BIẾN ÁP TRUNG / HẠ ÁP

Sơ đồ nối dây của trạm hợp lý hay không có ảnh hưởng trực tiếp đến độ tin cậy cung cấp điện. Vì vậy khi chọn sơ đồ nối dây cần phải so sánh các phương án thật tỷ mỉ.

Sơ đồ nối dây cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện theo từng loại phụ tải.
- Nối dây rõ ràng, thuận tiện trong vận hành và xử lý sự cố.
- Đảm bảo an toàn cho nhân viên vận hành.
- Đảm bảo các điều kiện an toàn khi sửa chữa.
- Có khả năng phát triển.
- Hợp lý về mặt kinh tế, trên cơ sở đảm bảo các yêu cầu trên.

5.4.1. Sơ đồ nối dây của trạm biến áp trung gian

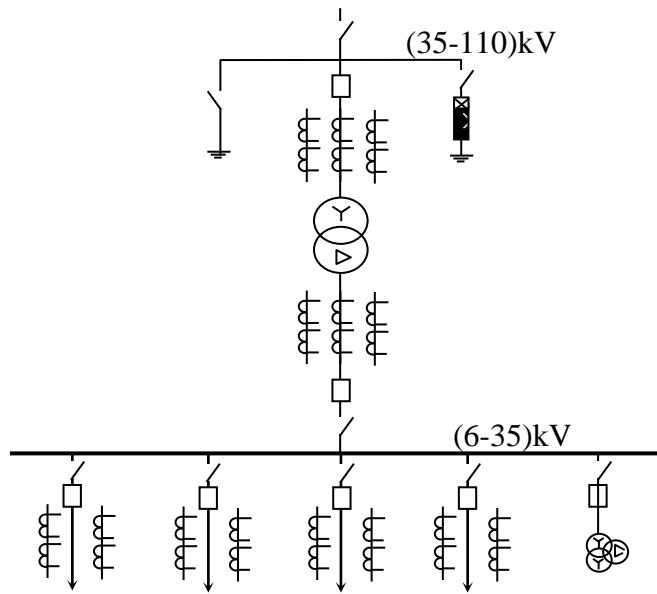
Sơ đồ nối dây của trạm biến áp trung gian cung cấp cho phụ tải loại II và loại III được trình bày trên (hình 5-3).

Trạm chỉ dùng một máy biến áp, phía thứ cấp chỉ dùng một thanh cái.

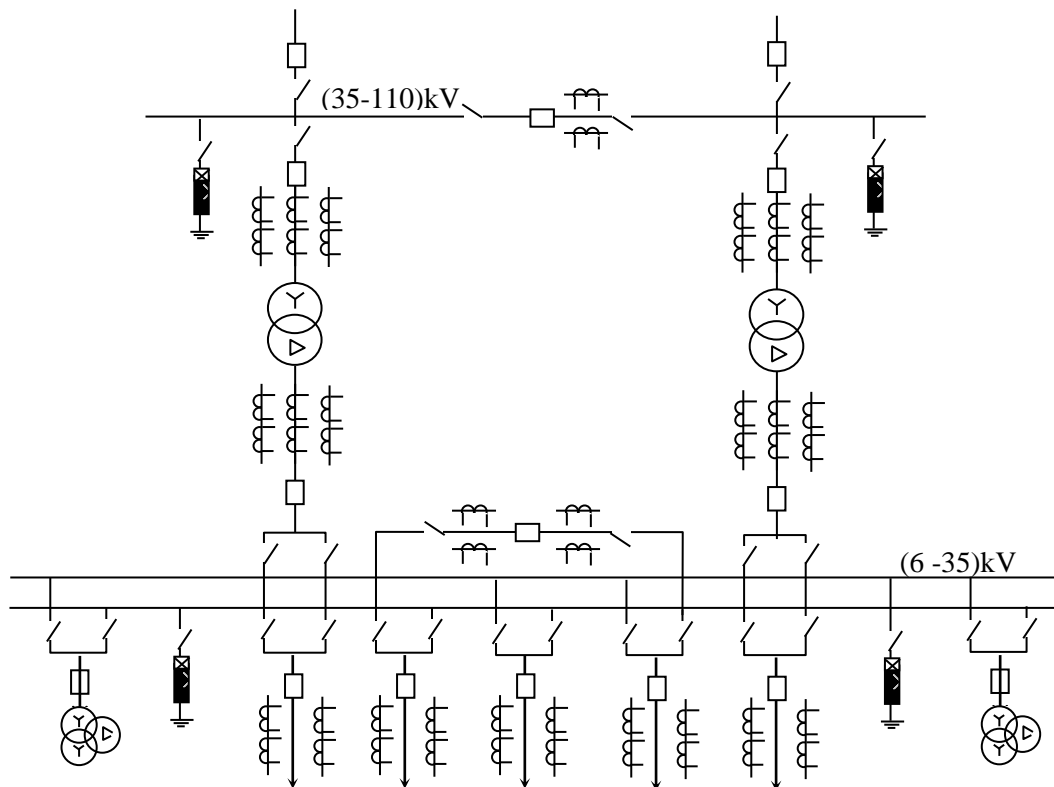
Nếu có nguồn dự phòng thì có thể dùng sơ đồ trên để cung cấp điện cho phụ tải loại I.

Cầu dao cách ly và cầu dao nối đất ở đầu vào máy biến áp có khoá liên động để đảm bảo cho chúng không đóng điện đồng thời.

Để bảo vệ chống sét ở phía đầu vào có đặt chống sét van.



Hình 5- 3. Sơ đồ trạm biến áp trung gian cung cấp điện cho hộ phụ tải loại II và loại III



Hình 5- 4. Sơ đồ trạm biến áp trung gian cung cấp điện cho phụ tải loại I và loại II

Khi có phụ tải loại I và xí nghiệp lớn thì tại trạm biến áp trung gian có đặt hai máy biến áp như (hình 5-4).

Để nâng cao khả năng liên tục cung cấp điện phía đầu vào có máy cắt liên lạc giữa hai nguồn và thứ cấp máy biến áp trung gian dùng thanh cái kép, trong trường hợp này ở các trạm phân xưởng người ta thường dùng đường dây liên lạc phía hạ áp. Các máy biến áp, phía cao áp của trạm phân xưởng người ta thường lấy điện từ hai phân đoạn thanh cái ở phía hạ áp máy biến áp trung gian (thường gọi sơ đồ đầu chéo). Trong một số trường

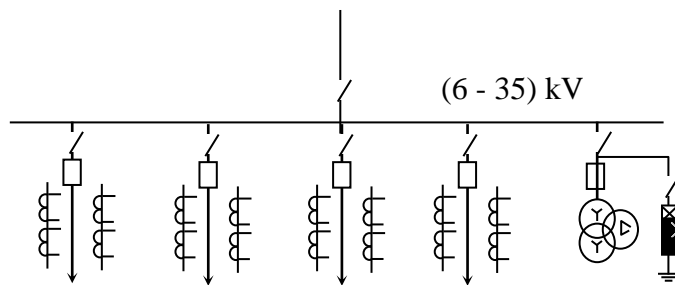
hợp đặc biệt người ta còn dùng hệ thống thanh cái kép ở phía cao áp và hạ áp của trạm biến áp trung gian.

5.4.2. Sơ đồ nối dây trạm phân phối

Sơ đồ nối dây của trạm phân phối có một đường dây cung cấp (hình 5-5). Sơ đồ này thường dùng để cung cấp điện cho phụ tải loại II và loại III.

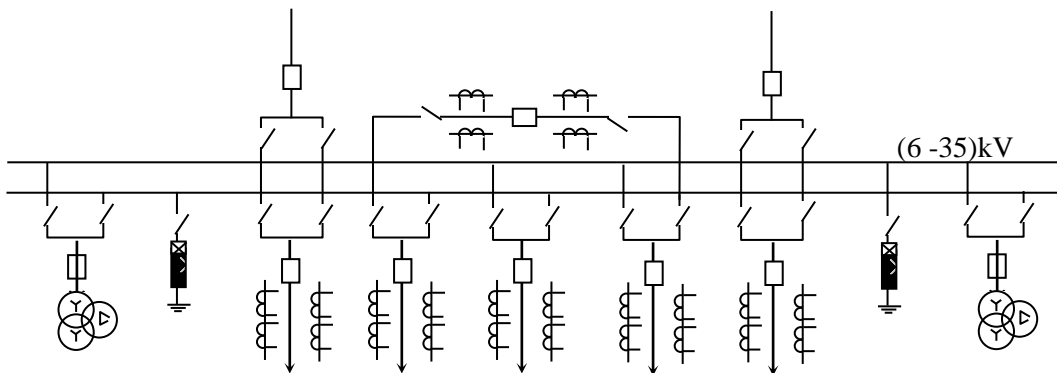
Sơ đồ này thường được dùng ở các xí nghiệp nhỏ và trung bình. Muốn nâng cao độ tin cậy cung cấp điện thì có thể thêm đường dây dự phòng.

Khi phụ tải là loại I hoặc loại II, trạm phân phối thường được cung cấp điện từ hai nguồn với thanh cái phân đoạn (hình 5-6), trên mỗi phân đoạn đều đặt máy biến áp điện đo lường 3 pha 5 trụ dùng để cung cấp điện áp cho các thiết bị đo lường và kiểm tra cách điện của mạng.



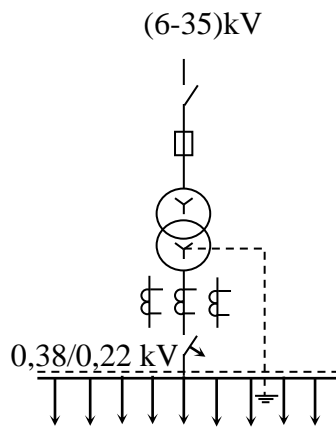
Hình 5- 5. Sơ đồ trạm phân phối trung gian cung cấp điện cho phụ tải loại II và loại III

Trên các (hình 5-3 và 5-4) phía thứ cấp máy biến áp trung gian cũng có thể coi là một trạm phân phối trung gian.

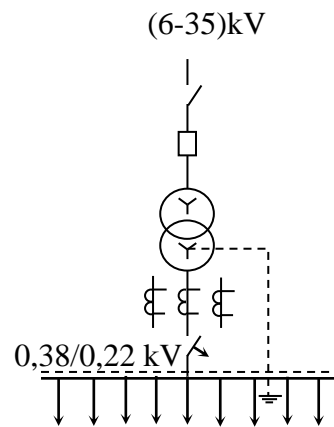


Hình 5- 6. Sơ đồ trạm phân phối trung gian cung cấp điện cho phụ tải loại I và loại II

5.4.3. Sơ đồ nối dây của trạm biến áp phân xưởng



Hình 5- 7. Sơ đồ trạm biến áp có $S_{dm} \leq 320$ kVA cung cấp điện cho phụ tải loại II và loại III



Hình 5- 8. Sơ đồ trạm biến áp cung cấp điện cho phụ tải loại II và loại III dùng máy cắt phía cao áp

Trên sơ đồ này ở phía cao áp được đặt cầu dao cách ly và cầu chì. Phía thứ cấp máy biến áp được trang bị áp tô mát hoặc cầu chì. Sơ đồ loại này đơn giản, ít vốn đầu tư. Với sơ đồ này khi muốn cắt máy biến áp ra khỏi mạng phải cắt áp tô mát phía thứ cấp trước, sau đó mới được cắt cầu dao cách ly ở phía đầu vào máy biến áp.

Nhược điểm của sơ đồ:

- Khi xảy ra sự cố trên thanh cái hạ áp thì toàn phân xưởng bị mất điện.
- Phía cao áp chỉ trạng bị cầu dao cách ly nên không đóng cắt được dòng điện phụ tải.

Mặt khác để bảo vệ ngắn mạch chỉ dùng cầu chì tuy đơn giản, rẻ tiền, nhưng độ tin không cao. Vì vậy sơ đồ này chỉ dùng để cung cấp điện cho các phụ tải không quan trọng, công suất của trạm nhỏ hơn 320 kVA.

Để khắc phục nhược điểm (hình 5-7), có thể dùng sơ đồ như (hình 5-8). Ở phía đầu vào máy biến áp được trang bị máy cắt, dao cách ly. Sơ đồ này có thể dùng cho các trạm có công suất đến 1000 kVA.

Sơ đồ trạm biến áp phân xưởng có hai máy biến áp lấy điện từ 2 nguồn (hình 5-9). Phía điện áp cao có máy cắt, phía điện áp thấp có áp tô mát thanh cái được phân đoạn bằng cầu dao hoặc áp tô mát.

Sơ đồ này đòi hỏi vốn đầu tư lớn, nhưng độ tin cậy cao, nên thường được dùng để cung cấp cho các phụ tải loại I và loại II

5.5. KẾT CẤU TRẠM BIẾN ÁP TRUNG/ HẠ ÁP

Nhìn chung, các trạm hạ áp chính và các trạm phân phối của các xí nghiệp công nghiệp không khác nhau nhiều so với các trạm điện của hệ thống năng lượng.

Đối với các trạm hạ áp phân xưởng, khi thiết kế luôn luôn phải có cách nhìn giới hạn đến tối thiểu các trang thiết bị điện và các vật liệu tiêu dùng trong việc lắp ráp và xây dựng vì làm như vậy sẽ giảm được vốn đầu tư đối với xây dựng trạm. Trong một số

trường hợp, chúng ta cần phải đảm bảo khả năng phát triển các trang thiết bị phân phối về sau này. Tương tự chúng ta phải tôn trọng tất cả những quy định, quy tắc quy phạm về trạm điện, phải am hiểu và tôn trọng quy phạm về vận hành, về an toàn và về hỏa hoạn...

Để thỏa mãn được điều kiện kỹ thuật nêu trên, thì ngoài việc thiết kế đúng, đạt được chất lượng xây dựng và lắp ráp trạm thì còn phải :

- Lựa chọn đúng trang thiết bị tùy theo các tham số về điện mà ta biết, phải lắp ráp trạm đúng theo quy phạm và đúng với tất cả những yêu cầu vận hành thuận tiện.

- Phải tôn trọng khoảng cách giữa các pha và giữa các phần dẫn điện đến cấu trúc nổi đất và xung quanh.

- Khả năng loại nhanh hỏa hoạn và các sự cố xảy ra ở trang bị điện.

- Thuận tiện trong thao tác và trong việc vận chuyển các trang thiết bị điện để lắp ráp và sửa chữa, tức là phải đảm bảo các kích thước cần thiết của các lối đi và các hành lang.

- Phải thực hiện nổi đất bảo vệ.

- Phải sử dụng các tín hiệu cần thiết...

Yêu cầu giảm vốn đầu tư xây dựng trạm điện sẽ chi phối đến toàn bộ việc chọn các loại cấu trúc hợp lý.

5.5.1. Trạm hạ áp phân xưởng loại ngoài trời

Đối với các xí nghiệp công nghiệp bé, thông thường ở đây lưới điện của hệ thống cung cấp là đường dây trên không, do đó người ta thường hay dùng trạm biến áp loại ngoài trời kiểu ở trên cột điện.

Do vì trọng lượng của máy biến áp ba pha hay 3 máy biến áp 1 pha (từ 25 đến 240 KVA) và của các thiết bị điện và khí cụ bảo vệ tương đối nhỏ (khoảng 300 đến 1800 kg) nên toàn bộ trang thiết bị của trạm biến áp sẽ được treo trên các giá đỡ mắc vào một, hai hay bốn cột bằng gỗ hay xi măng cốt thép. Các cột này có chiều cao tương đối để cho người lạ không dễ dàng leo lên được trong quá trình vận hành.

Đối với các máy biến áp lớn hơn 240 KVA sẽ không treo trên các cột vì trọng lượng của chúng quá lớn, hoặc đối với máy biến áp ba pha chế tạo cùng chung lõi thép có dung lượng bé hơn 240 KVA cũng không treo trên một cột (vì khi treo sẽ không đảm bảo trọng lượng được cân xứng đều nhau trên cột)... Khi đó, người ta đặt máy biến áp ba pha trên nền gỗ hay trên nền xi măng cốt thép ở ngay dưới chân cột điện và được vây rào bảo vệ xung quanh với chiều cao 2m50 để ngăn cản người hay vật đến gần trạm.

Cột gỗ để treo máy được sử dụng phải sấy tẩm công nghiệp tốt, nhưng thực ra ít dùng, mà người ta hay dùng cột xi măng cốt thép đúc ly tâm. Các cột này có ưu điểm chính là sức bền cơ khí lớn, tuổi thọ cao, việc lắp ráp trạm dễ dàng và chi phí bảo quản bé.

Sơ đồ điện của trạm hạ áp này rất đơn giản. Trên phần phía cao áp thường thực hiện theo sơ đồ khối (đường dây cung cấp – máy biến áp), cầu chì loại ống và dao cách ly điều khiển ở dưới đất.

Đôi khi, người ta xây dựng các trạm điện có công suất lớn hơn gồm hai máy biến áp đến 240 KVA và có hai hộ đưa đến. Ở phía hạ áp có thanh cái đơn và có các đường dây đi từ thanh cái này đến hộ tiêu thụ, có các thiết bị đóng cắt và bảo vệ như áp tô mát và cầu chì. Các biến áp được treo trên các cột cần phải đặt ở chiều cao ít nhất là 4m5 (từ mặt đất đến phần tử dẫn điện).

Các máy biến áp được đặt trên nền ở ngay chân cột cần phải rào bằng lưới mắt cáo có các mắt tương đối dày (20x20 mm). Lưới rào phải đặt ở khoảng cách ít nhất là 2m đối với các phần có điện áp.

Bộ phận tay cầm truyền động để đóng mở dao cách ly thực hiện từ mặt đất phải được khóa lại hay được tháo rời ; khi cần thiết sẽ lắp vào để thao tác.

Bảng điện áp thấp có các khí cụ bảo vệ (cầu chì và áp tô mát) cần phải được đóng kín trong một hộp kim loại và được gọi là tủ phân phối điện áp thấp.

Đường dây nối giữa máy biến áp và bảng điện áp thấp, hay đường dây nối giữa bảng và đường dây trên không điện áp thấp cần phải dùng dây dẫn bọc cách điện (chịu được đối với điện áp từ 1000V) để bảo vệ chống hư hỏng do cơ khí.

5.5.2. Trạm hạ áp phân xưởng loại trong nhà

Đối với công suất lớn hơn (320 KVA hay nhiều hơn), cũng như trong trường hợp có yêu cầu thuận lợi trong vận hành hoặc trong điều kiện đặc biệt như : không khí độc hại của quá trình sản xuất, không gian bố trí trạm quá ít... thì người ta xây dựng trạm biến áp phân xưởng loại trong nhà ; ở trạm này các trang thiết bị điện được đặt trong nhà.

Trạm hạ áp phân xưởng loại này có sơ đồ nối dây đơn giản và thường dùng sơ đồ khối ; người ta chỉ dùng sơ đồ khối có thanh cái khi có hai hay ba máy biến áp hay khi ở trạm có các hộ tiêu thụ ở điện áp cao.

Các khí cụ và thiết bị điện ở phần cao áp là cầu chì ống, máy cắt phụ tải với cầu chì, hay máy cắt điện có dầu hay không khí nén. Cầu chì và máy cắt phụ tải sẽ bảo vệ máy biến áp, ngoài ra máy cắt phụ tải còn dùng để đóng mở máy biến áp trong quá trình vận hành. Tuy nhiên, việc sử dụng máy cắt điện rất hạn chế vì giá thành của trạm sẽ rất cao.

Theo cách nhìn bố trí bên trong, trạm chỉ có thể có một buồng hay nhiều buồng.

Khi sơ đồ chỉ có một máy biến áp nối đến đường dây cung cấp điện áp cao, không có máy cắt điện, tất cả các trang thiết bị và khí cụ điện có số lượng không nhiều thì có thể lắp cùng với máy biến áp trong một buồng. Đối với các sơ đồ khác có nhiều máy biến áp thì sẽ có nhiều buồng, cứ mỗi buồng riêng biệt dành cho một máy biến áp có dầu, ngoài ra có một buồng dành cho các thiết bị cao áp và một buồng khác dành cho các thiết bị phân phối điện áp thấp.

Đôi khi còn cần phải có thêm một buồng riêng biệt để đặt các tụ điện tĩnh để cải thiện và nâng cao hệ số công suất khi hộ tiêu thụ công nghiệp tiêu thụ công suất phản kháng lớn.

Để dễ dàng cho việc phục vụ, thì xung quanh trạm biến áp nên dự kiến một không gian cần thiết để đi lại. Khoảng cách tự do từ máy biến áp đến tường cần phải đảm bảo 0,3 đến 0,6 m, tùy theo công suất của máy biến áp ; khoảng cách đến cửa phải ít nhất là 0,8 m.

Ở phía dưới mỗi máy biến áp dầu, không phụ thuộc vào công suất, hoặc ở dưới mỗi thiết bị điện có chứa một số lượng dầu từ 25 kg trở lên, thì phải dự kiến thêm một « hệ thống ống góp dầu » được tính toán sao cho có thể chứa được toàn bộ số lượng dầu này, nhằm giới hạn sự nguy hiểm do hỏa hoạn khi xảy ra sự cố thiết bị hay máy biến áp (Ví dụ bị nổ đột xuất).

Đối với những trang thiết bị có chứa dầu nhiều (song với số lượng dầu ít hơn 60kg đối với mỗi thiết bị) thì sẽ được đặt ở tầng trệt, ở đó phải có những cửa thông trực tiếp với

bên ngoài và phải dự kiến ở cạnh chỗ hệ thống ống góp dầu phải có một chỗ chứa vật liệu chống cháy đảm bảo để có thể dập tắt lửa khi hỏa hoạn.

Nhằm mục đích tỏa nhiệt tốt, buồng máy biến áp phải có hệ thống thông gió sao cho sự khác nhau giữa nhiệt độ không khí đi ra khỏi buồng và không khí từ ngoài vào không vượt quá 15°C , khi vận hành với công suất định mức của máy biến áp. Hệ thống thông gió có thể là thông gió tự do hay thông gió cưỡng bức. Hệ thống thông gió của buồng máy biến áp không nên liên hệ đến các hệ thống thông gió khác. Thông thường trạm biến áp phân xưởng được thực hiện thông gió tự nhiên. Do đó ở phần phía dưới của cửa buồng và phần phía trên tường buồng máy biến áp người ta bố trí các lỗ thông gió.

Chiều cao của buồng được xác định bởi chiều cao của máy biến áp, vào khả năng đặt các phần dẫn điện, các trang thiết bị và khí cụ điện ở trong buồng, đồng thời vào chiều cao cần thiết để đảm bảo thông gió tốt.

Việc nối dây giữa máy biến áp và buồng phân phối điện áp cao (nếu có), cũng như việc nối đến bảng điện áp thấp có thể thực hiện bằng thanh dẫn điện hay cáp.

Thông thường người ta sử dụng máy cắt điện không có dầu hoặc dầu ít. Việc sử dụng máy cắt điện nhiều dầu chỉ cho phép trong các phòng kín và số lượng máy không quá 2, mỗi một máy cắt điện có số lượng dầu nhiều nhất khoảng 60 kg (theo các tiêu chuẩn hiện nay).

Đối với trạm hạ áp, người ta tiến hành các biện pháp bảo vệ sau :

- Buồng điện áp cao cần phải ngăn cách với buồng điện áp thấp.
- Dây trần dẫn điện cần phải đặt ở chiều vao bé nhất là 2,5 m đối với nền nhà, cần phải ngăn cách các ngăn đặt thiết bị bằng dây thép đan thành ô. Các cửa phải mở ra phía ngoài và không được bố trí cửa sổ ở các ngăn này. Máy biến áp dầu có công suất từ 320 KVA trở lên cần phải bố trí thêm role hơi.

5.5.3. Trạm hạ áp phân xưởng loại được chế tạo sẵn thành tủ

Loại này gồm có : một hay 2 máy biến áp hạ áp (công suất tối đa 750 KVA cho mỗi máy), được đặt trong buồng con bằng kim loại hoặc đẽ hờ (nếu loại biến áp dầu), hệ thống phân phối điện áp cao (6 hay 10 KV) gồm một hay nhiều tủ con được gia công và lắp đặt sẵn theo một sơ đồ nối nào đó. Một hệ thống phân phối điện áp thấp 380/220 V hay 220/127 V cũng gồm các tủ cấu kiện gia công sẵn. Đường dây nối giữa các máy biến áp và trang thiết bị phân phối là các thanh trần đặt bên trong các khung bằng kim loại của các tủ gia công sẵn này.

Những trạm này được đặt trực tiếp trong các phân xưởng sản xuất của các xí nghiệp. Đại đa số các tủ được trang bị các máy cắt điện loại dầu ít hay loại không khí nén, thỉnh thoảng có tủ được trang bị máy cắt phụ tải và cầu chì ống. Các loại tủ gia công sẵn cũng có nhiều kiểu cấu trúc, có loại cấu trúc hở, cấu trúc kín và cấu trúc hỗn hợp.

Các trang thiết bị điện đặt trong các tủ gia công sẵn riêng biệt với nhau.

Các tủ đường điện áp cao đưa đến gồm có một dao cách ly 3 pha loại bố trí thao tác bằng tay, nhóm dây cáp, đèn tín hiệu và các tiếp điểm phụ. Bộ phận cơ khí thực hiện thao tác dao cách ly và đèn tín hiệu đặt ở phía trên mặt trước tủ này. Máy biến áp kiểu khô có công suất 100 đến 750 KVA cũng được đặt trong buồng kim loại ngay cạnh tủ đường dây cao áp đưa đến. Ở phía trước buồng máy biến áp có các khe nhỏ. Các khí cụ đo lường lắp ở phía trước các tủ. Các khí cụ bảo vệ, công tơ và các giá con để nối mạch nhị thứ đặt phía

trong tủ ở ngay mặt trước và mặt cạnh tủ. Phía dưới các tủ này có rãnh cáp để đưa cáp từ thanh cái hạ áp đến các hộ tiêu thụ.

5.6. ĐO LƯỜNG VÀ KIỂM TRA TRONG TRẠM BIẾN ÁP TRUNG/ HẠ ÁP

- Kiểm tra phụ tải: Với trạm có công nhân trực ban cứ sau (0,5÷1) h phải kiểm tra phụ tải của máy biến áp và các đường dây xuất tuyến, ghi các trị số đọc được ở các đồng hồ đo vào sổ theo dõi.

- Kiểm tra định kỳ: Bất kỳ đối với máy biến áp làm việc hay dự phòng và các thiết bị phân phối đều phải kiểm tra định kỳ bao gồm: Kiểm tra màu sắc, mức cao thấp, độ rò của dầu. Kiểm tra sứ cách điện, các thiết bị bảo vệ... Khi khí hậu thay đổi cũng phải kiểm tra đột suất. Ví dụ đối với máy biến áp cần phải kiểm tra định kỳ như sau để phát hiện kịp thời các hư hỏng

+ Kiểm tra mức dầu ở ống chỉ mức dầu ở bình dầu phụ

+ Kiểm tra nhiệt độ dầu trong máy biến áp theo nhiệt kế đặt ở trên nắp máy biến áp hoặc theo các nhiệt ngẫu.

+ Chất lượng dầu của máy biến áp theo sự biến màu của hạt hút ẩm.

+ Kiểm tra xem dầu có bị rỉ chảy ở các gioăng siết dưới đáy máy, ở chân các sứ dầu vào, đầu ra, ở các cánh làm mát...

+ Kiểm tra các sứ của máy biến áp, kiểm tra hiện tượng sứ bị nứt, dấu vết phóng điện trên mặt sứ...

+ Nên lắng nghe tiếng kêu của máy biến áp xem có bình thường không. Nếu kêu khác lạ hoặc kêu to thì phải lưu ý.

+ Kiểm tra hệ thống thông gió

+ Trong thời gian máy biến áp mang tải tối đa phải kiểm tra mức đồng đều của việc phân bố phụ tải trên 3 pha.

+ Đối với máy biến áp đặt trong nhà, phải kiểm tra cửa ra vào, kiểm tra khóa, kiểm tra mái có bị dột hay không, tình trạng thông gió của máy...

- Kiểm nghiệm: Phải tiến hành kiểm nghiệm máy biến áp, máy cắt dầu và cáp. Với công tơ thường một năm phải điều chỉnh lại một lần.

5.7. VẬN HÀNH TRẠM BIẾN ÁP TRUNG/ HẠ ÁP

Khi thiết kế trạm biến áp và các thiết bị phân phối trong trạm, ngoài việc thoả mãn các yêu cầu về kinh tế và kỹ thuật còn cần chú ý tới vấn đề thuận tiện và an toàn trong vận hành. Thiết kế và vận hành có quan hệ mật thiết với nhau, kết quả của thiết kế một phần do kinh nghiệm vận hành mà có, đồng thời vận hành chính là lúc thử thách thiết kế có tốt hay không. Nếu người vận hành không hiểu hết ý đồ của người thiết kế và không tuân theo những điều kiện qui định trong thiết kế thì khó phát huy được hết các ưu điểm của phương án được thiết kế. Vì vậy muốn vận hành tốt, đầu tiên phải nắm vững tinh thần của bản thiết kế và những điều chỉ dẫn cần thiết.

Mặt khác phải căn cứ vào các qui trình, qui phạm đã được ban hành để đề ra những qui định thích hợp trong vận hành bao gồm các mặt: Thao tác, kiểm tra thường xuyên và định kỳ sửa chữa, bảo dưỡng. Nếu có qui định chặt chẽ và thường xuyên, nghiêm chỉnh

chấp hành các qui định về thao tác, kiểm tra và bảo dưỡng các thiết bị điện thì sẽ hạn chế được nhiều sự cố do tác động nhằm lẫn gây ra, có khả năng phát hiện sớm các sự cố, sửa chữa kịp thời, ngăn ngừa được sự cố lan tràn.

5.7.1. Trình tự thao tác

Trình tự thao tác đóng cắt các thiết bị điện như máy cắt, dao cách ly ... hoàn toàn phụ thuộc vào kết cấu của trạm, vào mức độ trang bị các thiết bị điện của trạm, vào phương thức vận hành của trạm. Nhưng nói chung khi bắt đầu cung cấp điện người ta phải đóng các thiết bị đóng cắt như dao cách ly, máy cắt ... từ phía nguồn đến phụ tải. Khi cắt thì thao tác ngược lại.

Ví dụ: Trình tự thao tác đóng cắt điện một trạm biến áp như (hình 5-4).

1. Bắt đầu cung cấp điện

- Đóng dao cách ly của thiết bị chống sét.
- Đóng hoặc cắt dao cách ly của đường dây vào trạm ở phía cao áp tùy theo phương thức vận hành là trạm lấy điện từ cả hai nguồn hoặc một nguồn. Đóng dao cách ly ở hai phía của cả hai máy cắt liên lạc ở phía cao và hạ thế của máy biến áp. Đóng hoặc cắt các dao cách ly, nối với hệ thống thanh cái kép ở phía hạ thế của máy biến áp tùy theo phương thức vận hành.

- Đóng hoặc không đóng các máy cắt liên lạc ở phía cao thế, phía hạ thế của máy biến áp, tùy theo phương thức vận hành.

- Đóng dao cách ly, máy cắt cao thế của máy biến áp.
- Đóng máy cắt hạ thế của máy biến áp (trong trường hợp này có thể đóng đồng thời cả hai máy cắt cao và hạ thế máy biến áp).
- Đóng các máy cắt của các đường dây đi ra.

2. Khi ngừng cung cấp điện

- Cắt các máy cắt của các đường dây dẫn điện đến các phụ tải ở phía thứ cấp máy biến áp.
- Cắt máy cắt hạ thế, máy cắt cao thế (hoặc cắt đồng thời) của máy biến áp.
- Cắt dao cách ly của đường dây vào trạm.

3. Đóng máy biến áp vào vận hành

Việc đóng máy biến áp vào vận hành được tiến hành như sau: Đầu tiên phải đóng dao cách ly phía đầu vào và đầu ra của máy biến áp rồi mới đóng máy cắt.

4. Cắt máy biến áp

Cắt máy biến áp trình tự thao tác ngược lại so với trường hợp đóng máy biến áp vào làm việc, nhưng trong trường hợp này phải lưu ý. Vì đây là trạm cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ điện loại I và loại II, có yêu cầu cung cấp điện liên tục nên nếu trước đó một máy ở chế độ dự phòng nguội (không đóng điện) thì phải kiểm tra và đóng máy đó vào trước rồi mới được cắt máy biến áp đang làm việc ra. Nếu cả hai máy biến áp trước đó đều mang tải thì cần phải xem xét, thao tác sao cho khi cắt một máy ra thì máy còn lại không bị quá tải quá mức cho phép. Nếu cắt máy biến áp ra để tiến hành bảo dưỡng, sửa chữa thì phải

tháo điện áp tàn dư trên cuộn dây của máy biến áp trước khi tiến hành bảo dưỡng, sửa chữa.

Đối với hệ thống thanh cái kép khi chuyển từ trạng thái dự phòng sang làm việc, chuyển tải từ thanh cái này sang thanh cái khác, hoặc đưa một thanh cái ra bảo dưỡng, sửa chữa, trước khi thao tác đóng cắt các dao cách ly nối với hệ thống thanh cái này, cần phải tiến hành thao tác kiểm tra thực hiện đẳng thế (bằng các máy cắt liên lạc) các thanh cái để tránh hư hỏng các dao cách ly.

5.7.2. Vận hành kinh tế máy biến áp

Trong một xí nghiệp có nhiều máy biến áp, số máy biến áp làm việc đồng thời hoặc nghỉ tùy thuộc vào sự biến đổi của phụ tải. Việc sắp xếp cho bao nhiêu máy làm việc hoặc nghỉ là để đảm bảo cho tổn thất điện năng và chi phí vận hành là nhỏ nhất, đạt được hiệu quả kinh tế cao nhất.

Giả sử một trạm có hai máy biến áp (hình 5-10, với công suất của máy biến áp 2 lớn hơn máy biến áp 1) ta hãy xét xem nên cho hai máy đó vận hành như thế nào để đạt hiệu quả kinh tế cao nhất. Ta biết rằng tổn thất công suất tác dụng trong máy biến áp (kể cả thành phần do công suất phản kháng gây ra) được tính như sau:

$$\Delta P'_B = \Delta P'_0 + \Delta P'_N \cdot \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

Trong đó:

$$\Delta P'_0 = \Delta P_0 + k_{kt} \cdot \Delta Q_0$$

$$\Delta P'_N = \Delta P_N + k_{kt} \cdot \Delta Q_N$$

k_{kt} : Đương lượng kinh tế của công suất phản kháng.

Từ biểu thức trên ta thấy tổn thất công suất trong máy biến áp gồm hai thành phần:

- Thành phần không phụ thuộc vào phụ tải: $a = \Delta P'_0$
- Thành phần phụ thuộc vào phụ tải: $bS^2 = \frac{\Delta P'_N}{S_{dm}^2} \cdot S^2$

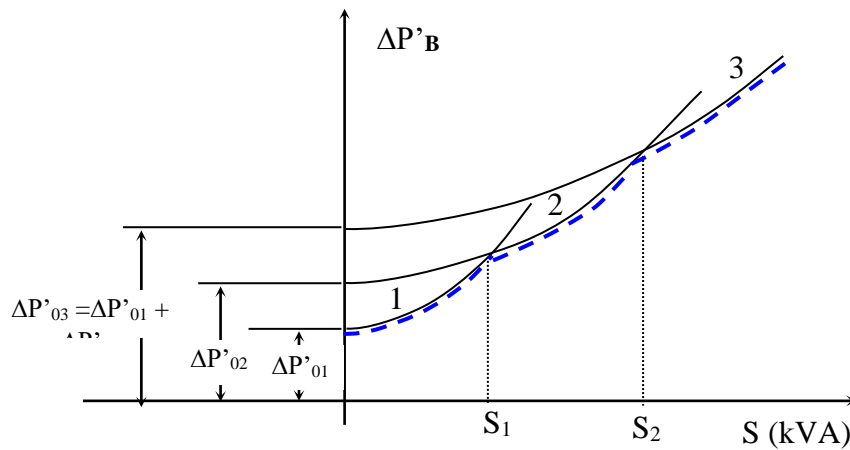
Vậy:
$$\Delta P'_B = a + b \cdot S^2$$

Đường cong biểu diễn mối quan hệ:

$$\Delta P'_B = f(S) \text{ là đường parabol (hình 5-10)}$$

Trên hình vẽ ta thấy đường cong nét đứt là đường vận hành máy biến áp với tổn thất công suất bé nhất. Như vậy:

- Khi $S \leq S_1$ ta cho một máy biến áp số 1 làm việc.
- Khi $S_1 < S \leq S_2$ ta cho máy biến áp số 2 làm việc.
- Khi $S > S_2$ nên cho cả hai máy biến áp vận hành song song.



Hình 5 - 10. Các đường cong quan hệ $\Delta P'_B = f(S)$ của các máy biến áp.

- Đường 1 là đường cong $\Delta P'_B = f(S)$ của máy biến áp 1 làm việc.
- Đường 2 là đường cong $\Delta P'_B = f(S)$ của máy biến áp 2 làm việc.
- Đường 3 là đường cong $\Delta P'_B = f(S)$ của 2 máy biến áp làm việc song song.

Nếu trạm có n máy giống nhau thì biểu thức sau cho phép tính trị số phụ tải giới hạn, khi phụ tải lớn hơn phụ tải giới hạn nên chuyển từ việc vận hành $(n-1)$ máy sang vận hành n máy để có lợi về kinh tế.

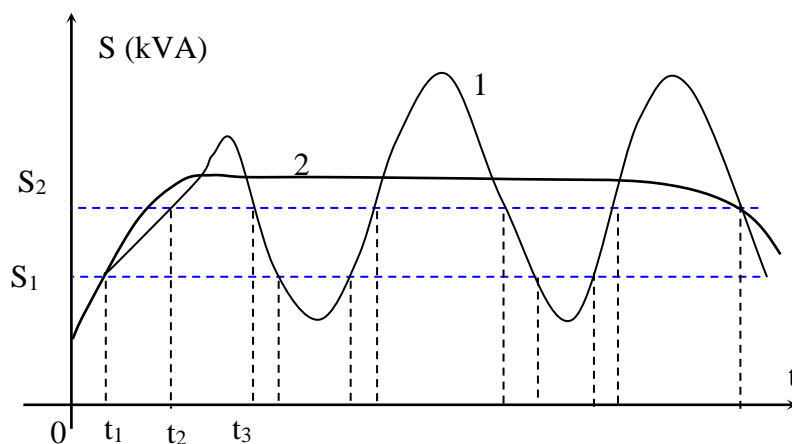
$$S = S_{dm} \cdot \sqrt{n \cdot (n - i) \cdot \frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N}}$$

Giả thiết một xí nghiệp có đồ thị phụ tải điện như đường cong số (1) trên (hình 5-11).

Nếu trạm biến áp xí nghiệp cũng có hai máy như (hình 5-11). Nếu muốn vận hành kinh tế theo những chỉ dẫn đã trình bày ở trên thì trong những khoảng thời gian:

- 0 đến t_1 cho máy 1 vận hành.
- t_1 đến t_2 cho máy 2 vận hành.
- t_2 đến t_3 cho hai máy vận hành song song ...

Phương thức vận hành như vậy trong thực tế không cho phép vì việc đóng cắt máy biến áp nhiều sẽ ảnh hưởng xấu đến tuổi thọ của thiết bị và làm cho công nhân vận hành phải theo dõi rất căng thẳng, khi đó ta nên sắp xếp bố trí các máy sản xuất làm việc sao cho đồ thị phụ tải tương đối bằng phẳng (đường cong số 2). Chỉ sau khi đã điều chỉnh như vậy ta mới căn cứ vào trị số phụ tải mà cho các máy biến áp vận hành phù hợp với các chỉ dẫn đã trình bày ở trên.



Hình 5 - 11. Vận hành trạm hai máy biến áp theo sự biến thiên của phụ tải

Cần chú ý là cách giải quyết vấn đề vận hành kinh tế máy biến áp như trên là thuận tiện, đơn giản nhưng chưa hoàn toàn chính xác. Nhu cầu đặt ra là vận hành thế nào để tổn thất điện năng trong máy biến áp là bé nhất. Nhưng tổn thất điện năng không những phụ thuộc vào tổn thất công suất mà còn phụ thuộc vào thời gian và chế độ vận hành của máy.

Tổn thất điện năng hàng năm trong máy biến áp được xác định theo biểu thức:

$$\Delta A = \Delta P'_{ot} + \Delta P'_N \cdot \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau$$

Trong đó:

- t là thời gian đóng máy biến áp vào lưới (h).
- τ là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất (h).

Như vậy ứng với mỗi chế độ làm việc của máy biến áp (1 ca, 2 ca hoặc 3 ca) ta có trị số t và τ không đổi. Lấy đạo hàm của tổn thất điện năng theo phụ tải và cho bằng 0.

$$\frac{d\Delta A}{dS} = 0$$

Giải ra ta sẽ tìm được trị số phụ tải S ứng với ΔA nhỏ nhất, đó chính là phụ tải kinh tế của máy biến áp.

CHƯƠNG VI

TÍNH TOÁN ĐIỆN

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần nắm được:

- Khái niệm chung
- Tổn thất công suất trong mạng điện
- Tổn thất điện năng trên mạng điện
- Tổn thất điện áp trong mạng điện
- Bài tập ứng dụng

6.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Tính toán về điện là xác định thông số chế độ của lưới điện.

Tính toán về điện bao gồm việc tính các loại tổn thất trong hệ thống cung cấp điện như tổn thất công suất, tổn thất điện năng, tổn thất điện áp cũng như các tính toán về phân bố công suất trong mạng kín, lựa chọn tiết diện dây dẫn và cáp, tính toán các chế độ vận hành... Do đó tính toán điện đóng vai trò quan trọng trong thiết kế và vận hành hệ thống cung cấp điện.

Để đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện, để xác định tổng phụ tải, chọn các phần tử của mạng điện và thiết bị điện, xác định phương án bù công suất phản kháng, biện pháp điều chỉnh điện áp nhằm nâng cao chất lượng điện, chúng ta phải căn cứ vào các số liệu tính toán của phần này.

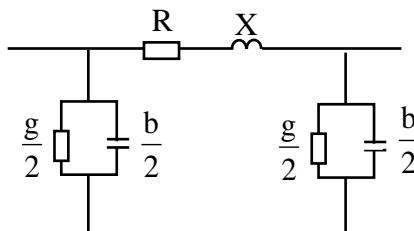
Tùy mục đích sử dụng mà việc tính toán về điện đòi hỏi độ chính xác khác nhau. Để tính toán được chính xác ta cần có và xử lý dữ liệu ban đầu cho tốt, chú ý đến các yếu tố ảnh hưởng đến các dữ kiện.

Để khối lượng tính toán giảm bớt, ta có thể sử dụng các biểu đồ, bảng tính sẵn trong các sách tra cứu kỹ thuật. Khi sử dụng cần chú ý tìm hiểu kỹ xem chúng được xây dựng trên cơ sở nào để vận dụng chúng cho thích hợp.

6.1.1. Thông số của đường dây

Mỗi đường dây đều có điện trở R , điện kháng X , điện dẫn tác dụng g và điện dung rò b .

Sơ đồ thay thế của đường dây như (hình 6-1).



Hình 6-1. Sơ đồ thay thế của đường dây

Thực tế các tham số R , X , g , b phân bố đều dọc theo đường dây, nhưng vì mạng điện xí nghiệp chiều dài không lớn, điện áp ≤ 35 kV ta có thể dùng tham số tập chung để tính toán cho đơn giản và sai số cũng rất nhỏ.

Đối với đường điện áp thấp (≤ 35 kV), công suất nhỏ ta chỉ cần xét đến R và X .

Các loại dây dẫn được ký hiệu bằng những chữ cái và chữ số:

- + Chữ cái dùng để chỉ nguyên liệu chế tạo dây dẫn.
- + Chữ số để chỉ tiết diện của dây (mm^2).

Ví dụ:

- M: Đồng.
- A: Nhôm.
- AC: Nhôm lõi thép.
- ACY: Nhôm lõi thép tăng cường.

-ПІС: Dây thép.

-ПІМС: Thép pha đồng.

1. Điện trở của đường dây

Điện trở của đường dây được xác định theo biểu thức:

$$R = \frac{\ell}{\gamma \cdot F} \quad (\Omega) \quad \text{Hoặc} \quad R = \rho \cdot \frac{\ell}{F} \quad (\Omega). \quad (6-1)$$

Trong đó:

- ℓ là chiều dài của đường dây (m).

- γ là điện dẫn suất của vật liệu làm dây dẫn ($\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$).

- ρ là điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn ($\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$).

- F là tiết diện dây dẫn (mm^2).

Trong thực tế điện trở của dây dẫn đã được tính sẵn cho một đơn vị chiều dài đường và được lập thành bảng trong sổ tay hoặc tham khảo (bảng 6-1, 6-2).

Điện trở của đường dây được tính theo công thức:

$$R = r_0 \cdot \ell \quad (\Omega) \quad (6-2).$$

Trong đó:

- r_0 là điện trở trên một đơn vị chiều dài đường dây ($\frac{\Omega}{\text{km}}$).

- ℓ là chiều dài đường dây (km).

Ở 20°C điện trở suất của các vật liệu thường dùng có giá trị như sau:

- Đồng $\rho_{\text{Cu}} = 0,018 \quad (\Omega \text{mm}^2/\text{m})$.

- Nhôm $\rho_{\text{Al}} = 0,029 \quad (\Omega \text{mm}^2/\text{m})$.

- Thép $\rho_{\text{Fe}} = 0,14 \quad (\Omega \text{mm}^2/\text{m})$.

Kết quả tính toán điện trở đường dây theo biểu thức (6-1) không hoàn toàn giống như ở bảng tra trong sổ tay hoặc bảng (6-1), (6-2) mà thường nhỏ hơn, vì các lý do sau đây:

- Hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện xoay chiều khiến dòng điện phân bố dày hơn ở mặt ngoài của dây dẫn, do đó điện trở suất ρ tăng lên.

- Mạng điện có nhiều đường dây có phụ tải lớn đặt gần nhau sẽ ảnh hưởng lẫn nhau nên mật độ phân bố dòng điện trong dây dẫn không đều.

- Nhiệt độ thay đổi làm điện trở suất thay đổi theo.

Trong trường hợp cần phải tính điện trở theo nhiệt độ thực tế (khác với nhiệt độ tiêu chuẩn 20°C) thì hệ số nhiệt điện trở của dây đồng và dây nhôm lấy bằng 0,004/1°C. Biểu thức tính điện trở theo nhiệt độ thực tế như sau:

$$R = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(t - 20)] \quad (6-3).$$

Trong đó:

+) α là hệ số nhiệt điện trở.

+) t là nhiệt độ thực tế của đường dây.

- Phần lớn các loại dây đều là dây vặn xoắn, nên chiều dài thực tế của nó thường lớn hơn (2÷3)%.

- Tiết diện dây vặn xoắn lớn hơn tổng tiết diện của các sợi dây nhỏ cấu tạo nên sợi dây đó.

Trong 5 nhân tố kể trên thì hai nhân tố cuối cùng ảnh hưởng nhiều nhất đến trị số của điện trở R.

*) *Điện trở của dây thép:*

Dây thép có hệ số từ thẩm μ rất lớn ($\mu \gg 1$), μ có quan hệ với cường độ từ trường hay nói cách khác μ thay đổi theo dòng điện chạy trong dây thép $\mu = f(I)$.

Nói chung ngày nay người ta không dùng dây thép để dẫn điện

2. Điện kháng của đường dây

Dây dẫn dòng điện xoay chiều nên xung quanh mỗi sợi dây xuất hiện từ trường xoay chiều có từ thông biến đổi. Vì vậy trong dây dẫn có hiện tượng tự cảm do đó ta phải xét tới tự cảm L. Dây dẫn của ba pha đặt gần nhau nên có hồ cảm M. Từ đó ta phải xét tới điện kháng X của đường dây.

Theo nguyên lý cơ sở kỹ thuật điện thì điện cảm một pha của đường dây tải điện xoay chiều ba pha có hoán vị dây dẫn được xác định như sau:

$$x_0 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot (4,6 \cdot \log \frac{D_{tb}}{r} + 0,5 \cdot \mu) \cdot 10^{-4} \quad (6-4).$$

Trong đó:

- f là tần số của mạng điện (Hz).

- D_{tb} là khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn (cm), (mm).

- r là bán kính ngoài của dây dẫn (cm), (mm).

- μ là hệ số từ thẩm tương đối của dây dẫn.

- x_0 là điện kháng trên một đơn vị chiều dài dây dẫn (Ω/km).

Nếu đường dây dẫn điện xoay chiều có tần số $f = 50 \text{ Hz}$, dây dẫn là kim loại màu có $\mu \approx 1$ thì:

$$x_0 = 0,144 \cdot \log \frac{D_{tb}}{r} + 0,016 \mu \quad (\Omega/\text{km}).$$

$$\text{Hoặc: } x_0 = x'_0 + x''_0$$

Trong đó:

- x'_0 là điện kháng ngoài.

- x''_0 là điện kháng trong.

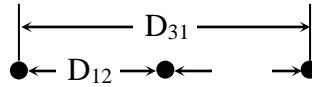
Đối với kim loại màu $\mu = 1$ nên x''_0 bé so với x'_0 , do đó ta có thể bỏ qua x''_0 tức là cho phép lấy $x_0 = x'_0$.

Đối với dây thép μ lớn tức x''_0 lớn nên trong tính toán không thể bỏ qua x''_0 được.

Trong thực tế tính toán ít khi phải dùng công thức (6-4) để tính x_0 mà thường tra x_0 trong sổ tay hoặc các bảng trong phụ lục.

Trong bảng tra x_0 người ta cho sẵn quan hệ $x_0 = f(F, D_{tb})$ trong đó F là tiết diện dây dẫn, còn D_{tb} là khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn.

D_{tb} được xác định như sau:



Hình 6-3. Bố trí dây dẫn trên cột theo mặt phẳng nằm ngang

Đối với mạng 3 dây đặt trên 3 đỉnh tam giác bất kỳ (hình 6-2a):

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}}$$

Đối với mạng 3 dây đặt trên đỉnh của tam giác đều (hình 6-2b) thì: $D_{12} = D_{23} = D_{31}$ do đó:

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}} = \sqrt[3]{D^3} = D_{12} = D$$

Đối với mạng 3 dây đặt trên mặt phẳng nằm ngang (hình 6-3) thì:

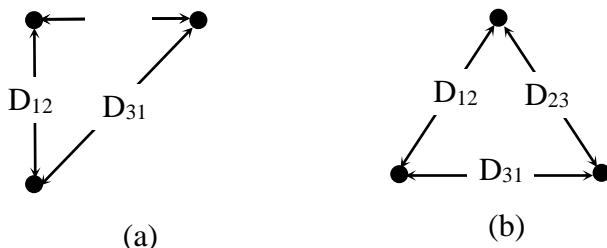
$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}} = \sqrt[3]{D \cdot 2D \cdot D} = 1,26 \cdot D$$

Khi tra bảng x_0 thì điện kháng của đường dây được tính như sau:

$$X = x_0 \cdot \ell \quad (6-5)$$

Trong đó: ℓ là chiều dài của đường dây (km).

Trong thực tế khi tiết diện dây dẫn và cách bố trí dây dẫn thay đổi thì điện kháng của đường dây thay đổi không đáng kể, vì vậy trong tính toán người ta cho phép lấy các giá trị gần đúng sau đây:



Hình 6-2. Bố trí dây dẫn trên cột theo hình tam giác

- a) Dây dẫn đặt trên đỉnh tam giác bất kỳ.
- b) Dây dẫn đặt trên đỉnh tam giác đều.

- Đường dây điện áp cao:
 $x_0 = 0,4 (\Omega/\text{km})$.

- Đường dây điện áp thấp:
 $x_0 = (0,25 \div 0,3) (\Omega/\text{km})$.

- Đường dây điện áp thấp

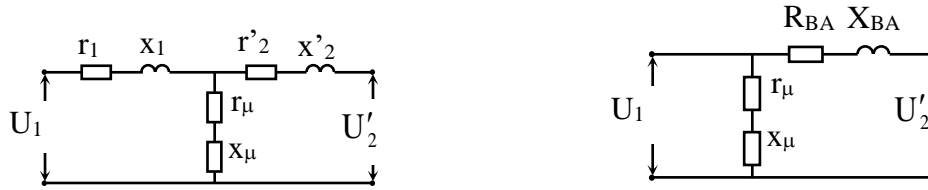
luôn trong ống hoặc các loại cáp điện: $x_0 = (0,07 \div 0,08) (\Omega/\text{km})$.

6.1.2. Thông số của máy biến áp ba pha hai dây quấn

Máy biến áp có nhiều vòng dây nên có trị số điện kháng X_B khá lớn. Do X_B lớn nên nó gây ra tổn thất công suất phản kháng khá lớn, khiến cho điện áp ở hộ dùng điện bị thay đổi nhiều. Vì vậy trong mạng điện không thể không kể tới điện kháng của máy biến áp. Căn cứ vào lý luận đã học ở phần máy điện, máy biến áp có sơ đồ thay thế như sau (hình 6-4).

Trong sơ đồ thay thế:

- r_1, x_1 là điện trở, điện kháng của cuộn sơ cấp.
- r'_2, x'_2 là điện trở, điện kháng của cuộn thứ cấp đã quy đổi về phía sơ cấp.
- r_μ, x_μ là điện trở và điện kháng từ hoá.



Hình 6-4. Sơ đồ thay thế của máy biến áp hai dây quấn

Để xác định các tham số trong sơ đồ thay thế người ta dựa vào thí nghiệm không tải và ngắn mạch.

Bằng thí nghiệm không tải người ta xác định được r_μ, x_μ .

Bằng thí nghiệm ngắn mạch người ta xác định được:

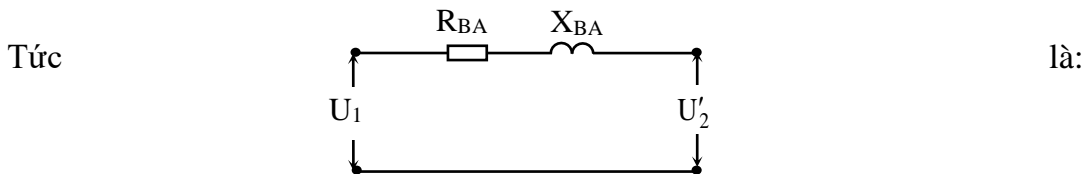
$$R_{BA} = r_1 + r'_2; \quad X_{BA} = x_1 + x'_2.$$

Đối với máy biến áp tổng trở từ hoá $Z_\mu = \sqrt{R_\mu^2 + X_\mu^2}$ lớn hơn rất nhiều tổng trở cuộn thứ cấp và sơ cấp.

$$Z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} \approx \sqrt{r'^2_2 + x'^2_2}$$

Vì vậy có thể coi $Z_\mu = \infty$ và sơ đồ thay thế máy biến áp còn lại rất đơn giản (hình 6 - 5).

Khi thí nghiệm ngắn mạch $U_{NM} = (5 \div 17)\% \cdot U_{dm}$ thì tổn thất trong lõi máy biến áp rất nhỏ. Có thể coi tổn thất ngắn mạch là tổn thất công suất trong cuộn dây của máy biến áp.



Hình 6- 5. Sơ đồ thay thế đơn giản của máy biến áp hai dây quấn

$$\Delta P_N = \Delta P_{Cu} = 3 \cdot I_{dm} \cdot R_{BA} \cdot 10^{-3}$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_N}{3 \cdot I_{dm}^2 \cdot 10^{-3}} = \Delta P_N \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \cdot 10^3 \quad (\Omega) \quad (6-6)$$

Khi biết được $U_N\%$ thì:

$$U_N \% = \frac{U_N}{\frac{U_{dm}}{\sqrt{3}}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{dm} \cdot Z_{BA}}{U_{dm}} \cdot 100 \cdot 10^{-3}$$

$$Z_{BA} = \frac{U_N \% \cdot U_{dm} \cdot 10^3}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{dm}} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot 10^3 \quad (\Omega) \quad (67)$$

Vậy điện kháng của máy biến áp được tính:

$$X_{BA} = \sqrt{Z_{BA}^2 - R_{BA}^2} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (6-8)$$

Trong đó:

$$\Delta P_N = \Delta P_{Cu} \text{ bằng kW}$$

U_{dm} bằng kV

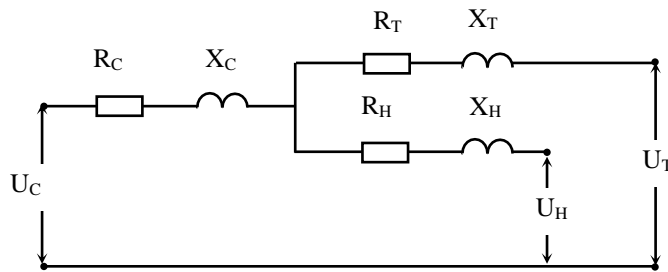
S_{dm} bằng kVA.

Chú ý:

Trong các công thức trên thì R_{BA} và X_{BA} là của một pha, ΔP_N là của 3 pha, U_{dm} là điện áp dây, S_{dm} là công suất 3 pha. Tính R_{BA} , X_{BA} , Z_{BA} muốn quy đổi về cấp nào (sơ cấp hay thứ cấp) thì lấy U_{dm} tương ứng ở cấp đó.

6.1.3. Thông số của máy biến áp ba pha ba dây quấn

Máy biến áp ba dây quấn có sơ đồ thay thế như (hình 6-6).



Hình 6-6. Sơ đồ thay thế của máy biến áp ba dây quấn

Trong sơ đồ R_C , X_C là điện trở, điện kháng của cuộn dây cao áp. R_T , X_T là điện trở, điện kháng của cuộn dây trung và R_H , X_H là điện trở, điện kháng của cuộn dây hạ áp.

Để xác định các tham số của sơ đồ người ta cũng tiến hành thí nghiệm không tải và ngắn mạch. Trong thí nghiệm ngắn mạch người ta đo được tổn thất công suất ngắn mạch và điện áp ngắn mạch:

$$\Delta P_{N(C-T)}, \Delta P_{N(T-H)}, \Delta P_{N(C-H)}$$

$$U_{N(C-T)\%}, U_{N(T-H)\%}, U_{N(C-H)\%}$$

Tổn hao công suất ngắn mạch và điện áp ngắn mạch quy đổi về các nhánh của sơ đồ thay thế trên như sau:

$$\Delta P_{NC} = 0,5.(\Delta P_{N(C-T)} + \Delta P_{N(C-H)} - \Delta P_{N(T-H)})$$

$$\Delta P_{NT} = 0,5.(\Delta P_{N(C-T)} + \Delta P_{N(T-H)} - \Delta P_{N(C-H)})$$

$$\Delta P_{NH} = 0,5.(\Delta P_{N(C-H)} + \Delta P_{N(T-H)} - \Delta P_{N(C-T)})$$

$$U_{NC}\% = 0,5.(U_{N(C-T)\%} + U_{N(C-H)\%} - U_{N(T-H)\%})$$

$$U_{NT}\% = 0,5.(U_{N(C-T)\%} + U_{N(T-H)\%} - U_{N(C-H)\%})$$

$$U_{NH}\% = 0,5.(U_{N(C-H)\%} + U_{N(T-H)\%} - U_{N(C-T)\%})$$

Đối với máy biến áp 3 dây quấn chỉ được chế tạo với công suất lớn nên điện trở nhỏ hơn điện kháng rất nhiều ($R_{BA} \ll X_{BA}$) do đó ta có thể bỏ qua điện trở khi đó coi $Z_{BA} \approx X_{BA}$.

9). Biểu thức tính điện trở và điện kháng của máy biến áp 3 pha 3 dây quấn như sau (6-9).

$$\begin{cases} R_C = \Delta P_{NC} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmC}^2} \cdot 10^3 \quad (\Omega) & X_C = \frac{U_{NC} \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmC}} \cdot 10^3 \quad (\Omega) \\ R_T = \Delta P_{NT} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmT}^2} \cdot 10^3 \quad (\Omega) & X_T = \frac{U_{NT} \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmT}} \cdot 10^3 \quad (\Omega) \\ R_H = \Delta P_{NH} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmH}^2} \cdot 10^3 \quad (\Omega) & X_H = \frac{U_{NH} \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmH}} \cdot 10^3 \quad (\Omega) \end{cases} \quad (6-9)$$

Trong đó:

ΔP_N tính bằng kW.

U_{dm} tính bằng kV.

S_{dm} tính bằng kVA.

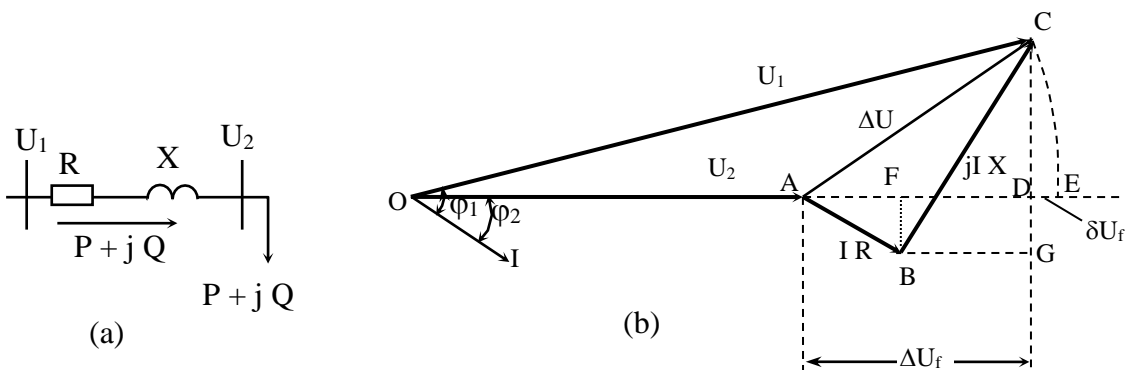
6.2. TỖN THẤT ĐIỆN ÁP TRONG MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP

6.2.1. Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha có 1 phụ tải tập trung

Giả sử cho đường dây có điện trở R, điện kháng X cung cấp cho một phụ tải ở cuối đường dây $S = P + jQ$. Điện áp ở đầu đường dây là U_1 và ở cuối đường dây là U_2 , dòng điện chạy trên đường dây là I. (hình 6-7).

Đồ thị véc tơ điện áp của đường dây là (hình 6-7b). Từ đồ thị ta thấy tổn thất điện áp trên đường dây gồm hai thành phần: Thành phần tổn thất do điện trở và thành phần tổn thất do điện kháng của đường dây gây ra. Hình chiếu của véc tơ tổn thất điện áp (AC) lên trục U_2 gọi là tổn thất điện áp pha ΔU_f (AD). Quay véc tơ U_1 về trùng với véc tơ U_2 , U_1 dài hơn U_2 một đoạn.

$$AE = AD + DE \text{ khi đó } \Delta U = \Delta U_f + \delta U_f.$$



Hình 6-7. Sơ đồ tính toán tổn thất điện áp.

a) Đường dây có một phụ tải tập trung.

b) Đồ thị vectơ điện áp của đường dây.

Trong mạng điện xí nghiệp thông thường góc φ_1 và φ_2 khác nhau không nhiều nên véc tơ U_1 gần như chùng với U_2 và kinh nghiệm cho thấy rằng nếu bỏ qua δU_f thì sai số

phạm phải không vượt quá 5%. Vì vậy khi tính tổn thất điện áp người ta thường bỏ thành phần δU_f .

Do đó ta có tổn thất điện áp pha:

$$\Delta U_f = AD = AF + FD = I(R\cos\varphi_2 + X\sin\varphi_2). \quad (6-10)$$

Nếu tính tổn thất theo điện áp dây thì: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot \Delta U_f$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R\cos\varphi_2 + X\sin\varphi_2) \quad (6-11)$$

Thay $I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}}$ vào (6-11) và lấy $U_{d2} = U_{dm}$ ta có:

$$\Delta U = \frac{S}{U_{dm}} \cdot (R\cos\varphi + X\sin\varphi)$$

$$\text{Hoặc } \Delta U = \frac{PR + QX}{U_{dm}} \quad (V) \quad (6-12)$$

Để so sánh người ta thường tính theo trị số phần trăm:

$$\Delta U\% = \frac{100}{1000} \cdot \frac{\Delta U}{U_{dm}} \quad (\%) \quad (6-13)$$

Trong biểu thức trên:

- P, Q là phụ tải tác dụng và phản kháng ở cuối đường dây (kW), (kVAr).
- R, X là điện trở và điện kháng của đường dây (Ω).
- U_{dm} là điện áp dây định mức (kV).
- ΔU là tổn thất điện áp (V)

Để đảm bảo cho đường dây làm việc bình thường thì:

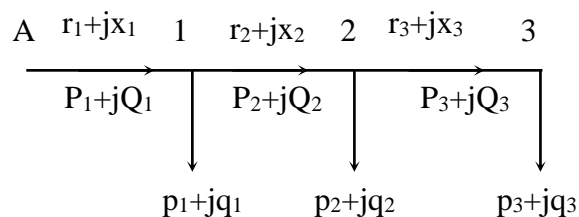
$$\Delta U\% \leq [\Delta U\%]$$

6.2.2. Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha có nhiều phụ tải tập trung

Tổn thất điện áp trên đường dây có nhiều phụ tải tập trung có thể tính theo công suất chạy trên đường dây hoặc theo công suất của từng phụ tải.

1. Phương pháp tính theo công suất chạy trên đường dây

Giả sử có đường dây cung cấp cho 3 phụ tải tập trung như (hình 6-8).



Hình 6-8. Sơ đồ đường dây có nhiều phụ tải tập trung.

$$P_3 + jQ_3 = p_3 + jq_3.$$

$$P_2 + jQ_2 = (p_2 + p_3) + j(q_2 + q_3).$$

$$P_1 + jQ_1 = (p_1 + p_2 + p_3) + j(q_1 + q_2 + q_3).$$

Tổng thất điện áp trên toàn bộ đường dây A -D bằng tổng tổn thất điện áp trên từng đoạn:

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

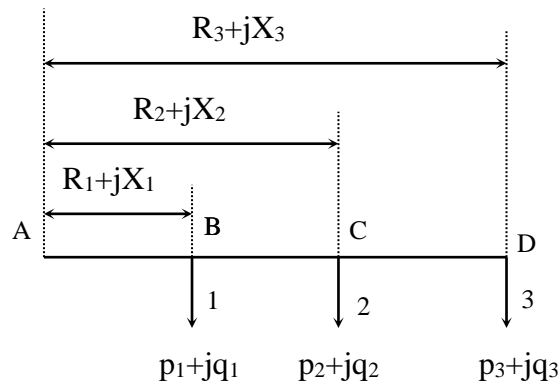
Theo biểu thức (6-12) ta có:

$$\Delta U = \frac{P_1 r_1 + Q_1 x_1}{U_{dm}} + \frac{P_2 r_2 + Q_2 x_2}{U_{dm}} + \frac{P_3 r_3 + Q_3 x_3}{U_{dm}} = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^n (P_i r_i + Q_i x_i) \quad (6-14)$$

Trong đó:

- P_i, Q_i là công suất truyền tải trên đoạn thứ i (kW), (kVAr).
- R_i, X_i là điện trở, điện kháng của đoạn thứ i (Ω).
- U_{dm} là điện áp định mức (kV).

2. Phương pháp tính theo công suất của từng phụ tải



Hình 6-9. Sơ đồ tính tổn thất của đường dây có nhiều phụ tải tập trung.

Dựa theo biểu thức (6-14) và coi mạng điện là tuyến tính để áp dụng nguyên tắc xếp chồng điện áp, ta có:

$$\Delta U = \frac{p_1 R_1 + q_1 X_1}{U_{dm}} + \frac{p_1 R_2 + q_1 X_2}{U_{dm}} + \frac{p_1 R_3 + q_1 X_3}{U_{dm}} = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{j=1}^n (p_j R_j + q_j X_j) \quad (6-15)$$

Trong biểu thức trên:

- p_j, q_j là công suất của phụ tải điểm thứ j (kW), (kVAr).
- R_j, X_j là điện trở, điện kháng của đường dây kể từ nguồn đến điểm j (Ω).
- U_m là điện áp định mức (kV).

Các thông số p_j, q_j, R_j, X_j thể hiện trên (hình 6-9).

6.2.3. Tổn thất điện áp trên đường dây 3 pha có phụ tải phân bố đều

Giả sử có một đường dây cung cấp cho phụ tải phân bố đều như (hình 6-10).

Gọi P_0 là công suất phân bố trên một đơn vị chiều dài của đường dây, r_0 là điện trở trên một đơn vị chiều dài đường dây đó. Công suất trên một vi phân chiều dài đường dây là $dp = P_0 \cdot dl$. Công suất này đặt cách đầu đường dây một đoạn là L_x và gây ra một lượng tổn thất điện áp trên đoạn L_x là:

$$d\Delta U = \frac{dp \cdot r_0 \cdot L_x}{U_{dm}} = \frac{P_0 \cdot r_0 \cdot L_x \cdot d\ell}{U_{dm}}$$

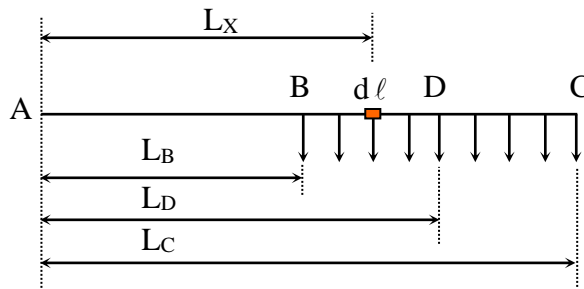
Tổn thất điện áp trên cả đoạn đường dây A -C sẽ là:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \int_{L_B}^{L_C} \frac{r_0 \cdot P_0}{U_{dm}} \cdot L_x \cdot d\ell = \frac{r_0 \cdot P_0}{U_{dm}} \cdot \int_{L_B}^{L_C} L_x \cdot d\ell = \frac{r_0 \cdot P_0}{U_{dm}} \cdot \frac{L_x^2}{2} \Big|_{L_B}^{L_C} = \frac{r_0 \cdot P_0}{2 \cdot U_{dm}} \cdot (L_C^2 - L_B^2) = \\ &= \frac{r_0 \cdot P_0 \cdot (L_C - L_B)}{U_{dm}} \cdot \frac{(L_C + L_B)}{2} = \frac{r_0 \cdot P}{U_{dm}} \cdot L_D = \frac{P \cdot R_D}{U_{dm}}. \end{aligned} \quad (6-16)$$

16)

Chú ý: $p_0 \cdot (L_C - L_B) = P$

Với D là điểm giữa B và C.



Hình 6-10. Sơ đồ đường dây có phụ tải phân bố đều

Biểu thức (6-16) cho thấy muốn xác định tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải phân bố đều thì có thể thay phụ tải phân bố đều bằng một phụ tải tập trung đặt giữa đoạn có phụ tải phân bố đều, phụ tải tập trung này bằng tổng phụ tải phân bố đều trên đường dây.

6.2.4. Tổn thất điện áp trong mạng điện chiếu sáng

Đường dây cung cấp cho các đèn chiếu sáng sợi đốt ($\cos\varphi = 1$) được coi là đường dây bỏ qua điện kháng và đường dây này cũng được coi là đường dây đồng nhất, tức là dây dẫn các đoạn là như nhau nghĩa là các đoạn đó có r_0, x_0 như nhau.

Tổn thất điện áp trong đường dây chiếu sáng được tính theo công thức (6-17).

$$\Delta U = \frac{10^3 \cdot r_0}{U_{dm}} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot L_i \quad (V) \quad (6-17)$$

Trong đó:

- r_0 là điện trở trên một đơn vị chiều dài của dây (Ω/km).
- p_i là công suất của phụ tải thứ i (kW).
- L_i là chiều dài dây dẫn từ nguồn đến phụ tải thứ i (km).
- U_{dm} là điện áp dây định mức của mạng (V).

Nếu thay $r_0 = \rho \cdot \frac{L}{F} = \frac{L}{\gamma \cdot F}$ với $\rho = \frac{1}{\gamma}$ điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn, F là tiết diện

của dây dẫn (mm^2). Khi đó $M = \sum_{i=1}^n P_i L_i$ gọi là mô men phụ tải (kWm).

Thì biểu thức (6-17) có thể viết: $\Delta U = \frac{10^3 \cdot M}{\gamma \cdot F \cdot U_{dm}}$

Nếu tính theo đơn vị % thì ta có: $\Delta U\% = \frac{10^5 \cdot M}{\gamma \cdot U_{dm}^2 \cdot F}$. (6-18)

Đặt: $C = \frac{\gamma \cdot U_{dm}^2}{10^5}$ và $\Delta U\% = [\Delta U\%]$ là tổn thất điện áp cho phép

Đối với mạng chiếu sáng $[\Delta U\%] = 2,5\%$.

Từ biểu thức (6-18) ta tính được tiết diện dây dẫn thoả mãn điều kiện tổn thất điện áp:

$$F = \frac{M}{C \cdot [\Delta U\%]} \text{ (mm}^2\text{)} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (6-19)$$

Hệ số C ứng với các mạng khác nhau cho trong (bảng 6-1).

Bảng 6-1

Điện áp nh mức của ạng	Kết cấu của mạng	Công thức h hệ số C	Hệ số C khi dây	
			Đồng	Nhôm
380/220	Ba pha 4 dây	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,day}^2}{100 \cdot 1000}$	77	46
380/220	Hai pha có dây trung h	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,day}^2}{2,25 \cdot 100 \cdot 1000}$	34	20
220	Hai dây xoay chiều	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,pha}^2}{2 \cdot 100 \cdot 1000}$	12,8	7,7
220/127	Ba pha bốn dây	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,day}^2}{100 \cdot 1000}$	25,6	15,5
220/127	Hai pha có dây trung h	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,day}^2}{2,25 \cdot 100 \cdot 1000}$	11,4	6,9
220/127	Hai dây xoay chiều hoặc hiều	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,pha}^2}{2 \cdot 100 \cdot 1000}$	4,3	2,6
110	Hai dây xoay chiều hoặc hiều	$\frac{\gamma \cdot U_{dm,pha}^2}{2 \cdot 100 \cdot 1000}$	32	1,9
36			0,34	0,21
24			0,153	0,092
12			0,038	0,028

6.2.5. Tổn thất điện áp trong máy biến áp

Tương tự trường hợp tính tổn thất điện áp trên đường dây, tổn thất điện áp trong máy biến áp được tính theo biểu thức sau:

$$\Delta U = \frac{P_{BA} \cdot R_{BA} + Q_{BA} \cdot X_{BA}}{U_{dm}} \quad (V) \quad (6-20)$$

Trong đó:

- P_{BA} , Q_{BA} là công suất tác dụng và công suất phản kháng do máy biến áp truyền tải (kW), (kVAr).

- R_{BA} , X_{BA} là điện kháng của máy biến áp (Ω). Muốn quy đổi tổn thất điện áp về cấp điện áp nào thì phải quy đổi R_{BA} , X_{BA} về cấp điện áp đó.

- U_{dm} là điện áp định mức của máy biến áp ở cấp đang tính toán tổn thất điện áp (kV).

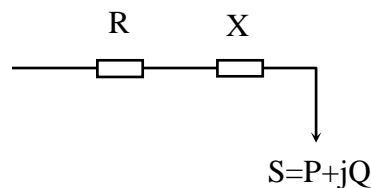
6.3. TỔN THẤT CÔNG SUẤT VÀ NĂNG LƯỢNG TRONG MẠNG ĐIỆN XI NGHIỆP

6.3.1. Tổn thất công suất

1. Tổn thất công suất trên đường dây có 1 và nhiều phụ tải tập trung

a) Đường dây có một phụ tải tập trung

Giả sử đường dây có điện trở R, điện kháng X cung cấp cho một phụ tải ở cuối đường dây $S = P + jQ$. (hình 6-11).



Hình 6 - 11

Tổn thất công suất tác dụng được xác định theo biểu thức:

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R \quad (6-21)$$

Với I là dòng điện chạy trên đường dây:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}}$$

Thay I vào biểu thức (6-21) ta có:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} \cdot R \quad (W). \quad (6-22)$$

Tương tự ta có tổn thất công suất phản kháng trên đường dây:

$$\Delta Q = 3 \cdot I^2 \cdot X = \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} \cdot X \quad (VAr) \quad (6-23)$$

Trong đó:

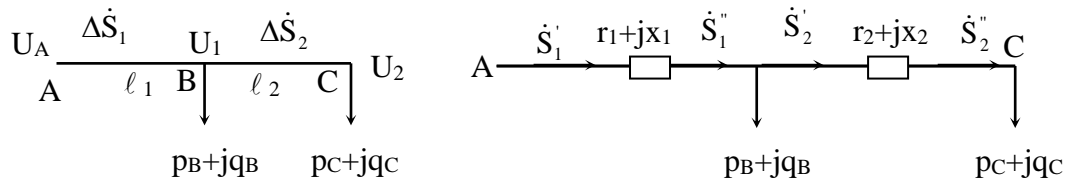
- ΔP , ΔQ là công suất 3 pha (kW), (kVAr).

- U_{dm} là điện áp dây định mức (kV).

- R, X là điện trở và điện kháng của đường dây (Ω).

b) Đường dây có nhiều phụ tải tập trung.

Giả sử xét đường dây có hai phụ tải tập trung (hình 6-12).



Hình 6-12. Sơ đồ đường dây có nhiều phụ tải tập trung

Tổn thất công suất trên đoạn đường dây 2 là:

$$\Delta P_2 = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_C^2} \cdot r_2 = \frac{p_C^2 + q_C^2}{U_C^2} \cdot r_2$$

$$\Delta Q_2 = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_C^2} \cdot x_2 = \frac{p_C^2 + q_C^2}{U_C^2} \cdot x_2$$

Tổn thất công suất toàn phần ở đoạn 2.

$$\Delta \dot{S}_2 = \Delta P_2 + j\Delta Q_2$$

Công suất ở đầu đoạn đường dây 2 là:

$$\dot{S}_2' = \dot{S}_2'' + \Delta \dot{S}_2 = (P_2'' + \Delta P_2) + j(Q_2'' + \Delta Q_2) = P_2' + jQ_2'$$

Công suất ở cuối đoạn 1 là:

$$\dot{S}_1'' = \dot{S}_2' + S_B = (P_2' + p_B) + j(Q_2' + q_B) = P_1'' + jQ_1''$$

Tổn thất công suất trên đường dây của đoạn 1 là:

$$\Delta P_1 = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_B^2} \cdot r_1$$

$$\Delta Q_1 = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_B^2} \cdot x_1$$

Tổn thất công suất toàn phần trên đoạn 1:

$$\Delta \dot{S}_1 = \Delta P_1 + j\Delta Q_1$$

Tổng tổn thất công suất dọc đường dây từ A đến C:

$$\Delta \dot{S} = \Delta \dot{S}_1 + \Delta \dot{S}_2$$

Khi tính toán nếu không đòi hỏi chính xác cao, thì tổn thất công suất có thể tính theo điện áp định mức của mạng, nghĩa là coi $U_B = U_C = U_A = U_{dm}$.

Nếu tính gần đúng và coi $\dot{S}_2'' = \dot{S}_2'$; $\dot{S}_1'' = \dot{S}_1'$ thì:

$$\Delta P = \left(\frac{S_C}{U_{dm}} \right)^2 \cdot r_2 + \left(\frac{S_C + S_B}{U_{dm}} \right)^2 \cdot r_1 = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} \cdot r_2 + \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_{dm}^2} \cdot r_1$$

Tổng quát:

$$\Delta P = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot r_i}{U_{dm}^2} \quad (6-24)$$

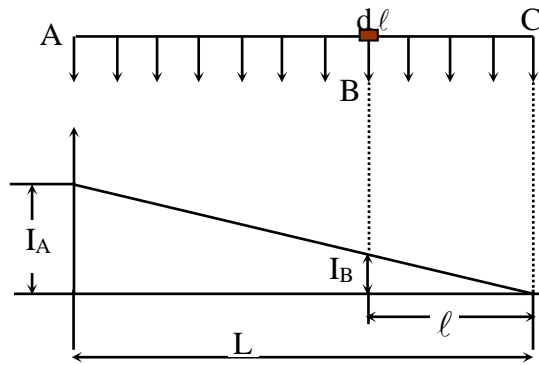
$$\Delta Q = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + Q_i^2) \cdot x_i}{U_{dm}^2} \quad (6-25)$$

Trong biểu thức (6-24), (6-25).

- P_i và Q_i là công suất truyền tải trên đoạn đường dây thứ i .
- r_i , x_i là điện trở, điện kháng của đoạn đường dây thứ i .

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

Giả sử ta có đường dây có phụ tải phân bố đều như (hình 6-13).



Hình 6-13. Sơ đồ mạng điện có phụ tải phân bố đều

Đường dây có phụ tải phân bố đều là trường hợp các mạng điện phân phối trong thành phố, mạng điện chiếu sáng. Phụ tải phân bố dọc theo đường dây có thể coi như phụ tải phân bố đều. Một cách gần đúng ta có thể coi như dòng điện biến thiên dọc đường dây theo một đường thẳng như (hình 6-13).

Lấy một vi phân chiều dài đường dây tại điểm B ứng với dòng điện là I_B .

Trong tam giác vuông ta có: $I_B = \frac{I \cdot l}{L}$

Tổn thất công suất trên một vi phân $d\ell$ là: $d\Delta P = 3 \cdot I_B^2 \cdot dr$

Gọi r_0 là điện trở của một đơn vị chiều dài đường dây ta có: $dr = r_0 \cdot d\ell$

Vậy: $d\Delta P = 3 \cdot \left(\frac{I \cdot l}{L}\right)^2 \cdot r_0 \cdot d\ell$

Toàn bộ tổn thất công suất dọc đường dây từ A tới C là:

$$\Delta P = \int_0^L 3 \cdot \left(\frac{I \cdot l}{L}\right)^2 \cdot r_0 \cdot d\ell = \frac{3 \cdot I^2 \cdot r_0}{L^2} \cdot \frac{\ell^3}{3} \Big|_0^L = I^2 \cdot r_0 \cdot L = I^2 \cdot R$$

Nếu ta có một phụ tải tập trung đặt tại cuối đường dây thì tổn thất công suất trên đoạn đường dây đó là: $\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R$

So sánh 2 trường hợp trên ta thấy rằng: Tổng thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều nhỏ hơn 3 lần tổng thất công suất khi phụ tải đó đặt tại cuối đường dây.

$$\Delta P_{\text{tập trung}} = 3\Delta P_{\text{phân bố đều}}$$

3. Tổng thất công suất trong máy biến áp

A. Tổng thất công suất trong máy biến áp 3 pha 2 dây quấn

Gồm 2 thành phần:

Thành phần không đổi: Không phụ thuộc vào phụ tải của máy biến áp, đó là tổng thất trong lõi thép gồm 2 phần:

+) Tổng thất công suất tác dụng không tải $\Delta P_{Fe} = \Delta P_{kt} = \Delta P_0$ (cho trong các bảng tra).

+) Tổng thất công suất phản kháng không tải $\Delta Q_{Fe} = \Delta Q_{kt} = \Delta Q_0$, được tính như sau:

$$\Delta Q_0 = \frac{i_{kt} \% S_{dm}}{100}$$

Thành phần biến đổi: Thay đổi theo phụ tải của máy, đó là tổng thất trong cuộn dây gồm 2 phần:

+) Tổng thất công suất tác dụng ΔP_{cu} .

Khi tải định mức tổng thất công suất tác dụng trong cuộn dây lấy bằng tổng thất công suất tác dụng khi thí nghiệm ngắn mạch.

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_N$$

+) Tổng thất công suất phản kháng ΔQ_{cu} .

Tổng thất công suất phản kháng trong cuộn dây lấy bằng tổng thất công suất tản từ.

$$\Delta Q_{cu.dm} = \frac{U_r \% S_{dm}}{100}$$

Trong đó: $U_r\%$ phần trăm điện áp rơi trên cảm kháng của cuộn dây máy biến áp.

Đối với máy biến áp có công suất lớn thì điện trở nhỏ hơn rất nhiều so với cảm kháng. Khi đó tổng thất công suất phản kháng khi máy làm việc với phụ tải định mức được tính theo điện áp ngắn mạch.

$$\Delta Q_{cu.dm} = \frac{U_N \% S_{dm}}{100}$$

*) Nếu máy biến áp không làm việc với phụ tải định mức S_{dm} mà chỉ làm việc với phụ tải thực tế là S thì.

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_{cu.dm} \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 = \Delta P_N \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

$$\Delta Q_{cu} = \Delta Q_{cu.dm} \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 = \Delta Q_N \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

Hoặc theo cách khác ta thấy tổng thất công suất tỷ lệ với I^2 nên ta có thể tính thành phần tổng thất công suất biến đổi theo biểu thức sau.

$$\Delta P_{BA} = I^2 \cdot R_{BA} = \left(\frac{S}{U} \right)^2 \cdot R_{BA} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{BA}$$

$$\Delta Q_{BA} = I^2 \cdot X_{BA} = \left(\frac{S}{U} \right)^2 \cdot X_{BA} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} \cdot X_{BA}$$

Như vậy tổng tổn thất công suất trong máy biến áp là.

$$\Delta P_{BA} = \Delta P_0 + \Delta P_N \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

$$\Delta Q_{BA} = \Delta Q_0 + \Delta Q_N \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

Hoặc có thể tính theo công suất chuyển tải

$$\Delta P_{BA} = \Delta P_0 + \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} \cdot R_{BA}$$

$$\Delta Q_{BA} = \Delta Q_0 + \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} \cdot X_{BA}$$

B. Tổn thất công suất trong máy biến áp 3 pha 3 dây quấn

Tương tự như máy biến áp 2 dây quấn, tổn thất công suất trong máy biến áp 3 dây quấn gồm thành phần không phụ thuộc vào phụ tải và thành phần phụ thuộc vào phụ tải.

- Tổn thất không tải trong máy biến áp là:

$$\Delta P_{Fe} = \Delta P_{kt} = \Delta P_0$$

$$\Delta Q_{Fe} = \frac{i_{kt} \% \cdot S_{dm}}{100}$$

- Tổn thất trong cuộn dây máy biến áp khi tải là định mức.

$$\Delta P_{cu} = \Delta P_N$$

$$\Delta Q_{cu} = \frac{U_N \% \cdot S_{dm}}{100}$$

Nếu phụ tải của các cuộn dây 2 và 3 không phải là định mức mà là S_2 và S_3 thì tổn thất trong cuộn dây của 3 pha trong máy biến áp là:

$$\Delta P_{BA} = \Delta P_0 + \Delta P_{N.C} \cdot k_{pt.C}^2 + \Delta P_{N.T} \cdot k_{pt.T}^2 + \Delta P_{N.H} \cdot k_{pt.H}^2$$

$$\Delta Q_{BA} = \Delta Q_0 + \Delta Q_{N.C} \cdot k_{pt.C}^2 + \Delta Q_{N.T} \cdot k_{pt.T}^2 + \Delta Q_{N.H} \cdot k_{pt.H}^2$$

Trong đó:

$k_{pt.C}$, $k_{pt.T}$, $k_{pt.H}$ là hệ số mạng tải của các cuộn dây cao, trung, hạ của máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây: $k_{pt} = \frac{S_t}{S_{dm}}$

6.3.2. Tổn thất điện năng

1. Tổn thất điện năng trên đường dây

Tổn thất điện năng trên đường dây được tính theo công thức sau:

$$\Delta A_{dd} = \Delta P_{dd} \cdot \tau \quad (\text{kWh}) \quad (6-26)$$

Trong đó:

- $\Delta P_{dd} = 3 \cdot I_{tt}^2 \cdot R$ là tổn thất công suất lớn nhất trên đường dây ứng với phụ tải tính toán.

- R là điện trở của đường dây (Ω).

- τ là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất (h).

$$\Delta A_{dd} = 3 \cdot I_{tt}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3} \quad (\text{kWh})$$

2. Tổn thất điện năng trong máy biến áp

Nếu trạm có một máy biến áp.

$$\Delta A_{BA} = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_N \cdot k_{pt}^2 \cdot \tau \quad (\text{kWh}) \quad (6-27)$$

$$\text{Với } k_{pt} = \frac{S_{pt}}{S_{dm}}$$

Nếu trạm có n máy biến áp giống nhau làm việc song song.

$$\Delta A_{BA} = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_N}{n} \cdot \left(\frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau \quad (\text{kWh}) \quad (6-28)$$

6.4. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG MẠNG ĐIỆN

6.4.1. Độ lệch điện áp

Độ lệch điện áp tại một điểm nào đó trong hệ thống cung cấp điện là độ lệch giữa điện áp thực (U) và điện áp định mức (U_{dm}) của mạng đó.

Theo định nghĩa trên ta thấy.

$$\Delta U = U - U_{dm} \quad \text{hay} \quad \Delta U\% = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} \cdot 100\% \quad (6-29)$$

Độ lệch điện áp cho phép được qui định như sau:

- Đối với thiết bị chiếu sáng: $[\Delta U\%] = (-2,5 \div 5)\%$.
- Đối với động cơ điện: $[\Delta U\%] = (-5 \div 10)\%$.
- Đối với các thiết bị khác: $[\Delta U\%] = \pm 5\%$.
- Trường hợp khởi động động cơ hoặc mạng đang trong tình trạng sự cố thì: $[\Delta U\%] = (-10 \div 20)\%$.

Những qui định trên đây cần được đảm bảo chặt chẽ vì độ lệch điện áp có ảnh hưởng rất lớn đến chế độ làm việc của thiết bị.

Ví dụ. Đối với đèn thả sáng, nếu điện áp giảm 10% thì quang thông sẽ giảm 30%. Đối với động cơ không đồng bộ, nếu điện áp giảm 10% thì mô men quay giảm 19%.

Ngược lại khi điện áp tăng 10% thì mô men quay của động cơ không đồng bộ tăng 21%, tuổi thọ của động cơ giảm 50%. Đối với đèn thấp sáng tuổi thọ của bóng đèn giảm 63%.

Để xác định điện áp tại một điểm nào đó trong hệ thống cung cấp điện, ta phải xác định được tổn thất điện áp trên các phần tử từ nguồn đến điểm đó (chủ yếu là trên đường dây và trạm biến áp). Đồng thời phải chú ý đến việc chọn đầu phân áp của máy biến áp và các biện pháp điều chỉnh khác để giảm tổn thất điện áp của mạng.

$$\Delta U\% = \sum \partial U\% - \sum \Delta U_{dd}\% - \sum \Delta U_B\% \quad (6-30)$$

Trong đó:

- $\partial U\%$ là độ tăng, giảm điện áp do điều chỉnh đầu phân áp của máy biến áp hoặc các biện pháp điều chỉnh khác.

- $\Delta U_{dd}\%$ là tổn thất điện áp trên đường dây.

- $\Delta U_B\%$ là tổn thất điện áp trong các máy biến áp.

Các tổn thất điện áp đều được qui đổi về cấp điện áp tại điểm đang xét.

6.4.2. Các biện pháp điều chỉnh điện áp

1. Các biện pháp điều chỉnh điện áp

a) Giảm tổn thất điện áp bằng cách chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý

Biện pháp này chủ yếu dùng trong giai đoạn thiết kế và nó có ảnh hưởng sâu sắc đến toàn bộ hệ thống cung cấp điện (dùng sơ đồ dẫn sâu, phân nhỏ các trạm biến áp).

b) Thay đổi tiết diện dây dẫn.

Trong mạng điện xí nghiệp thì $R \gg X$ do đó khi ta tăng tiết diện dây dẫn thì giảm được tổn thất điện áp khá nhiều. Biện pháp này chủ yếu dùng trong giai đoạn thiết kế, khi dùng phương pháp này thì vốn đầu tư tăng lên khá nhiều.

c) Điều độ phụ tải một cách hợp lý

Khi hệ thống vận hành ta điều độ sao cho đồ thị phụ tải tương đối bằng phẳng khi đó tránh được hiện tượng điện áp giảm khi phụ tải tăng quá cao.

Biện pháp này dùng trong công tác điều độ vận hành, không đòi hỏi tăng vốn đầu tư nhưng đòi hỏi nhân viên điều độ phải có trình độ cao.

d) Dùng tụ điện tĩnh để điều chỉnh điện áp

Tụ điện tĩnh không những dùng để bù công suất phản kháng, nâng cao hệ số công suất mà còn dùng để điều chỉnh điện áp. Có hai cách mắc tụ điện vào mạng điện.

- Mắc song song tụ điện vào hệ thống điện (hình 6-14).

Trong trường hợp này tổn thất điện áp trên đường dây được tính theo công thức sau:

$$\Delta U = \frac{P.R + (Q - Q_{bu}).X}{U_{dm}} \quad (6-31)$$

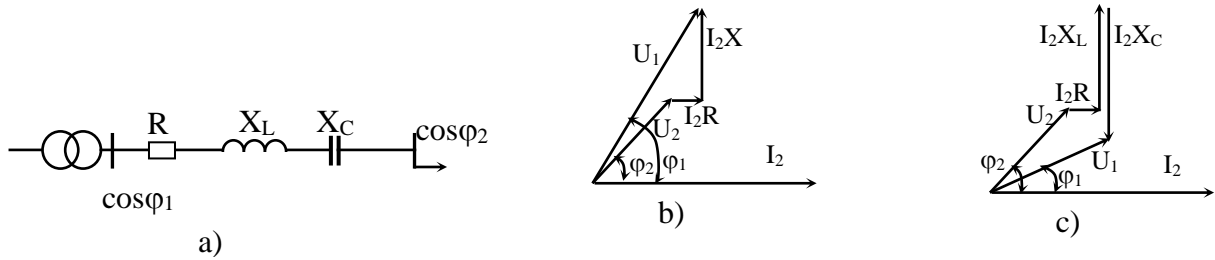
Từ công thức trên ta thấy rằng, nếu thay đổi Q_{bu} ta sẽ thay đổi được ΔU tức là ta đã điều chỉnh được điện áp của mạng điện. Trong thực tế người ta thường dùng sơ đồ tự động đóng, cắt tụ điện theo điện áp của mạng.

- Mắc nối tiếp tụ điện vào hệ thống điện (H6-15).

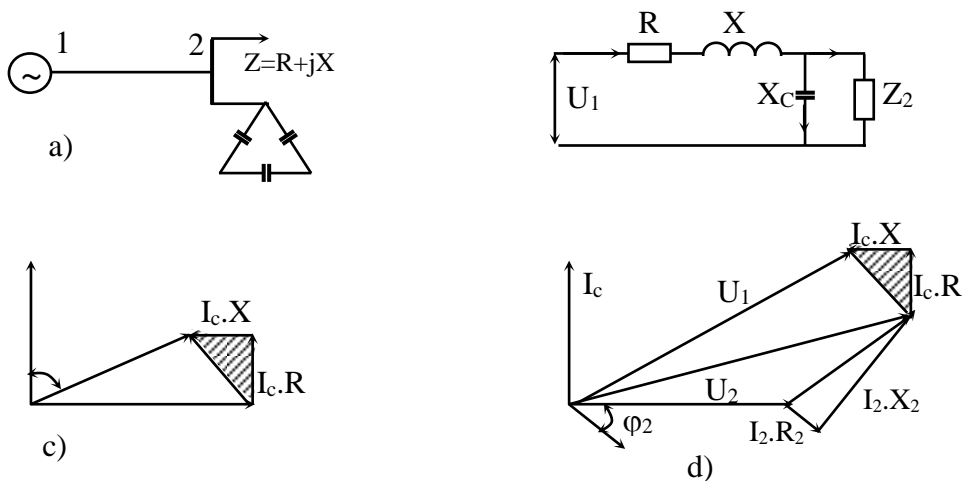
Trường hợp này tổng trở của đường dây $Z = R_d + j(X_L - X_C)$ trong đó X_L là điện kháng của đường dây, X_C là dung kháng của tụ điện bù. Do tính chất của điện dung của tụ bù và điện kháng của đường dây có tính chất ngược nhau nên tổng trở của đường dây giảm xuống do đó tổn thất điện áp giảm. Biểu thức tính tổn thất điện áp như sau.

$$\Delta U = \sqrt{3}.I.R_d \cos \varphi + \sqrt{3}.I.(X_L - X_C).\sin \varphi \quad (6-32)$$

Việc đấu nối tụ điện nối tiếp vào mạng rất có hiệu quả khi phụ tải dao động mạnh vì hiệu quả của tụ điện được xác định trực tiếp bằng I_{pt} , khi I_{pt} tăng lên thì điện áp rơi trên tụ cũng tăng lên và như vậy độ bù tổn thất điện áp trên đường dây cũng tăng lên, đó là ưu điểm của phương pháp này so với phương pháp khác.



Hình 6-15. Sơ đồ đường dây có tụ điện mắc nối tiếp.
 a) Sơ đồ nối dây. b) Đồ thị véc tơ điện áp khi không có tụ điện.
 c) Đồ thị véc tơ điện áp khi có tụ điện.



Hình 6-14. Sơ đồ mạng điện và đồ thị véc tơ điện áp trong trường hợp tụ điện mắc song song.
 a) Cách mắc tụ điện. b) Gian đồ thay thế.
 c) Gian đồ véc tơ điện áp khi đường dây không tải.
 d) Đồ thị véc tơ điện áp khi đường dây có tải.

e) Dùng máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ có thể phát ra công suất phản kháng cũng có thể tiêu thụ công suất phản kháng, vì vậy máy bù đồng bộ là một thiết bị dùng để điều chỉnh điện áp rất tốt. Tác dụng của máy bù đồng bộ tương tự như tụ điện trường hợp mắc song song tụ điện vào mạng.

Máy bù đồng bộ vận hành phức tạp, giá thành cao nên chỉ được áp dụng khi cần công suất lớn (dùng điều chỉnh điện áp cho hệ thống điện hoặc những nhà máy có công suất lớn).

g) Điều chỉnh đầu phân áp máy biến áp

Đối với máy biến áp một cách gần đúng ta có thể viết.

$$U_2 = \frac{U_1}{k}$$

Trong đó:

- U_1 là điện áp đầu vào máy biến áp.
- U_2 là điện áp đầu ra máy biến áp.

- $k = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$ là hệ số biến đổi của máy biến áp, W_1, W_2 là số vòng dây của

cuộn sơ cấp, thứ cấp của máy biến áp.

Ta thấy rằng khi điện áp nguồn không đổi ($U_1 = \text{const}$) nếu giảm hệ số k tức là giảm số vòng dây W_1 thì U_2 sẽ tăng lên. Chính vì vậy khi chế tạo ở cuộn sơ cấp máy biến áp có nhiều đầu ra gọi là đầu phân áp của máy biến áp.

Thông thường với các máy biến áp phân phối có 2 đầu phân áp điều chỉnh trong phạm vi ($\pm 5\%$) hoặc 4 đầu phân áp ($\pm 2, 2,5\%$).

CHƯƠNG VII

TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH MẠNG HẠ ÁP

Sau khi học xong chương này sinh viên cần nắm được:

- Khái niệm về ngắn mạch, các dạng ngắn mạch chính;
- Các giả thiết cơ bản;
- Tính toán điện kháng các phần tử;
- Phương pháp trở kháng tính toán dòng ngắn mạch
- Các dòng điện ngược của động cơ điện
- Xác định các thành phần của dòng ngắn mạch
- Ví dụ tính toán

7. 1. KHÁI NIỆM CHUNG

Ngắn mạch là một sự cố nghiêm trọng và thường xảy ra trong hệ thống CCD. Vì vậy, các phần tử trong hệ thống CCD phải được tính toán, chọn lựa sao cho không những làm việc tốt trong trạng thái bình thường mà còn có thể chịu được trạng thái sự cố trong giới hạn quy định cho phép. Để lựa chọn tốt các phần tử của hệ thống CCD, chúng ta cần dự đoán được các trạng thái ngắn mạch có thể xảy ra và tính toán được các số liệu về tình trạng ngắn mạch như: dòng điện ngắn mạch và công suất ngắn mạch. Các số liệu này còn là căn cứ quan trọng để thiết kế hệ thống bảo vệ rowle, định phương thức vận hành của hệ thống cung cấp điện... Vì vậy, tính toán ngắn mạch là phần không thể thiếu được trong thiết kế hệ thống CCD.

Vậy ngắn mạch là gì?

Ngắn mạch chỉ hiện tượng các pha chạm nhau trong trường hợp hệ thống có trung điểm nối đất (hệ thống 4 dây) hoặc là hiện tượng các pha chạm nhau và chạm đất (hay chạm dây trung tính). Nói một cách khác, ngắn mạch là hiện tượng mạch điện bị nối tắt qua tổng trở rất nhỏ có thể xem như bằng không. Lúc ngắn mạch, tổng trở của toàn hệ thống giảm xuống, nhiều hay ít tùy theo điểm ngắn mạch ở xa hay gần nguồn CC. Dòng điện lúc đó có thể tăng lên rất lớn và điện áp của mạng lúc đó có thể giảm xuống rất thấp, nhất là các điểm gần chỗ ngắn mạch.

Trong hệ thống trung tính cách điện với đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang thì chạm đất một pha chỉ là sự cố nhẹ, nó chỉ gồm thành phần dòng điện điện dung của các phần tử gọi là hệ thống có dòng chạm đất bé. Trong hệ thống trung tính trực tiếp nối đất thì lúc chạm đất một pha thì dòng ngắn mạch một pha rất lớn gọi là hệ thống có dòng chạm đất lớn. Trong trường hợp ngắn mạch giữa các pha đồng thời chạm đất thì dòng ngắn mạch cũng rất lớn đối với bất kỳ hệ thống nào.

Khi ngắn mạch, trong mạng xuất hiện quá trình quá độ, nghĩa là dòng điện và điện áp đều thay đổi, dòng điện tăng lên rất nhiều so với lúc làm việc bình thường. Còn điện áp thì giảm xuống. Mức độ giảm điện áp nhiều hay ít tùy thuộc khoảng cách từ điểm ngắn mạch tới nguồn CC. Thời gian điện áp giảm xuống được xác định bằng thời gian tác động của Role bảo vệ và của máy cắt điện đặt gần điểm ngắn mạch nhất.

1. Nguyên nhân và tác hại của dòng ngắn mạch

a) Nguyên nhân:

Nguyên nhân sinh ra ngắn mạch trong hệ thống điện chủ yếu là do cách điện bị hư hỏng. Lý do cách điện bị hư hỏng có thể là:

- Do vận hành lâu ngày cách điện bị già hoá mà không phát hiện kịp thời bằng các thử nghiệm định kỳ.

- Do quá áp nội bộ hoặc do quá áp thiên nhiên gặp nhiều lần định mức.

- Do đào đất chạm phải cáp.

- Do cành cây chạm vào đường dây, do gió mạnh làm chạm chập dây dẫn.

- Do chim, chuột, rắn v.v... chui vào trong các thiết bị phân phối.

- Do thao tác nhầm lẫn không đúng qui trình qui phạm và gây ra hồ quang giữa các pha hoặc pha với đất.

- Do gãy xà, vỡ sứ, đổ cột.

b) Tác hại:

Ngắn mạch là một sự cố rất nguy hiểm, ngắn mạch xảy ra càng gần nguồn và thời gian càng kéo dài thì tác hại do nó gây ra càng lớn. Tác hại của dòng ngắn mạch có thể tóm tắt như sau:

- Khi ngắn mạch, dòng ngắn mạch tăng lên rất lớn gây nên hiệu ứng nhiệt và hiệu ứng lực điện động lớn hơn so với định mức rất nhiều lần có thể gây ra nổ, cháy thiết bị, gây nguy hiểm cho con người.

- Điện áp mạng giảm xuống ảnh hưởng tới sự làm việc bình thường của các thiết bị lân cận trong cùng mạng điện. Nếu điểm ngắn mạch xảy ra càng gần nguồn, điện áp mạng chính giảm nhiều có thể dẫn tới hệ thống mất ổn định và tan rã (phá hoại sự làm việc đồng bộ của các máy phát điện nối vào hệ thống).

- Giảm đoạn sự cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ.

- Khi ngắn mạch một pha, dòng ngắn mạch một pha gây nên từ trường không đối xứng làm nhiễu các đường dây thông tin.

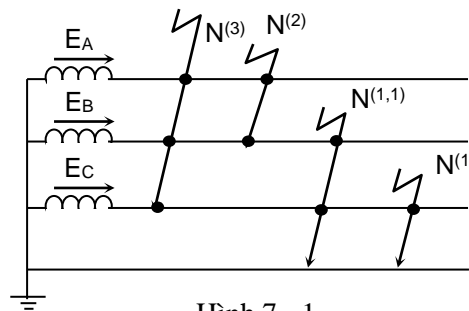
2. Mục đích của việc tính ngắn mạch

- Kiểm tra các thiết bị đã chọn theo điều kiện ngắn mạch như: ổn định lực điện động, ổn định nhiệt, khả năng cắt v.v...

- Chọn các biện pháp hạn chế dòng ngắn mạch.

- Tính toán thiết kế bảo vệ rơle.

7.2. CÁC LOẠI NGẮN MẠCH CHÍNH



Hình 7 - 1.

- Ngắn mạch một pha, tức một pha chạm đất, ký hiệu $N^{(1)}$. Đây là dạng ngắn mạch thường gặp, chiếm khoảng 65% tổng số lần xảy ra ngắn mạch.

- Ngắn mạch hai pha, tức hai pha chạm nhau, ký hiệu là $N^{(2)}$. Chiếm khoảng 10% tổng số lần xảy ra ngắn mạch.

- Ngắn mạch hai pha chạm đất, tức hai pha chạm nhau đồng thời chạm đất, ký hiệu là $N^{(1,1)}$. Chiếm khoảng 20% tổng số lần xảy ra ngắn mạch.

- Ngắn mạch ba pha, tức ba pha chạm nhau, ký hiệu $N^{(3)}$. Rất ít gặp trong thực tế, chỉ chiếm khoảng 5% tổng số lần xảy ra ngắn mạch.

Ngắn mạch 3 pha là loại ngắn mạch đơn giản nhất, ta gọi là ngắn mạch đối xứng. Vì lúc đó tất cả 3 pha đều được đặt dưới điện áp như nhau và lệch pha nhau 120° .

Ngắn mạch 2 pha, ngắn mạch 1 pha, ngắn mạch 2 pha chạm đất là ngắn mạch không đối xứng vì lúc đó điện áp của các pha khác nhau do đó dòng điện cũng khác nhau và lệch pha nhau nói chung khác 120^0 .

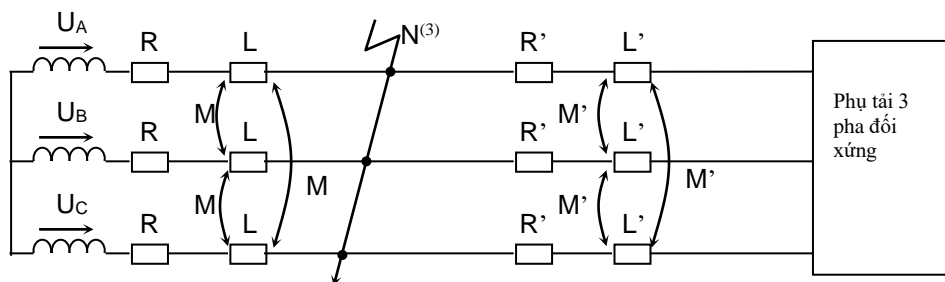
Ngoài các dạng kể trên trong hệ thống cung cấp điện còn xảy ra hiện tượng đứt dây, đứt dây kèm ngắn mạch hoặc ngắn mạch tại nhiều điểm khác nhau trong hệ thống cung cấp điện, trong các pha khác nhau. Nhưng những dạng này rất ít gặp trong thực tế.

7-2.1. QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ KHI NGẮN MẠCH 3 PHA VÀ CÁC THÀNH PHẦN CỦA DÒNG NGẮN MẠCH (THAM KHẢO)

Quá trình quá độ chuyển từ trạng thái làm việc bình thường sang trạng thái ổn định khi ngắn mạch ba pha diễn biến như thế nào còn phụ thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch cách xa nguồn bao nhiêu, nguồn có bộ tự động điều chỉnh điện áp hay không?

Ta khảo sát dạng ngắn mạch ba pha như sau:

- R, L: điện trở, điện cảm của một pha tính từ nguồn đến điểm ngắn mạch.
- M : hệ số hồ cảm giữa các pha từ nguồn tới điểm ngắn mạch.
- R', L': điện trở, điện cảm của một pha sau điểm ngắn mạch.
- M' : hệ số hồ cảm giữa các pha sau điểm ngắn mạch.



Hình 7 - 2

Để đơn giản trong tính toán người ta giả thiết rằng: nguồn có công suất vô cùng lớn (điện áp đầu cực của nguồn không đổi về biên độ dù có xảy ra ngắn mạch tức là điện kháng trong của nguồn bằng không) nghĩa là khi xảy ra ngắn mạch sức điện động của nguồn vẫn có dạng hình sin và không đổi.

Với giả thiết trên, vì các thông số của mạng là đối xứng, nên điện áp trước khi xuất hiện ngắn mạch được viết như sau:

$$U_A = U_m \sin(\omega t + \alpha)$$

$$U_B = U_m \sin(\omega t + \alpha - 120^0)$$

$$U_C = U_m \sin(\omega t + \alpha - 240^0)$$

Dòng điện trước khi xuất hiện ngắn mạch cũng đối xứng và được viết như sau:

$$i_A = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi) \quad (7-1)$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t + \alpha - 120^0 - \varphi)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t + \alpha - 240^0 - \varphi)$$

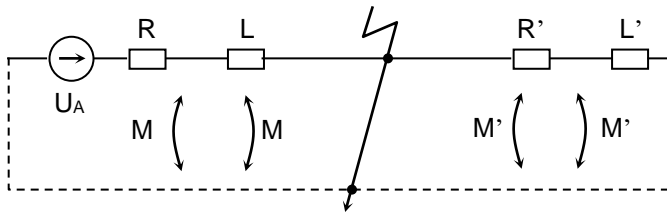
Vì ở chế độ ngắn mạch ba pha mạng điện vẫn đối xứng, do đó ta có thể tách riêng từng pha để tính.

Giả sử ta tách riêng pha A để tính: ta thấy điểm ngắn mạch chia mạch điện ra thành 2 phần và ta xét riêng cho từng phần mạch điện như sau:

a)Viết phương trình Kiếchốp cho mạch vòng ở phía không nguồn

$$0 = i'_A \cdot R' + L' \cdot \frac{di'_A}{dt} + M' \cdot \frac{di'_B}{dt} + M' \cdot \frac{di'_C}{dt}$$

$$0 = i'_A \cdot R' + (L' - M') \cdot \frac{di'_A}{dt} + M' \cdot \left(\frac{di'_A}{dt} + \frac{di'_B}{dt} + \frac{di'_C}{dt} \right)$$



Hình 7 - 3.

Vì mạng đối xứng, nguồn đối xứng nên:

$$\frac{di'_A}{dt} + \frac{di'_B}{dt} + \frac{di'_C}{dt} = 0$$

Do đó phương trình trên có thể viết:

$$0 = i'_A \cdot R' + (L' - M') \cdot \frac{di'_A}{dt}$$

Nghiệm của phương trình này có dạng:

$$i'_A = i_{A(0)} \cdot e^{-\frac{R'}{L'-M'}t} = i_{A(0)} \cdot e^{-\frac{t}{T'}}$$

Trong đó:

- $T' = \frac{L' - M'}{R'}$: là hằng số thời gian tắt dần của mạch vòng ngắn mạch phía không có nguồn.

- $i_{A(0)}$: là trị số tức thời của dòng điện pha A tại thời điểm xảy ra ngắn mạch.

b)Viết phương trình Kiếc-hốp cho mạch vòng ở phía có nguồn

$$U_A = I_A \cdot R + L \cdot \frac{di_A}{dt} + M \cdot \frac{di_B}{dt} + M \cdot \frac{di_C}{dt}$$

$$= i_A \cdot R + (L + M) \cdot \frac{di_A}{dt} + M \cdot \left(\frac{di_A}{dt} + \frac{di_B}{dt} + \frac{di_C}{dt} \right)$$

Vì mạng và nguồn đối xứng nên:

$$\frac{di_A}{dt} + \frac{di_B}{dt} + \frac{di_C}{dt} = 0$$

Do đó:

$$U_m \sin(\omega t + \alpha) = i_A \cdot R + (L - M) \cdot \frac{di_A}{dt}$$

Nghiệm của phương trình này có dạng:

$$i_A = \frac{U_m}{Z_N} \cdot \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) + C \cdot e^{-\frac{t}{T}} = i_{ck} + i_{td}$$

Trong đó:

- $Z_N = \sqrt{R^2 + (L - M)^2 \cdot \omega^2}$: tổng trở của mạch vòng ngắn mạch phía có nguồn.

- φ_N : góc lệch pha giữa dòng ngắn mạch và điện áp.

- $T = \frac{L - M}{R}$: hằng số thời gian của mạch vòng ngắn mạch phía có nguồn.

- C: là hằng số tích phân được xác định theo các điều kiện đầu.

Nhìn vào biểu thức ta thấy rằng dòng ngắn mạch bao gồm hai thành phần chu kỳ và tắt dần.

Nếu gọi I_{Nm} là biên độ của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch thì:

$$I_{Nm} = \frac{U_m}{Z_N}$$

$$i_A = I_{Nm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) + C \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (7-2)$$

Để xác định hằng số C ta căn cứ vào luật đóng mở 1: “Dòng điện chạy trong điện cảm phải biến thiên liên tục”.

$$i_{L(-0)} = i_{L(+0)}$$

Có thể nói cách khác là dòng điện ngay trước và sau thời điểm ngắn mạch phải như nhau:

Mà:

$$i_{A(-0)} = I_m \sin(\alpha - \varphi)$$

$$i_{A(+0)} = I_{Nm} \sin(\alpha - \varphi_N) + C$$

(thay $t = 0$ vào biểu thức 5-1 và 5-2)

Ta có:

$$I_m \sin(\alpha - \varphi) = I_{Nm} \sin(\alpha - \varphi_N) + C$$

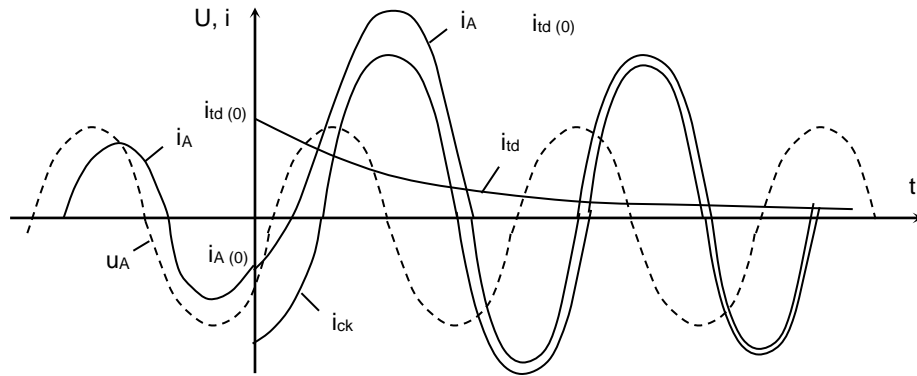
Do đó:

$$C = I_m \sin(\alpha - \varphi) - I_{Nm} \sin(\alpha - \varphi_N)$$

Thay C vào biểu thức 5-2 ta được:

$$i_A = I_{Nm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) + [I_m \sin(\alpha - \varphi) - I_{Nm} \sin(\alpha - \varphi_N)] e^{-\frac{t}{T}}$$

Quá trình quá độ của dòng ngắn mạch được biểu diễn như sau:



Hình 7-4: Quá trình quá độ của dòng ngắn mạch ba pha

Mục đích của tính toán ngắn mạch là ta phải tìm được giá trị lớn nhất của dòng điện ngắn mạch. Ta giả định các trường hợp sau:

Nếu ngắn mạch tại thời điểm dòng điện đang đi qua trị số không thì:

$$i_{A(0)} = i_{ck(0)} + i_{td(0)} = I_m \sin(\alpha - \varphi) = 0$$

(Để đơn giản ta bỏ dấu (-) và dấu v (+) trước số 0. Khi viết $i_{t(0)}$ ta hiểu là trị số tức thời của dòng điện pha A tại thời điểm ngắn mạch).

$$i_A = i_N = I_{Nm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) - I_{Nm} \sin(\alpha - \varphi_N) e^{-\frac{t}{T}}$$

Để xét xem trong điều kiện nào đó dòng ngắn mạch sẽ cực đại, ta đạo hàm i_N theo t và α và cho bằng không:

$$\frac{\partial i_N}{\partial \alpha} = I_{Nm} \left[\cos(\omega t + \alpha - \varphi_N) - e^{-\frac{t}{T}} \cdot \cos(\alpha - \varphi_N) \right] = 0 \quad (7-3)$$

$$\frac{\partial i_N}{\partial t} = I_{Nm} \left[\omega \cos(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \frac{1}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot \sin(\alpha - \varphi_N) \right] = 0 \quad (7-4)$$

Nhân hai vế của phương trình (7-3) với ω rồi trừ đi phương trình (7-4) ta được:

$$\begin{cases} \omega \cos(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \omega \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot \cos(\alpha - \varphi_N) = 0 \\ \omega \cos(\omega t + \alpha - \varphi_N) - \frac{1}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot \sin(\alpha - \varphi_N) = 0 \end{cases}$$

$$-\omega \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot \cos(\alpha - \varphi_N) - \frac{1}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot \sin(\alpha - \varphi_N) = 0$$

$$-\omega \cdot T \cdot \cos(\alpha - \varphi_N) = \sin(\alpha - \varphi_N)$$

ta có:

$$-\omega T = \frac{\sin(\alpha - \varphi_N)}{\cos(\alpha - \varphi_N)}$$

$$-\frac{\omega \cdot (L - M)}{R} = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_N)$$

$$-\frac{X}{R} = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_N)$$

$$-\operatorname{tg}\varphi_N = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_N)$$

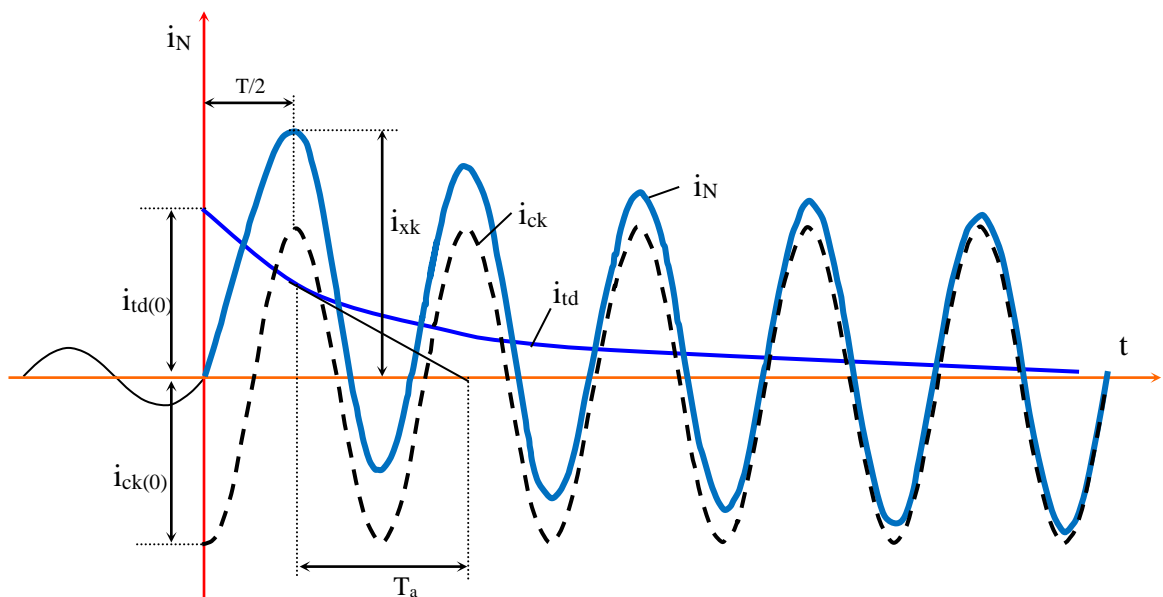
$$\operatorname{tg}(-\varphi_N) = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_N)$$

Hay tức là $\alpha = 0$

Vì vậy nếu ngắn mạch tại thời điểm dòng điện đi qua không thì dòng ngắn mạch sẽ cực đại khi $\alpha = 0$ tức là tại thời điểm ngắn mạch điện áp cũng đi qua không.

Mặt khác nếu coi mạch vòng ngắn mạch là thuần cảm (thông thường trong tính toán ngắn mạch hệ thống hay ở mạng điện áp cao người ta chỉ kể tới X và bỏ qua R khi $Rt < X/3$) thì tại thời điểm ngắn mạch trị số dòng mạch chu kỳ đạt giá trị cực đại và bằng biên độ của nó (chậm sau 90°) do đó thành phần tắt dần cũng phải đạt giá trị lớn nhất và ngược dấu vì $i_{(0)} = i_{N(ck)} + i_{N(td)} = 0$.

Quá trình quá độ của dòng ngắn mạch được biểu diễn như sau:



Hình 7-5: Các thành phần dòng ngắn mạch

* **Giá trị dòng điện xung kích:** Nhìn vào đồ thị ta thấy rằng sau lúc ngắn mạch $1/2$ chu kỳ dòng ngắn mạch đạt giá trị cực đại. Trị số ấy gọi là dòng điện xung kích:

$$i_{xk} = I_{Nm} + I_{td(0)} \cdot e^{-\frac{0,01}{T}} = I_{Nm} + I_{Nm} \cdot e^{-\frac{0,01}{T}} = \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T}}\right) I_{Nm} = K_{xk} \cdot I_{Nm}$$

Tại thời điểm ngắn mạch $I_{td(0)} = I_{Nm} = i_{ck(0)}$

Trong đó:

- K_{xk} : là hệ số xung kích.

$$K_{xk} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T}}$$

Nếu $T = \frac{L - M}{R} \rightarrow \infty$ thì $K_{xk} = 2$.

Nếu $T = \frac{L - M}{R} \rightarrow 0$ thì $K_{xk} = 1$.

Vậy $1 \leq K_{xk} \leq 2$

K_{xk} có thể tra đường cong hình trong các tài liệu.

Trong tính toán thực dụng người ta lấy K_{xk} như sau:

- Khi ngắn mạch trên thanh cái lấy điện trực tiếp từ máy phát có công suất trung bình và lớn lấy $K_{xk} = 1,9$.

- Khi ngắn mạch trong mạng điện cao áp (>1000V) bỏ qua điện trở của các phần tử thì lấy $K_{xk} = 1,8$.

- Khi ngắn mạch thứ cấp máy biến áp giảm công suất đến 1000 kVA thì lấy $K_{xk} = 1,3$.

* **Trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch tại thời điểm t được tính như sau:**

$$I_N(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t-T/2}^{t+T/2} i_N^2 dt}$$

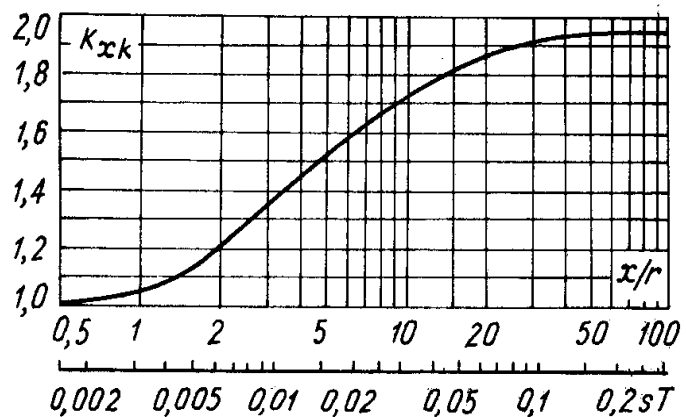
- t: là thời điểm nằm giữa chu kỳ tính toán.

Dòng ngắn mạch toàn phần trong thời kỳ quá độ không phải là hình sin vì có thành phần tắt dần, bởi vậy trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần $I_N(t)$ tại thời điểm t nào đó sau khi xảy ra ngắn mạch là dòng điện trung bình bình phương trong chu kỳ (0,02s) mà thời điểm t nằm giữa:

$$I_N(t) = \sqrt{I_{td}^2(t) + I_{ck}^2(t)}$$

Trong đó:

- $I_{td}(t)$: là trị hiệu dụng của thành phần không chu kỳ trong chu kỳ tính toán mà thời điểm t nằm giữa được lấy gần đúng bằng giá trị tức thời của thành phần không chu kỳ tại thời điểm t.



Đường cong biểu diễn quan hệ giữa hệ số K_{xk} và hằng số thời gian T_a hay tỉ số x/r

- $I_{ck}(t)$: là trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch trong chu kỳ tính toán mà thời điểm t ở giữa. Với nguồn công suất vô cùng lớn trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ.

$$I_{ck} = \frac{I_{Nm}}{\sqrt{2}}$$

- I_{Nm} : là biên độ của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch.

Trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch toàn phần trong chu kỳ đầu tiên sau khi xảy ra ngắn mạch:

$$I_{xk} = \sqrt{I_{td(0,01)}^2 + I''^2}$$

Trong đó:

- I'' : là trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch trong chu kỳ đầu tiên kể từ khi xảy ra ngắn mạch gọi là dòng siêu quá độ ban đầu:

$$I'' = \frac{I_{Nm}}{\sqrt{2}}$$

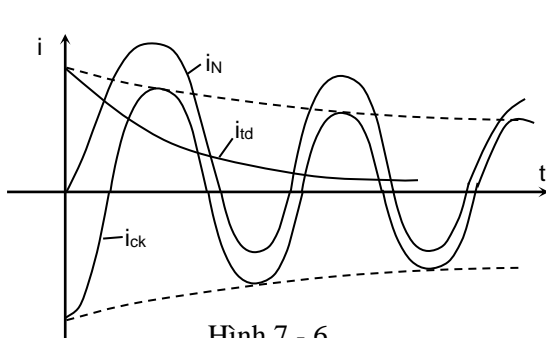
$$I_{td(0,01)} = i_{td(0,01)} = i_{xk} - I_{Nm}$$

$$= K_{xk} \cdot I_{Nm} - I_{Nm} = (K_{xk} - 1) \cdot I_{Nm} = (K_{xk} - 1) \cdot \sqrt{2} \cdot I''$$

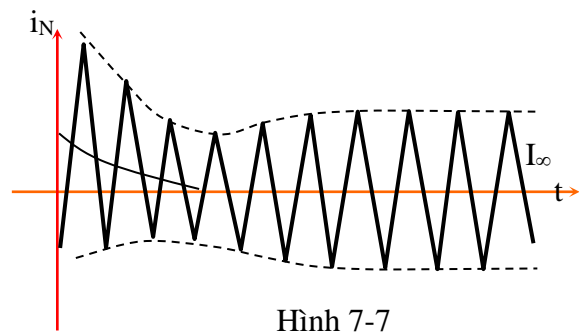
$$I_{xk} = \sqrt{2 \cdot I''^2 \cdot (K_{xk} - 1)^2 + I''^2} = I'' \cdot \sqrt{1 + 2(K_{xk} - 1)^2}$$

* Trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích là trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch toàn phần trong chu kỳ đầu tiên sau khi xảy ra ngắn mạch.

Ở trên ta đã khảo sát quá trình quá độ của dòng ngắn mạch ba pha trong trường hợp nguồn có công suất vô cùng lớn (với điều kiện này trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch không thay đổi trong quá trình ngắn mạch).



Hình 7 - 6



Hình 7-7

Nhưng giả thiết này không phù hợp vì với máy phát điện không có bộ tự động điều chỉnh điện áp, sức điện động của máy phát điện giảm dần trong quá trình ngắn mạch do tác dụng khử từ của phản ứng stato tăng lên nghĩa là từ thông tổng trong khe hở không khí giảm xuống, do đó biên độ và trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch cũng giảm dần đến trị số ổn định.

Người ta gọi trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch khi đã ổn định là dòng ngắn mạch ổn định I_{∞} .

Trong trường hợp máy phát có bộ tự động điều chỉnh điện áp, thì sau một khoảng thời gian bằng hằng số thời gian của cuộn dây kích thích máy phát thì sức điện động của máy phát tăng dần đến trị số định mức và dòng ngắn mạch cũng tăng dần lên và được biểu diễn như sau:

Như vậy là sau một vài chu kỳ bộ tự động điều chỉnh điện áp mới có tác dụng và dòng ngắn mạch tăng dần lên theo sự tăng của điện áp và đến ổn định.

7.3. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

Việc xác định dòng ngắn mạch trong mạng điện phức tạp là một điều rất khó khăn và nhiều khi không thực hiện được. Do đó để đơn giản trong tính toán người ta đưa ra các giả thiết cơ bản sau:

a) Trong quá trình tính ngắn mạch sức điện động của các máy phát coi như trùng pha nhau nghĩa là không có sự dao động công suất giữa các máy phát. Với giả thiết này ta xác định được dòng ngắn mạch lớn nhất.

b) Phụ tải chỉ dự tính gần đúng và được thay thế bằng tổng trở cố định đặt tập trung tại một điểm. Với động cơ điện cỡ lớn, khi ngắn mạch ở gần đầu cực động cơ, tại thời điểm có thể xem như máy phát điện cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch.

c) Mạch từ không bão hoà. Điều đó cho phép coi điện cảm của các phần tử trong mạch vòng ngắn mạch không thay đổi.

d) Bỏ qua quá trình quá độ điện từ trong máy biến áp lực xảy ra ngắn mạch.

e) Bỏ qua điện trở trong trường hợp.

$$R_{\Sigma} < \frac{1}{3} X_{\Sigma}$$

f) Bỏ qua điện dung của đường dây. Giả thiết này thích hợp vì điện dung của đường dây bé trừ đường dây cao áp tải điện đi cực xa.

g) Bỏ qua dòng từ hoá của máy biến áp.

h) Bỏ qua điện trở quá độ ở vị trí sự cố có nghĩa là ngắn mạch mang tính chất kim loại.

7.4. TÍNH TOÁN ĐIỆN KHÁNG CÁC PHẦN TỬ

7.4.1. Hệ đơn vị tương đối

Trong tính toán ngắn mạch các thông số của các phần tử có thể tính trong hệ đơn vị có tên hoặc hệ đơn vị tương đối.

Ví dụ:

Xét một phần tử trong mạch điện 3 pha xác lập có các tham số định mức sau: $U_{dm}(kV)$; $I_{dm}(kA)$; $S_{dm}(MVA)$; $Z_{dm}(\Omega)$. Khi trong cùng một cấp điện áp chúng quan hệ với nhau theo hai biểu thức như sau:

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

$$Z_{dm} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}}$$

Nếu phần tử này lại làm việc với điều kiện thực tế:

U (kV); I (kA); S (MVA) và Z (Ω) thì giá trị tương đối định mức của nó được tính như sau:

$$U_{*dm} = \frac{U}{U_{dm}} \quad I_{*dm} = \frac{I}{I_{dm}}$$

$$S_{*dm} = \frac{S}{S_{dm}} \quad Z_{*dm} = \frac{Z}{Z_{dm}}$$

Trong hệ thống cung cấp điện các phần tử có tham số định mức rất khác nhau, do đó khi tính toán, ngắn mạch ta phải qui đổi tham số của các phần tử về một hệ tương đối cơ bản nào đó thuận lợi nhất.

Chúng ta biến bốn đại lượng: S ; U ; I ; Z quan hệ với nhau theo hai biểu thức:

$$S = \sqrt{3}.U.I; \quad U = \sqrt{3}.I.Z$$

Trong bốn đại lượng chỉ có hai đại lượng là độc lập. Thông thường người ta chọn hai đại lượng S và U làm đại lượng độc lập và chọn các lượng cơ bản cho hai đại lượng này.

- Chọn công suất cơ bản: S_{cb}

Công suất cơ bản có thể chọn là một giá trị tùy ý cho toàn mạch. Nhưng để đơn giản trong tính toán người ta chọn công suất cơ bản bằng công suất định mức của một máy phát điện hay của một nguồn điện nào đó hoặc bằng một số chẵn: 1; 10; 100; 1000 MVA.

- Chọn điện áp cơ bản:

Về nguyên tắc cũng được chọn tùy ý, nhưng để thuận tiện trong tính toán người ta chọn bằng điện áp trung bình định mức của từng cấp điện áp U_{tbdm} . Người ta qui định điện áp trung bình định mức của từng cấp điện áp như sau:

Bảng 7-1

U_{dm} (kV)	50	22	11	35	10	6	0,3	0,2
U_{tbdm} (kV)	50	23	11	37	10,	6,3	0,4	0,2

- Dòng điện cơ bản: $I_{cb.} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}}$

- Tổng trở cơ bản: $Z_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.I_{cb}} = \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}$

- Các đại lượng tương đối cơ bản được xác định như sau:

$$I_{*cb} = \frac{I}{I_{cb}}$$

$$U_{*cb} = \frac{U}{U_{cb}}$$

$$Z_{*cb} = \frac{Z}{Z_{cb}} = Z \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$S_{*cb} = \frac{S}{S_{cb}} = \frac{\sqrt{3}UI}{\sqrt{3}U_{cb}I_{cb}} = U_{*cb} \cdot I_{*cb}$$

Nếu $U = U_{cb}$ thì $S_{*cb} = I_{*cb}$

Nếu trong tính toán ngắn mạch ta chọn lượng cơ bản khác với định mức thì phải quy đổi những tham số tương đối định mức về giá trị tương đối cơ bản như sau:

$$Z_{*cb} = Z_{*dm} \cdot \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}} \cdot \frac{\sqrt{3}I_{cb}}{U_{cb}} = Z_{*dm} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \cdot \frac{U_{dm}^2}{U_{cb}^2}$$

Nếu chọn $U_{cb} = U_{dm}$ thì:

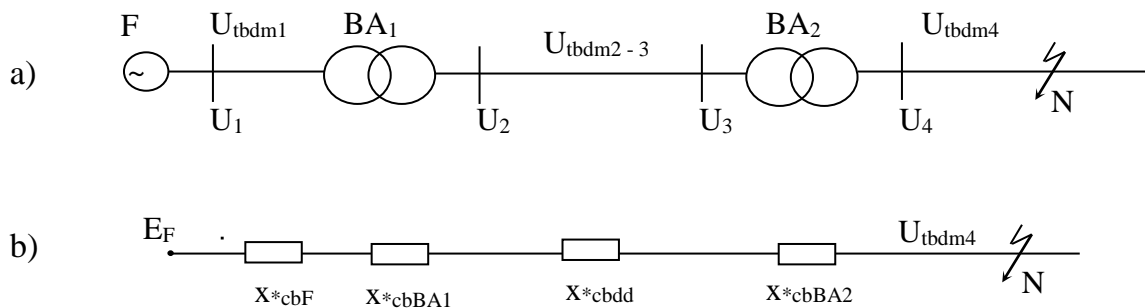
$$Z_{*cb} = Z_{*dm} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}}$$

Như vậy tại mỗi cấp điện áp mà ta chọn điện áp cơ bản bằng điện áp trung bình định mức của cấp điện áp ấy thì không phải tính lại theo U_{cb} mà chỉ cần tính lại theo S_{cb} mà thôi (đây là cách tính gần đúng vì thường $U_{dm} \neq U_{tbdm}$).

7.4.2. Thành lập sơ đồ thay thế và tính các thông số của các phần tử trong sơ đồ thay thế.

Để thành lập sơ đồ thay thế ta phải chọn một cấp điện áp làm cơ sở (thường chọn cấp điện áp có ngắn mạch làm cơ sở), qui các lượng cơ bản đã chọn ở cấp cơ sở về cấp điện áp khảo sát, rồi dùng các lượng cơ bản mới đó để tính các thông số của các phần tử ở cấp điện áp ấy trong sơ đồ thay thế.

Ta khảo sát sơ đồ sau:



Hình 7- 8. Sơ đồ thay thế của mạng điện

Chọn cấp điện áp U_4 làm cấp cơ sở, chọn đại lượng cơ bản ở cấp này U_{cb4} , S_{cb} . Khi này điện áp cơ bản ở cấp cơ sở qui đổi sang một cấp điện áp bất kỳ được xác định như sau:

$$U_{cb1} = U_{cb4} \cdot K_1 \cdot K_2 = U_{cb4} \cdot \frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{U_3}{U_4}$$

Trong thực tế vì có tổn thất điện áp trên đường dây nên điện áp ở đầu đường dây và cuối đường dây ở cùng cấp điện áp không giống nhau. Nếu lấy điện áp trung bình định mức như đã qui định như trên để tính toán và chọn điện áp cơ bản ở cấp cơ sở bằng điện áp trung bình định mức (U_{tbdm}) ở cấp ấy thì điện áp cơ bản ở cấp cơ sở qui đổi về một cấp điện áp bất kỳ được xác định:

$$U_{cb1} = U_{tbdm4} \cdot \frac{U_{tbdm1}}{U_{tbdm23}} \cdot \frac{U_{tbdm23}}{U_{tbdm4}} = U_{tbdm1}$$

Như vậy nếu dùng điện áp trung bình định mức để tính toán và chọn điện áp cơ bản ở cấp cơ sở bằng điện áp trung bình định mức ở cấp cơ sở thì điện áp cơ bản ở cấp cơ sở qui đổi về bất kỳ cấp điện áp nào đều bằng điện áp trung bình định mức của cấp ấy.

Như vậy lúc xác định các tham số của sơ đồ thay thế ta chỉ việc lấy trị số điện áp trung bình định mức để tính toán và bỏ qua các phép tính trung gian.

1. Tính các thông số của các phần tử trong sơ đồ thay thế.

Với cách chọn các đại lượng cơ bản như trên ta có thể xác định được các thông số của sơ đồ thay thế như sau:

a) Máy phát, máy bù đồng bộ, động cơ đồng bộ và không đồng bộ:

+ Tính chính xác:

$$X_{*(cb)} = X''_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \cdot \left(\frac{U_{dm}}{U_{cb}} \right)^2$$

+ Tính gần đúng:

$$X_{*(cb)} = X''_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \quad (\text{coi } U_{dm} = U_{tbdm} = U_{cb})$$

Trong đó: - X''_d : là điện kháng siêu quá độ dọc trục, đầu bài cho hoặc tra sổ tay.

b) Máy biến áp ba pha hai dây quấn:

+ Tính chính xác:

$$R_{*BA(cb)} = \Delta P_N \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$Z_{*BA(cb)} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$X_{*BA(cb)} = \sqrt{Z_{*BA(cb)}^2 - R_{*BA(cb)}^2}$$

+ Tính gần đúng:

$$R_{*BA(cb)} = \Delta P_N \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}^2}$$

$$Z_{*BA(cb)} = \frac{U_N \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dm}}$$

$$X_{*BA(cb)} = \sqrt{Z_{*BA(cb)}^2 - R_{*BA(cb)}^2}$$

Với máy biến áp có $S_{dm} \geq 650$ kVA coi: $Z_{*BA(cb)} = X_{*BA(cb)}$

c) Máy biến áp ba pha ba dây quấn:

Máy biến áp ba pha ba dây quấn được chế tạo với công suất lớn nên ta lấy:

$$Z_{*BA(cb)} = X_{*BA(cb)} \text{ và bỏ qua giá trị điện trở } R_{*BA}$$

$$X_{*BAC(cb)} = \frac{U_{NC} \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmC}} \cdot \left(\frac{U_{dmC}}{U_{cbC}} \right)^2$$

$$X_{*BATB(cb)} = \frac{U_{NTB} \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmTB}} \cdot \left(\frac{U_{dmTB}}{U_{cbTB}} \right)^2$$

$$X_{*BAH(cb)} = \frac{U_{NH} \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmH}} \cdot \left(\frac{U_{dmH}}{U_{cbH}} \right)^2$$

Tính toán gần đúng coi:

$$U_{dmC} = U_{cbC}; \quad U_{dmTB} = U_{cbTB}; \quad U_{dmH} = U_{cbH};$$

Trong đó:

- $X_{*BAC(cb)}$: điện kháng tương đối cơ bản của cuộn dây điện áp cao của máy biến áp ba pha ba dây quấn trong sơ đồ thay thế.
- $X_{*BATB(cb)}$: như trên nhưng của cuộn dây điện áp trung bình.
- $X_{*BAH(cb)}$: như trên nhưng của cuộn dây điện áp hạ.

Các máy biến áp ba pha ba dây quấn có các tổ đấu dây tiêu chuẩn như sau:

$$Y_0/Y_0/\Delta - 12 - 11$$

$$Y_0/Y/\Delta - 12 - 11$$

$$Y_0/\Delta/\Delta - 11 - 11$$

Công suất của các máy biến áp ba pha ba dây quấn được chế tạo theo những tỷ lệ sau đây (%định mức®):

$$1) 100\%, 100\%, 100\%$$

$$2) 100\%, 100\%, 67\%$$

$$3) 100\%, 67\%, 100\%$$

$$4) 100\%, 67\%, 67\%$$

Công suất định mức của máy biến áp ba pha ba dây quấn được lấy theo công suất định mức của cuộn sơ cấp (có công suất lớn nhất).

Nếu không có số liệu chính xác ta có thể lấy $S_{dmC} = S_{dmTB} = S_{dmH} = S_{dmBA}$.

Ví dụ: Máy biến áp ba pha ba dây quấn có điện áp định mức:

Cuộn dây cao áp: 110 kV.

Cuộn dây trung áp: 35 kV.

Cuộn dây hạ áp: 10 kV.

$$U_{NC} \% = \frac{1}{2} \cdot (U_{NC-TB} \% + U_{NC-H} \% - U_{NTB-H} \%)$$

$$U_{NTB} \% = \frac{1}{2} \cdot (U_{NC-TB} \% + U_{NTB-H} \% - U_{NC-H} \%)$$

$$U_{NH} \% = \frac{1}{2} \cdot (U_{NC-H} \% + U_{NTB-H} \% - U_{NC-TB} \%)$$

d) Cuộn kháng điện:

$$X_{*dk(cb)} = \frac{X_{dk} \%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \cdot \frac{U_{dm}^2}{U_{cb}^2} = \frac{X_{dk} \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}}{I_{dm}} \cdot \frac{I_{cb}}{U_{cb}}$$

Tính gần đúng lấy $U_{dm} = U_{cb}$.

Cuộn kháng điện được dùng để hạn chế dòng ngắn mạch và duy trì điện áp trên thanh dẫn ở một mức độ nào đó ($U \geq 0,6 U_{dm}$) khi xảy ra ngắn mạch.

Điện kháng của cuộn kháng thường được tính dưới dạng phần trăm:

$$X_{dk} \% = \frac{I_{dm} \cdot \omega L}{U_{dm \text{ pha}}} = \frac{\omega L}{\frac{U_{dm \text{ day}}}{\sqrt{3} I_{dm}}}$$

Trong đó:

- L: điện cảm của cuộn kháng.
- I_{dm} : dòng định mức của kháng điện.
- $U_{dm \text{ pha}}$: điện áp định mức pha của cuộn kháng.

e) Đường dây tải điện:

$$R_{*dd(cb)} = r_0 \cdot L \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$X_{*dd(cb)} = x_0 \cdot L \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Trong đó:

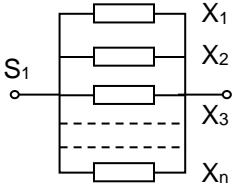
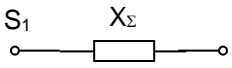
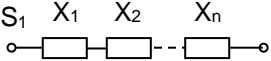
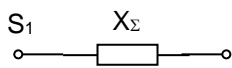
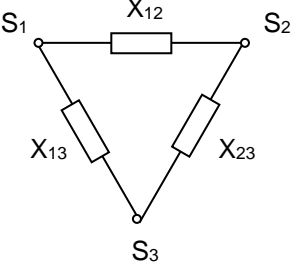
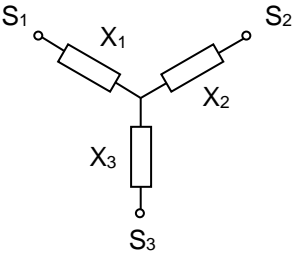
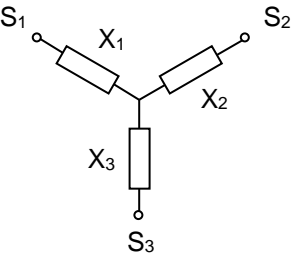
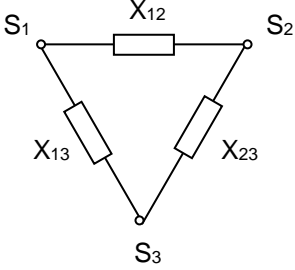
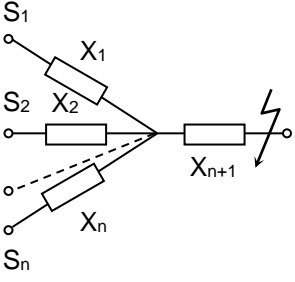
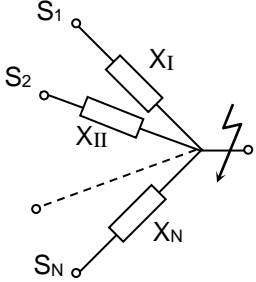
- L: chiều dài đường dây (km).
- r_0, x_0 : điện trở, điện kháng của một km đường dây.

Chú ý: U_{cb} trong công thức trên lấy bằng điện áp trung bình định mức của đường dây.

2. Đơn giản sơ đồ thay thế.

Để tính được dòng ngắn mạch theo yêu cầu của bài toán, ta phải biến đổi sơ đồ thay thế về dạng đơn giản cho phù hợp với việc tính toán. Các phương pháp làm đơn giản sơ đồ thay thế như bảng 7-2:

Bảng 7-2

		$\frac{1}{X_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{X_i}$
		$X_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n X_i$
		$X_1 = \frac{X_{12} \cdot X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$ $X_2 = \frac{X_{12} \cdot X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$ $X_3 = \frac{X_{23} \cdot X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$
		$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3}$ $X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1 \cdot X_3}{X_2}$ $X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 \cdot X_3}{X_1}$
		$X_I = X_1 \cdot X_{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} \frac{1}{X_i}$ $X_{II} = X_2 \cdot X_{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} \frac{1}{X_i}$ $X_N = X_n \cdot X_{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} \frac{1}{X_i}$

7.4.3. Sử dụng đường cong tính toán để tính ngắn mạch

1. Giới thiệu đường cong tính toán

Như ta đã biết trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch tại thời điểm bất kỳ (t) được xác định theo biểu thức:

$$I_{ck(t)} = \frac{E_{(t)}}{\sqrt{3}X_{\Sigma}} = \frac{E_{(t)}}{\sqrt{3}(X''_d + X_{ng})}$$

Trong đó:

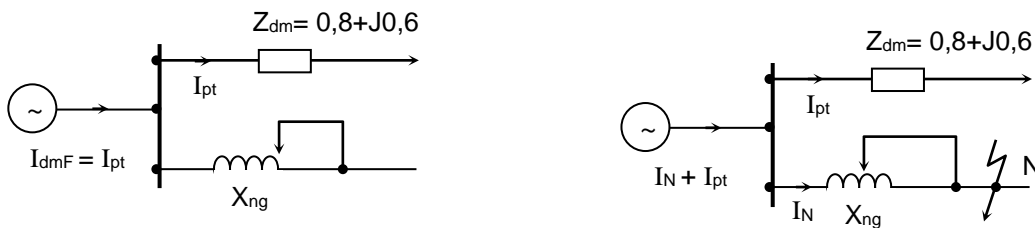
- X''_d : điện kháng siêu quá độ dọc trục của máy phát điện.
- X_{ng} : điện kháng ngoài của mạch vòng ngắn mạch.

Muốn xác định được $I_{CK(t)}$ ta phải biết sức điện động $E_{(t)}$ của máy phát tại thời điểm ấy (t). Vì tính $E_{(t)}$ bằng phương pháp giải tích thì phức tạp, nên trong tính toán thực tế xác định $I_{CK(t)}$ theo đường cong tính toán.

Đường cong này biểu diễn sự phụ thuộc trị số tương đối của dòng chu kỳ $I_{*ck(t)}^{(3)}$ vào điện kháng tính toán của mạch điện bị ngắn mạch 3 pha.

$$I_{*ck(t)}^{(3)} = f(t; X_{*tt})$$

Các đường cong này được xây dựng với giả thiết là trước lúc ngắn mạch, các máy phát đang đầy tải, $\cos\varphi = 0,8$ và điện áp là định mức. Vì các máy phát kiểu khác nhau có các tham số khác nhau nên các đường cong tính toán được lập với các tham số mẫu của các máy phát nhiệt điện và máy phát thủy điện (sản xuất ra ở Liên Xô).



a) Hình 7 - 9. Sơ đồ dòng để vẽ đường cong tính toán. **b)**
 a. Tình trạng làm việc bình thường.
 b. Ngắn mạch ba pha tại N.

Hình 7-9 là cơ sở tính toán của các đường cong. Một nhánh có tổng trở không đổi $Z_{dm} = 0,8 + j 0,6$ tương trưng cho phụ tải định mức của máy phát điện nối tới đầu cực (thanh góp) của máy phát điện. Các điểm ngắn mạch được chọn sau điện kháng ngoài khác nhau của nhánh sự cố. Trước lúc ngắn mạch nhánh này không tải (hình 7-3a).

Với các điều kiện đã thừa nhận như đã nói trước đây, dòng điện ngắn mạch tại nhánh sự cố có trị số lớn nhất.

Thay đổi X_{ng} tức là thay đổi vị trí điểm ngắn mạch. Lấy các tham số trung bình của máy phát và cho các trị số X_{ng} khác nhau tính được đại lượng $E_{(t)}$ và sau đó tính được trị số dòng điện chu kỳ trong nhánh sự cố tại các thời điểm khác nhau. Trong đó cho rằng dòng điện trong nhánh máy phát bằng tổng hình học các dòng điện trong nhánh sự cố và trong nhánh phụ tải (hình 7-3b). Căn cứ vào kết quả vừa nhận được vẽ thành các đường cong tính toán. Trên trục hoành của đồ thị là các trị số tương đối của điện kháng tính toán

bằng $X_{*tt} = X_{*d}'' + X_{*ng}$ đã quy đổi về công suất định mức của máy phát điện, còn trên trục tung là trị số tương đối của dòng điện chu kỳ trong nhánh sự cố.

$$I_{*ck(t)}^{(3)} = \frac{I_{ck(t)}^{(3)}}{I_{dmF}} \quad \text{với} \quad I_{dmF} = \frac{S_{dmF}}{\sqrt{3}U_{tbdm}}$$

Như vậy các đường cong tính toán đã có tính đến phụ tải trước đó của các máy phát. Phụ tải này được ước tính quy đổi về cực của máy phát, vì thế trong đại lượng X_{*tt} không kể đến tổng trở phụ tải. Điều đó cho phép loại trừ khỏi sơ đồ tính toán và các sơ đồ thay thế tất cả các phụ tải và chỉ tính đến các phần tử có dòng điện ngắn mạch chạy qua chúng.

Nếu trong sơ đồ tính toán có một số máy phát thì X_{*tt} được xác định đối với tổng công suất định mức $S_{dm\Sigma}$ của tất cả các máy phát tham gia tạo nên dòng điện ngắn mạch (tức là $X_{*tt\Sigma}$ được quy đổi về tổng công suất định mức $S_{dm\Sigma}$ của các máy phát tạo ra dòng ngắn mạch chạy qua nhánh đang xét).

Sử dụng đường cong tính toán cũng đơn giản.

$$\text{Xác định } X_{*tt\Sigma} \text{ ta biết } S_{dm\Sigma} \text{ và } I_{dm\Sigma} = \frac{S_{dm\Sigma}}{\sqrt{3}U_{tbdm}}$$

(U_{tbdm} là điện áp trung bình định mức của cấp cần tính toán ngắn mạch)

Trên một đồ thị người ta vẽ sẵn thành một họ các đường cong tính toán ở các thời điểm khác nhau kể từ sau khi xảy ra ngắn mạch ($t=0; \quad =0,2 \quad =0,3 \dots =\infty$) cho từng loại máy phát thủy điện, nhiệt điện riêng có tự động điều chỉnh kích từ hoặc không có tự động điều chỉnh kích từ (hình 7-21, 7-22 trang 51, 52).

$$I_{*ck(t)} = f(X_{*tt\Sigma}, t)$$

$$\text{Từ đồ thị ta xác định được } I_{*CK(t)} \text{ và sau đó tính: } I_{ck(t)} = I_{*ck(t)} \cdot I_{dm\Sigma}$$

Trường hợp riêng đường cong với $t = 0$ dùng để xác định dòng siêu quá độ ban đầu I'' , còn đường cong với $t = \infty$ để xác định dòng ngắn mạch ổn định:

$$I'' = I_{*ck(t=0)} \cdot I_{dm\Sigma}$$

$$I_{\infty} = I_{*ck(t=\infty)} \cdot I_{dm\Sigma}$$

Tương tự công suất ngắn mạch được xác định:

$$S_{NM(t)} = I_{*ck(t)} \cdot S_{dm\Sigma}$$

$$\text{vì } S_{NM(t)} = \sqrt{3}U_{tbdm} \cdot I_{ck(t)} = \sqrt{3}U_{tbdm} \cdot I_{*ck(t)} \cdot I_{dm\Sigma} = I_{*ck(t)} \cdot S_{dm\Sigma}$$

Để kiểm tra công suất cắt của các thiết bị và bảo vệ ta phải tính công suất ngắn mạch tại $t = 0$.

$$S_{NM(t=0)} = \sqrt{3}U_{tbdm} \cdot I'' = I_{*ck(t=0)} \cdot S_{dm\Sigma}$$

Khi sử dụng đường cong tính toán thì đối với các máy phát thủy điện có cuộn cảm cần phải tăng điện trở tính toán lên 0,07 (theo trục hoành đặt $X_{*tt} + 0,07$). Khi đó đối với $t \leq 0,1s$ sử dụng đường chấm chấm. Còn đối với $t > 0,1s$ sử dụng đường nét liền.

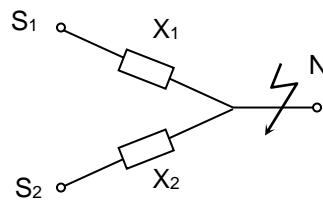
Các đường cong tính toán được dùng để tính các dòng điện ngắn mạch với $X_{*tt} \leq 3$ (ở điều kiện này nguồn được xem là có công suất hữu hạn và dòng chu kỳ thay đổi trong quá trình ngắn mạch), còn với $X_{*tt} > 3$ điểm ngắn mạch được coi là ở xa và dòng điện chu kỳ không thay đổi $I_{ck(t)} = \text{const}$.

Trong trường hợp hệ thống có nhiều loại máy phát điện: nhiệt điện, thuỷ điện, máy phát có bộ tự động điều chỉnh điện áp hoặc không thì khi tính toán ngắn mạch ta dùng đường cong tính toán của máy phát có công suất định mức lớn nhất.

2. Sử dụng đường cong tính toán để tính ngắn mạch.

a) Phương pháp một biến đổi:

Trường hợp có nhiều nguồn cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch ta có nhập các nguồn lại làm một khi có một trong các điều kiện sau:- Nếu: $\frac{S_1 \cdot X_1}{S_2 \cdot X_2} = 0,4 \div 2,5$



Hình 7 - 10

Chú ý: Không được sát nhập các nguồn trong những trường hợp sau:

+ Nguồn có sức điện động không thay đổi (nguồn có công suất vô cùng lớn hoặc X_{*tt} từ nguồn đến điểm ngắn mạch lớn hơn 3) với nhánh nguồn có $X_{*tt} \leq 3$ vì đường cong tính toán chỉ xây dựng cho các nguồn có sức điện động thay đổi trong quá trình ngắn mạch.

+ Các nguồn nếu điện kháng tính toán từ mỗi một nguồn đến điểm ngắn mạch đều lớn hơn 3.

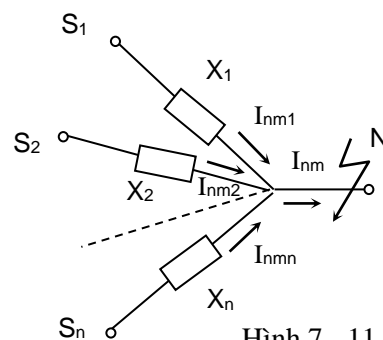
b) Phương pháp nhiều biến đổi:

Khi không thoả mãn các điều kiện nêu trên hoặc tùy yêu cầu của bài toán ta có thể tách ra hai hoặc nhiều nhánh để tính.

Khi đó:
$$I_{NM\Sigma} = \sum_{i=1}^n I_{NMi}$$

Trong đó:

I_{NMi} : dòng ngắn mạch chạy trong nhánh thứ i .



Hình 7 - 11

Phương pháp này không những cho biết dòng ngắn mạch tổng mà còn cho biết dòng ngắn mạch chạy trong từng nhánh, căn cứ vào đó để kiểm tra thiết bị điện.

3. Trình tự tính toán

* Vẽ sơ đồ mạch điện, ghi đầy đủ các tham số định mức của các phần tử trong sơ đồ.

* Chọn các đại lượng cơ bản ở cấp cơ sở (cấp có ngắn mạch): U_{cb} ; S_{cb} .

* Thành lập sơ đồ thay thế và tính các tham số của các phần tử trên sơ đồ thay thế.

* Căn cứ vào yêu cầu của bài toán, biến đổi sơ đồ thay thế về dạng đơn giản nhất.

* Tính điện kháng tính toán (vì đường cong tính toán vẽ với các tham số định mức nên phải đổi điện kháng tính trong hệ đơn vị tương đối cơ bản về hệ đơn vị tương đối định mức). Cách tính như sau:

$$X_{*tt\Sigma} = X_{*(cb)\Sigma} \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

Trong đó:

$S_{dm\Sigma}$: tổng công suất định mức của các máy phát điện cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch.

* Căn cứ vào $X_{*tt\Sigma}$ tra đường cong tính toán ta được $I_{*ck(t)}$.

* Tính $I_{dm\Sigma}$: ta có
$$I_{dm\Sigma} = \frac{S_{dm\Sigma}}{\sqrt{3}U_{tbdm}}$$

Khi xác định dòng ngắn mạch ở cấp nào thì lấy U_{tbdm} ở cấp ấy để tính.

* Xác định dòng ngắn mạch trong hệ đơn vị có tên.

$$I_{ck(t)} = I_{*ck(t)} \cdot I_{dm\Sigma}$$

Nếu dùng phương pháp nhiều biến đổi thì:

$$I_{ck\Sigma} = \sum_{i=1}^n I_{cki}$$

Chú ý:

+ Với những nhánh có $X_{*tt} > 3$ thì dòng ngắn mạch trong nhánh đó được tính như sau:

$$I_{ck(t)} = \frac{I_{dm\Sigma}}{X_{*tt}} \text{ và không đổi trong thời gian ngắn mạch } = I'' = I_{\infty}$$

(Nếu X_{*tt} từ nguồn tới điểm ngắn mạch lớn hơn 3, có nghĩa là điểm ngắn mạch ở xa nguồn khi đó dòng ngắn mạch ít ảnh hưởng tới máy phát điện nên sức điện động của máy phát hầu như không thay đổi trong quá trình ngắn mạch. Do vậy dòng ngắn mạch chu kỳ gần như không thay đổi trong quá trình ngắn mạch và được tính như sau:

$$I_{ck(t)} = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3} \cdot X_{tt}}$$

X_{tt} : điện kháng trong hệ đơn vị có tên tính từ nguồn đến điểm ngắn mạch.

$$X_{tt} = X_{*tt} \cdot \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}I_{dm\Sigma}}$$

Thay X_{tt} vào công thức trên ta được:

$$I_{ck(t)} = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}X_{*tt} \cdot \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}I_{dm\Sigma}}} = \frac{I_{dm\Sigma}}{X_{*tt}}$$

+ Trường hợp nguồn có công suất vô cùng lớn thì không dùng đường cong tính toán khi đó dòng ngắn mạch được tính như sau:

$$I_{ck(t)} = I'' = I_{\infty} = \frac{I_{cb}}{X_{*cb\Sigma}}$$

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}}$$

Muốn tính dòng ngắn mạch ở cấp nào thì lấy U_{cb} ở cấp ấy để tính.

Công thức trên đây có thể suy ra như sau:

$$X_{*tt\Sigma} = X_{*cb\Sigma} \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

$$X_{tt\Sigma} = X_{*tt} \cdot \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}I_{dm\Sigma}}$$

$$X_{*tt\Sigma} = X_{*cb\Sigma} \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}} \cdot \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}I_{dm\Sigma}}$$

Ta biết rằng: $\frac{S_{dm\Sigma}}{\sqrt{3}I_{dm\Sigma}} = U_{tbdm}$. Do đó thay vào ta được:

$$X_{tt\Sigma} = X_{*cb\Sigma} \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{cb}}$$

Dòng ngắn mạch chu kỳ tại bất kỳ thời điểm nào cũng được tính như sau:

$$I_{ck(t)} = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}X_{tt\Sigma}}$$

$$I_{ck(t)} = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}X_{*cb\Sigma} \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{cb}}} = \frac{I_{cb}}{X_{*cb\Sigma}}$$

*** Tóm lại các đại lượng cần tính toán, đó là:**

- $I'' = I_{*ck(t=0)} \cdot I_{dm\Sigma}$

- $I_{\infty} = I_{*ck(t=\infty)} \cdot I_{dm\Sigma}$

- $I_{ck(t)} = I_{*ck(t)} \cdot I_{dm\Sigma}$

- $i_{xk} = \sqrt{2}K_{xk} \cdot I''$

$$I_{xk} = I'' \cdot \sqrt{1 + 2(K_{xk} - 1)^2} \quad \text{Nếu } K_{xk} \geq 1,3$$

$$I_{\text{kk}} = I'' \cdot \sqrt{1 + \frac{T_a}{0,02}} \quad \text{Nếu } KN_k < 1,3$$

$$T_a = \frac{L_\Sigma}{R_\Sigma} = \frac{\omega L_\Sigma}{\omega R_\Sigma} = \frac{X_\Sigma}{314 \cdot R_\Sigma}$$

Trong đó:

R_Σ, X_Σ : là điện trở, điện kháng tính từ nguồn tới điểm ngắn mạch tính trong hệ đơn vị có tên hoặc hệ đơn vị tương đối.

- Công suất ngắn mạch tại thời điểm t:

$$S_{\text{NM}(t)} = \sqrt{3} U_{\text{tbđm}} \cdot I_{\text{ck}(t)}$$

Chú ý: Khi sử dụng đường cong tính toán để tính ngắn mạch gặp trường hợp không thể bỏ qua được điện trở của các phần tử (hoặc trường hợp không thể bỏ qua điện kháng của các phần tử $R_\Sigma > \frac{1}{3} X_\Sigma$) thì ta tính dòng ngắn mạch như sau:

$$Z_\Sigma = \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}$$

$$Z_{*cb\Sigma} = \frac{Z_\Sigma}{Z_{cb}} = Z_\Sigma \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$Z_{*tt\Sigma} = Z_{*cb\Sigma} \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

Căn cứ vào $Z_{*tt\Sigma}$ tính được tra đường cong tính toán ta tìm được $I_{*ck(t)}$. Các đại lượng cần tính toán được xác định như các phương pháp đã nêu. Nếu $Z_{*tt\Sigma} > 3$ thì:

$$I_{\text{ck}(t)} = \frac{I_{dm\Sigma}}{Z_{*tt\Sigma}}$$

Nếu điện trở, điện kháng của nhánh tính từ nguồn đến điểm ngắn mạch tính trong hệ đơn vị tương đối cơ bản mà không thể bỏ qua được $R_{*cb\Sigma}$ (Nếu $R_{*cb\Sigma} > \frac{1}{3} X_{*cb\Sigma}$) hoặc không bỏ qua được $X_{*cb\Sigma}$ (Nếu $X_{*cb\Sigma} > \frac{1}{3} R_{*cb\Sigma}$) thì ta tính dòng ngắn mạch như sau:

$$Z_{*cb\Sigma} = \sqrt{R_{*cb\Sigma}^2 + X_{*cb\Sigma}^2}$$

$$Z_{*tt\Sigma} = Z_{*cb\Sigma} \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

Các bước tính toán còn lại thực hiện như đã nói ở trên.

Nếu $X_{*cb\Sigma} < \frac{1}{3} R_{*cb\Sigma}$ thì bỏ qua $X_{*cb\Sigma}$ khi đó:

$$R_{*tt\Sigma} = R_{*cb\Sigma} \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

Và ta vẫn dùng $R_{*tt\Sigma}$ để tra đường cong tính toán và tìm được $I_{*ck(t)}$. Dòng ngắn mạch vẫn tính theo trình tự đã nêu ở trên.

7- 5. PHƯƠNG PHÁP TRỞ KHÁNG TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH

7.5.1. Đặc điểm của tính ngắn mạch hạ áp

Trong hệ thống cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp, mạng hạ áp ($U < 1000$ V) có khoảng cách giữa các pha bé, sử dụng cáp nhiều nên điện trở của mạng có thể so sánh được với điện kháng của mạng.

Ngoài ra trong mạng này còn có nhiều thiết bị như: máy biến dòng, áp tô mát, công tắc tơ, cầu dao v.v... Điện trở của đường dây, điện kháng của máy biến dòng, của cuộn dây áp tô mát, điện trở tiếp xúc của cầu dao và của áp tô mát có ảnh hưởng đáng kể đến trị số dòng ngắn mạch nên không thể bỏ qua được. Nếu không tính đến yếu tố này sẽ vấp phải một sai số lớn trong việc tính dòng ngắn mạch. Điều đó dẫn tới việc chọn và kiểm tra thiết bị không chính xác.

Xí nghiệp công nghiệp thường được cung cấp từ lưới điện công suất lớn và ở xa nguồn. Vì vậy khi tính ngắn mạch ở mạng điện áp thấp có thể xem nguồn có công suất vô cùng lớn. Do đó thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch hầu như không thay đổi trong quá trình ngắn mạch. Khi ngắn mạch ở gần đầu cực động cơ thì động cơ lại trở thành máy phát cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch, do đó khi tính ngắn mạch phải kể đến yếu tố ảnh hưởng này. Dòng ngắn mạch do động cơ cung cấp tắt rất nhanh nên ta chỉ tính đến nó tại thời điểm đầu khi xảy ra ngắn mạch. Trong tính toán ta có thể bỏ qua điện kháng của các phần tử nếu $X_{\Sigma} < \frac{1}{3}R_{\Sigma}$. Với giả thiết nguồn có công suất vô cùng lớn nên tính ngắn

mạch hạ áp ta tính trong hệ đơn vị có tên: điện trở, điện kháng tính bằng [mΩ], điện áp tính bằng [V], công suất tính bằng [kVA], dòng điện tính bằng [kA].

7.5.2. Điện trở điện kháng của các phần tử

1. Điện kháng của hệ thống

a) Khi biết công suất định mức và điện kháng tương đối của hệ thống, thì điện kháng của hệ thống trong hệ đơn vị có tên qui đổi về cấp điện áp tính ngắn mạch được xác định theo công thức như sau:

$$X_{ht} = X_{*ht} \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{ht}} \quad (m\Omega)$$

b) Khi biết công suất ngắn mạch của hệ thống thì điện kháng của hệ thống trong hệ đơn vị có tên qui đổi về cấp điện áp tính ngắn mạch được tính theo công thức:

$$X_{ht} = \frac{U_{tbdm}^2}{S_N} \quad (m\Omega)$$

$$(X_{ht} = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3}I_N} \cdot \frac{U_{tbdm}}{U_{tbdm}} = \frac{U_{tbdm}^2}{S_N})$$

Khi không biết công suất ngắn mạch thì có thể lấy công suất cắt của máy cắt gần nhất làm công suất ngắn mạch khi đó:

$$X_{ht} = \frac{U_{tbdm}^2}{S_{cat}} \quad (m\Omega)$$

c) Khi không có số liệu chính xác thì lấy:

$$X_{*ht} = 0,34$$

$$(X_{*ht} = X_{*F} + X_{*AB\uparrow} = X_{*dd} + X_{*BA-H} = 0,125 + 0,105 + 0,05 + 0,105 = 0,34)$$

Trong đó:

- $X_{*F}; X_{*AB\uparrow}; X_{*dd}; X_{*BA-H}$: điện kháng tương đối của nguồn điện, máy biến áp tăng áp, đường dây truyền tải điện, biến áp giảm áp đã qui đổi về công suất định mức của hệ thống).

2. Điện trở điện kháng của máy biến áp ba pha hai dây quấn

$$R_{BA} = \Delta P_N \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{dm}^2} \quad (m\Omega)$$

$$Z_{BA} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{dm}} \quad (m\Omega)$$

$$X_{BA} = \sqrt{Z_{BA}^2 - R_{BA}^2} \quad (m\Omega)$$

Có thể chứng minh các công thức trên như sau:

Khi thí nghiệm ngắn mạch máy biến áp người ta nối ngắn mạch thứ cấp hoặc sơ cấp, sau đó đặt điện áp vào đầu cuộn dây còn lại sao cho dòng chạy trong các cuộn dây là định mức, điện áp này được gọi là điện áp ngắn mạch U_N . Điện áp ngắn mạch thường tính dưới dạng %.

$$U_N \% = \frac{U_N}{U_{dm}} \cdot 100$$

$$Z_{BA} = \frac{U_N}{\sqrt{3}I_{dm}} = \frac{U_N \%}{100} \cdot U_{dm} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}I_{dm}} \cdot \frac{U_{dm}}{U_{dm}} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \quad (m\Omega)$$

Trong tính ngắn mạch người ta thường dùng U_{tbdm} do đó:

$$Z_{BA} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{dm}} \quad (m\Omega)$$

Khi thí nghiệm ngắn mạch người ta đo được tổn thất ngắn mạch ΔP_N . Vì U_N chỉ bằng (5 ÷ 17)%. U_{dm} nên tổn thất trong lõi thép rất bé. Vì vậy tổn thất ngắn mạch ΔP_N chính là tổn thất trong lõi thép máy biến áp.

$$\Delta P_N = 3R_{BA} \cdot I_{dm}^2$$

Trong đó:

- R_{BA} : điện trở của cuộn dây máy biến áp (Ω).
- I_{dm} : dòng định mức của máy biến áp tính bằng kA.

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_N}{(\sqrt{3}I_{dm})^2} \cdot \frac{U_{dm}^2}{U_{dm}^2} = \Delta P_N \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \quad (\text{m}\Omega)$$

Trong tính ngắn mạch người ta thường dùng U_{tbdm} để tính toán. Do đó:

$$R_{BA} = \Delta P_N \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{dm}^2} \quad (\text{m}\Omega)$$

3. Điện trở điện kháng của đường dây và cáp

Nếu không có số liệu chính xác ta có thể lấy như sau:

- Đối với đường dây trên không điện kháng của 1 km chiều dài đường dây lấy bằng:
 - + 0,4 Ω/km với mạng có $U_{dm} > 1000 \text{ V}$.
 - + 0,25 ÷ 0,3 Ω/km với mạng có $U_{dm} < 1 \text{ kV}$.
- + 0,06 ÷ 0,07 Ω/km đối với dây dẫn luồn trong ống và cáp có điện áp $U_{dm} < 1 \text{ kV}$.
- + 0,07 ÷ 0,08 Ω/km đối với cáp có $U_{dm} = 3 \div 10 \text{ kV}$.
- + 0,12 Ω/km đối với cáp có $U_{dm} = 35 \text{ kV}$.

a) Điện kháng của đường dây và cáp được xác định theo công thức:

$$X = x_0 \cdot L \cdot 10^3 \quad (\text{m}\Omega)$$

b) Điện trở của đường dây và cáp được xác định theo công thức:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot 10^6 = r_0 \cdot L \cdot 10^3 \quad (\text{m}\Omega)$$

Trong đó:

- L: chiều dài đường dây, km.
- ρ : điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$) ở 20°C .
- + Đồng $\rho_{Cu} = 0,018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- + Nhôm $\rho_{Al} = 0,029 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- + Sắt $\rho_{Fe} = 0,14 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- S: tiết diện dây dẫn, mm^2 .
- r_0 : điện trở của một km đường dây, Ω/km .

x_0 (Ω/km); r_0 (Ω/km): có thể tra trong các sổ tay và trong các tài liệu tham khảo khi có các số liệu chính xác về kết cấu đường dây và cáp (hoặc tra trong phụ lục).

4. Điện trở, điện kháng của máy biến dòng

Tra trong sổ tay và tài liệu tham khảo (hoặc tra phụ lục)

5. Điện trở, điện kháng của thanh cái

Điện trở, điện kháng của thanh cái có khoảng cách trung bình hình học giữa các pha từ (100 ÷ 300) mm được tra trong sổ tay. Khi khoảng cách trung bình hình học giữa các pha khác giá trị trên thì điện kháng của một thanh cái được xác định theo công thức:

$$X_0 = 0,1445 \lg \frac{4D_{tb}}{h} \quad \left(\frac{m\Omega}{m} \right)$$

Trong đó:

- D_{tb} : là khoảng cách trung bình hình học giữa các pha.

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}} \quad (\text{mm})$$

- h : là chiều cao của thanh cái, mm.

6. Điện trở, điện kháng của cuộn dây áp tô mát

Tra trong sổ tay hoặc tra trong phụ lục theo dòng định mức của chúng.

7. Điện trở tiếp xúc của cầu dao và áp tô mát

Tra trong sổ tay hoặc tra trong phụ lục theo dòng định của chúng.

7.5.3. Phương pháp trở kháng tính toán dòng ngắn mạch

Điện trở, điện kháng của các phần tử đầu được qui đổi về điện áp trung bình định mức của cấp điện áp tính ngắn mạch.

- Nếu điện kháng của các phần tử cho trong hệ đơn vị tương đối định mức thì phải qui đổi về hệ đơn vị có tên theo công thức:

$$X = X_{*dm} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \quad (\text{m}\Omega) \quad (1)$$

- Điện trở, điện kháng của các phần tử qui đổi về cấp điện áp tính ngắn mạch theo công thức:

$$r = r^* \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{U_{dm}^2} \quad (\text{m}\Omega) \quad (2)$$

$$x = x^* \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{U_{dm}^2} \quad (\text{m}\Omega)$$

Trong đó:

- r, x : điện trở, điện kháng của phần tử ở điện áp định mức U_{dm} .

* *

- r, x : điện trở, điện kháng của phần tử đã được qui đổi về điện áp trung bình định mức ở cấp tính ngắn mạch.

Kết hợp (1) và (2) ta được:

$$X = X_{*dm} \cdot \frac{U_{tbdm}^2}{S_{dm}} \quad (\text{m}\Omega)$$

Thông thường mạng xí nghiệp có nguồn cung cấp một phía nên sau khi biến đổi sơ đồ ta được sơ đồ đơn giản sau:

Trong đó:

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n R_i; \quad X_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n X_i$$

Nếu mạng có hai nguồn cung cấp thì:

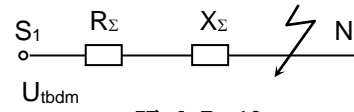
+ Nếu: $\frac{X_1}{R_1} \approx \frac{X_2}{R_2}$

ta có: $X_{\Sigma} = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}; R_{\Sigma} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2};$

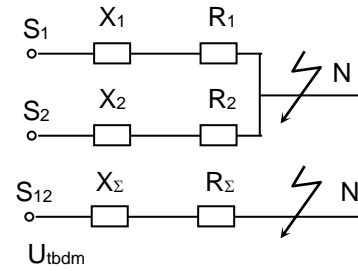
+ Còn nếu $\frac{X_1}{R_1} \neq \frac{X_2}{R_2}$ thì:

$$X_{\Sigma} = \frac{X_1 \cdot (R_2^2 + X_2^2) + X_2 \cdot (R_1^2 + X_1^2)}{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2};$$

$$R_{\Sigma} = \frac{R_1 \cdot (R_2^2 + X_2^2) + R_2 \cdot (R_1^2 + X_1^2)}{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2};$$



Hình 7 - 12



Hình 7 - 13

Mục đích của việc tính ngắn mạch là để kiểm tra thiết bị theo điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch, vì vậy cần phải xác định được dòng ngắn mạch lớn nhất.

Khi tổng trở các pha đều giống nhau thì dòng ngắn mạch ba pha là lớn nhất không phụ thuộc vào sự có hay không có dây trung tính và được xác định theo công thức.

$$I_N = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3} \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}} = I'' = I_{\infty}$$

Nếu máy biến dòng không đặt ở cả ba pha thì tổng trở của các pha sẽ khác nhau, nhưng dòng ngắn mạch vẫn được xác định theo công thức trên và bỏ qua ảnh hưởng của máy biến dòng.

Dòng ngắn mạch xung kích:

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''$$

$$I_{xk} = I'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} \quad \text{khi } K_{xk} \geq 1,3.$$

$$I_{xk} = I'' \cdot \sqrt{1 + \frac{T_a}{0,02}} \quad \text{khi } K_{xk} < 1,3.$$

$$K_{xk} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T}}$$

$$T_a = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{\omega \cdot L_{\Sigma}}{\omega \cdot R_{\Sigma}} = \frac{X_{\Sigma}}{2\pi f \cdot R_{\Sigma}} = \frac{X_{\Sigma}}{2.3,14.50 \cdot R_{\Sigma}} = \frac{X_{\Sigma}}{314 \cdot R_{\Sigma}}$$

K_{xk} có thể tra đường cong: $K_{xk} = f\left(\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}\right)$ hoặc có thể lấy như sau:

- Khi ngắn mạch trên thanh góp điện áp thấp của máy biến áp có công suất định mức $560 \div 1000$ kVA, $U_N\% = 5,5$ lấy $K_{xk} = 1,3$.

- Khi ngắn mạch trên thanh góp điện áp thấp của máy biến áp có công suất định mức $100 \div 320$ kVA, $U_N\% = 5,5$ lấy $K_{xk} = 1,2$.

- Khi ngắn mạch ở xa máy biến áp lấy $K_{xk} = 1$.

Khi ngắn mạch ở gần đầu cực động cơ không đồng bộ thì động cơ không đồng bộ lại trở thành máy phát cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch, nhưng dòng này lại tắt rất nhanh, nên ta chỉ tính tới nó trong chu kỳ đầu tiên khi xảy ra ngắn mạch. Dòng ngắn mạch do động cơ không đồng bộ cung cấp được xác định như sau:

$$I_{NDC}'' = \frac{E_{DC}''}{X_d''} \cdot I_{dmDC} = \frac{0,9}{0,2} \cdot I_{dmDC} = 4,5 \cdot I_{dmDC}$$

Trong đó:

- E_{DC}'' : sức điện động tương đối của động cơ lấy bằng 0,9.

- X_d'' : điện kháng siêu quá độ dọc trục của động cơ lấy bằng 0,2.

Khi kể đến thành phần này thì dòng ngắn mạch xung kích được xác định như sau:

$$i_{xk} = \sqrt{2}(K_{xk} \cdot I_N + 4,5 \cdot I_{dmDC}) = \sqrt{2}(K_{xk} \cdot I_N + 6,5 \cdot I_{dmDC})$$

Chú ý: Trong thực tế coi nguồn có công suất vô cùng lớn khi:

$$S_{ht} > 25 S_{dmBA}$$

Trong đó:

- S_{dmBA} : là công suất định mức của máy biến áp cung cấp dòng cho điểm ngắn mạch.

- S_{ht} : là công suất định mức của hệ thống.

Trong tính toán phải kể đến sự tăng điện trở của các phần tử do dòng ngắn mạch gây nên. Giả thiết rằng thời gian ngắn mạch nhỏ hơn 3s, quá trình phát nóng là đoạn nhiệt thì điện trở được tính:

$$R' = R \cdot \left[1 + \frac{m \cdot t}{1 + 0,04 \cdot \theta_0} \cdot \left(\frac{I_N}{S} \right)^2 \right] \quad (m\Omega)$$

Trong đó:

- R' : điện trở của phần tử đã tính đến ảnh hưởng của dòng ngắn mạch, mΩ.

- R : điện trở của phần tử trước khi ngắn mạch, mΩ.

- m : là hệ số.

+ $m = 22$ với dây dẫn đồng.

+ $m = 5$ với dây dẫn nhôm.

- I_N : dòng ngắn mạch chạy qua phần tử chưa kể đến sự tăng điện trở do phát nóng của dòng ngắn mạch, kA.

- S: tiết diện dây dẫn, mm².
- t: thời gian ngắn mạch, s.
- θ_0 : nhiệt độ của dây dẫn trước khi xảy ra ngắn mạch lấy bằng 50°C.

7- 6. CÁC DÒNG ĐIỆN NGƯỢC CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Trong máy điện đồng bộ khi làm việc ở chế độ không đối xứng song song với dòng thứ tự thuận tần số công nghiệp (sóng hài cơ bản), còn xuất hiện dòng thứ tự nghịch và thứ tự không gồm sóng hài bậc một và cao hơn. Phân tích một cách chính xác chế độ làm việc này rất khó khăn. Khi giải những bài toán thực tế thường chỉ tính toán với sóng hài cơ bản của dòng và áp. Điều này cho phép sử dụng phương pháp các thành phần đối xứng và những công thức của nó để tính toán ngắn mạch không đối xứng.

Khi sử dụng phương pháp các thành phần đối xứng để tính toán bất kỳ chế độ ổn định không đối xứng hoặc chế độ quá độ không đối xứng, nhiệm vụ cơ bản là thành lập được sơ đồ thay thế thứ tự thuận, nghịch và không.

Các dạng ngắn mạch không đối xứng gồm: ngắn mạch một pha, ngắn mạch hai pha, ngắn mạch hai pha chạm đất.

7.6.1. Tổng trở của các phần tử thuộc các thứ tự khác nhau

1. Tổng trở thứ tự thuận

Tổng trở thứ tự thuận của phần tử bất kỳ trong mạng điện là tổng trở trong chế độ các pha đối xứng, chính là tổng trở khi tính ngắn mạch ba pha, vì dòng ngắn mạch ba pha thực chất là các dòng điện đối xứng thứ tự thuận.

2. Tổng trở thứ tự nghịch

Đối với các phần tử có hồ cảm giữa các pha không phụ thuộc vào thứ tự pha thì tổng trở thứ tự thuận và nghịch như nhau nghĩa là $Z_1 = Z_2$. Các đường dây trên không, cáp, kháng điện, máy biến áp thuộc loại này.

Trong các máy điện quay, các dòng thứ tự nghịch tạo nên từ thông của stato quay ngược chiều với rôto của máy, tức là có tốc độ góc gấp hai lần rôto của máy. Trên đường đi, từ thông này gặp từ trở biến đổi ít nhiều phụ thuộc vào cấu tạo của máy. Từ trở này khác với từ trở trên đường đi của từ thông thứ tự thuận tạo nên bởi dòng thứ tự thuận và quay đồng bộ với rôto. Vì vậy đối với máy điện quay $Z_2 \neq Z_1$. Nhưng để đơn giản trong tính toán ta vẫn lấy $Z_1 = Z_2$.

3. Tổng trở thứ tự không

a. Các máy điện quay

Nếu các cuộn dây stato của máy điện quay đối xứng, thì các từ thông thứ tự không tạo nên bởi dòng điện thứ tự không chạy trong ba pha stato có thể xem như triệt tiêu hoàn toàn. Nhưng vì cuộn dây phần tĩnh có một độ không đối xứng nào đó do đặc điểm cấu tạo của máy, các từ thông thứ tự không không hoàn toàn triệt tiêu nhau. Chính phần từ thông không bị triệt tiêu đó có trị số không lớn lắm nên điện kháng thứ tự không của máy tương đối nhỏ và thường $x_0 = (0,15 \div 0,16) X''_d$.

b. Các kháng điện

Vì hồ cảm giữa các cuộn dây kháng điện nhỏ do khoảng cách giữa chúng khá lớn nên có thể coi $X_0 = X_1$.

c. Các đường dây trên không có trung tính nối đất

Các dòng điện thứ tự không chạy trong ba pha của đường dây và trở về qua trung tính nối đất của mạng. Điện kháng thứ tự không của đường dây. Xác định bởi điện kháng tự cảm X_L của mạch vòng dòng điện “dây dẫn - đất” và điện kháng hồ cảm của dây dẫn pha này với các dây dẫn hai pha khác:

$$X_0 = X_L + 2 X_M$$

Trên các đường dây có hoán vị dây dẫn thì X_M có trị số như nhau đối với các đôi dẫn bất kỳ.

Trị số trung bình của $\frac{X_0}{X_1}$ của các đường dây trên không lấy theo bảng sau:

Bảng 7-3

Loại đường dây	x_0/X_1
Lộ đơn không dây chống sét	3,5
Lộ đơn có dây chống sét bằng thép	3,0
Lộ đơn có dây chống sét dẫn điện tốt	2,0
Lộ kép không dây chống sét	5,5
Lộ kép có dây chống sét bằng thép	4,7
Lộ kép có dây chống sét dẫn điện tốt	3,0

d. Cấp động lực ba pha bốn lõi hoặc ba pha có vỏ kim loại làm trung tính

Trong tính toán gần đúng lấy:

$$x_0 = (3,5 \div 4,6) x_1$$

$$r_0 = 10 r_1$$

e. Các máy biến áp điện lực

Điện kháng thứ tự không của các máy biến áp phụ thuộc vào cấu tạo của chúng và sơ đồ đấu các cuộn dây.

Trước hết cần chú ý rằng các dòng thứ tự không không thể chạy qua các cuộn dây máy biến áp đấu sao không có dây trung tính hoặc trung tính không nối đất. Nếu cuối đường dây là máy biến áp đấu tam giác thì trên đường dây cũng không thể có dòng thứ tự không chảy qua.

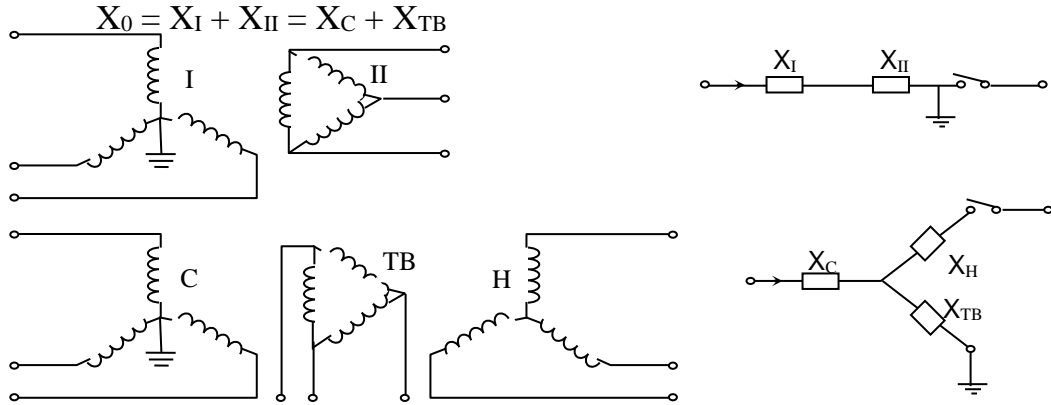
Như vậy nếu điện áp thứ tự không đặt vào các cuộn dây đấu sao trung tính không nối đất và không có dây trung tính hoặc nối tam giác thì trong các cuộn dây này không thể có dòng thứ tự không ($x_0 = \infty$).

Đối với các máy biến áp ba pha hai cuộn dây (không phụ thuộc vào cấu tạo) khi các cuộn dây đấu Y_0/Δ thì điện kháng thứ tự không:

$$X_0 = X_I = X_{II} = X_1$$

Trong cuộn dây thứ cấp có sức điện động thứ tự không và dòng thứ tự không chạy quanh trong cuộn dây tam giác.

Đối với máy biến áp ba pha ba dây quấn có tổ đấu dây $Y_0/\Delta/Y$ thì:



Hình 7 - 14

Các sơ đồ thay thế của MBA với dòng thứ tự không.

Trong đó: X_I , X_{II} : trong sơ đồ thay thế được xác định theo công thức:

$$X_I = X_C = \frac{U_{NC} \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmC}}$$

$$X_{II} = X_{TB} = \frac{U_{NTB} \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dmTB}}$$

Muốn qui đổi về cấp điện áp nào thì lấy U_{dm} ở cấp ấy để tính.

Đối với máy biến áp nối Y/Y_0

$$X_0 = X_{*0BA} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}}$$

$$X_{*0BA} = 0,3 \div 1$$

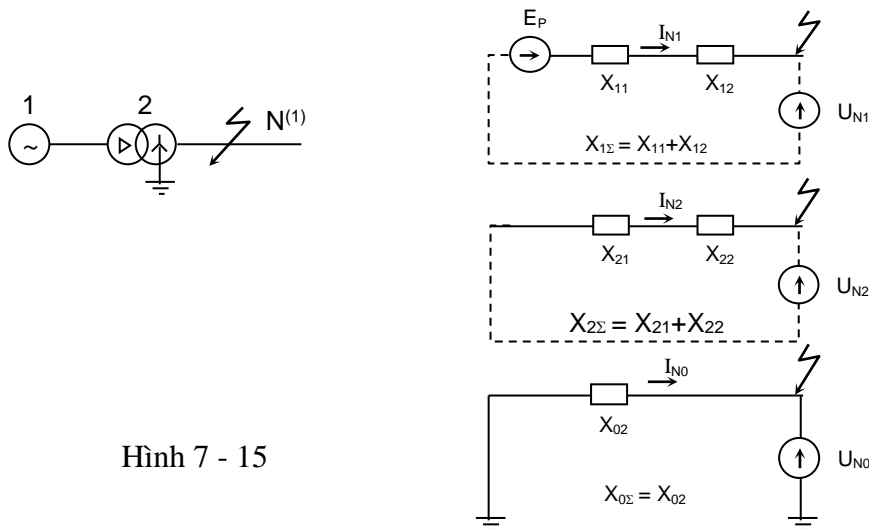
Để xác định được dòng ngắn mạch nhỏ nhất thì lấy $X_{*0BA} = 1$.

f. Đối với thanh dẫn: (có thanh dẫn trung tính)

$$x_0 = (7,5 \div 9,5) x_1$$

$$r_0 = (5 \div 14,7) r_1$$

7.6.2. Chỉ dẫn về việc thành lập sơ đồ thay thế của từng thành phần thứ tự thuận, nghịch, không



Hình 7 - 15

1. Sơ đồ thay thế thứ tự thuận

Giống như sơ đồ thay thế khi tính ngắn mạch ba pha. Nếu tính toán được thực hiện trong hệ đơn vị có tên và nhờ biến đổi sơ đồ thay thế về dạng đơn giản thì máy phát trong sơ đồ thứ tự thuận được thay thế bằng một sức điện động và một điện kháng tính toán. Nếu tính toán dùng đường cong tính toán thì máy phát được thay thế bằng một điện kháng siêu quá độ.

2. Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

Sơ đồ thứ tự nghịch có kế cấu giống sơ đồ thứ tự thuận vì các dòng thứ tự thuận và nghịch chạy theo những đường như nhau, nhưng chỉ có một điểm khác là sức điện động của máy phát trong sơ đồ thứ tự nghịch lấy bằng không.

3. Sơ đồ thứ tự không

Sơ đồ thứ tự không khác với sơ đồ thứ tự thuận và nghịch. Vì đường đi của dòng thứ tự không khác với đường đi của dòng thứ tự thuận và nghịch. Dòng thứ tự không chạy qua cả ba pha và trở về qua đất, các dây chống sét nối đất của các đường dây trên không, vỏ kim loại của cáp.

Để thành lập sơ đồ thứ tự không, trước hết cần phải xác định các mạch vòng có thể có của dòng điện thứ tự không.

7.6.3. Tính ngắn mạch không đối xứng

Khảo sát những dạng ngắn mạch không đối xứng khác nhau ta thấy rằng dòng thứ tự thuận của bất kỳ dạng ngắn mạch không đối xứng nào có thể xác định như dòng ngắn mạch ba pha tại điểm ngắn mạch tính toán, xa hơn điểm ngắn mạch thực tế một đoạn tương đương với một tổng trở phụ $Z_{\Delta}^{(n)}$, không phụ thuộc vào tham số của sơ đồ thứ tự thuận và đối với mỗi dạng ngắn mạch được xác định bằng tổng trở hợp thành của sơ đồ thứ tự nghịch và không. Quy tắc này gọi là quy tắc thứ tự thuận tương đương. Dòng thứ tự thuận đối với một dạng ngắn mạch đã cho được xác định theo công thức:

$$I_{NA1}^{*(n)} = \frac{E_{A\Sigma}^*}{Z_{1\Sigma} + Z_{\Delta}^{(n)}}$$

- ^{*(n)}
 Trong đó: - $I_{NA1}^{(n)}$: dòng thứ tự thuận pha A với một dạng ngắn mạch đã cho.
- $E_{A\Sigma}$: sức điện động hợp thành đặt vào điểm ngắn mạch.
 - $Z_{1\Sigma}$: tổng trở của sơ đồ thứ tự thuận.
 - $Z_{\Delta}^{(n)}$: tổng trở phụ xác định theo bảng sau.

Bảng 7-4

Dạng ngắn mạch	(n)	$Z_{\Delta}^{(n)}$	$m^{(n)}$
Ba pha	(3)	0	1
Hai pha	(2)	$Z_{2\Sigma}$	$\sqrt{3}$
Một pha	(1)	$Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}$	3
Hai pha chạm đất	(1,1)	$Z_{2\Sigma} \parallel Z_{0\Sigma}$	$\sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{(X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}$

Dòng trong pha sự cố:

$$I_N^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{N1}^{(n)}$$

Trong đó:

- $m^{(n)}$: hệ số tính toán tra bảng trên.
- $I_{N1}^{(n)}$: dòng ngắn mạch thứ tự thuận của dạng ngắn mạch không đối xứng đã cho (n).

Dòng ngắn mạch một pha trong pha sự cố:

$$I_N^{(1)} = \frac{3 \cdot U_f}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot U_d}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}$$

Với giả thiết:

$$R_{1\Sigma} = R_{2\Sigma}$$

$$X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma}$$

Dòng ngắn mạch hai pha ở pha sự cố:

$$I_N^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_f}{\sqrt{(R_{1\Sigma} + R_{2\Sigma})^2 + (X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma})^2}} = \frac{U_d}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma})^2}}$$

Nếu dùng đường cong tính toán để tính ngắn mạch không đối xứng thì trình tự tính toán như sau (tính ngắn mạch không đối xứng ở mạng cao áp, điện trở của các phần tử có thể bỏ qua).

a) Tính điện kháng tổng trong hệ đơn vị tương đối cơ bản $X_{1\Sigma}$, $X_{2\Sigma}$, $X_{0\Sigma}$

X_0 của các sơ đồ thứ tự thuận, nghịch, không và tùy thuộc vào dạng ngắn mạch xác định điện kháng phụ $X^{(n)}_A$.

b) Tính điện kháng tính toán.

- Khi dùng phương pháp một biến đổi ta có:

$$X_{tt}^{(n)} = (X_{1\Sigma} + X_A^{(n)}) \cdot \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

- Khi dùng phương pháp nhiều biến đổi ta có:

$$X_{ttM} = \frac{(X_{1\Sigma} + X_A^{(n)}) \cdot S_{dmM}}{C_M \cdot S_{cb}}$$

Ở đây C_M là hệ số phân bố của nhánh thứ M trong sơ đồ thứ tự thuận đặc trưng cho phân lượng dòng ngắn mạch mà mỗi nguồn gửi tới điểm ngắn mạch. Để minh họa xem hình 5-19.

$$\frac{1}{X_{1\Sigma}} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_M} + \dots + \frac{1}{X_n}$$

$$C_M = \frac{X_{1\Sigma}}{X_M}$$

$$C_n = \frac{X_{1\Sigma}}{X_n}$$

$$C_1 = \frac{X_{1\Sigma}}{X_1}$$

$$C_1 + C_2 + \dots + C_M + \dots + C_n = 1$$

S_{dmM} : tổng công suất định mức của các máy phát điện tham gia công nhánh M.

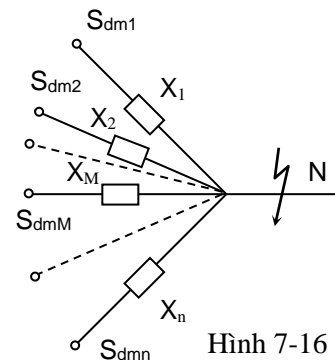
c) Căn cứ vào điện kháng tính toán $X_{tt}^{(n)}$ tra đường cong tính toán (đường cong tính toán dùng trong tính ngắn mạch ba pha). Tra được trị số tương đối của thành phần chu kỳ thứ tự thuận tại thời điểm t, $I_{*ck1(t)}^{(n)}$.

Dòng ngắn mạch chu kỳ tại chỗ ngắn mạch không đối xứng:

$$I_{ck(t)}^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{*ck1(t)}^{(n)} \cdot I_{dm\Sigma}$$

Ở đây: I_{dm} là tổng dòng định mức của các máy phát điện qui đổi về cấp điện áp tính toán ngắn mạch.

Trường hợp dùng phương pháp nhiều biến đổi thì:



Hình 7-16

$$I_{ck(t)}^{(n)} = m^{(n)} \sum_{i=1}^n I_{*ck1(t)i} \cdot I_{dm \Sigma i}$$

Nếu trong hệ thống có nguồn công suất vô cùng lớn ta phải tách riêng ra để tính. Điện kháng tương đối cơ bản của nhánh từ hệ thống đến điểm ngắn mạch không đối xứng.

$$X_{H-(cb)}^{(n)} = \frac{X_{1\Sigma} + X_A^{(n)}}{C_H}$$

$$C_H = \frac{X_{1\Sigma}}{X_H}$$

Trong đó:

- C_H : là hệ số phân bố của hệ thống.

Dòng thứ tự thuận do hệ thống cung cấp:

$$I_{IH}^{(n)} = \frac{I_{cb}}{X_{H(cb)}^{(n)}}$$

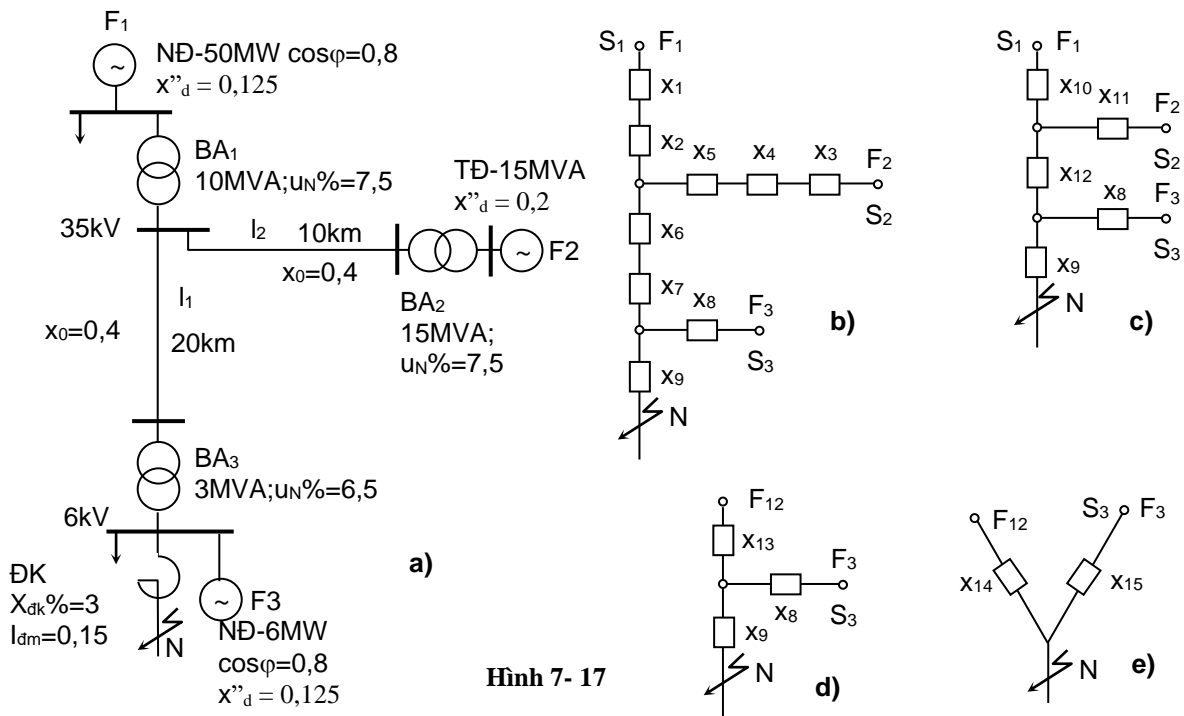
Dòng ngắn mạch chu kỳ tại chỗ ngắn mạch không đối xứng do hệ thống cung cấp:

$$I_{ckH}^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{IH}$$

7.8. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

7.8.1. Ví dụ 1:

Xác định dòng ngắn mạch tại các điểm N của sơ đồ sau, tham số của các phần tử ghi trên sơ đồ hình 7-17.



Hình 7- 17

Bài giải:

1. Chọn các đại lượng cơ bản:

Chọn $S_{cb} = 100$ (MVA); $U_{cb} = 6,3$ (kV) Tính: $I_{cb} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2$ (kA)

2. Thành lập sơ đồ thay thế và tính các tham số của các phần tử trong sơ đồ thay thế (tính trong hệ đơn vị tương đối cơ bản. Ở đây để đơn giản ta bỏ chỉ số *cb).

$$X_1 = X''_{dF1} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF1}} = 0,125 \cdot \frac{100}{50:0,8} = 0,2$$

$$X_2 = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmBA1}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{10} = 0,75$$

$$X_3 = X''_{dF2} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF2}} = 0,2 \cdot \frac{100}{15} = 1,33$$

$$X_4 = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmBA2}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{15} = 0,5$$

$$X_5 = X_0 \cdot L_2 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 0,4 \cdot 10 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,29$$

$$X_6 = X_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 0,4 \cdot 20 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,58$$

$$X_7 = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmBA3}} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{100}{3} = 2,17$$

$$X_8 = X''_{dF3} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF3}} = 0,125 \cdot \frac{100}{6:0,8} = 1,67$$

$$X_9 = \frac{X_{dk} \%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{dm}} \cdot \frac{U_{dm}}{U_{cb}} = \frac{3}{100} \cdot \frac{9,2}{0,15} \cdot \frac{6}{6,3} = 1,75$$

$$X_{10} = X_1 + X_2 = 0,2 + 0,75 = 0,95$$

$$X_{11} = X_3 + X_4 + X_5 = 1,33 + 0,5 + 0,29 = 2,12$$

$$X_{12} = X_6 + X_7 = 0,58 + 2,17 = 2,75$$

Xét khả năng nhập nguồn ND-1 (tức F₁) với nguồn TĐ (tức F₂):

$$\frac{S_{dmF1} \cdot X_{10}}{S_{dmF2} \cdot X_{11}} = \frac{\frac{50}{0,8} \cdot 0,95}{15 \cdot 2,12} = 1,9$$

Như vậy có thể nhập hai nguồn làm 1:

$$X_{13} = X_{12} + \frac{X_{10} \cdot X_{11}}{X_{10} + X_{11}} = 2,75 + \frac{0,95 \cdot 2,12}{0,95 + 2,12} = 3,4$$

Biến Y (X₁₃, X₈, X₉) thành Δ (X₁₄, X₁₅)

(Bỏ qua nhánh điện kháng nối giữa hai nguồn F₃ và F_{1,2} vì ta giả thiết không có sự dao động công suất giữa hai nguồn).

$$X_{14} = X_{13} + X_9 + \frac{X_{13} \cdot X_9}{X_8} = 3,4 + 1,75 + \frac{3,4 \cdot 1,75}{1,67} = 8,8$$

$$X_{15} = X_8 + X_9 + \frac{X_8 \cdot X_9}{X_{13}} = 1,67 + 1,75 + \frac{1,67 \cdot 1,75}{3,4} = 4,3$$

Xét điều kiện nhập hai nguồn F_3 và $F_{1,2}$:

$$\frac{S_{dmF_{1,2}} \cdot X_{14}}{S_{dmF_3} \cdot X_{15}} = \frac{\left(\frac{50}{0,8} + 15\right) \cdot 8,8}{\frac{6}{0,8} \cdot 4,3} = 22 > (0,4-2,5)$$

Như vậy không thể nhập hai nguồn làm một được:

3. Tính dòng ngắn mạch trong nhánh $F_{1,2}$ và X_{14} :

- Điện kháng tính toán của nhánh: $X_{tt14} = X_{14} \cdot \frac{S_{dmF_{1,2}}}{S_{cb}} = 8,8 \cdot \frac{\left(\frac{50}{0,8} + 15\right)}{100} = 6,75 > 3$

Do đó không dùng đường cong tính toán mà xác định ngay dòng ngắn mạch chu kỳ tại mọi thời điểm:

$$I''_{F_{1,2}} = I_{\infty F_{1,2}} = I_{ckF_{1,2}} = \frac{I_{dm1,2}}{X_{tt14}}$$

$$I_{dm1,2} = \frac{S_{dmF_{1,2}}}{\sqrt{3}U_{tbdm}} = \frac{77,5}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 7,0875 \quad (\text{kA})$$

$$I''_{F_{1,2}} = I_{\infty F_{1,2}} = I_{ckF_{1,2}} = \frac{7,0875}{6,75} = 1,05 \quad (\text{kA})$$

4. Tính dòng ngắn mạch trong nhánh F_3 và X_{15} :

$$X_{tt15} = X_{15} \cdot \frac{S_{dmF_3}}{S_{cb}} = 4,3 \cdot \frac{6}{100} = 0,315$$

Giả thiết máy phát F_3 có tự động điều chỉnh kích từ tra đường cong tính toán ta được:

$$I''_* = I'_{*ck(t=0)} = 3,3$$

$$I_{*ck(t=0,2s)} = 2,5$$

$$I_{*ck(t=\infty)} = 2,3$$

Dòng ngắn mạch trong nhánh này là:

$$I''_{F_3} = I_{*ck(t=0)} \cdot I_{dmF_3} = 3,3 \cdot 0,69 = 2,28 \quad (\text{kA})$$

$$I_{0,2F_3} = I_{*ck(t=0,2s)} \cdot I_{dmF_3} = 2,5 \cdot 0,69 = 1,73 \quad (\text{kA})$$

$$I_{\infty F3} = I_{*ck(t=\infty)} \cdot I_{dmF3} = 2,3 \cdot 0,69 = 1,59 \quad (\text{kA})$$

$$I_{dmF3} = \frac{7,5}{\sqrt{3 \cdot 6,3}} = 0,69 \quad (\text{kA})$$

5. Dòng ngắn mạch ba pha khi xảy ra ngắn mạch tại N tại các thời điểm:

$t = 0\text{s}; t = 0,2\text{s}; t = \infty$.

$$I'' = I''_{F1,2} + I''_{F3} = 1,05 + 2,28 = 3,33 \quad (\text{kA})$$

$$I_{0,2} = I_{0,2F1,2} + I_{0,2F3} = 1,05 + 1,73 = 2,78 \quad (\text{kA})$$

$$I_{\infty} = I_{\infty F1,2} + I_{\infty F3} = 1,05 + 1,59 = 2,64 \quad (\text{kA})$$

Dòng ngắn mạch xung kích:

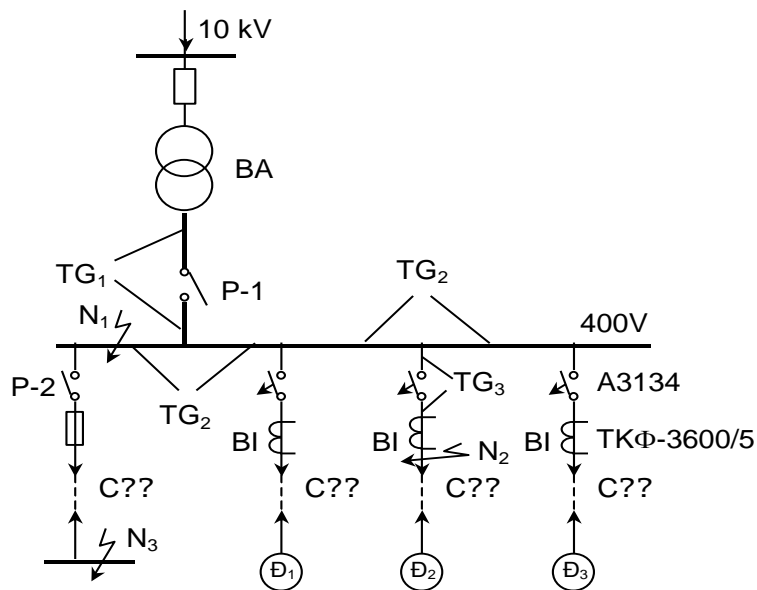
$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot I''_{F1,2} \cdot K_{xk} + \sqrt{2} \cdot I''_{F3} \cdot K_{xk} = \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 1,8 + \sqrt{2} \cdot 2,28 \cdot 1,9 = 8,77 \quad (\text{kA})$$

Trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích:

$$I_{xk} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} \cdot 1,05 + \sqrt{1 + 2 \cdot (1,9 - 1)^2} \cdot 2,28 = 5,3 \quad (\text{kA})$$

7.8.2. Ví dụ 2:

Tính dòng điện ngắn mạch tại điểm N_1, N_2 và N_3 trên sơ đồ hình 7-18.



Hình 7 – 18

Cho biết các tham số của các phần tử như sau:

- Máy biến áp có công suất định mức 1000 kVA; $U_N\% = 5,5$; $\Delta P_N = 15 \text{ kW}$, máy biến áp được cung cấp từ nguồn có công suất vô cùng lớn $X_{ht} = 0$.

- Các động cơ không đồng bộ $\text{Đ}_1, \text{Đ}_2, \text{Đ}_3$ giống nhau và làm việc đồng thời. $P_{dmDC} = 200 \text{ kW}$.

$$\eta_{DC} = 94\%; U_{dm} = 380 \text{ V}; \cos\varphi = 0,91$$

- Dây cáp dẫn đến tủ điện chiếu sáng loại -3.25 + 1.16, dài 200m.

- Các áp tô mát loại A3134 có $I_{dm} = 600 \text{ A}$.

- Các máy biến dòng điện kiểu TK ϕ -3600/5A, đặt trên hai pha.
- Các cầu dao P -1-600A. P-2-400A.
- Thanh góp:
 - + TG-1 bằng đồng, tiết diện 6.60 mm², dài 8 m, khoảng cách giữa các pha a bằng 240 mm.
 - + TG-2 bằng đồng, tiết diện 6.60 mm², dài 1 m, khoảng cách giữa các pha a bằng 240 mm.
 - + TG-3 bằng đồng, tiết diện 4.40 mm², dài 2,5 m, khoảng cách giữa các pha a bằng 240 mm.

Các thanh góp được bố trí trong cùng mặt phẳng.

Bài giải:

1. Tính ngắn mạch tại điểm N₁

- Điện trở, điện kháng của máy biến áp:

$$R_{BA} = \Delta P_N \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}^2} = 15 \cdot \frac{400^2}{1000^2} = 2,4 \quad (\text{m}\Omega)$$

$$Z_{BA} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,8 \quad (\text{m}\Omega)$$

$$X_{BA} = \sqrt{Z_{BA}^2 - R_{BA}^2} = \sqrt{8,8^2 - 2,4^2} = 8,46 \quad (\text{m}\Omega)$$

- Điện trở, điện kháng của thanh góp 1: TG-1

Tra bảng với $a_{tb} = 1,26 a = 1,26 \cdot 240 = 300$ mm, ta được:

$$r_0 = 0,056 \quad \text{m}\Omega/\text{m}$$

$$x_0 = 0,189 \quad \text{m}\Omega/\text{m}$$

$$R_{TG-1} = 8 \cdot r_0 = 8 \cdot 0,056 = 0,448 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_{TG-1} = 8 \cdot x_0 = 8 \cdot 0,189 = 1,5 \quad \text{m}\Omega$$

- Điện trở tiếp xúc của cầu dao P -1 tra bảng ta được:

$$R_{P-1} = 0,15 \quad \text{m}\Omega$$

- Tổng trở tính từ máy biến áp đến điểm ngắn mạch N₁:

$$R_{\Sigma} = R_{BA} + R_{TG-1} + R_{P-1} = 2,4 + 0,448 + 0,15$$

$$= 2,998 \approx 3 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_{\Sigma} = X_{BA} + X_{TG-1} = 8,46 + 1,5 = 9,96 \quad \text{m}\Omega$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} = \sqrt{3^2 + 9,96^2} = 10,4 \quad \text{m}\Omega$$

Dòng ngắn mạch tại N₁:

$$I_{N-1} = \frac{U_{tbdm}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,4} = 22,2 \quad (\text{kA})$$

Nếu chỉ tính riêng tổng trở của máy biến áp bỏ qua điện trở, điện kháng của thanh góp và điện trở tiếp xúc của cầu dao thì dòng ngắn mạch tại N_1 bằng:

$$I_{N-1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2,4^2 + 8,46^2}} = 26,2 \quad (\text{kA})$$

Như vậy dòng ngắn mạch tăng lên 18% so với trường hợp có tính đầy đủ điện trở, điện kháng của các phần tử.

- Tính dòng ngắn mạch xung kích:

$$\text{Với } \frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{9,96}{2} = 3,32 \text{ tra đường cong } K_{\text{xk}} = f\left(\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}\right) \text{ ta được: } K_{\text{xk}} = 1,41.$$

Vậy:

$$i_{\text{xk}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{xk}} \cdot I_{N-1} = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 22,2 = 44,4 \quad (\text{kA})$$

$$\text{và: } I_{\text{xk}} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,41 - 1)^2} \cdot 22,2 = 16,1 \quad (\text{kA})$$

Nếu xét đến ảnh hưởng của động cơ thì dòng điện xung kích được tính như sau:

$$i_{\text{xk}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{xk}} \cdot I_N + 6,5 \cdot I_{\text{dmDC}}$$

Trong đó:

- I_{dmDC} : tổng dòng điện định mức của các động cơ cung cấp cho điểm ngắn mạch.

$$I_{\text{dmDC}} = \frac{3 \cdot 200}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,94 \quad (\text{kA})$$

$$i_{\text{xk}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{xk}} \cdot I_N + 6,5 \cdot I_{\text{dmDC}} = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 22,2 + 6,5 \cdot 0,94 = 51,29 \quad (\text{kA})$$

Nghĩa là dòng điện tăng lên 15,4% so với lúc bỏ qua ảnh hưởng của các động cơ.

2. Tính ngắn mạch tại điểm N_2

Mục đích của việc tính ngắn mạch tại điểm N_2 là để kiểm tra ổn định của máy biến dòng điện.

- Điện trở, điện kháng của thanh góp 2: TG-2

$$R_{\text{TG-2}} = 1 \cdot r_0 = 1 \cdot 0,056 = 0,056 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_{\text{TG-2}} = 1 \cdot x_0 = 1 \cdot 0,189 = 0,189 \quad \text{m}\Omega$$

- Điện trở, điện kháng của thanh góp 3: TG-3

$$R_{\text{TG-3}} = 2,5 \cdot r_0 = 2,5 \cdot 0,125 = 0,312 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_{\text{TG-3}} = 2,5 \cdot x_0 = 2,5 \cdot 0,214 = 0,535 \quad \text{m}\Omega$$

- Điện trở, điện kháng của cuộn dây dòng điện của áp tô mát:

$$R_A = 0,12 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_A = 0,94 \quad \text{m}\Omega$$

- Điện trở tiếp xúc của áp tô mát:

$$r_{\text{tx-A}} = 0,25 \quad \text{m}\Omega$$

- Tổng trở ngắn mạch tính đến điểm N₂:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma 2} &= R_{BA} + R_{TG-1} + R_{P-1} + 2 \cdot R_{TG-2} + R_{TG-3} + r_A + r_{tx-A} \\ &= 2,4 + 0,448 + 0,15 + 2 \cdot 0,056 + 0,312 + 0,12 + 0,25 \\ &= 3,79 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\Sigma 2} &= X_{BA} + X_{TG-1} + 2 \cdot X_{TG-2} + X_{TG-3} + x_A \\ &= 8,46 + 1,5 + 2 \cdot 0,189 + 0,535 + 0,094 \\ &= 10,97 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

Dòng ngắn mạch tại N₂:

$$I_{N-2} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,79^2 + 10,97^2}} = 20 \text{ (kA)}$$

Với $\frac{X_{\Sigma 2}}{R_{\Sigma 2}} = \frac{10,97}{3,79} = 2,9$ tra đường cong ta được: $K_{xk} = 1,33$.

Tính dòng ngắn mạch xung kích có kể đến ảnh hưởng của các động cơ Đ₁ và Đ₂.

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot 1,33 \cdot 20 + 6,5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,06 = 42,1 \quad \text{(kA)}$$

$$I_{xk} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,33 - 1)^2} \cdot 20 = 24 \quad \text{(kA)}$$

3. Tính ngắn mạch tại N₃

- Điện trở, điện kháng của đường cáp:

Tra bảng ta được:

$$r_0 = 1,33 \quad \text{m}\Omega/\text{m}$$

$$x_0 = 0,07 \quad \text{m}\Omega/\text{m}$$

$$R_{cap} = 1,33 \cdot 200 = 266 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_{cap} = 0,07 \cdot 200 = 14 \quad \text{m}\Omega$$

- Điện trở tiếp xúc của cầu dao cách ly P -2:

$$R_{P-2} = 0,2 \text{ m}\Omega$$

- Tổng trở ngắn mạch tính đến điểm N₃:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma 3} &= R_{BA} + R_{TG-1} + R_{P-1} + R_{TG-2} + R_{TG-3} + R_{P-2} + R_{cap} \\ &= 2,4 + 0,448 + 0,15 + 0,056 + 0,312 + 0,2 + 266 \\ &= 269,6 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\Sigma 3} &= X_{BA} + X_{TG-1} + X_{TG-2} + X_{TG-3} + X_{cap} \\ &= 8,46 + 1,5 + 0,189 + 0,535 + 14 = 24,7 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

Dòng ngắn mạch tại N₃:

$$I_{N-3} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{269,6^2 + 24,7^2}} = 0,85 \quad \text{(kA)}$$

Với $\frac{X_{\Sigma 3}}{R_{\Sigma 3}} = \frac{24,7}{269,6} = 0,092$ tra đường cong ta được: $K_{xk} = 1$.

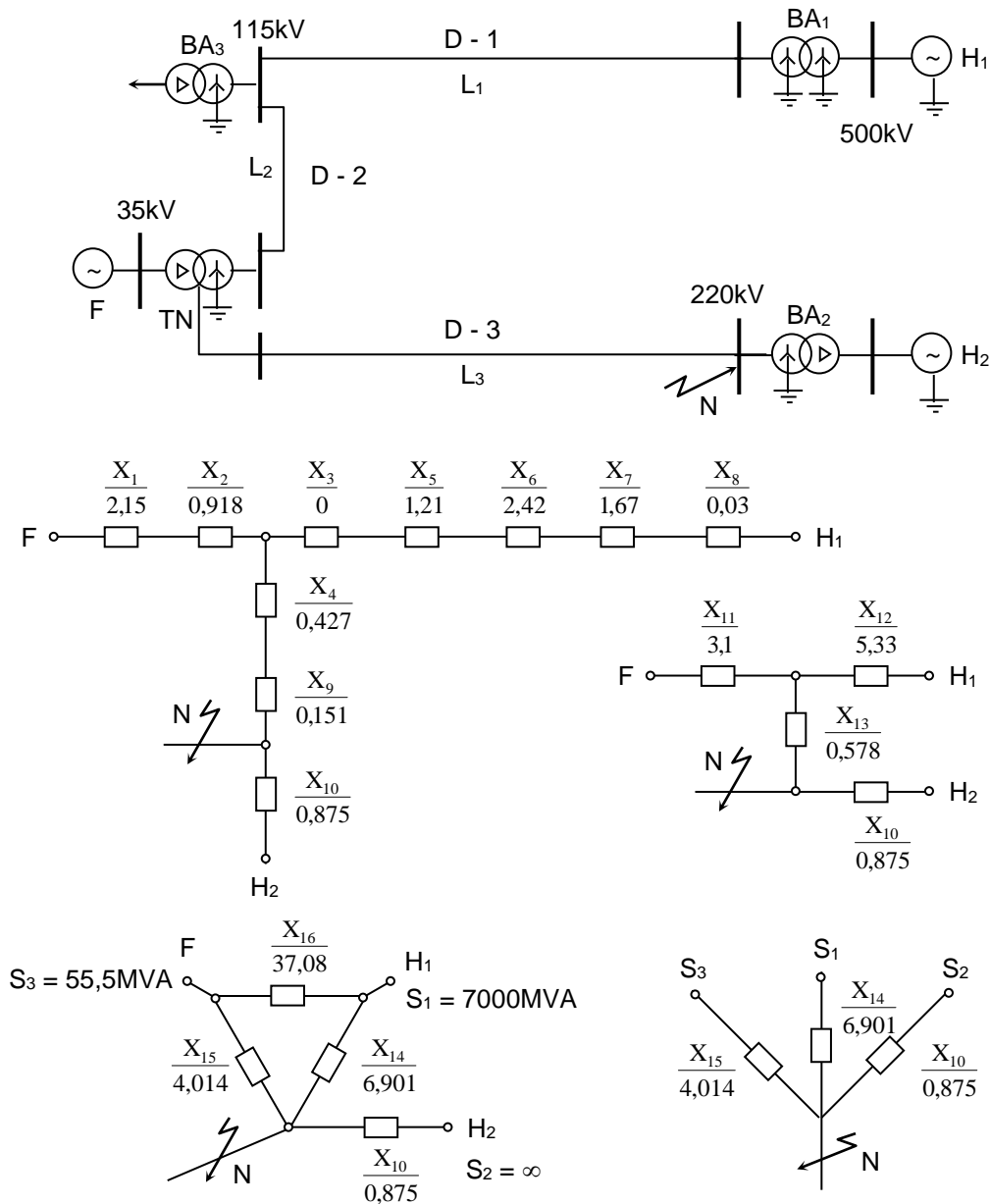
Vậy:

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{N-3} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,2 \quad (\text{kA})$$

$$I_{xk} = I_N = 0,85 \quad (\text{kA})$$

7.8.3. Ví dụ 3:

Hãy xác định dòng siêu quá độ ban đầu và dòng ngắn mạch khi ngắn mạch ba pha và một pha tại N trên hình vẽ sau bằng phương pháp đường cong tính toán.



Hình 7 - 19

Các tham số sơ đồ:

- Hệ thống H₁ có S₁ = 7000 MVA.

$$X^*_{H11} = X^*_{H12} = X^*_{H10} = 0,2$$

(Điện kháng thứ tự thuận, nghịch, không bằng 0,2)

- Hệ thống H₂ có S₂ = ∞ X_{H2} = 0

- Máy phát F: P_{dm} = 50MW cosφ = 0,9

S_{dm} = 55,5 MVA

X''_d = 12% = 0,12

X₂ = 14% = 0,14

- Máy biến áp 1 (BA1): S_{dm} = 60 MVA; U_N = 10 %

- Máy biến áp 2 (BA2): S_{dm} = 120 MVA; U_N = 10,5%

- Máy biến áp tự ngẫu (TN): S_{dm} = 240 MVA;

U_{NC-TB}% = 10,5; U_{NC-H}% = 32; U_{NTB-H}% = 22;

- Máy biến áp 3 (BA3): S_{dm} = 10 MVA; U_N = 11 %

- Đường dây:

+ D₁ L₁ = 80 km; } X₁ = 0,4 Ω/km

+ D₂ L₂ = 40 km; } X₀ = 3.X₁ = 1,2 Ω/km

+ D₃ L₃ = 20 km; }

Bài giải:

1. Chọn đại lượng cơ bản

$$S_{cb} = 1000 \text{ MVA}; U_{cb} = 230 \text{ kV}$$

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{1000}{\sqrt{3}.230} = 2,51 \text{ kA}$$

2. Thành lập sơ đồ thay thế

Xác định các tham số của các phần tử trong sơ đồ thay thế.

$$X_1 = X_{*cbF} = \frac{X''_d}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{12}{100} \cdot \frac{1000}{55,5} = 2,16$$

$$X_2 = X_{*cbTN-H} = \frac{U_{NH}\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{22}{100} \cdot \frac{1000}{240} = 0,918$$

$$U_{NH}\% = \frac{1}{2}(U_{NC-H}\% + U_{NTB-H}\% - U_{NC-TB}\%) \\ = \frac{1}{2}(32 + 22 - 10,5) = 21,75 \approx 22$$

$$X_3 = X_{*cbTN-TB} = \frac{U_{NTB}\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = 0$$

$$U_{NTB}\% = \frac{1}{2}(U_{NC-TB}\% + U_{NTB-H}\% - U_{NC-H}\%) \\ = \frac{1}{2}(10,5 + 22 - 32) = 0,25 \approx 0$$

$$X_4 = X_{*cbTN-C} = \frac{U_{NC}\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{10,25}{100} \cdot \frac{1000}{240} = 0,427$$

$$U_{NC}\% = \frac{1}{2}(U_{NC-TB}\% + U_{C-H}\% - U_{NTB-H}\%) \\ = \frac{1}{2}(32 + 10,5 - 22) = 10,25$$

$$X_5 = X_{*cbD-2} = X_0 \cdot L_2 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 0,4 \cdot 40 \cdot \frac{1000}{115^2} = 1,21$$

$$X_6 = X_{*cbD-1} = X_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 0,4 \cdot 80 \cdot \frac{1000}{115^2} = 2,42$$

$$X_7 = X_{*cbBA1} = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{10}{100} \cdot \frac{1000}{60} = 1,67$$

$$X_8 = X_{*cbH1} = X_{*H11} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = 0,2 \cdot \frac{1000}{7000} = 0,03$$

$$X_9 = X_{*cbD-3} = X_0 \cdot L_3 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 0,4 \cdot 20 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,151$$

$$X_{10} = X_{*cbBA2} = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{120} = 0,875$$

$$X_{H2} = 0$$

$$X_{11} = X_1 + X_2 = 2,16 + 0,918 = 3,078 \approx 3,1$$

$$X_{12} = X_5 + X_6 + X_7 + X_8 = 1,21 + 2,42 + 1,67 + 0,03 = 5,33$$

$$X_{13} = X_4 + X_9 = 0,427 + 0,151 = 0,578$$

Sau khi biến đổi sơ đồ thay thế được dạng 5-20C.

Biến đổi $Y \rightarrow \Delta$ ta có:

$$X_{14} = X_{12} + X_{13} + \frac{X_{12} \cdot X_{13}}{X_{11}} = 5,33 + 0,578 + \frac{5,33 \cdot 0,578}{3,1} = 6,9$$

$$X_{15} = X_{11} + X_{13} + \frac{X_{11} \cdot X_{13}}{X_{12}} = 3,1 + 0,578 + \frac{3,1 \cdot 0,578}{5,33} = 4,01$$

$$X_{16} = X_{11} + X_{12} + \frac{X_{11} \cdot X_{12}}{X_{13}} = 3,1 + 5,33 + \frac{3,1 \cdot 5,33}{0,578} = 37,03$$

Với giả thiết trong quá trình ngắn mạch không có sự dao động công suất giữa các máy phát nên không có dòng chảy qua X_{16} , do đó có thể bỏ nhánh X_{16} .

Xét điều kiện nhập nguồn S_1 và S_2 :

$$\frac{S_1 \cdot X_{14}}{S_2 \cdot X_{15}} = \frac{7000 \cdot 6,9}{55,5 \cdot 4,01} = 217$$

Do đó hai nguồn S_1 và S_2 không thể hợp nhất được.

3. Tính dòng ngắn mạch ba pha trong nhánh S_1 .

$$X_{*14tt} = X_{14} \cdot \frac{S_1}{S_{cb}} = 6,9 \cdot \frac{7000}{1000} = 48,3 > 3$$

Do đó:
$$I''_{S1} = \frac{I_{cb}}{X_{14}} = \frac{2,51}{6,9} = 0,364 \quad (\text{kA})$$

4. Tính dòng ngắn mạch ba pha trong nhánh S_2 .

$$I''_{S2} = I_{\infty 32} \cdot \frac{I_{cb}}{X_{10}} = \frac{2,51}{0,875} = 2,87 \quad (\text{kA})$$

5. Tính dòng ngắn mạch ba pha trong nhánh S_3 .

$$X_{*15tt} = X_{15} \cdot \frac{S_3}{S_{cb}} = 4,01 \cdot \frac{55,5}{1000} = 0,222$$

Tra đường cong tính toán ta được:

$$I^{*ck(t=0)} = 4,6$$

$$I_{dmcb} = \frac{S_3}{\sqrt{3}U_{tbdm}} = \frac{55,5}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,139 \quad (\text{kA})$$

Dòng siêu quá độ ban đầu khi xảy ra ngắn mạch tại N:

$$I'' = I''_{S1} + I''_{S2} + I''_{S3} = 0,364 + 2,87 + 0,64 = 3,874 \quad (\text{kA})$$

6. Tính ngắn mạch một pha tại điểm N:

Sơ đồ thay thế thứ tự thuận giống như sơ đồ thay thế khi ngắn mạch ba pha. Điện kháng thứ tự thuận và nghịch bằng nhau trừ máy phát F: $X''_d = 12\%$; $X_2 = 14\%$. Trong tính toán gần đúng ta vẫn coi $X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma}$

Từ hình 5-19d ta xác định được:

$$\frac{1}{X_{1\Sigma}} = \frac{1}{X_{15}} + \frac{1}{X_{14}} + \frac{1}{X_{10}} = \frac{1}{4,01} + \frac{1}{6,9} + \frac{1}{0,875} = 1,539$$

$$X_{1\Sigma} = \frac{1}{1,539} = 0,65$$

Dòng thứ tự không sẽ chạy qua trung tính nối đất của máy biến áp 3 (BA3). Điện kháng thứ tự không của máy biến áp 3:

$$X_{11} = X_{*cbBA3} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000}{10} = 11$$

Biến đổi sơ đồ thay thế hình 7-20a ta tính được:

$$X_{12} = X_6 + X_7 + X_8 = 7,26 + 1,67 + 0,03 = 8,96$$

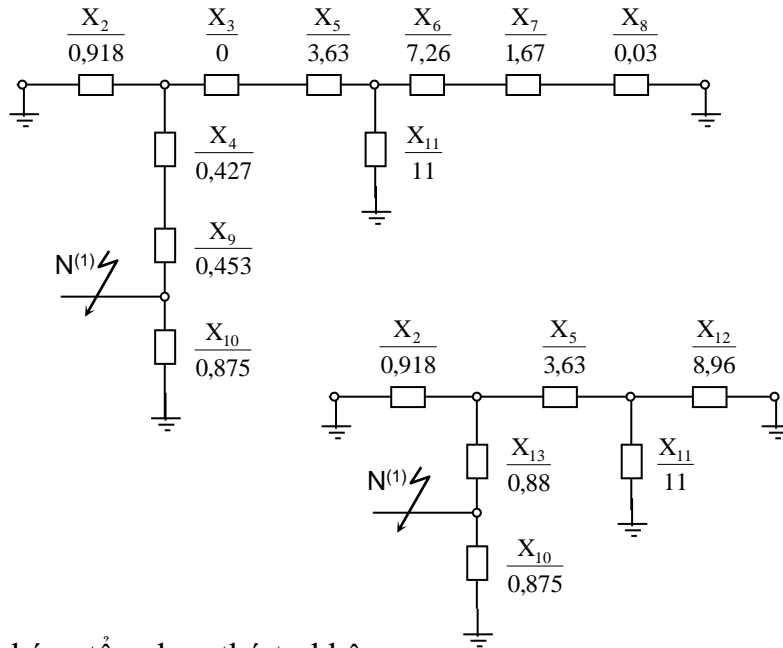
$$X_{13} = X_4 + X_9 = 0,427 + 0,453 = 0,88$$

$$X_{14} = \frac{X_{11} \cdot X_{12}}{X_{11} + X_{12}} = \frac{8,96 \cdot 11}{8,96 + 11} = 4,94$$

$$X_{15} = X_{14} + X_5 = 4,94 + 3,63 = 8,57$$

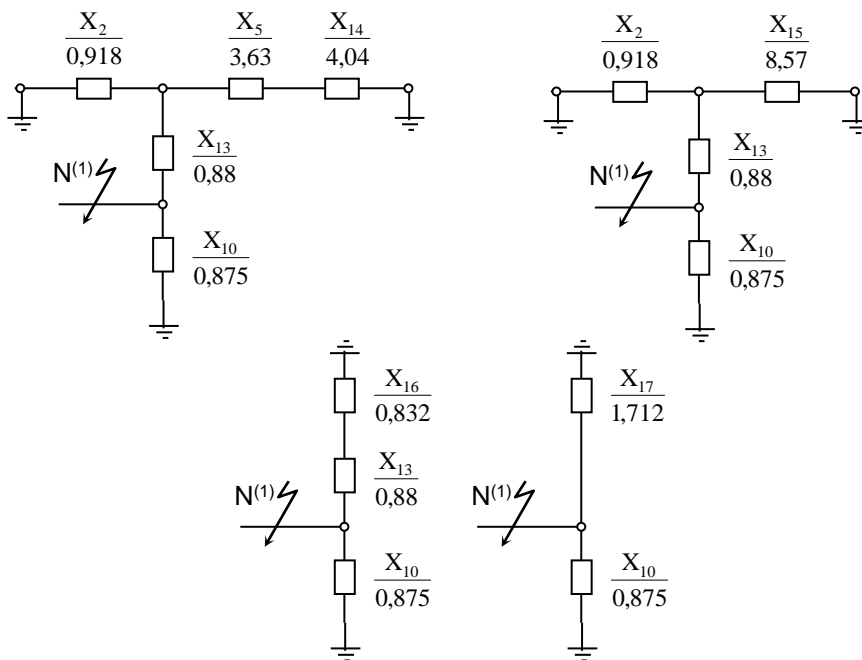
$$X_{16} = \frac{X_2 \cdot X_{15}}{X_2 + X_{15}} = \frac{0,918 \cdot 8,57}{0,918 + 8,57} = 0,83$$

$$X_{17} = X_{13} + X_{16} = 0,88 + 0,832 = 1,712$$



Điện kháng tổng hợp thứ tự không:

$$X_{0\Sigma} = \frac{X_{10} \cdot X_{17}}{X_{10} + X_{17}} = \frac{0,875 \cdot 1,712}{0,875 + 1,712} = 0,58$$



Hình 7 - 20

Khi giải gần đúng dòng thứ tự không được xác định theo công thức:

$$I_{A1}^{(1)} = \frac{I_{cb}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{2,51}{0,65 + 0,65 + 0,58} = 1,33 \quad (\text{kA})$$

Dòng ngắn mạch một pha tại điểm ngắn mạch của pha A bằng:

$$I_A^{(1)} = m^{(1)} \cdot I_{A1}^{(1)} = 3 \cdot 1,33 = 3,99 \quad (\text{kA})$$

Chính xác hơn người ta dùng đường cong tính toán để giải bài tập này. Không thể hợp nhất nguồn S_2 (H2) có công suất vô cùng lớn với các nguồn có công suất hữu hạn được.

Điện kháng tính toán của từng nhánh máy phát được xác định theo công thức:

$$X_{*tti}^{(1)} = \frac{X_{1\Sigma} + X_{\Delta}^{(1)}}{C_i} \cdot \frac{S_{dmi}}{S_{cb}}$$

Trong đó: C_i là hệ số phân bố đối với mỗi nhánh trong sơ đồ thứ tự thuận đặc trưng cho phân lượng dòng ngắn mạch mà mỗi nguồn gửi tới điểm ngắn mạch.

- Đối với nhánh S_1 (H1): $S_1 = 700$ MVA có hệ số phân bố:

$$C_1 = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{S1}} = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{14}} = \frac{0,65}{6,9} = 0,0942$$

$$X_{\Delta}^{(1)} = X_2 + X_{0\Sigma} = 0,65 + 0,58 = 1,23$$

$$X_{*ttS1}^{(1)} = \frac{0,65 + 1,23}{0,0942} \cdot \frac{7000}{1000} = 140 > 3$$

Do đó:

$$I_{AIS1}^{(1)} = \frac{I_{dmS1}}{X_{*ttS1}} = \frac{7000}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 140} = 0,125 \quad (\text{kA})$$

- Đối với nhánh nguồn $S_2 = \infty$

$$C_2 = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{S2}} = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{10}} = \frac{0,65}{0,875} = 0,743$$

Điện kháng tương đối cơ bản của nhánh có nguồn công suất vô cùng lớn.

$$X_{*cbS2}^{(1)} = \frac{X_1 + X_{\Delta}^{(1)}}{C_2} = \frac{0,65 + 1,23}{0,743} = 2,54$$

Dòng chu kỳ thứ tự thuận do nguồn S_2 gây ra khi ngắn mạch một pha tại N:

$$I_{AIS2}^{(1)} = \frac{I_{cb}}{X_{*cbS2}} = \frac{2,51}{2,54} = 0,987 \quad (\text{kA})$$

- Đối với nhánh nguồn S_3 ($S_3 = 55,5$ MVA).

$$C_3 = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{S3}} = \frac{X_{1\Sigma}}{X_{15}} = \frac{0,65}{4,014} = 0,162$$

Kiểm tra $C_1 + C_2 + C_3 = 0,0942 + 0,743 + 0,162 = 0,9992 \approx 1$

$$X_{*ttS3}^{(1)} = \frac{X_{1\Sigma} + X_{\Delta}^{(1)}}{C_3} \cdot \frac{S_{dm3}}{S_{cb}} = \frac{0,65 + 1,23}{0,162} \cdot \frac{55,5}{1000} = 0,645$$

Tra đường cong tính toán ta được:

$$I_{*ck(t=0)}^{(1)} = 1,53$$

Dòng chu kỳ thứ tự thuận do nguồn S_3 gây ra khi ngắn mạch một pha tại N:

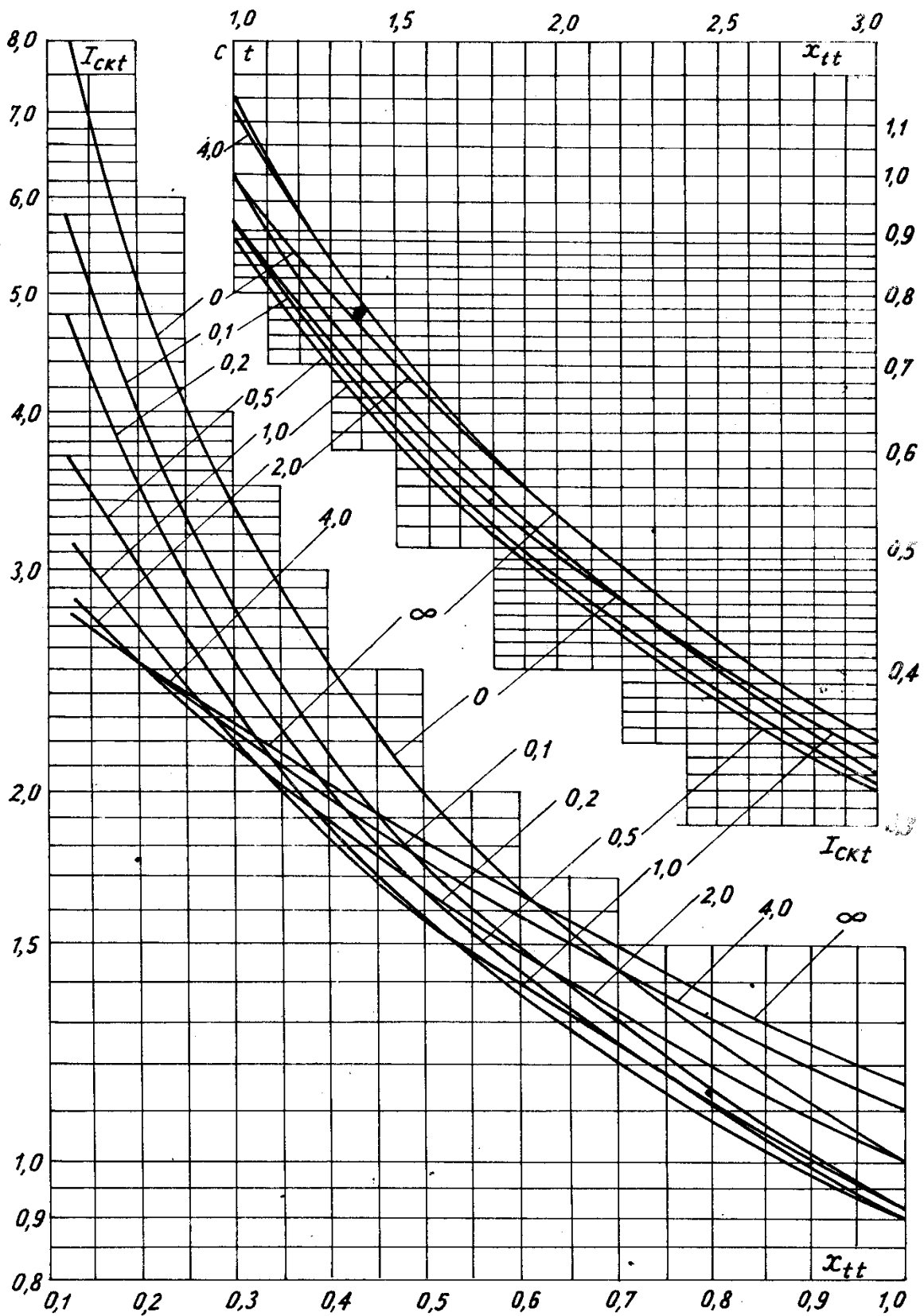
$$I_{AIS3}''^{(1)} = I_{*ck(t=0)}^{(1)} \cdot I_{dmS3} = 1,53 \cdot \frac{55,5}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,213 \text{ (kA)}$$

Dòng thứ tự thuận do các nguồn gây ra khi ngắn mạch một pha tại N:

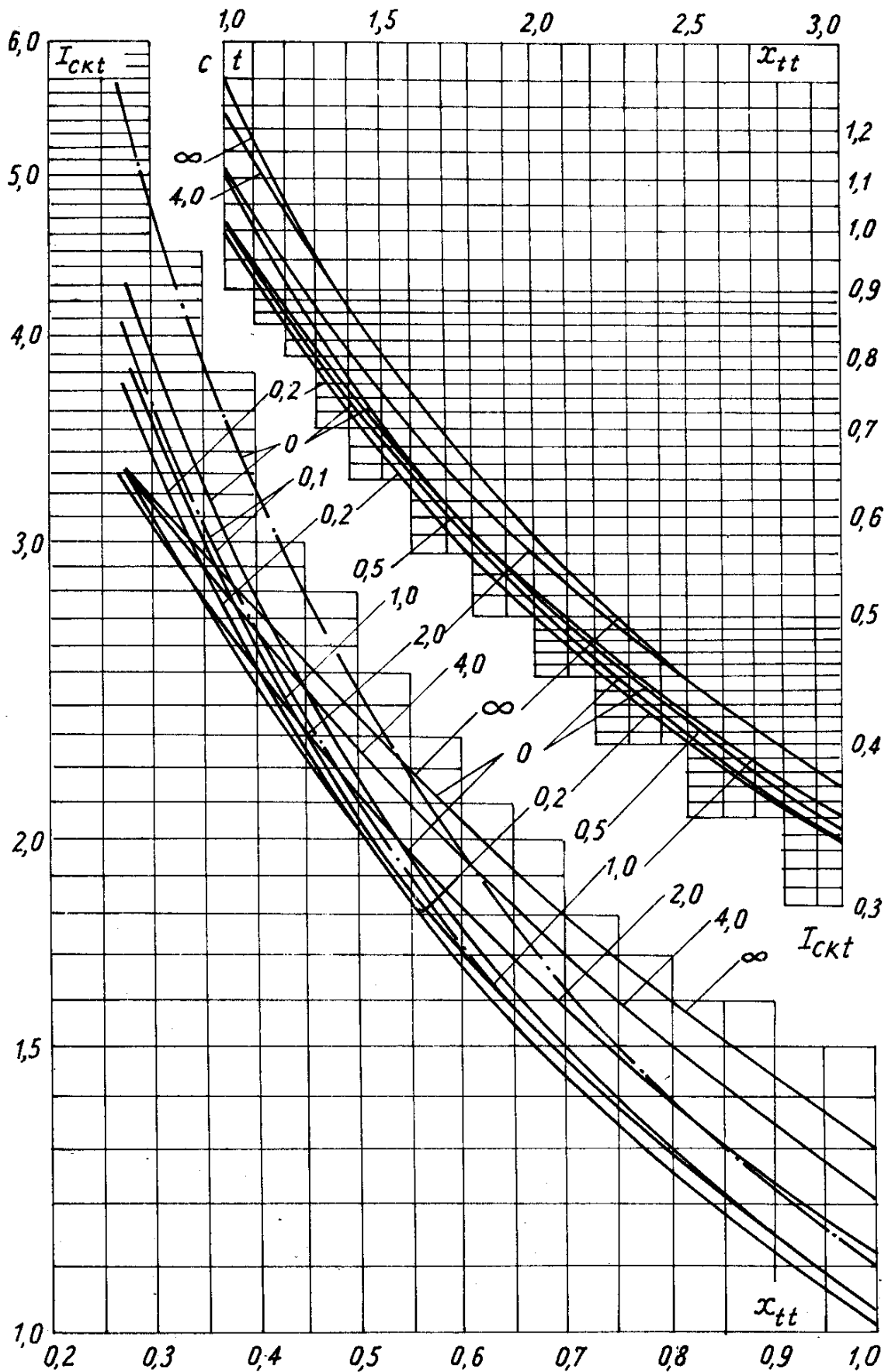
$$I_{A1}''^{(1)} = I_{AIS1}''^{(1)} + I_{AIS2}''^{(1)} + I_{AIS3}''^{(1)} = 0,125 + 0,987 + 0,213 = 1,325 \text{ (kA)}$$

Dòng ngắn mạch một pha ở pha sự cố:

$$I_A''^{(1)} = m^{(A)} \cdot I_{A1}''^{(1)} = 3 \cdot 1,325 = 3,975 \text{ (kA)}$$



Hình 7-21. Đường cong tính toán của MPĐ tuabin hơi, có TĐK



Hình 7-22. Đường cong tính toán của MPĐ tuabin nước, có TĐK (đối với MPĐ có cuộn cảm, X_{tt} cần cộng thêm 0,07; khi đó nếu $t \leq 0,1s$ tra theo đường nét đứt; nếu $t > 0,1s$ tra theo đường nét liền)

Chương VIII

THIẾT BỊ CUNG CẤP ĐIỆN TRUNG VÀ HẠ ÁP

I. YÊU CẦU ĐỐI VỚI SINH VIÊN

- **Mục tiêu:** + Sinh viên phải nắm được cách chọn và kiểm tra các thiết bị trong quá trình tính toán thiết kế hệ thống cung cấp điện.

- **Nhiệm vụ của sinh viên:**

- + Đọc trước giáo trình
- + Tham gia các giờ học trên lớp. Tự nghiên cứu các tài liệu tham khảo có liên quan.
- + Chuẩn bị trước các câu hỏi vướng mắc (nếu có).
- + Phải tóm tắt và nắm được nội dung chính của chương. Chọn và kiểm tra dao cách ly, máy cắt? Chọn và kiểm tra ATM, cầu chì? Chọn và kiểm tra BU, BI? Chọn và kiểm tra sứ cách điện? Chọn và kiểm tra thanh cái, cáp, dây dẫn
- + Phải chuẩn bị nội dung thảo luận theo yêu cầu.

II. QUY ĐỊNH HÌNH THỨC HỌC TRONG MỖI NỘI DUNG NHỎ

NỘI DUNG	HÌNH THỨC HỌC
8.1. Các thiết bị đóng cắt và bảo vệ trung áp	Giảng
8.2. Lựa chọn các thiết bị đóng cắt và bảo vệ trung áp	Giảng, thảo luận nhỏ
8.3. Kết cấu tủ phân phối trung áp	Giảng, thảo luận nhỏ
8.4. Các thiết bị đóng cắt, bảo vệ và đo lường hạ áp	Giảng, thảo luận nhỏ
8.5. Lựa chọn và kiểm tra dây dẫn và cáp hạ áp	Giảng, thảo luận nhỏ
8.6. Lựa chọn thiết bị điện đóng cắt và bảo vệ hạ áp	Giảng, thảo luận nhỏ
8.7. Lựa chọn và kiểm tra thiết bị đo lường hạ áp	Giảng, thảo luận nhỏ
8.8. Kết cấu và lựa chọn tủ phân phối hạ áp	Giảng, thảo luận nhỏ
Ngân hàng câu hỏi	Thảo luận

III.3 CÁC NỘI DUNG CỤ THỂ

8.1. Những điều kiện chung để chọn thiết bị điện

8.1.1. Khái niệm chung

Các thiết bị điện trong điều kiện vận hành có thể phải trải qua ba chế độ cơ bản sau:

- Chế độ làm việc dài hạn.
- Chế độ quá tải (đối với một số thiết bị phụ tải tăng cao tới 1,4 định mức).
- Chế độ ngắn mạch.

Trong chương này không xét tới chế độ làm việc không đối xứng.

Ở chế độ làm việc lâu dài sự làm việc tin cậy của các thiết bị điện được đảm bảo bằng cách lựa chọn chúng theo điện áp định mức và dòng điện định mức. Ở chế độ quá tải sự làm việc của các thiết bị được đảm bảo bằng cách hạn chế giá trị và thời gian tăng dòng điện ở một giới hạn nào đó phù hợp với mức dự trữ về độ bền của chúng.

Đối với các máy cắt điện, cầu chì, máy cắt phụ tải còn phải chọn thêm theo khả năng cắt. Khi chọn các thiết bị và các phần tử dẫn điện cần phải chú ý tới hình thức lắp đặt (trong nhà hoặc ngoài trời), nhiệt độ, độ ẩm, độ bẩn của môi trường xung quanh và độ cao lắp đặt của các thiết bị so với mặt biển.

Khi thành lập sơ đồ để tính toán dòng điện ngắn mạch để kiểm tra cho mỗi thiết bị ta phải chọn điểm ngắn mạch và chế độ vận hành sao cho khi đó dòng điện ngắn mạch chạy qua thiết bị là lớn nhất.

Các thiết bị được chọn còn cần phải thoả mãn các yêu cầu về kinh tế và kỹ thuật.

8.1.2. Các điều kiện chọn

1. Điều kiện điện áp định mức U_{dm}

Điện áp định mức của thiết bị do nhà máy chế tạo quy định và ghi rõ trên mác máy (lý lịch máy). Đó là giá trị điện áp mà thiết bị làm việc được với công suất định mức đồng thời đảm bảo với tuổi thọ cao nhất.

Trong vận hành, điện áp lưới có thể sai khác định mức ở giới hạn cho phép. Vì thế để đảm bảo thiết bị làm việc an toàn thì cách điện của nó cần phải có một mức dự trữ nào đó cao hơn định mức khoảng từ (10-15)%.

Điều kiện chọn các thiết bị điện cần thoả mãn biểu thức sau đây:

$$U_{dmTB} \geq U_{dm\text{ mạng}}$$

Trong đó:

- U_{dmTB} là điện áp định mức của thiết bị.
- $U_{dm\text{ mạng}}$ là điện áp định mức của mạng điện nơi thiết bị điện làm việc.

Dưới đây nêu các giá trị độ lệch điện áp cho phép so với điện áp định mức của thiết bị:

- Cáp, điện kháng, máy biến điện áp, cầu chì: 1,1 U_{dm}
- Sứ, cầu dao, máy cắt : 1,15 U_{dm}

- Chống sét: 1,25 Uđm Các trị số điện áp cho phép nói trên tương ứng với điều kiện các thiết bị điện lắp đặt ở độ cao < 1000m so với mặt biển. Nếu thiết bị lắp đặt ở độ cao > 1000m thì điện áp cho phép phải hiệu chỉnh giảm xuống.

2. Điều kiện dòng điện định mức Idm

Dòng điện định mức của thiết bị IdmTB là dòng điện chạy qua thiết bị ở chế độ làm việc dài hạn khi các thông số vận hành là định mức (Sđm, Uđm, nhiệt độ xung quanh là tiêu chuẩn). Việc chọn đúng thiết bị theo dòng định mức đảm bảo không xảy ra hiện tượng quá nhiệt gây nguy hiểm cho các bộ phận của thiết bị khi làm việc lâu dài ở chế độ định mức. Khi chọn thiết bị, phải đảm bảo cho dòng điện định mức của nó lớn hơn hoặc bằng dòng điện làm việc thực tế lớn nhất, được xác định theo biểu thức sau:

$$I_{dmTB} \geq I_{lvmax}$$

Trong đó: I_{lvmax} là dòng điện làm việc thực tế lớn nhất.

Dòng điện thực tế lớn nhất xuất hiện trong các trường hợp sau đây:

- Mạch có các đường dây làm việc song song khi cắt đi một đường.
- Mạch có các máy biến áp khi sử dụng khả năng quá tải của chúng.
- Các đường cáp không có dự trữ, khi sử dụng khả năng quá tải của chúng.
- Các thanh cái của các nhà máy điện, các trạm biến áp, các thanh cái trong các mạch phân đoạn trong điều kiện bất lợi nhất ở chế độ vận hành.

- Các máy phát điện khi làm việc với công suất định mức mà điện áp đầu cực giảm 5% so với định mức. Thiết bị điện đều được chế tạo ứng với nhiệt độ môi trường xung quanh (không khí) là định mức. Nhiệt độ định mức θ_{dm} ở mỗi nước được qui định khác nhau:

+) Nga: $\theta_{dm} = +5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

+) Trung quốc: $\theta_{dm} = +40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

+) Việt nam: $\theta_{dm} = +35 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Khi nhiệt độ môi trường xung quanh là θ lớn hơn θ_{dm} nghĩa là điều kiện làm mát kém đi, thì dòng điện làm việc lâu dài cho phép của thiết bị điện phải hiệu chỉnh giảm xuống. Biểu thức hiệu chỉnh như sau:

$$I_{cp\theta} = I_{dmTB} \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta}{\theta_{cp} - \theta_{dm}}}$$

Trong đó:

- I_{dmTB} là dòng định mức của thiết bị ứng với nhiệt độ xung quanh là θ_{dm} .
- $I_{cp, \theta}$ là dòng điện làm việc lâu dài cho phép ứng với nhiệt độ xung quanh là θ .
- θ_{cp} là nhiệt độ cho phép của thiết bị điện.

- θ là nhiệt độ môi trường nơi lắp đặt thiết bị điện. Nếu nhiệt độ không khí xung quanh nhỏ hơn θ_{dm} thì khi nhiệt độ giảm 1 °C, cho phép dòng điện tăng 0,5%, nhưng tổng cộng không vượt quá 20%.

8.1.3. Các điều kiện kiểm tra

1. Kiểm tra về ổn định lực điện động

Khi ngắn mạch thiết bị có thể phá hỏng bởi lực điện động do dòng điện ngắn mạch có giá trị rất lớn gây ra.

Dòng ngắn mạch để kiểm tra các thiết bị điện theo điều kiện ổn định lực điện động có thể là dòng ngắn mạch một pha hoặc ba pha. Trong mạng điện cao áp (1 - 35) kV có trung tính cách điện với đất dòng tính toán là dòng ngắn mạch ba pha. Trong mạng 110 kV và cao hơn làm việc với trung tính trực tiếp nối đất, dòng ngắn mạch tính toán có thể là ba pha hoặc một pha, khi kiểm tra lấy dòng điện lớn nhất trong 2 trường hợp trên. Điều kiện kiểm tra ổn định lực điện động là:

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

Hoặc
$$I_{max} \geq I_{xk}$$

Trong đó:

- i_{max} , I_{max} là trị số biên độ và hiệu dụng của dòng điện lớn nhất không gây hỏng thiết bị bởi lực điện động (nhà máy chế tạo quy định và ghi trong lý lịch thiết bị).

- i_{xk} , I_{xk} là trị số biên độ và hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích được tính từ bài toán ngắn mạch nặng nề nhất đối với thiết bị cần kiểm tra.

2. Kiểm tra ổn định nhiệt.

Khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua thiết bị, nhiệt độ của nó không được vượt quá nhiệt độ cho phép. Do đó điều kiện kiểm tra sự ổn định nhiệt của thiết bị là:

$$I_{odn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gn}}{t_{odn}}}$$

Trong đó:

- I_{odn} và t_{odn} là dòng điện ổn định nhiệt tương ứng với thời gian ổn định nhiệt do nhà máy chế tạo quy định ghi trong lý lịch máy.

- I_{∞} và t_{gt} là dòng điện ngắn mạch ổn định và thời gian giả thiết được xác định từ bài toán ngắn mạch nặng nề nhất đối với thiết bị đó.

Dòng ngắn mạch ổn định I_{∞} dùng để kiểm tra khả năng ổn định nhiệt của thiết bị được chọn trong hai trị số $I_{\infty}^{(2)}$ và $I_{\infty}^{(3)}$ và lấy trị số lớn nhất. Ở mạng điện xí nghiệp nói chung $I_{\infty}^{(3)} > I_{\infty}^{(2)}$ nên ta thường căn cứ vào $I_{\infty}^{(3)}$ để kiểm tra ổn định nhiệt.

8.2. CHỌN VÀ KIỂM TRA MÁY CẮT ĐIỆN

Máy cắt điện là thiết bị đóng cắt hoàn hảo nhất ứng dụng trong mạng điện cao áp, nó có thể thao tác trực tiếp hoặc điều khiển xa và chủ yếu là tự động hóa. Máy cắt là phần tử chấp hành của bảo vệ rơ le. Máy cắt có thể đóng cắt lặp lại dòng điện ngắn mạch.

Các máy cắt điện được chọn theo điều kiện điện áp định mức, dòng điện định mức, kiểu loại, hình thức lắp đặt, phù hợp với các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật và được kiểm tra về ổn định lực điện động, ổn định nhiệt và khả năng cắt ở chế độ ngắn mạch.

Các đại lượng chọn và kiểm tra máy cắt

Bảng 8 -1

S	Đại lượng được chọn và kiểm tra	Kí hiệu	Công thức chọn và kiểm tra
1	Điện áp định mức, kV	U_{dm}	$U_{dmTB} \geq U_{mang}$
2	Dòng điện định mức, A	I_{dm}	$I_{dmTB} \geq I_{lv\ max}$
3	Dòng điện ổn định lực điện động,	I_{max}	$i_{max} \geq i_{xk}$
4	Dòng điện ổn định nhiệt, kA	I_{odn}	$I_{odn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{odn}}}$
5	Công suất cắt, MVA	$S_{cát}$	$S_{cat} \geq S_N''$
6	Công suất cắt khi có thiết bị tự động đóng lặp lại	$S_{cát}$	$S_{cat} \geq \frac{S_N''}{k_{TDL}}$

Chú ý:

- Khi máy cắt làm việc có thiết bị tự động đóng lặp lại (TDL) thì khả năng cắt (công suất cắt, dòng điện cắt) của những lần cắt sau sẽ giảm xuống. Vì vậy đưa vào hệ số $k_{TDL} < 1$.

- Dòng ổn định nhiệt của máy cắt I_{odn} cho trong lý lịch máy thường cho ứng với thời gian ổn định khoảng 1,5s đến 10s.

- Công suất ngắn mạch siêu quá độ khi ngắn mạch tính chính xác có thể lấy theo công suất ứng với dòng ngắn mạch tại thời điểm bằng thời gian tác động của bảo vệ và thời gian cắt của máy cắt.

$$S_N'' = \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot I_N''$$

- Khi trong mạch có kháng điện đặt sau máy cắt, thì máy cắt có thể được kiểm tra theo dòng điện ngắn mạch ở phía sau kháng điện, tức là ứng với điều kiện dòng điện ngắn mạch đã được hạn chế.

8.3. CHỌN VÀ KIỂM TRA MÁY CẮT PHỤ TẢI

Máy cắt phụ tải là một loại máy cắt đơn giản, nó gồm hai bộ phận hợp thành: Bộ phận đóng cắt có dập hồ quang đơn giản và bộ phận bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chì. Máy cắt phụ tải chỉ đóng cắt được dòng điện phụ tải chứ không cắt được dòng điện ngắn mạch.

Máy cắt phụ tải ngày nay mới được sản xuất đến điện áp 54 kV. Do năng lực làm việc chưa hoàn hảo bằng máy cắt nên nó thường được dùng ở những nơi không quan trọng, nhất là ở các trạm biến áp phân xưởng hay phân đoạn các đường dây trong mạng điện khu phố đô thị. Các điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải gồm các điều kiện (1 đến 5) ở bảng 8-1. Công suất cắt Scat trong điều kiện 5 là kiểm tra cho công suất cắt của cầu chì.

8.4. CHỌN VÀ KIỂM TRA CẦU DAO CÁCH LY

Cầu dao cách ly là một loại cầu dao cao áp đặc biệt, nó không thể đóng cắt dòng điện phụ tải nhưng không thể thiếu được trong các mạng điện cao áp, đặc biệt là trong các trạm phân phối. Ngoài chức năng chuyển mạch nó còn tác dụng quan trọng nữa là để cách ly các thiết bị điện đã cắt điện với mạng điện đang có điện. Khi cắt cầu dao cách ly phải tạo ra khoảng cách lớn giữa má động không điện và má tĩnh có điện đảm bảo an toàn cả về kỹ thuật và yếu tố tâm lý sao cho dễ trông thấy từ xa để công nhân sửa chữa an tâm làm việc.

Cầu dao cách ly được chế tạo với mọi cấp điện áp cao, siêu cao. Về nguyên tắc chỉ được thao tác cầu dao cách ly khi ở chế độ không dòng điện. Tuy nhiên có thể vận dụng thao tác các cầu dao cách ly trong trường hợp đẳng thế, hoặc có dòng điện nhỏ như dòng không tải của máy biến áp tùy theo công suất và điện áp định mức máy biến áp theo quy định.

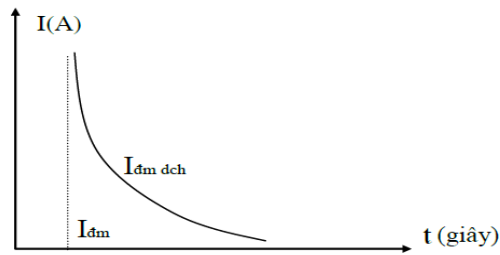
Ví dụ, với cấp điện áp tới 35kV cầu dao cách ly chỉ được phép cắt không tải những máy biến áp có công suất không vượt quá 750 kVA, với cấp điện áp 110 kV công suất máy biến áp lớn nhất có thể cắt không tải là 20MVA...

Cầu dao cách ly được chế tạo với tất cả các cấp điện áp cao. Theo vị trí lắp đặt có thể chia ra loại trong nhà và loại ngoài trời, theo số pha có thể chia ra loại một pha riêng rẽ hay ba pha liên động. Theo cách thao tác có thể chia ra loại thao tác bằng tay, loại thao tác bằng điện. Cầu dao cách ly có rất nhiều kiểu.

Các cầu dao cách ly được chọn theo các điều kiện định mức. Chúng được kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt. Các điều kiện chọn và kiểm tra là các điều kiện (1 đến 4) trong (bảng 8-1).

8.5. CHỌN VÀ KIỂM TRA CẦU CHÌ

Cầu chì là thiết bị bảo vệ mạch điện theo nguyên tắc quá dòng điện thể hiện như đặc tính dưới đây. Khi $I_{lv} > I_{dmch}$ thì cầu chì sẽ tác động nếu mức độ quá dòng càng lớn thì thời gian tác động càng nhanh, đặc biệt khi ngắn mạch thời gian tác động cực ngắn khoảng 0,008 giây.



Hình 8-1. Đặc tính bảo vệ quá dòng điện của cầu chì

Cầu chì có cấu tạo đơn giản, rẻ tiền... Nên được dùng rất phổ biến trong cả mạng điện cao áp và hạ áp. Trong hệ thống điện chủ yếu ta nghiên cứu cầu chì cao áp, còn trong mạng điện xí nghiệp ta chỉ nghiên cứu cầu chì hạ áp trong các tủ điện phân xưởng.

Nhược điểm của cầu chì là đặc tính làm việc phụ thuộc nhiều yếu tố trong thực tế. Cầu chì cấu tạo gồm hai bộ phận chính là vỏ cầu chì và ống dây chảy.

a. Vỏ cầu chì: Là bộ phận để lắp ống dây chảy với các thông số cơ bản là:

- Điện áp định mức U_{dm} : Cách điện pha so với đất và cách điện giữa các pha trên cùng một bộ vỏ.

- Công suất I_{dm} vỏ : Là công suất lớn nhất của cầu chì ứng với các điều kiện tiêu chuẩn do nhà máy chế tạo quy định.

b. Ống dây chảy: Là bộ phận để lắp dây chảy, nó gồm hai phần chính:

- Phần ống ngoài làm bằng vật liệu cách điện như : sứ, chất dẻo, phíp... bên trong lắp dây chảy, hai đầu nắp kín có đầu nối điện ra để gá lắp với cầu nối điện trên vỏ cầu chì.

- Phần dây chảy lắp trong ống là dây kim loại (chì, đồng, bạc...) được chế tạo theo các cấp dòng điện định mức. Dây chảy có nhiều hình dạng, kiểu cách khác nhau, dây chảy có I_{dm} lớn làm bằng kim loại có điện dẫn tốt hơn để giảm nhỏ tiết diện và khả năng dập hồ quang tốt hơn.

Bảng 8 -2

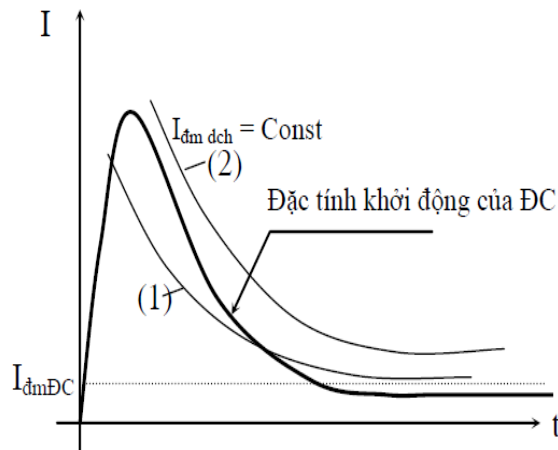
S	Đại lượng được chọn và kiểm	Kí	Công thức chọn và kiểm
1	Điện áp định mức, kV	U_{dm}	$U_{dmTB} \geq U_{dm \text{ mang}}$
2	Dòng điện định mức của dây	I_{dm}	$I_{dmTB} \leq I_{dm \text{ dch}} \leq I_{dm}$
3	Điều kiện mở máy		$I_{dc} \geq \frac{I_{dn}}{a}$
4	Điều kiện cắt chọn lọc		$I_{dc1} \geq I_{dc2}$
5	Công suất cắt, MVA		$S_{cat} \geq S_N$

Trong đó:

Ivô là dòng điện vô của cầu chì. Khi dòng điện đi qua dây chảy càng lớn, dây chảy chảy càng nhanh và thời gian cắt điện bằng cầu chì càng nhỏ, quan hệ giữa thời gian cắt với dòng điện gọi là đặc tính bảo vệ của dây chảy. Đối với mọi loại cầu chì người ta đều cho các họ đường đặc tính ứng với một giá trị dòng điện định mức của dây chảy theo thời gian.

Khi chọn cầu chì bảo vệ động cơ nếu biết được đặc tính khởi động của động cơ và họ đặc tính khởi động của cầu chì định chọn thì ta chỉ việc vẽ đặc tính khởi động của động cơ lên cùng hệ tọa độ của đặc tính bảo vệ của cầu chì thì ta sẽ chọn được cầu chì có I_{dc} phù hợp.

Ví dụ như trên (hình 8-2) ta chọn cầu chì có đường đặc tính bảo vệ số 2.



Hình 8 - 2. Phối hợp đặc tính bảo vệ của cầu chì

Khi không biết đặc tính khởi động của động cơ ta có thể áp dụng công thức:

$$I_{dc} \geq \frac{I_{dn}}{a} = \frac{k_{mm} \cdot I_{dm}}{a}$$

Trong đó:

- I_{dn} là dòng điện đỉnh nhọn.
- k_{mm} là hệ số khởi động của động cơ.
- + Đối với động cơ không đồng bộ $k_{mm} = (5 \text{ đến } 7)$.
- + Đối với động cơ đồng bộ $k_{mm} = (2 \text{ đến } 2,5)$.
- a là hệ số chọn theo tình hình cụ thể của phụ tải và tần số khởi động.
- + Đối với máy hàn $a = 1,5$
- + Đối với động cơ mở máy có tải $a = (1,6 \text{ đến } 2)$.
- + Đối với động cơ mở máy không tải $a = 2,5$ Khi chọn cầu chì bảo vệ cho nhánh cung cấp điện cho một nhóm động cơ thì I_{dn} được xác định:

$$I_{dn} = K_{mm} \max \cdot I_{dm} \max + I_{tt} \text{ nhóm} - K_{sd} \max \cdot I_{dm} \max$$

Trong đó:

- $I_{dm} \max$ là dòng điện định mức của động cơ có dòng mở máy lớn nhất trong nhóm.
- k_{mm} , k_{sd} là hệ số mở máy và hệ số sử dụng của động cơ có dòng mở máy lớn nhất trong nhóm.
- I_{tt} là dòng điện tính toán của cả nhóm.

Để bảo vệ cho máy biến áp, việc chọn I_{dc} được tiến hành với dòng định mức của máy biến áp I_{dmBA} .

$$I_{dm\ dch} \geq I_{dm\ BA}$$

Nhưng phải chú ý tới khả năng quá tải của máy biến áp:

- Máy biến áp đặt ngoài trời khả năng quá tải tới 1,4 $I_{dm\ BA}$.
- Máy biến áp đặt trong nhà khả năng quá tải tới 1,2 $I_{dm\ BA}$.

Đối với các mạng cung cấp điện được bảo vệ bằng cầu chì, việc phối hợp giữa dòng điện cho phép của dây dẫn $[I]$ và dòng định mức của dây chảy I_{dc} theo nguyên tắc tùy theo từng trường hợp cụ thể như sau:

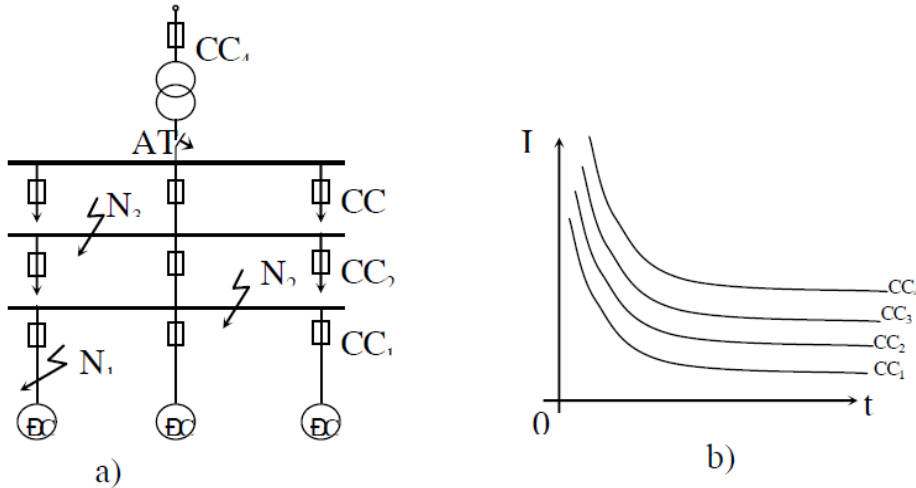
- Đối với mạng cung cấp điện cho những nơi phụ tải khó lường trước để đảm bảo an

toàn cho dây dẫn nên chọn:
$$\frac{[I]}{I_{dc}} = (1,25 \div 1,5)$$

- Đối với mạng chiếu sáng trong phân xưởng, phụ tải ít thay đổi: $\frac{[I]}{I_{dc}} = 1$

- Đối với các đường dây chính trong các mạng cung cấp điện cho phụ tải có nhiều khả năng xuất hiện trong đỉnh nhọn nên chọn: $I_{dc} \leq 3.I$

Để đảm bảo tính tác động chọn lọc của cầu chì, các cầu chì phải được phối hợp theo cấp tác động. Ví dụ (hình 8-3a). Khi ngắn mạch tại N_1 thì CC_1 phải tác động trước CC_2 và CC_3 . Khi ngắn mạch tại N_2 thì CC_2 phải tác động trước cầu chì CC_3 . Nếu vẽ trên cùng một hệ tọa độ thì đặc tính của cầu chì CC_1 nằm dưới cùng như (hình 8-3b).



Hình 8-3. Sự phối hợp bảo vệ của các cầu chì

8.6. CHỌN VÀ KIỂM TRA ÁPTÔMÁT

Áptômát là thiết bị chuyển mạch và bảo vệ theo nguyên tắc quá dòng điện trong mạng hạ áp.

Việc thực hiện bảo vệ mạch điện bằng cầu chì có nhược điểm là nếu xảy ra sự cố một pha thì cầu chì pha đó nổ, thiết bị điện được bảo vệ có thể bị làm việc trong trạng thái thiếu pha sẽ nguy hiểm và có thể hư hỏng thiết bị điện.

Để khắc phục nhược điểm của cầu chì người ta dùng thiết bị tự động cắt cho cả ba pha (lưới điện xoay chiều) hoặc hai pha (mạch điện một chiều) gọi là áp tô mát.

Áp tô mát có thể được đóng cắt dòng phụ tải bằng tay hoặc đóng cắt qua hệ thống điều khiển xa. Khi quá dòng thì áp tô mát sẽ cắt tự động. Chức năng bảo vệ của áp tô mát được thực hiện bằng hai phần tử riêng biệt là:

- Bảo vệ cực đại bằng phần tử nhiệt
- Bảo vệ cắt nhanh bằng phần tử từ.

Các áp tô mát được chế tạo với dải công suất rất rộng, từ một vài Ampe đến hàng ngàn Ampe. Một áp tô mát có một đặc tính chuẩn theo I_{dm} của nó và ngoài ra ta có thể điều chỉnh để có được một họ đặc tính. Điều này rất thuận lợi cho việc tính chọn áp tô mát trong công tác thiết kế cung cấp điện.

Các điều kiện chọn và kiểm tra áp tô mát

Bảng 8 -3

S	Đại lượng được chọn và kiểm	Kí	Công thức chọn và kiểm
1	Điện áp định mức, V	U_{dm}	$U_{dmATM} \geq U_{dm \text{ mang}}$
2	Dòng điện định mức, A	I_{dm}	$I_{dmATM} \geq I_{lv \text{ max}}$
3	Dòng điện ổn định lực điện động,	I_{max}	$i_{max} \geq i_{xk}$
4	Dòng điện ổn định nhiệt, kA	I_{odn}	$I_{odn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{odn}}}$

Áp tô mát có thể được chỉnh định như sau:

+ Chỉnh định quá tải.

Dòng tác động: $I_{td} = kat \cdot I_{tt}$

Trong đó: - kat là hệ số an toàn, kat = (1,1 đến 1,3). - $I_{tt} = I_{lv \text{ max}}$.

+ Chỉnh định cắt nhanh.

Dòng tác động: $I_{td} = kat [k_{mm \text{ max}} \cdot I_{dm \text{ max}} + (I_{tt} - k_{sd \text{ max}} \cdot I_{dm \text{ max}})]$

Trong đó:

- kat = 1,25 là hệ số an toàn để ATM không tác động nhầm với dòng định nhon

- $I_{dm \text{ max}}$ là dòng định mức của động cơ có dòng mở máy lớn nhất.

- $k_{sd \text{ max}}$, $k_{mm \text{ max}}$ là hệ số sử dụng và hệ số mở máy của động cơ có dòng mở máy lớn nhất.

- I_{tt} là dòng điện tính toán của nhóm các thiết bị mắc sau áp tô mát.

+ Kiểm tra độ nhạy của áp tô mát.

$$k_{nh} = \frac{I_{N.min}}{I_{td.AT}} \geq 1,3$$

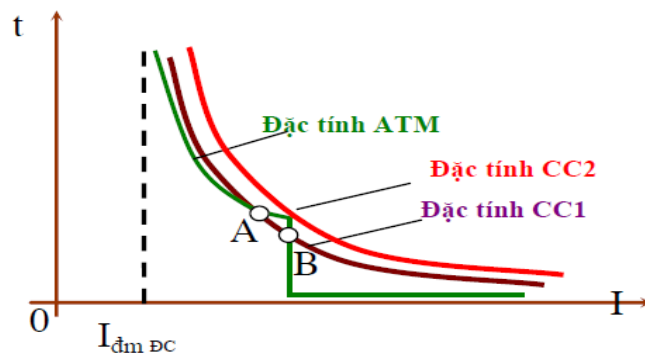
Trong đó:

- k_{nh} là độ nhạy của áp tô mát.

- là dòng ngắn mạch nhỏ nhất ở cuối vùng bảo vệ của áp tô mát.

- $I_{td.AT}$ là dòng tác động của áp tô mát.

Trong các mạch điện dùng cả cầu chì và áp tô mát bảo vệ, việc phối hợp thời gian tác động có khó khăn, sẽ xảy ra tác động nhầm lẫn do có các điểm cắt (hình 8-4).



Hình 8 - 4. Phối hợp tác động của Áptomát và cầu chì

Ngày nay đã có các áptomát kỹ thuật số có khả năng đáp ứng rất cao cho các yêu cầu của bảo vệ:

Cài đặt chế độ bảo vệ thuận lợi

Tác động chính xác

Nhớ các thông số cơ bản của sự cố đã tác động

Phổ đặc tính được điều chỉnh rộng.

Tuy nhiên giá thành còn khá cao (khoảng 3 đến 5 lần áptomát thông thường)

8.7. CHỌN VÀ KIỂM TRA SỬ CÁCH ĐIỆN

Sử cách điện là thiết bị gá đỡ các bộ phận mang điện, dẫn điện và đảm bảo cách điện (pha-pha) hoặc (pha-đất). Vì vậy sứ phải có đủ độ bền cơ học và độ bền cách điện tùy thuộc từng mạng điện.

Trong trạm biên áp hay trạm phân phối sứ có hai loại chính:

- Sứ đỡ: Dùng để đỡ các thanh cái, dây dẫn và các thiết bị mang điện.

- Sứ xuyên: Dùng để dẫn thanh cái hoặc dây dẫn xuyên qua tường hoặc trần nhà.

Đối với đường dây trên không sứ có hai loại là sứ đỡ và sứ chuỗi.

Theo vị trí sử dụng có thể phân thành: Sứ trong nhà và sứ ngoài trời. Các sứ đỡ được chọn theo điện áp định mức và kiểm tra theo điều kiện ổn định động.

Các sứ xuyên phải chọn thêm theo điều kiện dòng điện định mức điện và kiểm tra thêm theo điều kiện ổn định nhiệt.

Các điều kiện chọn và kiểm tra sứ cách điện

Bảng 8-4

S	Đại lượng được chọn và kiểm tra	Kí hiệu	Công thức chọn và kiểm tra
1	Điện áp định mức	U_{dm}	$U_{dm} S_u \geq U_{dm} \text{ mang}$
2	Lực cho phép tác dụng lên đầu sứ	[F]	$[F] \geq F_{tt} \cdot kh$
Đối với sứ xuyên tường có thêm 2 điều kiện sau			
3	Dòng điện định mức	$I_{dmsứ}$	$I_{dm} \text{ sứ} \geq I_{lv} \text{ max}$

4	Dòng điện ổn định nhiệt	I_{odn}	$I_{dm} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{odn}}}$
---	-------------------------	-----------	--

***) Xác định [F]:**

Đối với các sứ do Liên Xô chế tạo ứng lực phá hỏng F_{ph} cho theo các loại sứ được sản xuất:

Loại A - 375 kG

Loại B - 750 kG

Loại B - 1250 kG

Lực cho phép tác dụng lên đầu sứ được xác định theo công thức:

$$[F] = 0,6 F_{ph}$$

Trong đó: 0,6 là hệ số xét tới độ dự trữ.

Chọn sứ theo độ bền cơ học phải thoả mãn bất đẳng thức:

$$[F] \geq F_{tt} \cdot kh$$

Trong đó:

- F_{tt} là lực tính toán tác dụng lên đầu sứ.

$$F_{tt} = 1,76 \cdot I_{xk}^2 \frac{L}{a} \cdot 10^{-2} \quad (kG)$$

Với:

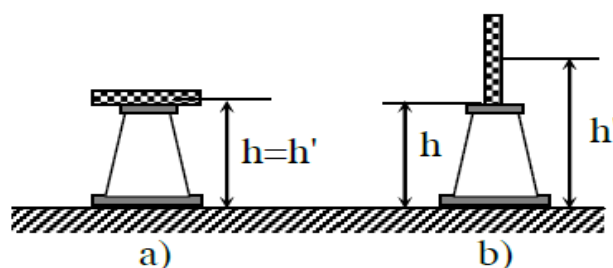
+ L là khoảng cách giữa hai sứ liên tiếp, cm.

+ a là khoảng cách giữa hai pha, cm.

+ i_{xk} là dòng điện xung kích, kA.

- kh là hệ số hình dáng. $k_h = \frac{h'}{h}$

Với h và h' được xác định như (hình 8-5).



Hình 8 – 5. Sơ đồ bố trí thanh cái

8-8 CHỌN VÀ KIỂM TRA THANH CÁI, CÁP VÀ DÂY DẪN ĐIỆN

Thanh cái, cáp và dây dẫn là những bộ phận dùng để truyền dẫn điện nên việc chọn và kiểm tra chúng có nhiều điểm giống nhau.

Những điều kiện chọn bao gồm:

- Điều kiện độ bền cơ học.
- Điều kiện phát nóng.
- Điều kiện mật độ dòng kinh tế.
- Điều kiện tổn thất điện áp.

Những điều kiện kiểm tra bao gồm:

- Điều kiện ổn định lực điện động.
- Điều kiện ổn định nhiệt.

Riêng đối với dây dẫn trên không vì khoảng cách giữa các pha lớn, điều kiện toả nhiệt dễ dàng nên không cần kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt.

Đối với cáp vì có cấu tạo chắc chắn nên cũng không cần kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động, chỉ cần kiểm tra theo điều kiện ổn định nhiệt.

8.8.1. Chọn thanh cái, dây dẫn và cáp theo điều kiện độ bền cơ học.

Để bảo đảm bảo cho thanh cái, cáp và dây dẫn trong khi vận hành không bị các tác động cơ học làm gãy, đứt gây nguy hiểm cho người và thiết bị, người ta quy định tiết diện nhỏ nhất cho phép của cáp và dây dẫn ở các cấp điện áp khác nhau. Riêng đối với đường dây dẫn điện trên không người ta cũng quy định thành các đẳng cấp khác nhau, và tuy theo đẳng cấp của đường dây và tình hình dân cư mà đường dây đi qua mà người ta người ta quy định các tiết diện tối thiểu của đường dây để đảm bảo độ bền cơ học (xem các bảng 8-5, 8-6 và 8-7).

Bảng 8 – 5

Đặc điểm của dây dẫn và cách lắp đặt	$F_{\min}(\text{mm}^2)$	
	Đồng	Nhôm
Dây bọc cách điện dùng trong chiếu sáng:		
- Trong nhà	0,5	Không ng
- Ngoài trời	1	Không ng
Cáp và dây dẫn nối đến các thiết bị di động	2,5	Không ng
Dây bọc cách điện lắp đặt trong nhà trên sứ	1,5	4
Dây bọc cách điện lắp đặt ngoài trời trên cột có sứ đỡ	2,5	4
Cáp và dây dẫn bọc cách điện lắp đặt ở các thiết bị h	1	2,5
Dây trần lắp đặt trong nhà	2,5	4
Dây trần lắp đặt ngoài trời	4	10

Quy định đẳng cấp đường dây trên không

Bảng 8 – 6

Cấp đường dây	Điện áp định mức	Loại hộ dùng điện
Cấp 1	$\geq 35 \text{ KV}$	Bất cứ loại nào
	$< 35 \text{ KV}$	Loại I và loại II
Cấp 2	$\geq 35 \text{ KV}$	Loại III
	$(1 \div 20) \text{ KV}$	Bất cứ loại nào
Cấp 3	$\leq 1 \text{ KV}$	Bất cứ loại nào

Tiết diện quy định nhỏ nhất đảm bảo độ bền cơ học đối với đường dây trên không

Bảng 8-7

Dây dẫn		Tiết diện nhỏ nhất (mm ²)					
Loại dây dẫn	Nguyên liệu	Nơi không có dân cư			Nơi đông dân cư và đường vượt nghiêm trọng		
		Cấp	Cấp	Cấp	Cấp	Cấp	Cấp
Dây thép	Đồng, nhôm	Khôn	Khôn	Khôn	Khôn	Khôn	Khôn
	Đồng và nhôm	25	10	10	25	16	16
Dây nhôm	Nhôm lõi thép	25	16	16	25	25	25
	Nhôm	25	25	25	16	25	25

8.8.2. Chọn thanh cái, cáp và dây dẫn theo điều kiện phát nóng.

Khi có dòng điện chạy qua, vật dẫn sẽ bị nóng lên, nếu vật dẫn nóng quá nhiệt độ cho phép sẽ làm giảm độ bền cơ học của dây dẫn, làm giảm tuổi thọ hoặc phá huỷ cách điện của cáp. Vì vậy người ta qui định nhiệt độ cho phép đối với từng loại dây như sau:

- 70 °C ứng với dây trần thanh dẫn.
- 55 °C ứng với dây bọc cao su.
- 60 °C với cáp 10 kV.
- 65 °C với cáp 6 kV.

Trong thực tế xác định dòng điện làm việc lâu dài cho phép của thanh cái, cáp và dây dẫn thường dùng những bảng đã ra sẵn trị số dòng điện phụ tải cho phép.

Khi chọn thanh cái, cáp và dây dẫn theo điều kiện phát nóng phải thoả mãn biểu thức:

$$I_{cf} \geq I_{lv \max}$$

Trong đó:

- I_{cf} là dòng điện cho phép của thanh cái cáp và dây dẫn.
- $I_{lv \max}$ là dòng điện làm việc lớn nhất.

Biểu thức trên xác định ứng với các điều kiện tiêu chuẩn do nhà máy chế tạo của mỗi nước quy định:

- Nhiệt độ môi trường ngoài không khí là + 25 °C.
- Nhiệt độ môi trường trong đất là + 15 °C.

- Các cáp đặt xa nhau hoặc trong một pha chỉ dùng một thanh cái. Khi điều kiện thực tế không phù hợp như: nhiệt độ môi trường xung quanh khác với nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn, các cáp đặt sát nhau hoặc trong một pha ghép nhiều thanh cái thì dòng điện cho phép phải được nhân với các hệ số hiệu chỉnh.

1. Đối với cáp và dây dẫn.

$$I_{cf} \geq \frac{I_{lv\max}}{k_1 k_2 k_3}$$

Trong đó:

- I_{cf} là dòng điện cho phép trong điều kiện nhiệt độ môi trường xung quanh là định mức và cách lắp đặt tiêu chuẩn (trong hào chỉ có một cáp, một pha chỉ có một thanh cái và thanh cái được đặt đứng).

- k_1 là hệ số xét tới nhiệt độ môi trường xung quanh khác nhiệt độ tiêu chuẩn.

- k_2 là hệ số xét tới khi có nhiều cáp đặt sát nhau. Đối với dây dẫn trên không lấy $k_2 = 1$.

- k_3 là hệ số xét tới điều kiện làm việc.

+ Đối với thiết bị làm việc ở chế độ dài hạn, $k_3 = 1$.

+ Đối với thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại: $k_3 = \frac{0.875}{\sqrt{\varepsilon_{dm}} \%}$

+ Khi cáp, dây dẫn cung cấp điện cho nhiều thiết bị, $k_3 = 1$.

2. Đối với thanh cái.

$$I_{cf} \geq \frac{I_{lv\max}}{k_1 k_2 k_3}$$

Trong đó:

- I_{cf} là dòng điện cho phép của một thanh cái khi nhiệt độ của nó là 70°C , nhiệt độ môi trường xung quanh là 25°C và thanh cái đặt đứng.

- k_1 là hệ số điều chỉnh theo điều kiện nhiệt độ môi trường xung quanh.

- k_2 là hệ số kể tới trường hợp thanh dẫn từng pha gồm nhiều thanh ghép lại.

- k_3 là hệ số hiệu chỉnh khi thanh cái đặt đứng hay đặt nằm. Khi thanh cái đặt đứng $k_3 = 1$, khi thanh cái đặt nằm $k_3 = 0,96$

8.8.3. Chọn cáp và dây dẫn theo điều kiện mật độ dòng kinh tế.

Chọn cáp và dây dẫn theo quan điểm kinh tế nghĩa là chọn tiết diện F của chúng sao cho chi phí tính toán hàng năm C là nhỏ nhất.

Có thể phân tích vốn đầu tư của một đường dây theo công thức:

$$V = (V_0 + b.F).L$$

Trong đó:

- V_0 là vốn đầu tư cho một đơn vị chiều dài đường dây. Thành phần này không tỷ lệ với tiết diện F của dây dẫn và bao gồm các chi phí đầu tư cho công tác đo đạc vạch tuyến làm đường ... (đồng/ km).

- b là giá thành một km đường dây với dây dẫn có tiết diện 1 mm^2 .

- F là tiết diện dây dẫn, mm^2 .

- L là chiều dài đường dây, km.

Nếu gọi $\varphi\%$ là tỷ lệ khấu hao hàng năm thì chi phí khấu hao hàng năm sẽ là:

$$C_{kh} = \frac{\varphi}{100} \cdot (V_0 + b.F).L$$

Chi phí về tổn thất điện năng hàng năm có thể phân tích như sau:

$$C_{\Delta A} = 3 \cdot I_{max}^2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{F} \cdot \beta \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

Trong đó:

- I_{max} là dòng điện phụ tải lớn nhất, thường lấy bằng dòng điện tính toán I_{tt} , A.
- ρ là điện trở suất của dây dẫn, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$.
- β là giá 1 kWh điện năng, VND/kWh.
- τ là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất, h.

Vậy chi phí tính toán hàng năm là:

$$Z = C_{kh} + C_{\Delta A} = \frac{\varphi}{100} \cdot (V_0 + b \cdot F) \cdot L + 3 \cdot I_{max}^2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{F} \cdot \beta \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

Như vậy Z là một hàm phụ thuộc tiết diện F . Lấy đạo hàm của Z theo F và cho triệt tiêu ta có thể tìm được trị số F_{kt} sao cho Z là cực tiểu:

$$F_{kt} = I_{max} \cdot \sqrt{\frac{3\rho\beta\tau}{10\varphi b}}$$

Tiết diện F_{kt} đó được gọi là tiết diện kinh tế.

Từ đó tìm được mật độ dòng kinh tế:

$$J_{kt} = \frac{I_{max}}{F_{kt}} \cdot \sqrt{\frac{10\varphi b}{3\rho\beta\tau}} \quad (\text{A} / \text{mm}^2)$$

Mật độ dòng điện kinh tế phụ thuộc vào giá nguyên vật liệu (ρ), giá điện năng (β), chi phí về thi công ... Vì vậy tùy tình hình kinh tế của mỗi nước mà J_{kt} được quy định cho thích hợp. Giá trị của J_{kt} có thể tham khảo ở bảng 8-8.

Như vậy khi chọn cáp và dây dẫn theo điều kiện mật độ dòng kinh tế ta sử dụng công thức:

$$F_{kt} = \frac{I_{lv\ max}}{J_{kt}}$$

Sau đó tra sổ tay tìm loại dây dẫn có tiết diện F gần bằng tiết diện F_{kt} đã tính. Nếu có hai loại tiết diện F gần F_{kt} thì ta có thể chọn loại có tiết diện nhỏ hơn, như vậy sẽ tiết kiệm được kim loại màu mà tính kinh tế không giảm đi bao nhiêu.

Mật độ dòng điện kinh tế J_{kt} (A/mm²)

Bảng 8-8

Loại dây dẫn	Thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max}		
	Dưới 3000 h	3000 ÷ 5000 h	Trên 5000 h
Dây dẫn bằng đồng	3,00	2,25	1,75
Dây dẫn bằng nhôm	1,65	1,15	0,9
Cáp cách điện bằng giấy dây dẫn bọc cao su			
- Lõi đồng	3,00	2,5	2,0
- Lõi nhôm	1,6	1,4	1,2
Cáp đồng cách điện cao su	3,5	3,1	2,7

8.8.4. Chọn cáp, dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

Như ở chương 3 đã trình bày, tổn thất điện áp trên cáp và dây dẫn có thể viết:

$$\Delta U = \frac{P.R}{U} + \frac{Q.X}{U} = \Delta U' + \Delta U''$$

Trong đó: $\Delta U' = \frac{P.R}{U}$ là thành phần tổn thất điện áp do điện trở của dây dẫn gây ra.

$\Delta U'' = \frac{Q.X}{U}$ là thành phần tổn thất điện áp do điện kháng của dây dẫn gây ra.

Ta đã biết điện kháng của dây dẫn ít phụ thuộc vào tiết diện dây dẫn, ta có thể lấy một cách gần đúng các giá trị trung bình của x_0 (Ω /km). Từ đó ta có thể xác định được thành phần $\Delta U''$. Tổn thất điện áp trên đường dây lớn nhất chỉ được bằng tổn thất điện áp cho phép.

$$\Delta U = [\Delta U]$$

Do đó ta có thể tính được thành phần tổn thất điện áp do điện trở gây ra:

$$\Delta U' = [\Delta U] - \Delta U''$$

$$\text{Vi: } \Delta U' = \frac{P.R}{U_{dm}} = \frac{P}{U_{dm}} \cdot \frac{L}{\gamma F} \quad \text{Hoặc } \Delta U' = \frac{\sum_{i=1}^n P_i L_i}{U_{dm}} \cdot \frac{1}{\gamma F}$$

Nếu tiết diện cần chọn để đảm bảo tổn thất điện áp cho phép được xác định theo công thức sau: $F = \frac{1}{\gamma \cdot \Delta U' \cdot U_{dm}} \cdot \sum_{i=1}^n P_i L_i$

Trong đó:

- γ là điện dẫn xuất của dây dẫn $m / \Omega \cdot \text{mm}^2$, $\gamma \text{ Cu} = 54$; $\gamma \text{ Al} = 32$.
- F là tiết diện dây dẫn, mm^2 .
- P_i là phụ tải tác dụng của đường dây nhánh thứ i , kW.
- L_i là chiều dài dây dẫn kể từ đầu đường dây đến điểm rẽ nhánh thứ i , km.
- U_{dm} là điện áp định mức của mạng, kV.

Sau khi đã chọn được dây dẫn theo công thức trên ta phải kiểm tra lại theo điều kiện phát nóng.

Điện áp là một chỉ tiêu quan trọng của chất lượng điện. Vì vậy phương pháp chọn theo tổn thất điện áp thường được dùng để chọn dây dẫn trong mạng điện áp thấp ($U < 1000\text{V}$) là mạng trực tiếp nối với các phụ tải. Ở mạng điện áp cao phương pháp này thường được dùng để kiểm tra. Khi kiểm tra nếu tổn thất điện áp có hơi lớn hơn giá trị cho phép một chút, người ta thường không đặt vấn đề phải tăng tiết diện dây lên một cấp vì làm như vậy rất tốn kém. Thường người ta thực hiện những điều kiện điều chỉnh điện áp (chọn đầu phân áp, bù công suất phản kháng...) để giải quyết.

8.8.5. Kiểm tra thanh góp, cáp theo điều kiện ổn định nhiệt.

Khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua thanh cái và lõi cáp, nhiệt độ của chúng không được vượt quá nhiệt độ cho phép. Để thỏa mãn điều kiện đó tiết diện F của thanh cái và cáp phải lớn hơn hoặc bằng tiết diện ổn định nhiệt F_{odn} :

$$F \geq F_{odn}$$

$$\text{Với } F_{odn} = \alpha \cdot I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{gt}} \quad (mm^2)$$

Trong đó:

- I_{∞} là dòng điện ngắn mạch ổn định, kA.
- t_{gt} là thời gian giả thiết, s.
- α là hệ số nhiệt

Với các trị số α trong (bảng 8-9) ứng với trường hợp thanh cái làm việc với các tải là định mức. Trong thực tế thanh cái và cáp thường làm việc non tải, nên khi tiết diện tiêu chuẩn nhỏ hơn F_{odn} một chút thì vẫn cho phép chọn tiết diện đó mà không cần nâng lên một cấp.

Hệ số α và nhiệt độ cho phép của thanh cái và cáp lúc ngắn mạch.

Bảng 6-9

Vật liệu làm thanh cái và cáp	α	Nhiệt độ cho phép lúc ngắn mạch °C
Thanh cái		
Đồng		
Nhôm	6	300
Thép	11	200
Thanh cái nối đất trực tiếp	15	400
Với các thiết bị	17	300
Cáp		
Đồng ≤ 10 KV	7	250
Nhôm ≤ 10 KV	12	250

8.8.6. Kiểm tra thanh cái theo điều kiện ổn định lực điện động

Thanh cái sau khi được chọn cần phải kiểm tra lại theo điều kiện ổn định lực điện động.

$$\text{Điều kiện kiểm tra: } \partial_{tt} \leq [\partial]$$

Trong đó:

- ∂_{tt} là ứng suất tính toán, khi có dòng ngắn mạch chạy qua thanh cái, kG/cm².
- $[\partial]$ là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh cái, kG/cm².

Ứng suất cho phép của các vật liệu có thể lấy như sau:

- Đồng: 1400 kG/cm²
- Nhôm: (700 ÷ 900) kG/cm²
- Thép: 1600 kG/cm²

Trình tự tính ∂_{tt} như sau:

Trước hết ta tính mô men tác dụng lên thanh cái M do dòng điện ngắn mạch gây ra theo công thức.

$$\text{- Khi thanh cái có 2 nhịp: } M = \frac{F^{(3)}L}{8} \quad (kG.cm)$$

$$\text{- Khi thanh cái có 3 nhịp trở lên: } M = \frac{F^{(3)}L}{10} \quad (kG.cm)$$

Trong đó:

- $F^{(3)}$ là lực điện động do dòng điện ngắn mạch gây ra, kG:

$$F^{(3)} = 1,76 \cdot i_{xk}^2 \cdot \frac{L}{a} \cdot 10^{-2} \quad (kG)$$

- L là khoảng cách giữa hai sứ (chiều dài một nhịp), cm.

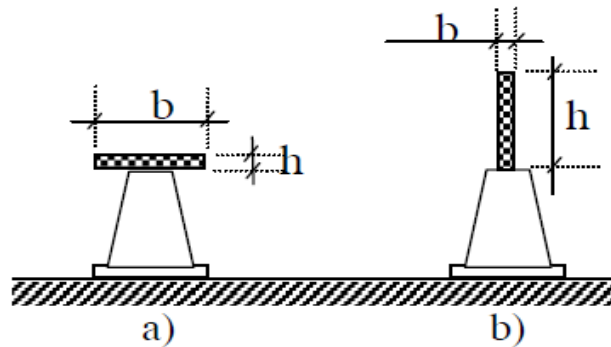
- a là khoảng cách giữa hai pha, cm.

- i_{xk} là dòng ngắn mạch xung kích, kA.

Nếu gọi W là mô men phản kháng của thanh cái thì ứng suất tính toán được tính theo công thức:

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W} \quad (kG / cm^2)$$

Trong từng trường hợp cụ thể ta tính W như sau:



Hình 8 – 6. Sơ đồ bố trí thanh cái

- Thanh cái đặt đứng (hình 8-6b):

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} \quad (cm^3)$$

- Thanh cái đặt nằm (hình 8-5a):

$$W = \frac{h \cdot b^2}{6} \quad (cm^3)$$

- Thanh cái tròn:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3 \quad (cm^3)$$

Nếu thanh cái mỗi pha được ghép bởi nhiều thanh cái (thanh cái ghép) thì do giữa các thanh có đặt miếng đệm nên thanh cái cứng hơn. Mô men phản kháng trong trường hợp này tính như sau:

- Thanh cái đặt đứng.

$$W = \frac{2h \cdot b^2}{6} \quad (cm^3)$$

- Thanh cái đặt nằm

$$W = \frac{3h \cdot b^2}{6} \quad (cm^3)$$

Các điều kiện kiểm tra $\sigma_{tt} \leq [\sigma]$ không được thoả mãn, thì ta phải giảm ứng suất tính toán bằng các biện pháp sau:

- Tăng khoảng cách a giữa các pha.

- Giảm khoảng cách L giữa hai sứ liên tiếp.

- Nếu thanh cái đang bố trí thẳng đứng thì bố trí lại thành nằm ngang.

Trường hợp thanh cái ghép, thì ngoài tác dụng của lực giữa các pha còn có lực giữa các thanh trong cùng một pha. Khi đó để tăng độ cứng cho các thanh của một pha cứ cách (30 ÷ 50) mm người ta lại đặt thêm một miếng đệm.

6.8.7. Kiểm tra thanh cái theo điều kiện dao động cộng hưởng.

Khi tần số dao động riêng của thanh cái chùng với tần số lưới (50Hz) thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng làm thanh cái sẽ bị rung rất mạnh. Tần số dao động riêng được tính:

- Đối với thanh cái bằng đồng.

$$f_r = 3,62 \cdot 10^5 \cdot \frac{b}{L^2} \quad (Hz)$$

- Đối với thanh cái bằng nhôm.

$$f_r = 5,02 \cdot 10^5 \cdot \frac{b}{L^2} \quad (Hz)$$

Trong đó:

- L là khoảng cách giữa hai sứ liên tiếp, cm.

- b là bề rộng tiết diện tính theo phương dao động, cm.

Để tránh xảy ra cộng hưởng thì tần số dao động riêng của thanh cái yêu cầu khác xa tần số lưới một độ dự trữ an toàn:

$$f_r \notin \{(0,9 \cdot n \cdot 50) \div (1,1 \cdot n \cdot 50)\} \quad (Hz)$$

Với n là số tự nhiên.

Khi tính toán có thể lấy n = 1, 2 là có thể đảm bảo.

8.9. CHỌN VÀ KIỂM TRA MÁY BIẾN DÒNG VÀ MÁY BIẾN ĐIỆN ÁP ĐO LƯỜNG

8.9.1. Chọn và kiểm tra máy biến dòng (BI).

Máy biến dòng được dùng để cung cấp dòng điện cho các mạch đo lường và bảo vệ. Phía thứ cấp của máy biến dòng được nối với các cuộn dây dòng điện của dụng cụ đo và của role. Các cuộn này có tổng trở rất nhỏ, vì vậy trong trạng thái làm việc bình thường phía thứ cấp của máy biến dòng được coi như ngắn mạch. Dòng định mức phía thứ cấp I₂ được quy chuẩn là 5 A, trường hợp đặc biệt là 1 A (để thuận lợi cho việc tiêu chuẩn hoá dụng cụ đo và role). Để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị cuộn thứ cấp của máy biến dòng phải được nối đất.

Máy biến dòng được chọn theo điện áp, dòng điện phụ tải phía thứ cấp, cấp chính xác, kiểu loại...Kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua. Khi chọn máy biến dòng phải quan tâm đến phụ tải phía thứ cấp của máy để đảm bảo cho máy có thể làm việc với cấp chính xác đã định. Điều kiện phải thoả mãn là:

$$S_{2dm} \geq S_{2tt}$$

Trong đó:

- S_{2dm} là phụ tải định mức phía thứ cấp của biến dòng được ghi trong lý lịch.

- S_{2tt} Phụ tải tính toán của cuộn dây thứ cấp máy biến dòng được tính như sau:

$$S_{2tt} = I_{2dm}^2 \cdot Z_{2tt}$$

$$Z_{2tt} = \left(\sum r_{cd} \right) + r_{dd} + r_{tx}$$

Trong đó: - I_{2dm} là dòng điện định mức của cuộn thứ cấp.

- Z_{2tt} là tổng trở của mạch ngoài nối với cuộn thứ cấp máy biến dòng.

- $\sum r_{cd}$ là tổng điện trở các cuộn dây của dụng cụ đo và role.

- r_{dd} là điện trở của dây dẫn mạch nhị thứ.

- r_{tx} là điện trở tiếp xúc của các đầu nối (thường lấy bằng $0,1\Omega$).

Để đảm bảo các tổn thất trên dây dẫn mạch nhị thứ không làm ảnh hưởng đến các dụng cụ đo hay độ nhạy của role, người ta quy định giá trị tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn và được tính theo công thức:

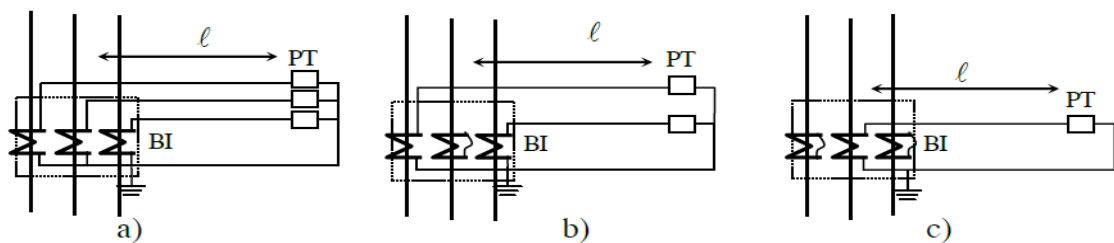
$$F_{\min} = \rho \cdot \frac{l_u}{r_{dd}}$$

Trong đó:

- l_u là chiều dài tính toán của dây dẫn.

- ρ là điện trở suất của dây dẫn, $\Omega, \text{mm}^2/\text{m}$.

Chiều dài dây dẫn tính toán được xác định theo (hình 8-7):



Hình 8 – 7. Các phương pháp nối dụng cụ đo, rơ le vào máy biến dòng và cách tính chiều dài tính toán

Trường hợp:

- a) khi đó $l_u = l$

- b) khi đó $l_u = \sqrt{3} \cdot l$

- c) khi đó $l_u = 2 \cdot l$

Các điều kiện chọn và kiểm tra máy biến dòng được ghi trong bảng sau. Các điều kiện chọn và kiểm tra máy biến dòng

Bảng 8-10

S	Đại lượng được chọn và kiểm	Kí	Công thức chọn và kiểm
1	Điện áp định mức, kV	$U_{dm \text{ BI}}$	$U_{dm \text{ BI}} \geq U_{dm \text{ mang}}$
2	Dòng điện định mức phía sơ cấp,	$I_{dm \text{ BI}}$	$I_{dm \text{ BI}} \geq I_{lv \text{ max}}$
3	Phụ tải định mức của cuộn thứ	$S_{2 \text{ dm}}$	$S_{2 \text{ dm}} \geq S_{2 \text{ tt}}$
4	Bội số ổn định lực điện động	K_d	$K_d \geq \frac{i_{xk}}{\sqrt{2} \cdot I_{dm \text{ BI}}}$

5	Bội số ổn định nhiệt	K_{odn}	$K_{odn} \geq \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{gt}}}{I_{dmBI} \sqrt{t_{odn}}}$
6	Lực cho phép tác động lên đầu của máy biến dòng khi có ngắn mạch	[F]	$[F] \geq 0,88 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{i_{xk}^2 L}{a}$

Chú thích:

- L là khoảng cách từ máy biến dòng đến sứ gần nhất.
- a là khoảng cách giữa các pha.

8.9.2. Chọn và kiểm tra máy biến điện áp đo lường (BU).

Máy biến điện áp đo lường được dùng để cung cấp điện áp cho các dụng cụ đo và rơle. Để tiêu chuẩn hoá các loại dụng cụ đo và rơle, người ta quy định điện áp định mức của phía thứ cấp máy biến áp đo lường là $U_{dm} = 100 \text{ V}$.

Máy biến điện áp đo lường vừa có tác dụng cung cấp điện áp cho mạch đo lường và bảo vệ, vừa có tác dụng ngăn cách các dụng cụ đo và rơle tiếp xúc với điện áp cao, bảo vệ an toàn cho người vận hành. Vì vậy phía thứ cấp của máy biến áp đo lường cũng cần thiết phải nối đất an toàn.

Máy biến điện áp đo lường thường được bảo vệ bằng cầu chì (trừ loại $U \geq 100 \text{ kV}$) nên không cần kiểm tra nó theo điều kiện ngắn mạch.

Theo điều kiện phụ tải thứ cấp, khi chọn ta phải thoả mãn điều kiện sau:

$$S_{2dm \text{ pha}} \geq S_{2 \text{ pha max}}$$

Trong đó:

- $S_{2dm \text{ pha}}$ là công suất định mức một pha của thứ cấp máy biến áp đo lường.
- $S_{2 \text{ pha max}}$ là phụ tải thứ cấp một pha của pha có phụ tải lớn nhất, phụ thuộc vào cách nối dụng cụ đo và rơle vào máy biến áp đo lường (tính theo bảng 8-11). Sơ đồ nối dây các phụ tải phía thứ cấp của máy biến điện áp đo lường và công thức tính phụ tải thứ cấp.

Đối với máy biến áp đo lường 3 pha nối theo hình sao (Y) thì:

$$S_{2dm \text{ pha}} = \frac{S_{dmBADL}}{3}$$

Đối với máy biến áp đo lường 3 pha nối theo hình tam giác hở (Δ) thì:

$$S_{2dm \text{ pha}} = \frac{S_{dmBADL}}{2}$$

Trong đó: S_{dmBADL} là công suất định mức của máy biến điện áp đo lường. Tiết diện dây dẫn nối đến các dụng cụ đo và rơle được chọn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép với $[\Delta U\%] = 0,5\%$. Thường hay dùng loại dây có: $F = (1,5 \div 4) \text{ mm}^2$.

Bảng 8- 11

Sơ đồ nối Phụ tải khi BU được đấu Y/Y				
Công thức tính phụ tải S ₂	Pha a	S _a	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{ac})$	$\frac{1}{2}S_{ab}$
	Pha b	S _b	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{bc})$	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{bc})$
	Pha c	S _c	$\frac{1}{2}(S_{bc} + S_{ac})$	$\frac{1}{2}S_{bc}$
Sơ đồ nối phụ tải khi BU được đấu V /V				

Công thức tính phụ tải	Pha ab	$S_a + \frac{1}{2}.S_b$	$S_{ab} + \frac{1}{2}.S_{ac}$	S _{ab}
	Pha bc	$S_c + \frac{1}{2}.S_b$	$S_{bc} + \frac{1}{2}.S_{ac}$	S _{bc}

Các điều kiện chọn máy biến áp đo lường được ghi trong (bảng 8-12).

Các điều kiện chọn máy biến áp đo lường Bảng 8-12

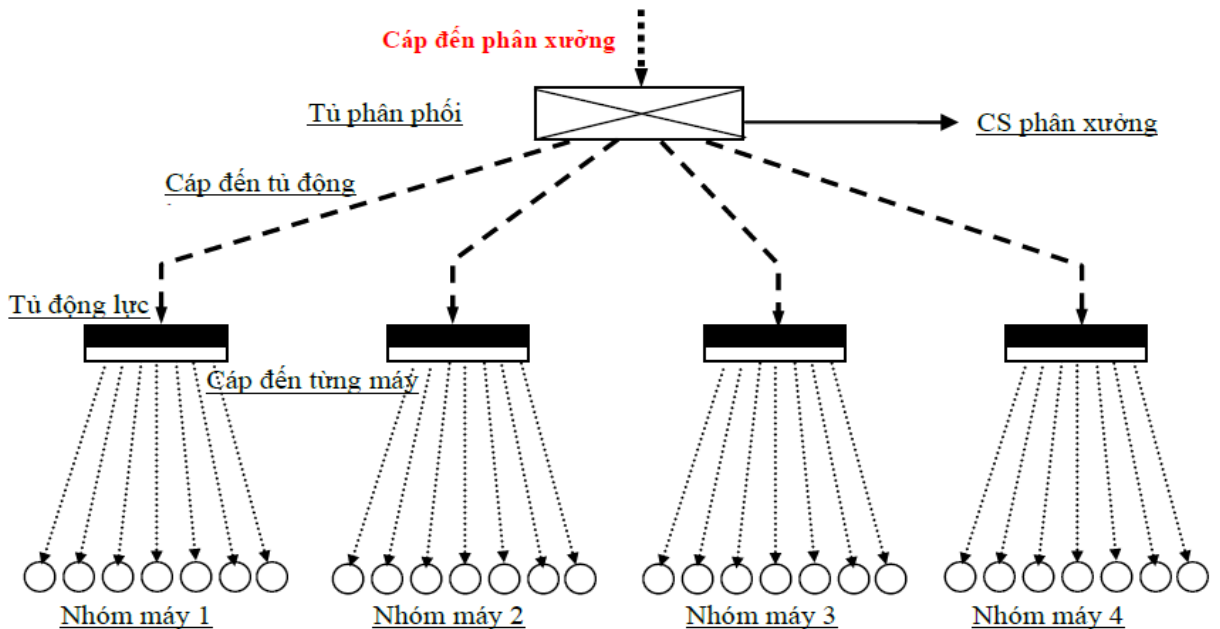
Bảng 8 - 12

S	Đại lượng được chọn	Kí hiệu	Công thức chọn
1	Điện áp định mức (sơ cấp)	U _{1dm}	U _{1dm} = U _{dm} mang
2	Phụ tải một pha, VA	S _{2 dmfa}	S _{2 dmfa} ≥ S _{2 fa max}
3	Sai số cho phép	[N%]	N% ≤ [N%]

8.10. CHỌN VÀ KIỂM TRA TỬ PHÂN PHỐI HẠ ÁP

Để thiết kế mạng điện phân xưởng có thể ứng dụng từ những kiểu sơ đồ nguyên lý cơ bản như: Sơ đồ hình tia, phân nhánh hoặc hỗn hợp. Ta thiết kế sơ đồ cung cấp điện cho các phụ tải động lực là kiểu sơ đồ hình tia. Như vậy thiết kế mạng điện phân xưởng ta phải xây dựng được hai sơ đồ là sơ đồ nguyên lý và sơ đồ đi dây.

a. Sơ đồ nguyên lý CCD phân xưởng:



b. Sơ đồ đi dây CCD phân xưởng:

Cấu trúc của sơ đồ đi dây (sơ đồ lắp đặt các thiết bị mạng điện phân xưởng) được thiết kế như sau:

1. Tủ động lực được đặt tại vị trí thoả mãn các điều kiện sau:

- Gần TTPT của nhóm máy càng tốt
- Thuận lợi cho các hướng đi dây
- Thuận lợi cho thao tác vận hành, bảo dưỡng sửa chữa

2. Tủ phân phối trung gian được đặt tại vị trí thoả mãn các điều kiện sau:

- Gần TTPT của các tủ động lực
- Thuận lợi cho các hướng đi dây
- Thuận lợi cho thao tác vận hành, bảo dưỡng sửa chữa

3. Đi dây từ TBA đến tủ phân phối trung gian bằng cáp 3 pha 4 lõi bọc cách điện đặt trong hào cáp (rãnh cáp) có nắp đậy bê tông. Nếu phân xưởng lớn có thể phải dùng nhiều đường cáp khi đó nên chia phân xưởng thành nhiều khu vực (hay những phân xưởng con) để thiết kế ccđ tương tự như một phân xưởng đã trình bày ở trên. Vì dùng nhiều đường cáp song song cấp điện đến 1 tủ có nhiều nhược điểm trong quá trình vận hành.

4. Đi dây từ tủ phân phối đến tủ động lực bằng cáp bọc cách điện đặt trong rãnh cáp chung có nắp đậy bê tông xây dọc theo chân tường nhà xưởng.

5. Đi dây từ tủ động lực đến các máy bằng cáp 3 pha 4 lõi bọc cách điện tăng cường, lượn trong ống thép (bảo vệ vỏ cáp) chôn ngầm dưới nền nhà xưởng sâu khoảng 20 cm, mỗi mạch đi dây không nên uốn góc quá 2 lần, góc uốn không nhỏ hơn 120°.

8.10.1. Chọn tủ theo tiêu chuẩn Liên xô.

1) Chọn tủ động lực:

Điều kiện chọn:

$U_{dm} (tu) \leq U_{dm} (mang)$

$I_{dm} (dau\ vao\ tu) \leq I_{tt} (nhom)$

$I_{dm} (dau\ ra\ tu) \leq I_{dc\ i}$

Trong đó:

+ $I_{dm} (dau\ vao\ tu)$: dòng định mức đầu vào tủ.

- + Idm (dau ra tu)i: dòng định mức đầu ra của lộ dẫn tới thiết bị thứ.
- + Itt(nh): dòng tính toán của nhóm thiết bị.
- + Idci: dòng định mức của dây chảy cầu chì bảo vệ cho cáp dẫn điện đến thiết bị thứ

i.

2) Chọn tủ phân phối:

Điều kiện chọn:

$U_{dm} (tu) \square \square U_{dm} (mang)$

$I_{dm} (dau\ vào\ tu) \square \square I_{tt} (PX)$

$I_{dm} (dau\ ra\ tu\ i) \square \square I_{dc} (nhom\ i)$

Trong đó:

+ Idm (dau vào tu): dòng định mức của thiết bị đầu vào tủ (cầu dao, cầu chì).

+ Idm (dau ra tu i): dòng định mức đầu ra của lộ thứ i của tủ.

+ ITT(PX): dòng tính toán phân xưởng.

+ Idc (nhom i): dòng định mức dây chảy của nhóm thứ i.

6.10.2. Chọn tủ theo tiêu chuẩn của Đức hay của Pháp

Ngày nay cùng với các tiến bộ của KHKT đã cho ra đời rất nhiều các khí cụ điện đóng cắt và bảo vệ trong mạng điện hạ áp rất hoàn hảo, đó là áp aptomat có điều chỉnh có thể tạo ra một một họ đặc tính rộng đáp ứng tốt yêu cầu của bảo vệ quá dòng điện và do đó rất thuận tiện cho việc chọn lựa thiết bị, các aptomat kỹ thuật số có thể tác động chính xác và nhớ được các thông số tác động, thời điểm tác động... kích thước của các aptomat nhỏ gọn hơn, tuổi thọ cao hơn, lắp ráp dễ dàng, tác động tin cậy hơn, phục hồi sau khi cắt đơn giản hơn... và giá thành cũng rất hợp lý. Vì thế các tủ phân phối và tủ động lực sử dụng các áp tô mát kiểu AT -M được ứng dụng rất rộng rãi và đang dần dần thay thế cho các tủ kiểu cổ điển.

Cấu tạo của tủ điện AT -M:

Khung tủ có hình khối với các kích thước (Cao x rộng x sâu) tùy thuộc vào số lượng của các aptomat được chọn và bố trí trong tủ. Phía trong tủ có vách ngăn gian vạn năng có thể gá lắp được rất nhiều chủng loại các aptomat có công suất - kích thước khác nhau. Như vậy các AT sẽ được bố trí theo hàng từ trên xuống dưới, mỗi hàng bố trí các AT cùng cấp công suất từ 3 đến 6-6-8... các AT.

Hàng trên cùng là AT tổng: 1 hoặc 2 chiếc (1 chiếc dự phòng)

Hàng thứ tiếp theo có thứ tự công suất nhỏ dần.

Tổng số lượng các AT hay chính là số lộ ra không hạn chế tùy theo ý đồ người thiết kế, tuy nhiên không quá lớn sẽ ảnh hưởng tới sơ đồ lắp ráp các thanh cái, thanh dẫn trong tủ.

Khác với tủ kiểu hợp bộ, các thiết bị trong tủ kiểu AT -M đều phải được tính chọn đồng thời phải thỏa mãn các điều kiện kiểm tra: ổn định nhiệt, ổn định động và cộng hưởng.

Chương IX

CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP

I. YÊU CẦU ĐỐI VỚI SINH VIÊN

- **Mục tiêu:** + Sinh viên phải nắm được hệ thống chiếu sáng công nghiệp: các đại lượng và đơn vị đo ánh sáng, các nguồn sáng và các phụ tùng đi kèm, các hình thức chiếu sáng, các tiêu chuẩn và yêu cầu chiếu sáng, các phương pháp tính toán chiếu sáng, thiết kế chiếu sáng.

- **Nhiệm vụ của sinh viên:**

+ Đọc trước giáo trình

+ Tham gia các giờ học trên lớp. Tự nghiên cứu các tài liệu tham khảo có liên quan.

+ Chuẩn bị trước các câu hỏi vướng mắc (nếu có).

+ Phải tóm tắt và nắm được nội dung chính của chương.

1. Các đại lượng và đơn vị đo ánh sáng
2. Các nguồn sáng và các phụ tùng đi kèm
3. Các hình thức chiếu sáng
4. Các tiêu chuẩn và yêu cầu chiếu sáng
5. Các phương pháp tính toán chiếu sáng
6. Thiết kế chiếu sáng.

+ Phải chuẩn bị nội dung thảo luận theo yêu cầu.

II. QUY ĐỊNH HÌNH THỨC HỌC TRONG MỖI NỘI DUNG NHỎ

NỘI DUNG	HÌNH THỨC HỌC
9.1 Khái niệm chung	Giảng
9.2. Các đại lượng và đơn vị đo ánh sáng	Giảng
9.3. Các nguồn sáng và các phụ tùng đi kèm	Giảng, thảo luận nhỏ
9.4. Các hình thức chiếu sáng	Giảng, thảo luận nhỏ
9.5. Các tiêu chuẩn và yêu cầu chiếu sáng	Giảng, thảo luận nhỏ
9.6. Các phương pháp tính toán chiếu sáng	Giảng, thảo luận nhỏ
9.7. Thiết kế chiếu sáng.	Giảng, thảo luận nhỏ
Ngân hàng câu hỏi	Thảo luận

III.3 CÁC NỘI DUNG CỤ THỂ

9.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Ánh sáng tự nhiên thích hợp nhất đối với mắt con người, nhưng trong thực tế ánh sáng tự nhiên không đáp ứng được đầy đủ vì nó luôn thay đổi theo thời tiết, theo giờ trong ngày, theo mùa và gần như mất hoàn toàn vào ban đêm. Trong đó các hoạt động sản xuất chủ yếu là ở trong nhà có mái che hoặc ban đêm. Vì vậy cần thiết phải có ánh sáng nhân tạo để thay thế hoàn toàn hay bổ sung cho ánh sáng tự nhiên. Yêu cầu đặt ra đối với ánh sáng nhân tạo là càng gần với ánh sáng tự nhiên càng tốt. Trong bất kì xí nghiệp nào, ngoài chiếu sáng tự nhiên còn phải dùng chiếu sáng nhân tạo, phổ biến nhất là dùng đèn điện để chiếu sáng nhân tạo.

Vì vậy vấn đề chiếu sáng đã được chú ý nghiên cứu trên nhiều lĩnh vực chuyên sâu như: Nguồn sáng, chiếu sáng công nghiệp, chiếu sáng nhà ở, chiếu sáng các công trình văn hóa nghệ thuật, chiếu sáng sân khấu,... Ở Nội dung chương này chúng ta chỉ đề cập đến những nét cơ bản của chiếu sáng công nghiệp.

Ngày nay nguồn sáng chủ yếu là nguồn sáng điện, nguồn sáng điện có rất nhiều ưu điểm: Có thể thiết kế phù hợp với yêu cầu của hoạt động sản xuất, hiệu quả của ánh sáng điện rất cao, tác động nhanh.

Khái niệm về ánh sáng

Khi các nguyên tử của các nguyên tố bị kích thích, các điện tử của chúng nhảy từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác (không bền). Khi các điện tử nhảy từ mức năng lượng bị kích thích về mức năng lượng ban đầu sẽ giải phóng ra các tia năng lượng dưới dạng sóng điện từ và các photon (ánh sáng có tính chất sóng và hạt).

Bản chất của ánh sáng là các sóng điện từ mà mắt ta nhìn thấy được. Mắt ta có thể nhìn thấy các sóng ánh sáng có bước sóng từ (380-760) nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). Sóng điện từ nằm ngoài phạm vi trên là những sóng không nhìn thấy, bước sóng ngắn hơn là tia cực tím, tia ron ghen, tia gamma,... bước sóng lớn hơn là tia hồng ngoại, sóng radio, ...

Màu sắc của ánh sáng phụ thuộc vào độ dài bước sóng, quang phổ của ánh sáng tự nhiên được chia thành 7 màu như sau:

- Màu đỏ (760 - 620) nm
- Màu da cam (620 - 585) nm
- Màu vàng (585 - 575) nm
- Màu xanh lá cây (575 - 550) nm
- Màu xanh lam (550 - 510) nm
- Màu xanh sẫm (510 - 480) nm
- Màu tím (480 - 380) nm

Ánh sáng trắng (ánh sáng ban ngày) là hỗn hợp của cả 7 ánh sáng nói trên.

Mắt người nhạy cảm nhất đối với ánh sáng màu xanh lá cây có bước sóng bằng 555 nm. Khi nhìn một vật nhiều màu thì thủy tinh thể sẽ điều tiết thị lực cho tiêu cự của các tia màu xanh sẽ ở trên mặt phẳng võng mạc, vậy thì tiêu cự của các tia màu lơ sẽ ở trước võng mạc và tiêu cự của các tia màu đỏ sẽ ở sau võng mạc.

Võng mạc bao phủ trên khắp đáy mắt, ánh sáng sẽ gây phản ứng hóa học và điện học trên võng mạc, các phản ứng đó được thần kinh thị giác truyền lên não, gây ra các cảm giác ánh sáng.

Mỗi mắt chứa khoảng 120 triệu tế bào hình que và khoảng 6 triệu tế bào hình nón. Các tế bào hình nón dùng để thu nhận màu sắc, các tế bào hình que chỉ phản ứng duy nhất đối với cường độ ánh sáng. Tế bào hình nón có 3 loại: một loại nhạy cảm với ánh sáng màu đỏ, 1 loại nhạy cảm với ánh sáng màu xanh lơ, một loại nhạy cảm với ánh sáng màu xanh. Tế bào hình nón nhạy cảm ánh sáng kém hơn tế bào hình que hàng nghìn lần. Vì vậy với ánh sáng yếu mắt ta phân biệt màu sắc rất kém.

Đặc điểm sinh lý của mắt

Mắt là một bộ phận rất quan trọng của con người, khoảng 80% lượng thông tin mà con người trao đổi với bên ngoài là thông qua đôi mắt.

Mắt có 2 đặc tính quan trọng:

- Đặc tính điều hòa: Mắt có thể nhìn rõ các vật ở khoảng cách khác nhau.
- Đặc tính thích ứng: Mắt có thể thích ứng với các độ rọi khác nhau khi nhìn từ vị trí này sang vị trí khác.

Khi nhìn từ vị trí này sang vị trí khác có độ rọi khác nhau, thì mắt cần phải điều tiết để thích ứng. Nếu độ rọi càng chênh lệch thì mắt phải điều tiết nhiều, gây hiện tượng mỏi mắt. Vì vậy trong lao động và làm việc người ta phải thiết kế chiếu sáng càng đều càng tốt.

Đặc tính quang học của vật chất

Khi ánh sáng chiếu vào vật thể thì sẽ chia thành 3 phần: một phần ánh sáng bị hấp thụ, một phần bị phản xạ, một phần xuyên qua vật thể. Lượng ánh sáng bị hấp thụ, phản xạ, xuyên qua được đặc trưng bởi các hệ số.

+ Hệ số hấp thụ α

Hệ số hấp thụ là tỷ số giữa quang thông bị hấp thụ ϕ_α trên quang thông toàn phần ϕ

$$\alpha = \frac{\phi_\alpha}{\phi}$$

- Trong đó: - ϕ_α là lượng quang thông bị vật thể hấp thụ
 - ϕ : là lượng quang thông toàn phần mà nguồn sáng gửi tới vật thể.

+ Hệ số phản xạ ρ

Hệ số phản xạ là tỷ số giữa quang thông phản xạ ϕ_ρ và quang thông toàn phần ϕ

$$\rho = \frac{\phi_\rho}{\phi}$$

Trong đó: ϕ_ρ là lượng quang thông phản xạ.

+ Hệ số xuyên qua τ

Hệ số xuyên qua τ là tỷ số giữa quang thông xuyên qua ϕ_τ và quang thông toàn phần ϕ .

$$\tau = \frac{\phi_\tau}{\phi}$$

Trong đó: ϕ_τ là lượng quang thông xuyên qua vật thể.

Do đó: $\alpha + \rho + \tau = 1$

Đặc tính quang học của một số vật chất

Chất	Hệ số phản xạ	Hệ số hấp thụ α	Hệ số xuyên qua τ
Gương rọi	0,85	0,15	
Sơn keo trắng	0,8	0,2	
Giấy trắng	0,75	0,25	
Men sứ	0,6	0,4	
Sơn vàng	0,4	0,4	
Mặt gang thô	0,4	0,9	
Len, dạ	0,02	0,98	
Nhung đen	0,005	0,995	
Kính cửa sổ	0,08	0,02	0,9
Kính mài mờ	0,1	0,05	0,85
Kính màu sữa	0,45	0,15	0,4

Thiết kế chiếu sáng công nghiệp cũng phải đáp ứng yêu cầu về độ rọi và hiệu quả của chiếu sáng đối với thị giác. Ngoài ra chúng ta còn phải quan tâm đến màu sắc ánh sáng, lựa chọn các chao chụp đèn, sự bố trí chiếu sáng vừa đảm bảo tính kinh tế, kỹ thuật và còn phải đảm bảo mỹ quan. Thiết kế chiếu sáng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

1. *Không lóa mắt*: vì cường độ ánh sáng mạnh sẽ làm cho mắt có cảm giác lóa, thần kinh bị căng thẳng, thị giác mất chính xác.

2. *Không lóa do phản xạ*: ở một số vật công tác có các tia phản xạ khá mạnh và trực tiếp. Do đó khi bố trí đèn cần chú ý tránh.

3. *Không có bóng tối*: Ở nơi sản xuất các phân xưởng không nên có bóng tối mà phải sáng đồng đều để có thể quan sát được toàn bộ phân xưởng. Muốn khử các bóng tối cục bộ, thường sử dụng bóng mờ và treo cao đèn.

4. *Độ rọi yêu cầu phải đồng đều*. Nhằm mục đích khi quan sát từ vị trí này sang vị trí khác mắt người mắt người không phải điều tiết quá nhiều, gây mỏi mắt.

5. *Phải tạo được ánh sáng giống ánh sáng ban ngày*: để thị giác đánh giá được chính xác.

9.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG VÀ ĐƠN VỊ ĐO ÁNH SÁNG

1. Khái quát

Các đơn vị đo của các đại lượng đo quang là một phần của hệ thống chung, chúng đặt cơ sở trên những đơn vị cơ bản của hệ thống MKS và CGS. Theo tiêu chuẩn của nhiều nước thì nó là đơn vị đo thứ tư trong lĩnh vực đo quang, đó là nến, viết tắt là cd (từ chữ candela).

Vậy Candela hay còn được gọi là nến là cường độ sáng theo một phương đã cho của nguồn phát một bức xạ đơn sắc có tần số 540.10^{12}Hz ($\lambda = 555 \text{ nm}$) và cường độ năng lượng theo phương này là $1/683 \text{ W}$ trên steradian.

Để thấy rõ hơn về đại lượng này trong thực tế, một số đại lượng cường độ ánh sáng của các nguồn sáng thông dụng.

- Ngọn nến: 0.8 cd (theo mọi hướng)
- Đèn sợi đốt: 40W/220V: 35 cd (theo mọi hướng)
- Đèn sợi đốt: 300W/220V: 400 cd (theo mọi hướng)
- Có độ phản xạ 1500 cd (ở giữa chùm tia)
- Đèn I ốt kim loại 2 KW: 14800 cd (theo mọi hướng)

2. Quang thông - ϕ đơn vị là lumen, viết tắt [lm]

Đại lượng đo quang cơ bản là *quang thông*, nó liên quan đến thông lượng bức xạ thông qua đường cong tương đối có thể nhận được của mắt bình thường.

Đơn vị cường độ ánh sáng là nến hay candela do nguồn dạng điểm phát theo mọi hướng tương ứng với đơn vị quang thông, tính bằng lumen (viết tắt là lm).

Lumen là quang thông do nguồn phát ra trong một góc đặc bằng một steradian.

Quang thông có thể là đơn sắc (monochromatic) ϕ_λ hay tập hợp ϕ . Gọi $P_\lambda d_\lambda$ thông lượng bức xạ trong khoảng phổ d_λ , quang thông sẽ là:

$$\phi = \int_\lambda d\phi = K \int_0^\infty V_\lambda P_\lambda d_\lambda$$

Ở đây V_λ là khả năng nhìn rõ tương đối của các bức xạ đơn sắc và K là hệ số tương đương phép đo quang của bức xạ; nó có giá trị gần đúng là $k = 683 \text{ lm/W}$.

3. Cường độ ánh sáng I -, đơn vị candela [cd]

Cường độ ánh sáng I của một nguồn sáng dạng điểm theo một phương cho là tỷ lệ giữa quang thông $d\phi$ phát từ trong một góc đặc cơ bản ở xung quanh hướng này và giá trị

$d\Omega$ của góc đặc này: $I = \frac{d\phi}{d\Omega}$

Vậy rõ ràng, nếu $d\phi$ tính bằng lumen, góc đặc tính bằng steradian (Sr) thì cường độ ánh sáng tính bằng nến hay candela (cd).

$$1 \text{ cd} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ Sr}}$$

4. Độ rọi – E; đơn vị lux, viết tắt lx

Độ rọi E của một diện tích ở tại một điểm, là tỷ lệ giữa quang thông $d\phi$ nhận được bởi một vi phân diện tích ở xung quanh điểm này với diện tích dS của nó:

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

Do vậy $1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lm}}{\text{m}^2}$

Khi sự chiếu sáng trên bề mặt không đều, ta nên tính trung bình số học ở các điểm khác nhau để tính độ rọi trung bình. Sau đây giới thiệu một số giá trị thông thường khi chiếu sáng tự nhiên hoặc nhân tạo:

- Ngoài trời, buổi trưa trời nắng: 100.000 lx
- Trời có mây: từ 2000 đến 10.000 lx
- Trăng tròn: 0,25 lx
- Phòng làm việc 400 đến 600 lx
- Nhà ở 159 đến 300 lx

Đường phố được chiếu sáng 20 đến 50 lx

Giả thiết có một nguồn O, diện tích được chiếu sáng ds có phương pháp tuyến n .

Thông lượng của nguồn O đi qua diện tích ds là: $d\phi = Id\Omega$

Gọi α là góc hợp bởi pháp tuyến n của ds với phương r (.....). Góc đặc $d\Omega$ chắn trên một hình cầu bán kính r , một diện tích bằng $ds \cos\alpha$

$$d\Omega = \frac{ds \cos\alpha}{r^2}$$

Từ đây ta suy ra:

$$E = \frac{d\phi}{dS} = \frac{Ids \cos\alpha}{r^2 dS} = \frac{I \cos\alpha}{r^2}$$

Vậy độ rọi của nguồn sáng tỉ lệ thuận với cường độ ánh sáng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ nguồn tới tâm diện tích được chiếu sáng, ngoài ra còn phụ thuộc vào hướng tới của nguồn.

Ở hệ MKS: tính bằng lux, kí hiệu [lx]. Đó là độ rọi trên một diện tích, nó nhận được quang thông là một lumen phân phối đồng đều trên một mét vuông.

Ở hệ CGS: đơn vị là phôt, viết kí hiệu [ph], và đơn vị nhỏ hơn là: miliphôt [mph]

Và $1 \text{ lx} = 10^{-4} \text{ ph}$;

$1 \text{ mph} = 10^{-3} \text{ ph}$

5. Độ chói L, đơn vị [cd/m²].

Các nguyên tố diện tích của các vật được chiếu sáng nói chung phản xạ ánh sáng nhận được một cách khác nhau và tác động như một nguồn sáng thứ cấp phát các cường độ sáng khác nhau theo mọi hướng. Do đó, để đặc trưng cho các quan hệ của nguồn, nguồn sơ cấp lẫn nguồn thứ cấp đối với mắt, người ta bổ sung cách xuất hiện ánh sáng.

Ví dụ sau đây sẽ minh họa điều này: một đèn sợi đốt 40W, thực tế phát ra cùng một quang thông, do vậy sẽ có cùng một cường độ theo mọi hướng dù bóng đèn là thủy tinh sáng trong hay thủy tinh đục mờ. Rõ ràng đối với mắt, cách xuất hiện của hai loại bóng đèn này rất khác nhau, đối với bóng đèn thủy tinh trong ta nhận thấy chói mắt hơn.

Người ta định nghĩa độ chói L của một diện tích nguồn sáng ở một điểm của nó, trong một phương cho trước (phương tạo nên góc α) là tỷ lệ giữa cường độ ánh sáng dI theo phương đã được nêu trên của một diện tích vi phân dS xung quanh điểm này, với diện tích $d\sigma = dS \cos \alpha$ của sự chiếu của bề mặt sơ cấp lên trên mặt phẳng thẳng góc theo hướng đã được chọn:

$$L = \frac{dI}{dS \cos \alpha} = \frac{dI}{d\sigma}$$

Trong kỹ thuật chiếu sáng, độ chói là cơ sở cho các khai niệm về tri giác và tiện nghi thị giác.

Ở hệ MKS: đơn vị là $[\frac{cd}{m^2}]$

Ở hệ CGS: đơn vị là Stilb, viết tắt là sb

Những đơn vị thường dùng là: apostilb – [asb]; lambert – [La]; mililambert – [mLa]

Quan hệ như sau: $1 \text{ cd/m}^2 = 10^{-4} \text{ sb}$

$$1 \text{ La} = 1/\pi \text{ cd/m}^2$$

$$1 \text{ asb} = 1/\pi \text{ cd/m}^2$$

$$1 \text{ mLa} = 10^{-3} \text{ La}$$

Chú ý:

- Độ chói của bề mặt bức xạ phụ thuộc vào hướng quan sát bề mặt đó.
- Độ chói của bề mặt bức xạ không phụ thuộc vào khoảng cách từ bề mặt bức xạ đến điểm quan sát.

Ví dụ: Độ chói của mặt trời: 165.10^7 cd/m^2 .

6. Độ trung R

Độ trung R của một bề mặt của một nguồn sáng có kích thước giới hạn tại một điểm của nó là tỉ lệ giữa quang thông $d\phi$ phát từ một bề mặt sơ cấp xung quanh điểm này và diện tích dS của nó:

$$R = \frac{d\phi}{dS}$$

Như vậy, độ trung là quang thông bức xạ trên một đơn vị diện tích của nguồn.

9.3. CÁC LOẠI NGUỒN SÁNG VÀ PHỤ TÙNG ĐI KÈM

9.3.1. Các loại nguồn sáng

1. Nguồn sáng

Nguồn sáng là một vật thể mà từ trên bề mặt của nó hay từ khối lượng của nó phát ra chùm phân kì ánh sáng.

2. Các loại nguồn sáng

a. Nguồn ánh sáng sơ cấp: biến đổi dạng năng lượng khác thành ánh sáng

b. *Nguồn ánh sáng thứ cấp*: phát trở lại ánh sáng tới, sau khi ánh sáng này đã được giữ lại một phần do hấp thụ và đã bị thay đổi hướng truyền đi do phản xạ hay khúc xạ; bất kì sự biến đổi nào của sự phân chia năng lượng trong phổ ánh sáng phát trở lại của chúng đều có thể gán cho lí do vì có hiện tượng hấp thụ, phản xạ hay khúc xạ.

c. *Nguồn sáng dạng điểm*: Theo quan điểm phép đo, thì nguồn sáng dạng điểm là nguồn sáng được xem như tập trung tại một điểm. Điểm mà ở đó được xem như tập trung nguồn dạng điểm được gọi là trung tâm của nguồn.

Ngoài ra, người ta còn có những *nguồn dạng đường hay nguồn dạng trải rộng*.

3. Phụ tùng đi kèm (các bức xạ của nguồn sáng)

a. *Góc khối hay góc đặc Ω , đơn vị là Steradian, viết tắt là Sr*

Góc khối hay góc đặc là góc trong không gian, kí hiệu là Ω .

Giả thiết rằng một nguồn điểm đặt ở tâm O của một hình cầu rỗng bán kính R và S là nguyên tố mặt của hình cầu này (Hình 9-1).

Hình 9 – 1.

Hình nón đỉnh O cắt S trên hình cầu biểu diễn góc khối hay góc đặc Ω , nguồn nhìn mặt S dưới góc này.

Định nghĩa: Góc đặc Ω là tỉ số của S với bình phương bán kính:

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Giá trị cực đại của Ω , khi từ O chắn cả không gian, đó là toàn bộ mặt cầu, khi đó:

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \quad \text{Steradian}$$

Do vậy: Steradian là góc đặc hay góc khối mà dưới góc đó một người quan sát đứng ở tâm một quả cầu có bán kính 1m nhìn thấy diện tích 1m^2 trên mặt cầu này. Nếu bán kính là X mét thì mặt chắn là $X^2\text{m}^2$.

b. *Vật thể nóng sáng*

Nguồn sáng sơ cấp mà bức xạ phát ra của nó có thể được hoàn toàn suy ra từ nhiệt độ của vật thể, người ta gọi là vật thể nóng sáng.

Vật thể nóng sáng thỏa mãn định luật Kirchhoff $e_\lambda = \alpha_\lambda E_\lambda$

Ở đây năng lượng phát e_λ là năng lượng bức xạ phát của đơn vị diện tích của vật thể đó trong đơn vị góc đặc và trong một khoảng đồng nhất của chiều dài sóng xung quanh chiều dài sóng λ , còn E_λ là năng lượng phát ra của vật thể đen.

c. *Vật thể đen, vật thể xám, bức xạ lựa chọn*

Theo cách nhìn của việc phát xuất bức xạ của chúng, thì tất cả những vật thể nóng sáng sẽ được nằm trong những phạm trù sau đây: Vật thể đen hay bức xạ hoàn toàn, Vật thể xám hay bức xạ không được lựa chọn, bức xạ lựa chọn.

d. *Nhiệt độ màu sắc* của một số bức xạ lựa chọn là nhiệt độ của vật thể đen mà nó cho cùng độ nhạy cảm màu sắc như là vật thể được xem xét.

Nhiệt độ màu sắc của kim loại khó nóng chảy thì lớn hơn nhiệt độ thực tế của nó. Do vậy, hiệu quả chiếu sáng của bức xạ tổng của chúng thì lớn hơn hiệu quả của vật thể đen ở cùng nhiệt độ.

e. Sự phát quang

Các nguồn sáng sơ cấp mà sự phát bức xạ của chúng không thể hoàn toàn suy ra từ nhiệt độ của vật thể phát xuất, gọi là sự phát quang.

Sự phát quang của khí được xác định trong kỹ thuật chiếu sáng đặc biệt thông qua dòng điện đi qua. Ở áp lực thấp và dòng điện bé (sự giải phóng phát quang) sẽ phát ra những đường phổ rất dễ dàng kích thích – những đường cộng hưởng của khí ($\lambda = 253,7$ m μ đối với thủy ngân Hg; $\lambda = 589$ m μ đối với Na; $\lambda = 105$ m μ đối với Ar). Ở áp suất cao và dòng điện lớn (hồ quang điện) sẽ phát ra những đường cực tím từ 365 m μ (đối với thủy ngân Hg). Những đường này được khuếch đại khi tăng áp suất và dòng điện, có thể đi vào một quang phổ thực tế liên tục trên một khoảng rộng.

Sự phát quang của chất rắn gặp trong kỹ thuật ánh sáng đặc biệt như là sự quang phát quang (photoluminescence) được kích thích bởi các bức xạ thấy được hay cực tím.

9.3.2. Bóng đèn và chao đèn (Tham khảo)

9.3.2.1. Bóng đèn

Hiện nay chiếu sáng nhân tạo chủ yếu dùng nguồn sáng điện, có rất nhiều loại bóng đèn điện như:

- Bóng đèn dây tóc (bóng đèn nung sáng, bóng đèn sợi đốt)
- Bóng đèn huỳnh quang (đèn tuýp, đèn ống)
- Đèn thủy ngân áp suất cao.

1. Bóng đèn dây tóc

a) *Cấu tạo*: Đèn dây tóc phát sáng dựa trên cơ sở bức xạ nhiệt. Khi có dòng điện đi qua dây tóc, dây tóc bị đốt nóng và phát ra ánh sáng. Nguồn phát sáng là một dây kim loại có điện trở cao, nhiệt độ nóng chảy khoảng $(2500 \div 3000)^{\circ}\text{C}$ thường dùng là dây Vonfram, tung-sten vặn xoắn ốc đơn, kép hoặc để thẳng, mắc trên các cực phụ bằng molipden và hai cực chính, có độ bền nhiệt lớn được bao kín trong một vỏ thủy tinh.

Để sợi đốt không bị ôxi hóa và nóng chảy ở nhiệt độ cao. Người ta rút chân không và nạp vào trong bóng các loại khí trơ như neon và argon để tăng áp suất trong bóng. (Khi bóng đèn hút chân không thì tổn hao do đối lưu và chuyển động trong bóng đèn ít, nhưng vì áp suất thấp nên ngay ở nhiệt độ thấp dây tóc cũng bị bay hơi. Hơn nữa ở trong bóng nhiệt độ cao, dây tóc càng bị bốc hơi nhanh. Mặt khác hơi kim loại bay ra bám vào vách trong của bóng làm quang thông giảm, hiệu suất phát quang giảm). Nhưng vì có khí trơ trong bóng nên có hiện tượng đối lưu trong bóng, nên có sự truyền nhiệt và mất mát năng lượng từ trong bóng ra ngoài không khí xung quanh. Do đó hiện nay chỉ với bóng có công suất lớn hơn 75 W người ta mới nạp khí neon và argon, còn bóng có công suất nhỏ hơn thì hút chân không. Với một số bóng có công suất lớn người ta công nạp vào trong ống khí Halôgen để lợi dụng hiệu ứng hoàn nguyên kim loại.

Để cải thiện nguồn sáng ta có thể dùng bóng thủy tinh mờ hoặc trong suốt hay các màu khác nhau (dùng bóng thủy tinh mờ có tác dụng làm tăng kích thước của nguồn sáng).

Đuôi đèn có 2 loại gài và xoáy, đèn dây tóc có nhiều kiểu lắp đặt khác nhau nhưng kiểu lắp đặt chuỗi đèn hướng lên phía trên là tốt nhất vì Von – fram bay hơi bám vào chuỗi đèn chứ không bám vào bóng đèn.

Các thông số của bóng đèn sợi đốt

- Điện áp định mức (V)
- Công suất định mức (W).
- Hiệu suất phát quang (thường $7 \div 20$ Lm/W).
- Tuổi thọ của bóng đèn (khoảng 1000h).
- Quang thông của bóng đèn, Lm.

Ở cùng cấp điện áp định mức hiệu suất phát quang càng lớn khi công suất bóng đèn càng lớn.

b) Ưu nhược điểm:

- Tạo ra ánh sáng gần giống với quang phổ của ánh sáng tự nhiên, độ sáng tương đối bằng phẳng ít nhấp nháy theo tần số của nguồn.

- Hiệu suất phát quang thấp vì 40% năng lượng điện chuyển thành nhiệt năng, dễ cháy hỏng khi điện áp làm việc tăng quá 5% so với điện áp định mức.

- Khi điện áp tăng, tuổi thọ của bóng đèn giảm rất nhanh, quang thông của bóng đèn suy giảm khi sử dụng.

Các thông số cơ bản của bóng đèn phụ thuộc vào điện áp rất nhiều.

Ví dụ: Khi điện áp thay đổi $\pm 1\%$

- Điện trở $\pm 0,4\%$
- Công suất $\pm 1,5\%$
- Quang thông $\pm 3,3\%$
- Hiệu suất phát quang $\pm 1,8\%$
- Tuổi thọ $\pm 3\%$

Như vậy khi điện áp tăng 10% so với định mức quang thông của bóng đèn tăng 33% nhưng tuổi thọ của bóng đèn giảm 30%.

2. Đèn huỳnh quang

a) Cấu tạo

Đèn huỳnh quang thuộc nhóm các nguồn chiếu sáng phóng điện qua chất khí, gồm những bộ phận sau:

- Ống đèn: Chế tạo bằng thủy tinh, hình trụ dài khoảng (60÷120) cm, đường kính khoảng (25÷30) mm tùy thuộc vào công suất của bóng. Hai đầu ống được nắp kín và có chế tạo 2 điện cực A và B bằng tung – sten giống như sợi đốt của bóng đèn nung sáng. Trong ống được hút chân không và nạp vào đó một lượng khí trơ hay hỗn hợp khí trơ với một lượng nhỏ thủy ngân để khi đèn làm việc thủy ngân hóa hơi cùng với khí trơ tạo nên áp suất trong ống khoảng (0,8 ÷ 1,3) at với áp suất này khả năng phát sáng là lớn nhất. Phía

trong thành ống được phủ một lớp bột phát huy là các muối kim loại, lớp này quyết định phổ của ánh sáng.

- Chấn lưu: Mắc nối tiếp với đèn để hạn chế dòng mỗi đèn, tạo điện áp mỗi đèn và phân áp khi đèn làm việc.

- Stacte: Thực chất là một công tắc tự động chỉ hoạt động trong chế độ mỗi đèn. Stacte được cấu tạo là một đèn 2 cực với một cực là thanh lưỡng kim, trong bóng stacte được nạp khí neon tạo ánh sáng màu hồng khi stacte mỗi đèn. Trong stacte có tụ C_2 dùng để chống nhiễu Radiô.

- Tụ bù C_1 : dùng để bù công suất $\cos\varphi$ cho đèn.

b) Nguyên lý làm việc

Khi đóng điện, ban đầu trong ống chưa có sự phóng điện bởi 2 lí do sau:

- Điện áp đặt lên 2 đầu bóng đèn không đủ lớn (chính là điện áp nguồn).

- Trong ống chưa có đủ nồng độ điện tích.

Khi đó điện áp lên Stacte bằng điện áp nguồn. Tại thời điểm đầu các tiếp điểm của stacte mở và trong nó xuất hiện sự phóng điện kèm theo tỏa nhiệt (do trong ống có khí trơ (neon) nên ở áp suất thấp có tạo ra ánh sáng mờ nhìn thấy), sau khoảng $(1\div 2)$ s thì 2 cực của stacte chập lại chấm dứt sự phóng điện tỏa nhiệt của stacte, xuất hiện dòng điện chạy trong mạch mỗi đèn qua chấn lưu, qua sợi đốt đầu A, qua stacte, qua sợi đốt đầu B, quay lại nguồn. Dòng mỗi đèn được hạn chế bởi chấn lưu sao cho $I_{mđ} = (1,2\div 1,8) I_{đm}$ tùy theo công suất và loại đèn. Khi đó nhiệt độ trong stacte giảm xuống, sau khoảng thời gian 1 giây thì 2 cực của stacte nguội đi sẽ mở ra, làm cắt đứt dòng mỗi đèn. Đồng thời dòng mỗi đèn chạy qua sợi đốt làm nóng sợi đốt gây bức xạ điện từ đồng thời các giọt thủy ngân sẽ hóa hơi làm cho điện tích trong bóng đèn tăng lên. Khi dòng mỗi đèn cắt đột ngột chấn lưu sẽ sinh ra sức điện động tự cảm xếp chồng với điện áp nguồn làm cho điện áp đặt lên 2 đầu bóng đèn tăng lên khoảng $(2\div 3) U_{đm}$ điện áp này sẽ gây phóng điện trong ống đèn. Khi đèn sáng, chạy qua đèn có dòng điện xác lập bằng dòng làm việc định mức của đèn. Dòng điện này gây nên sự sụt áp trên cuộn cảm, lúc này điện áp đặt lên đèn chỉ bằng khoảng $0,5 U_{nguồn}$. Vì stacte được mắc song song với đèn, nên điện áp đặt lên nó bằng điện áp đặt lên đèn khi cháy sáng, điện áp này không đủ để phóng điện trong stacte, vì vậy các điện cực của stacte ở trạng thái mở khi đèn sáng bình thường. Sự mỗi đèn thường xảy ra sau $(2\div 3)$ lần tác động của stacte. Thời gian tiếp xúc của tiếp điểm trong stacte khoảng $(1\div 3)$ s.

Sự phóng điện trong bóng đèn sẽ phát ra một dải sóng điện từ sơ cấp không nằm trong dải ánh sáng nhìn thấy nhưng nó tác động lên lớp bột phát huy làm cho lớp bột phát huy bị kích thích và phát ra một dải sóng khác gọi là sóng thứ cấp, loại sóng này nằm trong phổ ánh sáng nhìn thấy nhưng nằm lệch về phía tia cực tím nên có ánh sáng lạnh. Màu sắc của ánh sáng chủ yếu phụ thuộc vào chất của lớp bột phát huy.

Trong chế độ làm việc cũng như mỗi đèn stacte phát ra một dải sóng điện từ gây nhiễu radio nên có thể mắc tụ điện C_2 để khử nhiễu, C_1 có giá trị khoảng $(1\div 2)$ nF.

Do mạch đèn có chấn lưu là cuộn kháng nên $\cos\varphi$ của mạch đèn thấp có thể mắc thêm tụ C_1 để bù $\cos\varphi$, C_1 có giá trị khoảng $(2\div 4)$ μ F.

c) Ưu nhược điểm

- Hiệu suất phát quang lớn, khoảng (40÷105) Lm/W.
- Phát sáng không kèm theo nhiệt độ.
- Có thể cải thiện được màu sắc của ánh sáng nên chế tạo được nhiều loại đèn mauc khác nhau để trang trí.
- Tuổi thọ của bóng đèn cao khoảng (2000÷7000) h.
- Cosφ thấp, sơ đồ đấu dây và chế tạo phức tạp, giá thành cao.
- Quang thông dao động theo tần số gây cảm giác khó chịu, mỏi mắt.
- Khi điện áp giảm nhỏ thì khó khởi động, nếu điện áp giảm quá 30% thì không khởi động được.
- Khi đóng điện không sáng ngay trong lần mỗi đèn đầu tiên, khi điện áp dao động thì lúc tắt lúc sáng.
- Khi nhiệt độ thấp hơn 5⁰C đèn rất khó khởi động.

Để giảm dao động của ánh sáng có thể đặt các đèn cạnh nhau nối vào điện áp pha khác nhau.

Cuộn cảm (chấn lưu) ngoài tác dụng tạo ra xung điện áp mỗi đèn và hạn chế dòng chảy qua đèn khi đèn đã sáng, nó còn có tác dụng tạo ra sự lệch pha giữa dòng và áp. Dòng điện chậm pha so với điện áp một góc φ nào đó được xác định bằng tỷ số giữa điện kháng và điện trở của cuộn cảm. Trường hợp lý tưởng $R = 0$ thì $\varphi = 90^0$. Nhờ có sự lệch pha giữa điện áp và dòng điện, tại thời điểm dập tắt sự phóng điện điện áp đặt vào đèn ngược dấu, giá trị của nó xác định bằng góc lệch pha φ , giá trị điện áp này có thể đủ lớn để tạo ra sự phóng điện ngược lại trong đèn, do đó thời gian tạm ngừng của dòng điện nhỏ hoặc bằng không và vì vậy dòng ánh sáng cũng liên tục hơn. Nhờ có cuộn cảm mà đường cong dòng điện chạy qua đèn gần sin hơn. Nhược điểm của cuộn cảm là làm giảm hệ số công suất $\cos \varphi$ của sơ đồ (0,45÷0,6), có tiêu hao công suất trong cuộn cảm bằng (10÷25)% công suất của đèn.

3. Đèn thủy ngân áp suất cao

a) Cấu tạo

Gồm một bầu thủy tinh hình quả nhót. Mặt bên trong có phủ một lớp phát quang. Để cho lớp phát quang bám dính tốt người ta cho vào trong bóng khí CO₂. Trong bầu đặt một ống thủy tinh thạch anh có chứa hơi thủy ngân áp suất cao khoảng (8÷9) atm và các điện cực chính, các điện cực phụ là điện trở dây quấn, các điện cực ra.

b) Nguyên lý làm việc

Đèn được mắc nối tiếp với chấn lưu (cuộn dây lõi thép có điện cảm lớn). Khi sơ đồ được đóng vào mạng có điện áp, giữa cực mỗi (cực chính) và cực phụ có sự phóng điện và tỏa nhiệt. Nhiệt độ ở trong ống thủy tinh thạch anh tăng lên làm bốc hơi thủy ngân. Áp suất bởi thủy ngân bão hòa trong ống khá lớn (8÷9) atm. Đồng thời hơi thủy ngân bị ion hóa. Khi có dòng chảy qua cực chính và cực phụ thì có sụt áp trên điện trở làm cho điện áp trên cực chính và cực phụ giảm xuống, còn điện áp trên 2 cực chính bằng điện áp lưới. Do trong đèn hơi thủy ngân đã bị ion hóa (dẫn điện), sự phóng điện giữa 2 cực chính diễn ra. Sự phóng điện này có tính chất chập chờn, chấn lưu sẽ cảm ứng một sức điện động tự cảm

có tác dụng cường bức sự phóng điện trong đèn. Nhờ có chấn lưu mà có sự lệch pha giữa dòng điện và điện áp, do đó dòng phóng điện liên tục hơn. Khi đèn đã làm việc chấn lưu có tác dụng hạn chế dòng điện chạy qua đèn đến trị số định mức. Sự phóng điện trong đèn tạo ra ánh sáng nhìn thấy và bức xạ tử ngoại. Lớp huỳnh quang hấp thụ bức xạ tử ngoại và bức xạ ánh sáng nhìn thấy. Nó kết hợp với quang thông chính của đèn (do phóng điện qua hơi thủy ngân) tạo ra ánh sáng màu trắng lục. Ánh sáng của đèn thủy ngân áp suất cao có tỷ lệ ánh sáng xanh tím nhiều, đỏ, vàng ít nên ánh sáng của nó khác với ánh sáng ban ngày. Dòng khởi động của đèn bằng 2,5 lần I_{dm} của đèn.

c) Ưu nhược điểm

- Có hiệu suất phát quang lớn (40÷50) Lm/W.
- Tuổi thọ cao (vì không có dây tóc) khoảng 4000 h.
- Ánh sáng của đèn có độ xuyên thấu qua sương mù và bụi khói cao nên đèn thủy ngân áp suất cao thường được dùng cho chiếu sáng ngoài trời và chiếu sáng trong các phân xưởng có nhiều bụi khói như phân xưởng luyện thép.

- Ánh sáng không thích hợp với những công việc cần độ chính xác cao, dễ gây ảo giác như văn phòng, gia công chi tiết quay...

- Thời gian khởi động lớn khoảng (3÷7) phút
- Thời gian khởi động lại rất lâu (10÷15) phút
- Khi điện áp giảm quá mức khoảng 20% thì không khởi động được.

Ngày nay có một số đèn thủy ngân áp suất cao không dùng cuộn cảm mà cuộn cảm được thay thế bằng điện trở dây quấn đặt ngay trong đèn nên sử dụng đèn thuận tiện hơn. Nhưng thay cuộn cảm bằng điện trở thì dòng phóng điện trong đèn không được liên tục do đó dòng ánh sáng phát ra không liên tục gây cảm giác khó chịu.

4. Đèn Halogen

Đèn Halogen có cấu tạo như đèn sợi đốt gồm:

- Ống thủy tinh thạch anh có nhiệt độ nóng chảy cao khoảng 4000⁰C, được hút chân không và nạp vào đó khí halogen để sử dụng tính chất hoàn nguyên kim loại của halogen.
- Khí halogen là các muối iot.
- Sợi đốt 3 có cấu tạo tương tự như sợi đốt của đèn nung sáng.

Ưu nhược điểm:

- Có hiệu suất phát quang lớn.
- Có ánh sáng khá gần với ánh sáng tự nhiên.
- Có thể chế tạo với công suất lớn để tiết kiệm điện năng.

9.3.2.2. Chao đèn

Chao đèn là một bộ phận bao bọc ngoài bóng đèn. Nó có tác dụng sau:

- Phân phối quang thông theo yêu cầu sử dụng
- Bảo vệ mắt khỏi bị lóa do độ sáng của nguồn.
- Bảo vệ bóng đèn khỏi các tác dụng cơ học, hóa học, bụi bặm, phòng nổ và nước.
- Trang trí đẹp.

Hai chỉ tiêu chủ yếu của chao đèn là:

1. Hiệu suất

Hiệu suất của chao đèn là tỷ số giữa quang thông của đèn có chao và quang thông của bản thân đèn. Vì chao đèn hấp thụ một số quang thông của nguồn sáng nên hiệu suất của chao đèn chỉ vào khoảng (0,5÷0,9) tùy theo loại chao đèn.

2. Góc bảo vệ

Góc bảo vệ càng lớn càng hạn chế được sự chói mắt do nhìn trực tiếp vào nguồn sáng và ngược lại.

Theo cách phân bố quang thông của nguồn sáng ta có thể chia chao đèn ra thành 3 loại chính:

- Chao đèn chiếu trực tiếp: là chao tập trung hơn 90% quang thông của đèn xuống phía dưới.
- Chao đèn phản xạ: tập trung hơn 90% quang thông của đèn lên phía trên rồi phản xạ xuống.
- Chao đèn khuếch tán: tạo ra ánh sáng khuếch tán chứ không chiếu sáng trực tiếp.

Theo cấu tạo chia ra:

- Kiểu hở: Nguồn sáng thông với bên ngoài
- Kiểu kín: Nguồn sáng được cách ly với bên ngoài
- Kiểu phòng nổ: Dùng ở nơi dễ nổ.

9.4. CÁC HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG

9.4.1. Hệ thống chiếu sáng làm việc

Hệ thống chiếu sáng làm việc là hệ thống phục vụ ánh sáng thường xuyên khi làm việc bình thường của một đơn vị sản xuất hay phòng làm việc. Có 2 hình thức chiếu sáng:

1. Hệ thống chiếu sáng chung

Là hệ thống chiếu sáng cho bề mặt làm việc của phân xưởng có độ rọi đồng đều tạo điều kiện thuận lợi cho các hoạt động trong phân xưởng như: đi lại, vận chuyển và sản xuất... Được dùng trong các phân xưởng có máy móc phân bố đều trên diện tích sản xuất và đòi hỏi độ rọi giống như nhau: Phân xưởng dệt, rèn, mộc, hành lang, đường đi, sân bãi... Trong chiếu sáng chung có 2 cách phân bố.

- Phân bố đều: Các bóng đèn được phân bố đều trên trần nhà hay các giá đỡ theo những quy luật nhất định để đạt được yêu cầu về độ rọi đồng đều trên toàn diện tích. Cách phân bố này thường dùng cho các phân xưởng có máy móc giống nhau, các máy phân bố đều trên toàn phân xưởng (dệt, sợi, suốt).

- Phân bố chọn lọc: Các bóng đèn được phân bố không đồng đều chủ yếu tập trung ở những khu vực cần có độ rọi cao như: nơi trực tiếp làm việc của công nhân, nơi đặt các máy móc... Cách lắp đặt này thường dùng trong các phân xưởng có các máy móc phân bố không đều hoặc có những máy cao gây nên những khoảng tối trong phân xưởng.

Ưu điểm: Tạo nên độ rọi đều có ảnh hưởng rất tốt tới mắt, có thể dùng đèn chiếu sáng công suất lớn để nâng cao hiệu suất chiếu sáng.

Nhược điểm: Lãng phí điện năng vì không phải chỗ nào cũng yêu cầu độ rọi như nhau.

2. Chiếu sáng cục bộ

Là hệ thống chiếu sáng riêng cho những nơi cần độ rọi cao như: chiếu sáng các chi tiết gia công trên máy công cụ, chiếu sáng nơi lắp ráp, kiểm tra chất lượng sản phẩm...

Ưu điểm:

- Tạo ra độ rọi cao ở những nơi cần thiết
- Có thể điều chỉnh được hướng chiếu sáng
- Có thể dùng các đèn chiếu sáng điện áp thấp để nâng cao hiệu suất.
- Khi không làm việc có thể tắt đèn do đó tiết kiệm điện năng.

Để phát huy tối đa ưu điểm của 2 sơ đồ trên người ta dùng hệ thống chiếu sáng hỗn hợp.

9.4.2. Hệ thống chiếu sáng sự cố

Là hệ thống chiếu sáng tạo ra ánh sáng cần thiết, khi xảy ra sự cố mạng chiếu sáng chính. Hệ thống chiếu sáng sự cố phải bảo đảm có đủ ánh sáng để công nhân sơ tán khỏi nơi nguy hiểm hoặc tiến hành thao tác xử lý sự cố. Chiếu sáng sự cố chia làm hai loại:

- Ở những nơi hệ thống chiếu sáng làm việc bị sự cố có khả năng phát sinh cháy nổ, gây nhiễm độc hoặc ảnh hưởng đến kinh tế chính trị cần đặt hệ thống chiếu sáng sự cố, bảo đảm cho công nhân tiếp tục làm việc trong thời gian chờ sửa chữa, hoặc tiến hành thao tác xử lý sự cố. Độ rọi của chiếu sáng này không được thấp hơn 90% so với độ rọi tiêu chuẩn quy định đối với chiếu sáng làm việc.

- Khi hệ thống chiếu sáng làm việc bị sự cố, nếu cần sơ tán người ra khỏi phân xưởng để tránh tai nạn, thì các đèn sự cố phải đặt ở nơi máy còn quay, hồ dầu, bể nước, cầu nổi lan can, cầu thang... Độ rọi của các đèn này không được nhỏ hơn 1 Lx.

Đặc điểm của hệ thống chiếu sáng sự cố:

- Nhà sản xuất có trên 50 công nhân phải có hệ thống chiếu sáng sự cố.
- Nguồn cung cấp cho chiếu sáng sự cố phải lấy từ nguồn dự phòng hoặc tổ ắc quy.
- Hệ thống chiếu sáng sự cố có thể làm việc đồng thời với hệ thống chiếu sáng làm việc hoặc phải có thiết bị tự động đóng tức thời hệ thống chiếu sáng sự cố vào hoạt động khi hệ thống chiếu sáng làm việc bị sự cố. Các thiết bị điều khiển và các đèn thuộc hệ thống chiếu sáng sự cố phải đánh dấu riêng để tiện theo dõi. Đèn dùng cho chiếu sáng sự cố chỉ nên dùng đèn nung sáng.

- Chiếu sáng sự cố có thể có 2 bộ phận, một bộ phận làm việc đồng thời với chiếu sáng làm việc, một bộ phận được tự động đóng hoặc đóng bằng tay khi hệ thống chiếu sáng làm việc bị sự cố.

9.4.3. Hệ thống chiếu sáng ngoài trời

Ngoài các hệ thống chiếu sáng trên còn có hệ thống chiếu sáng ngoài trời như: Chiếu sáng sân bãi, đường đi, bến cảng, nơi bốc dỡ hàng hóa vật liệu...

Chiếu sáng ngoài trời chịu ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu như sương mù, mưa, bụi khơi,... Nên các nguồn sáng phải được lựa chọn đặc biệt.

9.5. CÁC TIÊU CHUẨN VÀ YÊU CẦU CHIẾU SÁNG

9.5.1. Các yêu cầu đối với thiết kế chiếu sáng

Chiếu sáng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất lao động, chất lượng sản phẩm và sức khỏe của người lao động trong các hoạt động sản xuất. Bởi vậy chiếu sáng cần phải đảm bảo các yêu cầu tối thiểu nhất định, các yêu cầu này được xem như tiêu chuẩn chất lượng ánh sáng, nguyên tắc để định ra tiêu chuẩn và thiết kế chiếu sáng.

1. Đảm bảo đủ độ rọi và ổn định

Phải đảm bảo đủ độ rọi cho các loại công tác khác nhau và ánh sáng phải ổn định. Nguyên nhân làm cho ánh sáng dao động là do sự thay đổi của điện áp cung cấp. Vì vậy theo quy định điện áp không được dao động lớn hơn 4% U_{dm} và không được quá 2 lần trong 1 giờ. Nguyên nhân gây ra dao động điện áp là do chế độ làm việc không đều của các máy công cụ, lò hồ quang, máy hàn,...

Một nguyên nhân khác gây ra dao động điện áp là rung động cơ học của đèn điện cho nên đèn cần phải giữ cố định.

2. Quang thông phân bố đều trên toàn bộ mặt công tác

Để mắt quan sát từ nơi này đến nơi khác không phải điều tiết quá nhiều gây mỏi mắt.

3. Không có ánh sáng chói trong vùng nhìn của mắt

Nếu có ánh sáng chói trong vùng nhìn của mắt làm cho mắt chóng mỏi, khó điều tiết, nếu chói quá gây ra hiện tượng mù hóa (hiệu ứng Pukin, mắt không nhìn thấy gì cả, do các tế bào thị giác quá mệt mỏi).

Nguyên nhân của ánh sáng chói là: dây tóc của nguồn sáng nằm trong vùng nhìn của mắt, có vật phản xạ mạnh, nguồn sáng chớp nháy (hạn hồ quang, thép ra lò,...). Để hạn chế ánh sáng chói có thể dùng chiếu sáng gián tiếp, góc bảo vệ thích hợp, bóng mờ, chao đèn ở vị trí thích hợp.

4. Phải tạo ra ánh sáng gần giống ánh sáng ban ngày

Điều này quyết định thị giác của ta đánh giá chính xác hoặc sai lầm và làm chậm lại quá trình lão hóa mắt.

9.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG

9.6.1. Phương pháp hệ số sử dụng (hay còn gọi là phương pháp quang thông)

Phương pháp này dùng để tính toán chiếu sáng chung có chú ý đến hệ số phản xạ của tường, trần nhà và của vật cảnh, dùng để tính chiếu sáng cho các phân xưởng có diện tích lớn hơn 10 m, không dùng để tính chiếu sáng cục bộ và ngoài trời.

Phương pháp này có thể xác định được lượng quang thông cần thiết của mỗi bóng đèn ứng với độ rọi quy định trên mặt làm việc.

Thông thường trước khi tính toán người ta chọn độ rọi tối thiểu, số lượng đèn, kiểu đèn và cách bố trí đèn rồi sau đó tính toán chọn được công suất bóng đèn.

Hệ số sử dụng k_{sd} là tỷ số giữa quang thông và mặt công tác nhận được với tổng quang thông của các nguồn sáng.

$$k_{sd} = \frac{\phi_c}{n \cdot \phi} \quad (1)$$

Trong đó:

- k_{sd} được tra bảng theo loại đèn, hệ số phản xạ của tường và trần nhà, chỉ số phòng φ .

- ϕ_c là quang thông mà mặt công tác nhận được Lm.

- n là số bóng đèn.

- ϕ là quang thông của mỗi đèn.

- Chỉ số phòng:

$$\varphi = \frac{a.b}{H.(a+b)}$$

Trong đó:

+ a, b là chiều dài và chiều rộng của phòng (m).

+ H là khoảng cách từ đèn tới mặt công tác.

Tra bảng được k_{sd} , dựa vào công thức (1) ta tính được $\phi_c = k_{sd} . n . \phi$ (ϕ ta chưa biết).

Nếu gọi diện tích cần chiếu sáng là S thì độ rọi trung bình trên mặt công tác là:

$$E_{tb} = \frac{\phi_c}{S} = \frac{k_{sd} . n . \phi}{S} = E_{min} . Z \quad (2)$$

$$Z = \frac{E_{tb}}{E_{min}} \quad s = a.b$$

Trong đó:

- Z là tỷ lệ độ rọi bình quân so với độ rọi tối thiểu. Đối với các loại đèn khi đặt ở vị trí có lợi nhất thì $Z = (1,1 \text{ đến } 1,2)$. Đối với gian phòng diện tích nhỏ hơn 10 m^2 thì lấy $Z = 1$ (Z nói lên mức độ không đồng đều của độ rọi trên mặt làm việc).

- E_{min} là độ rọi tối thiểu (L_x) ứng với từng loại công việc (tra bảng).

Từ (2) ta tính được quang thông cần thiết cho mọi nguồn sáng

$$\phi = \frac{E_{min} . Z . S}{k_{sd} . n}$$

Để bù lại sự giảm quang thông của đèn trong quá trình làm việc ta đưa thêm hệ số dự trữ k_{dt} (tra bảng) vào công thức trên khi đó:

$$\phi = \frac{k_{dt} . E_{min} . Z . S}{k_{sd} . n}$$

Căn cứ vào quang thông vừa tính được tra bảng ta xác định được công suất của mỗi đèn. Khi chọn công suất tiêu chuẩn người ta cho phép quang thông chênh lệch từ (-10%) đến (+20%) so với tính toán.

Ví dụ: Một phòng có $a = 28 \text{ m}$, $b = 16 \text{ m}$, cao $4,5 \text{ m}$. Điện áp mạng điện cung cấp cho phòng là 220V . Hãy xác định công suất mỗi đèn, số lượng đèn chiếu sáng cho phòng với yêu cầu độ rọi tối thiểu là 30 Lx . Để chiếu sáng người ta sử dụng đèn vạng năng Ym (đèn có chụp bằng thủy tinh, chao bằng sắt). Biết $k_{dt} = 1,2$; $h_c = 0,7 \text{ m}$; $h_{lv} = 0,8 \text{ m}$.

Bài giải:

Tra bảng với cách bố trí nhiều dãy và đèn vạn năng Y_m ta được $L/H = 1,8$.

$$\text{Tính } H = h - h_{lv} - h_c = 4,5 - 0,8 - 0,7 = 3 \text{ m}$$

$$\text{Vậy } L = 1,8.3 = 5,4 \text{ m.}$$

Ta chọn $L = 5 \text{ m}$.

Lấy hệ số phản xạ của tường và trần:

$$\rho_{tg} = 50\% \quad \rho_{tr} = 30\%$$

Chỉ số phòng:

$$\varphi = \frac{a.b}{H.(a+b)} = \frac{28.16}{3.(28+16)} = 3,4$$

Tra bảng hệ số $K_{sd} = f(\varphi, \rho_{tg}, \rho_{tr})$ ta có hệ số $K_{sd} = 0,46$

Nếu chọn $Z = 1, 2$ và với $n = 18$ đèn. Sẽ tính được quang thông của 1 bóng đèn là:

$$\phi = \frac{k_{dt} \cdot E_{\min} \cdot Z \cdot S}{k_{sd} \cdot n} = \frac{1,3 \cdot 30 \cdot 1,2 \cdot 28 \cdot 16}{18 \cdot 0,46} = 2532 \text{ Lm}$$

Tra bảng ta thấy có chọn loại đèn có quang thông gần nhất là $F_d = 2528 \text{ Lm}$ tương ứng với công suất $P_d = 200 \text{ W}$.

Vậy công suất chiếu sáng tổng cộng là:

$$P_{\Sigma} = n \cdot 200 \text{ W} = 18 \cdot 200 = 3600 \text{ W}$$

9.6.2. Phương pháp tính gần đúng đối với đèn nung sáng

Phương pháp này thích hợp để tính chiếu sáng cho các phòng nhỏ hoặc chỉ số phòng nhỏ hơn 0,5. Yêu cầu tính toán không cần chính xác lắm. Phương pháp gần đúng này có 2 cách tính.

a. Phương pháp thứ nhất

Phương pháp này được sử dụng trong thiết kế và tính toán sơ bộ. Phương pháp này xác định theo suất phụ tải chiếu sáng trên một đơn vị diện tích (W/m^2) đối với từng yêu cầu chiếu sáng khác nhau.

$$P_{\Sigma} = P_0 \cdot S \quad (\text{W})$$

Trong đó:

- P_0 là suất phụ tải chiếu sáng trên một đơn vị diện tích W/m^2 .

- S là diện tích cần chiếu sáng m^2 .

Tra bảng ta được công suất mỗi bóng đèn từ đó xác định được số lượng đèn:

$$n = \frac{P_{cs\Sigma}}{P_{den}}$$

Căn cứ vào những điều kiện chủ yếu của công trình kiến trúc ảnh hưởng đến việc lắp đặt các thiết bị chiếu sáng và yêu cầu chiếu sáng ta bố trí đèn cho thích hợp.

Suất phụ tải chiếu sáng trên một đơn vị diện tích sản xuất của một số phân xưởng thuộc xí nghiệp cơ khí.

b. Phương pháp thứ hai

Phương pháp này dựa vào bảng đã tính sẵn độ rọi E với công suất 10 W/m². Khi thiết kế nếu độ rọi yêu cầu E_{min} bằng E trong bảng đã tính sẵn thì không phải hiệu chỉnh. Nếu E_{min} khác E thì công suất phải hiệu chỉnh theo công thức sau:

$$P_0 = \frac{10.E_{\min}}{E} \cdot k_{dt} \quad (\text{W/m}^2)$$

Trong đó:

- P₀ là suất phụ tải chiếu sáng tính theo độ rọi yêu cầu (W/m²)
- E_{min} là độ rọi tối thiểu cần có đối với nơi cần tính toán chiếu sáng (Lx)
- E là độ rọi tra trong bảng đã tính sẵn với tiêu chuẩn 10W/m² với các loại bóng đèn nung sáng khác nhau (Lx).
- k_{dt} là hệ số dự trữ.

Sau khi tính được P₀, ta nhân P₀ với diện tích phòng mà ta thiết kế để tìm được công suất đặt P_Σ. Tra bảng tìm được công suất của mỗi bóng đèn P_{den}, từ đó ta tính được số lượng đèn:

$$n = \frac{P_{\Sigma}}{P_{den}}$$

Trong đó: P_{den} là công suất của một bóng đèn (W).

Sau đó căn cứ vào điều kiện kiến trúc và yêu cầu chiếu sáng bố trí đèn cho hợp lý.

Ví dụ:

Tính số đèn cần thiết đặt ở một bệnh viện có diện tích 60 m². Độ rọi tối thiểu E_{min} = 50 Lx. Dùng phối quang phản xạ. Dùng bóng 40 W điện áp 127 V.

Bài giải:

Tra bảng với đèn 40 W, điện áp 127 V, phối quang phản xạ ta được:

$$E = 16,5 \text{ Lx lấy } k_{dt} = 1,3.$$

Suất phụ tải chiếu sáng trên một m²:

$$P = 10 \cdot \frac{E_{\min}}{E} \cdot k_{dt} = 10 \cdot \frac{50}{16,5} \cdot 1,3 = 39,4 \quad (\text{W / m}^2)$$

$$P_d = P \cdot S = 39,4 \cdot 60 = 2370 \text{ W}$$

$$\text{Số đèn: } n = \frac{P_d}{P_{den}} = \frac{2370}{40} = 60 \quad (\text{bóng})$$

Ví dụ:

Tính toán chiếu sáng cho phân xưởng cơ khí lắp ráp có a = 5 m; b = 24 m; H = 3 m; h_c = 0,7 m; h_{lv} = 0,8 m.

Bài giải:

Tra bảng với phân xưởng cơ khí lắp ráp ta có:

- Độ rọi trong chiếu sáng chung (30 ÷ 50) Lx.

- Độ treo cao của đèn $H = (3 \div 6)$ m.
- Suất chiếu sáng trên một đơn vị diện tích $P_0 = (10 \div 12)$ W/m²
- Công suất 1 bóng đèn là 200 W.

Ở đây lấy $P_0 = 10$ W/m², độ treo cao của đèn $H = 4$ m;

Công suất 1 bóng đèn là 200 W.

Công suất chiếu sáng tổng:

$$P_d = P_0 \cdot S = 10 \cdot 5 \cdot 24 = 1200 \text{ W}$$

$$\text{Số đèn: } n = \frac{P_d}{P_{den}} = \frac{1200}{200} = 6 \quad (\text{đèn})$$

Bố trí đèn một dãy $L = 4,5$ m; $\frac{L}{H} = 1,5$; $\frac{L}{H}$ hợp lý là 1,8 dùng đèn vạn năng Ym.

9.6.3. Phương pháp gần đúng đối với đèn huỳnh quang

Ở phương pháp này người ta đã tính sẵn đối với một phòng được chiếu sáng bởi hai đèn ống 30 W ($30 \cdot 2 = 60$) có độ rọi định mức $E_{dm} = 100$ Lx. Dùng đèn 30 W – 220 V có quang thông là 1230 Lm. Trong tính toán người ta đã thừa nhận quy định sau:

- Phòng gọi là rộng khi: $\frac{a}{H_0} \geq 4$

- Phòng gọi là vừa khi: $\frac{a}{H_0} = 2$

- Phòng gọi là hẹp khi: $\frac{a}{H_0} = 2$

- Hệ số phản xạ của trần màu sáng: $\rho_{tr} = 0,7$

- Hệ số phản xạ của trần màu trung bình $\rho_{tr} = 0,5$

- Hệ số phản xạ của tường màu sáng: $\rho_{tg} = 0,3$

- Hệ số phản xạ của tường màu trung bình: $\rho_{tg} = 0,3$

- Hệ số an toàn K (hệ số dự trữ):

Trong đó:

- Khi phối quang trực xạ $K = 1,3$

- Khi phối quang phản xạ $K = 1,5$

- Khi chủ yếu dùng phối quang trực xạ $K = 1,4$

- a là chiều rộng của phòng, m.

- H_0 là chiều cao của phòng, m.

- Khi thiết kế có độ rọi khác với $E_{dm} = 100$ Lx thì công suất tổng của các đèn cần thiết sẽ tính như sau:

$$P_{\Sigma} = \frac{30,8 \cdot E_{\min} \cdot S}{\phi_{ld} \cdot S_0} \cdot P_d$$

Trong đó:

- P_d là công suất của đèn thiết kế, W.
- ϕ_{ld} là quang thông của một đèn dùng trong thiết kế, Lm.
- S là diện tích cần chiếu sáng, m.
- S_0 là diện tích của phòng theo tra bảng (chiếu sáng bởi 2 đèn 30 W và hệ số $\frac{a}{H_0}$).

$$\text{Số đèn cần thiết kế là: } n = \frac{P_{\Sigma}}{1,25 \cdot P_{den}}$$

Trong đó 1,25 là hệ số kê đèn tồn thất của chấn lưu.

Ví dụ:

Một phòng có chiều rộng của phòng gấp 3 lần chiều cao, màu của tường và trần thuộc loại trung bình, có diện tích cần chiếu sáng là 1000m^2 yêu cầu độ rọi tối thiểu là 150 Lx. Nếu dùng đèn trao sắt tráng men, phản xạ công suất của đèn $P' = 30$ W thì phải sử dụng bao nhiêu đèn để chiếu sáng cho phòng trên?

Bài giải:

$$\frac{a}{H_0} = 3$$

Tra bảng ta được với phòng màu trung bình:

$$\text{với } \frac{a}{H_0} = 4 \text{ thì } S_0 = 11,5 \text{ m}^2$$

$$\frac{a}{H_0} = 2 \text{ thì } S_0 = 9,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Thực tế: } \frac{a}{H_0} = 3 \text{ nên ta lấy } S_0 = \frac{11,5 + 9,4}{2} = 10,5 \text{ m}^2$$

Tổng công suất của các đèn:

$$P = 30,8 \cdot \frac{P_{den} \cdot S \cdot E_{\min}}{S_0 \cdot F_{den}} = 30,8 \cdot \frac{30 \cdot 1000 \cdot 150}{10,5 \cdot 1230} = 1063 \text{ W}$$

$$\text{Số lượng đèn: } n = \frac{P_{\Sigma}}{1,25 \cdot P_{den}} = \frac{1063}{1,25 \cdot 30} = 28 \text{ (đèn)}$$

9.7. THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG

9.7.1. Những số liệu ban đầu khi thiết kế

Muôn thiết kế chiếu sáng cần phải có số liệu sau đây:

- Mặt bằng của xí nghiệp, phân xưởng, vị trí đặt các máy trên mặt bằng phân xưởng.

- Mật bằng và mặt cắt nhà xưởng để xác định vị trí chao đèn.
- Những đặc điểm quá trình công nghệ (làm việc chính xác, cần phân biệt màu, cường độ thị giác tùy thuộc vào từng công việc có đòi hỏi tập trung thị giác cao hay không...).

- Số liệu về nguồn điện vật tư.

9.7.2. Các bước tiến hành thiết kế chiếu sáng

1. Chọn nguồn sáng
2. Chọn hệ thống chiếu sáng
3. Chọn độ rọi và hệ số dự trữ
4. Chọn loại đèn điện (bao gồm bóng đèn và chao đèn)
5. Phân bố đèn trong không gian cần chiếu sáng
6. Tính toán chọn công suất nguồn sáng, số lượng nguồn sáng hoặc kiểm tra lại kết quả thiết kế.

Sau khi thiết kế chiếu sáng cần phải thiết kế mạng cung cấp điện cho hệ thống chiếu sáng.

Khi thiết kế chiếu sáng cần phải so sánh về kinh tế và kỹ thuật các phương án để chọn ra một phương án tốt nhất trong số những phương án có thể.

Ghi chú: Giải thích các thuật ngữ dùng trong tiêu chuẩn

- Vật cần quan sát trong quá trình làm việc (các dải đường, điểm, vết cào,...)
- Nền tối: Nếu hệ số phản xạ ánh sáng trên bề mặt của nền nhỏ hơn 0.3
- Sự tương phản giữa vật và nền: Được gọi là nhỏ nếu trị số của nó nhỏ hơn 0.2 (nghĩa là độ sáng của vật và nền khác nhau ít). Được coi là trung bình nếu trị số của nó (0,2 đến 0,5) (sự khác nhau giữa độ sáng của vật và nền có thể thấy được). Được coi là lớn nếu trị số của nó lớn hơn 0,5 (độ sáng của vật và nền khác nhau rõ rệt).
- Cấp công việc: được phân theo mức độ chính xác của công việc. Nếu độ chính xác của công việc biểu thị bằng kích thước của vật cần phân biệt.
- Chiếu sáng chung độc nhất: nghĩa là chỉ có chiếu sáng chung.
- Chiếu sáng trực tiếp: Quang thông được chia thành 2 phần, một phần từ bóng đèn chiếu trực tiếp xuống bề mặt làm việc (chiếm 90% quang thông của đèn), một phần nhờ chụp đèn phản xạ và khuếch tán rồi mới chiếu xuống mặt làm việc.
- Chiếu sáng tán xạ: Một phần quang thông qua chụp tán quang chiếu xuống [chiếm 55% đến 90 % quang thông của đèn]. Một phần chiếu lên trần rồi phản xạ từ trần xuống.
- Chiếu sáng phản xạ: Không có quang thông chiếu trực tiếp từ đèn đến mặt làm việc, mà trước hết ánh sáng được chụp phản xạ hết toàn bộ ánh sáng lên trần nhà rồi mới phản xạ lại mặt làm việc (90% quang thông của đèn).
- Chụp phản xạ khuếch tán: mặt trong của chụp có tráng một lớp men sứ hoặc lớp gương phản xạ (bằng kính hoặc bằng kim loại). Chỉ có phản xạ ánh sáng (không cho tia sáng chiếu trực tiếp xuống mặt làm việc) và khuếch tán ánh sáng rộng ra.

- Chụp tán xạ: Bằng thủy tinh, có quét một lớp chất hóa học mờ, hoặc bằng thủy tinh được mài mờ, màu đục hoặc màu trắng với mục đích phân phối ánh sáng tỏa đều ra xung quanh và giảm độ chói của nguồn sáng.

- Chụp phản xạ khuếch tán: (có bộ phận tán xạ) là loại chụp, sau khi phản xạ và khuếch tán rộng 1 mét lại được bộ phận tán xạ phân bố ánh sáng đều đặn ra xung quanh.

Hướng dẫn từng bước tiến hành thiết kế chiếu sáng như sau:

Bước 1: Chọn nguồn sáng

Việc chọn nguồn sáng phải căn cứ vào yêu cầu chiếu sáng, ưu nhược điểm của từng loại nguồn sáng.

Riêng đối với đèn huỳnh quang nên sử dụng trong những loại công tác sau đây:

- Các nơi làm việc cần tập trung thị giác cao và liên tục hoặc là nơi cần tạo ra điều kiện nhìn dễ chịu cho nhiều người như phòng kiểm tra chất lượng sản phẩm, phòng học, phòng thiết kế...

- Các nơi cần phân biệt màu sắc như xưởng in màu, xưởng dệt, xưởng may.

- Các nơi không có ánh sáng tự nhiên, nơi cần tập trung đông người và lâu như phòng đợi nhà ga, phòng họp...

- Những nơi cần trang trí đẹp như viện bảo tàng, triển lãm.

Bước 2: Chọn hệ thống chiếu sáng

Việc chọn hệ thống chiếu sáng cũng căn cứ vào yêu cầu chiếu sáng và ưu nhược điểm của từng hệ thống chiếu sáng.

1. Hệ thống chiếu sáng hỗn hợp nên dùng ở những nơi sau:

- Những nơi yêu cầu độ rọi khác nhau ở những vị trí làm việc khác nhau, những nơi có các thiết bị mà nếu chiếu sáng chung sẽ tạo ra bóng tối sâu và lớn hay là những nơi cần thay đổi hướng chiếu sáng.

- Những nơi thị giác cần làm việc chính xác (công tác thị giác bậc I, II, III, IV) trừ những nơi không thể chiếu sáng cục bộ được.

- Những nơi cần chiếu sáng mặt phẳng nghiêng và đứng có độ rọi cao.

2. Hệ thống chiếu sáng chung đều dùng trong những nơi sau:

- Những nơi mật độ phân bố thiết bị lớn, không tạo ra bóng tối trên mặt công tác, không đòi hỏi thay đổi hướng chiếu sáng trong quá trình làm việc.

- Những nơi mà trên mặt công tác chỉ làm một loại công việc.

- Những nơi mà công tác không đòi hỏi cường độ thị giác cao và lâu (loại V trở lên), các phòng thu, lối đi, kho.

3. Hệ thống chiếu sáng chung phân bố chọn lọc

- Những nơi công tác được chia thành từng nhóm ở các khu khác nhau trên mặt công tác.

- Những nơi mà các bộ phận công tác khác nhau đòi hỏi độ rọi khác nhau.

- Những nơi mà các khu vực lớn trên mặt công tác đòi hỏi độ rọi cao hoặc có các thiết bị quá lớn không dùng chiếu sáng cục bộ được.

Bước 3: Chọn độ rọi và hệ số dự trữ

Chọn độ rọi có thể làm theo hai cách:

Chọn theo tiêu chuẩn riêng đã quy định cụ thể cho mỗi loại công tác và nơi làm việc (tra sổ tay).

Nếu không có tiêu chuẩn riêng thì chọn theo tiêu chuẩn chung căn cứ vào kích thước vật nhìn, độ tương phản giữa vật nhìn và nền – Hệ số phản xạ của nền.

Độ rọi tiêu chuẩn để thiết kế là không chính xác, bởi vì sau một thời gian vận hành quang thông của đèn giảm đi, vì vậy cần đưa vào hệ số dự trữ hay hệ số bù giảm quang có nghĩa là độ rọi tiêu chuẩn phải nhân với hệ số dự trữ.

Bước 4: Chọn đèn điện

Đèn điện bao gồm: bóng đèn, chao đèn và các phụ kiện khác. Đèn điện được chọn theo 3 điều kiện.

- Đặc tính môi trường, tùy theo môi trường có bụi hay không, có nguy hiểm nổ hay có hóa chất làm hỏng đèn mà chọn loại đèn hở kín hay phòng nổ.

- Đặc tính phân bố quang thông và đặc tính quang học không gian của môi trường, yêu cầu đối với chiếu sáng.

- Chỉ tiêu kinh tế.

Có những tiêu chuẩn riêng quy định sẵn các loại đèn điện dùng cho các môi trường và nơi công tác cụ thể.

Bước 5: Phân bố vị trí đèn

Chiếu sáng cục bộ khá đơn giản và phải căn cứ vào hoàn cảnh cụ thể để quyết định. Dưới đây sẽ trình bày cách bố trí đèn cho chiếu sáng chung.

Chiếu sáng chung sẽ phải dùng nhiều đèn. Vấn đề đặt ra là phải xác định được vị trí hợp lý của các đèn và khoảng cách giữa đèn và trần nhà, tường nhà và mặt công tác. Có 2 cách bố trí đèn trong chiếu sáng chung là:

- Bố trí hình vuông

- Bố trí hình thoi.

Phương án bố trí đèn tốt nhất là làm sao thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Hạn chế hiện tượng lóa mắt và phải an toàn

- Tạo ra độ rọi tốt nhất để làm việc

- Tiết kiệm điện năng và thiết bị chiếu sáng

Trong thực tế việc bố trí đèn còn phụ thuộc vào các xà ngang trong phân xưởng, đường di chuyển của cầu trục (nếu có).

Phương án bố trí đèn hình vuông nếu độ rọi đạt yêu cầu thì công suất chiếu sáng sẽ nhỏ nhất.

- Gọi khoảng cách từ đèn đến mặt công tác là H

- Gọi khoảng cách từ trần đến đèn là h_c

- Độ cao của mặt công tác so với nền nhà là h_{lv}

- Khoảng cách nhỏ nhất giữa các đèn là L (nếu bố trí theo phương án hình thoi thì lấy $L_a=L$ và $L_b=\sqrt{3}.L$).

Cách tính L như sau: Theo loại đèn, độ treo cao cho phép tra bảng ta được tỷ số $\frac{L}{H}$

hợp lý sau đó tính ra L.

Khoảng cách từ đèn đến tường, nếu sát tường cũng là nơi làm việc thì:

$$l = (0,25 \div 0,3)L$$

- Nếu nơi làm việc cách xa tường lớn hơn hoặc bằng 1 mét thì:

$$l = (0,4 \div 0,5)L$$

- Nếu dùng đèn phản xạ phải kể đến chiều cao từ đèn đến trần hoặc chiều cao này lấy bằng khoảng 0,25H.

Chú ý:

- Trị số $\frac{L}{h_c}$ không nên vượt quá (5 đến 6) trị số tốt nhất là $\frac{L}{h_c} = (1,4 \div 1,6)$.

- Nếu $\frac{L}{h_c} > \frac{L}{H}$ sẽ có độ rọi không đều trên trần như vậy không sử dụng hết tia

khuếch tán từ trần xuống.

Bố trí đèn thành cụm không có chỉ dẫn chung, người thiết kế cần căn cứ vào yêu cầu chiếu sáng và tình hình cụ thể mà thiết kế.

Bước 6: Các phương pháp tính toán chiếu sáng

Tùy theo yêu cầu chiếu sáng của từng phân xưởng và toàn nhà máy mà người thiết kế lựa chọn phương pháp chiếu sáng trong mục 9.6 cho phù hợp.

CHƯƠNG X. CÁC NGUỒN ĐIỆN DỰ PHÒNG

Sau khi học xong chương này sinh viên cần nắm được:

- Khái niệm chung về các nguồn điện dự phòng;
- Chọn lựa và đặc tính của nguồn điện dự phòng
- Máy phát dự phòng tại chỗ
- Bộ chuyển đổi ATS
- Bộ lưu điện UPS

10.1. Khái niệm chung

Vào cuối thế kỷ 20, độ tin cậy cung cấp điện của các nước công nghiệp phát triển vào khoảng 99.9%, tương ứng khoảng thời gian mất điện trong một năm là 8 giờ mà phổ biến dưới dạng mất điện trong một vài phút. Điều này không thành vấn đề đối với hệ thống chiếu sáng hoặc hệ thống điện cơ, tức với kỹ thuật tương tự (analog), chất lượng điện chỉ bao gồm hai chỉ tiêu quan trọng nhất là điện áp và tần số.

Nhưng đối với hệ thống kỹ thuật số (Digital) vấn đề không đơn giản như vậy. Đặc biệt với các thiết bị trong lĩnh vực công nghệ thông tin được ứng dụng từ công nghệ kỹ thuật số luôn được xem là bước đệm quan trọng trong việc làm gia tăng sản phẩm, giảm thiểu chi phí sản xuất và tạo sự ổn định bền vững cho xã hội.

Độ tin cậy cung cấp điện của các hệ thống có máy tính cần phải tăng lên rất nhiều, vì mất điện dù chỉ trong một vài mili giây sẽ có nguy cơ mất hết thông tin hoặc làm rối loạn quá trình trao đổi dữ liệu máy tính và các yêu cầu hệ thống kỹ thuật số phải khởi động lại.

Việc mất điện thường xuyên khiến nhiều doanh nghiệp khôn đốn vì phải ngừng hoạt động. Máy phát điện dự phòng ra đời (với giá từ vài triệu đến vài chục triệu/ bộ tùy loại) có thể duy trì hoạt động của các thiết bị như tổng đài điện thoại, máy fax, quạt, ti vi... đặc biệt có thể cấp điện, duy trì hoạt động trong 8 giờ cho 1-2 máy tính để bàn hoặc 3-5 laptop với các thiết bị mạng là điều mà nhiều doanh nghiệp cần khi bị mất điện lưới.

Tình trạng cắt điện thường xuyên ảnh hưởng nghiêm trọng đến các kế hoạch sản xuất- kinh doanh và nhu cầu sinh hoạt của người dân. Theo thống kê thì khoảng 90% hồng hóc có nguyên nhân bắt đầu từ trục trặc của nguồn điện, mất nguồn điện có thể làm hư hỏng thiết bị. Nghiêm trọng hơn có thể mất hoàn toàn dữ liệu dẫn tới nhiều thiệt hại to lớn không thể lường trước được. Các thiết bị ổn áp như Lioa, Robo, AST... rất phổ biến trên thị trường, thiết bị ổn áp có chức năng ổn định nguồn điện cung cấp, tuy nhiên mặt hạn chế lớn nhất là không dùng được khi mất điện nguồn. Vì thế cần đến các nguồn điện dự phòng. *Có nhiều nguồn điện dự phòng khác nhau như: pin, ắc quy, máy phát điện, bộ kích điện, bộ lưu điện (UPS), hệ thống điện sử dụng năng lượng mặt trời...*

Thông thường các bộ lưu điện (UPS) tiêu chuẩn của các hãng chỉ lưu được 10 đến 23 phút, đủ thời gian để lưu dữ liệu và thoát khỏi hệ thống. Tuy nhiên có nhiều nhu cầu cần làm việc liên tục 24/24h không thể ngừng hoạt động như: Trung tâm dữ liệu, Ngân hàng, Bệnh viện, máy chủ Internet...thì các UPS tiêu chuẩn không thể đáp ứng được vì vậy cần các giải pháp lưu điện nhiều hơn, lên tới 8h, thậm chí 24h. Giải pháp kết hợp *Bộ đổi điện Inverter và tự động sạc ắc quy* sẽ mang đến cho người sử dụng biện pháp đảm bảo an toàn nguồn điện cung cấp, an toàn dữ liệu với thời gian lưu điện từ 1 đến 24 giờ. Khi kết hợp bộ lưu điện với Ắc quy thì hệ thống này có độ ồn rất nhỏ, độ ổn định điện áp rất cao, tự động chuyển đổi hoàn toàn, có thể vận hành 24/24 giờ, khi mất điện hệ thống sẽ tự động chuyển sang chế độ dùng nguồn dự phòng mà hoàn toàn không phải mất chi phí và nhân công vận hành.

Ắc quy dùng là loại Ắc quy khô kín khí hoàn toàn không phải bảo dưỡng, tuổi thọ rất cao từ 3 đến 15 năm, sản phẩm này mệnh danh là sản phẩm làm sạch môi trường nên đang được thế giới khuyến khích sử dụng. Chính vì độ ổn định điện áp cao cấp, nguồn liên tục không bị gián đoạn nên thường được ứng dụng cho: văn phòng, cơ sở sản xuất hoặc gia đình có thiết bị cần duy trì chạy liên tục để lưu trữ - xử lý dữ liệu mà nếu dùng máy phát điện sẽ bị gián đoạn vì phải mất thời gian khởi động máy. Chi phí vận hành không đáng kể, khi có điện lưới bình thường thì hệ thống tự động nạp điện vào ắc quy, khi mất điện hệ thống sẽ tự động dùng năng lượng tích trong ắc quy chuyển đổi thành điện xoay chiều cấp cho thiết bị sử dụng sử dụng. Hệ thống có rất nhiều mức công suất để lựa chọn, phù hợp với nhu cầu sử dụng như cho văn phòng, gia đình cũng như kinh phí cho phép.

Máy phát điện dự phòng tại chỗ được trình bày cụ thể trong mục 10.3.

10.2. Chọn lựa và đặc tính của nguồn điện dự phòng

Việc chọn lựa và đặc tính của nguồn điện dự phòng tùy thuộc vào yêu cầu của người sử dụng (vốn đầu tư ban đầu, chi phí vận hành, công suất của thiết bị tiêu thụ điện,...). Sau đây chúng ta tiến hành so sánh một số tiêu chí giữa kích điện và máy phát điện.

“Kích điện” là tên gọi thông dụng về một thiết bị biến đổi từ điện áp thấp - một chiều của ắc quy (12, 24, 48V (DC)...) thành điện áp cao hơn - xoay chiều có tần số phù hợp với lưới điện quốc gia đang dùng (ví dụ ở Việt Nam thì điện áp là 220V, tần số 50 Hz).

Kích điện giống như UPS được dùng cho máy tính, khác nhau là UPS được trang bị sẵn một vài ắc quy có dung lượng vừa phải ở bên trong, còn kích điện thì không. Có thể gọi kích điện là một UPS có ắc quy gắn ngoài. Bảng so sánh tóm tắt giữa kích điện và máy phát điện như sau:

Tiêu chí so sánh	Máy phát điện	Kích điện (Inverter)
Sử dụng công suất	Chủ yếu là xăng, một số máy phát điện công suất lớn còn dùng dầu diesel	Năng lượng tích trữ trong các ắc quy (được nạp trước đó)
Công suất	Có nhiều loại, công suất từ vài trăm W đến vài chục kW	Công suất giới hạn, từ 100W đến vài kW. Công suất càng lớn càng đắt và yêu cầu cầu ắc quy.
Dạng sóng điện ra	- Sóng dạng sin chuẩn. - Tần số 50 Hz (hoặc 60 Hz tùy vùng khác) nếu ở chế độ vận hành động thiết kế chuẩn.	- Có 2 loại sóng sin chuẩn hoặc sin giả (phồng nhưng tốt nhất nên chọn loại Sin chuẩn (true sine), khi chạy ở chế độ ắc quy, sóng Sine còn tốt hơn điện lưới. - Tần số 50 hoặc 60 Hz tùy chọn.
Thích hợp sử dụng	- Cho mọi loại thiết bị có công suất phù hợp (nhỏ hơn công suất máy phát)	- Loại Sin chuẩn dùng được cho tất cả thiết bị điện Ti vi, đèn tuýp điện tử, máy bơm, quạt, tủ lạnh, điều hoà

	ình cơ động cao, có thể hoạt động ở các vùng khác nhau	oại Sine mô phỏng không nên dùng cho thiết bị có các cuộn dây ở bên trong (ạt, động cơ, tủ lạnh, điều hoà)... Có thể vận chuyển dễ dàng, nhưng không được dùng tại nơi không có điện (tàu thuyền, địa phương chưa có điện lưới...)
Ảnh hưởng môi trường khi việc	- Rất ồn, và do đó không hợp cho việc hoạt động đêm. Khí thải độc hại cho con người và môi trường nếu trong không gian hẹp, do đó phải đặt nơi có không gian thoáng.	- Không ồn, chỉ nghe thấy chủ yếu là tiếng của quạt làm mát hoặc tiếng rung nhỏ của lõi sắt từ. Ảnh hưởng sức khỏe không thể có hại, nếu dùng kèm có thể có mùi (nếu loại ắc quy nước, ắc quy kín khí hoặc loại cần bảo dưỡng thì không gây mùi). Nếu dùng ắc quy khô thì có thể đặt tại mọi nơi trong nhà miễn là thuận tiện.
Mức độ nguy hiểm khi làm việc	Sử dụng nhiên liệu dễ nổ nên khả năng nguy hiểm cao hơn	Sử dụng ắc quy là loại có khả năng cháy nổ nếu bị làm đoản mạch (chập) cực ắc quy.
Bảo dưỡng	- Thay dầu nhớt thường xuyên khi hoạt động. Lỗi máy vài phút mỗi tháng như không sử dụng lâu.	Không phải bảo dưỡng, nhưng phải bảo dưỡng ắc quy đi kèm theo kích điện. Bảo dưỡng ắc quy gồm: châm thêm nước phụ nạp điện sau mỗi khoảng thời gian (loại ắc quy).
Mức độ dễ sử dụng	- Thường phải “giật nổ” động tác dứt khoát khi khởi động nên gây khó khăn cho người sử dụng là phụ nữ và người già.	- Chỉ phải bấm hoặc gạt nút để khởi động nên thuận tiện cho mọi lứa tuổi.
Chi phí đầu tư	Khoảng hơn 8 triệu (đối với loại máy phát chất lượng cao)	Khoảng hơn 4,5 triệu (bao gồm kích điện và ắc quy)

Chúng ta cần làm rõ một số vấn đề mà chưa so sánh cụ thể trong bảng trên như sau:

Nhiên liệu, năng lượng

Tiêu chí sử dụng năng lượng ta chỉ quan tâm đến hiệu quả khi trả tiền cho năng lượng sử dụng đó thế nào.

Đối với máy phát điện, nhiên liệu sử dụng là xăng (chiếm phần lớn, chủ yếu các máy công suất nhỏ dùng xăng) hoặc dầu (đối với các máy phát điện có công suất lớn).

Kích điện sử dụng điện lưới để nạp điện vào ắc quy, rồi sử dụng điện được nạp đó để phát điện 220V.

Xét về mặt giá trị phải trả thì rõ ràng nhiên liệu xăng sẽ phải trả tiền ngay, còn tiền điện nạp thì cộng vào hoá đơn điện hàng tháng. Vậy về mặt này thì kích điện chiếm ưu điểm.

Công suất

Xét về lý thuyết thì hai thiết bị đều có đủ loại công suất phù hợp với nhu cầu sử dụng của gia đình cũng như cho cả một công ty nhỏ, tuy nhiên loại thông dụng của máy phát điện thì thường có công suất lớn hơn loại thông dụng của kích điện.

So sánh giữa hai loại này đều không bao giờ đạt chuẩn nếu không đưa thêm yếu tố giá thành vào. Đối với máy phát điện, tỷ số kwh/đồng thấp hơn so với một bộ kích điện và ắc quy.

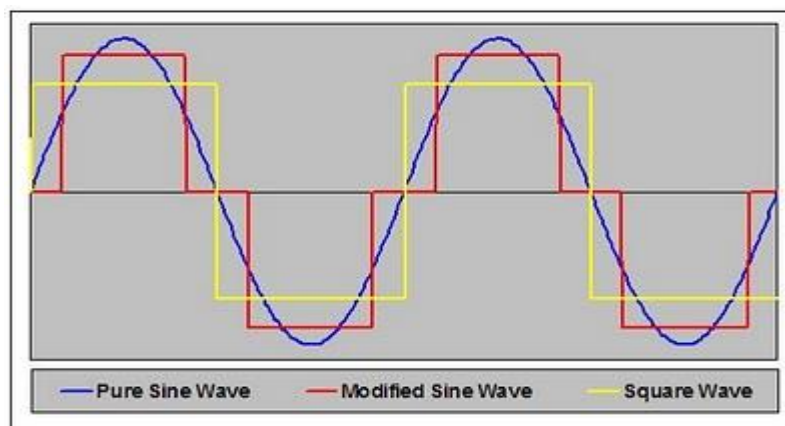
Vậy về mặt này máy phát điện chiếm ưu thế hơn.

Dạng điện đầu ra

Điện áp đầu ra của máy phát cũng như kích điện đều đạt mức 220V, tần số đầu ra có thể dao động quanh mức 50 Hz (nếu như không có sự điều chỉnh nào vào máy phát hoặc sử dụng máy phát điện chuẩn) do đó điện áp và tần số đầu ra của hai thiết bị này tương đương nhau.

Tuy nhiên, dạng điện đầu ra là vấn đề cần đề cập đến. Đối với máy phát điện – do có cùng nguyên lý hoạt động với các máy phát của các nhà máy điện nên dạng biên độ điện của nó hoàn toàn là hình sin chuẩn, nhưng đối với kích điện thì dạng biên độ điện đầu ra lại là xung vuông.

Dạng điện sin chuẩn thì phù hợp đối với mọi loại thiết bị sử dụng điện (bởi chúng được thiết kế sử dụng cho dạng điện này) nhưng dạng xung vuông lại không phù hợp với tất cả các loại thiết bị điện. Một số dạng sóng đầu ra:



Hình 10.1. Một số dạng điện đầu ra của máy phát điện và kích điện

Hình 10.1, đường màu xanh là dạng sin chuẩn, đường màu đỏ và màu vàng là dạng xung vuông. Tuy cùng là xung vuông như có sự khác nhau một chút giữa đường màu đỏ

và màu vàng: Đường màu vàng là hoàn toàn xung vuông, nhưng đường màu đỏ là dạng xung gần với dạng sin chuẩn hơn so với đường màu vàng.

Dạng xung vuông thường dùng không tốt đối với các thiết bị có tính cảm kháng – hay hiểu đơn giản là bên trong của nó có nhiều cuộn dây, các thiết bị này bao gồm: quạt điện, máy bơm nước, tủ lạnh, điều hoà (có động cơ máy nén), cửa cuốn, đèn tuýp loại sử dụng chấn lưu dây quấn thông thường (còn loại sử dụng chấn lưu điện tử hoặc loại đèn compact tiết kiệm điện thì vẫn sử dụng tốt bình thường). Khi sử dụng kích điện có điện ra dạng xung vuông thì các thiết bị kể trên nếu có chất lượng không tốt thì dễ gây ra nóng, phát tiếng kêu “tè tè”. Tất nhiên là dạng xung vuông này vẫn sử dụng được, nhưng chúng gây hại cho thiết bị.

Đối với các loại thiết bị còn lại: Đèn tuýp sử dụng chấn lưu điện tử, đèn compact, tivi các loại (CRT, LCD...), máy tính, monitor... thì sử dụng bình thường bởi bên trong các thiết bị này hầu như hoạt động theo nguyên tắc: biến đổi điện xoay chiều thành một chiều, rồi từ đó chuyển đổi sang các loại điện áp sử dụng ở bên trong (hoặc rung lên tần số cao cho việc phát sáng ở các đèn ống).

Vậy thì ở tiêu chí này máy phát điện chiếm ưu thế nổi trội so với kích điện.

Ảnh hưởng môi trường

Mặc dù ảnh hưởng đến môi trường là vấn đề mà nhiều người chúng ta đã không quan tâm đến, nhưng ảnh hưởng của máy phát và kích điện chắc chắn có liên quan trực tiếp đến người sử dụng và khu vực lân cận nên chúng ta bắt buộc phải cân nhắc khi lựa chọn sử dụng.

Máy phát điện là sự kết hợp giữa một động cơ đốt trong và một máy phát điện nên khi hoạt động chúng luôn phát ra tiếng ồn và thải ra sản phẩm của khí cháy. Tùy thuộc vào vị trí đặt máy, công suất của máy phát (và cả tiêu chuẩn khí thải mà máy áp dụng) mà mức độ ảnh hưởng của nó sẽ như thế nào đối với chính người sử dụng và khu vực lân cận. Đa số thường đặt máy phát trên mặt đất ở gần nơi tiêu thụ điện nên tiếng ồn của động cơ đều đều liên tục sẽ gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Vị trí đặt máy và hướng gió tự nhiên cũng có thể gây khuếch tán với không khí và vào nhà gây ảnh hưởng đến hệ hô hấp của người trong nhà. Máy phát còn có thể không được chấp nhận khi sử dụng vào ban đêm bởi ảnh hưởng đến giấc ngủ của người sử dụng và khu vực lân cận.

Ngược lại với máy phát thì bộ kích điện hoạt động hoàn toàn im lặng, tuy nhiên về khoản khí thải thì cũng có một chút đối với một số loại bình ắc quy mà kích điện sử dụng. Nếu sử dụng ắc quy khô, ắc quy kín khí hoặc ắc quy loại không cần bảo dưỡng thì hoàn toàn không có mùi nào phát ra từ ắc quy trong quá trình nạp điện, với loại ắc quy nước thông thường (mà cách nhận biết đơn giản nhất là các bình ắc quy “nước” thường có các nút đậy các ngăn của bình, loại bình 12V thì có 6 nút) thì quá trình nạp điện có thể gây ra mùi nhưng không nhiều. Nếu nhà có thiết kế tầng âm hoặc tầng mái thì việc đặt ắc quy cùng bộ kích điện tại đây là hoàn toàn không ảnh hưởng đến cuộc sống cũng những người trong nhà.

Vậy về tiêu chí này thì máy kích điện hoàn toàn chiếm ưu thế.

Mức độ dễ sử dụng

Nếu không thuộc loại máy phát điện chạy diesel (hoặc một vài loại máy chạy xăng) có công suất lớn và hiện đại để có thể sử dụng ắc quy và hệ thống “đề” bằng điện thì đa số các loại máy phát đều phải giật nổ. Do động tác giật nổ các máy phát điện phải nhanh và dứt khoát nên gây khó khăn cho người sử dụng không có đủ sức khỏe cần thiết – nhất là đa số phụ nữ và người già. Đối với kích điện thì việc sử dụng thuận tiện hơn nhiều bởi chỉ phải bấm công tắc khi khởi động.

Do vậy ở tiêu chí mức độ dễ sử dụng thì kích điện chiếm ưu thế hơn.

Chi phí đầu tư

Máy phát điện với công suất từ 1 KVA trở lên trong thời điểm khoảng (tháng 5 năm 2010) có giá khoảng từ 10 triệu đồng trở lên đối với máy phát điện chạy xăng có thương hiệu của Nhật Bản (còn lắp ráp ở đâu thì vẫn còn nhiều loại), các máy phát của Trung Quốc thì có giá rẻ hơn – khoảng vài triệu đồng.

Bộ kích điện luôn phải mua ít nhất hai thiết bị: bộ kích điện, ắc quy. Tùy theo dung lượng ắc quy và công suất thiết kế của kích điện mà giá thành bộ này giao động trong khoảng từ 3 đến 6 triệu đồng với loại thông thường, với loại công suất lớn với thương hiệu tốt thì giá thành có thể đến 10 triệu đồng hoặc hơn.

10.3. Máy phát dự phòng tại chỗ

Máy phát điện là thiết bị biến đổi cơ năng thành điện năng thông thường sử dụng nguyên lý cảm ứng điện từ. Nguồn cơ năng sơ cấp có thể là các động cơ tua bin hơi, tua bin nước, động cơ đốt trong, tua bin gió hoặc các nguồn cơ năng khác.

Máy phát điện giữ một vai trò then chốt trong các thiết bị cung cấp điện. Nó thực hiện ba chức năng: phát điện, chỉnh lưu, hiệu chỉnh điện áp.

10.3.1. Lịch sử phát triển (THAM KHẢO)



Hình 10.2. Máy phát điện xoay chiều đầu thập niên 20

Máy phát điện xoay chiều vào đầu thập kỉ 20, chế tạo tại Budapest, Hungary, trong buồng phát của một trạm thủy điện.

Trước khi từ tính và điện năng được khám phá, các máy phát điện đã sử dụng nguyên lý tĩnh điện. Máy phát điện Wimshurst đã sử dụng cảm ứng tĩnh điện. Máy phát Van de Graaff đã sử dụng một trong hai cơ cấu sau:

- Điện tích truyền từ điện cực có điện áp cao
- Điện tích tạo ra bởi sự ma sát

Máy phát tĩnh điện được sử dụng trong các thí nghiệm khoa học yêu cầu điện áp cao. Vì sự khó khăn trong việc tạo cách điện cho các máy phát tạo điện áp cao, cho nên máy phát tĩnh điện được chế tạo với công suất thấp và không bao giờ được sử dụng cho mục đích phát điện thương mại.

Faraday



Hình 10.3. Máy phát xách tay nhìn từ phía bên cạnh có động cơ xăng

Vào năm 1831-1832 Michael Faraday đã phát hiện ra rằng một chênh lệch điện thế được tạo ra giữa hai đầu một vật dẫn điện mà nó chuyển động vuông góc với một từ trường. Ông ta cũng đã chế tạo máy phát điện từ đầu tiên được gọi là "đĩa Faraday", nó dùng một đĩa bằng đồng quay giữa các cực của một nam châm hình móng ngựa. Nó đã tạo ra một điện áp một chiều nhỏ và dòng điện lớn.

Dynamo

Dynamo là máy phát điện đầu tiên có khả năng cung cấp điện năng cho công nghiệp. Dynamo sử dụng nguyên lý cảm ứng điện từ để biến đổi năng lượng quay cơ học thành dòng điện xoay chiều. Cấu tạo của dynamo bao gồm một kết cấu tĩnh mà nó tạo ra từ trường mạnh và một cuộn dây quay. Ở các máy phát dynamo nhỏ, từ trường được tạo ra bằng các nam châm vĩnh cửu, đối với các máy lớn, từ trường được tạo ra bằng các nam châm điện.

Máy phát dynamo đầu tiên dựa trên nguyên lý Faraday được chế tạo vào năm 1832 do Hippolyte Pixii- một nhà chế tạo thiết bị đo lường. Máy này đã sử dụng một nam châm vĩnh cửu được quay bằng một tay quay. Nam châm quay được định vị sao cho cực Nam và cực Bắc của nó đi ngang qua một mẫu sắt được quấn bằng dây dẫn. Pixii phát hiện rằng nam châm quay đã tạo ra một xung điện trong dây dẫn mỗi lần một cực đi ngang qua cuộn dây. Ngoài ra, các cực Bắc và Nam của nam châm đã tạo ra một dòng điện có chiều ngược nhau. Bằng cách bổ sung một bộ chuyển mạch, Pixii đã có thể biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều.

Không giống như đĩa Faraday, nhiều vòng dây được nối nối tiếp được sử dụng trong cuộn dây chuyển động của dynamo. Điều này cho phép điện áp đầu cực của máy cao hơn so với đĩa Faraday tạo ra, do đó điện năng có thể phân phối ở mức điện áp thích hợp.

Mối quan hệ giữa chuyển động quay cơ học và dòng điện trong dynamo là quá trình thuận nghịch, nguyên lý về mô tơ điện đã được phát hiện khi người ta thấy rằng một máy dynamo có thể tạo ra cho một máy dynamo thứ hai quay nếu cấp dòng điện qua nó.

Jedlik dynamo

Năm 1827, Anyos Jedlik bắt đầu thử nghiệm với các thiết bị quay có từ tính mà ông gọi là các rotor tự từ hóa. Trong mẫu vật đầu tiên của một bộ khởi động đơn cực, (đã được hoàn tất trong khoảng 1852 và 1854) cả phần tĩnh lẫn phần quay đều là nam châm điện. Ông đã trình bày nguyên lý của dynamo ít nhất là 6 tháng trước Ernst Werner von Siemens và Charles Wheatstone. Trên thực chất nguyên lý của nó là thay vì sử dụng nam châm vĩnh cửu, thì dùng 2 nam châm điện đối xứng nhau để tạo ra từ trường bao xung quanh rotor.

Gramme dynamo

Cả hai thiết kế trên đều tồn tại một vấn đề như nhau: Chúng tạo ra những xung dòng điện nhọn đầu không mong muốn. Antonio Pacinotti, một nhà khoa học người Ý đã tìm cách giải quyết vấn đề bằng cách thay các cuộn dây tròn bằng các cuộn dây hình xuyên, tạo ra bằng cách quấn trên một vòng thép. Như vậy luôn có một số vòng của cuộn dây sẽ thông qua từ trường, và làm cho điện áp, dòng điện có dạng phẳng hơn. Zénobe Gramme đã thực hiện lại thiết kế này vài năm sau đó khi thiết kế một số nhà máy điện ở Paris trong thập niên 1870. Thiết kế này bây giờ được gọi là Gramme dynamo. Những phiên bản khác nhau đã được phát triển, và chế tạo từ dây, nhưng nguyên lý cơ bản về những cuộn dây xếp theo vòng đã trở thành trái tim của tất cả các dynamo hiện nay.

10.3.2. Khái niệm

Máy phát điện làm di chuyển dòng điện nhưng không tạo ra điện tích. Những điện tích này sẵn có trong phần dẫn điện của dây quấn. Một cách nào đấy, nó có thể ví với một cái bơm, tạo ra dòng nước chảy nhưng không tự tạo ra nước.

Cũng có những máy phát điện kiểu khác, dựa trên những hiện tượng điện tự nhiên khác như hiệu ứng áp điện, hiệu ứng từ thủy động. Kết cấu của dynamo tương tự với các động cơ điện, và các loại dynamo thông dụng đều có thể hoạt động như một động cơ.

10.3.3. Máy phát điện công suất thấp

Những chiếc xe có gắn động cơ đầu tiên có khuynh hướng lắp đặt các máy phát điện một chiều với bộ điều hòa điện thế bằng cơ khí. Kiểu này không được tin cậy hoàn toàn, và hiệu suất thấp, nên sau này đã được thay thế bằng các máy phát điện xoay chiều với những mạch chỉnh lưu lắp trong. Công suất của hệ thống điện này trên xe sẽ nạp lại cho các bình ắc quy sau khi khởi động. Đầu ra định mức của nó thường trong khoảng 50 -100 A ở điện thế 12 V, tùy thuộc vào thiết kế tải phần điện bên trong xe. Một số xe hiện nay có hệ thống trợ động dùng điện, và hệ thống điều hòa nhiệt độ cũng bằng điện. Những thiết bị này làm tăng tải của hệ thống điện. Các xe tải nặng hơn sẽ sử dụng nguồn 24 volt để

có đầy đủ lực cho động cơ khởi động để có thể quay được các động cơ diesel lớn, mà không cần những sợi cáp điện lớn hơn, vốn ít tin cậy hơn. Các máy phát của xe thường không sử dụng nam châm vĩnh cửu; chúng có thể đạt được hiệu suất đến 90% ở trong một dải tốc độ rất rộng bằng cách điều khiển điện áp kích từ. Các máy phát dùng trong xe hai bánh sử dụng nam châm vĩnh cửu. Phần cảm của nó là các nam châm đất hiếm, vì thế có thể chế tạo nhỏ và nhẹ hơn các loại khác.

Một số máy phát điện nhỏ nhất có thể thấy là các máy phát điện cho đèn xe đạp. Các máy này thường là các máy phát nam châm vĩnh cửu, 0,5 A, cung cấp một công suất 3 đến 6 w ở điện thế 6 đến 12 V. Để có thể quay được bằng sức người đạp, vấn đề hiệu suất phải đặt ra hàng đầu, và phải được thiết kế và chế tạo rất tinh xảo, với những nam châm vĩnh cửu đất hiếm. Tuy nhiên, hiệu suất của nó chỉ có thể đạt được đến 60% với những máy phát tốt nhất, và 40% với loại thông thường, do phải sử dụng nam châm vĩnh cửu. Nhưng nếu muốn dùng máy phát điều chỉnh được kích từ, lại phải dùng bình ắc quy. Điều này không thể chấp nhận được, vì nó làm tăng trọng lượng và kích thước.

Những thuyền buồm thường sử dụng các máy phát kéo bằng sức nước hoặc sức gió, để nạp điện từ từ cho các bình ắc quy. Những chiếc chân vịt, các tua bin gió hoặc các bánh xe công tác sẽ được kết nối với các máy phát công suất thấp và bộ chỉnh lưu để có dòng điện đến 12 A ở tốc độ nhỏ nhất.

10.3.4. Máy phát điện động cơ nổ



Hình 10.4. Máy phát điện động cơ nổ

Máy phát điện - động cơ của một trạm thu phát vô tuyến. (nhà bảo tàng quân sự Dubendorf). Máy phát chỉ phát điện khi cần phát tín hiệu vô tuyến. Còn phía máy thu thì dùng nguồn ắc quy



Hình 10.5. Máy phát điện quay tay của trạm thu phát vô tuyến (nhà bảo tàng quân sự Dubendorf)

Một máy phát điện - động cơ nổ là tổ hợp một máy phát điện và một động cơ nổ kéo nó thành một khối thiết bị. Tổ hợp này có khi được gọi là bộ máy phát điện - động cơ (engine-generator set) hoặc bộ máy phát (gen-set). Trong nhiều ngữ cảnh khác nhau, người ta có thể quên đi cái động cơ nổ, mà chỉ gọi đơn thuần cả tổ hợp là máy phát điện (generator).

Đi kèm với máy phát điện và động cơ nổ, các bộ máy phát điện - động cơ nổ thường có kèm theo một bồn chứa nhiên liệu, một bộ điều tốc cho động cơ nổ và một bộ điều thế cho máy phát điện. Nhiều khối máy còn kèm theo bình ắc quy và bộ động cơ điện khởi động. Những tổ máy dùng làm máy phát dự phòng thường bao gồm cả hệ thống tự động khởi động và một bộ chuyển mạch đảo nguồn transfer switch để tách tải ra khỏi nguồn điện dịch vụ và nối vào máy phát.

Các bộ máy phát điện - động cơ nổ cung cấp công suất điện xoay chiều sao cho nó có thể được sử dụng thay thế nguồn điện lưới thường phải mua từ các trạm phân phối của công ty điện lực. Các thông số điện áp (volt), tần số (Hz) và công suất(watt) định mức của máy phát được lựa chọn sao cho phù hợp với tải cần nối vào máy phát. Có cả hai loại máy một pha và ba pha. Rất ít loại máy ba pha là máy xách tay di động. Thường máy xách tay người ta chỉ làm máy một pha và hầu hết các máy ba pha là loại máy lớn dùng trong công nghiệp.

bộ máy phát điện - động cơ nổ thường được chế tạo trong một dải công suất khá rộng. Nó có thể bao gồm từ các máy di động quay tay có thể cấp điện cỡ vài trăm watt, loại xách tay như hình vẽ trên, có thể cấp điện cỡ vài nghìn watt và loại tĩnh hoặc loại đặt trên rơ moóc có thể cấp điện đến vài triệu watt. Các máy nhỏ thường dùng nhiên liệu là xăng, và các máy lớn hơn sử dụng nhiều nguyên liệu khác nhau, từ dầu diesel, khí tự nhiên hay khí propane.

Khi sử dụng máy phát điện - động cơ nổ, ta phải quan tâm đến chất lượng của dạng sóng ra của nó. Điều này rất quan trọng khi sử dụng những thiết bị điện tử nhạy cảm. Một bộ điều hòa điện năng power conditioner có thể lấy những sóng vuông do máy phát điện - động cơ nổ phát ra, và làm cho nó đẹp đẽ lại bằng cách cho nó chạy qua một mạch điện

trong đó có phần trung gian là một bình ắc quy. Sử dụng một bộ nghịch lưu cao cấp thay thế máy phát điện có thể tạo ra điện áp có dạng sóng thuần sin hơn. Một vài loại nghịch lưu chạy rất êm, tạo ra điện áp sin rất sạch sẽ, phù hợp với máy tính điện tử và các thiết bị điện tử nhạy cảm. Tuy nhiên một số bộ nghịch lưu rẻ tiền không phát ra được điện áp sin hoàn hảo, và có thể làm hư hỏng một số thiết bị điện tử.

Các máy phát điện động cơ nổ thường được sử dụng để cung cấp điện cho các vùng mà nguồn điện lưới không kéo đến được, và trong những tình huống phải cấp điện ngắn hạn tạm thời. Các máy phát nhỏ đôi khi có thể dùng để cấp điện cho các dụng cụ tại các công trường xây dựng. Các máy phát điện loại rô moóc có thể dùng cấp điện cho chiếu sáng, và các trò chơi giải trí trong các hội chợ di động.

Các máy phát điện dự phòng thường được lắp đặt cố định và luôn sẵn sàng hoạt động để cấp điện cho những tải quan trọng khi nguồn điện lưới bị gián đoạn. Bệnh viện, các cơ sở thông tin liên lạc, các trạm bơm và rất nhiều các dịch vụ quan trọng đều được lắp đặt máy phát điện dự phòng.

Các máy phát điện cỡ nhỏ hoặc cỡ trung đặc biệt phổ biến ở các nước trong thế giới thứ ba, nơi nguồn điện lưới không tin cậy. Các máy phát điện đặt trên rô moóc có thể được kéo đến những vị trí thiên tai khi nguồn điện lưới bị gián đoạn.

Máy phát điện cũng có thể được vận hành bằng sức người để tạo ra nguồn điện tức thời trong lĩnh vực thông tin liên lạc.

10.3.5. Máy phát điện công suất trung bình

Máy phát điện - động cơ nổ công suất trung bình như hình vẽ dưới đây là một bộ máy có công suất 100 kVA cấp điện áp 415 V với dòng điện khoảng 110 A per phase. Nó được kéo bằng một máy Perkins Phaser, sê ri 1000 dung tích xy lanh 6,7l có hệ thống nạp gió kiểu turbo. Máy này tiêu thụ khoảng 27l nhiên liệu mỗi giờ, có bồn chứa 400 l. Các máy phát điện tĩnh có thể được thiết kế đến hàng nghìn kW và thường quay ở tốc độ 1500 vòng/phút với tần số 50 Hz, và 1800 vòng/phút với tần số 60 Hz. Các bộ máy sử dụng động cơ diesel ở công suất tối ưu có thể phát được khoảng 3 kWh với mỗi kg nhiên liệu, và có thể có hiệu suất thấp hơn khi làm việc ở các tải khác.

10.3.6. Máy phát điện tua bin nước

Thông thường, các tua bin nước có tốc độ thấp. Vì thế các máy phát điện kéo bằng tua bin nước cũng có tốc độ rất thấp. Các máy này thường có nhiều đôi cực, trục ngắn, đường kính lớn, chế tạo theo kiểu cực lõi. Tùy theo thể loại, và tùy theo tốc độ của tua bin nước, các máy này có thể được đặt đứng hay nằm ngang.

Đối với những máy phát điện nhỏ, có đường kính ngoài nhỏ hơn 1 m, mạch từ của stator chỉ là một khối hình xuyên làm bằng các lớp lá thép kỹ thuật điện có sơn cách điện ghép lại. Đối với các máy có đường kính lớn hơn 1 m, thường phải làm từ nhiều khối dạng vòng cung.

Rotor của máy phát điện thường làm bằng nhiều khối thép rèn ghép lại với nhau thành nhiều cực từ. Trên mỗi cực từ có các cuộn dây kích thích quấn tập trung.

10.3.7. Máy phát điện tua bin hơi và tua bin khí



Hình 10.6. Máy phát điện kéo bằng Tua bin hơi nước

Các tua bin hơi và tua bin khí có tốc độ cao hơn tua bin nước. Các máy phát điện tua bin hơi hoặc tua bin khí thường được chế tạo với tốc độ cao nhất (3000 vòng/phút đối với máy có tần số 50 Hz, và 3600 vòng/ phút đối với máy 60 Hz). Hầu hết các máy phát điện tua bin hơi và máy phát điện tua bin khí là loại trục nằm ngang, chế tạo theo kiểu cực ắc. Loại này có rotor dài hơn nhiều so với đường kính.

Stator của máy cũng giống như máy phát cực lồi. Thông thường với đa số các máy có đường kính lớn hơn 1 m, lõi thép stator được chế tạo thành nhiều cung, bằng thép silicon cao cấp, có tính định hướng, phủ chất cách điện để giảm thiểu tổn thất điện năng. Người ta thường không ghép thành một khối như các máy điện cỡ nhỏ, mà làm thành nhiều lớp, có khe hở ở giữa để thông gió làm mát.

Các đầu dây Stator của một máy phát điện sau khi tháo nắp máy phát

Cuộn dây stator được làm từ các thanh dẫn đồng xếp nằm trong các rãnh, hai đầu nối lại với nhau thành các vòng dây. Các thanh dẫn thường không phải là thanh đặc nguyên khối, mà được làm từ các dây dẹp quấn bên theo kiểu Roebel, sao cho mỗi thanh nhỏ trong bó đều có một chiều dài bằng nhau, dù có phải uốn lượn theo nhiều hướng khác nhau. Các dây nối ra ngoài và dây nối giữa các pha, các vòng dây với nhau được cố định chắc chắn hai đầu bằng các vật liệu cách điện có độ bền điện và độ bền cơ học cao.

Điện áp ra của stator thường nằm trong khoảng vài kV đến 14,4 kV. Muốn truyền đi xa hơn, người ta thường phải dùng một máy biến áp tăng áp. Để lấy điện đưa xuống sử dụng cho các thiết bị điện phục vụ cho tổ máy vận hành, người ta dùng một máy biến áp hạ áp, trong trường hợp này gọi là máy biến áp tự dùng.



Hình 10.7. Rotor của một máy phát điện tua bin khí sau khi được rút ra ngoài, và chuẩn bị cẩu về cơ xưởng

Rotor của nó có dạng trụ có xẻ rãnh, quấn nhiều cuộn dây kích từ đồng tâm. Hai đầu chỗ các mối hàn nối các thanh và các cuộn dây với nhau được bảo vệ bằng một vòng thép hình trụ, gọi là vòng hộ hoàn. Các dây dẫn ra ngoài được dẫn xuyên qua dọc theo trục máy để đưa ra phía đầu rotor. Từ đó có thể nối vào các vành nhận điện, để có thể đưa dòng điện từ bên ngoài vào qua các chổi than. Dòng điện đưa vào rotor máy phát điện thường là dòng điện một chiều, gọi là dòng kích thích.

Thông thường, hai đầu của rotor đều có lắp đặt cánh quạt để thổi chất khí đi vào theo các đường dẫn đặt sẵn, để làm mát máy. Chất khí đó có thể là không khí tự nhiên, thông với môi trường bên ngoài, hoặc khí hydro, tuần hoàn kín. Trong trường hợp tuần hoàn kín, có thể phải lắp đặt thêm một số bộ trao đổi nhiệt, để làm mát chất khí đó bằng nước.

Các máy phát điện tua bin hơi và máy phát điện tua bin khí có thể chế tạo từ một vài MW đến 700 MW.

10.3.8. Một số kỹ thuật mới

Trong khoảng 40, 50 năm gần đây, có nhiều kỹ thuật mới được sử dụng để chế tạo máy phát điện. Có thể kể như sau:

- Hệ thống kích thích không chổi than, còn gọi là hệ thống kích thích xoay chiều. Thay máy phát kích thích một chiều bằng máy xoay chiều, và sử dụng hệ thống chỉnh lưu quay. Điều này cho phép loại bỏ hệ thống chổi than kền càn, không tin cậy.

- Hệ thống kích thích tĩnh. Không dùng máy kích thích cả một chiều lẫn xoay chiều. thay bằng một biến thế kích thích, và hệ thống chỉnh lưu công suất.

- Hệ thống máy phát điện áp cao: Thay các dây quấn Stator bằng hệ thống dây cáp điện lực cao áp. Nhờ đó giảm được công chế tạo dây quấn máy phát, và có thể nâng điện áp ra đến 70 kV.

10.3.9. Các chế độ vận hành

Máy phát điện có thể có các chế độ vận hành khác nhau như sau:

- * Phát điện độc lập, cung cấp điện cho một nhóm tải tập trung
- * Phát điện song song. Hòa đồng bộ với các máy khác, cung cấp cho một nhóm tải.
- * Hòa đồng bộ với lưới. Cung cấp công suất lên lưới điện.
- * Phát vô công, làm máy bù đồng bộ.

10.4. BỘ CHUYỂN ĐỔI ATS (AUTOMATIC TRANSFER SWITCH)



Hình 10.8. Tủ ATS

1. Khái niệm

ATS là hệ thống điều khiển dùng để chuyển tải nguồn tự động từ lưới điện chính sang nguồn điện dự phòng dùng máy phát điện khi lưới điện chính xảy ra sự cố. Khi lưới điện hoạt động bình thường trở lại, hệ thống ATS sẽ chuyển đổi phụ tải vận hành vào lưới điện chính và sau đó dùng máy phát điện dự phòng.

2. Vai trò

ATS được sử dụng để chuyển đổi nguồn tự động giữa điện lưới (nối với mạng điện) và cung cấp điện dự phòng (máy phát điện hoặc các nguồn cấp điện khác), với hoạt động đáng tin cậy, sử dụng đơn giản, cấu trúc nhỏ gọn, hiệu suất cao và chi phí phù hợp. Hệ thống điều khiển ATS theo dõi tình trạng hoạt động của nguồn điện chính và cung cấp điện dự phòng. Khi nguồn điện chính bị lỗi (ví dụ: thiếu pha, thấp áp hoặc mất điện hoàn toàn), hệ thống điều khiển sẽ đưa ra lệnh hoạt động tự động, sau đó bắt đầu cung cấp điện và chuyển từ chế độ chờ sang chế độ chờ điện cung cấp. Khi nguồn điện chính được phục hồi, hệ thống điều khiển sẽ tự động chuyển tải sang hệ thống cung cấp điện chính. Cả ATS và máy phát điện đều là hệ thống cung cấp điện khẩn cấp tự động, có thể chuyển tải trong giai đoạn đầu tiên, chẳng hạn như, chiếu sáng khẩn cấp, cung cấp điện khẩn cấp, thiết bị chữa cháy, các thiết bị cung cấp điện khẩn cấp ở những nơi quan trọng như bệnh viện, ngân hàng, viễn thông, sân bay, đài truyền hình cũng như các khách sạn,...

3. Phân loại

Khi phân loại hệ thống ATS căn cứ theo loại khí cụ điện động lực đóng cắt, ta có 3 loại chính:

- + ATS dùng contactor 3 cực hay 4 cực
- + ATS dùng loại Change over switch hay Motorized CB (Circuit Breaker – cầu dao tự động).
- + ATS dùng ACB (máy cắt không khí)

4. Ưu điểm và nhược điểm

a. *ATS dùng contactor:*

Ưu điểm: giá thấp, kết cấu gọn nhẹ, dễ dàng điều khiển.

Nhược điểm: tổn hao công suất và phải cấp điện để duy trì lực đóng tiếp điểm.

b. *ATS dùng CB*

Ưu điểm: không cần nguồn duy trì trạng thái đóng tiếp điểm, động cơ chấp hành tiêu thụ công suất nhỏ khả năng đóng cắt tốt.

Nhược điểm: có bộ chuyển động cơ khí phức tạp, thời gian tác động lâu hơn khi dùng contactor.



Hình 10.9. Tủ ATS

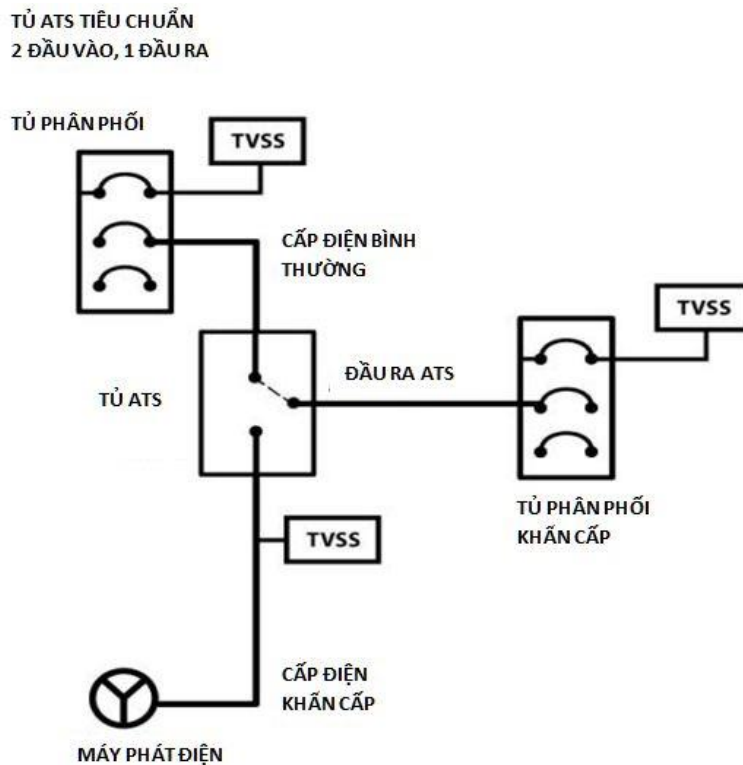
Tủ điện ATS là một thiết bị chuyển đổi nguồn tự động, khi điện lưới mất nó sẽ truyền tín hiệu để máy phát điện tự động khởi động và đóng điện cho phụ tải. Khi nguồn lưới phục hồi thì hệ thống tự chuyển nguồn trở lại và tự động tắt máy phát.

5. Nguyên tắc hoạt động cơ bản của tủ ATS:

Tủ ATS là một thiết bị khớp nối với một máy phát điện và hệ thống điện của tòa nhà. Nó theo dõi các nguồn điện và chuyển tín hiệu khởi động đến máy phát điện nếu nguồn điện xảy ra sự cố (mất pha, mất trung tính, thấp áp, quá áp,...) vượt quá khả năng đáp ứng của thiết bị điện hoặc khi sự cố mất điện xảy ra. Điện dự phòng ngay lập tức được cấp vào tủ điện đa dụng chính hoặc một tủ điện khẩn cấp thông qua tủ ATS.

Thông thường, tủ ATS có hai đầu vào và một đầu ra. Đầu vào là một máy phát điện dự phòng và nguồn điện. Tủ ATS sẽ tự động bật máy phát điện trong trường hợp mất điện hoặc nó có thể được bật bằng tay khi một cơn bão đang đến gần hoặc để bảo trì cung cấp điện liên tục (UPS). Máy phát điện được xem là một nguồn điện dự phòng đáng tin cậy và ổn định hơn các nguồn dự phòng khác.

Quá trình chuyển mạch của tủ ATS khá giống với các thiết bị chuyển mạch khác. Các quá trình chuyển mạch này có thể làm hỏng các thiết bị cuối. Sự bảo vệ tăng áp luôn luôn được khuyến khích sử dụng cho các thiết bị cuối của ATS.



Hình 10.10. Mô hình tủ ATS đơn giản

Hình 10.10 cho thấy một mô hình tủ ATS đơn giản. Có nhiều loại thiết bị chuyển mạch khác nhau nhưng các nguyên tắc áp dụng cơ bản là giống nhau.

10.5. BỘ LƯU ĐIỆN UPS (UNINTERRUPTIBLE POWER SYSTEM)



Hình 10.11. Bộ lưu điện UPS



a)



b)

Hình 10.12.

a) Mặt trước của bộ lưu điện UPS

b) Mặt sau của bộ lưu điện UPS

10.5.1. Bộ lưu điện UPS là gì?

Bộ lưu điện có tên tiếng Anh: Uninterruptible Power System (UPS) thiết bị này chúng ta nên hiểu theo đúng nghĩa của chúng là sử dụng để lưu điện, ngoài ra chúng còn có nhiều tính năng tích hợp giúp kiểm soát nguồn điện và ổn định chất lượng nguồn điện mức cao nhất.

10.5.2. Nguyên lý hoạt động

Điện lưới => UPS => Thiết bị, máy móc sử dụng.

Nguyên lý chung là vậy ngoài ra cách thức hoạt động còn phụ thuộc vào loại UPS khác nhau. Từ yêu cầu của các thiết bị về mức độ nguồn điện liên tục và chất lượng, UPS hay bộ lưu điện được phân thành các dòng sản phẩm chính về công nghệ như sau: UPS Offline đơn thuần, UPS Offline công nghệ Line-interactive, UPS Online, UPS tĩnh, UPS quay.

- UPS online: Hoạt động theo nguyên tắc chuyển đổi kép: từ AC sang DC sau đó chuyển ngược DC sang AC. Do đó nguồn điện cung cấp cho tải hoàn toàn do UPS tạo ra đảm bảo ổn định cả về điện áp và tần số. Điều này làm cho các thiết bị được cung cấp điện bởi UPS hầu như cách ly hoàn toàn với sự thay đổi của lưới điện. Vì vậy, nguồn do UPS online tạo ra là nguồn điện sạch (lọc hầu hết các sự cố trên lưới điện), chống nhiễu hoàn toàn. Điện áp ra hoàn toàn hình SIN và thời gian chuyển mạch gần như bằng 0

- UPS offline: Khi có nguồn điện lưới UPS sẽ cho điện lưới thẳng tới phụ tải. Khi mất điện, tải sẽ được chuyển mạch cấp điện từ ắc quy qua bộ inverter. Phạm vi áp dụng UPS loại này thường cho các thiết bị đơn giản, công suất nhỏ, ít nhạy cảm lưới điện, đòi hỏi độ tin cậy thấp. Đa số các UPS ngày nay đều có Software kèm theo giao tiếp với máy tính qua cổng COM hoặc USB. Software này cho phép kiểm soát các trạng thái hoạt động của UPS (Điện áp vào/ra, tải tiêu thụ...). Ngoài ra người ta còn có thể lập thời khoá biểu tự động. Có các loại UPS như bộ lưu điện cửa cuốn, trong hệ thống quản lý bãi xe tự động,.. Ưu điểm chính là gọn nhẹ, dễ vận hành sửa chữa.

- UPS tĩnh: Sử dụng bộ biến đổi điện tử công suất làm chức năng chỉnh lưu và nạp acqui để tích trữ điện năng khi làm việc bình thường. Khi xảy ra sự cố, điện áp một chiều qua bộ nghịch lưu được biến thành điện áp xoay chiều và được cấp cho các tải ưu tiên. Ưu điểm của UPS tĩnh là kích thước nhỏ gọn, đáp ứng nhanh, vận hành đơn giản, làm việc chắc chắn, dòng cho phép lớn.

- UPS quay: Sử dụng máy điện làm chức năng nghịch lưu.

10.5.3. Cách vận hành UPS

Thiết bị đảm bảo đã được tiến hành việc kiểm tra an toàn lần cuối sau khi hoàn tất việc đấu nối với nguồn điện lưới, dây tiếp đất (nếu có).

3.1. Khởi động (ON) UPS theo chế độ điện lưới (kết nối UPS với nguồn điện lưới):

Ấn vào và giữ nút **ON** nguồn trong khoảng 3-5s để bật UPS. Khi được kích hoạt, UPS sẽ bắt đầu quá trình tự kiểm tra hệ thống với các đèn hiển thị ở mặt trước, vài giây sau, đèn báo điện ngõ ra của UPS sáng lên. UPS đang hoạt động theo chế độ sử dụng điện lưới.

3.2. Tắt UPS khi đang hoạt động ở chế độ điện lưới:

Ấn vào và giữ nút **OFF** nguồn trong khoảng 3 giây để tắt UPS.

3.3. Khởi động (ON) UPS theo chế độ ắc quy (không nối với nguồn điện hay mất điện):

Ấn vào và giữ nút **ON** nguồn trong khoảng 3 giây để bật UPS. Khi được kích hoạt, UPS sẽ bắt đầu quá trình tự kiểm tra hệ thống với các đèn hiển thị ở mặt trước, vài giây sau đèn báo ắc quy sáng lên, UPS đang hoạt động ở chế độ ắc quy.

3.4. Tắt UPS đang hoạt động ở chế độ ắc quy:

Ấn vào và giữ nút **OFF** nguồn trong khoảng 3 giây để tắt UPS.

Lưu ý :

- Tuyệt đối không được bật nguồn của các thiết bị tải cần lưu điện trước khi đấu nối chúng với UPS. Sau khi công việc lắp đặt và đấu nối nguồn hoàn tất, người sử dụng cần phải khởi động nguồn UPS trước cho đến khi đèn hiển thị trạng thái trên UPS đã chuyển sang màu bình thường thì mới tiến hành khởi động nguồn của hệ tải được đấu nối vào UPS một cách tuần tự.

- Bất kỳ khi nào người sử dụng muốn ngừng việc sử dụng nguồn của UPS thì cần phải tiến hành tắt thiết bị cần lưu điện một cách tuần tự và cuối cùng mới tắt UPS, cắt cầu dao để ngắt nguồn cung cấp điện.

- Để đảm bảo an toàn cao trong quá trình lắp đặt và vận hành, nhà sản xuất khuyến cáo người sử dụng cần phải đấu nối hệ thống tiếp đất tốt cho các UPS công nghiệp hoặc công suất lớn.

- Đối với những thiết bị sử dụng điện như các loại mô-tơ động cơ, máy bơm nước, máy in laser, quạt điện, máy sấy,...luôn có dòng điện đề (khởi động) rất lớn, gấp 3 đến 5 lần so với dòng điện khi chúng đã hoạt động ổn định, do vậy khi có yêu cầu đảm bảo nguồn dự phòng cho các hệ tải này, người sử dụng phải lựa chọn các loại UPS có mức công suất cao gấp 3 ~ 5 lần tổng công suất danh định được ghi trên mỗi thiết bị cần lưu điện đó.

- Người sử dụng được khuyến cáo rằng công suất của máy phát điện khi cấp nguồn cho UPS phải có mức công suất danh định là cao gấp 3 lần công suất danh định của UPS

10.5.4. Tại sao nên sử dụng bộ lưu điện?

1. Do chất lượng điện lưới tại Việt Nam rất bất ổn, sự cố điện xảy ra khiến chúng ta bị động, quá tải liên tục do nhà máy ngày càng nhiều.

2. Hệ thống đường dây và cơ sở hạ tầng không được nâng cấp thường xuyên trong khi lượng điện tiêu thụ ngày càng tăng.

3. Các thiết bị máy móc với công nghệ xử lý ngày càng cao, yêu cầu chất lượng điện luôn đạt chuẩn, nhiều thiết bị kiểm tra điện đầu vào không đạt chất lượng máy sẽ không hoạt động.

4. Sử dụng để đảm bảo ổn định chất lượng dịch vụ cũng như chất lượng sản phẩm.

5. Tiết kiệm năng lượng và các tổn thất không đáng có do điện gây ra.

Chương XI

NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT $\cos\phi$ CỦA MẠNG ĐIỆN

I. YÊU CẦU ĐỐI VỚI SINH VIÊN

- **Mục tiêu:** + Sinh viên phải nắm được cách tiết kiệm điện năng trong quá trình tính toán thiết kế và quá trình vận hành hệ thống cung cấp điện.

- **Nhiệm vụ của sinh viên:**

+ Đọc trước giáo trình

+ Tham gia các giờ học trên lớp. Tự nghiên cứu các tài liệu tham khảo có liên quan.

+ Chuẩn bị trước các câu hỏi vướng mắc (nếu có).

+ Phải tóm tắt và nắm được nội dung chính của chương.

7. Khái niệm về hệ số công suất $\cos\phi$, các tính chất của hệ số công suất?

8. Ý nghĩa và mục đích của việc nâng cao hệ số công suất $\cos\phi$?

9. Các biện pháp nâng cao $\cos\phi$?

10. Các thiết bị bù $\cos\phi$?

11. Lựa chọn phương án bù?

12. Xác định vị trí lắp đặt tụ bù?

13. Xác định dung lượng bù tối ưu?

+ Phải chuẩn bị nội dung thảo luận theo yêu cầu.

II. QUY ĐỊNH HÌNH THỨC HỌC TRONG MỖI NỘI DUNG NHỎ

NỘI DUNG	HÌNH THỨC HỌC
11.1 Khái niệm chung	Giảng
11.2. Các tính chất của hệ số công suất $\cos\phi$	Giảng
11.3. Ý nghĩa và mục đích của việc nâng cao $\cos\phi$	Giảng, thảo luận nhỏ
11.4. Các biện pháp nâng cao $\cos\phi$	Giảng, thảo luận nhỏ
11.5. Các thiết bị bù	Giảng, thảo luận nhỏ
11.6. Lựa chọn phương án bù	Giảng, thảo luận nhỏ
11.7. Xác định vị trí lắp đặt tụ bù	Giảng, thảo luận nhỏ
11.8. Xác định dung lượng bù tối ưu	Giảng, thảo luận nhỏ
Ngân hàng câu hỏi	Thảo luận

III.3 CÁC NỘI DUNG CỤ THỂ

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Hệ số công suất $\cos \varphi$ của xí nghiệp là một chỉ tiêu đánh giá xí nghiệp dùng điện có hợp lý và tiết kiệm hay không? Do đó nhà nước đã ban hành các chính sách để khuyến khích các xí nghiệp phấn đấu nâng cao hệ số công suất $\cos \varphi$. Ví dụ nếu hệ số công suất $\cos \varphi$ của xí nghiệp thấp hơn $\cos \varphi$ quy định thì xí nghiệp đó bị phạt, nếu lớn hơn sẽ được thưởng.

Các biện pháp hạn chế các nguyên nhân gây ra tăng tổn thất điện năng là:

- Áp dụng công nghệ hiện đại vào sản xuất.
- Sử dụng hợp lý các thiết bị điện.
- Giảm công suất phản kháng truyền tải trên đường dây và máy biến áp bằng các thiết bị bù.
- Nâng cao điện áp định mức cũng như điện áp vận hành của mạng điện.
- Lựa chọn sơ đồ nối dây hợp lý nhất cho mạng điện.
- Kiểm tra thường xuyên tổn thất điện năng trong mạng điện và $\cos \varphi$ trong các xí nghiệp. Tuy nhiên trong lúc thực hiện các biện pháp tiết kiệm điện và nâng cao hệ số công suất $\cos \varphi$, cần chú ý không được gây ảnh hưởng đến quá trình sản xuất của xí nghiệp cũng như nhân dân lao động.

11.1.1. Hệ số công suất tức thời.

Là hệ số công suất tại một thời điểm nào đó, đo được nhờ dụng cụ đo $\cos \varphi$ hoặc nhờ các dụng cụ đo công suất, điện áp và dòng điện.

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}$$

Do phụ tải luôn luôn biến động nên $\cos \varphi$ tức thời cũng luôn luôn biến động theo. Vì thế giá trị $\cos \varphi$ tức thời không có ý nghĩa trong tính toán.

11.1.2. Hệ số công suất trung bình.

Là hệ số công suất trung bình trong một khoảng thời gian nào đó (một ca làm việc, một ngày đêm, một tháng, một năm...)

$$\cos \varphi = \cos(\arctg \frac{Q_{tb}}{P_{tb}})$$

Trong đó:

$$P_{tb} = \frac{W_p}{t_2 - t_1}; \quad Q_{tb} = \frac{W_q}{t_2 - t_1};$$

W_p , W_q là lượng điện năng tác dụng và phản kháng của các hộ dùng điện tiêu thụ trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 . W_p , W_q được xác định nhờ các công tơ đo năng lượng.

Hệ số công suất trung bình ($\cos \varphi_{tb}$) được dùng để đánh giá mức độ sử dụng điện tiết kiệm và hợp lý của xí nghiệp.

11.1.3. Hệ số công suất tự nhiên.

Hệ số công suất tự nhiên là hệ số công suất trung bình tính cho cả năm. Khi không có thiết bị bù. Kí hiệu là $\cos \varphi_{tn}$. Hệ số công suất $\cos \varphi_{tn}$ được dùng làm căn cứ để tính toán nâng cao hệ số công suất và bù công suất phản kháng.

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ MỤC ĐÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT COS φ

Giữa P, Q, $\cos\varphi$ có quan hệ với nhau theo biểu thức tính góc φ :

$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P} \quad (11-1)$$

Khi lượng P không thay đổi, nhờ có bù công suất phản kháng, lượng Q truyền tải trên đường dây của mạng điện được bù sẽ giảm xuống do đó góc φ nhỏ hơn, tức là $\cos\varphi$ tăng lên.

Hệ số công suất $\cos\varphi$ được nâng lên sẽ đưa đến những hiệu quả sau đây:

11.3.1. Giảm tổn thất công suất ΔP trong mạng điện.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)}$$

Khi giảm được Q truyền tải trên đường dây thì sẽ giảm được thành phần tổn thất công suất do công suất phản kháng gây ra, $\Delta P_{(Q)}$.

11.3.2. Giảm được tổn thất điện áp ΔU trong mạng.

Ta đã biết, tổn thất điện áp được tính như sau:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{P}{U} R + \frac{Q}{U} X = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)}$$

Như vậy khi giảm được Q truyền tải trên đường dây (trong mạng) sẽ giảm được thành phần tổn thất điện áp do công suất phản kháng gây nên, $\Delta U_{(Q)}$.

11.3.3. Tăng được khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp.

Khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng, tức là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng.

Dòng điện chạy trên đường dây và máy biến áp được tính như sau:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.U} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}.U}$$

Biểu thức này chứng tỏ rằng, với cùng một tình trạng phát nóng nhất định của đường dây hay máy biến áp, ta có thể tăng khả năng truyền tải công suất tác dụng P của mạng bằng cách giảm công suất phản kháng Q mà chúng phải truyền tải. Vì thế khi vẫn giữ nguyên đường dây hay máy biến áp, nếu $\cos\varphi$ của mạng được nâng cao thì khả năng truyền tải của đường dây hay máy biến áp sẽ được tăng lên.

Ngoài ra việc nâng cao $\cos\varphi$ còn đưa đến hiệu quả là giảm chi phí kim loại màu, góp phần làm ổn định điện áp, tăng khả năng phát điện của các máy phát điện... Trong thiết kế, nếu có xét tới bù công suất phản kháng thì có thể chọn được tiết diện dây dẫn nhỏ hơn hoặc máy biến áp có công suất nhỏ hơn.

Vì vậy, việc nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ cần phải được chú trọng quan tâm trong công tác thiết kế cũng như vận hành mạng điện.

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT COS φ

11.4.1. NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT COS φ BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỰ NHIÊN

Theo kinh nghiệm vận hành người ta đưa ra các biện pháp chủ yếu sau đây:

1. Chọn đúng công suất động cơ không đồng bộ truyền động cho các máy công cụ.
2. Thay động cơ chạy non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn.
3. Giảm điện áp của những động cơ làm việc non tải.
4. Hạn chế động cơ không đồng bộ chạy không tải.
5. Đề cao chất lượng, sửa chữa động cơ.
6. Vận hành máy biến áp hợp lý
7. Dùng động cơ đồng bộ thay động cơ không đồng bộ
8. Cải tiến qui trình công nghệ để các thiết bị điện làm việc ở chế độ hợp lý nhất....

11.4.2. NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT COS φ BẰNG PHƯƠNG PHÁP NHÂN TẠO

1. *Đương lượng kinh tế của công suất phản kháng, K_{kt}*

Đương lượng kinh tế của công suất phản kháng k_{kt} là lượng tổn thất công suất tác dụng giảm được khi giảm đi 1 kVAr công suất phản kháng truyền tải trong mạng.

Nếu truyền tải một lượng công suất S trên đường dây 3 pha, lượng tổn thất công suất tác dụng (khi chưa có thiết bị bù) sẽ là:

$$\Delta P_1 = 3I^2R = 3\left(\frac{S}{\sqrt{3}U}\right)^2 \cdot R = \frac{P^2}{U^2} \cdot R + \frac{Q^2}{U^2} \cdot R = \Delta P_{1(P)} + \Delta P_{1(Q)}$$

Trong đó: $\Delta P_{1(P)}, \Delta P_{1(Q)}$ là lượng tổn thất công suất tác dụng trên đường dây do phải truyền tải một lượng công suất tác dụng P và một lượng công suất phản kháng Q.

Qua biểu thức trên ta thấy rằng: Nếu giảm Q sẽ giảm được tổn thất công suất tác dụng trên đường dây. Giả thiết rằng, bằng phương pháp bù, lượng công suất truyền tải trên đường dây giảm bớt 1 lượng Q_{bu} , khi đó lượng tổn thất công suất tác dụng trên đường dây sẽ là:

$$\Delta P_2 = \frac{P^2}{U^2} \cdot R + \frac{(Q - Q_{bu})^2}{U^2} \cdot R$$

Lượng tổn hao công suất tác dụng được giảm bớt là:

$$\partial \Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \frac{Q_{bu} \cdot (2Q - Q_{bu})}{U^2} \cdot R$$

Theo định nghĩa:

$$k_{kt} = \frac{\partial \Delta P}{Q_{bu}} = \frac{2Q - Q_{bu}}{U^2} \cdot R = \frac{Q \cdot R}{U^2} \left(2 - \frac{Q_{bu}}{Q}\right) \text{ kW/kVAr} \quad (11-2)$$

Từ biểu thức (11-2) ta thấy nếu Q và R càng lớn nghĩa là phụ tải phản kháng càng lớn và càng ở xa nguồn thì việc bù càng có hiệu quả.

Như vậy nếu biết được k_{kt} và lượng công suất bù Q_{bu} thì chúng ta tính được lượng công suất tác dụng tiết kiệm được:

$$\partial \Delta P = k_{kt} \cdot Q_{bu} \quad (11-3)$$

Giá trị của k_{kt} thường nằm trong khoảng (0,02 ÷ 0,12) kW/kVAr.

Trong tính toán có thể lấy những giá trị sau:

- Hộ dùng điện do máy phát điện cung cấp $k_{kt} = (0,02 \div 0,04)$.
- Hộ dùng điện qua 1 lần biến áp $k_{kt} = (0,04 \div 0,06)$.

- Hộ dùng điện qua 2 lần biến áp $k_{kt} = (0,05 \div 0,07)$.
- Hộ dùng điện qua 3 lần biến áp $k_{kt} = (0,08 \div 0,12)$.

2. Tính toán dung lượng bù

a. Tính dung lượng bù theo điều kiện tổn thất công suất tác dụng trên đường dây là nhỏ nhất

Ở phần trên, biểu thức (11-3) chúng ta đã tính được lượng tổn thất công suất tác dụng giảm được do giảm công suất phản kháng truyền tải trên đường dây một lượng Q_{bu} . Nhưng chính bản thân thiết bị bù cũng tiêu thụ một lượng công suất tác dụng, do đó lượng công suất tác dụng trên chỉ giảm được:

$$\partial \Delta P' = \partial \Delta P - \Delta P_{bu} = k_{kt} \cdot Q_{bu} - k_{bu} \cdot Q_{bu}$$

Trong đó: $k_{bu} = \frac{\Delta P_{bu}}{Q_{bu}}$ kW/kVAr là lượng tổn thất công suất tác dụng trên một đơn

vị dung lượng thiết bị bù hay còn gọi là suất tổn thất của thiết bị bù.

$$\partial \Delta P' = \frac{Q_{bu} \cdot R}{U^2} (2 \cdot Q - Q_{bu}) - k_{bu} \cdot Q_{bu} \quad (11-4)$$

Muốn tìm Q_{bu} tối ưu ta đạo hàm phương trình (11-4) theo Q_{bu} và cho bằng không, ta được:

$$Q_{bu \text{ tối ưu}} = \frac{2QR - k_{bu} \cdot U^2}{2R} = Q - \frac{U^2}{2R} \cdot k_{bu} \quad (11-5)$$

Nếu dung lượng bù Q_{bu} nhỏ hơn nhiều so với công suất phản kháng truyền trên đường dây Q (điều này thường xảy ra trong thực tế) thì ta có thể xem $\frac{Q_{bu}}{Q} = 0$ và ta có:

$$Q_{bu \text{ tối ưu}} = Q \left(1 - \frac{k_{bu}}{k_{kt}} \right) \quad (11-6)$$

b. Tính dung lượng bù theo hệ số công suất $\cos \varphi$.

Trong thực tế người ta thường tính dung lượng bù theo giá trị $\cos \varphi$ như sau:

$$Q_{bu} = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \cdot \alpha \quad \text{kVAr} \quad (11-7)$$

Trong đó:

- P là phụ tải tác dụng tính toán của hộ tiêu thụ, kW.
- φ_1 là góc ứng với hệ số công suất trung bình $\cos \varphi_1$ trước khi bù.
- φ_2 là góc ứng với hệ số công suất $\cos \varphi_2$ muốn đạt được sau khi bù.
- $\alpha = (0,9 \div 1)$ là hệ số xét tới khả năng nâng cao $\cos \varphi$ bằng phương pháp tự nhiên - không đòi hỏi đặt thêm thiết bị bù.

c. Tính dung lượng bù kinh tế

Chúng ta không thể chỉ dựa trên tiêu chuẩn giảm bớt tổn thất điện năng để quyết định dung lượng cần bù. Vì như vậy rất có thể tiền đặt thêm thiết bị bù sẽ lớn hơn số tiền giảm được do giảm tổn thất điện năng. Kết quả chi phí vận hành hàng năm không những không giảm mà còn tăng thêm.

Vì vậy để đảm bảo chỉ tiêu kinh tế của mạng điện, việc quyết định Q_{bu} phải dựa trên tiêu chuẩn chi phí tính toán hàng năm ít nhất.

Gọi Z là hàm chi phí tính toán toàn bộ trong một năm khi có đặt thêm thiết bị bù. Chi phí tính toán Z gồm có 3 thành phần.

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

+) $Z_1 = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot k_{bu} \cdot Q_{bu}$ là chi phí do đặt thiết bị bù.

Trong đó:

- a_{vh} là hệ số vận hành thiết bị bù kể cả tu sửa và bảo quản.
- a_{tc} là hệ số tiêu chuẩn thời gian thu hồi vốn đầu tư (1/T).
- k_{bu} là giá tiền 1kVAr thiết bị bù, (đ/kVAr).

+) $Z_2 = \beta \cdot T \cdot \Delta P_{0bu} \cdot Q_{bu}$ là chi phí về tổn thất điện năng do bản thân thiết bị bù tiêu thụ.

Trong đó:

- β là giá tiền 1 kWh điện, đ/kWh.
- T là thời gian làm việc của thiết bị bù.
- ΔP_{0bu} là tổn thất công suất tác dụng trong một đơn vị dung lượng bù.

Đối với tụ điện tính $\Delta P_{0bu} = 0,005$.

+) $Z_3 = \frac{\beta \cdot \tau \cdot R}{U^2} (Q - Q_{bu})^2$ là chi phí về tổn thất điện năng do công suất phản kháng

gây nên trong mạng sau khi có đặt thiết bị bù.

Trong đó:

- Q là phụ tải phản kháng cực đại.
- R là điện trở của mạng.
- τ là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất.

Vậy chi phí tính toán toàn bộ của mạng là:

$$Z = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot k_{bu} \cdot Q_{bu} + \beta \cdot \Delta P_{0bu} \cdot T \cdot Q_{bu} + \beta \frac{(Q - Q_{bu})^2}{U^2} \cdot R \cdot \tau$$

Để xác định được công suất bù kinh tế ứng với chi phí tính toán nhỏ nhất, ta lấy đạo hàm của Z theo Q_{bu} và cho bằng không:

$$\frac{dZ}{dQ_{bu}} = 0$$

$$\frac{dZ}{dQ_{bu}} = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot k_{bu} + \beta \cdot \Delta P_{0bu} \cdot T - 2\beta \frac{(Q - Q_{bu})}{U^2} \cdot R \cdot \tau = 0$$

Từ đó giải ra ta có:

$$Q_{bu} = Q - \frac{U^2 \cdot [(a_{vh} + a_{tc}) \cdot k_{bu} + \beta \cdot T \cdot \Delta P_{0bu}]}{2 \cdot \beta \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}} \quad (11-8)$$

Trong biểu thức này:

- Q tính bằng kVAr.
- k_{bu} tính bằng đ/kVAr.
- β là đ/kWh, U là kV thì Q_{bu} là kVAr.

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

1. Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ giống như động cơ đồng bộ làm việc trong chế độ không tải. Do không có phụ tải trên trục, máy bù đồng bộ có thể được chế tạo gọn nhẹ hơn so với động

ơ đồng bộ. Vì vậy máy bù đồng bộ rẻ hơn động cơ đồng bộ cùng công suất. Máy bù đồng bộ có những đặc điểm sau đây:

- Máy bù đồng bộ có thể phát ra và tiêu thụ công suất phản kháng, ở chế độ quá kích thích máy bù sản xuất ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng, còn ở chế độ thiếu kích thích máy bù lại tiêu thụ công suất phản kháng của mạng.

- Công suất phản kháng phát ra không phụ thuộc điện áp đặt vào mà phụ thuộc vào dòng điện I_{kt} .

- Lắp ráp, vận hành phức tạp, dễ gây ra sự cố ở phần động.

- Bản thân máy bù cũng tiêu thụ một lượng công suất tác dụng khá lớn, khoảng $(0,015 \div 0,032)$ kW/kVAr.

- Giá tiền một đơn vị công suất phát ra phụ thuộc vào công suất của máy bù. Công suất của máy bù cũng bé thì giá tiền 1 kVAr do nó phát ra cũng đắt. Vì vậy máy bù chỉ được chế tạo với công suất lớn từ 5 MVar trở lên.

- Có thể điều chỉnh công suất phản kháng phát ra bằng cách thay đổi kích từ một cách liên tục.

Máy bù đồng bộ thường đặt ở những nơi cần bù tập trung, dung lượng bù lớn.

2. Tụ điện tĩnh

Tụ điện tĩnh là loại thiết bị điện tĩnh, làm việc với dòng điện vượt trước điện áp. Do đó có thể phát ra công suất phản kháng Q cho mạng.

Ưu điểm:

- Suất tổn thất công suất tác dụng nhỏ, khoảng $(0,003 \div 0,005)$ kW/kVAr.

- Không có phần động nên lắp ráp, bảo quản dễ dàng.

- Tụ điện tĩnh được chế tạo thành từng đơn vị nhỏ, vì thế có thể tùy theo sự phát triển của phụ tải trong quá trình sản xuất mà điều chỉnh dung lượng cho phù hợp.

Nhược điểm:

- Công suất phản kháng phát ra phụ thuộc vào điện áp.

$$Q = I^2 X_c = \frac{U^2}{X_c} = \frac{U^2}{1/\omega C} = \omega C U^2 = U^2 \cdot 2\pi f \cdot C$$

Trong đó:

+) U có đơn vị là V.

+) C có đơn vị là F (fara).

+) Q có đơn vị là VAr

- Tụ điện có cấu tạo kém bền vì vậy dễ bị phá hỏng khi xảy ra ngắn mạch.

- Khi điện áp tăng đến $1,1U_{dm}$ thì cách điện của tụ điện dễ bị chọc thủng.

- Khi đóng tụ điện vào mạng có dòng điện xung, còn khi cắt tụ khỏi mạng, nếu không có thiết bị phóng điện thì sẽ có điện áp dư trên tụ.

- Khó tự động điều chỉnh dung lượng bù một cách liên tục.

- Tụ điện tĩnh được chế tạo dễ dàng ở cấp điện áp $(0,4 \div 10)$ kV. Thông thường nếu dung lượng bù nhỏ hơn 5 MVar thì người ta dùng tụ điện, còn nếu lớn hơn phải so sánh với máy bù đồng bộ.

3. Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn được đồng bộ hoá

Khi cho dòng điện một chiều vào dây quấn Rotor của động cơ không đồng bộ thì động cơ đó sẽ làm việc như động cơ đồng bộ, có thể điều chỉnh dòng kích từ để nó phát ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng. Nhược điểm của loại này là suất tổn thất công suất tác dụng lớn, khoảng $(0,02 \div 0,08) \text{ kW/kVAr}$, khả năng quá tải kém. Vì vậy nó chỉ được phép làm việc với 75% công suất định mức.

Vì các nhược điểm trên, cho nên nó chỉ được dùng khi không có sẵn các loại thiết bị bù khác.

Ngoài các thiết bị bù kể trên, còn có thể dùng động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích từ, hoặc dùng máy phát điện làm việc ở chế độ bù để làm máy bù.

Ở các xí nghiệp có nhiều tổ máy diesel - máy phát, dùng làm nguồn dự phòng, khi chưa dùng đến có thể làm máy bù đồng bộ. Theo kinh nghiệm thực tế việc chuyển máy phát thành máy bù khá đơn giản. Vì vậy biện pháp này được nhiều xí nghiệp áp dụng.

11.6. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN BÙ

Tùy theo hệ số công suất của mạng điện mà lựa chọn phương án bù theo phương pháp tự nhiên hay phương pháp nhân tạo cho hợp lý.

11.7. XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ LẮP ĐẶT TỤ BÙ

11.7.1. Vị trí đặt thiết bị bù.

Máy bù đồng bộ, vì có công suất lớn nên thường được đặt tập trung ở những điểm quan trọng của hệ thống điện. Ở xí nghiệp lớn, nếu có máy bù thì nó thường được đặt ở phía điện áp cao của trạm biến áp trung gian hoặc phân phối.

Tụ điện có thể đặt ở mạng điện áp cao của trạm biến áp trung gian hoặc phân phối.

Tụ điện có thể đặt ở mạng điện áp cao hoặc mạng điện áp thấp.

a) Tụ điện điện áp cao (6-10) kV:

Được đặt tập trung ở thanh cái của trạm biến áp trung gian hoặc phân phối. Nhờ đặt tập trung, nên việc theo dõi vận hành các tụ điện dễ dàng và có khả năng thực hiện việc tự động hoá điều chỉnh dung lượng bù. Bù tập trung ở mạng điện áp cao còn có ưu điểm nữa là tận dụng được hết khả năng của tụ điện, nói chung các tụ điện vận hành liên tục nên chúng phát ra công suất bù tối đa.

Nhược điểm của phương án này là không bù được công suất phản kháng ở mạng điện áp thấp, do đó không có tác dụng giảm tổn thất điện áp, công suất ở mạng điện áp thấp.

b) Tụ điện điện áp thấp (0,4) kV :

Thường đặt tập trung ở thanh cái điện áp thấp của trạm biến áp phân xưởng hoặc xí nghiệp. Nó hay được đặt thành nhóm ở tủ phân phối động lực hoặc đặt phân tán ở từng thiết bị dùng điện.

Đúng về mặt giảm tổn thất điện năng mà xét thì việc đặt phân tán tụ điện bù ở từng thiết bị có lợi hơn cả. Nhưng với cách lắp đặt này khi thiết bị nghỉ thì tụ điện cũng nghỉ theo. Do đó hiệu suất sử dụng không cao. Phương pháp này chỉ được dùng để bù cho những động cơ không đồng bộ công suất lớn.

Đặt tụ thành nhóm ở tủ phân phối hoặc đường dây chính trong phân xưởng được sử dụng nhiều hơn vì hiệu suất sử dụng cao, giảm được tổn thất cả trong mạng điện áp cao lẫn mạng điện áp thấp. Vì chúng được đặt thành từng nhóm nhỏ ($30 \div 100$) kVAr nên chúng không chiếm diện tích lớn. Tụ điện có thể đặt trong một tủ riêng hoặc trên xà nhà

của xưởng. Tuy thế cách đặt thành nhóm khiến cho việc theo dõi vận hành không thuận tiện và khó thực hiện tự động điều chỉnh dung lượng bù.

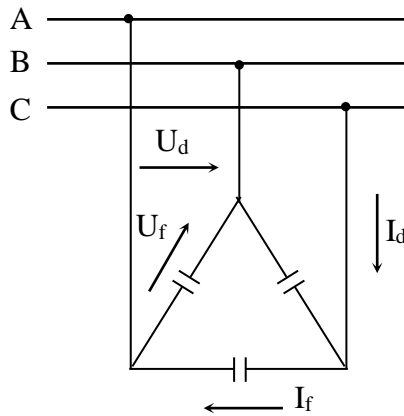
Đặt tụ ở thanh cái điện áp thấp của trạm biến áp được sử dụng trong trường hợp dung lượng bù khá lớn hoặc khi cần tự động điều chỉnh dung lượng bù để ổn định điện áp của mạng. Nhược điểm của cách đặt này là chỉ giảm được tổn thất trong mạng kể từ thanh cái hạ áp trở về nguồn.

Trong thực tế tùy tình hình cụ thể mà ta sử dụng phương án nào hoặc phối hợp cả 3 phương án.

11.7.2. Cách nối dây của tụ điện.

11.7.2.1. Tụ điện nối theo hình tam giác Δ .

Sơ đồ nối dây như (hình 11-1).



Hình 11-1. Sơ đồ tụ bù đấu hình tam giác

Quan hệ dòng và áp: $U_d = U_f$ và $I_d = \sqrt{3} \cdot I_f$

Công suất phản kháng của tụ phát ra là:

$$Q_{bu} = 3 \cdot U_f \cdot I_f = 3 U_d \cdot \frac{U_d}{X_c}$$

Với:
$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Do đó:

$$Q_{bu} = 3 \cdot U_d^2 \cdot 2\pi f C \quad (\text{VAr}) \quad (11-9)$$

Từ biểu thức (11-9) ta tính được dung lượng của tụ:

$$C = \frac{Q_{bu}}{3 \cdot U_d^2 \cdot 2\pi \cdot f} \quad (\text{Fara}) \quad (11-10)$$

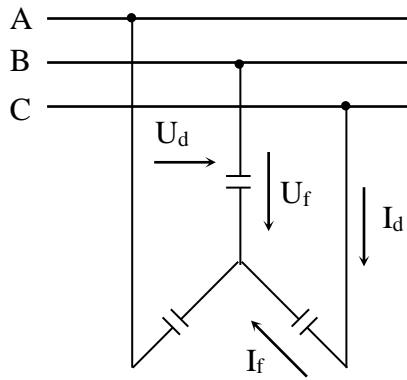
Trong đó:

U_d là điện áp dây (V)

Q_{bu} là công suất phản kháng tụ phát ra (Var)

11.7.2.2. Tụ điện nối theo hình sao: Y

Sơ đồ nối dây như (hình 11-2)



Hình 11-2. Sơ đồ tụ bù đầu hình sao

Quan hệ dòng và áp: $U_d = \sqrt{3} U_f$ và $I_d = I_f$

Công suất phản kháng của tụ phát ra là:

$$Q_{bu} = 3.U_f . I_f = 3. \frac{U_d}{\sqrt{3}} . \frac{U_d}{\sqrt{3}.X_c} = 2.\pi.f.C.U_d^2 \quad (11-11)$$

Dung lượng của tụ:

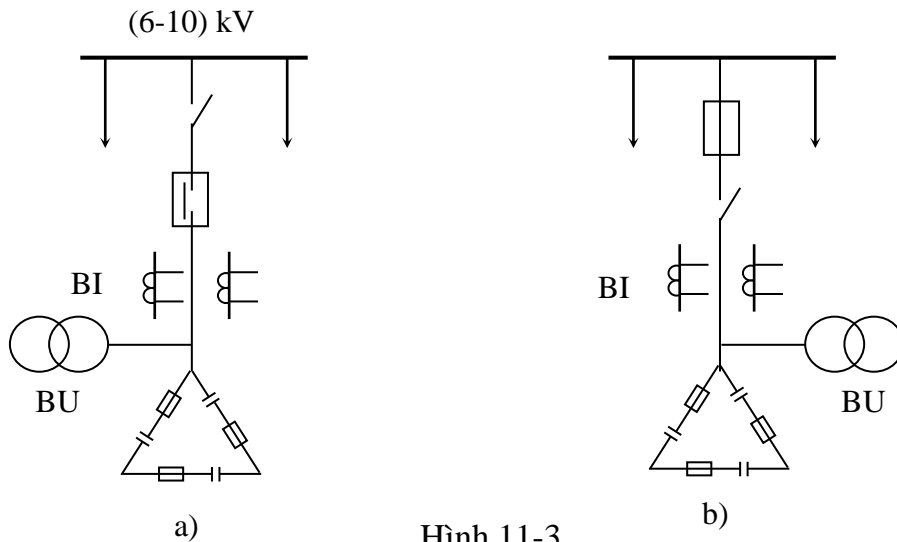
$$C = \frac{Q_{bu}}{2.\pi.f.U_d^2}; \text{ (Fara)} \quad (11-12)$$

So sánh 2 biểu thức (11-10) và (11-12) ta thấy rằng cùng một dung lượng bù: Q_{bu} , tụ điện nối theo hình tam giác thì điện dung của tụ nhỏ hơn 3 lần so với tụ điện nối theo hình sao.

11.7.2.3. Sơ đồ nối dây và điện trở phóng điện.

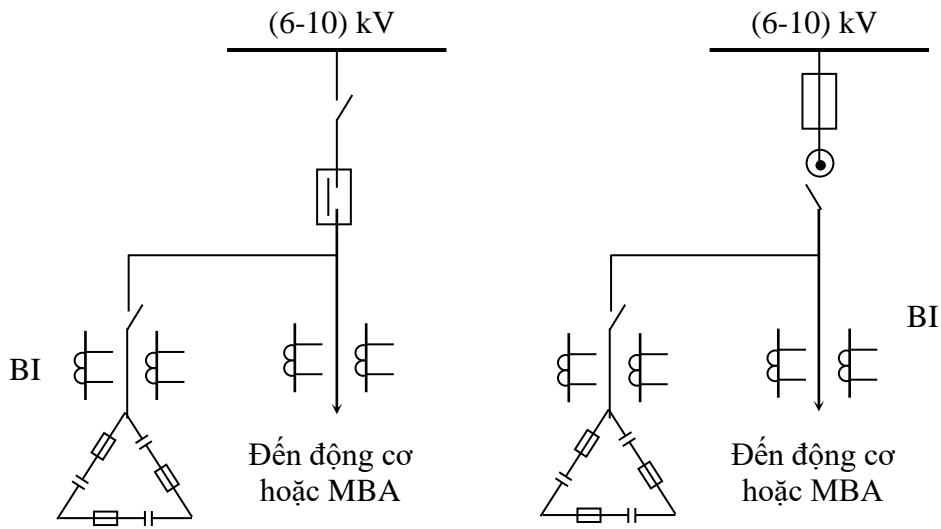
Sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp cao được trình bày trên (hình 11-4). Vì tụ điện điện áp cao là loại 1 pha nên chúng được nối lại với nhau thành hình tam giác, mỗi pha có cầu chì bảo vệ riêng. Khi cầu chì một pha nào đó bị đứt, tụ điện của hai pha còn lại vẫn tiếp tục làm việc. Thiết bị đóng cắt cho nhóm tụ điện này có thể là máy cắt (hình 11-3a) hoặc máy cắt phụ tải có kèm theo cầu chì (hình 11-3b).

Để đo lường và bảo vệ người ta đặt các máy biến dòng BI và máy biến điện áp BU, máy biến áp BU ngoài nhiệm vụ đo lường và bảo vệ



Hình 11-3

Trong trường hợp tụ điện bù riêng cho động cơ hoặc máy biến áp thì không cần phải dùng BU để làm điện trở phóng điện, mà có thể dùng ngay cuộn dây Stator của động cơ hoặc cuộn sơ cấp của máy biến áp để làm điện trở phóng điện (hình 11-4).



Hình 11-4. Sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp cao

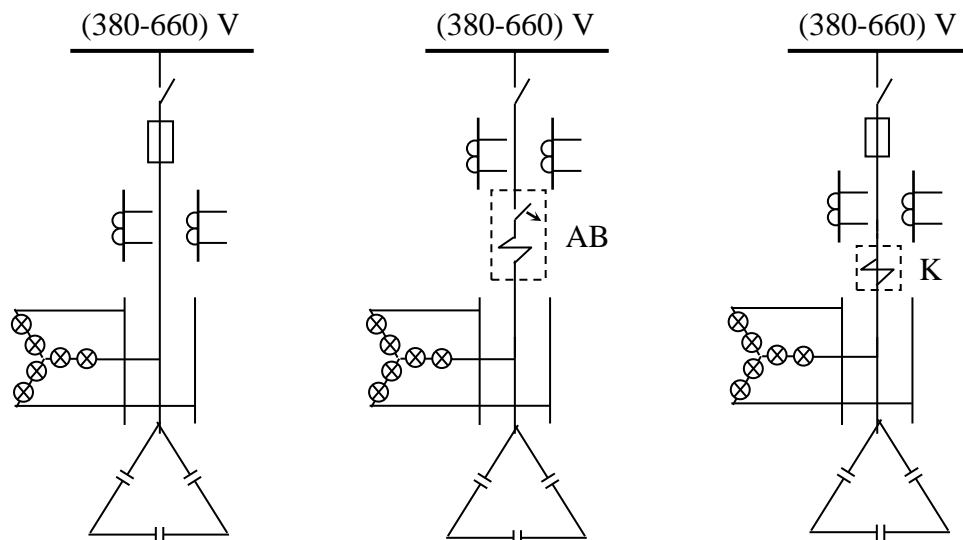
Sơ đồ nối dây của tụ điện điện áp thấp được trình bày trên (hình 11-5).

Thiết bị đóng cắt và bảo vệ có thể là cầu dao và cầu chì, áp tô mát hoặc công tắc tơ và cầu chì.

Tụ điện điện áp thấp là loại 3 pha các phần tử đã được nối sẵn thành tam giác ở phía trong.

Đối với tụ điện điện áp thấp, người ta thường dùng bóng đèn dây tóc công suất khoảng $(15 \div 40)$ W để làm điện trở phóng điện cho tụ điện.

Dùng bóng đèn có ưu điểm ở chỗ: Khi điện áp dư của tụ điện phóng hết thì đèn tắt, do đó dễ theo dõi, nhưng cần chú ý kiểm tra, tránh trường hợp đèn hỏng không chỉ thị được.



Hình 11.5. Sơ đồ nối dây tụ điện điện áp thấp

Điện trở phóng điện của tụ điện phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

- Giảm nhanh điện áp dư trên tụ điện để đảm bảo an toàn cho người vận hành, người ta quy định sau 30 phút điện áp trên tụ điện phải giảm xuống dưới 65V.

- Ở trạng thái làm việc bình thường tổn thất công suất tác dụng trên điện trở phóng điện so với dung lượng của tụ điện không vượt quá trị số 1W/kVAr.

- Dòng phóng điện không được lớn quá.

Điện trở phóng điện được tính theo công thức sau đây:

$$R_{pd} = 15.10^6 \frac{U_f^2}{Q} \quad (\Omega) \quad (11-13)$$

Trong đó:

- Q là dung lượng của tụ điện, kVAr.

- U_f là điện áp pha của mạng.

Để có thể sẵn sàng làm việc ngay sau khi tụ điện được cắt ra khỏi mạng, điện trở phóng điện phải được nối phía dưới các thiết bị đóng cắt và ở ngay đầu cực của nhóm tụ điện. Các bóng đèn làm điện trở phóng điện có thể được nối theo hình sao hoặc hình tam giác. Cách nối tam giác có ưu điểm hơn, vì khi một pha của điện trở phóng điện bị đứt thì 3 pha của tụ điện vẫn có thể phóng điện qua hai pha còn lại của điện trở.

11.8. XÁC ĐỊNH DUNG LƯỢNG BÙ TỐI ƯU

11.8.1. Phân phối dung lượng bù trong mạng hình tia.

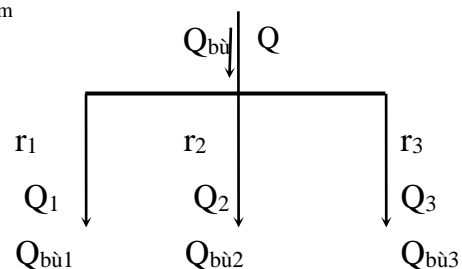
Giả sử có một mạng hình tia gồm 3 tia (hình 11-6).

Sau khi xác định được tổng dung lượng cần bù là $Q_{bu\Sigma}$ cần phân phối dung lượng bù trên các nhánh, sao cho đạt được hiệu quả kinh tế cao nhất, thể hiện ở chỗ tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra là nhỏ nhất.

Gọi dung lượng bù được phân phối trên các nhánh là $Q_{bu1}, Q_{bu2}, Q_{bu3}$. Còn phụ tải phản kháng ở các nhánh là Q_1, Q_2, Q_3 . Điện trở các nhánh là r_1, r_2, r_3 .

Sau khi bù, tổn thất công suất tác dụng trong mạng hình tia do công suất phản kháng gây ra là:

$$\Delta P = \frac{(Q_1 - Q_{bu1})^2}{U_{dm}^2} .r_1 + \frac{(Q_2 - Q_{bu2})^2}{U_{dm}^2} .r_2 + \frac{(Q_3 - Q_{bu3})^2}{U_{dm}^2} .r_3$$



Hình 11-6. Bù công suất phản kháng trong mạng hình tia

Điều kiện là: $Q_{bu1} + Q_{bu2} + Q_{bu3} = Q_{bu\Sigma}$ (*)

Do đó:

$$\Delta P = \frac{(Q_1 - Q_{bu1})^2}{U_{dm}^2} .r_1 + \frac{(Q_2 - Q_{bu2})^2}{U_{dm}^2} .r_2 + \frac{(Q_3 - Q_{bu\Sigma} + Q_{bu1} + Q_{bu2})^2}{U_{dm}^2} .r_3$$

Điều kiện tối ưu là:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{bu1}} = -2(Q_1 - Q_{bu1}) \cdot r_1 + 2(Q_3 - Q_{bu\Sigma} + Q_{bu1} + Q_{bu2}) \cdot r_3 = 0$$

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{bu2}} = -2(Q_2 - Q_{bu2}) \cdot r_2 + 2(Q_3 - Q_{bu\Sigma} + Q_{bu1} + Q_{bu2}) \cdot r_3 = 0$$

Từ biểu thức trên ta thấy: $(Q_1 - Q_{bu1}) \cdot r_1 = (Q_2 - Q_{bu2}) \cdot r_2$

Tương tự ta có: $(Q_1 - Q_{bu1}) \cdot r_1 = (Q_3 - Q_{bu3}) \cdot r_3$

Do đó:
$$Q_{bu2} = Q_2 - \frac{r_1}{r_2} (Q_1 - Q_{bu1}) = Q_2 - \frac{r_1}{r_2} Q_1 + \frac{r_1}{r_2} Q_{bu1}$$

$$Q_{bu3} = Q_3 - \frac{r_1}{r_3} (Q_1 - Q_{bu1}) = Q_3 - \frac{r_1}{r_3} Q_1 + \frac{r_1}{r_3} Q_{bu1}$$

Thế vào phương trình * ta có:

$$Q_{bu1} = Q_1 - \frac{(Q_\Sigma - Q_{bu\Sigma})}{r_1} \cdot r_{td}$$

Trong đó:
$$r_{td} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}$$

Tương tự như trên ta có:
$$Q_{bu2} = Q_2 - \frac{(Q_\Sigma - Q_{bu\Sigma})}{r_2} \cdot r_{td}$$

$$Q_{bu3} = Q_3 - \frac{(Q_\Sigma - Q_{bu\Sigma})}{r_3} \cdot r_{td}$$

Tổng quát ta có dung lượng bù tối ưu cần bù trong nhánh thứ n là:

$$Q_{bun} = Q_n - \frac{(Q_\Sigma - Q_{bu\Sigma})}{r_n} \cdot r_{td}$$

Trong đó:

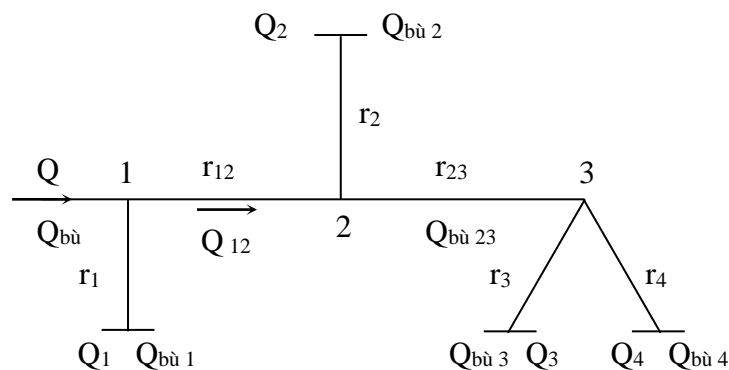
$$- r_{td} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}}$$

- $Q_\Sigma = \sum_{i=1}^n Q_i$ là tổng công suất phản kháng của mạng tiêu thụ trước khi bù.

- $Q_{bu\Sigma}$ là tổng công suất cần bù trong toàn mạng.

11.8.2. Phân phối lượng bù trong mạng phân nhánh.

Xét một mạng phân nhánh như (hình 11-7), có thể coi là nhiều mạng hình tia ghép lại.



Hình 11-7. Sơ đồ phân bố dung lượng bù theo mạng phân nhánh

Ví dụ: Tại điểm 3, có thể coi như có 2 nhánh hình tia r_3 và r_4 ghép lại. Tại điểm 2 ta coi như có 2 nhánh hình tia.

Một nhánh là r_2 và một nhánh nữa điện trở tương đương của phần phía sau, tức là r_3, r_4, r_{34} và r_{23} . Ký hiệu là r_5 .

$$r_5 = r_{23} + \frac{r_3 \cdot (r_4 + r_{34})}{r_3 + r_4 + r_{34}}$$

Tại điểm 1 ta coi như có 2 nhánh r_1 và r_6 với:

$$r_6 = r_{12} + \frac{r_2 \cdot r_5}{r_2 + r_5}$$

Với quan niệm như vậy chúng ta có thể áp dụng công thức của mạng hình tia cho mạng phân nhánh.

Dung lượng bù của nhánh thứ n được tính như sau:

$$Q_{\text{bun}} = Q_n - \frac{(Q_{\Sigma, n} - Q_{\text{bu}\Sigma, n})}{r_n} \cdot r_{\text{tdn}}$$

Trong đó:

- Q_n là công suất phản kháng của nhánh n .
- $Q_{\Sigma, n}$ là tổng công suất phản kháng cung cấp từ điểm $(n-1)$ đến điểm n .
- $Q_{\text{bu}\Sigma, n}$ là tổng dung lượng bù cho điểm n .
- r_{tdn} là điện trở tương đương của mạng kể từ điểm n trở về sau.

Chú ý: Điện trở tương đương r_{td} được tính từ cuối lên, còn tính dung lượng bù thì tính từ đầu đến cuối.

11.8.3. Phân phối dung lượng bù phía sơ cấp và thứ cấp máy biến áp phân xưởng.

Vấn đề đặt ra là khi đã tính được dung lượng bù của một nhánh nào đó, cần phải xác định xem nên phân phối lượng bù về phía sơ cấp hay thứ cấp của máy biến áp để đạt hiệu quả kinh tế hơn.

Ta biết rằng giá thành 1 kVAr tụ điện điện áp cao (6÷10) kV, rẻ hơn giá thành 1 kVAr tụ điện điện áp thấp (0,4) kV. Song việc đặt tụ điện ở phía điện áp thấp lại giảm được tổn thất công suất so với việc đặt tụ điện ở phía điện áp cao. Vì vậy cần tính toán so sánh để tìm được dung lượng bù ở phía điện áp thấp hợp lý nhất.

Gọi $Q_{\text{bù thấp}}$ là dung lượng bù ở phía điện áp thấp. Vốn đầu tư để đặt dung lượng bù $Q_{\text{bù thấp}}$ ở phía điện áp thấp lớn hơn vốn đầu tư để đặt một dung lượng bù tương tự ở phía điện áp cao là:

$$\Delta V = (a_{\text{thấp}} - a_{\text{cao}}) \cdot Q_{\text{bù thấp}}$$

Trong đó:

- a_{cao} là giá thành 1 kVAr tụ điện điện áp cao, đ/kVAr.
- $a_{\text{thấp}}$ là giá thành 1 kVAr tụ điện điện áp thấp, đ/kVAr.

Số tiền tiết kiệm được mỗi năm do đặt thiết bị bù ở phía điện áp thấp là:

$$\frac{[Q^2 - (Q - Q_{\text{bù thấp}})^2] \cdot [R_B + R_{\text{td}}] \cdot K \cdot \beta \cdot t}{U^2 \cdot 10^3}$$

Trong đó:

- Q là phụ tải phản kháng của máy biến áp (kể cả tổn thất trong máy biến áp) khi chưa bù, kVAr.

- $Q_{bù\ thấp}$ là dung lượng bù đặt ở phía điện áp thấp của máy biến áp, kVAr.
- R_B là điện trở của máy biến áp quy đổi về phía điện áp thấp, Ω .
- K là hệ số kể đến số ca làm việc trong ngày

Làm việc 1 ca: $K = 0,30$.

Làm việc 2 ca: $K = 0,55$.

Làm việc 3 ca: $K = 0,75$.

- β giá tiền 1 kWh, đ/kWh.

- t số giờ làm việc trong năm, $t = 8760$ giờ.

- U điện áp định mức phía điện áp thấp của máy biến áp, kV.

Gọi T là thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch tính bằng năm. Sau thời gian đó số tiền tiết kiệm được là $T.V$, số tiền này không những bù đắp được chênh lệch vốn đầu tư mà còn lớn hơn ΔV một lượng F , F chính là hiệu quả của việc phân phối dung lượng bù ($Q_{bù\ thấp}$) ở phía điện áp thấp.

$$F = T.V - \Delta V.$$

Thay V và ΔV ta có:

$$F = T \cdot \frac{[Q^2 - (Q - Q_{bùthap})^2]}{U^2 \cdot 10^3} \cdot (R_B + R_{td}) \cdot K \cdot \beta \cdot t - (a_{thap} - a_{cao}) \cdot Q_{bùthap} = f(Q_{bùthap})$$

Bằng cách lấy đạo hàm, chúng ta có thể dễ dàng tìm được $Q_{bù\ thấp}$ tối ưu để hàm F đạt cực trị.

Giá trị $Q_{bù\ thấp}$ tối ưu được xác định theo biểu thức:

$$Q_{bù\ thấp\ tối\ ưu} = Q - \frac{(a_{thap} - a_{cao}) \cdot U^2 \cdot 10^2}{2T \cdot K \cdot \beta \cdot t \cdot (R_B + R_{td})}, \text{ kVAr} \quad (11-14)$$

Thông thường chưa biết tụ điện đặt trong mạng điện áp thấp như thế nào, nên người ta thiết kế không có số liệu chính xác để tính R_{td} . Một cách gần đúng có thể tính R_{td} qua điện trở của máy biến áp bằng biểu thức:

$$R_{td} = \lambda \cdot R_B$$

Trong đó: λ được lấy như sau:

- Đối với trạm trong hoặc liền kề phân xưởng có hai trường hợp:

Mạng là dây dẫn hoặc dây cáp: $\lambda = 0,4$

Mạng là thanh cái: $\lambda = 0,6$

- Đối với trạm ngoài phân xưởng: $\lambda = 0,8$

$$\text{Đặt: } \frac{(a_{thap} - a_{cao}) \cdot U^2 \cdot 10^2}{2T \cdot K \cdot \beta \cdot t} = M$$

Biểu thức (11-14) được viết gọn lại:

$$Q_{bù\ thấp\ tối\ ưu} = Q - \frac{M}{R_B + \lambda \cdot R_B}$$

$$\text{Hay: } Q_{bù\ thấp\ tối\ ưu} = Q - \frac{M}{R_B(1 + \lambda)}, \text{ kVAr} \quad (11-15)$$

Còn lại dương lượng bù tối ưu ở phía cao áp là:

$$Q_{bù\ cao\ tối\ ưu} = Q_{bù} - Q_{bù\ thấp\ tối\ ưu} \quad (11-16)$$

11.8.4. Vận hành tụ điện.

Tụ điện phải được đặt ở những nơi cao ráo, ít bụi bặm, không có chất dễ nổ, dễ cháy và không có khí ăn mòn.

Tụ điện điện áp cao phải được đặt trong phòng riêng, có biện pháp chống cháy, chống nổ. Phòng phải có cửa ra vào thuận tiện để phòng khi sự cố tụ điện nổ, công nhân vận hành có đường sơ tán nhanh khỏi nơi nguy hiểm. Phòng dài trên 7 mét phải có từ hai cửa trở lên. Phòng đặt tụ điện phải được thông gió tốt, giữ cho nhiệt độ không khí trong phòng không vượt quá 30°C. Trong phòng không dùng chiếu sáng tự nhiên để tránh tụ điện bị chiếu nắng trực tiếp, mà dùng đèn để chiếu sáng. Tụ điện được đặt trên giá sắt, có thể chia thành 3 tầng. Giữa các tụ điện trong một tầng phải có khoảng cách thích hợp để thông gió dễ dàng.

Tụ điện điện áp thấp khi đặt tập trung thường được bố trí trong các tủ thành một tầng hoặc hai tầng.

Khi dùng phương án bù phân tán, tụ điện được đặt trong các tủ đặt bên cạnh tủ phân phối động lực, cũng có thể đặt ngay trên các xà nhà xưởng.

Tụ điện điện áp thấp ít có khả năng gây nổ nên không cần đặt chúng vào phòng riêng mà có thể đặt ngay trong nhà xưởng. Nhưng nơi đặt cũng cần khô ráo, ít bụi bặm và thoáng mát.

Nguyên nhân chủ yếu làm tụ điện hư hỏng là do điện áp đặt lên tụ cao quá, vượt quá giá trị định mức, khiến cường độ điện trường trong tụ vượt quá giới hạn cho phép, (thường là 12÷13 kV/mm). Khi đó trong tụ điện phát sinh hiện tượng ion hoá dầu cách điện và dẫn đến sự cố ngắn mạch do cách điện bị chọc thủng.

Vì vậy khi vận hành tụ điện cần chú ý hai điều kiện sau đây:

1) Điều kiện nhiệt độ: Phải giữ cho nhiệt độ không khí xung quanh tụ điện không được vượt quá 35°C.

2) Điều kiện điện áp: Phải giữ cho điện áp trên cực của tụ điện không vượt quá 110% điện áp định mức. Khi vượt quá giá trị trên phải cắt ngay tụ điện ra khỏi lưới điện.

Để tránh ảnh hưởng của tình trạng dao động điện, một số tụ điện được chế tạo với điện áp định mức cao hơn điện áp định mức tương ứng của mạng là 5%;

Trong vận hành nếu thấy hình dáng của tụ điện thay đổi (thường phình ra) thì phải cắt ngay tụ điện ra khỏi mạng.

Tham số kỹ thuật của các loại tụ điện tham khảo ở các bảng sau:

Bảng tra dung lượng tụ cần bù

Phương pháp tính dung lượng cần bù theo công thức thường rất mất thời gian và phải có máy tính có thể bấm được hàm arcs, tan. Để quá trình tính toán nhanh, người ta thường dung bảng tra hệ số để tính dung lượng tụ bù

Lúc này, ta áp dụng công thức : $Q_b = P \cdot k$

Với k là hệ số cần bù tra trong bảng tra dưới đây:

Cos	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.9	0.96	0.9	0.9	0.	1
------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------	------------	-----------	----------

φ_1													
0.5	1.19	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.37	1.4	1.44	1.4	1.5	1.	1
0.5	1.15	1.17	1.20	1.23	1.26	1.29	1.32	1.3	1.39	1.4	1.4	1.	1
0.5	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22	1.25	1.28	1.3	1.35	1.3	1.4	1.	1
0.5	1.06	1.09	1.12	1.14	1.17	1.20	1.24	1.2	1.31	1.3	1.4	1.	1
0.5	1.02	1.05	1.07	1.10	1.13	1.16	1.20	1.2	1.27	1.3	1.3	1.	1
0.5	0.98	1.01	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.1	1.23	1.2	1.3	1.	1
0.5	0.94	0.97	1.00	1.02	1.05	1.08	1.12	1.1	1.19	1.2	1.2	1.	1
0.5	0.90	0.93	0.96	0.99	1.02	1.05	1.08	1.1	1.15	1.1	1.2	1.	1
0.5	0.86	0.89	0.92	0.95	0.98	1.01	1.04	1.0	1.11	1.1	1.2	1.	1
0.5	0.83	0.86	0.88	0.91	0.94	0.97	1.01	1.0	1.08	1.1	1.1	1.	1
0.6	0.79	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.0	1.04	1.0	1.1	1.	1
0.6	0.76	0.79	0.81	0.84	0.87	0.90	0.94	0.9	1.01	1.0	1.1	1.	1
0.6	0.73	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.90	0.9	0.97	1.0	1.0	1.	1
0.6	0.69	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.9	0.94	0.9	1.0	1.	1
0.6	0.66	0.69	0.72	0.74	0.77	0.81	0.84	0.8	0.91	0.9	1.0	1.	1
0.6	0.63	0.66	0.68	0.71	0.74	0.77	0.81	0.8	0.88	0.9	0.9	1.	1
0.6	0.60	0.63	0.65	0.68	0.71	0.74	0.78	0.8	0.85	0.8	0.9	1.	1
0.6	0.57	0.60	0.62	0.65	0.68	0.71	0.75	0.7	0.82	0.8	0.9	0.	1
0.6	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.68	0.72	0.7	0.79	0.8	0.8	0.	1
0.6	0.51	0.54	0.56	0.59	0.62	0.65	0.69	0.7	0.76	0.8	0.8	0.	1
0.7	0.48	0.51	0.54	0.56	0.59	0.62	0.66	0.6	0.73	0.7	0.8	0.	1

0.7								0.6		0.7	0.7	0.	0
	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63		0.70				
0.7								0.6		0.7	0.7	0.	0
	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60		0.67				
0.7								0.6		0.6	0.7	0.	0
	0.40	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57		0.64				
0.7								0.5		0.6	0.7	0.	0
	0.37	0.40	0.42	0.45	0.48	0.51	0.55		0.62				
0.7								0.5		0.6	0.6	0.	0
	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.52		0.59				
0.7								0.5		0.6	0.6	0.	0
	0.32	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49		0.56				
0.7								0.5		0.5	0.6	0.	0
	0.29	0.32	0.34	0.37	0.40	0.43	0.47		0.54				
0.7								0.4		0.5	0.6	0.	0
	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.44		0.51				
0.7								0.4		0.5	0.5	0.	0
	0.24	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41		0.48				
0.8								0.4		0.5	0.5	0.	0
	0.21	0.24	0.27	0.29	0.32	0.35	0.39		0.46				
0.8								0.4		0.4	0.5	0.	0
	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36		0.43				
0.8								0.3		0.4	0.4	0.	0
	0.16	0.19	0.21	0.24	0.27	0.30	0.34		0.41				
0.8								0.3		0.4	0.4	0.	0
	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31		0.38				
0.8								0.3		0.4	0.4	0.	0
	0.11	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28		0.35				
0.8								0.2		0.3	0.4	0.	0
	0.08	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26		0.33				
0.8								0.2		0.3	0.3	0.	0
	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23		0.30				
0.8								0.2		0.3	0.3	0.	0
	0.03	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20		0.28				
0.8								0.2		0.2	0.3	0.	0
	0.00	0.03	0.06	0.08	0.11	0.14	0.18		0.25				

Ví dụ: Với bài toán như trên, từ $\cos\phi_1 = 0.75$ và $\cos\phi_2 = 0.95$. Ta giống theo hàng và theo cột sẽ gặp nhau tại ô có giá trị $k=0.55$. Từ $k = 0.55$ ta tính toán tương tự sẽ ra kết quả như tính bằng công thức.