

PGS. NGUYỄN HỮU KHÁI

# Giáo trình NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC -  
CAO ĐẲNG KỸ THUẬT



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

PGS. NGUYỄN HỮU KHÁI

**Giáo trình**

**NHÀ MÁY ĐIỆN  
và  
TRẠM BIẾN ÁP**

(Dùng cho các trường Đại học – Cao đẳng kỹ thuật)

**NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM**

Công ty Cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam  
giữ quyền công bố tác phẩm.

---

427–2009/CXB/4–975/GD

Mã số: 7B758Y9 – DAI

# LỜI NÓI ĐẦU

Điện năng được sản xuất ra từ các nhà máy điện, qua các trạm biến áp tăng áp để truyền tải điện năng đi xa. Vì vậy, nhà máy điện và trạm biến áp là hai khâu quan trọng trong hệ thống điện. Việc tìm hiểu, nghiên cứu tính toán thiết kế, xây dựng, vận hành nhà máy điện, trạm biến áp một cách hợp lý về kinh tế -- kỹ thuật là điều quan trọng, có ý nghĩa đối với ngành điện nói riêng, cũng như đối với nền kinh tế quốc dân nói chung.

Sách được biên soạn dựa trên kinh nghiệm giảng dạy, nghiên cứu, hướng dẫn thiết kế tốt nghiệp nhiều năm ở bậc đại học; dùng để giảng dạy cho sinh viên chuyên ngành Hệ thống điện, ngành Kỹ thuật điện thuộc hệ chính quy, hệ tại chức các trường Đại học, Cao đẳng. Sách cũng có thể làm tài liệu tham khảo bổ ích cho các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật hiện đang công tác trong các lĩnh vực của ngành điện và các sinh viên ngành điện nói chung.

Cuốn sách bao gồm 9 chương:

**Chương 1** – *Khái niệm chung về nhà máy điện và trạm biến áp.*

Giới thiệu các loại nhà máy điện, đồ thị phụ tải của nhà máy và các chế độ làm việc của điểm trung tính hệ thống điện.

**Chương 2** – *Sự phát nóng của dây dẫn và khí cụ điện.*

Nghiên cứu phương trình phát nóng của dây dẫn trần đồng nhất khi làm việc bình thường cũng như khi ngắn mạch. Cách xác định nhiệt độ cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch.

**Chương 3** – *Lực động điện trong khí cụ điện và dây dẫn.*

Giới thiệu cách tính lực động điện khi hai vật dẫn đặt song song, cách xác định lực động điện khi ngắn mạch hai pha, ba pha.

**Chương 4** – *Thanh dẫn – sứ cách điện – cáp điện lực.*

Trình bày cách lựa chọn thanh dẫn, sứ cách điện, cáp điện lực và kiểm tra sự ổn định của chúng theo điều kiện kỹ thuật.

**Chương 5** – *Thiết bị điện cao áp.*

Giới thiệu quá trình phát sinh hồ quang điện và các biện pháp dập tắt nó khi cắt mạch điện. Chức năng nhiệm vụ của các khí cụ điện như máy cắt điện, dao cách ly, máy biến dòng điện, máy biến điện áp, kháng điện và các điều kiện lựa chọn chúng.



## **Chương 6 – Máy biến áp điện lực.**

Nội dung chương này trình bày cách tính toán chế độ nhiệt của máy biến áp, xác định khả năng quá tải thường xuyên, quá tải sự cố của máy biến áp theo các đường đặc tính khả năng tải của chúng. Đồng thời biết cách chọn công suất của máy biến áp trong các sơ đồ nối điện của nhà máy điện và trạm biến áp.

## **Chương 7 – Sơ đồ nối điện và tự dùng của nhà máy điện và trạm biến áp.**

Trình bày các dạng sơ đồ nối điện cơ bản trong nhà máy điện, trạm biến áp và mạng điện. Cách tính toán kinh tế, kỹ thuật chọn phương án tối ưu. Cuối cùng giới thiệu sơ đồ điện tự dùng trong các nhà máy điện.

## **Chương 8 – Thiết bị phân phối điện.**

Thiết bị phân phối trong nhà và ngoài trời theo kiểu truyền thống. Đặc biệt giới thiệu thiết bị phân phối kiểu kín cách điện bằng khí SF6 với các loại thanh góp.

## **Chương 9 – Hệ thống điều khiển và kiểm tra.**

Giới thiệu các nguyên tắc chung điều khiển thiết bị điện trong nhà máy điện; các dạng sơ đồ phân bố dòng điện thao tác. Sau cùng trình bày một vài sơ đồ điều khiển và kiểm tra mạch điện từ xa.

Sau mỗi chương đều có câu hỏi ôn tập và các bài tập nhằm giúp sinh viên hiểu sâu thêm về lý thuyết. Cuối mỗi bài tập có đáp số để thuận tiện kiểm tra kiến thức của người thực hiện.

Mặc dù tác giả đã cố gắng, song cũng không tránh khỏi thiếu sót, mong nhận được ý kiến đóng góp của độc giả. Thư từ xin gửi về bộ môn Hệ thống điện – Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1 Đại Cồ Việt – Hà Nội hoặc Công ty CP Sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

**TÁC GIẢ**

## Chương 1

# KHÁI NIỆM CHUNG VỀ NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

## 1.1. KHÁI NIỆM CHUNG VÀ PHÂN LOẠI

### 1.1.1. Hệ thống điện

Bao gồm các nhà máy điện (NMD), các đường dây tải điện, các trạm biến áp và các hộ tiêu thụ. Nhà máy điện là nơi sản xuất điện năng, nó có nhiệm vụ biến đổi các dạng năng lượng khác nhau như năng lượng của nhiên liệu (than đá, dầu, khí đốt), năng lượng của dòng nước, năng lượng nguyên tử, năng lượng mặt trời, năng lượng gió thành điện năng. Điện năng được truyền dẫn đi xa qua các đường dây tải điện và trạm biến áp để cung cấp cho các hộ tiêu thụ. Tại đây điện năng lại biến đổi thành các dạng năng lượng khác như quang năng, cơ năng, nhiệt năng v.v... Các nhà máy điện thường được nối lại với nhau tạo thành hệ thống điện, như vậy sẽ nâng cao được độ tin cậy cung cấp điện cho hộ tiêu thụ, đồng thời phân bố công suất cho các nhà máy trong hệ thống sẽ là kinh tế nhất nhằm giảm tổn thất điện năng. Tuy nhiên, việc tạo nên hệ thống điện cũng làm tăng vốn đầu tư vì phải xây dựng các đường dây tải điện cao thế, các trạm biến áp..., mặt khác phải xây dựng một trung tâm điều độ quốc gia để quản lý vận hành hệ thống điện.

### 1.1.2. Trạm biến áp

Trạm biến áp có nhiệm vụ biến đổi điện áp từ một cấp điện áp này sang một cấp điện áp khác cho phù hợp với yêu cầu của hộ tiêu thụ. Có hai loại trạm biến áp (TBA), đó là TBA tăng áp và TBA giảm áp. TBA tăng áp thường đặt tại các nhà máy điện, bởi vì điện áp máy phát thấp (3; 6; 10; 15; 18 và 25 kV), muốn truyền tải điện năng đi xa cần phải nâng từ điện áp máy phát lên điện áp cao. Ví dụ, điện áp máy phát của nhà máy thủy điện Hòa Bình là 15,75 kV; để tải điện năng về Hà Nội, Ninh Bình, Thanh Hóa, Nghệ An... cần phải nâng lên 220 kV. Ngược lại, các TBA giảm áp đặt gần hộ tiêu thụ. Chính vì vậy tổng công suất đặt của máy biến áp (MBA) trong hệ thống điện (HTĐ) là rất lớn, bằng 4 ÷ 5 lần công suất đặt của các máy phát điện.

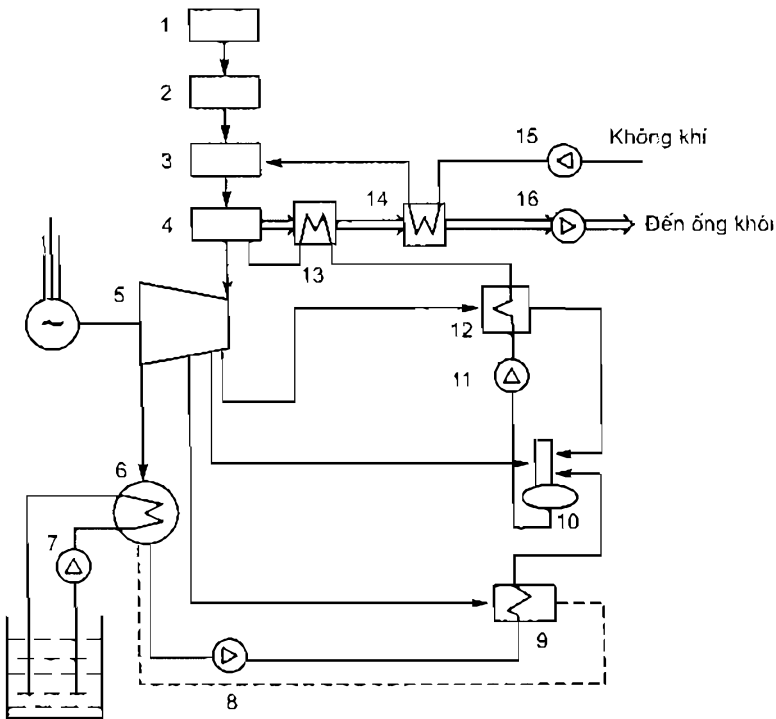
### 1.1.3. Phân loại nhà máy điện

Tùy thuộc vào dạng năng lượng được dùng trong nhà máy điện mà phân chia thành nhà máy nhiệt điện, nhà máy thủy điện, nhà máy điện nguyên tử, nhà máy điện dùng năng lượng mặt trời, nhà máy điện dùng năng lượng gió.

#### 1.1.3.1. Nhà máy nhiệt điện

Năng lượng sơ cấp ở đây là than đá, dầu, khí đốt. Nhà máy nhiệt điện chia làm hai loại:

##### a) Nhà máy nhiệt điện ngưng hơi (NĐN)



Hình 1.1. Quá trình sản xuất điện năng của nhà máy nhiệt điện ngưng hơi

Toàn bộ lượng hơi sinh ra dùng vào việc sản xuất điện năng. Nhà máy này thường xây dựng gần nguồn cung cấp nhiên liệu, rút ngắn quãng đường vận chuyển nhiên liệu góp phần giảm giá thành điện năng; điện năng sản xuất ra phần lớn được truyền tải đi xa qua mạng điện cao áp; hiệu suất nhà máy khoảng  $30 \div 40\%$ ; nhà máy thải khói gây ô nhiễm môi trường. Quá trình sản xuất điện năng được mô tả trên hình 1.1. Nhiên liệu được cấp từ kho chứa nhiên liệu 1 qua hệ thống cấp nhiên liệu 2, qua bộ sấy nhiên liệu 3

đưa vào lò 4. Tại đây nước được đun sôi bốc hơi và đưa vào tua bin 5, nhiệt độ hơi vào tua bin  $540 - 565^{\circ}\text{C}$ , áp lực hơi  $130 \div 240 \text{ ata}$ . Tại đây nhiệt năng của hơi nước biến thành cơ năng làm quay tua bin. Trục tua bin nối với trục máy phát điện, máy phát điện quay biến cơ năng thành điện năng. Hơi ra khỏi tua bin 5 nhiệt độ thấp  $30 \div 40^{\circ}\text{C}$ , áp lực hơi bé  $0,03 \div 0,04 \text{ ata}$ . Hơi đi vào bình ngưng tụ 6, nhờ bơm nước tuần hoàn 7, hơi ngưng tụ thành nước. Bơm nước ngưng tụ 8 đưa nước qua bình gia nhiệt hạ áp, qua bộ khử khí 10. Nhờ bơm nước cung cấp 11, đẩy nước qua bình gia nhiệt cao áp 12 và bộ hâm nước 13, rồi đưa vào nồi hơi. Ngoài ra còn có quạt khói 16 và quạt gió 15. Quạt gió sẽ thổi không khí qua bộ sấy không khí 14 rồi đưa qua bộ sấy nhiên liệu 3.

*Ví dụ:* Nhà máy điện Phả Lại 1 có 4 máy phát, công suất mỗi máy là 110 MW. Nhà máy Phả Lại 2 có 2 máy phát, công suất mỗi máy là 300 MW. Như vậy tổng công suất đặt của Phả Lại 1 và 2 là 1040 MW.

### **b) Nhà máy nhiệt điện rút hơi (NDR)**

Hơi sinh ra có hai nhiệm vụ là sản xuất điện năng giống như nhà máy NĐN, đồng thời cung cấp hơi cho khu công nghiệp với các hộ tiêu thụ nhiệt và sinh hoạt. Điện năng sản xuất ra một phần lớn cung cấp cho phụ tải địa phương cấp điện áp máy phát, một phần điện năng được truyền tải đi xa qua các máy biến áp tăng áp.

Vì vậy nhà máy thường được xây dựng ở gần phụ tải nhiệt bởi vì hơi nước chỉ có thể dẫn đi xa từ 1 đến 2km, còn nước nóng từ 5 ÷ 8km. Hiệu suất của NDR cao hơn NĐN;  $\eta = 60 \div 70\%$ . NDR cũng thải khói gây ô nhiễm môi trường.

#### **1.1.3.2. Nhà máy thủy điện (NMTĐ)**

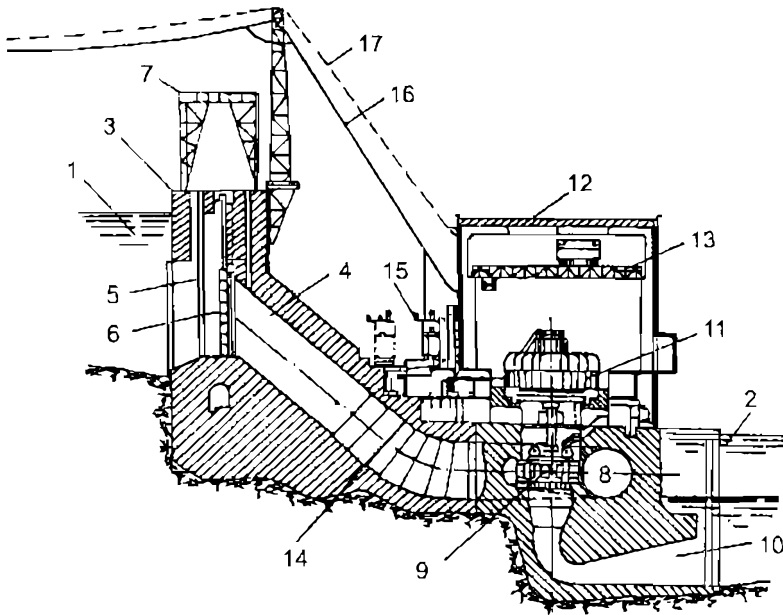
Năng lượng sơ cấp ở đây là năng lượng dòng chảy của sông, suối dùng để sản xuất điện năng. Công suất NMTĐ phụ thuộc vào lưu lượng nước  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) và chiều cao hiệu dụng của cột nước  $H$  (m). Như vậy công suất NMTĐ được tính như sau:

$$P = 9,81 \eta QH, (\text{kW})$$

Trong đó:  $\eta$  là hiệu suất của NMTĐ.

Mặt cắt ngang của NMTĐ thể hiện trên hình 1.2. Nước từ thượng lưu 1, qua ống dẫn 4 đi vào buồng xoắn 8 rồi vào tua bin 9. Trục tua bin nối với trục máy phát 11; nước chảy xuống hạ lưu 2 qua ống 10. Gian máy 12 đặt sau đập 3. Điện năng sản xuất ra đưa vào nhà phân phối điện 14; sau đó qua máy biến áp 15 rồi truyền tải điện năng đi xa qua đường dây 16. Dây

chống sét 17 treo trên cao nhằm mục đích bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào dây dẫn 16. Cửa 6 có nhiệm vụ điều chỉnh lượng nước vào tua bin, cửa 5 phục vụ cho lắp ráp và sửa chữa máy phát điện.



Hình 1.2. Nhà máy thủy điện kiểu đập

Nhà máy thủy điện có những đặc điểm sau:

- Giá thành điện năng thấp.
- Lượng điện tự dùng của NMTĐ nhỏ hơn nhiều so với nhà máy nhiệt điện, khoảng  $0,5 \div 2\%$  so với công suất nhà máy; trong khi đó điện tự dùng nhà máy nhiệt điện rất lớn, dao động từ 5 – 15% công suất nhà máy.
- Khả năng tự động hóa cao.
- Hiệu suất cao khoảng 85%.
- Thời gian khởi động tổ máy ngắn  $3 \div 5$  phút.
- NMTĐ thường xây dựng gần nguồn thủy năng, phụ tải địa phương nhỏ, phần lớn điện năng được tải đi xa qua đường dây điện áp cao.
- Thời gian xây dựng lâu.
- Vốn đầu tư lớn.
- Công suất thiết kế bị hạn chế.

Do giá thành điện năng thấp nên các quốc gia đều tìm cách khai thác triệt để nguồn thủy năng để sản xuất điện năng.

Ở Việt Nam nhà máy thủy điện lớn nhất hiện nay là Hòa Bình với 8 tổ máy, công suất mỗi máy là 240 MW, điện áp máy phát 15,75 kV.

NMTĐ YALI (Gia Lai – Kontum): 4 máy  $\times$  180 = 720 MW

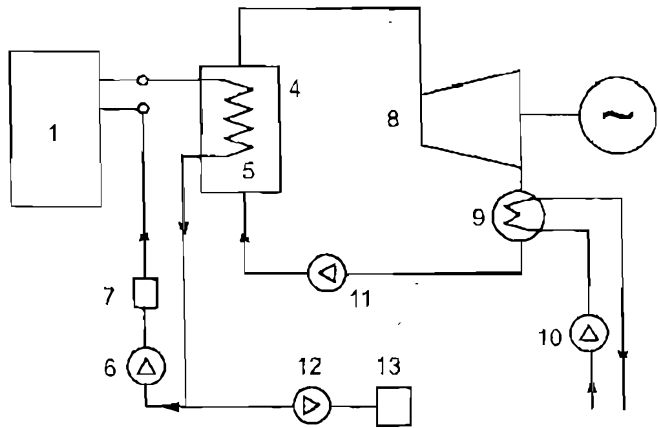
NMTĐ Trị An (Đồng Nai): 4 máy  $\times$  100 = 400 MW

NMTĐ Hàm Thuận (Lâm Đồng): 2 máy  $\times$  150 MW = 300 MW v.v...

Hiện nay đang xây dựng NMTĐ Sơn La với công suất 2400 MW.

### 1.1.3.3. Nhà máy điện nguyên tử (ĐNT)

Thiết bị quan trọng nhất trong nhà máy ĐNT là lò phản ứng hạt nhân. Tại đây xảy ra các phản ứng hạt nhân và sinh ra nhiệt năng; tiếp theo là thiết bị trao đổi nhiệt để sinh hơi đưa vào tua bin làm quay máy phát sản xuất ra điện năng. Hình 1.3 vẽ sơ đồ nguyên lý nhà máy



Hình 1.3. Sơ đồ nguyên lý nhà máy điện nguyên tử

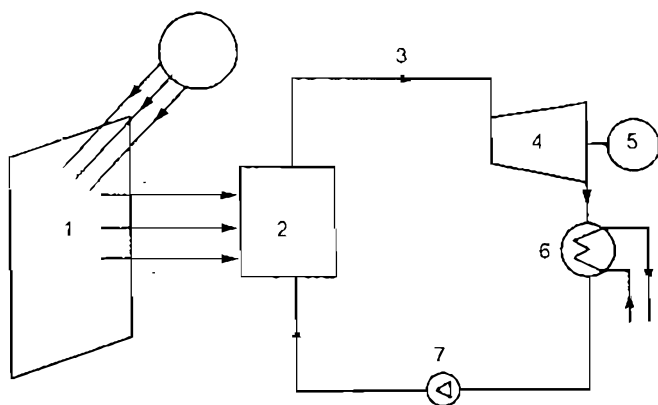
ĐNT hai chu trình tuần hoàn kín của nước. Mạch vòng một bao gồm lò phản ứng hạt nhân 1, ống dẫn 5 của thiết bị trao đổi nhiệt 4 và bơm nước 6. Nước sinh hơi trong lò 1, qua bình trao đổi nhiệt 4 để truyền nhiệt cho nước của mạch vòng thứ hai. Từ bình trao đổi nhiệt 4 nước đưa trở lại lò 1 qua máy bơm nước 6 và bộ lọc 7. Nước bổ sung được cung cấp từ bình nước 13 qua máy bơm 12. Mạch vòng hai gồm bộ trao đổi nhiệt 4, tua bin 8, bình ngưng 9 và máy bơm 11, bơm nước tuần hoàn 10. Quá trình công nghệ giống như nhà máy nhiệt điện. Trong quá trình vận hành, lò phản ứng hạt nhân phát ra các tia phóng xạ gây nguy hiểm đối với tính mạng con người. Vì vậy, lò phản ứng phải được bảo vệ đặc biệt bao gồm lớp nước dày 1m, lớp bê tông dày 3m và lớp gang dày 0,25m. Năng lượng nguyên tử rất lớn, ví dụ 1kg  $U_{235}$  khi phân hủy sẽ cho ta một năng lượng tương đương với đốt 2700 tấn than đá tiêu chuẩn. Như vậy, nhà máy ĐNT có thể xây dựng ở vùng xa dân cư, điện năng sẽ được truyền tải đi xa qua đường dây tải điện cao áp; khối lượng nhiên liệu tiêu thụ ít, không thải khói gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, việc xây dựng nhà máy điện nguyên tử

đòi hỏi vốn đầu tư lớn và đặc biệt chú ý vấn đề an toàn khi vận hành nhà máy, tránh các chất phóng xạ phát tán ra môi trường làm nguy hại đến sức khỏe con người. Một số nước trên thế giới đã xây dựng nhà máy ĐNT như Liên bang Nga, CHLB Đức, Ý, Nhật Bản, Hàn Quốc, CHDCND Triều Tiên, Mỹ, Canada v.v... Ở Việt Nam trong tương lai gần cũng sẽ xây dựng nhà máy ĐNT dự kiến đặt tại tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận vào khoảng năm 2020.

#### 1.1.3.4. Nhà máy điện dùng năng lượng mặt trời (ĐMT)

Nhà máy điện dùng năng lượng mặt trời thực chất cũng là nhà máy nhiệt điện, chỉ khác là thay thế lò đốt than bằng một hệ thống thấu kính. Hệ thống này tiếp nhận năng lượng mặt trời và dùng tia phản xạ để đun sôi nước. Công suất nhà máy không lớn mà giá thành thì đắt.

#### 1.1.3.5. Nhà máy điện dùng sức gió



Hình 1.4. Sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện mặt trời

Đặt hệ thống cánh quạt đối diện với chiều gió. Hệ thống này được nối với trục máy phát điện qua một bộ biến tốc. Điện năng sản xuất ra có thể sử dụng trực tiếp hay tích trữ vào bình ắc quy. Điều khó khăn của nhà máy này là tốc độ gió và hướng gió luôn thay đổi, do đó ảnh hưởng

đến tần số và điện áp. Bởi vậy công suất của loại nhà máy này rất bé chỉ vào khoảng 20 ÷ 30 kW đối với vùng gió ít, 100 ÷ 400 kW đối với vùng gió nhiều.

## 1.2. ĐỒ THỊ PHỤ TẢI ĐIỆN

### 1.2.1. Định nghĩa

Phụ tải luôn luôn biến đổi theo thời gian, đường biểu diễn quy luật biến thiên của phụ tải theo thời gian gọi là đồ thị phụ tải. Điện năng không thể tích trữ được (thực ra điện năng có thể tích trữ trong các bình ắc quy,

nhưng rất bé không đáng kể so với điện năng toàn hệ thống điện). Tại một thời điểm nào đó yêu cầu công suất phát từ các nhà máy điện phải cân bằng với công suất tiêu thụ kể cả tổn thất công suất trên đường dây và trong các máy biến áp. Nếu không thỏa mãn được sự cân bằng này thì chất lượng điện năng không đảm bảo. Đồ thị phụ tải được biểu diễn trên một hệ trục tọa độ mà hoành độ biểu thị thời gian, còn tung độ biểu thị công suất tác dụng P, hoặc công suất phản kháng Q, hoặc công suất toàn phần S. Có nhiều cách để phân loại đồ thị phụ tải như đồ thị phụ tải (ĐTPT) công suất tác dụng P(t) = f(t); ĐTPT công suất phản kháng Q(t) = f(t); đồ thị phụ tải công suất toàn phần S(t) = f(t). Nếu phân theo thời gian có ĐTPT ngày; ĐTPT tháng và ĐTPT năm. Phân theo vị trí trong HNĐ ta có ĐTPT hệ thống điện; ĐTPT nhà máy điện và ĐTPT của hộ tiêu thụ, trạm biến áp.

### 1.2.2. Cách vẽ đồ thị phụ tải

ĐTPT ngày của nhà máy điện được vẽ bằng cách dùng óát kế tự ghi là chính xác nhất. Kim của óát kế vẽ đường cong liên tục biểu diễn sự thay đổi của công suất trong ngày. Diện tích giới hạn bởi đường cong này với hệ trục tọa độ chính là điện năng mà nhà máy sản xuất ra hay điện năng tiêu thụ trong một ngày đêm. ĐTPT ngày của nhà máy điện là tổng ĐTPT ngày của hộ tiêu thụ các cấp điện áp kể cả tổn thất qua máy biến áp và phụ tải tự dùng của nhà máy. Tổn thất trong máy biến áp (MBA) bao gồm tổn thất trong lõi thép, không phụ thuộc vào sự biến thiên của phụ tải và tổn thất đồng có phụ thuộc vào sự biến thiên của phụ tải. Một cách gần đúng, phụ tải tự dùng của NMD được tính như sau:

$$P_{td}(t) = P_{td\ max} \left( 0,4 + 0,6 \frac{P(t)}{P_d} \right)$$

Trong đó:  $P_{td}(t)$  là công suất tự dùng của NMD tại thời điểm t

$P(t)$  là công suất phát của NMD tại thời điểm t.

Từ đây thấy rằng 40% công suất tự dùng của NMD không phụ thuộc vào công suất phát của nhà máy, còn 60% công suất tự dùng của NMD có phụ thuộc vào công suất phát của nhà máy.

$$P_{td\ max} = P_{td\ max} \% P_d / 100$$

$P_{td\ max} \%$  là công suất tự dùng cực đại tính theo phần trăm công suất đặt.

$P_d$  là công suất đặt của nhà máy.

Cũng có thể tính công suất tự dùng của nhà máy theo công suất toàn phần:

$$S_{td}(t) = \alpha S_{nn} \left( 0,4 + 0,6 \frac{S(t)}{S_{nn}} \right)$$

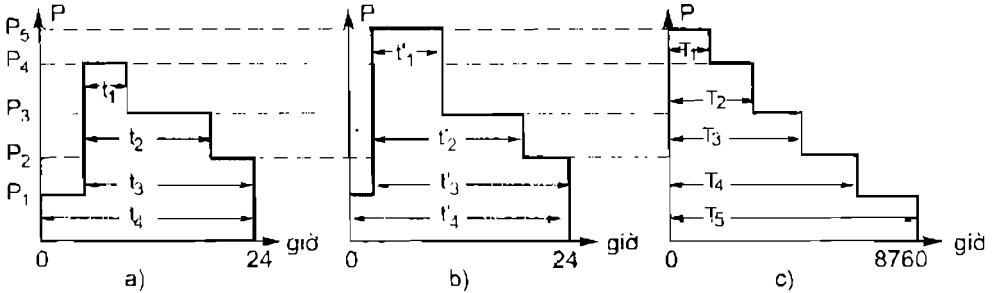


Trong đó:  $\alpha$  là số phần trăm điện tự dùng của nhà máy.

$S_{nm}$ : công suất toàn nhà máy.

$S(t)$ : công suất nhà máy phát ra tại thời điểm  $t$ .

Để vẽ ĐTPT năm thường dựa vào ĐTPT ngày đặc trưng cho các mùa trong năm. Mùa hè 180 ngày, mùa đông 185 ngày.



Hình 1.5. Xây dựng đồ thị phụ tải năm

a) ĐTPT ngày mùa hè; b) ĐTPT ngày mùa đông; c) ĐTPT năm

Bắt đầu từ phụ tải cực đại  $P_5$ , sau đó giảm dần theo thứ tự bậc công suất  $P_4 \rightarrow P_3 \rightarrow P_2 \rightarrow P_1$ . Từ hình 1.5 thấy rằng, công suất  $P_5$  chỉ xuất hiện vào mùa đông, do đó thời gian tương ứng với công suất  $P_5$  là  $T_1 = 185t'_1$ . Với công suất  $P_4$  ta thấy thời gian sử dụng trong năm là:

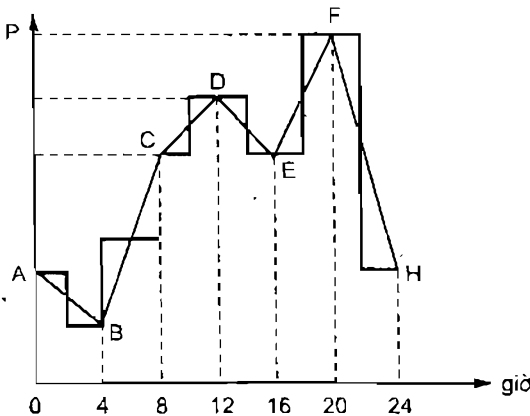
$$T_2 = 180t_1 + 185t'_1$$

Cách tính toán tương tự như trên ta có:

$$T_3 = 180t_2 + 185t'_2$$

$$T_4 = 180t_3 + 185t'_3$$

$$T_5 = 180t_4 + 185t'_4 = 8760 \text{ giờ}$$



Hình 1.6. ĐTPT ngày vẽ theo từng điểm

Tuy nhiên người ta cũng có thể vẽ ĐTPT bằng cách đọc, ghi lại giá trị công suất ứng với từng thời gian quy định, rồi biểu diễn các kết quả này lên một hệ trục tọa độ, nối các điểm lại sẽ được một đường gãy khúc. Cuối cùng biến đường gãy khúc này thành đường bậc thang, nhưng phải đảm bảo hai điều kiện sau: Diện tích giới hạn bởi đường gãy khúc với hệ trục tọa độ phải bằng diện tích

giới hạn bởi đường bậc thang với hệ trục tọa độ, bởi vì diện tích này chính là điện năng mà nhà máy sản xuất ra trong một ngày đêm. Đồng thời phải đảm bảo các điểm cực trị phải nằm trên cả đường gãy khúc và đường bậc thang. Cách vẽ này tuy không chính xác lắm, song lại được dùng rất phổ biến.

### 1.2.3. Các đại lượng đặc trưng của đồ thị phụ tải

#### a) Công suất trung bình

$$P_{tb} = \frac{A}{T}$$

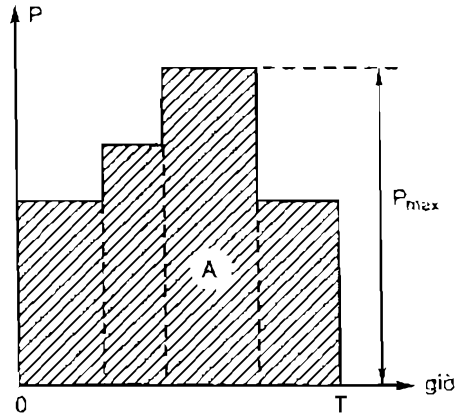
A là điện năng sản xuất ra trong thời gian T. Nếu T = 24 giờ thì ta có công suất trung bình ngày  $P_{tb}$ .

#### b) Hệ số điện kén đồ thị phụ tải $\alpha$

$$\alpha = \frac{P_{tb}}{P_{max}} = \frac{A}{P_{max} T}$$

$P_{max}$  là công suất cực đại trong thời gian T.

$\alpha$  chính là tỷ số của diện tích giới hạn bởi đường biểu diễn ĐTPT với hệ trục tọa độ và diện tích hình chữ nhật có cạnh là  $P_{max}$  và T. Hệ số  $\alpha$  càng lớn thì càng tốt; lớn nhất bằng một khi đó  $P_{tb} = P_{max}$ , nghĩa là trong thời gian t nhà máy luôn luôn phát với công suất cực đại.



Hình 1.7

#### c) Hệ số sử dụng công suất đặt n

$$n = \frac{P_{tb}}{P_d} = \frac{A}{P_d T}$$

với  $P_d$  là tổng công suất đặt của thiết bị.

Hệ số sử dụng công suất đặt thể hiện mức độ sử dụng công suất đặt, như vậy n càng lớn càng tốt.

#### d) Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{max}$

$$T_{max} = \frac{A}{P_{max}} = \frac{P_{tb} T}{P_{max}} = \alpha T$$

Như vậy nếu thiết bị luôn luôn làm việc với công suất cực đại  $P_{max}$ , thì sau thời gian  $T_{max}$  nó sẽ sản xuất ra (hoặc tiêu thụ) một lượng điện năng đúng bằng lượng điện năng thực tế khi công suất thay đổi.

*e) Thời gian sử dụng công suất đặt  $T_d$*

$$T_d = \frac{\Lambda}{P_d} = \frac{P_{lb} T}{P_d} = nT$$

vì  $u > n$  do đó  $T_{max} > T_d$ .

#### 1.2.4. Công dụng của đồ thị phụ tải

- Dựa vào ĐTPT để duy trì sự cân bằng giữa công suất phát và công suất tiêu thụ.

- Xác định lượng điện năng sản xuất (hay tiêu thụ) trong thời gian xét.

Xác định dung lượng và số lượng các tổ máy sao cho hợp lý.

- Lập kế hoạch tu sửa các thiết bị chính của nhà máy điện hay trạm biến áp.

- Điều chỉnh ĐTPT, cụ thể là dựa vào đây ta có thể phát triển thêm các hộ tiêu thụ làm việc theo mùa (ví dụ nhà máy đường, nhà máy chè, nhà máy hoa quả...); với các hộ tiêu thụ làm việc ít giờ trong một ngày thì cần bố trí làm việc vào thời gian phụ tải HTĐ thấp, làm như vậy sẽ giảm bớt được mức chênh lệch giữa phụ tải cực đại và cực tiểu của HTĐ; hoặc là tăng số ca làm việc trong ngày của các xí nghiệp; bố trí ngày nghỉ trong tuần của các xí nghiệp lệch nhau; điều chỉnh giờ bắt đầu làm việc.

### 1.3. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA ĐIỂM TRUNG TÍNH HỆ THỐNG ĐIỆN

Trong mạng điện xoay chiều ba pha thì điểm nối chung của ba cuộn dây nối hình sao của máy phát điện hay máy biến áp được gọi là điểm trung tính. Điểm trung tính có thể không nối đất, có thể nối đất qua cuộn dây hồ quang hay trực tiếp nối đất.

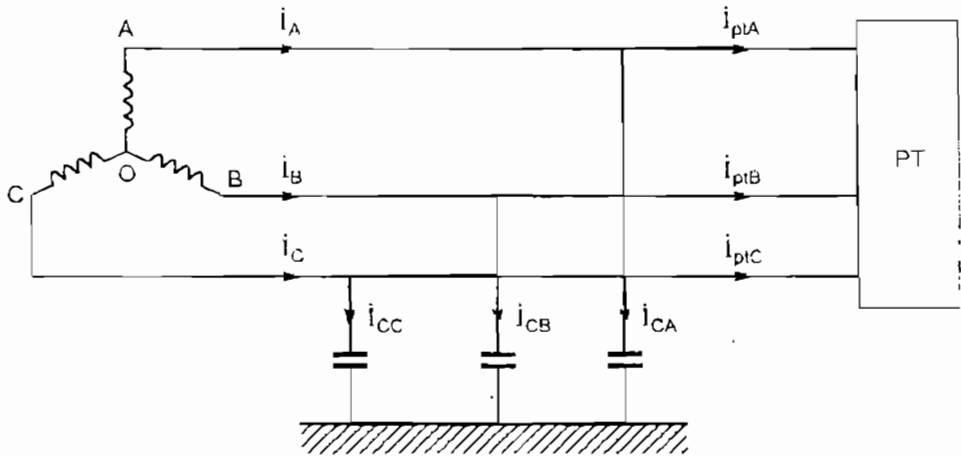
Tình trạng làm việc của điểm trung tính có liên quan đến việc tính toán dòng điện ngắn mạch, thiết kế bảo vệ rơ le, chọn lựa mức độ cách điện của thiết bị.

#### 1.3.1. Mạng điện ba pha trung tính cách điện đối với đất

*a) Tình trạng làm việc bình thường*

Hãy xét một mạng điện ba pha đơn giản gồm có máy phát điện, đường dây và phụ tải. Mỗi pha của đường dây đối với đất có một điện

dung, nó phân bố dọc theo chiều dài đường dây. Để đơn giản coi các điện dung này tập trung tại một điểm giữa đường dây hình 1.8.



Hình 1.8. Tình trạng làm việc bình thường mạng điện ba pha

Trong điều kiện làm việc bình thường, giả thiết mạng điện là đối xứng nên các vectơ điện áp pha lệch nhau  $120^\circ$ ; nghĩa là  $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ ; về trị số, ta có  $U_A = U_B = U_C$ . Dòng điện điện dung các pha cũng đối xứng:  $\dot{I}_{CA} + \dot{I}_{CB} + \dot{I}_{CC} = 0$  và  $I_{CA} = I_{CB} = I_{CC}$

Đồ thị vectơ biểu diễn trên hình 1.9.

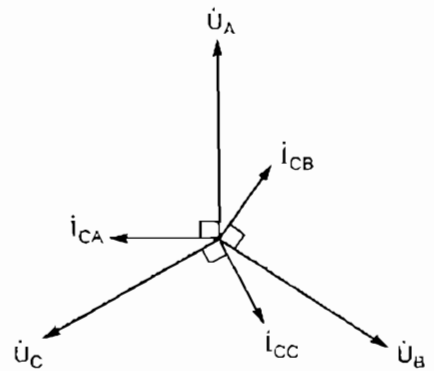
Dòng điện chạy trong các pha của nguồn là  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$  bằng tổng dòng điện phụ tải và dòng điện điện dung của pha tương ứng; nghĩa là:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ptA} + \dot{I}_{CA}$$

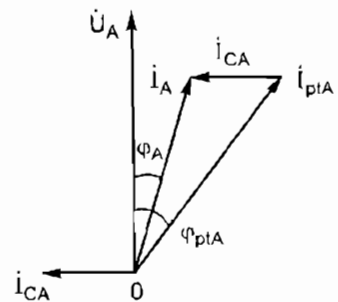
$$\dot{I}_B = \dot{I}_{ptB} + \dot{I}_{CB}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{ptC} + \dot{I}_{CC}$$

Do phụ tải đối xứng nên có thể tách ra một pha để nghiên cứu, ví dụ xét pha A. Đồ thị vectơ của điện áp và dòng điện cho trên hình 1.10.



Hình 1.9. Vectơ điện áp và dòng điện khi làm việc bình thường

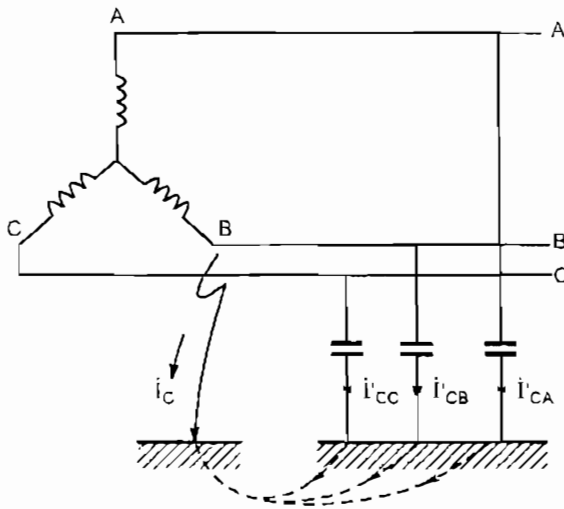


Hình 1.10. Đồ thị vectơ dòng điện và điện áp pha A

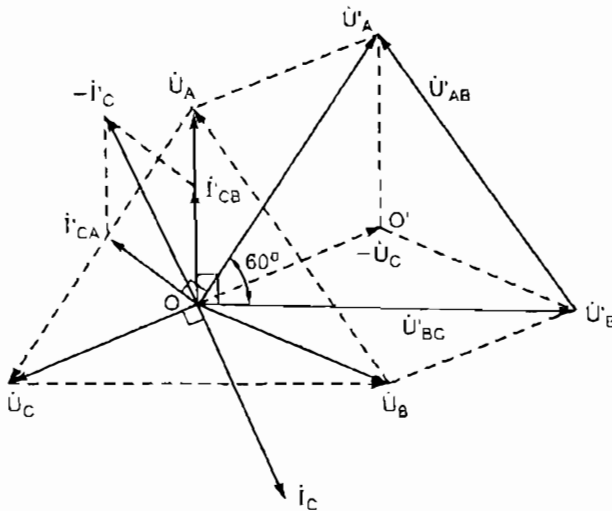
$\varphi_{pA}$  là góc lệch pha giữa vectơ điện áp  $\dot{U}_A$  và dòng điện phụ tải  $\dot{I}_{pA}$ ;  $\varphi_A$  là góc lệch pha giữa điện áp pha A và dòng điện  $\dot{I}_A$ . Ta thấy  $\varphi_A < \varphi_{pA}$  do đó  $\cos\varphi_A > \cos\varphi_{pA}$ . Như vậy, do có xét đến ảnh hưởng của dòng điện điện dung nên hệ số công suất  $\cos\varphi$  của nguồn tăng lên.

**b) Tình trạng một pha chạm đất**

Xét trường hợp một pha chạm đất trực tiếp, ví dụ pha C chạm đất. Sơ đồ mạng điện vẽ trên hình 1.11.



**Hình 1.11. Mạng điện ba pha trung tính cách điện khi chạm đất một pha**



**Hình 1.12. Đồ thị vectơ điện áp, dòng điện khi một pha chạm đất**

Khi pha C chạm đất thì điện áp pha C giảm xuống bằng không. Điện áp các pha còn lại (pha A, pha B) đối với đất được xem như là sự xếp chồng của điện áp pha trước khi chạm đất với điện áp thành phần thứ không  $\dot{U}_0 = -\dot{U}_C$ :

$$\begin{aligned}\dot{U}'_A &= \dot{U}_A - \dot{U}_C = \dot{U}_A + \dot{U}_{AO} \\ \dot{U}'_B &= \dot{U}_B - \dot{U}_C = \dot{U}_B + \dot{U}_{BO} \\ \dot{U}'_C &= \dot{U}_C - \dot{U}_C = \dot{U}_C + \dot{U}_{CO} = 0\end{aligned}$$

Từ đồ thị vectơ dễ dàng nhận được:

$$U'_A = U'_B = \sqrt{3}U_A = \sqrt{3}U_B = \sqrt{3}U_p = U_d.$$

Do điện áp hai pha A và B tăng lên  $\sqrt{3}$  lần so với điện áp pha, nên dòng điện điện dung cũng tăng lên  $\sqrt{3}$  lần so với lúc làm việc bình thường:

$$I'_{CA} = I'_{CB} = \sqrt{3}I_{CO}.$$

Dòng điện điện dung của pha chạm đất  $I_C$  tăng lên ba lần so với dòng điện dung khi làm việc bình thường  $I_C = \sqrt{3}I'_{CA} = \sqrt{3}I'_{CB} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}I_{CO} = 3I_{CO}$ .

Cũng từ đồ thị vectơ ta có:

$$\begin{aligned}\dot{U}'_{AB} &= \dot{U}'_A - \dot{U}'_B = \dot{U}_{AB} \\ \dot{U}'_{BC} &= \dot{U}'_B - \dot{U}'_C = \dot{U}'_B = \dot{U}_{BC} \\ \dot{U}'_{CA} &= \dot{U}'_C - \dot{U}'_A = -\dot{U}'_A = \dot{U}_{CA}\end{aligned}$$

Cuối cùng ta có thể rút ra một số nhận xét như sau:

– Pha nào chạm đất thì điện áp pha đó giảm xuống bằng không, điện áp các pha còn lại đối với đất tăng lên  $\sqrt{3}$  lần tức là bằng điện áp dây.

– Dòng điện điện dung của pha chạm đất tăng lên ba lần ( $I_C = 3I_{CO}$ ), dòng điện điện dung của hai pha còn lại tăng lên  $\sqrt{3}$  lần so với lúc làm việc bình thường ( $I'_{CA} = I'_{CB} = \sqrt{3}I_{CO}$ ).

– Trước lúc chạm đất, điện áp điểm trung tính bằng không, khi có một pha chạm đất thì điện áp điểm trung tính tăng lên bằng điện áp pha.

– Điện áp dây trước và sau khi chạm đất không thay đổi nên mạng điện vẫn được phép vận hành trong phạm vi hai giờ trở lại tùy thuộc vào cấp điện áp của mạng điện. Sở dĩ như vậy là do dòng điện dung gây ra hồ quang có thể phá hỏng cách điện tại nơi chạm đất tạo ra ngắn mạch giữa các pha; mặt khác hồ quang do dòng điện điện dung gây ra cháy không ổn định tạo thành

mạch vòng dao động R-L-C gây nên quá điện áp từ  $3,5 \div 4$  lần điện áp pha của mạng điện, làm cho cách điện dễ bị chọc thủng tạo ra ngắn mạch gây nguy hiểm. Do đó đối với mạng điện  $U = 6 - 15\text{kV}$  mặc dù có độ dự trữ cách điện lớn cũng không cho phép dòng điện điện dung quá 30A, còn với mạng điện  $U = 20 \div 35\text{kV}$ , dòng điện  $I_c$  không vượt quá 10A.

– Khi thiết kế cách điện của thiết bị phải thiết kế theo điện áp dây, điều này làm tăng giá thành của thiết bị.

Để tính dòng điện tại nơi chạm đất có thể sử dụng công thức gần đúng sau:

– Với đường dây trên không:  $I_c = \frac{U_d \cdot \ell}{350} \text{ (A)}$

– Với đường dây cáp:  $I_c = \frac{U_d \cdot \ell}{10} \text{ (A)}$

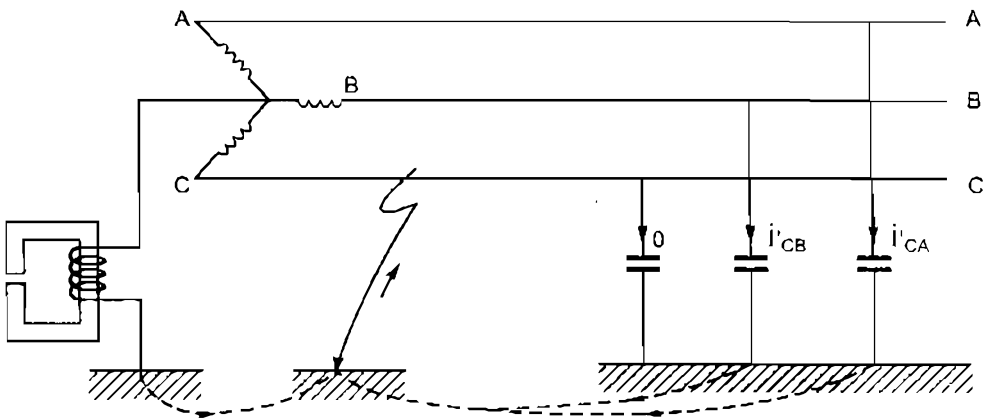
Trong đó:

–  $U_d$  là điện áp dây, tính bằng kV

–  $\ell$  là tổng chiều dài đường dây của mạng điện ở cấp điện áp đó (km).

### 1.3.2. Mạng điện ba pha trung tính nối đất qua cuộn dập hồ quang

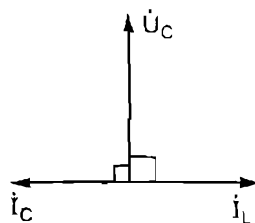
Như đã nêu ở trên, đối với mạng điện có điện áp  $U \leq 35\text{kV}$  chỉ cho phép trung tính cách điện đối với đất khi dòng điện điện dung không vượt quá trị số quy định. Ngược lại, khi dòng điện điện dung lớn hơn trị số quy định này thì phải nối trung tính xuống đất qua cuộn dập hồ quang, mục đích là để giảm dòng điện tại nơi chạm đất một pha. Sơ đồ mạng điện trình bày trên hình 1.13.



Hình 1.13. Mạng điện ba pha trung tính nối đất qua cuộn dập hồ quang

Cuộn dập hồ quang là một cuộn dây điện cảm có lõi thép, điện kháng rất lớn, điện trở rất nhỏ  $L \gg R$ . Điện cảm  $L$  của cuộn dây có thể thay đổi được bằng cách thay đổi khe hở không khí của lõi thép hoặc thay đổi số vòng dây, do đó có thể thay đổi được dòng điện điện cảm  $I_L$  chạy qua cuộn dập hồ quang. Cả cuộn dây và lõi thép đặt trong thùng dầu máy biến áp. Trong điều kiện làm việc bình thường, do điện áp điểm trung tính bằng không nên không có dòng điện chạy qua cuộn dập hồ quang  $I_L = 0$ .

Khi một pha chạm đất trực tiếp, ví dụ pha C, thì điện áp pha đặt lên cuộn dập hồ quang, nên có dòng điện  $I_L$  chạy qua nó. Dòng điện này chậm sau điện áp pha chạm đất một góc  $90^\circ$ . Như vậy, tại nơi chạm đất xuất hiện hai dòng điện là dòng điện điện dung  $I_C$  vượt trước  $U_C$  một góc  $90^\circ$  và dòng điện điện cảm  $I_L$  chậm sau  $U_C$  một góc  $90^\circ$ . Đồ thị vectơ chỉ trên hình 1.14.



Hình 1.14. Đồ thị vectơ của  $I_C$ ,  $I_L$  khi pha C chạm đất

Hai dòng điện này ngược chiều nhau, do đó dòng điện tại nơi chạm đất sẽ giảm đi.

$$\Delta \dot{I} = \dot{I}_C + \dot{I}_L$$

Về trị số thì:  $\Delta I = |I_C - I_L|$

Nếu điều chỉnh điện cảm  $L$  của cuộn dập hồ quang để cho  $I_C = I_L$  thì tại nơi chạm đất dòng điện sẽ bằng không.

Thực tế vận hành đôi khi đường dây phải đóng, cắt nên dòng điện dung thay đổi nên khó thực hiện được sự cân bằng này. Người ta mong muốn tại nơi chạm đất dòng điện sau khi đã bù sẽ có một trị số nào đó để cho rơ le bảo vệ tác động nhằm báo tín hiệu cho nhân viên vận hành biết và kịp thời có biện pháp xử lý sự cố. Vì vậy, xuất hiện hai chế độ vận hành của cuộn dập hồ quang như sau:

a) Nếu ta hiệu chỉnh cuộn dập hồ quang khi toàn bộ đường dây đều làm việc mà dòng điện điện dung lớn hơn dòng điện điện cảm  $I_C > I_L$ . Nếu trong mạng điện có một pha chạm đất thì sẽ xuất hiện hiện tượng bù thiếu  $\Delta I_1 = I_C - I_L$ . Nếu cắt bớt một số đường dây mà mạng điện có một pha chạm đất thì  $\Delta I_1$  giảm xuống nên rơ le bảo vệ không tác động, vì vậy không báo tín hiệu sự cố.

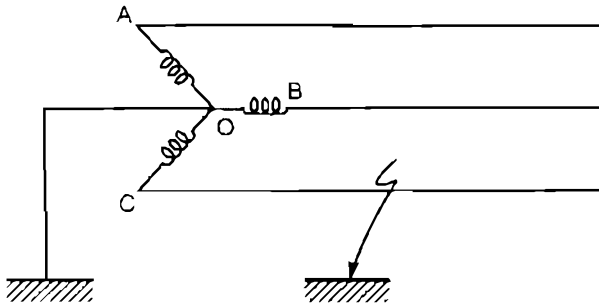


b) Nếu hiệu chỉnh cuộn dập hồ quang khi tất cả đường dây làm việc nhưng dòng điện điện cảm lớn hơn dòng điện điện dung  $I_l > I_c$ . Như vậy  $\Delta I_2 = I_l - I_c$ . Bây giờ cắt bớt một số đường dây mà mạng điện có một pha chạm đất thì  $\Delta I_2$  tăng lên, bảo vệ rơ le tác động nhằm báo tín hiệu sự cố. Cách hiệu chỉnh này gọi là hiện tượng quá bù.

Tóm lại, mạng điện ba pha trung tính nối đất qua cuộn dập hồ quang cũng phải thiết kế cách điện theo điện áp dây và cũng được phép làm việc trong một thời gian quy định như đã nêu ở mạng điện ba pha trung tính cách điện đối với đất.

### 1.3.3. Mạng điện ba pha trung tính trực tiếp nối đất

Đối với mạng điện có điện áp cao  $U \geq 110 \text{ kV}$ , chiều dài đường dây lớn nên dòng điện điện dung  $I_c$  khi một pha chạm đất cũng rất lớn. Vì vậy, nếu đặt cuộn dập hồ quang cũng không giải quyết được vấn đề gì. Mặt khác, độ dự trữ cách điện bé; vì vậy với điện áp  $U \geq 110 \text{ kV}$  thì điểm trung tính của mạng điện phải nối đất trực tiếp như hình 1.15.



Hình 1.15. Mạng điện ba pha trung tính trực tiếp nối đất

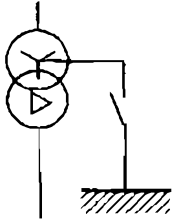
Ưu điểm lớn nhất của mạng điện này là khi thiết kế cách điện chỉ theo điện áp pha nên có ý nghĩa lớn về mặt kinh tế.

Nhưng vì trung tính trực tiếp nối đất nên khi một pha chạm đất dòng điện ngắn mạch sẽ rất lớn, thiết bị bảo vệ rơ le tác động cắt mạch làm mất điện của hộ tiêu thụ. Xác suất ngắn mạch một pha chạm đất đối với đường dây trên không của HTĐ là rất lớn, nhưng lại có tính chất thoáng qua vì vậy nếu dùng thiết bị tự động đóng lại thì sẽ giảm được thời gian mất điện của hộ tiêu thụ. Mặt khác, do dòng điện ngắn mạch một pha chạm đất lớn nên yêu cầu điện trở nối đất của các trạm biến áp  $U \geq 110 \text{ kV}$  phải nhỏ hơn  $0,5\Omega$ , do đó việc nối đất sẽ phức tạp và đắt tiền. Để giảm dòng điện ngắn mạch một pha chạm đất có thể dùng các biện pháp sau:

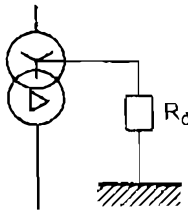
a) Đặt dao cách ly trên mạch trung tính nối đất như hình 1.16. Như vậy, việc đóng hay cắt dao cách ly sẽ làm thay đổi tổng trở thứ tự không của mạng điện.

b) Nối đất điểm trung tính qua một điện trở nhỏ  $R_d$  như hình 1.17.

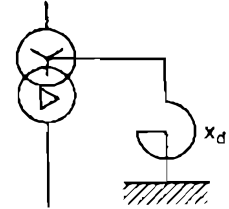
c) Nối đất điểm trung tính qua một điện kháng nhỏ như hình 1.18.



Hình 1.16. Nối đất điểm trung tính qua dao cách ly



Hình 1.17. Nối đất điểm trung tính qua điện trở



Hình 1.18. Nối đất điểm trung tính qua điện kháng

Tóm lại mạng điện ba pha  $U > 1000V$  có trung tính cách điện đối với đất hay nối đất qua cuộn dập hồ quang gọi là mạng điện có dòng chạm đất bé (bé hơn 500A); còn mạng có trung tính trực tiếp nối đất gọi là mạng điện có dòng chạm đất lớn (lớn hơn 500A).

Đối với mạng điện ba pha điện áp bé hơn 1000V như mạng điện 380/220V, 220/127V thì điểm trung tính trực tiếp nối đất. Việc nối đất ở mạng điện này không phải vì lý do cách điện bởi độ dự trữ cách điện của mạng điện này rất lớn, mà lý do chủ yếu là đảm bảo an toàn cho người. Do đó nối đất ở cấp điện áp này gọi là nối đất an toàn.

#### 1.4. VÀI NÉT VỀ TÌNH HÌNH PHÁT TRIỂN CỦA ĐIỆN LỰC VIỆT NAM

Tháng 6 năm 2001 Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt quy hoạch phát triển điện lực Việt Nam giai đoạn 2001 đến 2010, có xét đến triển vọng 2020. Trong đó dự báo nhu cầu điện năng đến 2010 là 70 ÷ 80 tỷ kWh, tăng trưởng bình quân 10 – 11%/năm và dự báo đến 2020 cả nước tiêu thụ khoảng 201 tỷ kWh. Với tốc độ tăng trưởng của nhu cầu điện năng lớn như vậy, đòi hỏi ngành điện phải nhanh chóng phát triển thêm nguồn điện (xây dựng các loại nhà máy điện) và lưới điện để đáp ứng yêu cầu của phụ tải. Nói chung ngành điện phải luôn đi trước một bước để tạo đà phát triển cho các thành phần kinh tế quốc dân. Theo kết quả dự báo điện của Viện Năng lượng – với kịch bản cơ sở – cho thấy nhu cầu điện năng giai đoạn 2010 – 2020 như sau:

	2010		2020	
	GWh	%	GWh	%
Công nghiệp và xây dựng	43030	51,9	113590	53,7
Nông nghiệp	910	1,1	1152	0,6
Quản lý, tiêu dùng	31982	38,5	48315	37,1
Thương nghiệp, khách sạn	4308	5,2	9112	5,1
Hoạt động khác	2754	3,3	6250	3,5
Tổng thương phẩm	82986	100	178418	100
Nhịp tăng bình quân (% năm)	13,0		8,0	
Tổng điện năng sản xuất	96125		201367	
$P_{max}$ (MW)	16033		32376	
Bình quân đầu người (kWh/năm)	1064		1977	

Để đáp ứng được nhu cầu trên, ngành điện đã và sẽ xây dựng một loạt các nhà máy điện:

### 1. Các nhà máy thủy điện

Đại Ninh	300 MW
Rào Quán (Quảng Trị)	70 MW
Sêsan 3 (Gia Lai – Kontum)	260 MW
Na Hang (Tuyên Quang)	342 MW
A Vương (Quảng Nam)	170 MW
Bản Lá (Nghệ An)	300 MW
Sông Tranh (Quảng Nam)	200 MW
Đắc My 4	200 MW
Sơn La	2400 MW

### 2. Các nhà máy nhiệt điện:

Uông Bí mở rộng	700 MW
Hải Phòng	600 MW
Quảng Ninh	1200 MW
Ninh Bình mở rộng	300 MW
Nghi Sơn (Thanh Hóa)	600 MW

Ngoài ra còn rất nhiều nhà máy thủy điện, nhiệt điện khí khác lần lượt được xây dựng. Trên đây chỉ nêu một số nhà máy có công suất lớn. Bên cạnh đó chúng ta cũng đang nghiên cứu xây dựng các nhà máy điện nguyên tử, dự kiến có thể đặt tại tỉnh Ninh Thuận – Bình Thuận. Việc xây dựng nhà máy điện nguyên tử đòi hỏi vốn đầu tư lớn và đặc biệt phải quan tâm đến vấn đề an toàn trong quá trình vận hành nhà máy.

Song song với việc phát triển các nhà máy điện thì cũng phải xây dựng các đường dây tải điện cao thế để truyền tải điện năng đi xa. Việt Nam đã có đường dây 500 kV đưa vào vận hành giữa năm 1994, chiều dài 1500km từ nhà máy Thủy điện Hòa Bình đến Phú Lâm. Đường dây 500 kV Pleiku – Phú Lâm 547km. Đường dây 500 kV mạch đơn từ Đà Nẵng – Dung Quất – Pleiku dài 300km. Đường dây 500 kV Đà Nẵng – Hà Tĩnh – Nho Quan mạch hai. Đường dây 500 kV mạch kép, Quảng Ninh – Thường Tín dài 120km. Tương tự, đối với lưới 220 kV và 110 kV cũng được xây dựng thêm. Tính đến năm 2010 và 2020 tổng chiều dài (km) đường dây chuyên tải điện như sau:

Cấp điện áp (kV)	2010	2020
500	3933	5993
220	9398	11487
110	14442	32352

Ngoài những nhà máy điện do Tổng công ty Điện lực Việt Nam đảm nhận, còn có các tổng công ty khác tham gia xây dựng nguồn điện. Ví dụ, Tổng công ty Than Việt Nam làm chủ đầu tư các nhà máy điện Na Dương 100 MW, Cao Ngạn 100 MW và Cẩm Phả 300 MW... Tình hình phát triển của Điện lực Việt Nam cũng có quan hệ mật thiết với sự phát triển kinh tế của đất nước, nên chắc rằng cũng còn có những sự hiệu chỉnh thay đổi phát triển nguồn và lưới sao cho phù hợp.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1.1. Hệ thống điện là gì? Vì sao phải xây dựng hệ thống điện?
- 1.2. Dựa vào yếu tố gì để phân chia các loại nhà máy điện? Quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy nhiệt điện như thế nào?
- 1.3. Đồ thị phụ tải là gì? Cách phân loại và công dụng của đồ thị phụ tải.
- 1.4. Các đại lượng đặc trưng cho đồ thị phụ tải, cách vẽ đồ thị phụ tải như thế nào?
- 1.5. Phân tích tình trạng làm việc của mạng điện ba pha có trung tính cách điện hay nối đất qua cuộn dập hồ quang, từ đó rút ra những kết luận cần thiết.
- 1.6. Mạng điện ba pha trung tính trực tiếp nối đất gọi là gì? Có ưu, nhược điểm gì?
- 1.7. Hãy giải thích ý nghĩa của việc đặt dao cách ly trên mạch trung tính nối đất của máy biến áp hai dây quấn (hình 1.16).

## Chương 2

# SỰ PHÁT NÓNG CỦA DÂY DẪN VÀ KHÍ CỤ ĐIỆN

### 2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Tất cả các phần tử mang điện như dây dẫn và khí cụ điện nếu có dòng điện chạy qua đều gây ra hiện tượng phát nóng làm cho nhiệt độ tăng lên. Nguyên nhân là do có tổn thất công suất: tổn thất công suất do điện trở của các phần dẫn điện, các cuộn dây và các đầu tiếp xúc; tổn thất công suất do dòng điện xoáy trong kim loại; tổn thất công suất trong mạch từ máy biến áp và tổn thất công suất trong điện môi.

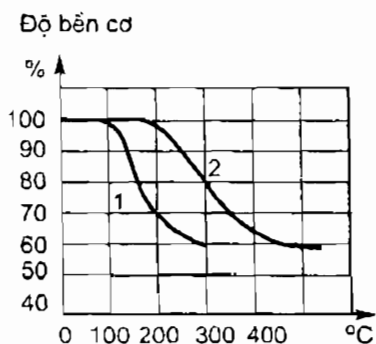
Các tổn thất này phụ thuộc vào điện áp, tần số, dòng điện, hình dáng kích thước, vật liệu của các phần tử đó; đặc biệt tổn thất công suất tỷ lệ với bình phương dòng điện. Có thể chia làm hai tình trạng phát nóng. Đó là phát nóng bình thường lâu dài và phát nóng ngắn hạn. Phát nóng bình thường do dòng điện làm việc lâu dài chạy qua dây dẫn và khí cụ điện. Sau một thời gian nào đó nhiệt độ đạt tới trạng thái ổn định, nhiệt độ không thay đổi, lúc này toàn bộ nhiệt lượng sinh ra đều tỏa ra môi trường xung quanh. Phát nóng ngắn hạn do dòng điện quá tải hay ngắn mạch gây ra, thời gian tồn tại ngắn, dòng điện lớn nên xem quá trình phát nóng này là quá trình đoạn nhiệt, nghĩa là toàn bộ nhiệt lượng sinh ra chỉ để làm tăng nhiệt độ của dây dẫn và khí cụ điện mà bỏ qua hiện tượng tản nhiệt ra môi trường xung quanh.

### 2.2. NHIỆT ĐỘ PHÁT NÓNG CHO PHÉP CỦA DÂY DẪN VÀ KHÍ CỤ ĐIỆN

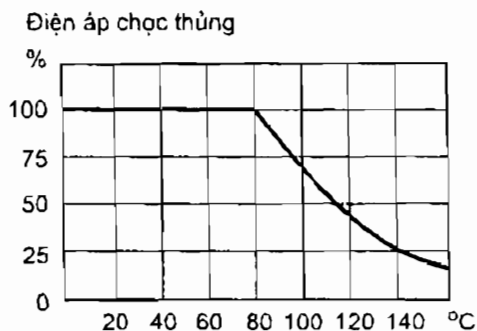
Khi nhiệt độ tăng cao có thể làm cho dây dẫn và khí cụ điện bị hư hỏng, vì cách điện bị già hóa và làm giảm tuổi thọ của chúng. Bởi vậy cần phải quy định trị số nhiệt độ cho phép đối với các phần tử dẫn điện. Dưới tác dụng của nhiệt độ sẽ làm cho độ bền cơ và điện của các phần tử dẫn điện bị thay đổi. Hình 2.1 cho ta thấy rõ điều này.

Độ bền cơ sẽ giảm đột ngột khi nhiệt độ phát nóng từ  $100 \div 120^{\circ}\text{C}$  đối với phát nóng lâu dài (đường 1) và nhiệt độ từ  $200 \div 250$  đối với phát nóng ngắn hạn (đường 2). Vì vậy, các dây dẫn và khí cụ điện sẽ bị biến

dạng hoặc bị phá hỏng dưới tác dụng của lực động điện khi ngắn mạch. Đối với sứ cách điện cũng vậy, khi nhiệt độ tăng cao từ  $80 \div 85^{\circ}\text{C}$ , độ bền về điện cũng giảm xuống đột ngột. Hình 2.2 cho ta quan hệ giữa điện áp chọc thủng của sứ và nhiệt độ.



Hình 2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ với độ bền cơ



Hình 2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ với điện áp chọc thủng sứ cách điện

Để quy định nhiệt độ phát nóng cho phép lâu dài của dây dẫn và khí cụ điện cần phải xuất phát từ các điều kiện sau: không cho phép độ bền cơ giảm quá mức, đảm bảo sự làm việc của các đầu tiếp xúc và sử dụng cách điện sao cho kinh tế. Nhiệt độ cho phép đối với các loại dây dẫn như sau:

Dây dẫn trần:	$70^{\circ}\text{C}$
Cáp cách điện PVC:	$70^{\circ}\text{C}$ – điện áp $U \leq 10 \text{ kV}$
Cáp cách điện XLPE:	$90^{\circ}\text{C}$ – điện áp bất kỳ
Cáp cách điện bằng giấy tẩm dầu:	$65^{\circ}\text{C}$ – điện áp $U \leq 10 \text{ kV}$
Cáp cách điện bằng cao su:	$60^{\circ}\text{C}$ – điện áp $10 \text{ kV}$

### 2.3. PHƯƠNG TRÌNH PHÁT NÓNG TỔNG QUÁT CỦA DÂY DẪN TRẦN ĐỒNG NHẤT

Dây dẫn trần đồng nhất là dây dẫn cùng một tiết diện ngang, cùng một vật liệu như nhau trên toàn bộ chiều dài đường dây. Do đó nhiệt độ tại mọi điểm trên đường dây như nhau, không có sự truyền nhiệt dọc theo đường dây mà chỉ có sự tản nhiệt ra môi trường xung quanh. Khi không có dòng điện chạy trong dây dẫn thì nhiệt độ dây dẫn bằng nhiệt độ môi trường. Nếu cho dòng điện chạy trong dây dẫn thì trong dây dẫn sẽ phát sinh nhiệt lượng. Một phần nhiệt lượng sẽ đốt nóng bản thân dây dẫn và một phần nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh. Khi nhiệt độ đạt tới

trị số ổn định, lúc này toàn bộ nhiệt lượng sinh ra đều tỏa ra môi trường xung quanh. Vì vậy, ta có phương trình cân bằng nhiệt như sau:

$$RI^2 dt = GCd\theta + qF(\theta - \theta_0)dt \quad (2.1)$$

Trong đó:

R – điện trở dây dẫn ( $\Omega$ )

I – dòng điện chạy qua dây dẫn (A)

G – khối lượng dây dẫn (g)

C – tỷ nhiệt của vật liệu dây dẫn ( $Ws/g^{\circ}C$ )

$\theta$  – nhiệt độ dây dẫn ( $^{\circ}C$ )

$\theta_0$  – nhiệt độ môi trường xung quanh ( $^{\circ}C$ )

q – suất tỏa nhiệt bề mặt dây dẫn, tức là năng lượng tỏa ra trên một đơn vị bề mặt dây dẫn khi nhiệt độ tăng lên một độ, tính trong một đơn vị thời gian ( $W/cm^2^{\circ}C$ )

F – diện tích bề mặt tỏa nhiệt của dây dẫn ( $cm^2$ )

Vế trái của phương trình cân bằng nhiệt  $RI^2 dt$  chính là năng lượng sinh ra trong dây dẫn do dòng điện gây nên. Vế phải có hai thành phần: năng lượng để làm tăng nhiệt độ dây dẫn  $GCd\theta$  và năng lượng tỏa ra môi trường xung quanh  $qF(\theta - \theta_0)dt$ .

## 2.4. TÍNH TOÁN NHIỆT ĐỘ DÂY DẪN TRẦN ĐỒNG NHẤT KHI LÀM VIỆC BÌNH THƯỜNG

Trong điều kiện làm việc bình thường, do nhiệt độ của dây dẫn ít thay đổi và không vượt quá trị số nhiệt độ cho phép của chúng, nên các thông số R, C, q xem như hằng số. Giải phương trình vi phân (2.1) ta được:

$$t = -\frac{GC}{qF} \ln \frac{RI^2 - qF(\theta - \theta_0)}{RI^2 - qF(\theta_1 - \theta_0)} \quad (2.2)$$

Đặt:  $T = \frac{GC}{qF}$  là hằng số thời gian phát nóng của dây dẫn.

$V = \theta - \theta_0$ : độ tăng nhiệt độ của dây dẫn so với nhiệt độ môi trường.

$V_1 = \theta_1 - \theta_0$ : độ tăng nhiệt độ ban đầu của dây dẫn.

$\theta_1$  – nhiệt độ ban đầu của dây dẫn.

Từ (2.2) ta có:

$$t = -T \ln \frac{RI^2 - qFV}{RI^2 - qFV_1} \quad (2.3)$$

$$-\frac{t}{T} = \ln \frac{RI^2 - qFV}{RI^2 - qFV_1}$$

Từ đây suy ra: 
$$e^{-t/T} = \frac{RI^2 - qFV}{RI^2 - qFV_1}$$

Để dàng xác định được độ tăng nhiệt của dây dẫn so với môi trường xung quanh

$$V = \frac{RI^2}{qF} (1 - e^{-t/T}) + V_1 e^{-t/T} \quad (2.4)$$

Khi bắt đầu phát nóng, nếu nhiệt độ dây dẫn bằng nhiệt độ môi trường nghĩa là  $\theta_1 = \theta_0$ , nên  $V_1 = 0$ . Do đó:

$$V = \frac{RI^2}{qF} (1 - e^{-t/T}) \quad (2.5)$$

Khi nhiệt độ đạt tới trạng thái ổn định, nghĩa là thời gian  $t = \infty$ , ta có  $e^{-t/T} = 0$  do đó:

$$V = V_\infty = \frac{RI^2}{qF} \rightarrow I = \sqrt{\frac{qFV_\infty}{R}}$$

Nếu cho  $V_\infty = 0_{cp}$ , nhiệt độ cho phép của dây dẫn, ta sẽ xác định được dòng điện cho phép của dây dẫn:

$$I_{cp} = \sqrt{\frac{qF\theta_{cp}}{R}} = \sqrt{\frac{Q}{R}} \quad (2.6)$$

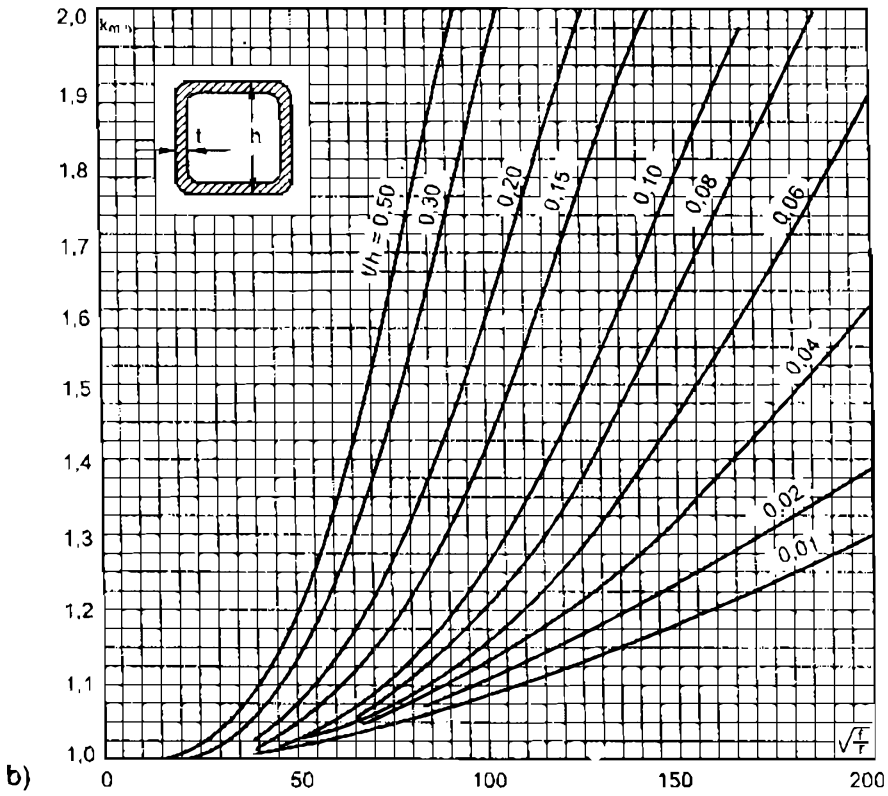
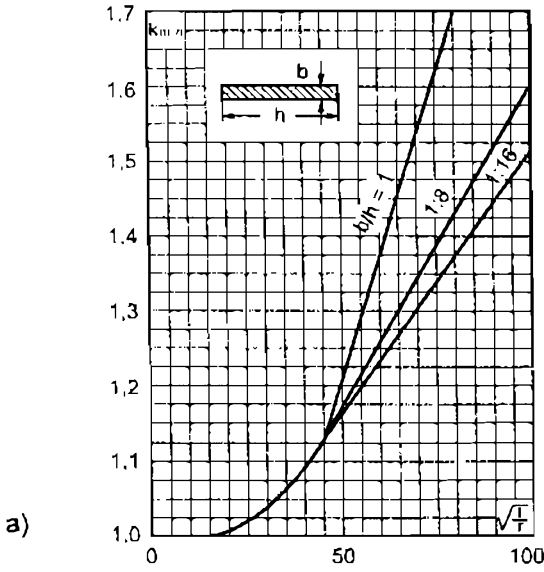
Trong đó,  $Q = qF\theta_{cp}$ : nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh từ bề mặt dây dẫn.

Như vậy dòng điện cho phép của dây dẫn là dòng điện lớn nhất chạy qua dây dẫn trong thời gian không hạn chế mà nhiệt độ dây dẫn không vượt quá trị số cho phép. Dòng điện cho phép phụ thuộc vào các yếu tố: điện trở tác dụng của dây dẫn và sự tỏa nhiệt của dây dẫn ra môi trường xung quanh.

#### 2.4.1. Điện trở tác dụng của dây dẫn

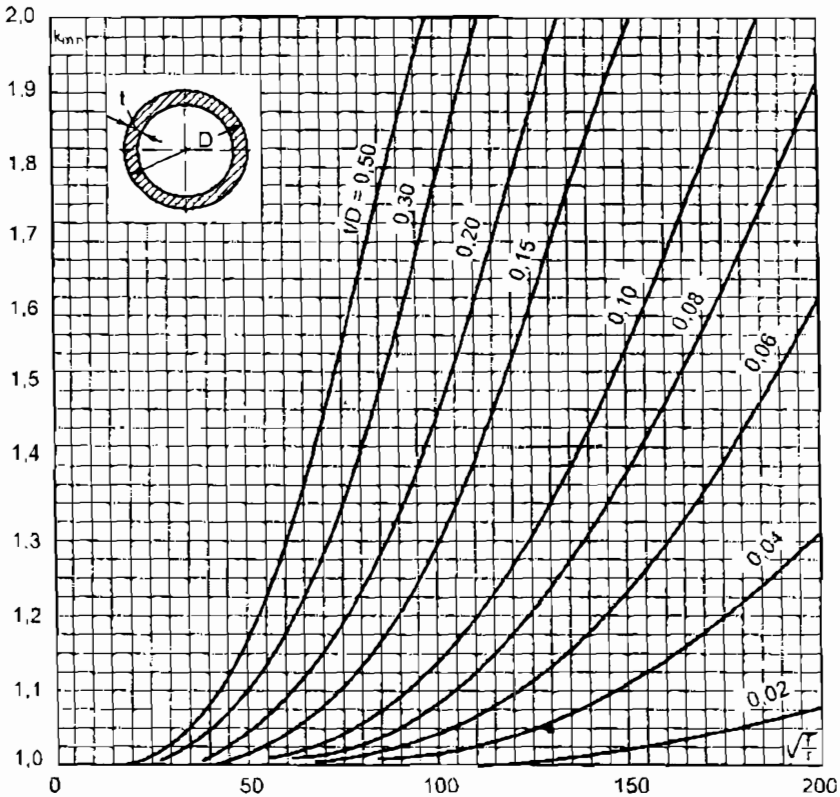
Dòng điện xoay chiều thường phân bố không đồng đều trên tiết diện dây dẫn và tăng dần về phía xa tâm dây dẫn. Đặc trưng cho hiện tượng này là hiệu ứng mặt ngoài và làm tăng điện trở tác dụng của dây dẫn. Hệ số hiệu ứng mặt ngoài  $k_{mn}$  phụ thuộc vào tần số  $f$ , điện trở suất dây dẫn, hình dáng kích thước tiết diện ngang của nó;  $k_{mn} = f(\sqrt{f/R_1})$  với  $R_1$  là điện trở một chiều của dây dẫn.





Hình 2.3ab. Đường cong xác định hệ số hiệu ứng mặt ngoài

a) Thanh dẫn hình chữ nhật; b) Ống tiết diện vuông;



c) Ống tiết diện tròn

Hình 2.3c. Đường cong xác định hệ số hiệu ứng mật ngoài

Nếu có nhiều dây dẫn đặt gần nhau cùng mang dòng điện xoay chiều thì phải xét đến hệ số ở gần  $k_g$ , nó cũng làm tăng điện trở tác dụng của dây dẫn. Tóm lại, điện trở tác dụng của dây dẫn được xác định theo biểu thức sau đây:

$$R = k_{min} k_g R_1 \quad (2.7)$$

Với dây dẫn điện áp cao, lớn hơn 1000V, do khoảng cách giữa các pha lớn nên một cách gần đúng có thể coi hệ số ở gần bằng một.

#### 2.4.2. Sự tỏa nhiệt của dây dẫn ra môi trường xung quanh

Sự tỏa nhiệt của dây dẫn ra môi trường xung quanh được thực hiện bằng bức xạ và đối lưu:

$$Q = Q_{bx} + Q_{dl} \quad (2.8)$$

Trong đó  $Q_{bx}$  là nhiệt lượng tỏa bằng bức xạ.

$$Q_{bx} = q_{bx} \cdot F_{bx} = C \varepsilon (\theta^4 - \theta_0^4) \cdot F_{bx} \text{ (W)} \quad (2.9)$$

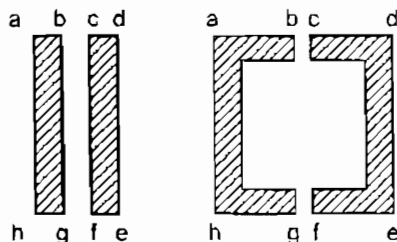
$q_{bx}$  là suất tỏa nhiệt bằng bức xạ của dây dẫn ( $W/cm^2$ )

$C = 5,7 \cdot 10^{-12}$  ( $W/cm^2$  độ 4) là hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối.

$\epsilon$  là độ đen của bề mặt bức xạ.

$F_{bx}$  là bề mặt bức xạ của dây dẫn ( $cm^2$ ).

Ví dụ: thanh dẫn hình chữ nhật ghép hay thanh dẫn hình máng như hình 2.4 thì  $F_{bx}$  chính là chu vi ngoài của tiết diện tổng các thanh dẫn a-b-c-d-e-f-g-h-a.



Hình 2.4. Xác định bề mặt bức xạ của thanh dẫn ghép

Giá trị của  $\epsilon$  cho trong bảng 2.1.

Bảng 2.1. Giá trị của  $\epsilon$

Mặt bức xạ	$\epsilon$
Vật đen tuyệt đối	1
Thép bị oxy hóa	0,79
Đồng bị oxy hóa	0,72
Đồng thau bị oxy hóa	0,60
Nhôm bị oxy hóa	0,11
Nhôm nhẵn	0,04
Nhôm quét sơn	0,30
Sơn đen	0,80

Việc tính chính xác sự tỏa nhiệt bằng đối lưu là phức tạp vì nó không những phụ thuộc vào độ tăng nhiệt độ của dây dẫn, mà còn phụ thuộc vào sự chuyển động của không khí quanh vật dẫn. Một cách gần đúng  $Q_{dl}$  được tính như sau:

$$Q_{dl} = q_{dl} F_{dl} = 1,81 \cdot 10^{-4} a \theta^{1,25} F_{dl} \text{ (W)} \quad (2.10)$$

Trong đó:  $q_{dl}$  là suất truyền nhiệt bằng đối lưu ( $W/cm^2$ ).

$F_{dl}$  là diện tích bề mặt tỏa nhiệt bằng đối lưu ( $cm^2$ ).

$a$  là hệ số phụ thuộc vào chiều cao bề mặt tản nhiệt.

$\theta$  là độ tăng nhiệt độ của dây dẫn so với môi trường.

Khi mặt phẳng đặt nằm ngang, vẫn dùng biểu thức (2.10) để tính toán, nhưng mặt trên khả năng tản nhiệt tốt hơn nên lấy bằng 1,35 lần so với tản nhiệt bằng đối lưu khi đặt đứng, còn mặt dưới khả năng tản nhiệt xấu hơn nên lấy bằng 0,7 lần, tức là giảm đi 30%.

Tóm lại, dòng điện cho phép phụ thuộc vào điện trở của dây dẫn và

hiệu chỉnh nhiệt lượng từ bề mặt dây dẫn tỏa ra môi trường xung quanh. Nói cách khác, dòng điện cho phép phụ thuộc vào vật liệu thanh dẫn, hình dáng, kích thước tiết diện ngang, nhiệt độ môi trường v.v... Nếu dây dẫn đặt ở nhiệt độ  $\theta'_0$ , khác với nhiệt độ tiêu chuẩn chế tạo  $\theta_0$ , thì phải hiệu chỉnh dòng điện cho phép theo biểu thức sau:

$$I'_{cp} = k_{hc} I_{cp} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta'_0}{\theta_{cp} - \theta_0}} I_{cp} \quad (2.11)$$

Trong đó:

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta'_0}{\theta_{cp} - \theta_0}} \text{ là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường}$$

$\theta_0$  - nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn khi chế tạo. Thường  $\theta_0 = 25^\circ\text{C}$  đối với dây dẫn đặt ngoài trời và  $\theta_0 = 15^\circ\text{C}$  đối với dây cáp đặt trong đất.

$\theta_{cp}$  - nhiệt độ cho phép của dây dẫn.

$I'_{cp}$  - dòng điện cho phép của dây dẫn đã hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường.

$I_{cp}$  - dòng điện cho phép của dây dẫn.

## 2.5. TÍNH TOÁN NHIỆT CỦA DÂY DẪN TRẦN ĐỒNG NHẤT KHI NGẮN MẠCH

Khi xảy ra ngắn mạch, do thời gian tồn tại rất ngắn nên ta bỏ qua quá trình tản nhiệt, nghĩa là chỉ xét phần nhiệt lượng dùng để đốt nóng dây dẫn (quá trình đoạn nhiệt). Phương trình cân bằng nhiệt lúc này như sau:

$$Ri^2 dt = GCd\theta \quad (2.12)$$

$i$  - trị số tức thời của dòng điện (A).

$t$  - thời gian tính từ khi bắt đầu ngắn mạch (s).

$$G = \gamma l S$$

Trong đó:

$\gamma$  là khối lượng riêng của vật liệu thanh dẫn ( $\text{g/cm}^3$ ).

$l$  là chiều dài dây dẫn (cm).

$S$  là tiết diện ngang của dây dẫn ( $\text{cm}^2$ ).

$C$  - tỷ nhiệt của vật liệu dây dẫn ( $\text{Ws/g}^\circ\text{C}$ ).

Đối với đồng ở  $250^\circ\text{C}$  có  $C_d = 0,41 \text{ Ws/g}^\circ\text{C}$ .

Đối với nhôm ở  $150^\circ\text{C}$  có  $C_n = 0,95 \text{ Ws/g}^\circ\text{C}$

Khi ngắn mạch, nhiệt độ cuối cùng của dây dẫn rất cao, có thể lên tới 300°C đối với dây đồng hoặc 200°C đối với dây nhôm, vì vậy phải xét tới sự thay đổi của điện trở:

$$R = R_1 \cdot \frac{\tau + \theta}{\tau + \theta_1} = \frac{\rho_1 \ell}{S} \frac{\tau + \theta}{\tau + \theta_1} \quad (2.13)$$

Trong đó:  $R_1$  và  $R$  là điện trở của dây dẫn ứng với nhiệt độ  $\theta_1$  và  $\theta$ .

$\theta_1$  và  $\theta$  là nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ xét của dây dẫn (°C).

$\tau$  là hằng số phụ thuộc vào vật liệu dây dẫn.

Đối với dây đồng:  $\tau_d = 235^\circ\text{C}$

Đối với dây nhôm:  $\tau_n = 245^\circ\text{C}$

$\rho_1$  là điện trở suất của vật liệu dây dẫn ứng với nhiệt độ ban đầu ( $\Omega\text{cm}$ ).

Thay  $R$ ,  $G$  vào biểu thức (2-12) ta được:

$$\frac{1}{S^2} i_N^2 dt = \frac{\gamma C (\tau + \theta_1)}{\rho_1} \frac{d\theta}{\tau + \theta}$$

Lấy tích phân hai vế:

$$\frac{1}{S^2} \int_0^t i_N^2 dt = \frac{\gamma C (\tau + \theta_1)}{\rho_1} \int_{\theta_1}^{\theta} \frac{d\theta}{\tau + \theta}$$

$$\frac{B_N}{S^2} = K \ln \frac{\tau + \theta_2}{\tau + \theta_1} \quad (2.14)$$

Trong đó:

$B_N = \int_0^t i_N^2 dt$  là xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch ( $\text{A}^2\text{s}$ )

$K = \frac{\gamma C (\tau + \theta_1)}{\rho_1}$  ( $\text{Ws}/\Omega\text{cm}^4$ ) là hằng số xác định bởi vật liệu dây dẫn

và nhiệt độ ban đầu.

Đối với dây đồng:  $K = 522 \cdot 10^6 \text{ Ws}/\Omega\text{cm}^4$

Đối với dây nhôm:  $K = 222 \cdot 10^6 \text{ Ws}/\Omega\text{cm}^4$

### 2.5.1. Xác định nhiệt độ ban đầu $\theta_1$ của dây dẫn

Nhiệt độ ban đầu của dây dẫn phụ thuộc vào dòng điện chạy qua dây dẫn trước khi xảy ra ngắn mạch. Dòng điện  $I_1$  xác định như sau:

$$I_1 = \sqrt{\frac{qF(\theta_1 - \theta_0)}{R}}$$

Dòng điện cho phép của dây dẫn là:

$$I_{cp} = \sqrt{\frac{qF(\theta_{cp} - \theta_0)}{R}}$$

Do đó: 
$$\left(\frac{I_1}{I_{cp}}\right)^2 = \frac{\theta_1 - \theta_0}{\theta_{cp} - \theta_0}.$$

Từ đây tìm được nhiệt độ ban đầu  $\theta_1$

$$\theta_1 = \theta_0 + (\theta_{cp} - \theta_0) \left(\frac{I_1}{I_{cp}}\right)^2 \quad (2.15)$$

### 2.5.2. Xác định nhiệt độ phát nóng cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch

Xuất phát từ nhiệt độ ban đầu  $\theta_1$  trước khi ngắn mạch, tra tìm được  $B_{N1}/S^2$  theo đường cong quan hệ nhiệt độ  $\theta_2 = f(B_N/S^2)$ .

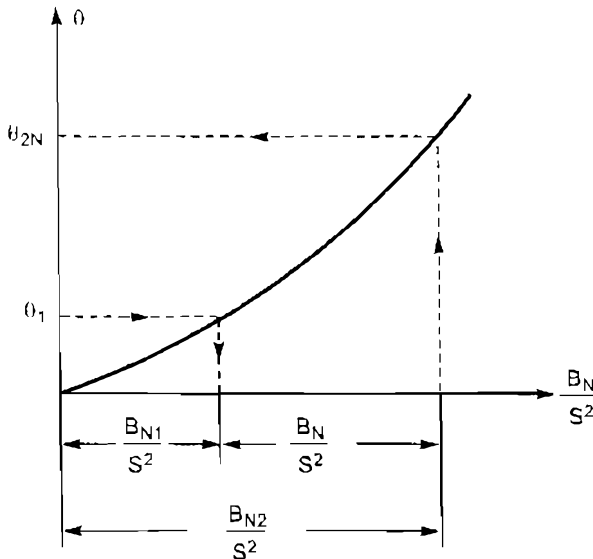
Tính: 
$$\frac{B_{N2}}{S^2} = \frac{B_{N1}}{S^2} + \frac{B_N}{S^2}$$

Tra ngược lại sẽ tìm được nhiệt cuối cùng khi ngắn mạch  $\theta_{2N}$ .

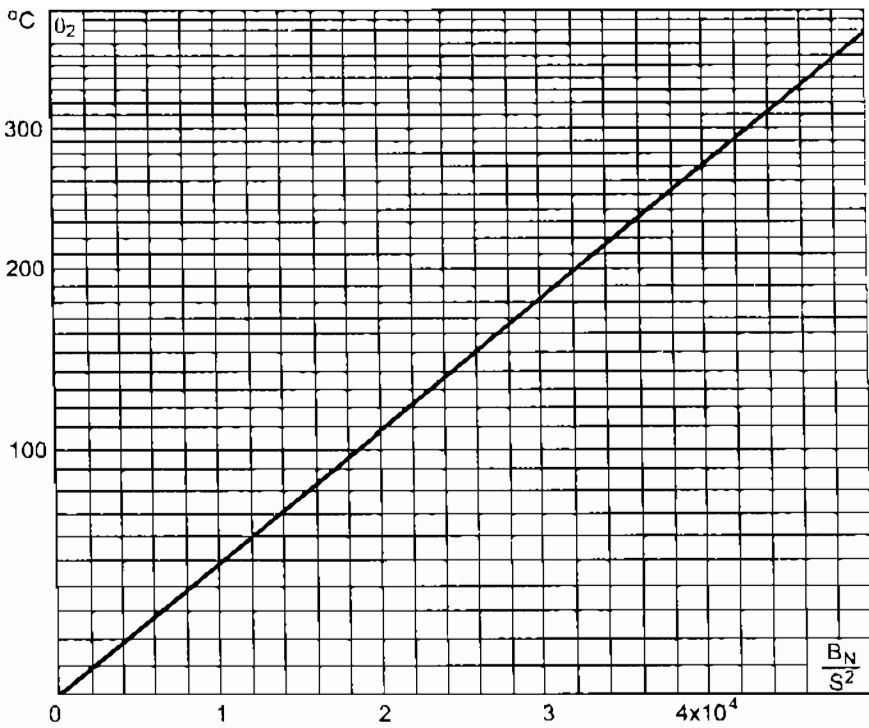
So sánh  $\theta_{2N}$  và  $\theta_{2Ncp}$  là nhiệt độ cho phép khi ngắn mạch theo điều kiện:

$$\theta_{2N} \leq \theta_{2Ncp}$$

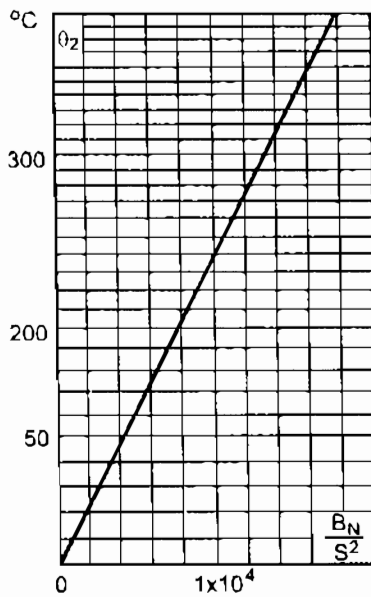
Trong đó  $\theta_{2Ncp} = 300^\circ\text{C}$  với dây đồng, và bằng  $200^\circ\text{C}$  với dây nhôm.



Hình 2.5. Mô tả cách xác định nhiệt độ cuối cùng khi ngắn mạch



a)



b)

**Hình 2.6. Biểu đồ xác định nhiệt độ cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch**  
a) Dây dẫn đồng; b) Dây dẫn nhôm.

## 2.6. XÁC ĐỊNH XUNG LƯỢNG NHIỆT CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

Như đã trình bày ở trên, xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch được tính như sau:  $B_N = \int_0^t i_N^2 dt$ . nhưng do dòng điện ngắn mạch  $i_N$  lại luôn biến thiên theo thời gian. Vì vậy, tính tích phân này rất phức tạp, do đó ta tính theo phương pháp gần đúng:

$$\begin{aligned} B_N &= \int_0^t i_N^2 dt = \int_0^t I_N^2 dt = \int_0^t (I_{CKt}^2 + i_{KCKt}^2) dt \\ B_N &= \int_0^t I_{CKt}^2 dt + \int_0^t i_{KCKt}^2 dt \\ B_N &= B_{NCK} + B_{NKCK} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Trong đó:  $I_t = \sqrt{I_{CKt}^2 + i_{KCKt}^2}$  là trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần tại thời điểm  $t$ ;

$I_{CKt}$  là trị số hiệu dụng thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch;

$i_{KCKt}$  là trị số tức thời thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch.

$B_{NCK}$  là xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ.

$B_{NKCK}$  là xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần không chu kỳ.

### 2.6.1. Xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ $B_{NCK}$

#### a) Phương pháp giải tích đồ thị

Nội dung của phương pháp này là xác định thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch tại các thời điểm khác nhau từ 0 đến  $t$ , ta được  $I_0, I_{0,1}, I_{0,2}, \dots, I_t$ . Bình phương các giá trị này lên  $I_0^2, I_{0,1}^2, I_{0,2}^2, \dots, I_t^2$ . Tính giá trị trung bình bình phương của các khoảng thời gian, tức là biến đổi đường cong  $I_t^2$  thành ra đường bậc thang. Cụ thể làm như sau:

$$\begin{aligned} I_{th1}^2 &= \frac{I_0^2 + I_{0,1}^2}{2} \\ I_{th2}^2 &= \frac{I_{0,1}^2 + I_{0,2}^2}{2} \end{aligned}$$

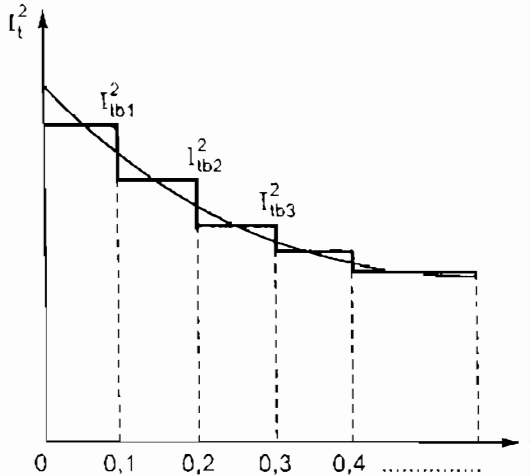
Cứ thế tiếp tục cho đến  $I_{thn}^2$ .

Cuối cùng tính được xung lượng của dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ:



$$B_{NCK} = I_{tb1}^2 \cdot \Delta t_1 + I_{tb2}^2 \cdot \Delta t_2 + I_{tb3}^2 \cdot \Delta t_3 + \dots = \sum_{i=1}^n I_{tbi}^2 \Delta t_i \quad (2.17)$$

Trong đó  $\Delta t_i$  là các khoảng thời gian.



Hình 2.7. Mô tả cách tính  $B_{NCK}$

### b) Phương pháp thời gian tương đương

$$B_{NCK} = \int_0^t I_{CKt}^2 dt = I_{\infty}^2 t_{td} \quad (2.18)$$

$I_{\infty}$  là trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch ổn định.

$t_{td}$  là thời gian tác dụng nhiệt tương đương của dòng ngắn mạch.

Nội dung của phương pháp này như sau: Nếu dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ không thay đổi và bằng  $I_{\infty}$  thì sau thời gian  $t_{td}$  năng lượng nhiệt tỏa ra đúng bằng năng lượng thực tế do dòng điện chu kỳ sinh ra trong thời gian  $t$ .

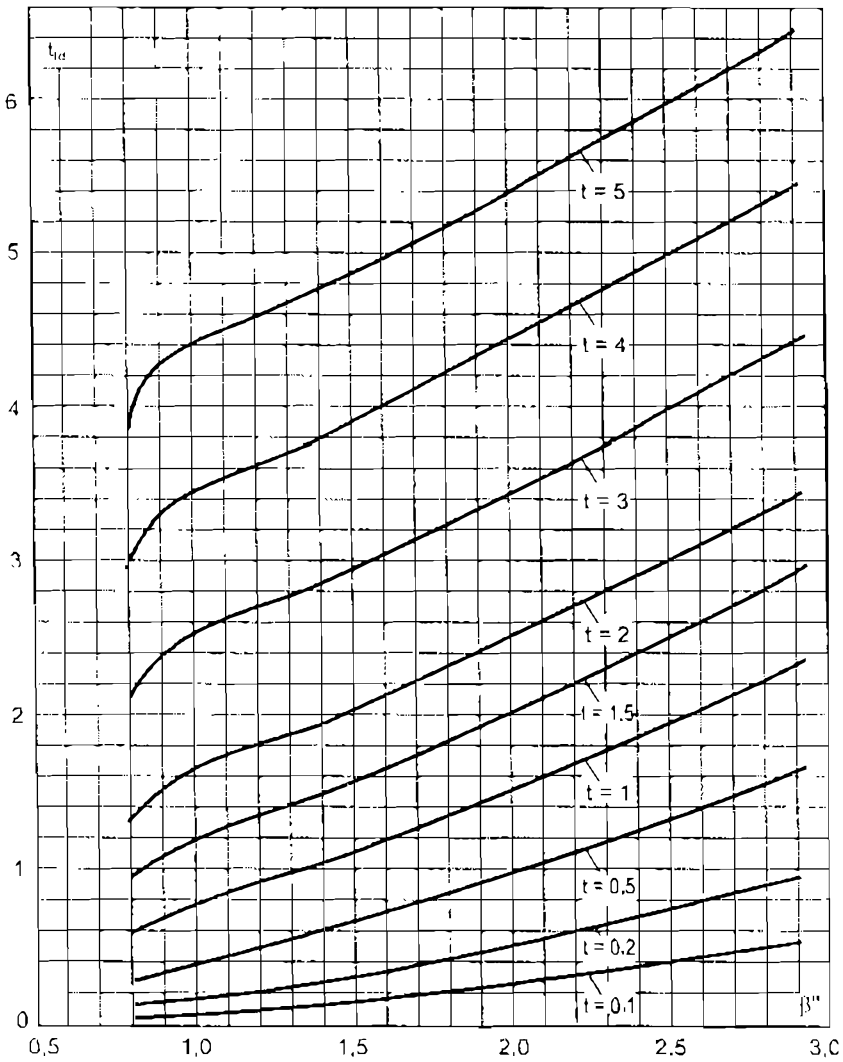
$t_{td}$  phụ thuộc vào thời gian tồn tại ngắn mạch  $t$  và tỷ số  $\beta = \frac{I''}{I'}$

$$t_{td} = f(t, \beta'')$$

Trong đó:  $I''$  là dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ tại thời điểm  $t$  bằng không,  $I_{CKt} = I''$

Để xác định  $t_{td}$  ta dựa vào đường cong cho sẵn. Đường cong này chỉ vẽ với  $t \leq 5s$  nếu thời gian  $t > 5s$  thì:

$$t_{td} = t_{td5} + (t - 5) \quad (2.19)$$



Hình 2.8. Đường cong xác định thời gian tác dụng nhiệt tương đương của dòng điện ngắn mạch.

### 2.6.2. Xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần không chu kỳ $B_{NKK}$

$$B_{NKK} = \int_0^{\infty} i_{KCK}^2 dt \quad (2.20)$$

Nếu chỉ có một nguồn cung cấp cho điểm ngắn mạch thì  $i_{KCK}$  được tính theo biểu thức sau:

$$i_{KCK} = \sqrt{2} I_{CK0} e^{-t/\tau_a}$$

Do đó:

$$B_{NKCK} = I_{CK0}^2 T_d \left(1 - e^{-2t/T_d}\right) \quad (2.21)$$

Nếu có nhiều nguồn cung cấp cho điểm ngắn mạch, lúc này phải tính dòng điện ngắn mạch tổng do tất cả các nguồn cung cấp đến.

$$I_{CK0\Sigma} = I_{CK01} + I_{CK02} + \dots + I_{CK0n}$$

Do đó:

$$B_{NKCK} = I_{CK0\Sigma}^2 T_{\text{đt}} \left(1 - e^{-2t/T_{\text{đt}}}\right) \quad (2.22)$$

Trong đó  $T_{\text{đt}}$  là hằng số thời gian đẳng trị của dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ.

$$T_{\text{đt}} = \frac{x_{\text{đt}}}{\omega \cdot r_{\text{đt}}}$$

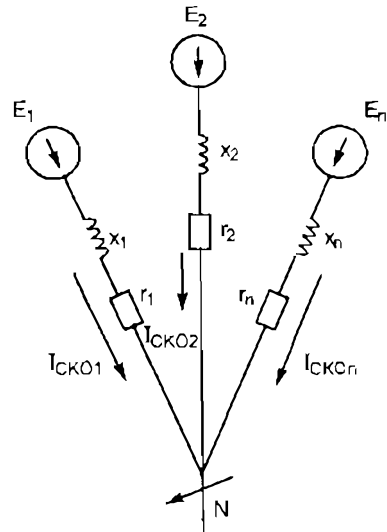
Với:

$x_{\text{đt}}$  là điện kháng đẳng trị của sơ đồ tính toán.

$r_{\text{đt}}$  - điện trở đẳng trị của sơ đồ tính toán.

Chú ý rằng, khi tính  $x_{\text{đt}}$  thì bỏ qua tất cả điện trở, khi tính  $r_{\text{đt}}$  thì bỏ qua tất cả điện kháng.

$T_d$  là hằng số thời gian tắt dần của dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ. Với  $U > 1000V$  thì  $T_d = 0,05''$ . Và nếu  $t > 1''$  thì bỏ qua  $B_{NKCK}$ .



Hình 2.9. Sơ đồ tính xung lượng nhiệt dòng ngắn mạch thành phần không chu kỳ

### 2.6.3. Xác định xung lượng nhiệt toàn phần

$$B_N = B_{NCK} + B_{NKCK} = I_{\infty}^2 t_{\text{đt}} + I_{CK0\Sigma}^2 T_{\text{đt}} \left(1 - e^{-2t/T_{\text{đt}}}\right) \quad (2.23)$$

Khi ngắn mạch ở xa và lâu dài:

$$B_N = I^2 (t + T_{\text{đt}}) \quad (2.24)$$

Quá trình tính toán có thể dùng dòng điện ngắn mạch ba pha vì các thiết bị đóng cắt ngày càng được hoàn thiện, có khả năng cắt nhanh dòng ngắn mạch.

## 2.7. ỔN ĐỊNH NHIỆT CỦA DÂY DẪN VÀ KHÍ CỤ ĐIỆN

### 1. Ổn định nhiệt của dây dẫn

Có thể sử dụng một trong ba phương pháp sau để tính toán ổn định nhiệt của dây dẫn:

a) Dựa vào nhiệt độ phát nóng cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch phải nhỏ hơn nhiệt độ phát nóng cho phép lớn nhất:

$$\theta_{2N} \leq \theta_{2Ncp} \quad (2.25)$$

b) Dựa vào tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn để đảm bảo ổn định nhiệt

$$S_{\text{chon}} \geq S_{\text{min nh}} = \sqrt{B_N} / C \quad (2.26).$$

Giá trị C cho trong bảng 2.2.

c) Dựa vào thời gian tồn tại ngắn mạch cho phép lớn nhất  $t_{cp \max}$ :

$$t_{cp \max} = \frac{S^2 C^2}{I_{sc}^2} - T_a \quad (2.27)$$

Trong đó S là tiết diện dây dẫn.

Điều kiện kiểm tra là thời gian tồn tại ngắn mạch t phải bé hơn  $t_{cp \max}$ , như vậy dây dẫn chọn đảm bảo ổn định nhiệt.

### 2. Ổn định nhiệt của khí cụ điện

Khả năng ổn định nhiệt của các khí cụ điện được đặc trưng bởi dòng điện ổn định nhiệt định mức  $I_{nhdm}$  và thời gian ổn định nhiệt định mức  $t_{nhdm}$ .

**Bảng 2.2**

Loại dây dẫn	C (A√s/mm <sup>2</sup> )
Thanh dẫn đồng	171
Thanh dẫn nhôm	88
Thanh dẫn thép khi $\theta_{Ncp} = 400^\circ\text{C}$	70
Thanh dẫn thép khi $\theta_{Ncp} = 300^\circ\text{C}$	60
Cáp 10kV	
– Lõi đồng	141
– Lõi nhôm	85
Cáp 20 ÷ 35 kV	
– Lõi đồng	110
– Lõi nhôm	70
Cáp và dây dẫn cách điện PVC hay cách điện bằng cao su	
– Lõi đồng	123
– Lõi nhôm	75

Các thông số này nhà chế tạo cho biết trong Sổ tay kỹ thuật. Như vậy điều kiện ổn định nhiệt của các khí cụ điện là:

$$I_{nhdm}^2 I_{nhdm} \geq B_N \quad (2.22)$$

## 2.8. CÁC VÍ DỤ

**Ví dụ 1.** Thanh dẫn đồng có dòng điện cho phép  $I_{cp} = 860A$ , ở nhiệt độ  $\theta_{01} = 25^\circ C$ . Thanh dẫn có thể làm việc với dòng điện phụ tải lâu dài  $I_{pt} = 750A$  được không nếu nhiệt độ môi trường như sau:

a)  $\theta'_{01} = 40^\circ C$

b)  $\theta'_{01} = 35^\circ C$

Xác định nhiệt độ  $\theta_1$  của thanh dẫn trong các trường hợp trên.

**Bài giải:**

Vì nhiệt độ của môi trường  $\theta'_{01}$  khác với nhiệt độ định mức chế tạo, do đó phải hiệu chỉnh dòng điện cho phép theo biểu thức:

$$I'_{cp} = k_{hc} I_{cp} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta'_{01}}{\theta_{cp} - \theta_{01}}} \cdot I_{cp}$$

Khi  $\theta'_{01} = 40^\circ C$  ta có:

$$I'_{cp} = \sqrt{\frac{70 - 40}{70 - 25}} \cdot 860 = 702A < I_{pt} = 750A.$$

Khi  $\theta'_{01} = 35^\circ C$  ta có:

$$I'_{cp} = \sqrt{\frac{70 - 35}{70 - 25}} \cdot 860 = 758A > I_{pt} = 750A.$$

Xác định nhiệt độ ban đầu của thanh dẫn  $\theta_1$  khi nhiệt độ  $\theta'_{01} \neq \theta_{01}$  như sau:

$$\theta_1 = \theta'_{01} + (\theta_{cp} - \theta_{01}) \left( \frac{I_{pt}}{I_{cp}} \right)^2$$

Do đó khi  $\theta'_{01} = 40^\circ C$ , ta có:

$$\theta_1 = 40 + (70 - 25) \left( \frac{750}{860} \right)^2 = 74,2^\circ C > \theta_{cp} = 70^\circ C.$$

và khi  $\theta'_{01} = 35^\circ C$ , ta có:

$$\theta_1 = 35 + (70 - 25) \left( \frac{750}{860} \right)^2 = 69,2^\circ C < \theta_{cp} = 70^\circ C.$$

**Kết luận:** Qua kết quả tính toán ở trên thấy rằng, khi dòng tải  $I_{pt} = 750A$  thì thanh dẫn chỉ có thể làm việc được với nhiệt độ môi trường là  $\theta'_{oi} = 35^{\circ}C$ .

**Ví dụ 2.**

a) Lựa chọn tiết diện thanh dẫn nhôm theo điều kiện nhiệt độ cho phép lâu dài. Phụ tải ba pha cực đại là 3200 kW, điện áp dây 6kV, hệ số công suất 0,88.

b) Kiểm tra tiết diện thanh dẫn đã chọn ở mục a nếu tiết diện thanh dẫn chọn theo điều kiện mật độ dòng điện kinh tế với thời gian sử dụng công suất cực đại là 6000 giờ/năm.

**Bài giải**

a) Trước tiên cần xác định dòng điện cực đại:

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}U_{dm} \cos \varphi} = \frac{3200}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,88} = 350,324A$$

Tra tài liệu tham khảo [4] phụ lục 12 trang 283 tìm tiết diện thanh dẫn nhôm  $30 \times 4mm^2$  có dòng điện cho phép  $I_{cp} = 365A > I_{max} = 350,324A$ .

b) Với thời gian sử dụng công suất cực đại  $T_{max} = 6000h/năm$ , thanh dẫn nhôm, tra tìm mật độ dòng điện kinh tế  $J_{kt} = 1 A/mm^2$  (bảng 4.1). Vậy tiết diện kinh tế là:

$$S_{kt} = \frac{I_{max}}{J_{kt}} = \frac{350,324}{1} = 350,324 mm^2$$

Như vậy tiết diện  $30 \times 4mm^2$  ở mục a không thỏa mãn yêu cầu, phải chọn thanh dẫn nhôm  $60 \times 6mm^2$  có dòng cho phép  $I_{cp} = 870A$ .

**Ví dụ 3.** Kiểm tra cáp ba lõi cách điện bằng giấy tẩm dầu, ruột nhôm tiết diện  $70mm^2$  theo sự ổn định nhiệt khi ngắn mạch. Thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch là 7kA (không tắt dần), thời gian cắt ngắn mạch là 1,5 giây. Nhiệt độ lõi cáp trước khi ngắn mạch  $50^{\circ}C$ . Bỏ qua xung lượng nhiệt thành phần không chu kỳ.

**Bài giải**

Xuất phát từ nhiệt độ ban đầu trước khi ngắn mạch  $\theta_1 = 50^{\circ}C$ . Tra hình 2.6b sẽ tìm được  $\frac{B_{\lambda 1}}{S^2} = 0,4 \cdot 10^{-4} \frac{A^2 s}{mm^2}$ .

Vì bỏ qua xung lượng nhiệt thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch, nên xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch được tính theo biểu thức sau:

$$\frac{B_N}{S^2} = \frac{I_N^2 t}{70^2} = \frac{(7 \cdot 10^3)^2 \cdot 1,5}{70^2} = 1,5 \cdot 10^4 \frac{A^2 s}{mm^2}$$

Xác định 
$$\frac{B_{N2}}{S^2} = \frac{B_{N1}}{S^2} + \frac{B_N}{S^2} = 0,4 \cdot 10^4 + 1,5 \cdot 10^4 = 1,9 \cdot 10^4 \frac{A^2 s}{mm^2}$$

Từ đây tra ngược lại theo hình 2.6b sẽ xác định được nhiệt độ phát nóng cuối cùng khi ngắn mạch.

$$\theta_{>N} = 300^\circ C > \theta_{cp} = 200^\circ C.$$

Như vậy cấp 70mm<sup>2</sup> không đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt.

**Ví dụ 4.** Xác định tiết diện bé nhất đảm bảo ổn định nhiệt thanh dẫn nhôm trong mạch máy cắt phân đoạn MC<sub>pd</sub> của trạm biến áp cho trên hình vẽ dưới đây. Dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ không tắt dần tại thanh góp 10kV (điểm N):

- Khi hai máy biến áp đều làm việc: 40kA
- Khi một máy biến áp làm việc: 28kA

Thời gian cắt dòng ngắn mạch là 0,6 giây. Hằng số thời gian của dòng ngắn mạch thành phần không chu kỳ là 0,07 giây.

Nếu thanh dẫn chọn là đồng thì tiết diện sẽ thay đổi như thế nào?

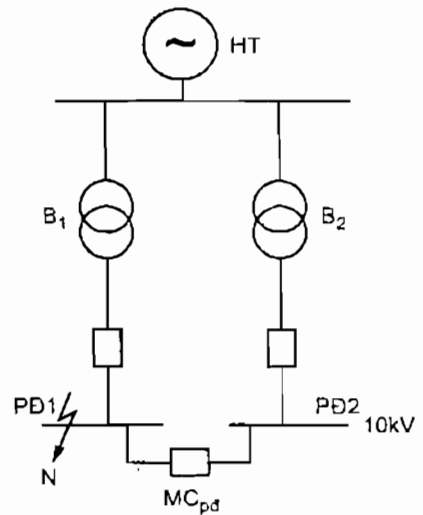
### Bài giải

Để kiểm tra thanh dẫn mạch máy cắt phân đoạn MC<sub>pd</sub> thì tính ngắn mạch tại một trong hai phân đoạn 10kV với điều kiện máy biến áp nối với phân đoạn ấy không làm việc. Như vậy dòng điện ngắn mạch lúc này là 28kA. Tiết diện bé nhất của thanh dẫn theo điều kiện ổn định nhiệt được xác định theo biểu thức sau:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó B<sub>N</sub> là xung lượng nhiệt toàn phần của dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ và không chu kỳ.

$$\begin{aligned} B_N &= B_{NCK} + B_{NKCK} = I_N^2 (t_c + T_s) \\ &= (28 \cdot 10^3)^2 (0,6 + 0,07) = 522 \cdot 10^6 A^2 s. \end{aligned}$$



Hình 2.10

Đối với thanh dẫn nhôm  $C = 88 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$ . Do đó tiết diện bé nhất để đảm bảo ổn định nhiệt là:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{522 \cdot 10^6}}{88} = 262 \text{mm}^2.$$

Nếu dùng thanh dẫn đồng thì  $C = 171 A\sqrt{s}/mm^2$ , do đó tiết diện bé nhất sẽ là:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{522 \cdot 10^6}}{171} = 134 \text{mm}^2$$

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 2.1. Dòng điện cho phép phụ thuộc vào những yếu tố nào? Thế nào là dòng điện cho phép?
- 2.2. Cách xác định nhiệt độ phát nóng cuối cùng của dây dẫn khi ngắn mạch như thế nào?
- 2.3. Nêu phương pháp xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch, thành phần chu kỳ và phạm vi ứng dụng của nó.
- 2.4. Phương pháp xác định xung lượng nhiệt toàn phần của dòng ngắn mạch?
- 2.5. Các phương pháp kiểm tra ổn định nhiệt của dây dẫn như thế nào?
- 2.6. Xác định tiết diện tiêu chuẩn bé nhất của cáp lõi nhôm theo điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch, biết rằng dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ không tắt dần và bằng 7,5kA. Thời gian tác động của bảo vệ rơ le là 1,8 giây. Thời gian cắt toàn phần của máy cắt điện là 0,15 giây. Điện áp của lưới điện 10kV. Bỏ qua ảnh hưởng của dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ.

*Đáp số:* Tiết diện cáp cần chọn là  $120\text{mm}^2$  (vì  $S_{\min} = 116\text{mm}^2$ ).

- 2.7. Xác định thời gian ngắn mạch cho phép lớn nhất theo điều kiện đảm bảo ổn định nhiệt của cáp lõi nhôm tiết diện  $70\text{mm}^2$ , cách điện bằng giấy tẩm dầu nếu dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ không tắt dần bằng 8kA. Trước lúc xảy ra ngắn mạch, dòng phụ tải bằng dòng cho phép lâu dài của cáp. Bỏ qua sự đốt nóng của dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ.

*Đáp số:*  $t_{cp \max} = 0,62 \text{ s}$ .



# LỰC ĐỘNG ĐIỆN TRONG KHÍ CỤ ĐIỆN VÀ DÂY DẪN

## 3.1. NHỮNG BIỂU THỨC CƠ BẢN ĐỂ TÍNH LỰC ĐỘNG ĐIỆN

Khi hai vật mang điện có dòng điện chạy qua, đặt gần nhau thì giữa chúng có lực tác dụng tương hỗ gọi là lực động điện. Lực động điện này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chiều dòng điện, hình dáng, kích thước của vật mang điện và khoảng cách giữa chúng. Trong điều kiện làm việc bình thường, do dòng điện chạy qua dây dẫn và khí cụ điện không lớn nên lực động điện nhỏ không gây ra tác hại gì. Nhưng khi xảy ra ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch rất lớn do đó lực động điện cũng rất lớn và làm hư hỏng các khí cụ điện và dây dẫn như các thanh dẫn có thể bị uốn cong, sứ cách điện bị nứt vỡ, cuộn dây có thể bị phá hỏng... Vì vậy cần phải nghiên cứu lực động điện nhằm phục vụ cho công tác thiết kế lựa chọn, kiểm tra điều kiện ổn định động của dây dẫn, khí cụ điện. Trước hết cần nhắc lại một số định luật cơ bản thường dùng để xác định lực động điện.

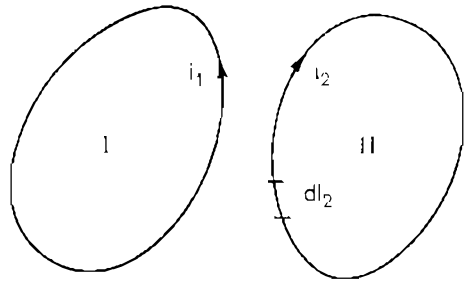
### 3.1.1. Định luật BIOT-SAVART-LAPLACE

Giả thiết xét hai mạch vòng I, II; trong đó có các dòng điện  $i_1, i_2$  chạy qua như hình vẽ 3.1. Xét một phần tử  $d\ell_2$  trên mạch vòng II, lực tác dụng lên  $d\ell_2$  do dòng điện  $i_1$  chạy trong mạch vòng I sẽ là:

$$d\vec{F} = i_2 (d\vec{\ell}_2 \times \vec{B}_1) \quad (3.1)$$

Về trị số:

$$dF = i_2 d\ell_2 B_1 \sin(\widehat{d\ell_2, B_1}) \quad (3.2)$$



Hình 3.1. Hai mạch vòng mang dòng điện đặt gần nhau

Trong đó  $B_1$  gọi là từ cảm do dòng điện  $i_1$  gây ra tại phần tử  $d\ell_2$ . Như vậy, muốn xác định được lực  $F$  cần phải biết được từ cảm  $B_1$ , rồi lấy tích phân của biểu thức (3.1) trong giới hạn xét.

### 3.1.2. Định luật bảo toàn năng lượng

Giả thiết xét một mạch vòng điện cảm  $L$ , cho dòng điện  $i$  chạy qua thì năng lượng từ trường tích lũy trong mạch vòng này là  $\Lambda = \frac{1}{2} i^2 L$ . Nếu cho lực  $F_x$  tác dụng lên mạch vòng theo hướng  $x$  nào đó, mạch vòng sẽ biến đổi một đoạn  $\partial x$ , và tự cảm cũng thay đổi một lượng  $\partial L$ . Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có:

$$F_x \partial x = \frac{1}{2} i^2 \partial L \quad (3.3)$$

Như vậy công do lực  $F_x$  sinh ra trên đoạn đường  $\partial x$  cũng bằng sự biến thiên năng lượng của mạch vòng khi điện cảm thay đổi  $\partial L$ .

$$F_x = \frac{1}{2} i^2 \frac{\partial L}{\partial x} \quad (3.4)$$

Tương tự, xét hệ thống có hai mạch vòng có tự cảm  $L_1, L_2$ , trong đó cho các dòng điện  $i_1, i_2$  chạy qua. Gọi  $M$  là hồ cảm giữa hai mạch vòng và  $x$  là khoảng cách giữa chúng. Vậy năng lượng từ trường tích lũy trong hệ thống hai mạch vòng là:

$$A = \frac{1}{2} i_1^2 L_1 + \frac{1}{2} i_2^2 L_2 + M i_1 i_2$$

Trong đó  $L_1, L_2$  không phụ thuộc vào khoảng cách giữa hai mạch vòng. Nếu cho lực  $F_x$  tác dụng theo một hướng  $x$  nào đó, khoảng cách giữa hai mạch vòng sẽ thay đổi một lượng  $\partial x$ , do đó hồ cảm giữa chúng cũng thay đổi một lượng  $\partial M$ . Theo điều kiện cân bằng năng lượng ta có:

$$F_x \partial x = i_1 i_2 \partial M$$

hay  $F_x = i_1 i_2 \frac{\partial M}{\partial x} \quad (3.5)$

Chiều của lực  $F_x$  luôn luôn có xu hướng làm tăng năng lượng từ trường của hệ thống.

## 3.2. TÍNH TOÁN LỰC ĐỘNG ĐIỆN TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

### 3.2.1. Lực tác dụng tương hỗ giữa hai dây dẫn đặt song song

Xét hai dây dẫn 1 và 2 đặt song song khoảng cách giữa chúng là  $a$ , chiều dài vô hạn, tiết diện dây dẫn rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng.

Xác định từ cảm  $B_1$  trên dây 2 do dòng điện  $i_1$  gây ra.

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi a}$$

Trong đó  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m là độ từ thẩm của không khí.

$a$  là khoảng cách giữa hai dây (m)

Lực tác dụng lên phần tử  $d\ell_2$  là:

$$d\vec{F} = i_2 \left[ d\vec{\ell}_2 \vec{B}_1 \right]$$

Về trị số:  $dF = i_2 d\ell_2 B_1 \sin(\widehat{d\ell_2 B_1})$

$$= i_2 d\ell_2 B_1$$

Thay giá trị của  $B_1$ ,  $\mu_0$  vào, ta được:

$$dF = i_2 d\ell_2 \mu_0 \frac{i_1}{2\pi a} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{i_1 i_2}{a} d\ell_2$$

Lấy tích phân biểu thức trên sẽ xác định được lực tác dụng lên toàn bộ chiều dài đường dây:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \frac{\ell}{a} i_1 i_2 \text{ N}$$

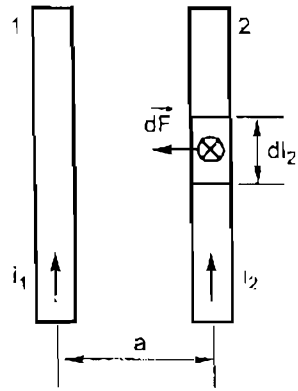
Ở đây  $F$  tính theo Niuton (N).

Chuyển sang kG, vì  $1 \text{ kG} = 9,8 \text{ N}$  nên có thể viết:

$$F = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} i_1 i_2 \text{ kG} = 2,04 \cdot 10^{-8} \frac{\ell}{a} i_1 i_2 \quad (3.6)$$

Trong biểu thức này dòng điện tính bằng ampe (A); còn  $\ell$ ,  $a$  tính bằng cm. Nếu dòng điện tính bằng kA thì lực sẽ là:

$$F = 1,02 \cdot 10^{-2} \frac{2\ell}{a} i_1 i_2 \text{ kG} = 2,04 \cdot 10^{-2} \frac{\ell}{a} i_1 i_2 \text{ kG} \quad (3.7)$$



Hình 3.2. Xác định lực động điện khi hai dây dẫn song song

### 3.2.2. Lực tác dụng tương hỗ giữa hai thanh dẫn mỏng đặt song song

Xét hai thanh mỏng đặt song song, chiều dài vô hạn, chiều rộng là  $h$ , chiều dày không đáng kể, đặt cách nhau một đoạn  $a$  như hình vẽ 3.3. Cho các dòng điện  $i_1$ ,  $i_2$  chạy qua. Lấy đoạn  $dx$  trên thanh mỏng 1 cách

đáy là  $x$ , tương tự lấy  $dy$  trên thanh mỏng 2 cách đáy  $y$ . Giả thiết dòng điện phân bố đều trong các thanh mỏng. do đó dòng điện chạy trong các phần tử  $dx, dy$  là  $i_1 \frac{dx}{h}$  và  $i_2 \frac{dy}{h}$ . Lực động điện giữa hai phần tử  $dx, dy$  là:

$$d^2F' = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{R} i_1 \frac{dx}{h} \cdot i_2 \frac{dy}{h}$$

Trong đó  $R$  là khoảng cách giữa hai phần tử  $dx$  và  $dy$

$$R^2 = a^2 + (y - x)^2.$$

Phân tích lực  $d^2F'$  thành hai lực thành phần: thành phần nằm ngang  $d^2F$  và thành phần thẳng đứng  $d^2F''$ . Bỏ qua thành phần thẳng đứng vì nó tự triệt tiêu, chỉ xét thành phần lực nằm ngang.

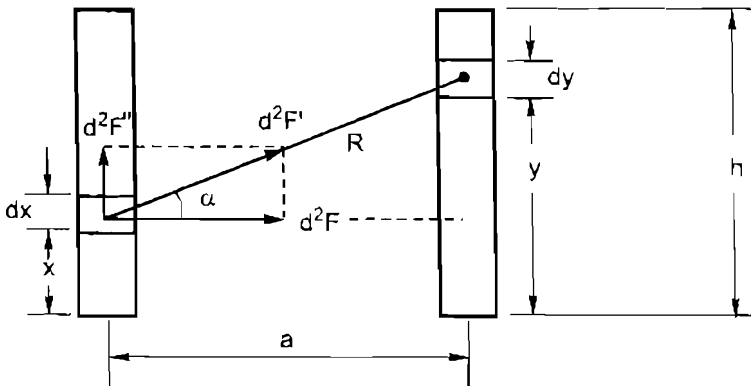
$$d^2F = d^2F' \cos \alpha = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell i_1 i_2}{R h^2} dx dy \cos \alpha.$$

Thay  $\cos \alpha = \frac{a}{R}$ . Thay  $\cos \alpha$  và  $R$  vào biểu thức trên ta được:

$$d^2F = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell a i_1 i_2 dx dy}{h^2 [a^2 + (y - x)^2]}$$

Lấy tích phân 2 lớp trong giới hạn từ 0 đến  $h$  ta được:

$$F = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} k_1 i_1 i_2 \quad (3.8)$$



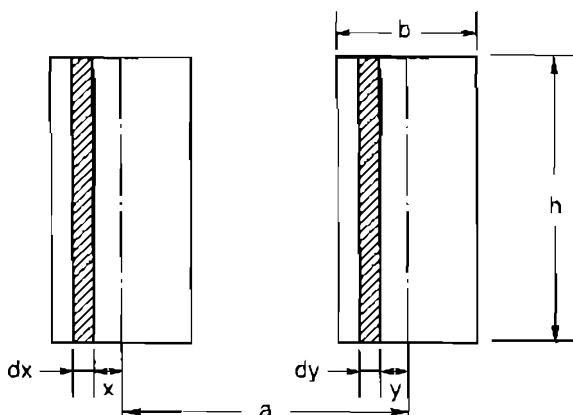
Hình 3.3. Xác định lực động điện giữa hai thanh mỏng đặt song song

Trong đó  $k_1$  là hệ số hình dáng của thanh dẫn, nó phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{a}{h}$ .

Khi  $\frac{a}{h}$  càng lớn thì  $k_1$  càng tiến gần tới 1.

### 3.2.3. Lực tác dụng tương hỗ giữa hai thanh dẫn hình chữ nhật đặt song song

Xét hai phần tử mỏng  $dx$ ,  $dy$  cách các trục tương ứng là  $x$  và  $y$ . Kích thước thanh dẫn là  $h$ ,  $b$ , khoảng cách giữa hai thanh là  $a$  (hình 3.4). Giả thiết dòng điện phân bố đều, do đó dòng điện chạy trong phần tử  $dx$ ,  $dy$  là  $i_1 \frac{dx}{b}$ ;  $i_2 \frac{dy}{b}$ .



Hình 3.4. Xác định lực động điện giữa hai thanh dẫn hình chữ nhật đặt song song

Vậy lực tác dụng tương hỗ giữa hai phần tử  $dx$ ,  $dy$  là:

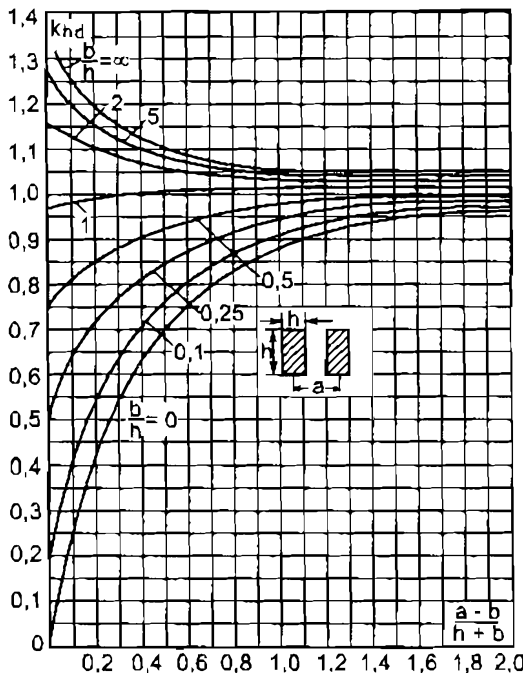
$$d^2F = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell k_1 i_1 i_2 dx dy}{b^2 (a + x - y)}$$

Thay  $a$  trong biểu thức (3.7) bởi  $a + x - y$ .

Lấy tích phân hai lớp trong giới hạn từ  $-\frac{b}{2}$  đến  $+\frac{b}{2}$  ta sẽ được lực  $F$ .

$$F = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} k_2 i_1 i_2, \text{ kG} \quad (3.9a)$$

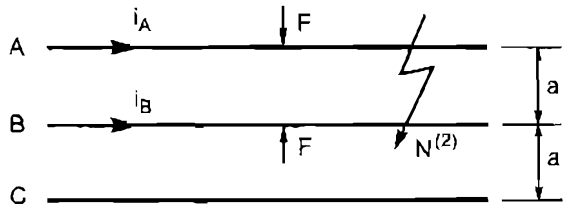
Trong đó  $k_2$  là hệ số hình dáng của thanh dẫn hình chữ nhật, nó là hàm số của  $\frac{b}{h}$  và  $\frac{a-b}{b+h}$ . Khi  $\frac{a-b}{b+h} \geq 2$  thì  $k_2$  tiến tới 1.



Hình 3.5. Đường cong biểu diễn hệ số hình dáng của thanh dẫn chữ nhật

### 3.3. LỰC ĐỘNG ĐIỆN KHI NGẮN MẠCH HAI PHA

Xét trường hợp ba pha cùng nằm trên một mặt phẳng. Khoảng cách AC lớn hơn khoảng cách AB, BC. Vì vậy, chỉ xét trường hợp ngắn mạch hai pha AB hay BC. Các tình trạng này sẽ có lực động điện lớn hơn so với khi ngắn mạch hai pha AC. Ví dụ ngắn mạch hai pha AB như hình 3.6.



Hình 3.6. Lực động điện khi ngắn mạch hai pha A-B

Như đã biết khi ngắn mạch dòng điện ngắn mạch có hai thành phần: Thành phần dòng điện chu kỳ và thành phần dòng điện không chu kỳ. Thành phần dòng điện chu kỳ tắt chậm hơn so với thành phần dòng điện không chu kỳ. Vì vậy, có thể coi thành phần dòng điện chu kỳ là không đổi. Điều này làm cho việc tính toán đơn giản hơn và kết quả tính toán sẽ tăng khả năng an toàn hơn. Dòng điện ngắn mạch hai pha được viết dưới dạng như sau:

$$i_N^{(2)} = I_m^{(2)} \left[ \sin(\omega t + \psi - \varphi_N) - e^{-t/Ta} \sin(\psi - \varphi_N) \right] \quad (3.9b)$$

Trong đó:

$I_m^{(2)}$  – biên độ thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch hai pha.

$T_a$  – hằng số thời gian tắt dần của dòng điện thành phần không chu kỳ.

$\varphi_N$  – góc pha của tổng trở ngắn mạch.

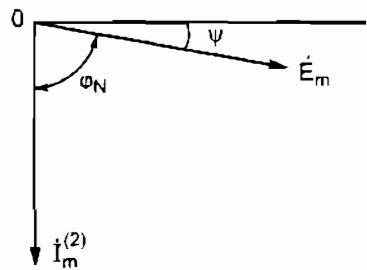
$\psi$  – góc pha ban đầu khi ngắn mạch.

Vấn đề là phải xác định góc  $\psi$  bằng bao nhiêu để cho dòng điện ngắn mạch đạt trị số lớn nhất. Nếu trước lúc ngắn mạch dòng điện không tải  $i = 0$  thì  $\psi = 0$ , nghĩa là khi xảy ra ngắn mạch mà sức điện động biến thiên hình sin đi qua trị số không, biểu thức (3.9b) có thể viết lại như sau:

$$i_N^{(2)} = I_m^{(2)} \left[ \sin(\omega t - \varphi_N) + e^{-t/T_a} \sin \varphi_N \right] \quad (3.10)$$

Để đơn giản và thuận tiện cho tính toán ta chọn góc  $\psi \neq 0$  và  $\psi = -\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_N\right)$  nghĩa là ngắn mạch xảy ra sớm hơn một chút so với thời điểm sức điện động đi qua trị số không. Thay giá trị của  $\psi$  vào biểu thức (3.9) ta được:

$$\begin{aligned} i_N^{(2)} &= I_m^{(2)} \left[ \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) - e^{-t/T_a} \sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) \right] \\ &= I_m^{(2)} \left( e^{-t/T_a} - \cos \omega t \right). \end{aligned}$$



Hình 3.7. Đồ thị vectơ của sức điện động và dòng điện khi ngắn mạch

Như đã biết, lực tác dụng tương hỗ giữa hai pha A và B là:

$$F^{(2)} = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} i_A i_B \quad (3.11)$$

Vì  $i_A^{(2)} = -i_B^{(2)}$  nên:

$$F^{(2)} = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} i_A^{(2)} \left(-i_A^{(2)}\right) = -1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} \left[i_A^{(2)}\right]^2 = -A \left[i_A^{(2)}\right]^2$$

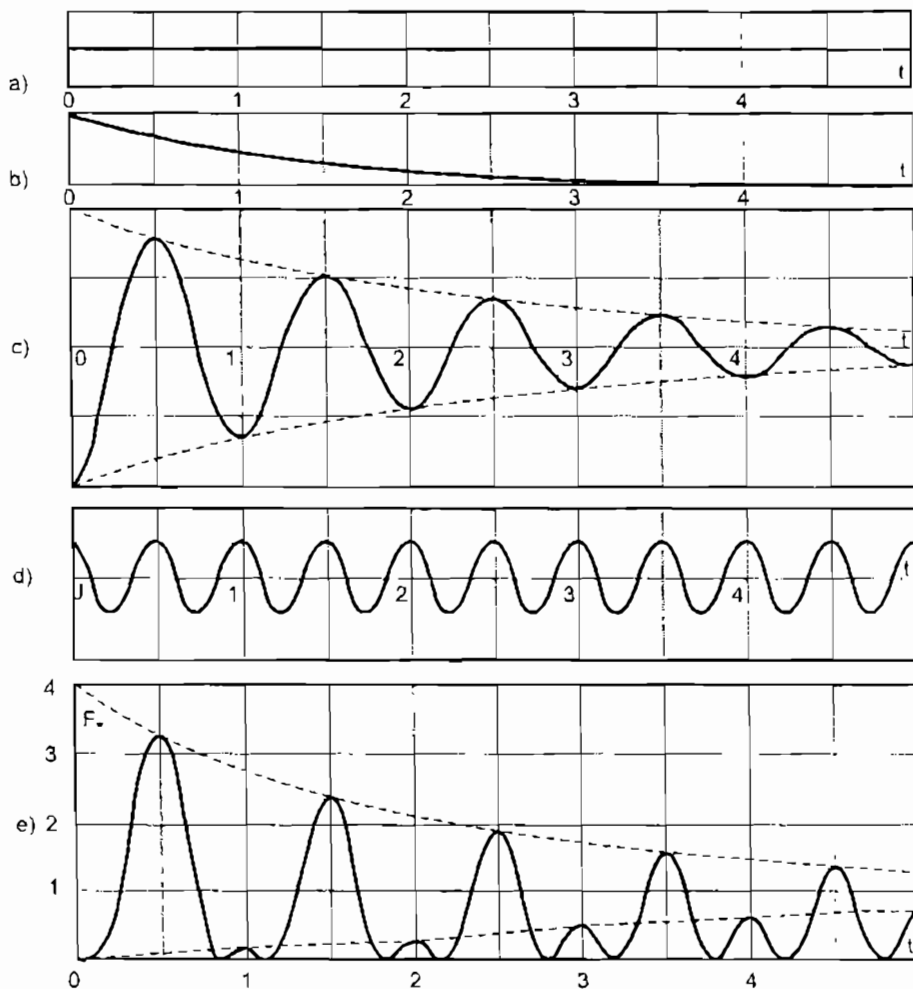
trong đó, đặt  $A = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a}$ . Thay giá trị của dòng  $i_A^{(2)} = i_N^{(2)}$  vào đây ta sẽ được:

$$\begin{aligned} F^{(2)} &= -A \left[ I_m^{(2)} \left( e^{-t/T_a} - \cos \omega t \right) \right]^2 \\ &= -A \left( I_m^{(2)} \right)^2 \left( \frac{1}{2} + e^{-2t/T_a} - 2e^{-t/T_a} \cos \omega t + \frac{1}{2} \cos 2\omega t \right) \end{aligned} \quad (3.12)$$

Dấu "-" chứng tỏ rằng hai dây dẫn này đẩy nhau, chiều của lực trái với chiều đã chọn trên hình 3.6.

Thay  $t = 0,01s$  và  $T_s = 0,05s$  vào (3.12) sẽ xác định được lực lớn nhất khi ngắn mạch hai pha:

$$F_{\max}^{(2)} = 3,3A [I_m^{(2)}]^2 \quad (3.13)$$



Hình 3.8. Lực động điện khi ngắn mạch hai pha

- a) Thành phần không đổi; b) Thành phần không chu kỳ; c) Thành phần chu kỳ tần số 50Hz; d) Thành phần chu kỳ tần số 100Hz; e) Lực động điện tổng.

### 3.4. LỰC ĐỘNG ĐIỆN KHI NGẮN MẠCH BA PHA

Xét trường hợp ngắn mạch ba pha đối xứng, thành phần chu kỳ và không chu kỳ của dòng ngắn mạch các pha cũng lệch nhau  $2\pi/3$ . Dòng điện các pha được tính theo biểu thức sau:

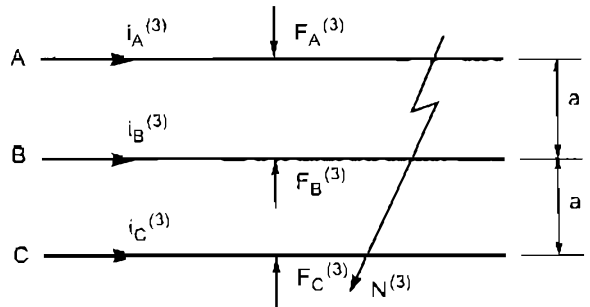


$$\left. \begin{aligned} i_A^{(3)} &= I_m^{(3)} \left[ \sin(\omega t + \psi) - e^{-t/T_a} \sin \psi \right] \\ i_B^{(3)} &= I_m^{(3)} \left[ \sin\left(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3}\right) - e^{-t/T_a} \sin\left(\psi - \frac{2\pi}{3}\right) \right] \\ i_C^{(3)} &= I_m^{(3)} \left[ \sin\left(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3}\right) - e^{-t/T_a} \sin\left(\psi - \frac{4\pi}{3}\right) \right] \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

Trong đó,  $I_m$  – biên độ thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch ba pha.

$\psi$  – góc pha ban đầu khi ngắn mạch.

Giả thiết ba pha cùng nằm trên một mặt phẳng, khoảng cách giữa các pha là  $a$  như hình 3.9. Hãy xác định lực động điện tác dụng lên pha A (hay pha C) và lực tác dụng lên pha B.



Hình 3.9. Xác định lực động điện khi ngắn mạch ba pha

### 3.4.1. Xác định lực động điện tác dụng lên pha A

Lực tác dụng lên pha A gồm hai lực tác dụng do các dòng điện  $i_B^{(3)}, i_C^{(3)}$  với dòng  $i_A^{(3)}$  gây nên.

$$F_A^{(3)} = A \left( i_A^{(3)} i_B^{(3)} + \frac{1}{2} i_A^{(3)} i_C^{(3)} \right) \quad (3.15)$$

Vì khoảng cách giữa A và C lớn gấp hai lần khoảng cách giữa pha A và B do đó lực giảm đi một nửa. Thay các giá trị  $i_A^{(3)}, i_B^{(3)}$  và  $i_C^{(3)}$  vào biểu thức (3.15) ta được lực tác dụng lên pha A:

$$\begin{aligned} F_A^{(3)} &= -A \left[ I_m^{(3)} \right]^2 \left[ \frac{3}{8} + \left\{ \frac{3}{8} - \frac{\sqrt{3}}{4} \cos\left(2\psi + \frac{\pi}{6}\right) \right\} e^{-2t/T_a} - \right. \\ &e^{-t/T_a} \left\{ \frac{3}{4} \cos \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\left(\omega t + 2\psi + \frac{\pi}{6}\right) \right\} - \\ &\left. \frac{\sqrt{3}}{4} \cos\left(2\omega t + 2\psi + \frac{\pi}{6}\right) \right] \quad (3.16) \end{aligned}$$

Xác định góc  $\psi$  để cho lực động điện đạt trị số cực đại, muốn vậy cần lấy đạo hàm  $\frac{dF_{\Lambda}^{(3)}}{dt} = 0$ , và tìm được:

$$2\psi + \frac{\pi}{6} = n\pi \quad (\text{với } n \text{ là số nguyên})$$

Từ đây tìm được góc  $\psi$  bằng  $75^\circ$ ;  $165^\circ$ ;  $255^\circ$  và  $345^\circ$ . Bây giờ thay giá trị góc  $\psi$  vào biểu thức (3.16) ta có:

$$F_{\Lambda}^{(3)} = -A \left[ I_m^{(3)} \right]^2 \left[ \frac{3}{8} + \frac{3+2\sqrt{3}}{8} e^{-2t/T_a} - \frac{3+2\sqrt{3}}{4} e^{-t/T_a} \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos 2\omega t \right] \quad (3.17)$$

Tại thời điểm  $t = 0,01s$  và  $T_a = 0,05s$  lực  $F_{\Lambda}^{(3)}$  đạt giá trị cực đại:

$$F_{\Lambda_{\max}}^{(3)} = 2,67A \left[ I_m^{(3)} \right]^2 \quad (3.18)$$

### 3.4.2. Xác định lực động điện tác dụng lên pha B

Cách tính toán cũng tương tự như trên, lực tác dụng lên pha B như sau:

$$F_B^{(3)} = A \left( i_A^{(3)} i_B^{(3)} - i_B^{(3)} i_C^{(3)} \right) \quad (3.19)$$

Dấu trừ ở thành phần thứ hai của lực vì lực tác dụng giữa pha A và B ngược chiều với lực tác dụng giữa pha B và C. Thay giá trị  $i_A^{(3)}, i_B^{(3)}, i_C^{(3)}$  vào biểu thức (3.19) ta có:

$$F_B^{(3)} = A \left[ I_m^{(3)} \right]^2 \left[ \frac{\sqrt{3}}{2} e^{-2t/T_a} \sin \left( 2\psi - \frac{4\pi}{3} \right) - \sqrt{3} e^{-t/T_a} \sin \left( \omega t + 2\psi - \frac{4\pi}{3} \right) + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \left( 2\omega t + 2\psi - \frac{4\pi}{3} \right) \right] \quad (3.20)$$

Lực đạt giá trị cực đại khi  $2\psi - \frac{4\pi}{3} = \pm \frac{\pi}{2} + n\pi$ . Với  $n$  là số nguyên, suy ra góc  $\psi = 75^\circ$ ;  $165^\circ$ ;  $255^\circ$ ;  $345^\circ$ . Thay giá trị  $\psi$  vào (3.20) sẽ tính được lực tác dụng lên pha B:

$$F_B^{(3)} = A \left( I_m^{(3)} \right)^2 \left[ \frac{\sqrt{3}}{2} e^{-2t/T_a} - \sqrt{3} e^{-t/T_a} \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2\omega t \right] \quad (3.21)$$

Lực tác dụng lên pha B sẽ đạt giá trị cực đại tại thời điểm  $t = 0,01s$  và  $T_u = 0,05s$ :

$$F_{B_{max}}^{(3)} = 2,86A \left[ I_m^{(3)} \right]^2 \quad (3.22)$$

So sánh biểu thức (3.18) và (3.22) thấy rằng, khi ngắn mạch ba pha thì lực tác dụng lên pha B là lớn nhất. Từ đó ta chọn lực tác dụng lên pha B để tính toán kiểm tra ổn định động của các thiết bị điện và dây dẫn.

Qua kết quả tính toán lực động điện khi ngắn mạch hai pha và ba pha thấy rằng, lực này có bốn thành phần được mô tả dưới dạng tổng quát như sau:

$$F^{(n)} = A \left[ I_m^{(n)} \right]^2 \left( N_1 + N_2 e^{-2t/T_u} + N_3 e^{-t/T_u} \cos \omega t + N_4 \cos 2\omega t \right) \quad (3.23)$$

Trong đó  $N_1, N_2, N_3, N_4$  là các hệ số phụ thuộc vào dạng ngắn mạch, cũng như vị trí của thanh dẫn chịu lực tác dụng đối với thanh dẫn khác.

$I_m$  – biên độ thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch.

Tích số  $A \left[ I_m^{(n)} \right]^2$  – có thứ nguyên của lực, được xem là lực cơ bản ứng với biên độ thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch.

Các biểu thức nằm trong dấu ngoặc (...) có bốn thành phần không có thứ nguyên và được xem như trị số tương đối của lực.

Theo giáo trình ngắn mạch ta có:

$$\left[ \frac{I_N^{(2)}}{I_N^{(3)}} \right]_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Do đó có thể viết:

$$F_{\max}^{(2)} = 3,3A \left[ I_{\max}^{(2)} \right]^2 = 3,3A \left( \frac{\sqrt{3}}{2} I_m^{(3)} \right)^2 = 2,47A \left[ I_m^{(3)} \right]^2 \quad (3.24)$$

Cuối cùng lập bảng tổng hợp xác định các thành phần của lực ứng với các dạng ngắn mạch hai pha, ba pha như sau:

**Bảng 3.1**

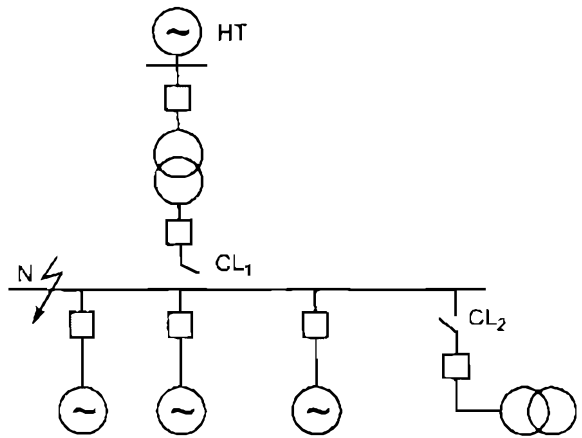
Dạng ngắn mạch và vị trí dây dẫn	Các hệ số thành phần của lực				$F_{\max}^{(n)}$
	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	
Ngắn mạch hai pha	0,375	0,75	-1,5	0,375	2,47
Ngắn mạch ba pha					
- Pha bên	0,375	0,808	-1,616	0,433	2,67
- Pha giữa	0	0,866	-1,732	0,866	2,86

### 3.5. ỔN ĐỊNH LỰC ĐỘNG ĐIỆN CỦA CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN KHI NGẮN MẠCH

Dưới tác dụng của lực động điện khi ngắn mạch thì các khí cụ điện và dây dẫn đều bị dao động. Sự dao động này bao gồm dao động của các phân dẫn điện và dao động của sứ cách điện giữ các bộ phận dẫn điện đó. Việc tính toán quá trình dao động này rất phức tạp, vì vậy trong thực tế người ta dùng phương pháp tính toán gần đúng. Đặc trưng cho khả năng ổn định động của các khí cụ điện là dòng điện ổn định động định mức, đó là dòng điện ngắn mạch lớn nhất có thể chạy qua khí cụ điện do lực động điện gây ra mà không gây hư hỏng các khí cụ điện. Trong các tài liệu kỹ thuật, nhà chế tạo cho ta biết dòng điện ổn định động định mức của các khí cụ điện  $i_{đ.đm}$  hay trị số hiệu dụng của nó  $I_{đ.đm}$ . Từ đây xác định điều kiện kiểm tra ổn định động của các khí cụ điện như sau:

$$\left. \begin{array}{l} i_{đ.đm} \geq i_{xk} \\ \text{hay } I_{đ.đm} \geq I_{xk} \end{array} \right\} \quad (3.25)$$

**Ví dụ 1.** Kiểm tra ổn định động của dao cách ly  $CL_1$  trong mạch máy biến áp liên lạc cho trên hình 3.10. Trị số ban đầu thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch ba pha tại điểm N bằng 8,5kA từ hệ thống đến và 7kA từ mỗi máy phát đến. Hằng số thời gian tắt dần của dòng điện ngắn mạch không chu kỳ là  $T_a = 0,05s$  đối với hệ thống và 0,1s đối với máy phát điện. Dòng điện ổn định động định mức của dao cách ly là 80kA.



Hình 3.10. Sơ đồ nối dây

#### Bài giải

- Khi ngắn mạch sau dao cách ly  $CL_1$  thì dòng ngắn mạch đi qua  $CL_1$  từ phía hệ thống. Do đó dòng điện xung kích là:

$$i_{xk(ht)} = \sqrt{2} k_{xk} I_{N(ht)}$$

Trong đó hệ số xung kích tính như sau:

$$k_{\text{sk(ht)}} = 1 + e^{-1/T_{\text{a(ht)}}} = 1 + e^{-0,01/0,05} = 1,82.$$

$$t = 0,01\text{s}$$

Vậy: 
$$i_{\text{sk(ht)}} = \sqrt{2} \cdot 1,82 \cdot 8,5 = 21,9\text{ kA}$$

– Khi ngắn mạch trước dao cách ly CL<sub>1</sub> thì dòng ngắn mạch qua dao cách ly CL<sub>1</sub> là do ba máy phát điện cung cấp nên:

$$i_{\text{sk(MP)}} = \sqrt{2} k_{\text{sk(MP)}} \cdot I_{\text{N(MP)}}$$

Trong đó hệ số xung kích là:

$$k_{\text{sk(MP)}} = 1 + e^{-1/T_{\text{a(MP)}}} = 1 + e^{-0,01/0,01} = 1,905.$$

Vậy dòng điện xung kích từ phía máy phát là:

$$i_{\text{sk}} = \sqrt{2} \cdot 1,905 \cdot 3,7 = 57\text{ kA}.$$

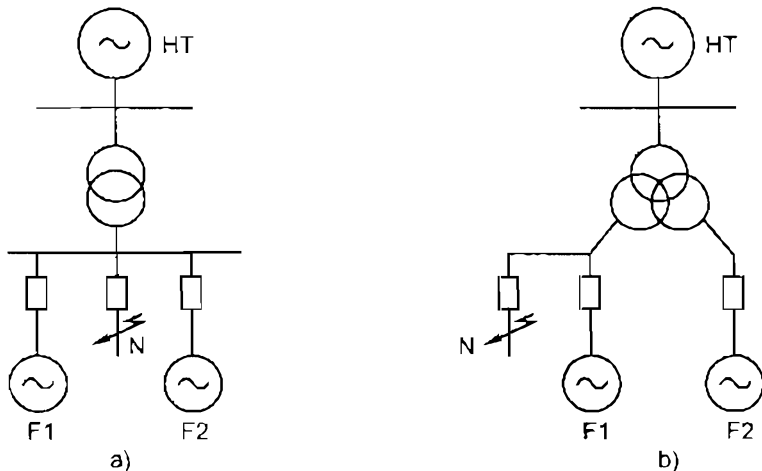
Như vậy dao cách ly CL<sub>1</sub> đảm bảo điều kiện ổn định động vì:

$$i_{\text{dtrn(CL}_1\text{)}} = 80\text{ kA} > i_{\text{skmax}} = 57\text{ kA}.$$

**Ví dụ 2.** So sánh dòng điện ngắn mạch trên nhánh điện áp máy phát của khối mở rộng (hình 3.11) trong hai phương án sau:

a) Máy biến áp hai cuộn dây.

b) Máy biến áp có cuộn dây phân chia hai nhánh phía điện áp thấp. Công suất định mức của máy phát điện: 80 MVA, điện kháng  $x''_d = 0,22$ , điện áp định mức 10,5 kV. Công suất định mức của máy biến áp 160 MVA, điện áp ngắn mạch  $U_{\text{NC TH}} = 12\%$ , điện áp định mức 10,5/242 kV. Công suất hệ thống 2000 MVA, điện kháng tương đối định mức là 0,5. Máy biến áp có cuộn dây phân chia có hệ số phân chia bằng 4.



Hình 3.11

### Bài giải

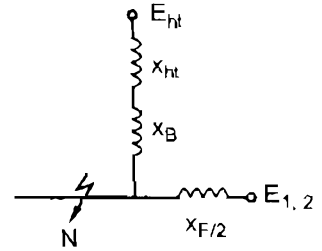
Chọn đại lượng cơ bản: Công suất cơ  
bản  $S_{cb} = 160 \text{ MVA} = S_{Bdm}$

$$U_{cb} = U_{Tb}$$

Tính điện kháng các phần tử:

Điện kháng máy biến áp hai cuộn dây:

$$x_B = \frac{U_{N'c'}}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_B} = \frac{12}{100} \cdot \frac{160}{160} = 0,12$$



Hình 3.12

Điện kháng máy phát điện:

$$x_F = x_d' \cdot \frac{S_{cb}}{S_F} = 0,22 \cdot \frac{160}{80} = 0,44$$

Điện kháng hệ thống:

$$x_{ht} = x_{st} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{ht}} = 0,5 \cdot \frac{160}{2000} = 0,04$$

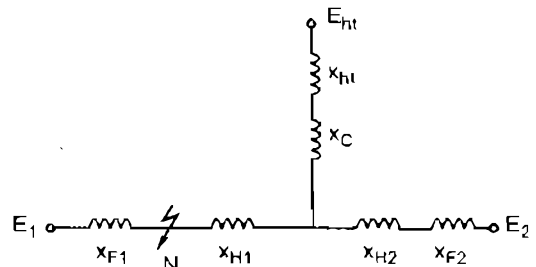
a) Dòng ngắn mạch tại điểm N của phương án a là:

$$I_N = \left[ \frac{1}{x_{ht} + x_B} + \frac{1}{x_F/2} \right] I_{cb} = \left[ \frac{1}{0,04 + 0,12} + \frac{1}{0,22} \right] \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 95 \text{ kA}$$

b) Máy biến áp có cuộn dây phân chia.

Sơ đồ thay thế như hình 3.13:

Tính điện kháng cuộn cao áp của máy biến áp có cuộn dây phân chia:



Hình 3.13

$$x_C = x_{C-H} (1 - 0,25k_p)$$

Trong đó:  $k_p$  là hệ số phân chia;  $k_p = 4$

$$\text{Vậy } x_C = x_{C-H} (1 - 0,25 \cdot 4) = 0$$

Điện kháng cuộn hạ áp:

$$x_{H1} = x_{H2} = \frac{U_{NC-H} \%}{100} \cdot 0,5 \cdot k_p = \frac{12}{100} \cdot 0,5 \cdot 4 = 0,24$$

$$\text{Đặt } x_1 = x_{F2} + x_{H2} = 0,44 + 0,24 = 0,68$$

$$x_2 = (x_{ht} // x_1) + x_{H1} = (0,04 // 0,68) + 0,24 = 0,278$$

Dòng ngắn mạch tại điểm N là:

$$I_N = \left( \frac{1}{x_{F1}} + \frac{1}{x_2} \right) I_{cb} = \left( \frac{1}{0,44} + \frac{1}{0,278} \right) \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 51,7 \text{ kA}$$

Như vậy đặt máy biến áp có cuộn dây phân chia sẽ giảm được dòng điện ngắn mạch so với đặt máy biến áp hai dây quấn là:  $\frac{95}{51,7} = 1,84$  lần.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 3.1. Cách xác định lực tác dụng tương hỗ giữa hai dây dẫn đặt song song khi có dòng điện chạy qua như thế nào?
- 3.2. Cách xác định lực tác dụng tương hỗ giữa hai thanh dẫn đặt song song như thế nào?
- 3.3. Xác định lực tác dụng tương hỗ khi ngắn mạch hai pha.
- 3.4. Xác định lực động điện khi ngắn mạch ba pha.
- 3.5. Cùng với các số liệu đã cho trong hình 3.10, hãy xác định dòng điện ổn định động định mức của dao cách ly  $CL_2$ .

Đáp số: Dòng điện ổn định động định mức của dao cách ly  $CL_2$  là  $i_{d\sigma m} = 78,7$  kA.

- 3.6. Xác định dòng điện ổn định động cần thiết của máy cắt điện mạch máy phát điện nối theo sơ đồ bộ như hình 3.14 với hai phương án:

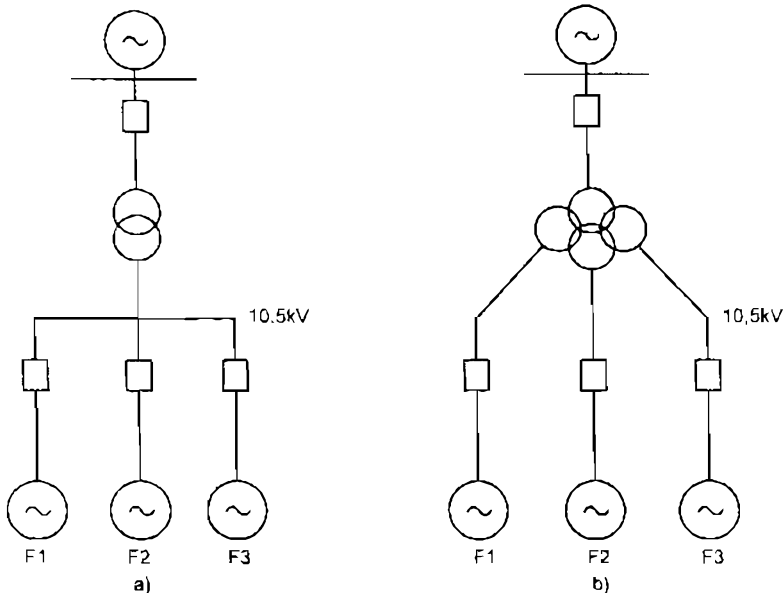
a) Máy biến áp hai dây quấn.

b) Máy biến áp ba cuộn dây phân chia phía điện áp thấp.

Công suất định mức của máy phát điện 80 MVA, điện áp 10,5kV,  $x''_d = 0,22$ . Công suất định mức của máy biến áp 250 MVA,  $U_{NC-H} = 11\%$ . Công suất ngắn mạch trên thanh cái cao áp là 5000 MVA.

Đáp số: a)  $i_{d\sigma m} \geq 328$  kA.

b)  $i_{d\sigma m} \geq 92,7$  kA.



Hình 3.14

## Chương 4

# THANH DẪN – SỨC CÁCH ĐIỆN – CẤP ĐIỆN LỰC

### 4.1. NGUYÊN LIỆU, HÌNH DÁNG, KÍCH THƯỚC TIẾT DIỆN NGANG CỦA THANH DẪN

Trong các nhà máy điện và trạm biến áp người ta thường dùng thanh dẫn để nối mạch máy phát điện – máy biến áp hay làm thanh góp trong các thiết bị phân phối. Thanh dẫn có thể bằng đồng, nhôm hay thép. Trong đó đồng là kim loại dẫn điện tốt nhất, độ bền cơ rất cao và có khả năng chống ăn mòn do các phản ứng hóa học trong không khí. Vì vậy, thanh dẫn đồng thường được dùng trong các thiết bị phân phối vùng ven biển hoặc các khu vực có bụi công nghiệp. Nhôm cũng là vật liệu dẫn điện nhưng kém hơn đồng. Điện trở suất của nhôm lớn hơn điện trở suất của đồng từ  $1,6 \div 2$  lần. Do đó cùng một tiết diện như nhau thì khả năng dẫn điện của nhôm bằng khoảng 70% so với đồng. Nhôm không có khả năng chống ăn mòn do tác dụng của các phản ứng hóa học, vì vậy không nên dùng thanh dẫn nhôm ở vùng ven biển hay ở các khu vực có bụi công nghiệp. Độ bền cơ của nhôm kém hơn đồng, nhưng trọng lượng riêng của nhôm nhỏ hơn đồng khoảng 3,3 lần. Thanh dẫn thép khả năng dẫn điện kém nhất, điện trở suất của nó bằng 7 lần so với điện trở suất của đồng. Thép có độ bền cơ cao, không chống được sự ăn mòn hóa học. Thanh dẫn thép thường dùng cho thiết bị phân phối công suất bé khoảng  $200 \div 300A$ .

Hình dáng tiết diện ngang của thanh dẫn phải đảm bảo sao cho hệ số hiệu ứng mặt ngoài nhỏ, khả năng tản nhiệt tốt, mômen chống uốn tốt, lắp ráp dễ dàng, thuận tiện. Thanh dẫn thường chế tạo với các loại tiết diện như sau:

*Thanh dẫn tiết diện hình chữ nhật* – Loại thanh dẫn này thường dùng cho thiết bị phân phối điện trong nhà, tỷ lệ các cạnh  $1/10$  đến  $1/12$  và tiết diện tối đa không quá  $120 \times 10mm^2$ . Cụ thể với tiết diện này thanh dẫn đồng có dòng điện cho phép là 2650A, còn thanh dẫn nhôm có dòng cho phép là 2070A.

Khi dòng điện lớn ta có thể dùng thanh dẫn ghép hai hay ba thanh hình chữ nhật cho một pha, khoảng cách giữa các thanh bằng bề rộng của thanh. Do các thanh dẫn đặt gần nhau nên phải xét tới hiệu ứng ở gần,

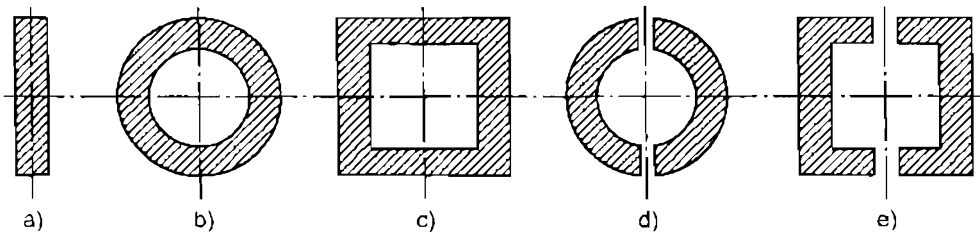


khả năng tản nhiệt kém. Nói cách khác, dòng điện cho phép của thanh dẫn ghép không tỷ lệ bậc một với dòng điện cho phép của một thanh.

Ví dụ, tiết diện một thanh  $120 \times 10\text{mm}^2$ . Khi ghép hai thanh thì dòng điện cho phép là 4100A đối với thanh dẫn đồng và 3200A đối với thanh dẫn nhôm. Còn khi ghép ba thanh trong một pha thì dòng điện cho phép là 5200A đối với thanh dẫn đồng và 4100A đối với thanh dẫn nhôm.

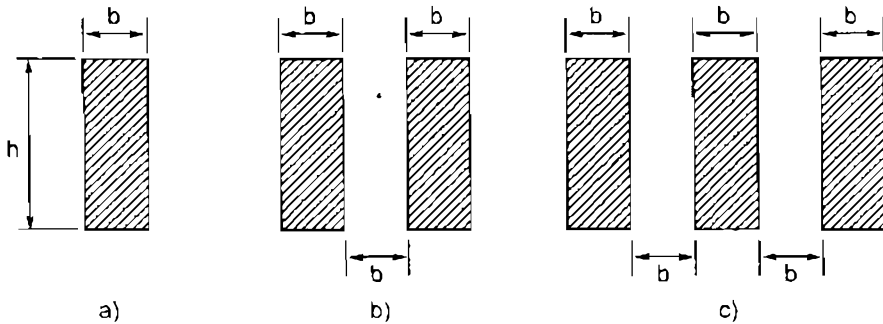
Thanh dẫn tiết diện hình ống vuông hay tròn. Với dòng điện lớn  $2000 \div 3000\text{A}$ , người ta thường dùng thanh dẫn hình ống tiết diện vuông hay tròn. Loại thanh dẫn này có độ bền cơ cao, và hệ số hiệu ứng mặt ngoài tương đối nhỏ.

Các loại tiết diện thanh dẫn được mô tả trên hình 4.1 và 4.2.



**Hình 4.1. Hình dáng tiết diện ngang của thanh dẫn**

- a) Thanh dẫn hình chữ nhật; b) Thanh dẫn hình ống tròn; c) Thanh dẫn hình ống vuông; d) Thanh dẫn hình máng tròn; e) Thanh dẫn hình máng vuông.



**Hình 4.2. Cách bố trí thanh dẫn ghép**

- a) Một thanh trong một pha; b) Hai thanh trong một pha; c) Ba thanh trong một pha.

## 4.2. CHỌN TIẾT DIỆN THANH DẪN CỨNG

Thanh dẫn cứng trong nhà máy điện và trạm biến áp có thể chọn theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép.

$$I'_{cp} = k_{hc} I_{cp} \geq I_{ch} \quad (4.1)$$

Trong đó:

$I_{cp}$  là dòng điện cho phép của thanh dẫn.

$k_{nh}$  là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường.

$I_{cb}$  là dòng điện cường bức chạy qua thanh dẫn.

$I'_{cp}$  là dòng điện cho phép của thanh dẫn ứng với tiết diện chọn sau khi đã hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường xung quanh.

Sau đó phải kiểm tra lại điều kiện ổn định nhiệt theo một trong các phương pháp sau đây:

– Theo nhiệt độ phát nóng cuối cùng khi ngắn mạch:

$$\theta_{2N} \leq \theta_{2Ncp}$$

– Theo điều kiện tiết diện bé nhất đảm bảo ổn định nhiệt

$$S_{chọn} \geq S_{nh\ min} = \sqrt{B_N} / C$$

– Theo điều kiện ổn định nhiệt của dây dẫn:

$$I'' \leq I_{nh} = \frac{SC}{\sqrt{t}}$$

– Theo điều kiện thời gian tồn tại ngắn mạch cho phép lớn nhất:

$$t_{cp\ max} = \frac{S^2 C^2}{I_{\infty}^2} - T_a \geq t$$

Cuối cùng kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi ngắn mạch.

#### 4.2.1. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn theo phương pháp đơn giản hóa

##### a) Thanh dẫn đơn

Như đã biết, lực tác dụng lên pha B là lớn nhất:

$$F_{B\ max} = 2,86 A I_m^2$$

Trong đó:  $A = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a}$ ;  $I_m^{(3)} = \frac{i_{xk}}{k_{xk}}$ ;  $k_{xk} = 1,8$ .

$$F = 2,86 \cdot 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a} \left[ \frac{i_{xk}}{1,8} \right]^2, \text{ kA}$$

Nếu tính theo kA, ta có:

$$F = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{\ell}{a} \left( i_{xk}^{(3)} \right)^2, \text{ kA}$$

Với:  $\ell$  – chiều dài nhịp (cm).

$a$  – khoảng cách các pha (cm).

Mômen uốn tác dụng lên thanh dẫn

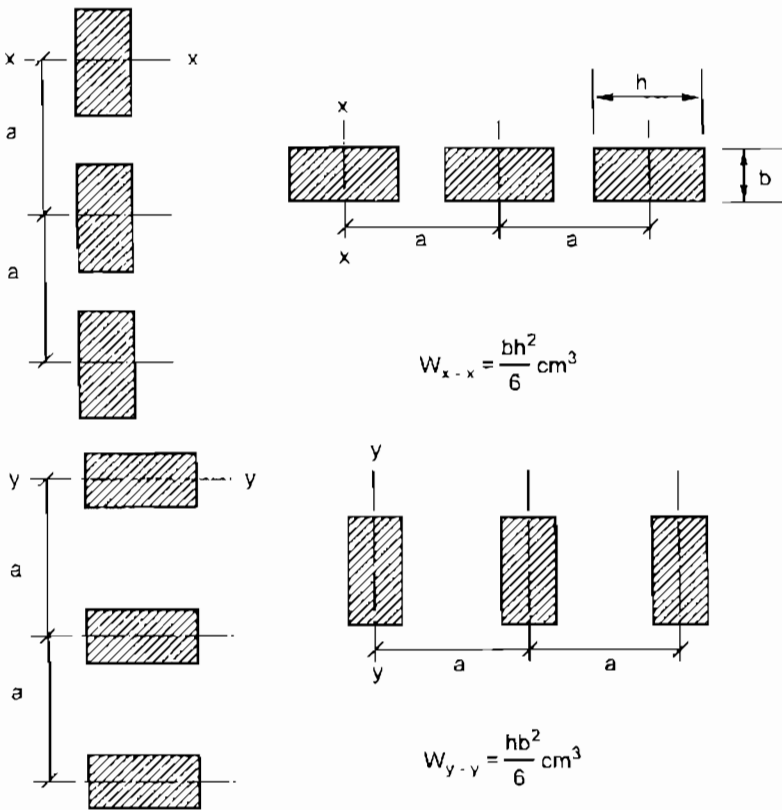
$$M = \frac{F\ell}{8} \text{ kGcm khi số nhịp nhỏ hơn hay bằng 2}$$

$$M = \frac{F\ell}{10} \text{ kGcm khi số nhịp lớn hơn 2.}$$

Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn:

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ kG/cm}^2$$

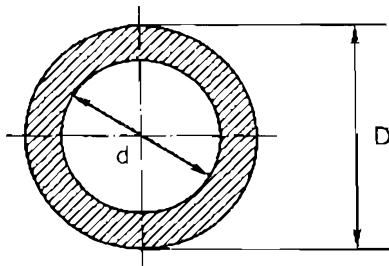
Trong đó:  $W$  là mômen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn ( $\text{cm}^3$ ). Nó phụ thuộc vào hình dáng kích thước và cách bố trí thanh dẫn.



Hình 4.3. Thanh dẫn hình chữ nhật

Điều kiện để thanh dẫn ổn định động là ứng suất tính toán  $\sigma_{tt}$  xuất hiện trong thanh dẫn phải nhỏ hơn ứng suất cho phép  $\sigma_{cp}$ .

$$\sigma_{tt} \leq \sigma_{cp} \quad (4.2)$$



Hình 4.4. Thanh dẫn hình ống tròn

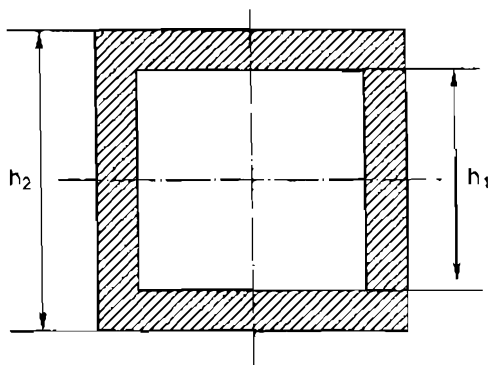
$$W = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$$

Với thanh dẫn đồng,  $\sigma_{cp} = 1400 \text{ kG/cm}^2$ .

Với thanh dẫn nhôm,  $\sigma_{cp} = 700 \text{ kG/cm}^2$ .

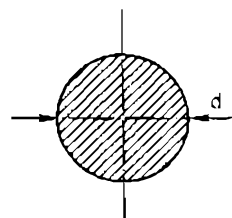
Thanh dẫn thép,  $\sigma_{cp} = 1600 \text{ kG/cm}^2$ .

Nếu điều kiện (4.2) không thỏa mãn thì phải tìm các biện pháp giảm ứng suất tính toán, cụ thể là giảm chiều dài  $l$  của một nhịp (khoảng cách giữa hai sứ đỡ liền nhau) hay tăng khoảng cách giữa các pha. Trong tính toán thiết kế với điện áp  $6 \div 20\text{kV}$  khoảng cách  $a = 20 \div 100\text{cm}$  và chiều dài nhịp  $l = 80 \div 200\text{cm}$ . Hoặc thay đổi cách bố trí thanh dẫn để tăng mômen chống uốn  $W$ , hoặc tăng tiết diện thanh dẫn.



Hình 4.5. Thanh dẫn hình ống vuông

$$W = \frac{1}{12}(h_2^3 - h_1^3)$$



Hình 4.6. Thanh dẫn tròn đặc

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3$$

### b) Thanh dẫn ghép bằng hai thanh hình chữ nhật

Khi có hai thanh hình chữ nhật ghép trong một pha thì ứng suất xuất hiện trong thanh dẫn ghép gồm có hai thành phần  $\sigma_1$  và  $\sigma_2$ ,

$$\sigma_u = \sigma_1 + \sigma_2 \text{ kG/cm}^2. \quad (4.3)$$

Trong đó:  $\sigma_1$  là ứng suất xuất hiện do lực động điện giữa các pha gây ra.

$\sigma_2$  – ứng suất xuất hiện do lực động điện giữa hai thanh của cùng một pha gây ra.

Ứng suất  $\sigma_1$  tính toán giống như trường hợp thanh dẫn đơn, lúc này ta coi hai thanh của một pha như được hàn chặt nhau, do đó mômen chống uốn của thanh dẫn ghép lớn gấp hai lần mômen chống uốn của một thanh. Ví dụ, các thanh dẫn ghép đặt đứng trên mặt phẳng đứng hay đặt nằm

trên mặt phẳng ngang thì mômen chống uốn là:  $W = 2W_{x-x}$ . Ngược lại, nếu thanh dẫn ghép đặt đứng trên mặt phẳng ngang hoặc đặt nằm trên mặt phẳng đứng thì ta có:

$$W = 2W_{y-y} = \frac{1}{3}hb^2 \text{ cm}^3$$

Để xác định  $\sigma_2$  trong thanh dẫn ghép, ngoài các miếng đệm đặt tại các đầu sứ đỡ, ta còn đặt thêm các miếng đệm giữa hai sứ đỡ liền nhau với mục đích là tăng khả năng ổn định động của thanh dẫn như hình 4.7.



Hình 4.7. Đặt các miếng đệm giữa hai thanh trong một pha

Tính lực động điện trên một đơn vị chiều dài:

$$f = 3,3AI_m^2 k \text{ với } A = 1,02 \cdot 10^{-8} \frac{2\ell}{a}; \text{ thay } \ell = 1\text{cm}; a = 2b$$

$k$  là hệ số hình dáng vì các thanh dẫn đặt gần nhau;  $I_m = \frac{1}{2} I_{m\max}^{(3)} = \frac{1}{2} \frac{i_{xk}^{(3)}}{k_{xk}}$ .

Từ đây rút ra:

$$f = 0,255 \cdot 10^{-2} \frac{1}{b} k \left[ i_{xk}^{(3)} \right]^2, \text{ kG/cm với } i_{xk} \text{ tính theo } kA. \quad (4.4)$$

Lực tác dụng lên khoảng vượt  $\ell_1$  là:

$$F = f\ell_1 = 0,255 \cdot 10^{-2} \frac{\ell_1}{b} k \left[ i_{xk}^{(3)} \right]^2, \text{ kG} \quad (4.5)$$

Nếu chọn chiều dài  $\ell_1$  trước thì sẽ tính được mômen uốn giữa hai miếng đệm:

$$M_1 = \frac{F\ell_1}{12} = \frac{f\ell_1^2}{12}, \text{ kGcm} \quad (4.6)$$

Xác định ứng suất  $\sigma_2$  trong vật liệu thanh dẫn:

$$\sigma_2 = \frac{M_1}{W_{y-y}} = \frac{f\ell_1^2}{12W_{y-y}} \text{ kG/cm}^2 \quad (4.7)$$

Trong đó  $W_{y-y}$  là mômen chống uốn của thanh dẫn lấy theo trục  $y-y$ .

Cuối cùng, xác định ứng suất tổng:

$$\sigma_u = \sigma_1 + \sigma_2 \leq \sigma_{cp} \quad (4.8)$$

Trong thực tế thiết kế người ta thường xuất phát từ ứng suất cho phép rồi tìm ra khoảng cách lớn nhất cho phép giữa hai miếng đệm. Cách làm như sau:

$$\sigma_u = \sigma_{cp} = \sigma_1 + \sigma_2 \rightarrow \sigma_2 = \sigma_{cp} - \sigma_1 = \frac{f \ell_{1max}^2}{12W_{y-y}}$$

Từ đây tìm được:

$$\ell_{1max} = \sqrt{\frac{12W_{y-y} (\sigma_{cp} - \sigma_1)}{f}} \text{ cm} \quad (4.9)$$

Và xác định được số miếng đệm cần thiết phải đặt trong một nhịp:

$$n \geq \frac{\ell}{\ell_{1max}} \quad (4.10)$$

### c) Thanh dẫn hình máng

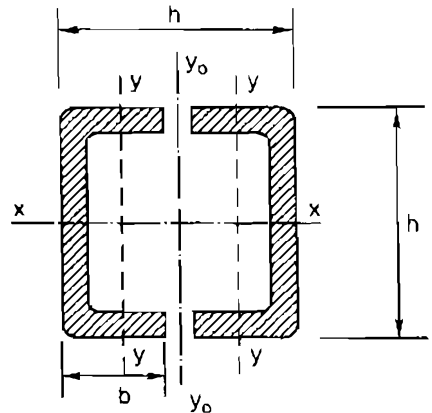
Cách tính toán lực động điện của thanh dẫn hình máng trên một đơn vị chiều dài cũng giống như đối với thanh dẫn ghép. Chỉ khác là thay khoảng cách

$b = \frac{h}{2}$  và hệ số hình dáng  $k$  lấy gần đúng bằng một.

$$f = 0,51 \cdot 10^{-2} \frac{1}{h} \left[ i_{\text{lk}}^{(3)} \right]^2 \text{ kG/cm} \quad (4.11)$$

Với  $i_{\text{lk}}$ , tính theo kA.

Các bước tiếp theo tính giống như khi chọn thanh dẫn ghép hình chữ nhật.



Hình 4.3. Thanh dẫn hình máng

### 4.2.2. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn có xét đến dao động

Như đã trình bày ở chương 3 về lực động điện thấy rằng, lực này biến thiên theo thời gian và dao động với tần số  $\omega$  và  $2\omega$ . Vì vậy, cần đảm bảo sao cho tần số riêng của nó phải nằm ngoài vùng cộng hưởng trong phạm vi  $\pm 10\%$ . Nói cách khác, tần số riêng của thanh dẫn phải nằm ngoài phạm vi  $\omega = 45 \div 55\text{Hz}$  và  $2\omega = 90 \div 110\text{Hz}$ .

Xác định tần số riêng của thanh dẫn theo biểu thức sau đây:

$$f_r = \frac{3,56}{\ell} \sqrt{\frac{EJ10^6}{S\gamma}} \text{ Hz} \quad (4.12)$$

Trong đó:

$E$  – môđun đàn hồi của vật liệu thanh dẫn  $\text{kG/cm}^2$ .

$\ell$  – chiều dài một nhịp của thanh dẫn,  $\text{cm}$  (khoảng cách giữa hai sứ liền nhau).

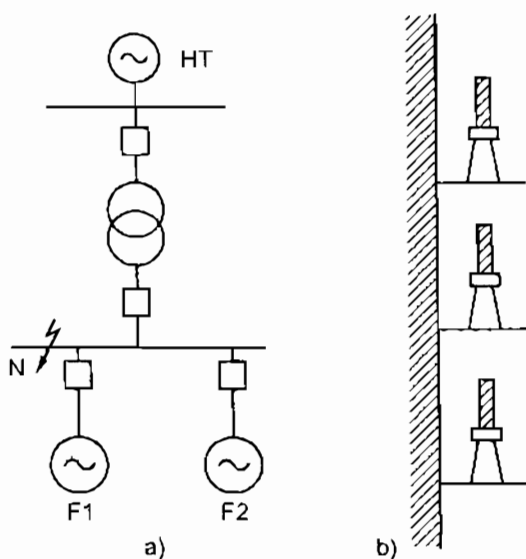
$J$  – mômen quán tính của tiết diện ngang của thanh dẫn đối với trục vuông góc với phương của lực ( $\text{cm}^4$ ).

$S$  – tiết diện ngang của thanh dẫn,  $\text{cm}^2$ .

$\gamma$  – khối lượng riêng của vật liệu thanh dẫn,  $\text{g/cm}^3$ .

Cụ thể:  $E_{\text{Cu}} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2$ ;  $E_{\text{Al}} = 0,65 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2$ ;

$\gamma_{\text{Cu}} = 8,93 \text{ g/cm}^3$ ;  $\gamma_{\text{Al}} = 2,74 \text{ g/cm}^3$ .



Hình 4.9.

a) Sơ đồ nối điện; b) Thanh dẫn đặt đứng

**Ví dụ 1:** Cho một sơ đồ nối điện như hình 4.9. Kiểm tra độ bền cơ của thanh dẫn trong mạch máy phát điện  $F_1$ . Thanh dẫn nhôm tiết diện là  $120 \times 10 \text{ mm}^2$ , các pha đặt trên mặt phẳng đứng, thanh dẫn được kẹp chặt trên sứ cách điện, khoảng cách các pha là  $60 \text{ cm}$ , chiều dài của một nhịp thanh dẫn là  $150 \text{ cm}$ . Dòng điện siêu quá độ thành phần chu kỳ khi ngắn mạch ba pha tại điểm N bao gồm: từ phía hệ thống đến  $25 \text{ kA}$ , từ mỗi máy phát điện đến  $12 \text{ kA}$ . Hằng số thời

gian tắt dần của dòng điện không chu kỳ là  $0,05 \text{ s}$  đối với hệ thống và  $0,15 \text{ s}$  đối với máy phát điện. Xác định ứng suất trong vật liệu thanh dẫn khi nó đặt nằm trên sứ cách điện.

### Bài giải

Điểm ngắn mạch tính toán là điểm ở đầu ra của máy phát điện  $F_1$ . Như vậy nguồn cung cấp đến chỉ bao gồm phía hệ thống và máy phát  $F_2$ . Do đó dòng điện xung kích được tính như sau:

$$i_{xk} = \sqrt{2} (I_{ht}'' k_{xkht} + I_{F_2}'' k_{xkF_2}).$$

Tính hệ số xung kích phía hệ thống:

$$k_{xkht} = 1 + e^{-0,01/0,05} = 1,82.$$

Hệ số xung kích phía máy phát điện:

$$k_{xkF_2} = 1 + e^{-0,01/0,15} = 1,94.$$

Lực tính toán tác dụng lên thanh dẫn pha giữa khi ngắn mạch ba pha trên chiều dài của nhịp là:

$$F = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{\ell}{a} i_{xk}^2, \text{ kG}$$

Trong đó:  $i_{xk} = \sqrt{2} (25 \cdot 1,82 + 12 \cdot 1,94) = 97,5 \text{ kA}$

Vậy:  $F = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{150}{60} (97,5)^2 = 415 \text{ kG}$

Mômen uốn:  $M = \frac{F\ell}{10} = \frac{415 \cdot 150}{10} = 6225 \text{ kGcm}$

Mômen chống uốn của thanh dẫn:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1 \cdot 12^2}{6} = 24 \text{ cm}^3.$$

Ứng suất tính toán trong vật liệu thanh dẫn:

$$\sigma_u = \frac{M}{W} = \frac{6225}{24} = 260 \text{ kG/cm}^2$$

Như vậy thanh dẫn *dảm bảo* điều kiện ổn định động vì:

$$\sigma_u = 260 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cp} = 700 \text{ kG/cm}^2.$$

Bây giờ xét trường hợp khi thanh dẫn đặt nằm trên sứ, lúc này mômen chống uốn là:

$$W = \frac{hb^2}{6} = \frac{12 \cdot 1^2}{6} = 2 \text{ cm}^3.$$

$$\sigma_u = \frac{6225}{2} = 3113 \text{ kG/cm}^2 > \sigma_{cp} = 700 \text{ kG/cm}^2.$$

Như vậy thanh dẫn *không đảm bảo* điều kiện ổn định động.



### 4.3. CHỌN TIẾT DIỆN THANH DẪN MỀM

Dây dẫn mềm thường dùng cho thiết bị phân phối ngoài trời. Nếu dòng điện lớn có thể dùng biện pháp phân pha để giảm tổn hao vầng quang. Tiết diện dây dẫn có thể chọn theo mật độ dòng điện kinh tế  $J_{kt}$ .

$$S_{kt} = \frac{I_{bt}}{J_{kt}} \quad (4.13)$$

Trong đó:

$I_{bt}$  là dòng điện làm việc bình thường của dây dẫn, A

$J_{kt}$  là mật độ dòng điện kinh tế, A/mm<sup>2</sup>.

Mật độ dòng điện kinh tế phụ thuộc vào thời gian sử dụng công suất cực đại  $T_{max}$  của phụ tải và vật liệu dây dẫn.

**Bảng 4.1. Mật độ dòng điện kinh tế  $J_{kt}$  (A/mm<sup>2</sup>)**

Loại dây dẫn	Mật độ dòng điện kinh tế A/mm <sup>2</sup> khi $T_{max}$ giờ		
	1000 – 3000	3000 – 5000	>5000
1. Dây dẫn, thanh dẫn trần			
– Đồng	2,5	2,1	1,8
– Nhôm, nhôm lõi thép	1,3	1,1	1,0
2. Cáp cách điện bằng giấy			
– Lõi đồng	3,0	2,5	2,0
– Lõi nhôm	1,6	1,4	1,2
3. Cáp cách điện bằng cao su			
– Lõi đồng	2,5	3,1	2,7
– Lõi nhôm	1,9	1,7	1,6

Từ tiết diện kinh tế, tra bảng tìm tiết diện chuẩn và dòng điện cho phép của dây, tính dòng điện  $I'_{cp} = k_{kt} I_{cp} \geq I_{bt}$ .

Sau cùng kiểm tra ổn định nhiệt theo một trong các phương pháp như đã nêu trong mục 4.2. Và kiểm tra điều kiện chống phát sinh vầng quang. Kiểm tra vầng quang điện chỉ áp dụng đối với cáp điện áp cao  $U \geq 110kV$ . Chú ý rằng, với điện áp  $U = 110kV$  thì tiết diện chọn tối thiểu phải bằng và lớn hơn  $70mm^2$ , còn với  $U = 220kV$  thì tiết diện tối thiểu phải là  $240mm^2$ .

**Ví dụ 2:** Chọn cáp nhôm theo điều kiện mật độ dòng điện kinh tế và phát nóng khi làm việc cưỡng bức để cung cấp điện cho hộ tiêu thụ có phụ tải cực đại  $3600kW$ , điện áp  $6kV$  và  $\cos\varphi = 0,89$ . Biết rằng, trong chế độ làm việc bình thường, phụ tải được cấp bằng hai đường dây cáp dự trữ cho nhau. Cáp đặt trong hầm cáp nhiệt độ là  $20^\circ C$ . Thời gian sử dụng công suất cực đại là  $6000$  giờ. Thời gian phụ tải cực đại trong ngày là  $3$  giờ.

### Bài giải

Dòng điện làm việc bình thường của một đường dây cáp là:

$$I_{bt} = \frac{P_{max}}{2\sqrt{3}U_{dm} \cos \varphi} = \frac{3600}{2\sqrt{3} \cdot 6,0 \cdot 0,89} = 193 \text{ A.}$$

Dòng điện làm việc cưỡng bức khi đứt một dây:

$$I_{c,b} = 2I_{bt} = 2 \times 193 = 386 \text{ A.}$$

Với  $T_{max} > 5000$  giờ và cáp nhôm tra được  $J_{kt} = 1,2 \text{ A/mm}^2$ .

Vậy tiết diện kinh tế là:

$$S_{kt} = \frac{I_{bt}}{J_{kt}} = \frac{193}{1,2} = 160 \text{ mm}^2.$$

Ở đây ta có thể chọn hai loại tiết diện chuẩn của cáp nhôm ba pha là:

$$3 \times 150 \text{ mm}^2, \text{ có } I_{cp} = 300 \text{ A với nhiệt độ } 15^\circ \text{C.}$$

$$3 \times 185 \text{ mm}^2, \text{ có } I_{cp} = 340 \text{ A với nhiệt độ } 15^\circ \text{C.}$$

Hiệu chỉnh dòng điện cho phép theo nhiệt độ môi trường  $\theta'_0 = 20^\circ \text{C}$ .

$$\text{Với cáp } 150 \text{ mm}^2: I'_{cp} = I_{cp} \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta'_0}{\theta_{cp} - \theta_0}} = 300 \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 285 \text{ A.}$$

$$\text{Với cáp } 185 \text{ mm}^2: I'_{cp} = 340 \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 322 \text{ A.}$$

Hệ số mang tải của cáp khi làm việc bình thường là:

$$k_t = \frac{I_{bt}}{I'_{cp}}$$

$$\text{Với cáp } 150 \text{ mm}^2, \text{ ta có hệ số mang tải là } \frac{193}{285} = 0,68.$$

$$\text{Với cáp } 185 \text{ mm}^2, \text{ hệ số mang tải là } \frac{193}{322} = 0,6.$$

Như vậy, bình thường cáp non tải dưới 80% nên khi sự cố đứt một cáp, cáp còn lại có thể cho phép quá tải 30% trong thời gian 5 giờ một ngày. Do đó dòng quá tải cho phép là:

$$I_{qt} = k_{qt} I'_{cp}$$

$$\text{Với cáp } 150 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{qt} = 1,3 \times 285 = 370 \text{ A} < I_{c,b} = 386 \text{ A.}$$

$$\text{Với cáp } 185 \text{ mm}^2 \rightarrow I_{qt} = 1,3 \times 322 = 418,6 \text{ A} > I_{c,b} = 386 \text{ A.}$$

Tóm lại, phải chọn cáp nhôm ba pha có tiết diện  $3 \times 185 \text{ mm}^2$ .

#### 4.4. CHỌN SỨ ĐỠ THANH DẪN

Trong nhà máy điện và trạm biến áp, sứ được dùng để cách điện giữa các phần tử mang điện với nhau và với đất. Sứ còn dùng để bắt chặt các thanh dẫn. Vì vậy, sứ phải đảm bảo khả năng cách điện, phải đủ độ bền về cơ, phải chống bụi và chịu được tác dụng nhiệt. Tùy theo công dụng và cấu tạo có thể chia sứ làm ba loại:

- Sứ đỡ.
- Sứ xuyên.
- Sứ treo.

Sứ đỡ dùng để giữ chặt thanh dẫn hay các phần tử của khí cụ điện.

Sứ xuyên dùng khi thanh dẫn đi qua tường nhà hay đi qua vỏ của các tủ phân phối điện, còn sứ treo dùng để giữ chặt dây dẫn của đường dây trên không.

Sứ đỡ được chọn theo các điều kiện sau:

- Vị trí đặt sứ: trong nhà hay ngoài trời.
- Điện áp định mức của sứ phải lớn hơn hay bằng điện áp mang điện:

$$U_{đm\text{s}} > U_{m\text{g}}$$

- Kiểm tra độ bền cơ:

$$F_{tt} \leq 0,6 F_{cp} \quad (4.14)$$

Trong đó:  $F_{tt}$  là lực tính toán lớn nhất tác động lên đầu sứ khi ngắn mạch ba pha.

$F_{cp}$  là phụ tải phá hoại cho phép của sứ, nhà chế tạo cho trong các tài liệu kỹ thuật.

Vì lực động điện tác động lên sứ đặt tại trọng tâm thanh dẫn, còn phụ tải phá hoại lại đặt ở đầu sứ, do đó:

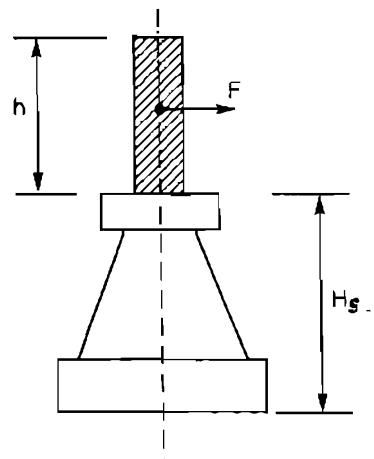
$$F_{tt} = F \cdot \frac{H_s + \frac{h}{2}}{H_s}, \text{ kG} \quad (4.15)$$

Trong đó:  $F$  là lực tác dụng đặt tại trọng tâm tiết diện thanh dẫn:

$$F = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{\ell}{2} [i_{xk}^{(3)}]^2$$

$H_s$  -- chiều cao của sứ, cm.

$h$  -- chiều cao của thanh dẫn, cm.



Hình 4.10. Xác định phụ tải tính toán của sứ

## 4.5. CHỌN CÁP ĐIỆN LỰC

Cáp ba lõi bằng đồng hay nhôm, cách điện có thể bằng giấy tẩm dầu, bằng chất dẻo PVC hay cách điện bằng polyetylen hoặc bằng cao su. Vì vậy, cáp đất hơn rất nhiều so với đường dây trên không. Trong nhà máy điện và trạm biến áp, có thể dùng cáp để nối mạch máy phát điện – máy biến áp, để cáp điện cho các thiết bị điện tự dùng hoặc cho các phụ tải cáp điện áp máy phát. Cáp được chọn theo các điều kiện sau:

- Điện áp định mức của cáp phải bằng và lớn hơn điện áp mạng điện

$$U_{\text{mnc}} \geq U_{\text{mg}}$$

- Tiết diện cáp chọn theo mật độ dòng điện kinh tế.

$$S_{\text{kt}} = \frac{I_{\text{bt}}}{J_{\text{kt}}} \text{ (mm}^2\text{)}$$

Từ đây tra tài liệu kỹ thuật, chọn tiết diện chuẩn và dòng điện cho phép của cáp.

- Kiểm tra điều kiện phát nóng lâu dài:

$$I'_{\text{cp}} = k_1 k_2 I_{\text{cp}} \geq I_{\text{bt}} \quad (4.16)$$

Trong đó:  $k_1$  là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường tại nơi đặt cáp khác với nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn.

$k_2$  là hệ số hiệu chỉnh theo số lượng cáp đặt song song trong một rãnh cáp và khoảng cách giữa các cáp.

Đối với cáp kép nếu bình thường dòng điện qua cáp bé hơn 80% so với dòng điện cho phép đã hiệu chỉnh  $I'_{\text{cp}}$  thì khi hỏng một cáp, cáp còn lại được phép quá tải 30%, nhưng không quá 5 ngày đêm; nghĩa là:

$$k_{\text{qt}} I'_{\text{cp}} = k_{\text{qt}} k_1 k_2 I_{\text{cp}} \geq I_{\text{chuc}} \quad (4.17)$$

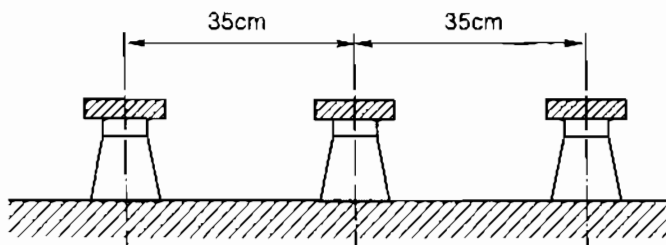
- Kiểm tra ổn định nhiệt của cáp theo một trong ba phương pháp đã trình bày ở mục 4.2.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 4.1. Nêu ưu, nhược điểm của các vật liệu dùng chế tạo thanh dẫn và hình dáng kích thước của loại thanh dẫn.
- 4.2. Điều kiện chọn thanh dẫn cứng như thế nào?
- 4.3. Nêu điều kiện chọn sứ cách điện và cáp điện lực.
- 4.4. Mạch điện ba pha được thực hiện bằng thanh dẫn nhôm hình chữ nhật, tiết diện  $50 \times 5 \text{ mm}^2$ . Khoảng cách giữa các pha 35cm, chiều dài của nhịp

thanh dẫn 120cm. Các pha đặt trên mặt phẳng nằm ngang, các thanh dẫn được giữ trên sứ cách điện như hình 4.11. Xác định ứng suất trong vật liệu thanh dẫn khi ngắn mạch nếu dòng điện xung kích là 38kA.

Đáp số:  $\sigma = 501,8 \text{ kG/cm}$



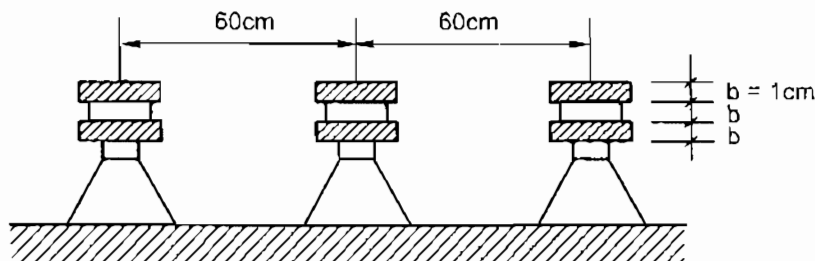
Hình 4.11. Cách bố trí thanh dẫn

- 4.5. Thanh dẫn nhôm hình chữ nhật tiết diện  $40 \times 5\text{mm}^2$ , các pha đặt trên mặt phẳng nằm ngang, các thanh dẫn đặt nằm trên sứ. Phụ tải phá hoại cho phép của sứ là 375kG, khoảng cách giữa các trục của thanh dẫn các pha là 25cm. Dòng điện xung kích khi ngắn mạch ba pha là 51kA. Hãy xác định khoảng cách nhịp của sứ cách điện để đảm bảo độ bền cơ của cấu trúc thanh dẫn sứ – cách điện.

Đáp số: Thanh dẫn ổn định động với  $l_{\max} = 71\text{cm}$ , sứ cách điện ổn định động với  $l_{\max} = 126\text{cm}$ . Vậy độ bền cơ của cấu trúc thanh dẫn – sứ là 71cm.

- 4.6. Hãy tìm khoảng cách cho phép lớn nhất giữa hai miếng đệm với thanh dẫn đồng tiết diện  $100 \times 10\text{mm}^2$ . Sự bố trí thanh dẫn chỉ trên hình 4.12. Khoảng cách giữa các sứ đỡ là 140cm. Dòng điện siêu quá độ của ngắn mạch ba pha là 50kA. Hằng số thời gian tắt dần của dòng điện không chu kỳ là  $T_a = 0,08\text{s}$ .

Đáp số: Khoảng cách lớn nhất giữa hai miếng đệm là 35cm.



Hình 4.12

# THIẾT BỊ ĐIỆN CAO ÁP

## 5.1. HỒ QUANG KHÍ CẮT MẠCH ĐIỆN

### 5.1.1. Sự hình thành hồ quang điện

Khi cắt mạch điện thì xuất hiện hồ quang, và nhanh chóng được dập tắt bởi vì chính hồ quang này có thể gây hư hỏng các thiết bị điện, làm cho sự cố lan tràn, thậm chí còn có thể gây nguy hiểm đến nhân viên vận hành và làm ngừng cung cấp điện. Khi mạch điện đóng, điện áp trên hai đầu tiếp xúc rất nhỏ. Khi cắt mạch, giữa hai đầu tiếp xúc hình thành một điện trường có thể đạt tới hàng trăm, nghìn kV/cm là tùy thuộc vào khoảng cách giữa các đầu tiếp xúc. Dưới tác dụng của cường độ điện trường các điện tử tự do giữa hai đầu tiếp xúc sẽ đi về phía anốt (+) với tốc độ nhanh. Mặt khác, các điện tử tự do thoát ra từ bề mặt catốt (-) do tác dụng của điện trường cũng chuyển động từ catốt sang anốt. Dòng điện tử tự do này được duy trì là do các nguyên nhân sau:

a) Hiện tượng ion hóa xung kích. Các điện tử tự do trong khe hở hai đầu tiếp xúc chuyển động với tốc độ rất nhanh và khi gặp phải các phân tử trung tính nó truyền năng lượng cho phân tử đó. Nếu năng lượng đó đủ lớn thì các phân tử trung tính lại bị tách ra các điện tử và ion dương. Vì vậy, nếu điện trường càng lớn thì hiện tượng ion hóa xung kích càng mạnh.

b) Hiện tượng phát xạ nhiệt điện tử. Khi hai đầu tiếp xúc gần tách ra thì dòng điện sẽ rất lớn, nhiệt độ rất cao. Vì vậy, một số điện tử trong kim loại bị tách ra rồi đi về phía dương cực. Đây là hiện tượng phát xạ nhiệt điện tử.

c) Hiện tượng ion hóa chất khí do nhiệt độ cao. Các hiện tượng ion hóa nêu trên sẽ làm cho khe hở hai đầu tiếp xúc chứa đầy ion âm và điện tử, hình thành khu vực plasma có điện dẫn lớn. Nhiệt độ trung tâm hồ quang có thể đạt tới  $10.000^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ bề mặt hồ quang có thể  $3000 \div 4000^{\circ}\text{C}$ . Với nhiệt độ cao như vậy làm cho các điện tử, ion, phân tử trung tính sẽ chuyển động rất mạnh va chạm vào nhau, các phân tử trung tính lại bị phá vỡ thành các điện tử và ion dương. Đây là hiện tượng ion hóa nhiệt.

### 5.1.2. Hiện tượng khử ion

Song song với quá trình ion hóa thì cũng xảy ra quá trình khử ion, nguyên nhân là do:

### a) Hiện tượng kết hợp

Trong quá trình va chạm các hạt mang điện tích dương và âm va chạm nhau, trao đổi điện tích cho nhau tạo thành hạt trung tính gọi là hiện tượng kết hợp. Hiện tượng kết hợp sẽ tăng lên khi hồ quang tiếp xúc với điện môi vì lúc này hồ quang bị mất năng lượng do hiện tượng ion hóa giảm, hiện tượng khử ion tăng.

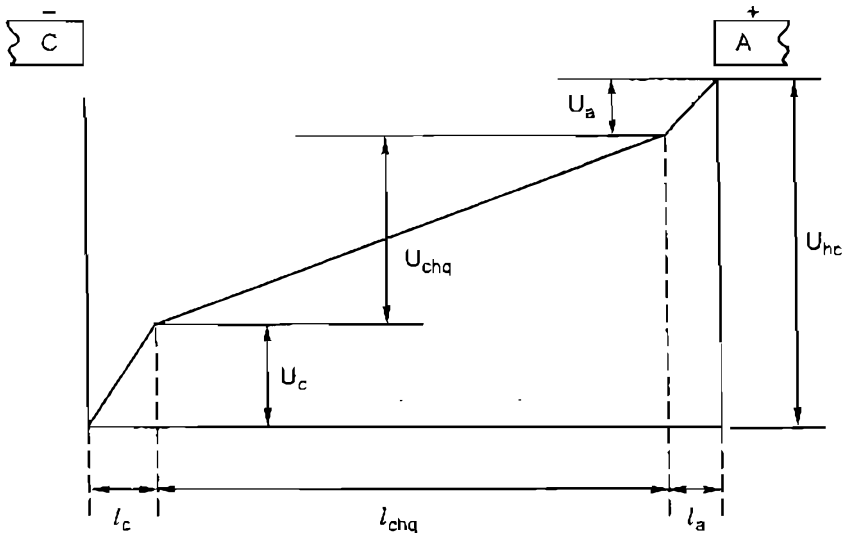
### b) Hiện tượng khuếch tán

Giữa hồ quang và môi trường xung quanh có sự chênh lệch rất lớn về nhiệt độ và mật độ ion. Do đó các ion không ngừng khuếch tán để kết hợp với điện tử tự do tạo thành phân tử trung tính.

### c) Hiện tượng phân ly chất khí

Do nhiệt độ hồ quang cao nên các phân tử khí chuyển động hỗn loạn, va chạm nhau làm cho các phân tử bị phân ly thành các nguyên tử. Phản ứng phân ly là phản ứng thu nhiệt, do đó nhiệt độ hồ quang giảm, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình khử ion.

## 5.1.3. Hiện tượng khử ion ở các cực và điện áp hồ quang



Hình 5.1. Sự phân bố điện áp của hồ quang

*Hiện tượng khử ion ở âm cực (catốt).* Các ion (+) khi chạy về âm cực tạo ra một lớp điện tích khối dương cách âm cực một đoạn khoảng  $10^{-4}$ cm. Như vậy, tại đây sẽ hình thành điện trường, do đó điện tử bị hút ra từ âm cực rồi trung hòa với ion (+) hay tiếp tục chạy về dương cực. Các phân tử trung tính tiếp tục chạy theo quán tính đập vào âm cực. Như vậy gần âm

cực, các ion không ngừng bị trung hòa, điện dẫn giảm xuống nhiều và tạo thành điện áp giáng catốt tương đối lớn khoảng từ 10 đến 20 vôn.

*Hiện tượng khử ion ở dương cực anốt.* Một phân điện tử thoát ra từ âm cực bám vào phân tử trung tính và chạy về dương cực và hình thành điện áp giáng anốt. Giữa hai khu vực điện áp giáng là điện áp cột hồ quang. Trong khu vực này số ion (+) và ion (-) bằng nhau. Điện áp giáng anốt bé hơn điện áp giáng catốt.

Với điện áp thấp thì điện áp giáng catốt có ý nghĩa quan trọng vì nó làm giảm điện áp cột hồ quang, tạo điều kiện dễ dàng dập tắt hồ quang.

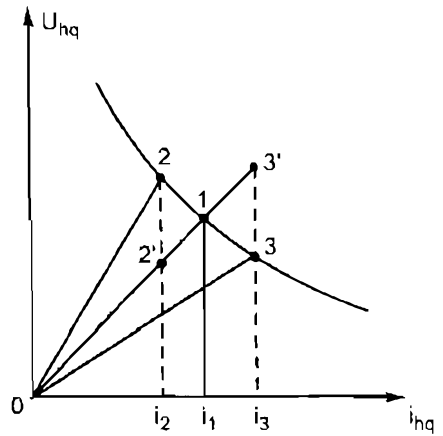
Như vậy điện áp hồ quang là:

$$U_{hq} = U_c + U_{chq} + U_a.$$

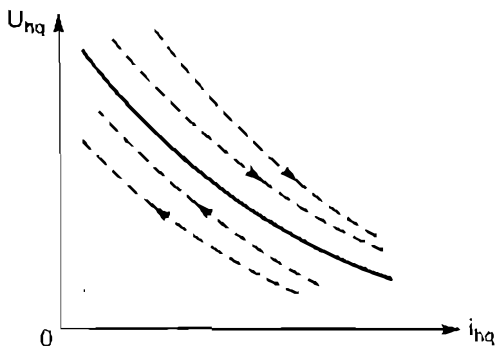
Đường đặc tính biểu diễn quan hệ giữa điện áp hồ quang và dòng điện hồ quang gọi là đường đặc tính Vôn – Ampe tĩnh:

$$U_{hq} = f(i_{hq})$$

Nếu dòng điện giảm từ  $i_1$  xuống  $i_2$  và giữ nguyên ở trị số  $i_2$ ; thời gian đầu tiết diện, nhiệt độ hồ quang chưa thay đổi, điện trở hồ quang cũng chưa kịp thay đổi, như vậy quan hệ  $U_{hq}$  và  $i_{hq}$  là quan hệ bậc một. Do đó hồ quang cháy tại điểm 2'. Tiếp theo tiết diện, nhiệt độ hồ quang thay đổi phù hợp với dòng điện  $i_2$ , lúc này  $i_{hq}$  giảm còn  $U_{hq}$  tăng nên hồ quang cháy tại điểm 2. Một cách tương tự, khi dòng điện tăng lên từ  $i_1$  đến  $i_3$  thì hồ quang cháy ổn định tại điểm 3 (hình 5.2).



Hình 5.2. Đặc tính tĩnh của hồ quang



Hình 5.3. Đường đặc tính Vôn-Ampe động

Trong thực tế, quá trình cắt mạch điện xảy ra rất nhanh, nên quan hệ  $U_{hq} = f(i_{hq})$  cũng biến đổi rất nhanh. Lúc này xuất hiện đường đặc tính Vôn-Ampe động của hồ quang (hình 5.3). Khi dòng điện giảm, đường đặc tính Vôn-Ampe động nằm dưới đường đặc tính tĩnh. Nếu dòng điện giảm càng nhanh thì đường đặc tính này càng ở dưới, nguyên nhân là



do hiện tượng khử ion xảy ra không kịp. Đường đi qua trị số không là đường giới hạn, nguyên nhân là do dòng điện giảm rất nhanh nên quá trình ion hóa và khử ion không thay đổi, điện dẫn cột hồ quang xem như hằng số.

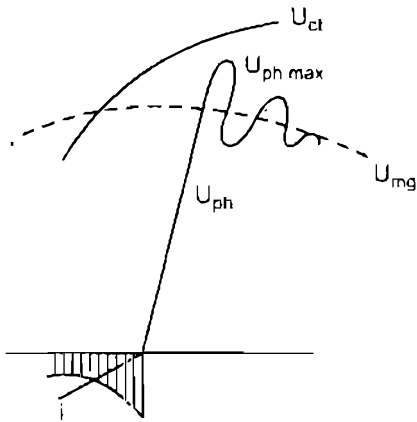
Ngược lại, nếu dòng điện tăng lên thì các đường đặc tính Vôn–Ampe động nằm trên đường đặc tính tĩnh. Nguyên nhân là do quá trình ion hóa xảy ra không kịp với quá trình tăng dòng điện. Nếu dòng điện tăng càng nhanh thì các đường đặc tính Vôn–Ampe động càng ở trên cao.

#### 5.1.4. Sự phục hồi sức bền về điện và điện áp trên các đầu tiếp xúc

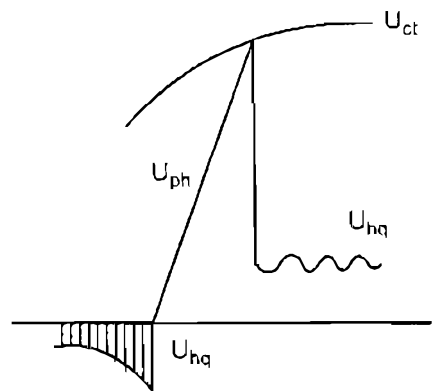
Quá trình cắt mạch, hồ quang phát sinh, khi dòng điện xoay chiều đi qua trị số không thì hồ quang tạm thời bị tắt đi vì quá trình khử ion tăng lên. Lúc này, khe hở hai đầu tiếp xúc có hai quá trình xảy ra đồng thời.

Sự phục hồi sức bền về điện – đặc trưng cho hiện tượng này là điện áp chọc thủng  $U_{ct}$ . Đó là trị số điện áp bé nhất mà khe hở hai đầu tiếp xúc có thể bị chọc thủng.

Sự phục hồi điện áp  $U_{ph}$ . Như đã biết, khi hồ quang cháy, điện áp đặt vào khe hở hai đầu tiếp xúc rất nhỏ chỉ bằng khoảng  $5 \div 10\%$  so với điện áp mạng điện. Mỗi khi dòng điện xoay chiều qua trị số không thì điện áp này tăng và khi hồ quang tắt thì điện áp phục hồi bằng điện áp mạng điện. Quá trình hồ quang tắt hay cháy trở lại được minh họa bởi hình 5.4 và 5.5.



Hình 5.4. Hồ quang bị dập tắt



Hình 5.5. Hồ quang cháy trở lại

#### 5.1.5. Cắt mạch điện ba pha khi ngắn mạch (hình 5.6)

Điều kiện thành công của máy cắt điện (MCD) xoay chiều là phải tăng nhanh được sức bền về điện của khe hở hai đầu tiếp xúc sau khi hồ

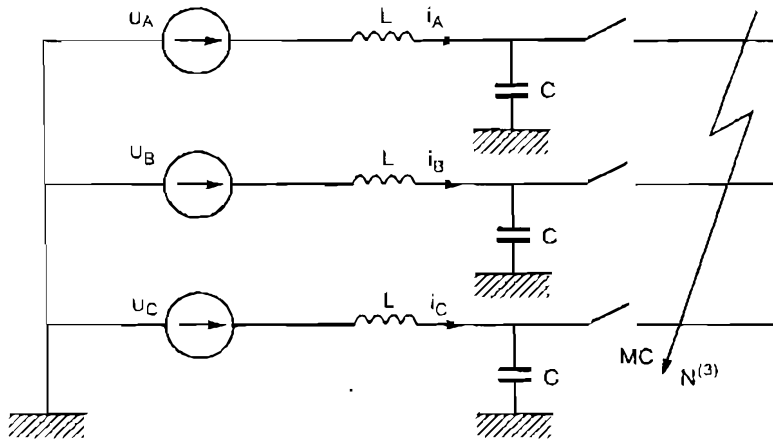
quang bị dập tắt. Mặt khác, phải làm sao cho hồ quang không cháy trở lại. Trước hết cần giả thiết một số điều kiện như sau:

– Trong quá trình cắt mạch thì điện áp của nguồn không thay đổi, tức là nguồn có công suất vô cùng lớn.

– Máy cắt điện là máy cắt lý tưởng, nghĩa là điện áp giáng trên cột hồ quang bằng không trong quá trình cắt mạch ( $U_{hq} = 0$ ); hồ quang bị dập tắt khi dòng điện biến thiên qua trị số không, khi hồ quang bị dập tắt thì điện trở khe hở hai đầu tiếp xúc tăng lên rất nhanh và bằng vô cùng.

– Tại thời điểm cắt mạch, tức hai đầu tiếp xúc mở ra thì dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ đã tắt hết.

– Điểm trung tính của nguồn được nối đất.



Hình 5.6. Cắt mạch điện ba pha khi ngắn mạch

Hồ quang trên các pha tắt không đồng đều nhau, vì vậy điện áp phục hồi trên các khe hở đầu tiếp xúc cũng khác nhau.

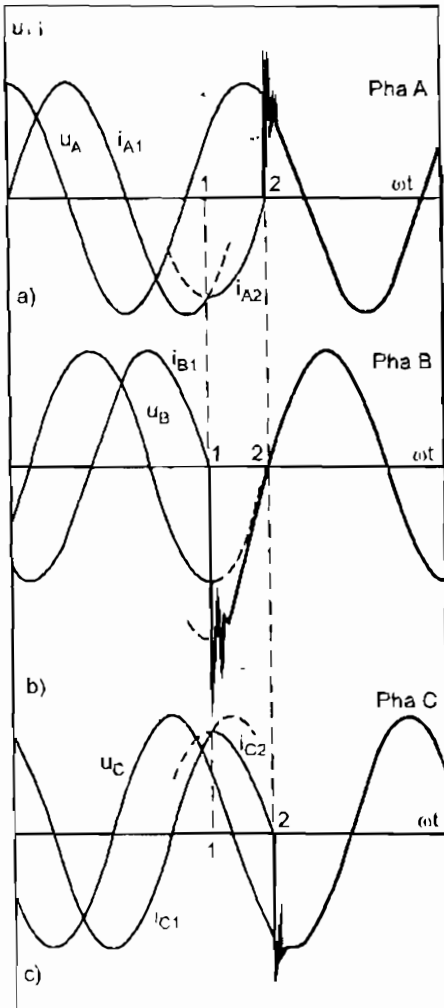
Trước khi các đầu tiếp xúc mở thì điện áp và dòng điện trên các pha là:

$$\left. \begin{aligned} u_A &= U_{pm} \cos(\omega t + \psi) \\ u_B &= U_{pm} \cos\left(\omega t + \psi - 2\frac{\pi}{3}\right) \\ u_C &= U_{pm} \cos\left(\omega t + \psi - 4\frac{\pi}{3}\right) \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

Dòng điện chạy trên các pha:

$$\left. \begin{aligned} i_{A1} &= I_{m1} \sin(\omega t + \psi) \\ i_{B1} &= I_{m1} \sin\left(\omega t + \psi - 2\frac{\pi}{3}\right) \\ i_{C1} &= I_{m1} \sin\left(\omega t + \psi - 4\frac{\pi}{3}\right) \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

Trong đó: 
$$I_{m1} = \frac{U_{\text{phn}}}{\omega L}$$



Hình 5.7. Dòng điện và điện áp trên đầu tiếp xúc của máy cắt điện trong quá trình cắt mạch điện ba pha

Để đơn giản, ta lấy góc pha ban đầu  $\psi = 0$ . Khi ngắn mạch ba pha tại điểm N<sup>(3)</sup> bảo vệ rơ le tác động cắt MCD, đầu tiếp xúc mở ra và hồ quang phát sinh giữa các đầu tiếp xúc. Giả sử đầu tiếp xúc mở ra khi góc pha bằng  $4\pi/3$ . Sau đó là  $\pi/3$  thì dòng điện trong pha B tiến tới không, nghĩa là sau khi ngắn mạch một góc  $\omega t = 5\pi/3$  thì  $i_{B1} \rightarrow 0$  và hồ quang pha B bị dập tắt (điểm 1 trên hình 5.7). Lúc này ngắn mạch ba pha trở thành ngắn mạch hai pha A và C, dòng điện ngắn mạch ba pha  $i_1$  trở thành dòng ngắn mạch hai pha  $i_2$ . Đây là quá trình biến đổi liên tục của dòng điện ngắn mạch mà không xuất hiện quá trình quá độ. Trị số tức thời của dòng điện trong pha A và C ứng với tình trạng trước và sau bằng nhau  $i_{A1} = i_{A2}$  và  $i_{C1} = i_{C2}$ . Sau 1/4 chu kỳ, tính từ khi hồ quang pha B tắt, thì dòng điện của pha A và C cũng qua trị số không (điểm 2), do đó hồ quang các chỗ cắt của pha A và C cũng bị dập tắt. Vì trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch hai pha bé hơn so với dòng ngắn mạch ba pha nên quá trình dập tắt hồ quang ở các pha này cũng dễ dàng hơn. Đồng thời điện áp phục hồi trên các chỗ cắt của pha A và C cũng nhỏ hơn so với điện áp phục hồi tại pha B.

Quá trình cắt mạch điện khi ngắn mạch ba pha thể hiện trên hình 5.7.

### 5.1.6. Các biện pháp dập tắt hồ quang trong máy cắt điện xoay chiều

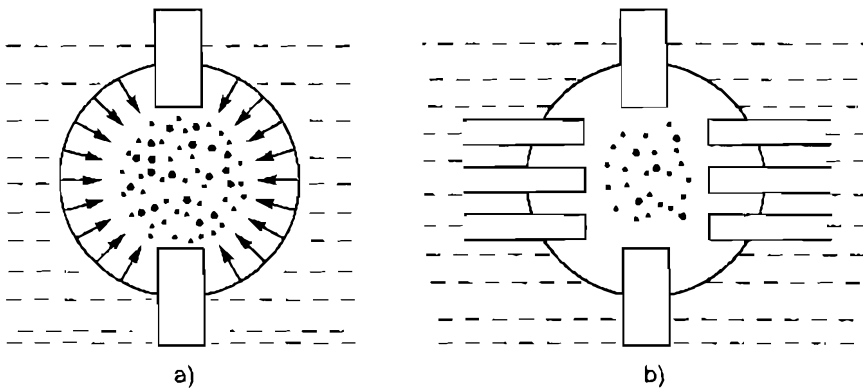
Có nhiều phương pháp khác nhau để dập tắt hồ quang trong MCD xoay chiều.

**a) Thổi khí vào buồng dập tắt hồ quang** với mục đích để tăng tốc độ khử ion.

Dùng không khí nén đi từ bình chứa khí qua ống tiết diện bé thổi dọc vào hồ quang. Nhiệt độ hồ quang cao, mật độ khí trong cột hồ quang nhỏ so với môi trường, vì vậy có hiện tượng khuếch tán các ion từ vùng nhiệt độ cao sang môi trường, ngược lại không khí nén thổi vào hồ quang. Kết quả khi dòng điện qua trị số không hiện tượng khử ion tăng lên, độ bền về điện tăng nên hồ quang khó cháy trở lại được.

**b) Dập tắt hồ quang trong máy cắt dầu**

Khi hai đầu tiếp xúc tách rời nhau, hồ quang phát sinh, nhiệt độ hồ quang cao, dầu bị phân tích thành hơi và khí, chủ yếu là khí hydro chiếm tới 70%. Lượng hơi và khí này rất lớn, chứa trong một bóng khí thể tích nhỏ, nên áp lực trong bóng khí cao.



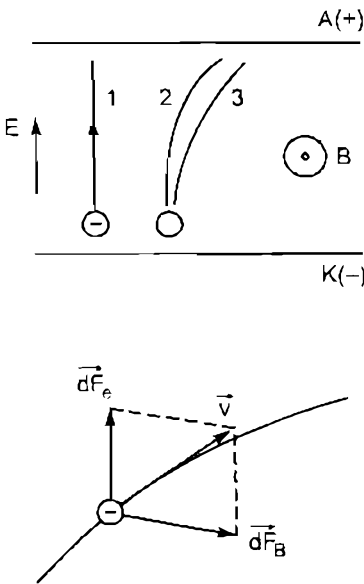
Hình 5.8. Dập tắt hồ quang trong máy cắt dầu

a) Hồ quang cháy tự do trong dầu; b) Hồ quang cháy trong buồng dập hồ quang.

**c) Dập tắt hồ quang trong máy cắt tự sinh khí**

Buồng dập tắt hồ quang làm bằng vật liệu cách điện như phíp, thủy tinh hữu cơ. Vật liệu này sẽ sinh khí do tác dụng nhiệt độ cao của hồ quang. Khí thổi vào hồ quang làm tăng khả năng khuếch tán, hiện tượng khử ion tăng và hồ quang được dập tắt dễ dàng khi dòng điện tiến tới trị số không.

**d) Dập tắt hồ quang trong từ trường**



Hình 5.9. Đường đi của các điện tử

Giữa hai điện cực có một điện trường, các điện tử sẽ chuyển động theo chiều của điện trường (đường 1). Nếu đặt vào một từ trường có từ cảm B thẳng góc với điện trường. Do đó điện tử sẽ chịu tác dụng của hai lực  $\vec{dF}_e$  do điện trường gây ra và  $\vec{dF}_B$  do từ trường gây ra (hình 5.9). Kết quả là điện tử chuyển động theo đường cong 2, 3. Dưới tác dụng của từ trường các chất khí sẽ di chuyển đi vào cột hồ quang. Khí có nhiệt độ cao đi từ hồ quang ra ngoài, ngược lại khí lạnh đi từ ngoài vào cột hồ quang. Hồ quang chuyển động cùng với khí. Hồ quang bị đẩy vào các khe hở hẹp làm bằng các vách ngăn, tức hồ quang bị kéo dài ra và dễ dàng dập tắt. Phương pháp này thường dùng cho thiết bị điện áp thấp.

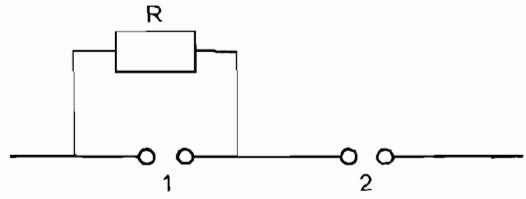
**e) Dập tắt hồ quang trong máy cắt chân không**

Khác với các biện pháp dập tắt hồ quang trong các máy cắt điện không khí, máy cắt dầu. Hồ quang khi phát sinh trong MCD chân không sẽ làm cho vật liệu làm tiếp điểm bốc hơi. Dòng hồ quang chạy trong hơi kim loại cho tới lúc bằng không. Hồ quang bị dập tắt, hơi kim loại mất tính dẫn điện, độ bền về điện được phục hồi nhanh chóng. Hơi kim loại ngưng tụ trên bề mặt tiếp điểm là chủ yếu, phần rất nhỏ ngưng tụ trên thành buồng dập hồ quang.

**g) Giảm tốc độ phục hồi điện áp trên các đầu tiếp xúc của máy cắt điện bằng điện trở tác dụng**

Quá trình phục hồi điện áp trên các đầu tiếp xúc là một quá trình dao động nên tốc độ phục hồi điện áp và trị số của nó rất lớn. Do đó có thể làm cho hồ quang cháy trở lại. Vì vậy, nếu ghép một điện trở song song với khe hở sẽ làm cho điện áp phục hồi nhỏ và nếu  $U_{ct} > U_{ph}$  thì hồ quang được dập tắt khi dòng điện tiến tới không.

Khi cắt mạch có hai giai đoạn như sau: Đầu tiên khi cắt mạch cả hai đầu tiếp xúc đều mở ra, hồ quang phát sinh, nhưng khe hở 1 hồ quang bị dập tắt trước vì điện áp phục hồi bé. Sau đó hồ quang khe hở 2 bị dập tắt dễ dàng hơn vì dòng điện giảm xuống do có điện trở R đã đưa vào mạch (hình 5.10).



Hình 5.10. Mắc điện trở song song với khe hở

## 5.2. MÁY CẮT ĐIỆN

### 5.2.1. Công dụng, phân loại và các tham số của máy cắt điện

Với điện áp cao  $U > 1000V$ , máy cắt điện có nhiệm vụ đóng, cắt dòng điện phụ tải khi làm việc bình thường cũng như khi sự cố ngắn mạch. Việc chế tạo MCD đòi hỏi các yêu cầu sau: MCD phải có đủ khả năng cắt, thời gian cắt ngắn, quá trình đóng cắt không gây nổ, cháy, kích thước trọng lượng bé, tiêu hao vật liệu ít, giá thành rẻ. Dựa vào biện pháp dập tắt hồ quang có thể phân chia thành các loại MCD:

- Máy cắt dầu.
- Máy cắt không khí.
- Máy cắt tự sinh khí.
- Máy cắt phụ tải.
- Máy cắt dùng khí SF<sub>6</sub>.
- Máy cắt chân không.

Các máy cắt điện có những tham số sau:

- Điện áp định mức của máy cắt  $U_{dm}$ .
- Dòng điện định mức của máy cắt  $I_{dm}$ .
- Dòng điện ổn định động định mức.
- Dòng điện ổn định nhiệt định mức  $U_{nhdm}$  và thời gian ổn định nhiệt định mức  $t_{nhdm}$ .
- Dòng điện cắt định mức  $I_{cđm}$ . Đó là dòng điện hiệu dụng toàn phần lớn nhất khi ngắn mạch ba pha mà máy cắt điện có thể cắt được với điện áp phục hồi giữa các pha bằng điện áp định mức mà không gây hư hỏng MCD. Dòng điện cắt này thường được xác định bằng phương pháp thực nghiệm.

– Dòng điện đóng định mức  $I_{d, dm}$ . Trong thực tế, có khi người ta đóng MCD lại gặp lúc mạch điện đang có sự cố ngắn mạch. Đặc trưng cho hiện tượng này gọi là dòng điện đóng định mức. Đó là dòng điện hiệu dụng toàn phần lớn nhất hay dòng điện xung kích khi ngắn mạch ba pha mà MCD có thể đóng được nhưng không gây hư hỏng MCD.

Đôi khi người ta còn sử dụng công suất cắt định mức của MCD, có thể tính gần đúng như sau:

$$S_{c, dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{c, dm}$$

Nhưng đây chỉ là một đại lượng có tính chất quy ước vì tại thời điểm cắt dòng ngắn mạch thì điện áp khác với giá trị định mức.

### 5.2.2. Các loại máy cắt điện

**1. Máy cắt điện dầu:** Máy cắt dầu chia làm hai loại là máy cắt điện nhiều dầu và MCD ít dầu. MCD nhiều dầu thì dầu làm hai nhiệm vụ là dập tắt hồ quang khi cắt mạch và đảm bảo khả năng cách điện giữa các phần tử mang điện với nhau và với đất. Vỏ MCD cần được nối đất để đảm bảo an toàn khi làm việc. Loại máy cắt này phải sử dụng rất nhiều dầu cách điện, kích thước cồng kềnh, khi cắt mạch có thể gây nổ, cháy.

MCD ít dầu thì dầu ở đây chỉ có một nhiệm vụ là dập tắt hồ quang khi cắt mạch. Vì lượng dầu ít nên cách điện giữa các phần mang điện với vỏ máy phải dùng sứ, bakêlít hay vật liệu cách điện khác.

**2. Máy cắt điện không khí:** Mỗi MCD không khí đều có bình nén khí dự trữ được cung cấp từ thiết bị nén khí chung. Khi đóng MCD thì van đóng được mở ra, không khí nén tác động lên mặt dưới của pittông, đẩy pittông đi lên, hai đầu tiếp xúc đóng lại. Khi cắt mạch thì van cắt được mở ra, không khí nén tác động lên mặt trên của pittông, đẩy pittông đi xuống và cắt mạch, hồ quang phát sinh được dập tắt bằng khí nén.

**3. Máy cắt tự sinh khí.** Khi cắt mạch hồ quang phát sinh, nhiệt độ hồ quang rất cao làm cho vật liệu cách điện sinh khí và chính khí này có nhiệm vụ dập tắt hồ quang. Loại MCD này không gây nổ, cháy nhưng công suất cắt bé.

**4. Máy cắt phụ tải.** Thực chất nó cũng là máy cắt tự sinh khí, nhưng chỉ cắt được dòng điện phụ tải mà không cắt được dòng điện ngắn mạch. Nếu muốn cắt được dòng ngắn mạch thì phải đặt cầu chì vào các pha.

**5. Máy cắt khí  $SF_6$ .** Đây là loại máy cắt được xem là hiện đại nhất hiện nay, vì vậy được nhiều nước trên thế giới sử dụng. Các máy cắt  $SF_6$

ngày càng được sử dụng nhiều trong hệ thống điện Việt Nam. Khí SF<sub>6</sub> (Sulfure Hexafluoride) là chất khí cách điện không mùi, không vị, không độc hại, không cháy, trở về mặt hóa học, có khả năng dập tắt hồ quang rất lớn so với không khí. Áp suất khí trong buồng dập hồ quang từ 3 đến 7 bar (1 bar = 0,98 kG/cm<sup>2</sup>). Với cấp điện áp trung, máy cắt SF<sub>6</sub> được chế tạo với điện áp từ 7,2 đến 36kV, dòng điện định mức đến 4000A, và dòng điện cắt 50kA hay lớn hơn. Tùy theo cách dập tắt hồ quang mà chia thành hai loại, đó là loại máy cắt tự thổi và máy cắt kiểu pittông.

– Máy cắt kiểu tự thổi: Có dòng điện định mức 630 ÷ 3150A, dòng điện cắt đến 50kA.

– Máy cắt kiểu pittông: Khả năng cắt lớn hơn so với máy cắt kiểu tự thổi. Khi cắt mạch, hồ quang phát sinh giữa hai đầu tiếp xúc tĩnh và di động. Do nhiệt độ hồ quang cao nên áp suất khí trong xylanh tăng lên. Khi áp suất đủ lớn, khí thoát ra thổi vào cột hồ quang, làm cho năng lượng hồ quang giảm xuống và hồ quang bị dập tắt khi dòng điện tiến tới không. Ở điện áp cao, người ta chế tạo máy cắt với điện áp từ 72,5 đến 700kV với dòng điện định mức từ 800 đến 3150A, dòng cắt từ 20 đến 50kA. Một số loại có thể chế tạo dòng cắt từ 63 đến 80kA. Buồng dập tắt hồ quang được chế tạo theo môđun, tiêu chuẩn hóa theo điện áp và dòng điện. Nghĩa là số buồng dập tắt hồ quang trên mỗi pha của MCD tăng theo điện áp và khả năng cắt của nó.

Hình vẽ dưới đây chỉ rõ sơ đồ cắt của một buồng dập hồ quang trong ba trạng thái làm việc, đó là khi đóng đầu tiếp xúc, khi cắt mạch xuất hiện hồ quang và khi máy cắt ở trạng thái cắt.

**6. Máy cắt chân không.** Chế tạo với điện áp từ 7,2 ÷ 36kV, dòng điện định mức 5000A, dòng cắt 63, 80kA. Các tiếp điểm đặt trong chân không có áp suất 10<sup>-7</sup> ÷ 10<sup>-11</sup> bar, độ mở hai đầu tiếp xúc 5 ÷ 25mm. Thời gian phục hồi độ bền nhanh từ 4 đến 6 μs.

### 5.2.3. Bộ truyền động của máy cắt điện

Nhiệm vụ của bộ truyền động là đóng, cắt MCD và duy trì máy cắt ở vị trí đóng. Người ta chế tạo bộ truyền động tùy theo yêu cầu của MCD. Công suất để truyền động đóng cắt MCD có thể tới hàng trăm kW nhưng thời gian làm việc ngắn. Bộ truyền động được chế tạo phải đơn giản, làm việc tin cậy, có thể truyền động bằng tay hay các động cơ điện. Thường chế tạo các loại bộ truyền động sau: bộ truyền động kiểu lò xo, có nhiệm vụ tích lũy năng lượng lò xo đóng, năng lượng lò xo cắt và dùng các năng lượng này để đóng hay cắt MCD.



Bộ truyền động kiểu khí nén: Dùng năng lượng của khí nén chứa trong bình nén khí để đóng, cắt máy cắt điện. Bộ truyền động kiểu này đơn giản, làm việc tin cậy, năng lượng điện tiêu tốn ít, chỉ dùng để mở van đóng hay van cắt.

Bộ truyền động kiểu thủy lực – Giống như bộ truyền động kiểu khí nén. Đó là hệ thống xylanh – pittông thủy lực.

Bộ truyền động kiểu lò xo – thủy lực. Đó là hệ thống kết hợp truyền động giữa lò xo và hệ thống thủy lực.

### 5.2.4. Điều kiện chọn máy cắt điện

Máy cắt điện được chọn theo các điều kiện sau đây:

1. Điện áp định mức của MCD phải bằng hoặc lớn hơn điện áp định mức của mạng điện:

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

2. Dòng điện làm việc định mức của máy cắt phải lớn hơn hay bằng dòng điện cường bức của mạch điện đặt máy cắt đó:

$$I_{dm} \geq I_{cb}$$

3. Dòng điện cắt định mức của máy cắt phải bằng hoặc lớn hơn dòng điện ngắn mạch ba pha:

$$I_{cắt\ dm} \geq I_N^{(3)}$$

4. Kiểm tra điều kiện ổn định động của MCD

Dòng điện ổn định động định mức của MCD phải bằng hoặc lớn hơn dòng điện xung kích của ngắn mạch ba pha:

$$i_{d.dm} \geq i_{xk}^{(3)}$$

5. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của MCD.

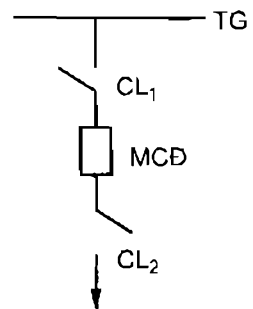
$$I_{nh\ dm}^2 t_{nh\ dm} \geq B_N$$

Đối với các MCD có dòng điện lớn hơn 1000A thì không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt.

## 5.3. DAO CÁCH LY

### 5.3.1. Nhiệm vụ của dao cách ly

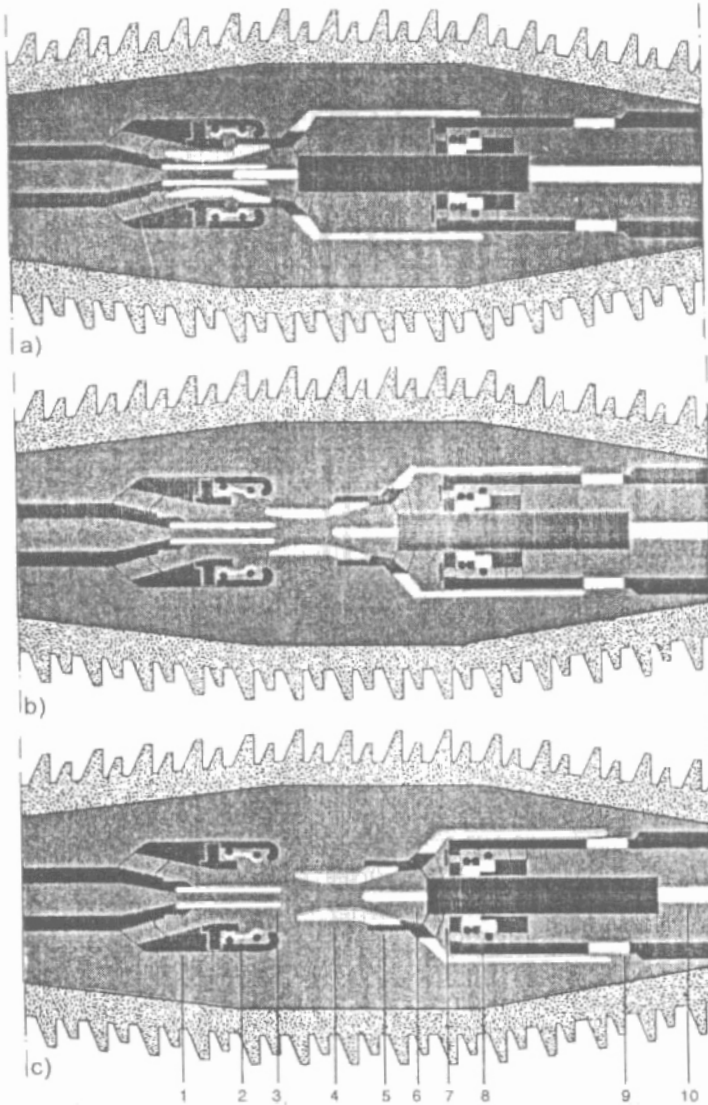
Dao cách ly thường bố trí đi kèm máy cắt điện và đặt về hai bên của MCD. Dao cách ly CL<sub>1</sub> nối với thanh góp TG nên còn gọi là dao cách ly thanh góp, CL<sub>2</sub> là dao cách ly đường dây (hình 5.11).



Hình 5.11. Dao cách ly và máy cắt điện

Trình tự cắt mạch như sau:

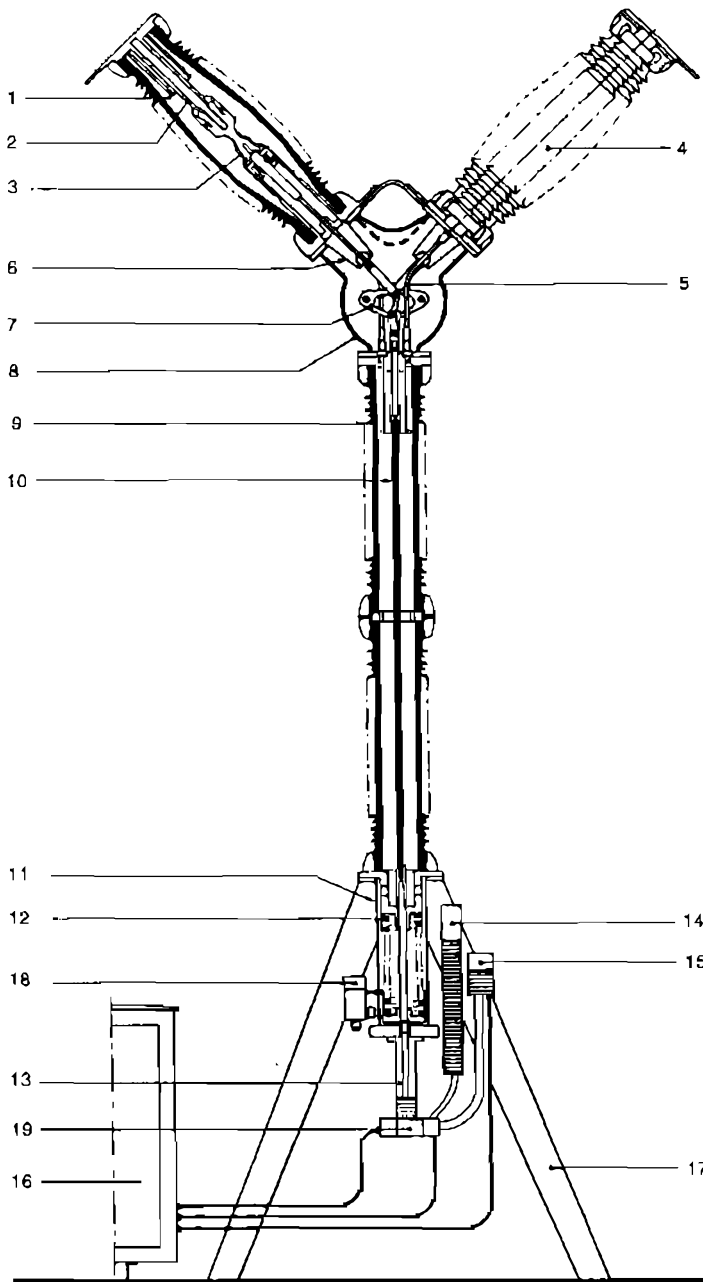
- Cắt máy cắt điện.
- Cắt dao cách ly  $CL_2$ .
- Cắt dao cách ly  $CL_1$ .



Hình 5.12. Sơ đồ cắt mạch một buồng dập hồ quang máy cắt  $SF_6$  loại FA từ  $72,5 \div 765kV$

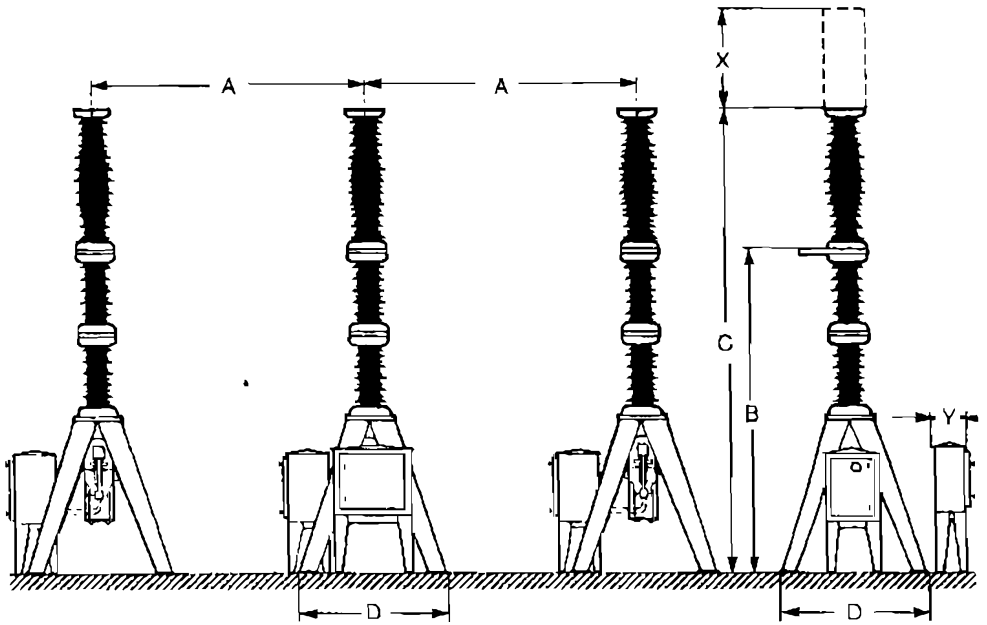
a) Máy cắt điện ở vị trí đóng; b) Thời gian dập hồ quang; c) Máy cắt điện ở vị trí cắt.

1- Đầu tiếp xúc cố định; 2- Cái kẹp đầu tiếp xúc cố định; 3- Đầu tiếp xúc hồ quang cố định; 4- Ống cách điện; 5- Đầu tiếp xúc di động; 6- Đầu tiếp xúc hồ quang di động; 7- Nắp van; 8- Cái kẹp đầu tiếp xúc di động; 9- Pittông cố định; 10- Cần điều khiển.



**Hình 5.13. Modul của hai buồng dập hồ quang máy cắt FA từ 72,5 ÷ 765kV**

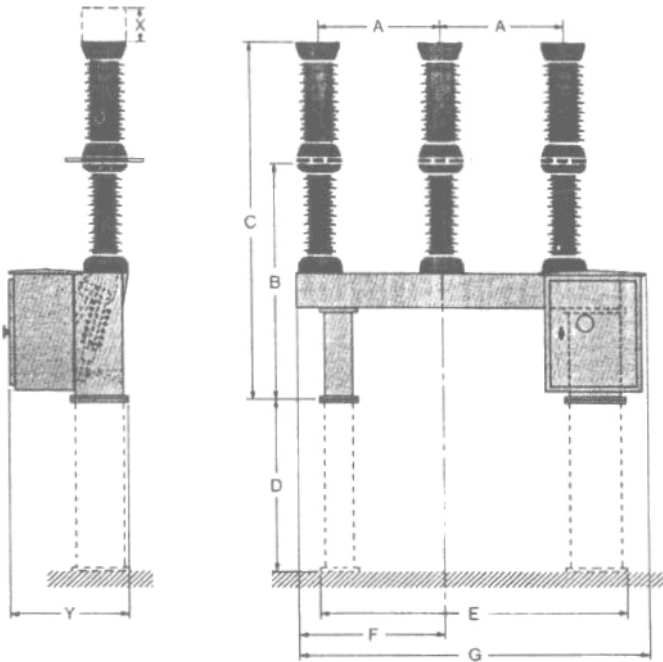
1- Buồng dập hồ quang; 2- Đầu tiếp xúc cố định; 3- Đầu tiếp xúc di động; 4- Tụ điện; 5- Khớp nối; 6- Cơ cấu dẫn hướng; 7- Cơ cấu biên; 8- Con bài; 9- Sứ đỡ cách điện; 10- Thanh truyền động; 11- Bình lò xo; 12- Lò xo; 13- Cái kích; 14- Bộ tích dầu áp suất cao; 15- Thùng dầu phụ trợ áp suất thấp; 16- Tủ điều khiển; 17- Khung; 18- Bộ đẳng áp; 19- Rơ le thủy lực.



Hình 5.14. Máy cắt GFA1 dùng khí SF<sub>6</sub> điện áp 245kV

Theo tiêu chuẩn UTE, CEI và ANSI

Điện áp định mức	245 kV
Sự duy trì điện môi:	
– Sóng xung kích	1050 kV
– Tần số công nghiệp 50 – 60HZ	460 kV
Dòng điện định mức	3150 A
Khả năng cắt	40 kA
Kích thước:	
A	4200mm
B	5170mm
C	7450mm
D	2050mm
X vùng tháo lắp	1350mm
Y	400mm
Trọng lượng một cực	1350kg
Hãng chế tạo MERLIN GERIN	Cộng hòa Pháp



Hình 5.15. Máy cắt điện PFA1 dùng khí SF<sub>6</sub> điện áp 72,5 ÷ 100kV  
Theo tiêu chuẩn UTE và CEI

Điện áp định mức (kV)	72,5	100
Sự duy trì điện môi (kV)		
– Sóng xung kích	325	450
– Với tần số công nghiệp 50–60 HZ	140	185
Dòng điện định mức (A) 800	x	
1250	x	x
1600	x	x
2000	x	x
Khả năng cắt (kA) 12,5	x	x
20	x	x
25	x	
Kích thước (mm) A	850	1100
B	1735	1965
C	2569	2999
D Tùy theo thiết bị		
E	2090	2590
F	1010	1260
G	2310	2810
X	390	565
Y không có quả đấm cửa	705	705
có quả đấm cửa	765	765
Trọng lượng (kg)	760	850

Khi đóng mạch điện phải thao tác ngược lại:

- Đóng  $CL_1$ .
- Đóng  $CL_2$ .
- Đóng máy cắt điện.

Vì dao cách ly không có buồng dập hồ quang nên nói chung không cắt được dòng điện. Như vậy dao cách ly chỉ được cắt sau khi MCD đã cắt, dao cách ly chỉ làm nhiệm vụ tạo ra một khoảng cách không khí nhất định để đảm bảo an toàn cho các nhân viên sửa chữa. Tuy nhiên, do kinh nghiệm thực tế vận hành cho phép dùng dao cách ly thao tác đóng, cắt trong một vài trường hợp cụ thể:

a) Đóng cắt dòng điện không tải của mạch đường dây:

- Dây trên không điện áp 35kV, chiều dài đường dây  $\leq 30$ km.
- Dây trên không điện áp 110kV, chiều dài đường dây  $\leq 20$ km.
- Dây trên không điện áp  $\leq 20$ kV, chiều dài không hạn chế.
- Đường dây cáp 10kV, chiều dài  $l \leq 10$ km.

b) Đóng cắt dòng điện không tải của máy biến áp:

- $U = 10$  kV, công suất 750kVA.
- $U = 20$  kV, công suất 3200 kVA.
- $U = 35$  kV, công suất 20.000 kVA.
- $U = 110$  kV, công suất 31.500 kVA.

c) Cắt được dòng điện phụ tải của máy biến điện áp vì công suất của máy biến điện áp rất bé.

d) Cắt được dòng điện không cân bằng đi qua trung tính của máy biến áp điện lực và cuộn dập hồ quang.

e) Dòng điện không cân bằng của đường dây được cung cấp từ hai phía với điều kiện điện áp đặt trên hai đầu tiếp xúc của dao cách ly sau khi cắt mạch không được vượt quá 2% so với điện áp định mức.

g) Cắt được dòng điện ngắn mạch một pha chạm đất trong mạng trung tính cách điện đối với đất, cụ thể là với điện áp  $U \leq 10$ kV thì dòng  $I_c \leq 10$ A và với điện áp  $U = 20 \div 30$ kV thì  $I_c \leq 5$ A.

### 5.3.2. Phân loại dao cách ly

Cấu tạo của dao cách ly nói chung phụ thuộc vào nhiều yếu tố như vị trí đặt (trong nhà hay ngoài trời), điện áp định mức, dòng điện định mức. Nếu phân loại dao cách ly theo vị trí đặt:

- Dao cách ly đặt trong nhà.
- Dao cách ly đặt ngoài trời.

Nếu phân theo số pha:

- Dao cách ly một pha.
- Dao cách ly ba pha.

Dao cách ly đặt trong nhà được chế tạo đơn giản hơn so với dao cách ly đặt ngoài trời. Dao cách ly ngoài trời thường có các loại sau:

a) Dao cách ly kiểu quay hai trụ hay còn gọi là dao cách ly quay trong mặt phẳng nằm ngang, được sử dụng nhiều ở điện áp 72,5 đến 420kV.

b) Dao cách ly hai trụ, lưỡi dao quay trong mặt phẳng đứng. Loại này thường dùng với điện áp cao từ 400kV trở lên. Khi đóng mở lưỡi dao quay một góc 90°. Các loại dao cách ly mà lưỡi dao quay trong mặt ngang hay đứng đều có thể lắp thêm dao nối đất vào một hay hai phía của dao cách ly.

### 5.3.3. Bộ truyền động dao cách ly

Với các dao cách ly một pha không chế tạo bộ truyền động mà dùng sào cách điện thao tác đóng cắt mạch điện từng pha. Người thao tác đứng trên giá cách điện. Thời gian thao tác đóng cắt lâu hơn. Đối với dao cách ly ba pha thì có chế tạo bộ truyền động. Do đó việc thao tác tiến hành sẽ nhanh và an toàn hơn. Vì vậy, nó được sử dụng rộng rãi hơn. Người ta thường chế tạo bộ truyền động bằng tay đơn giản và rẻ tiền hơn. Tuy nhiên khi cần thiết thì chế tạo bộ truyền động bằng điện hay không khí ép, giá thành sẽ đắt hơn. Có thể dùng các động cơ điều khiển điện áp một chiều, xoay chiều với điện áp từ 110 đến 380V và công suất từ 500 đến 1000W.

### 5.3.4. Điều kiện chọn dao cách ly

Dao cách ly được chọn theo các điều kiện sau:

1. Điện áp định mức của dao cách ly lớn hơn hay bằng điện áp mạng điện

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

2. Dòng điện định mức của dao cách ly lớn hơn hay bằng dòng điện cường bức của mạch đặt dao cách ly:

$$I_{dm} \geq I_{cb}$$

3. Kiểm tra điều kiện ổn định động của dao cách ly:

$$i_{d,dm} \geq i_{xk}^{(3)}$$

4. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của dao cách ly:

$$I_{nh\ dm}^2 t_{nh\ dm} \geq B_N$$

Với dao cách ly có dòng điện lớn hơn 1000A thì không cần phải kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt.

Như vậy, so với việc chọn máy cắt điện thì khi chọn dao cách ly không có điều kiện cắt dòng ngắn mạch, bởi vì dao cách ly không có buồng dập tắt hồ quang.

**Ví dụ:** Cho sơ đồ nhà máy điện như hình 5.16, xác định dòng điện cường bức để chọn dòng điện định mức của máy cắt điện trong các mạch sau đây của thiết bị phân phối 10kV.

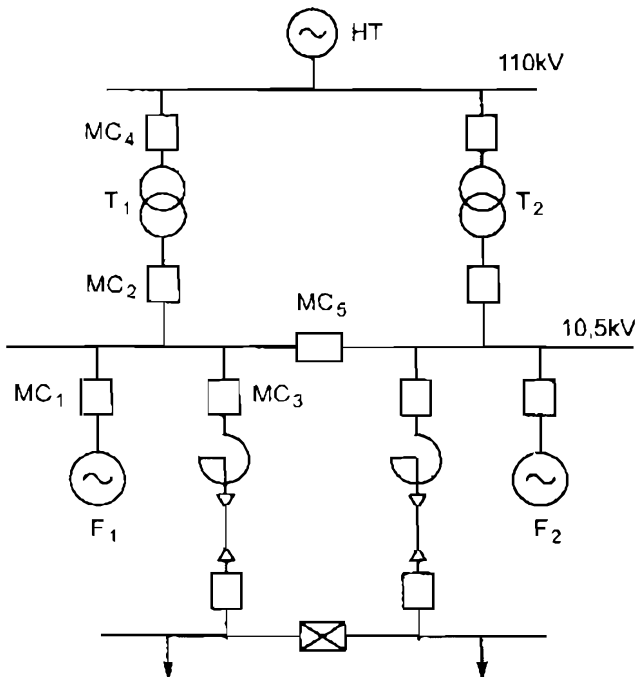
1. Mạch máy phát điện.
2. Mạch máy biến áp liên lạc.
3. Mạch đường dây 10kV cung cấp điện cho phụ tải địa phương.

Cho biết tham số của các phần tử như sau:

– Máy phát điện  $F_1, F_2$  giống nhau, công suất mỗi máy 30MW,  $\cos\varphi = 0,8$ , điện áp 10,5kV.

– Máy biến áp  $T_1, T_2$  giống nhau, công suất mỗi máy 25 MVA.

Nguồn cung cấp cho thiết bị phân phối là hai đường dây, tổng phụ tải là 6000kW,  $\cos\varphi = 0,92$ . Khi cắt một máy biến áp thì máy biến áp còn lại mang tải là 1,3 lần công suất định mức.



Hình 5.16



### Bài giải

1. Dòng điện cường bức của mạch máy phát điện được tính khi máy phát quá tải 5%, nghĩa là:

$$I_{cbT_1} = 1,05I_{dmF} = 1,05 \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = 1,05 \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 2,167 \text{ kA}.$$

2. Mạch máy biến áp liên lạc:

$$I_{cbT_1} = k_{qt} \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm}} = 1,3 \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1,789 \text{ kA}.$$

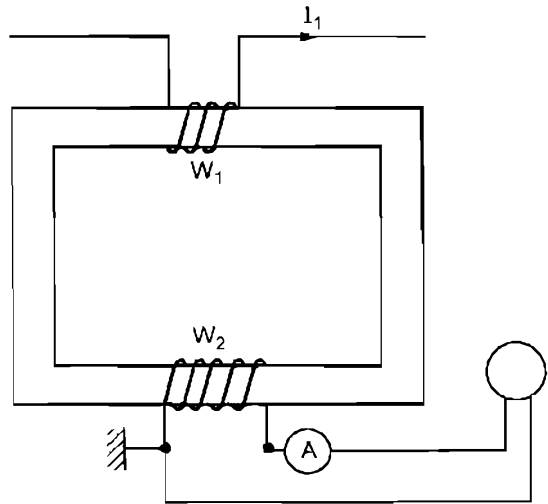
3. Mạch đường dây 10kV. Tính dòng điện cường bức khi đứt một trong hai dây:

$$U_{cbT_1} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}U_{dm} \cos \varphi} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,92} = 377 \text{ A}.$$

## 5.4. MÁY BIẾN DÒNG ĐIỆN

### 5.4.1. Nhiệm vụ và các tham số của máy biến dòng điện

Máy biến dòng điện có nhiệm vụ biến đổi dòng điện từ một trị số lớn xuống trị số thấp thích hợp với các dụng cụ đo lường. Thông thường thứ cấp của máy biến dòng điện là 5A. Trường hợp đặc biệt có thể biến xuống 1A hay 10A. Nếu khoảng cách từ máy biến dòng (MBD) đến các dụng cụ đo xa thì thứ cấp là 1A, còn MBD dùng cho các bộ truyền động của máy cắt điện thì thứ cấp là 10A. Việc biến dòng điện xuống 5A sẽ giúp chúng ta chế tạo tiêu chuẩn hóa các dụng cụ đo lường nối vào mạch thứ cấp của MBD.



Hình 5.17. Sơ đồ nguyên lý máy biến dòng điện

Về mặt cấu tạo của MBD cũng giống như máy biến áp điện lực, nghĩa là cũng có mạch từ, cuộn dây sơ cấp  $W_1$ , cuộn dây thứ cấp  $W_2$ .

Thứ cấp của MBD được nối đất để đảm bảo an toàn trong quá trình vận hành. Đặc điểm của MBD là tổng trở mạch ngoài bé nên nó luôn luôn làm việc trong tình trạng ngắn mạch. Vì vậy, khi không sử dụng MBD cân phải nối tắt hai đầu cuộn thứ cấp lại. Nếu để hở mạch thì dòng điện từ hóa  $I_0$  sẽ tăng lên bằng dòng điện sơ cấp, gây nên tổn thất công suất làm nóng lõi thép, cuộn dây, lưu hỏng cách điện. Mặt khác, sức điện động cảm ứng bên thứ cấp rất lớn có thể đạt tới hàng chục kV, gây nguy hiểm đối với nhân viên vận hành. Các tham số của MBD:

a) **Tỷ số biến đổi dòng điện định mức** là tỷ số giữa dòng điện sơ cấp định mức  $I_{1dm}$  và dòng điện thứ cấp định mức  $I_{2dm}$ :

$$k_{dm} = \frac{I_{1dm}}{I_{2dm}}$$

Nếu sơ cấp có dòng điện  $I_1$  chạy qua thì thứ cấp sẽ có dòng điện  $I_2$ , có thể tính gần đúng như sau:

$$I_1 \approx k_{dm} I_2$$

Tỷ số vòng dây quấn  $k_w$  là tỷ số giữa số vòng dây cuộn thứ cấp  $W_2$  với số vòng cuộn dây sơ cấp  $W_1$ .

$$k_w = \frac{W_2}{W_1}$$

Để giảm sai số của MBD cân chế tạo sao cho tỷ số biến đổi dòng điện định mức lớn hơn tỷ số vòng dây quấn một ít, nghĩa là  $k_{dm} > k_w$ .

**b) Sai số của máy biến dòng điện**

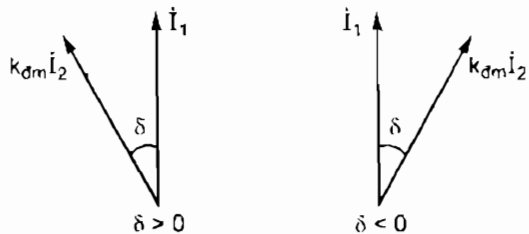
Trong quá trình làm việc do có tổn hao trong mạch từ nên dòng điện đo được bên thứ cấp  $k_{dm} I_2$  khác với dòng điện sơ cấp  $I_1$  cả về đại lượng và góc pha. Điều này gây nên sai số về dòng điện và sai số góc (hình 5.18). Sai số về dòng điện  $\Delta I$  được tính như sau:

$$\Delta I = \frac{k_{dm} I_2 - I_1}{I_1}$$

Nếu tính theo phần trăm ta có:

$$\Delta I\% = \frac{k_{dm} I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100$$

Góc lệch pha giữa vectơ dòng điện sơ cấp  $I_1$  và dòng điện thứ cấp  $I'_1 = k_{dm} I_2$  sẽ xác định sai số góc  $\delta_1$ . Sai số góc có thể dương hay âm tùy thuộc vào vị trí tương đối giữa các vectơ dòng điện.



Hình 5.18. Sai số góc của máy biến dòng điện

$\delta_1 > 0$  khi  $\dot{I}_1$  vượt trước  $I_1$

$\delta_1 < 0$  khi  $\dot{I}_2$  chậm sau  $I_1$

Sai số góc có thể tính bằng phút:

$$\delta_{ph} = 3440 \delta_{(rad)}$$

c) **Phụ tải của máy biến dòng điện** là tổng trở của các dụng cụ đo và dây dẫn nối vào thứ cấp của MBD.

$$Z_2 = \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}; \quad \varphi_2 = \text{artg} \frac{X_\Sigma}{R_\Sigma}$$

Trong đó:

$R_\Sigma$  là tổng điện trở của các dụng cụ đo và dây dẫn nối vào thứ cấp MBD.

$X_\Sigma$  là tổng điện kháng của các dụng cụ đo và dây dẫn nối vào thứ cấp MBD.

Phụ tải định mức của MBD là phụ tải lớn nhất có thể nối vào mạch thứ cấp của nó mà không làm cho sai số vượt quá sai số cho phép quy định. Phụ tải của MBD cũng có thể biểu diễn theo công suất biểu kiến:

$$S_2 = Z_2 I_{2dm}^2$$

d) **Cấp chính xác của máy biến dòng điện.** Đó là sai số lớn nhất về dòng điện khi nó làm việc trong điều kiện sau:

– Tần số dòng điện là định mức  $f = 50\text{Hz}$ .

– Phụ tải thứ cấp biến thiên từ 0,25 đến phụ tải định mức.

Có 6 cấp chính xác được chế tạo là cấp chính xác 0,1; 0,2; 0,5; 1; 3 và 10. Trong đó cấp chính xác 0,1 dùng cho các dụng cụ mẫu đòi hỏi mức độ chính xác cao. Cấp 0,2 và 0,5 dùng cho các đồng hồ đo đếm điện năng. Cấp chính xác 1; 3 dùng cho các bảng điện. Cấp chính xác 10 dùng cho các bộ truyền động đồng cắt máy cắt điện.

e) **Bội số ổn định động định mức.** Đó là tỷ số giữa dòng điện ổn định động định mức  $i_{ddm}$  và dòng điện định mức sơ cấp  $I_{1dm}$

$$k_{ddm} = \frac{i_{ddm}}{\sqrt{2} I_{1dm}}$$

g) **Bội số ổn định nhiệt định mức  $k_{nhdm}$ :** Đó là tỷ số của dòng điện ổn định nhiệt định mức  $I_{nhdm}$  ứng với thời gian ổn định nhiệt định mức là một giây và dòng điện định mức sơ cấp  $I_{1dm}$ :

$$k_{nhdm} = \frac{I_{nhdm}}{I_{1dm}}$$

### 5.4.2. Xác định sai số của máy biến dòng điện theo đồ thị vectơ

Sơ đồ thay thế của MBD được thể hiện trên hình 5.19. Trong đó tổng trở cuộn dây thứ cấp là  $Z_2 = r_2 + jx_2$ , tổng trở của phụ tải  $Z = r + jx$ . Các thông số này phải quy đổi về phía sơ cấp:

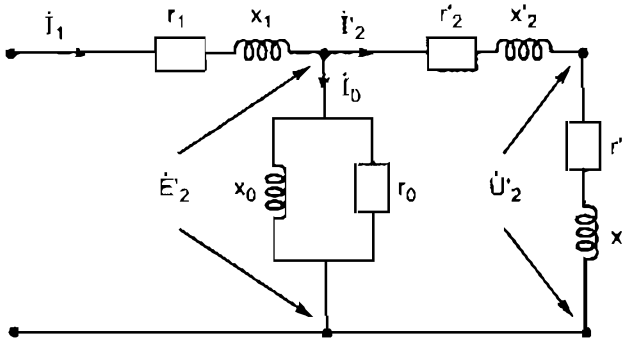
$$Z'_2 = Z_2 \cdot \frac{1}{k_w^2} = r'_2 + jx'_2.$$

$$Z' = Z \cdot \frac{1}{k_w^2} = r' + jx'.$$

Dòng điện thứ cấp quy đổi về phía sơ cấp:

$$I'_2 = I_2 k_w$$

Tương tự:  $U'_2 = U_2 \frac{1}{k_w}$ .



Hình 5.19. Sơ đồ thay thế của máy biến dòng điện

Cách vẽ đồ thị vectơ như sau (hình 5.20):

Xuất phát từ vectơ dòng điện thứ cấp  $I'_2$  xác định điện áp giáng mạch ngoài cuộn thứ cấp (tam giác OMN) do dòng điện  $I'_2$  gây ra:

$$\dot{I}'_2 Z' = \dot{I}'_2 r' + j \dot{I}'_2 x'$$

Xác định điện áp giáng trên cuộn thứ cấp do dòng điện  $I'_2$  gây ra (tam giác NPQ):

$$\dot{I}'_2 Z'_2 = \dot{I}'_2 r'_2 + j \dot{I}'_2 x'_2$$

Vectơ  $\overline{OQ}$  chính là sức điện động thứ cấp. Vẽ vectơ từ thông  $\dot{\phi}$  chậm sau  $\dot{E}'_2$  một góc  $90^\circ$ . Vectơ dòng điện từ hóa  $\dot{I}_0$  vượt trước  $\dot{\phi}$  một góc  $\psi$ .

Vẽ vectơ dòng điện sơ cấp  $\dot{I}_1 = \dot{I}'_2 + \dot{I}_0$ .

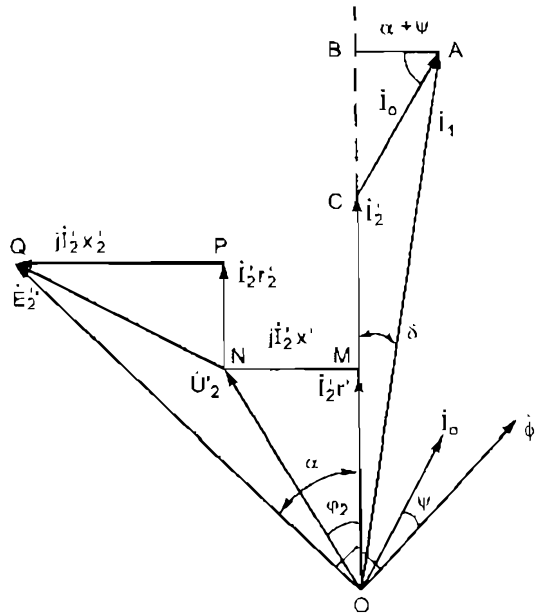
Khi  $k_{dm} = k_w$  ta có sai số của máy biến dòng điện là:

$$\begin{aligned} \Delta I &= \frac{k_{dm} I_2 - I_1}{I_1} = \frac{k_w I_2 - I_1}{I_1} \\ &= \frac{I_2' - I_1}{I_1} \\ &= \frac{OC - OA}{OA} \approx \frac{CB}{OA} \\ &= \frac{I_0}{I_1} \sin(\alpha + \psi). \end{aligned}$$

Vì góc rất bé nên có thể viết sai số góc của máy biến dòng điện như sau:

$$\begin{aligned} \delta &= \sin \delta = \frac{AB}{OA} \\ &= \frac{I_0}{I_1} \cos(\alpha + \psi) \end{aligned}$$

Như vậy sai số của máy biến dòng điện phụ thuộc vào dòng điện từ hóa, dòng điện sơ cấp, phụ tải thứ cấp và góc  $\alpha$ .



Hình 5.20. Đồ thị vectơ của máy biến dòng điện

### 5.4.3. Biện pháp giảm sai số của máy biến dòng

Để giảm sai số của máy biến dòng, có thể thực hiện các biện pháp sau:

- Giảm tỷ số vòng dây quấn  $k_w$ . Từ đồ thị vectơ thấy rằng, nếu cho  $k_{dm} = k_w$  thì sai số luôn luôn âm bởi vì  $k_w I_2$  nhỏ hơn  $I_1$ . Vì vậy, trong chế tạo cần chú ý sao cho  $k_{dm}$  lớn hơn  $k_w$  một chút, nói cách khác phải giảm số vòng dây của cuộn thứ cấp.

- Tăng số vòng dây cuộn sơ cấp. Thường cuộn dây sơ cấp chỉ có một vòng, nhưng nếu không đủ độ chính xác cần thiết thì tăng số vòng dây cuộn sơ cấp lên, đồng thời cũng phải tăng số vòng dây cuộn thứ cấp.

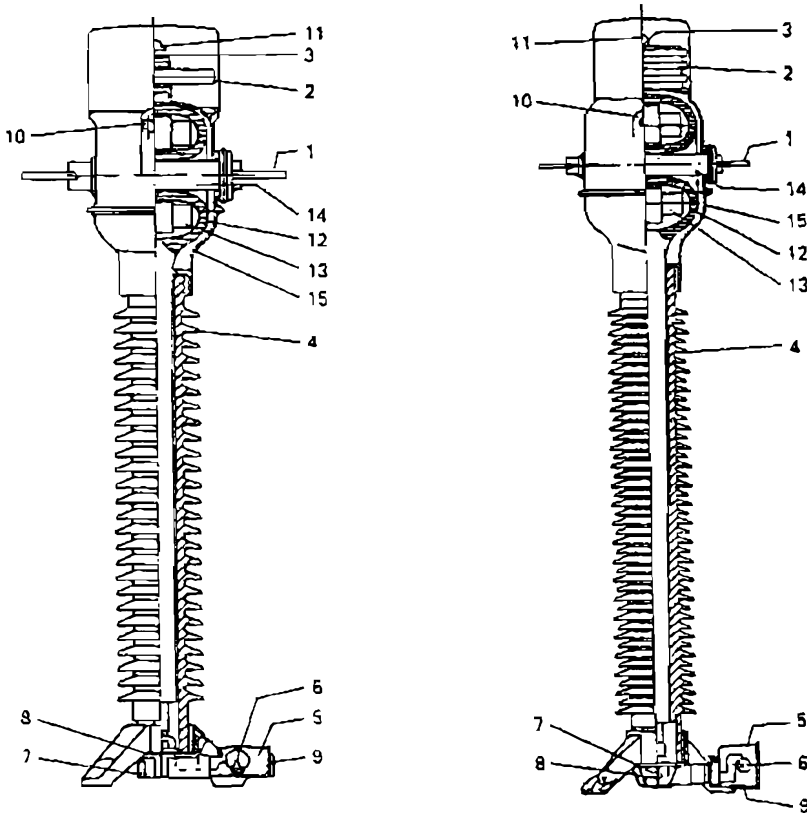
- Tăng tiết diện mạch từ: Tăng tiết diện mạch từ hay giảm chiều dài mạch từ đều dẫn đến giảm sai số của MBD. Việc tăng tiết diện mạch từ sẽ làm cho MBD trở nên cồng kềnh không kinh tế, vì vậy chỉ được tăng đến một giới hạn nào đó. Còn để giảm chiều dài mạch từ thì chế tạo lõi thép hình xuyên.

- Dùng thép kỹ thuật điện tốt. Đây là biện pháp hữu hiệu nhất để giảm sai số của MBD.

#### 5.4.4. Cấu tạo và phân loại máy biến dòng điện

Có nhiều cách để phân loại MBD.

- Phân theo số vòng dây quấn: Máy biến dòng loại 1 vòng và máy biến dòng loại nhiều vòng.
- Phân theo cách điện: Có MBD cách điện bằng sứ, bằng dầu hay bằng nhựa.
- Phân theo vị trí đặt: Có MBD đặt trong nhà và MBD đặt ngoài trời.



Hình 5.21. MáY biếN dòng điệN từ 72,5 đẾN 525kV

- 1- Nối mạch sơ cấp; 2- Ống giấN nứ; 3- NúT làm đầY dầU; 4- Sứ cách điệN;
- 5- HỘP đầU dầY thứ cấP; 6- ĐầU dầY nhứ cấP; 7- Ván thầO dầU; 8- Chỗ tiếP đấT;
- 9- TấM biếN; 10- VòNG nắNG; 11- CÁI chỉ vỊ trÍ ống giấN nứ; 12- Cách điệN cao áP;
- 13- CuỘN dầY thứ cấP và mạch tứ; 14- Thanh dẫN sơ cấP; 15- VỎ bỘC bằNG nhÔM.

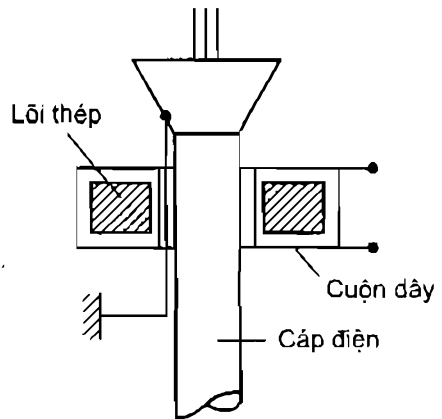
**a) MáY biếN dòng điệN cho thiếT bị đặT trong nhà.** Sơ cấP là thanh dẫN hìNH chỮ nhậT, hìNH trÒN hay hìNH ống; cách điệN bằNG sứ hay ẽPốxy. MỖI cuỘN thứ cấP có lổI thếp riềNG, vì vậy dòng điệN chạY trong cuỘN dầY thứ cấP này không ảnh hưởNG đẾN dòng điệN chạY trong cuỘN thứ cấP khác, nghĩa là các dòng điệN thứ cấP làm việC đỘC lậP nhậU.

b) *Máy biến dòng dùng cho thiết bị ngoài trời.* Cách điện ở đây là dầu máy biến áp, vỏ sứ. Cấu tạo của máy biến dòng điện được mô tả ở hình 5.11.

Đối với các máy biến dòng có điện áp siêu cao người ta chế tạo máy biến dòng kiểu phân cấp mục đích là để giảm cách điện các cuộn dây khi chế tạo.

c) *Máy biến dòng lắp sẵn trong các khí cụ điện.* Đối với máy cắt điện nhiều dầu  $U \geq 35kV$  và máy biến áp nhà chế tạo lắp đặt sẵn các MBD trên các đầu ra của chúng. Sơ cấp là thanh dẫn. Mỗi sứ xuyên có thể đặt một, hai MBD.

d) *Máy biến dòng điện thứ tự không kiểu cáp.* Sơ cấp (h. 5.22) là cáp ba pha xuyên qua lõi thép thường có dạng hình xuyên. Trong điều kiện làm việc bình thường phụ tải ba pha đối xứng nên từ thông tổng trong lõi thép bằng không. Khi có sự cố ngắn mạch không đối xứng thì ba pha mất đối xứng nên xuất hiện từ thông thứ tự không chạy trong lõi thép. Kết quả là cuộn dây thứ cấp xuất hiện dòng điện cảm ứng đi vào rơle. Chú ý rằng dây nối đất phải luôn qua lõi thép của MBD.



Hình 5.22. Máy biến dòng điện thứ tự không kiểu cáp

#### 5.4.5. Chọn máy biến dòng điện

Máy biến dòng điện được chọn theo các điều kiện sau:

1. Vị trí đặt: Chọn MBD đặt trong nhà hay ngoài trời.
2. Điện áp định mức của MBD phải bằng hay lớn hơn điện áp của mạng điện:

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

3. Dòng điện định mức của MBD lớn hơn hay bằng dòng điện cường bức đi qua:

$$I_{1dm} \geq I_{cb}$$

4. Cấp chính xác chọn phù hợp theo yêu cầu.
5. Kiểm tra phụ tải thứ cấp của MBD:

$$Z_{2dm} \geq Z_2 = Z_{ud} + Z_{dc}$$

Trong đó:

$Z_{2dm}$  – tổng trở định mức của MBD.

$Z_{ud}$  – Tổng trở của đường dây nối từ thứ cấp MBD đến các dụng cụ đo.

$Z_{dc}$  – Tổng trở các dụng cụ đo nối vào thứ cấp MBD.

Để chọn dây dẫn mạch thứ cấp MBD ta xét điều kiện giới hạn và bỏ qua điện kháng, nghĩa là coi  $Z_{dd} \approx R_{dd}$ . Do đó:

$$R_{dd} = Z_{2dm} - Z_{dc}$$

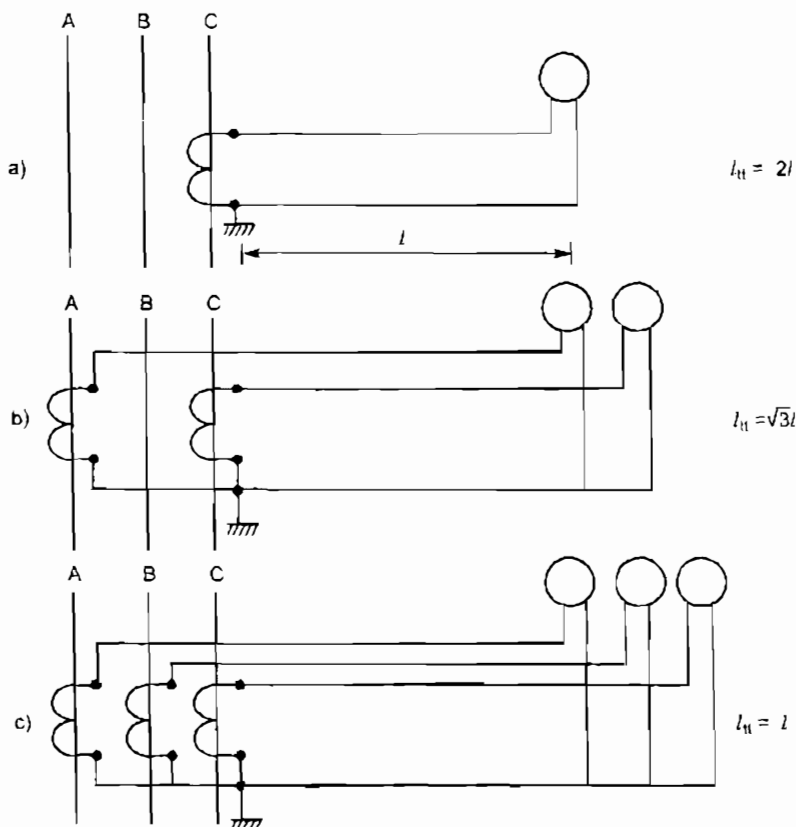
$$\rho \frac{l_{tt}}{S} = Z_{2dm} - Z_{dc} \rightarrow \text{tiết diện dây dẫn là:}$$

$$S = \rho \frac{l_{tt}}{Z_{2dm} - Z_{dc}} \text{ (mm}^2\text{)}$$

Với:  $\rho$  là điện trở suất của vật liệu dây dẫn ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ).

$l_{tt}$  – chiều dài tính toán (m).

Chiều dài tính toán được xác định phụ thuộc vào sơ đồ nối dây cụ thể của MBD: máy biến dòng đặt trên một pha, hai pha hay ba pha. Tiết diện dây chọn phải đảm bảo độ bền cơ và không nhỏ hơn  $1,5\text{mm}^2$  đối với dây đồng;  $2,5\text{mm}^2$  đối với dây nhôm.



**Hình 5.23. Sơ đồ nối máy biến dòng đến các dụng cụ đo**

- a) Sơ đồ đặt một MBD trên một pha; b) Sơ đồ đặt hai MBD nối hình sao khuyết;  
c) Sơ đồ đặt ba MBD nối hình sao hoàn toàn.



6. Kiểm tra điều kiện ổn định động của máy biến dòng:

$$\sqrt{2}I_{ldm}k_{dđm} \geq i_{ck}$$

Đối với MBD kiểu xuyên cần kiểm tra lực tác dụng lên đầu sứ:

$$F_{cp} \geq F_{tt}$$

$F_{cp}$  - lực cho phép tác dụng lên đầu sứ.

$F_{tt}$  - lực tính toán đặt vào đầu sứ.

$$F_{tt} = \frac{1}{2} \cdot 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{\ell}{a} [i_{xk}^{(3)}]^2 \text{ kG}$$

7. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt:

$$(I_{ldm}k_{nhđm})^2 \geq B_N$$

Với MBD có dòng điện định mức lớn hơn 1000A thì không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt.

**Ví dụ:** Kiểm tra ổn định nhiệt của máy biến dòng điện đặt trong mạch có dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ là  $I_{No} = 60\text{kA}$ ,  $I_{No,2} = 50\text{kA}$ ,  $I_{No,6} = 40\text{kA}$ . Hằng số thời gian tắt dần của dòng điện ngắn mạch thành phần không chu kỳ  $T_a = 0,07\text{s}$ , thời gian cắt dòng điện ngắn mạch là  $0,6\text{s}$ . Máy biến dòng điện  $U_{đm} = 6\text{kV}$ ,  $I_{đm} = 1000\text{A}$ , bội số ổn định nhiệt là  $k_{nhđm} = 80$  và thời gian ổn định nhiệt định mức là một giây.

### Bài giải

Để tính được xung lượng nhiệt dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ, ta tính giá trị trung bình bình phương trong các khoảng thời gian.

t(s)	0		0,2		0,6
$I_{ckl}$ (kA)	60		50		40
$I_{ckl}^2$ (kA <sup>2</sup> )	3600		2500		1600
$I_{tbn}^2$ (kA <sup>2</sup> )		3050		2050	
$\Delta t$ (s)		0,2		0,4	

Xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ

$$B_{NCK} = \sum_{i=1}^n I_{tbn}^2 \Delta t_i = 3050 \times 0,2 + 2050 \times 0,4 = 1530 \text{ kA}^2\text{s}$$

Xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần không chu kỳ:

$$B_{NKCK} = I_{CKO}^2 T_a (1 - e^{-2t/T_a}) = 60^2 \cdot 0,07 (1 - e^{-2 \cdot 0,6/0,07}) = 252 \text{ kA}^2\text{s}$$

Xung lượng nhiệt toàn phần:

$$B_N = B_{NCK} + B_{NKCK} = 1530 + 252 = 1782 \text{ kA}^2\text{s}.$$

Điều kiện ổn định nhiệt của máy biến dòng điện:

$$[k_{nhdm} I_{ldm}]^2 t_{nhdm} \geq B_N.$$

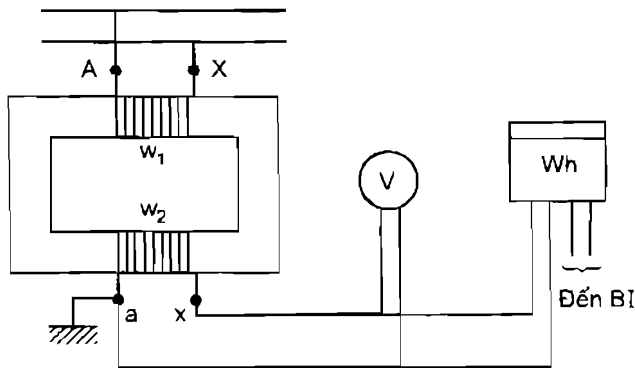
$$(80 \times 1)^2 \cdot 1 = 6400 > 1782 \text{ kA}^2\text{s}.$$

Như vậy máy biến dòng đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt.

## 5.5. MÁY BIẾN ĐIỆN ÁP

### 5.5.1. Nhiệm vụ và tham số của máy biến điện áp

Cũng giống như máy biến dòng điện, máy biến điện áp có nhiệm vụ biến đổi điện áp từ một trị số cao xuống trị số thấp phù hợp với các dụng cụ đo lường, bảo vệ rơ le và tự động hóa. Với máy biến điện áp (MBĐA) ba pha thì điện áp cuộn thứ cấp  $U_{2dm} = 100\text{V}$ ; đối với MBĐA một pha  $U_{2dm} = 100/\sqrt{3} \text{ V}$ ; Đối với cuộn dây thứ cấp phụ  $U_{2dm} = 100/3\text{V}$ . Như vậy ta có thể tiêu chuẩn hóa việc chế tạo các đồng hồ đo. Các đồng hồ đo được nối song song với cuộn dây thứ cấp. Máy biến điện áp cũng có cuộn dây sơ cấp  $W_1$ , cuộn dây thứ cấp  $W_2$  và lõi thép. Thứ cấp của MBĐA được nối đất để đảm bảo an toàn cho người vận hành. Máy biến điện áp luôn làm việc trong tình trạng không tải vì tổng trở mạch ngoài lớn.



Hình 5.24. Cấu tạo của máy biến điện áp

Các tham số của MBĐA:

a) Tỷ số biến đổi điện áp định mức là tỷ số giữa điện áp sơ cấp định mức  $U_{1dm}$  và điện áp thứ cấp định mức  $U_{2dm}$ :

$$k_{dm} = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}}$$

Nếu điện áp đặt vào cuộn dây sơ cấp là  $U_1$ , điện áp đặt vào cuộn thứ cấp là  $U_2$  thì có thể tính gần đúng như sau:

$$U_1 \approx k_{dm} U_2.$$

Tỷ số vòng dây quấn là tỷ số giữa số vòng dây cuộn sơ cấp và số vòng dây cuộn thứ cấp:

$$k_w = \frac{W_1}{W_2}.$$

Để giảm sai số của MBĐA người ta chế tạo sao cho  $k_{dm}$  lớn hơn  $k_w$  một ít, nghĩa là  $k_{dm} > k_w$ .

**b) Sai số của máy biến điện áp.** Do có tổn thất trong mạch từ của MBĐA nên đại lượng đo được bên thứ cấp  $k_{dm} U_2$  khác với điện áp sơ cấp  $U_1$  cả về đại lượng và góc pha. Do đó có sai số về điện áp  $\Delta U$  và sai số góc  $\delta_u$  (hình 5.25).

Sai số về điện áp:

$$\Delta U = \frac{k_{dm} U_2 - U_1}{U_1}$$

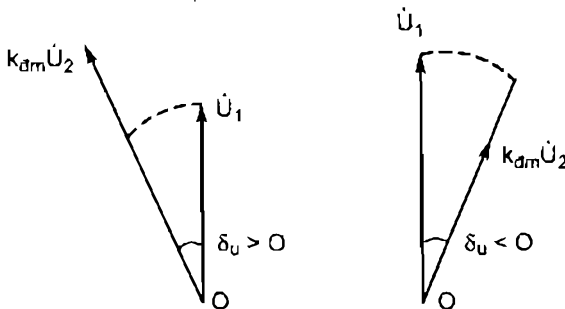
Nếu tính theo phần trăm:

$$\Delta U \% = \frac{k_{dm} U_2 - U_1}{U_1} 100$$

Sai số góc  $\delta_u$  đó là góc lệch pha giữa vectơ  $\dot{U}_1$  và  $k_{dm} \dot{U}_2$ . Nếu vectơ  $k_{dm} \dot{U}_2$  vượt trước vectơ  $\dot{U}_1$  thì sai số góc dương, ngược lại có sai số góc âm.

Sai số của MBĐA có thể tính theo phút

$$\delta_u(\text{phút}) = 3440 \delta_u(\text{rad})$$



Hình 5.25. Sai số của máy biến điện áp

**c) Phụ tải của máy biến điện áp**

Phụ tải của MBĐA chính là công suất biểu kiến của mạch thứ cấp với điều kiện điện áp thứ cấp là định mức:

$$S_2 = U_{2dm}^2 / Z$$

Trong đó:  $Z$  là tổng trở mạch ngoài:  $Z = \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}$ ;  $\cos\varphi = R_\Sigma / Z$ .

Khi cho  $S$  thì phải cho  $\cos\varphi$  vì  $R = Z\cos\varphi$  và  $X = Z\sin\varphi$ .

$R_\Sigma$  và  $X_\Sigma$  là tổng điện trở, điện kháng của mạch ngoài.

Cũng có thể tính công suất  $S_2$  như sau:

$$S_2 = \sqrt{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}.$$

Trong đó,  $P_\Sigma$  và  $Q_\Sigma$  là tổng công suất tác dụng và phản kháng của các dụng cụ đo nối vào thứ cấp của MBĐA.

– Công suất định mức của MBĐA là phụ tải lớn nhất có thể nối vào phía thứ cấp của máy biến điện áp mà không làm cho sai số của nó vượt quá sai số cho phép quy định. Chú ý rằng, việc mắc bao nhiêu dụng cụ đo vào thứ cấp của MBĐA là phải được tính toán cụ thể, nếu không sẽ làm cho sai số của nó tăng lên vì các dụng cụ đo được mắc song song, tổng trở giảm và phụ tải tăng lên.

**d) Cấp chính xác của máy biến điện áp.** Đó là sai số lớn nhất về điện áp khi nó làm việc trong các điều kiện sau:

- Tần số điện áp là định mức  $f = 50\text{Hz}$ .
- Điện áp sơ cấp thay đổi trong giới hạn từ 0,9 đến 1,1 điện áp sơ cấp định mức.
- Phụ tải thứ cấp thay đổi từ 0,25 đến phụ tải định mức.
- Hệ số công suất  $\cos\varphi$  của phụ tải bằng 0,8.

Máy biến điện áp được chế tạo với năm cấp chính xác: Cấp chính xác 0,1 dùng cho các dụng cụ mẫu trong phòng thí nghiệm; cấp chính xác 0,2 và 0,5 dùng cho các dụng cụ đo đếm điện năng; cấp chính xác 1 và 3 dùng cho các tủ điện.

Với một MBĐA thì có một cấp chính xác và một công suất nhất định. Tuy nhiên cũng có khi chế tạo một MBĐA nhưng có nhiều cấp chính xác và tương ứng với nó có nhiều công suất định mức khác nhau.

Ví dụ: Máy biến điện áp HOM có ba cấp chính xác khác nhau:

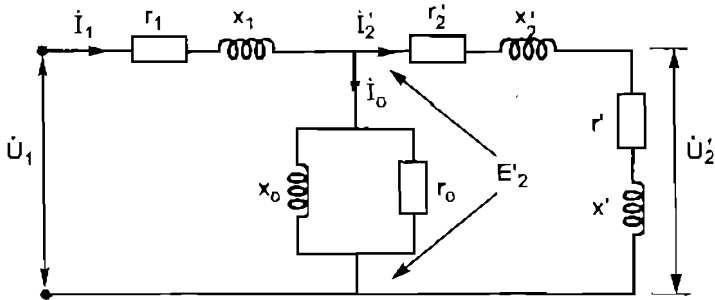
- $S_{2dm} = 50\text{VA}$  có cấp chính xác 0,5.
- = 80VA có cấp chính xác 1.
- = 200VA có cấp chính xác 3.

### 5.5.2. Xác định sai số của máy biến điện áp bằng đồ thị vectơ

Giả thiết xét máy biến điện áp một pha. Tổng trở cuộn dây sơ cấp  $Z_1 = r_1 + jx_1$ , tổng trở cuộn dây thứ cấp  $Z'_2 = r'_2 + jx'_2$ . Dòng điện thứ cấp quy đổi về phía sơ cấp:

$$\dot{I}'_2 = \dot{I}_{2a} - j\dot{I}'_{2r}$$

và 
$$\dot{I}_0 = \dot{I}_{0a} - j\dot{I}_{0r}$$



Hình 5.26. Sơ đồ thay thế máy biến điện áp

Các công thức quy đổi:

$$\dot{U}'_2 = k_w \dot{U}_2$$

$$Z'_2 = k_w^2 Z_2$$

$$\dot{I}'_2 = \dot{I}_2 / k_w$$

Trong đó:

$I_{2a}, I_{2r}$  – Thành phần tác dụng và phản kháng của dòng điện phụ tải.

$I_{0a}, I_{0r}$  – Thành phần tác dụng và phản kháng của dòng điện  $I_0$ .

Cách vẽ đồ thị vectơ như sau: Trước tiên xuất phát từ vectơ điện áp thứ cấp  $\dot{U}'_2 = k_{dm} \dot{U}_2$  theo phương thẳng đứng. Vectơ từ thông  $\phi$  vuông góc với  $\dot{U}'_2$ . Vẽ vectơ  $\dot{I}_0$  vượt trước  $\phi$  một góc  $\psi$ . Vectơ  $\dot{I}'_2$  lệch pha với vectơ  $\dot{U}'_2$  một góc  $\varphi_2$ . Xác định tam giác điện áp giáng ABC trên cuộn dây sơ cấp  $Z_1$  do dòng điện  $\dot{I}_0$  gây ra.

$$\dot{I}_0 Z_1 = \dot{I}_0 r_1 + j\dot{I}_0 x_1.$$

Điểm C là đỉnh của vectơ  $\dot{U}_1$  khi MBĐA không tải ( $\dot{I}'_2 = 0$ ). Xác định tam giác điện áp giáng CDE trên cuộn dây sơ cấp và thứ cấp do dòng điện  $\dot{I}'_2$  gây ra:

$$\dot{I}'_2 (Z_1 + Z'_2) = \dot{I}'_2 (r_1 + r'_2) + j\dot{I}'_2 (x_1 + x'_2)$$

Như vậy vectơ  $\overline{OE}$  chính là vectơ điện áp sơ cấp  $\dot{U}_1$ .

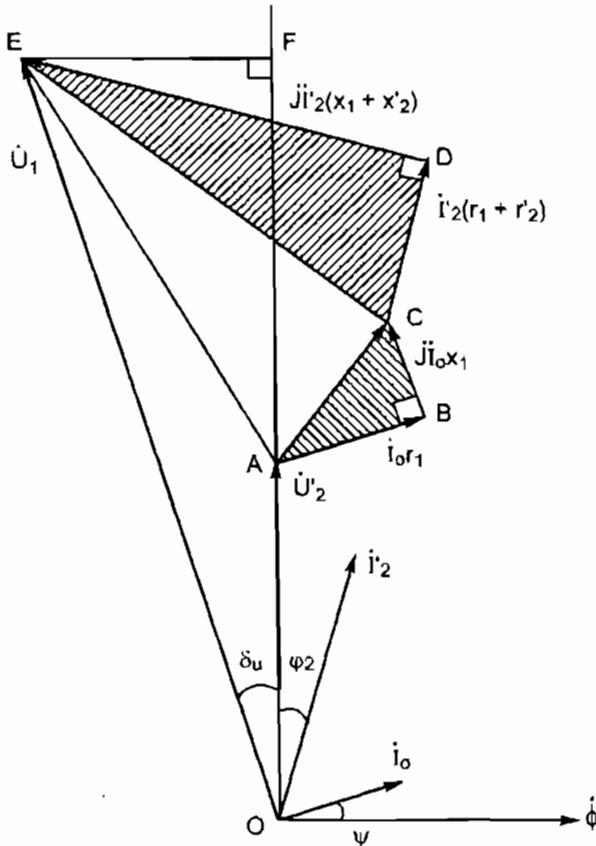
Giả thiết chọn  $k_{dm} = k_w$ . Theo định nghĩa về sai số ta có:

$$\Delta U = \frac{k_w U_2 - U_1}{U_1} = \frac{OA - OE}{OE} \approx \frac{AF}{OE}$$

$$\text{Sai số góc } \delta_U = \sin \delta_U = \frac{FE}{OE}$$

Như vậy AF và EF xác định sai số của MBDA, đó là phần thực và phần ảo của vectơ.

$$\overline{OA} - \overline{OE} = \overline{EA} = -\overline{AE} = -(\dot{U}_1 - \dot{U}'_2)$$



Hình 5.27. Đồ thị vectơ của máy biến điện áp

Từ đồ thị vectơ (hình 5.27) ta có:

$$\begin{aligned}
-(\dot{U}_1 - \dot{U}'_2) &= -\left[ \dot{I}_{01} Z_1 + \dot{I}'_2 (Z_1 + Z'_2) \right] \\
&= -(\dot{I}_{0a} - \dot{J} \dot{I}_{0r})(r_1 + jx_1) + (\dot{I}'_{2a} - \dot{J} \dot{I}'_{2r})(r_1 + jx_1 + r'_2 + jx'_2) \\
&= -\left[ \dot{I}_{0a} r_1 + \dot{I}_{0r} x_1 + \dot{I}'_{2a} (r_1 + r'_2) + \dot{I}'_{2r} (x_1 + x'_2) \right] \\
&\quad + \dot{J} \left[ \dot{I}_{0r} r_1 - \dot{I}_{0a} x_1 + \dot{I}'_{2r} (r_1 + r'_2) - \dot{I}'_{2a} (x_1 + x'_2) \right]
\end{aligned}$$

Như vậy sai số điện áp của MBĐA là:

$$\Delta U = -\left[ \dot{I}_{0a} r_1 + \dot{I}_{0r} x_1 + \dot{I}'_{2a} (r_1 + r'_2) + \dot{I}'_{2r} (x_1 + x'_2) \right] / U_1$$

$$\text{và } \delta_{U_1} = \left[ \dot{I}_{0r} r_1 - \dot{I}_{0a} x_1 + \dot{I}'_{2r} (r_1 + r'_2) - \dot{I}'_{2a} (x_1 + x'_2) \right] / U_1$$

### 5.5.3. Biện pháp giảm sai số của máy biến điện áp

Để giảm sai số của MBĐA có thể dùng các biện pháp sau đây:

– Giảm tỷ số vòng dây quấn  $k_w$  sao cho tỷ số biến đổi điện áp định mức lớn hơn tỷ số vòng dây quấn một ít, nghĩa là  $k_{dm} > k_w$ . Như vậy, khi phụ tải bằng 50% phụ tải định mức thì sai số của MBĐA sẽ bằng không, lúc không tải hay phụ tải định mức thì sai số điện áp gần bằng nhau về giá trị tuyệt đối.

– Giảm dòng điện từ hóa. Tốt nhất là dùng thép kỹ thuật loại tốt hoặc tăng tiết diện mạch từ, điều này cũng bị hạn chế vì làm cho MBĐA sẽ cồng kềnh và đắt tiền.

### 5.5.4. Cấu tạo và phân loại máy biến điện áp

Về mặt cấu tạo thì MBĐA cũng giống như máy biến áp điện lực nghĩa là cũng có lõi thép, cuộn dây sơ cấp và cuộn dây thứ cấp. Công suất của MBĐA rất nhỏ, từ vài chục cho đến vài ngàn VA, nhưng yêu cầu chính xác cao hơn nên đòi hỏi thép làm mạch từ phải có chất lượng tốt hơn. Việc phân loại MBĐA có nhiều cách:

– Phân theo biện pháp làm lạnh, MBĐA có 2 loại: MBĐA kiểu khô và MBĐA kiểu dầu.

– Phân theo số pha, có MBĐA một pha và MBĐA ba pha.

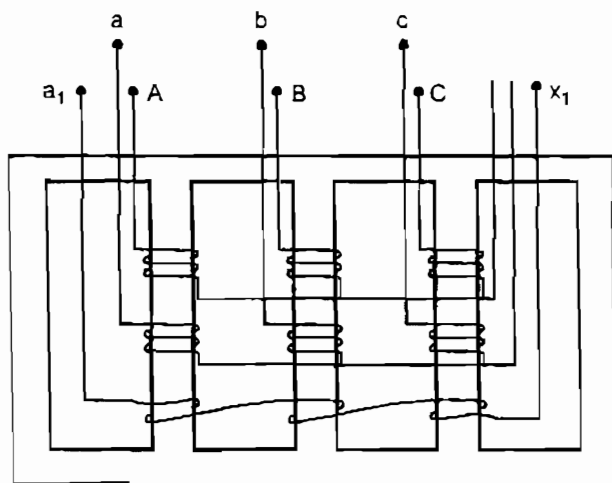
Máy biến điện áp kiểu dầu thì có các loại sau đây:

**a) Máy biến điện áp một pha:** Vỏ thùng bằng kim loại, cuộn dây và lõi thép ngâm trong dầu máy biến áp, thường chế tạo với điện áp  $U \leq 35kV$ .

**b) Máy biến điện áp ba pha.** Lõi thép có ba trụ, cuộn sơ cấp của mỗi pha

có hai phần. Phần chính của cuộn dây quấn trên lõi thép pha đó, phần phụ của cuộn dây quấn trên lõi thép của pha tiếp theo, mục đích nhằm giảm sai số góc của máy biến điện áp.

c) *Máy biến điện áp ba pha năm trụ*, có năm trụ thép (hình 5.28). Ba trụ giữa để quấn cuộn dây của ba pha. Hai trụ hai bên để khép mạnh từ thông thứ tự không. Tổ nối dây của MBĐA là  $Y_0/Y_0/\Delta$ . Thứ cấp có hai cuộn dây: cuộn nối  $Y_0$  để phục vụ cho đo lường, bảo vệ rơle, nó đo được điện áp dây và điện áp pha. Cuộn dây nối  $\Delta$  để báo tín hiệu chạm đất một pha  $3U_0$ , có điện áp định mức là 100V.



Hình 5.28. Máy biến điện áp ba pha năm trụ.

d) *Máy biến điện áp kiểu phân cấp* (h. 5.29)

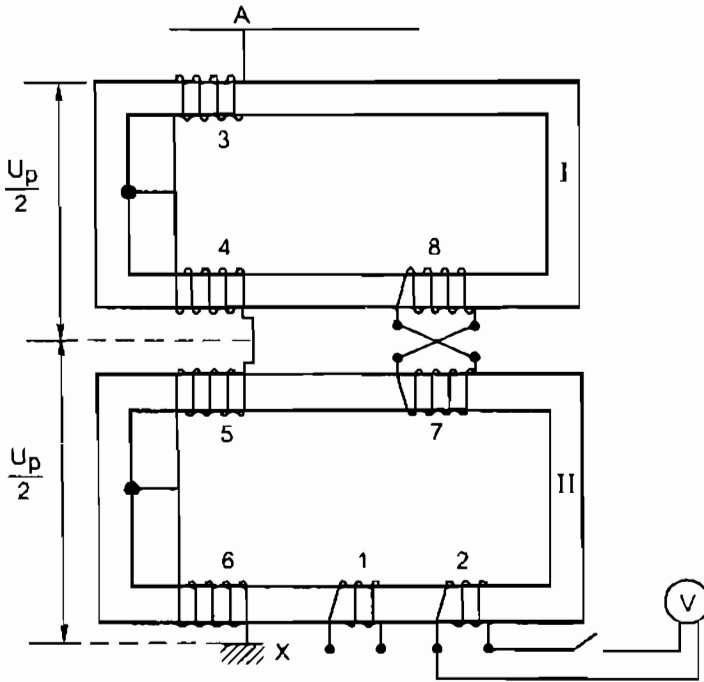
Với điện áp cao  $U \geq 110\text{kV}$ , người ta chế tạo MBĐA phân cấp, vỏ bằng sứ. Đầu A được nối với lưới điện, đầu cuối X nối đất.

Cuộn sơ cấp chia làm bốn cuộn dây 3, 4, 5, 6 bằng nhau, quấn nối tiếp trên hai lõi thép I, II. Với cách nối như vậy mỗi phần cuộn dây chỉ chịu  $1/4$  điện áp pha, cách điện giữa hai lõi thép chỉ chịu  $1/2$  điện áp pha. Nó có hai cuộn thứ cấp, cuộn thứ cấp chính có điện áp  $100/\sqrt{3}\text{ V}$ , cuộn thứ cấp phụ có điện áp  $100/3\text{ V}$ .

Khi cuộn thứ cấp khép mạch, dòng điện thứ cấp sinh ra từ thông, có tác dụng làm giảm từ thông của lõi thép dưới. Vì vậy, điện áp phân bố trên các cuộn dây 3, 4, 5, 6 không đồng đều, dẫn tới sai số của MBĐA tăng lên. Khắc phục hiện tượng này bằng cách đặt hai cuộn dây 7, 8 gọi là cuộn dây cân bằng. Khi không tải, dòng điện qua cuộn dây cân bằng

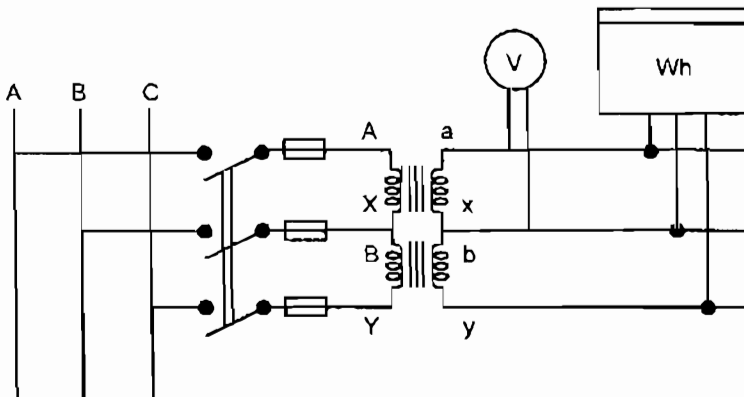


bằng không. Khi có tải tức là cuộn thứ cấp khép mạch, từ thông lõi thép dưới giảm, dòng điện cảm ứng trong cuộn dây 7 lớn hơn so với cuộn 8. Kết quả, giữa cuộn 7, 8 xuất hiện dòng điện chạy tuần hoàn. Dòng điện này làm tăng từ thông lõi thép dưới và giảm từ thông lõi thép trên, điều này làm cho điện áp phân bố trên các cuộn dây 3, 4, 5, 6 lại đều đặn hơn.



Hình 5.29. Máy biến điện áp kiểu phân cấp

Dưới đây là sơ đồ nối dây của các máy biến điện áp.



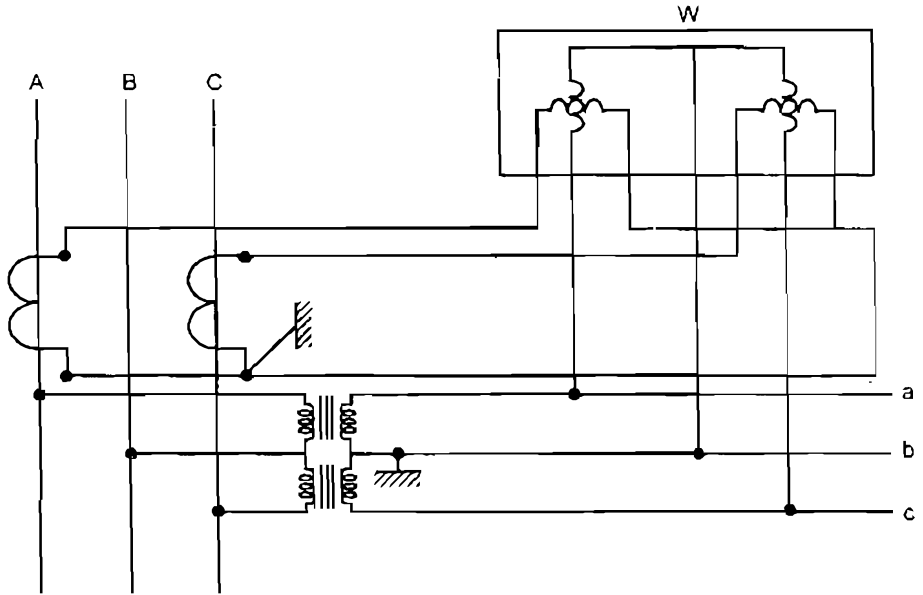
Hình 5.30. Sơ đồ đấu dây của hai máy biến điện áp một pha V/V

- Sử dụng hai máy biến điện áp một pha nối theo sơ đồ hình 5.30. Với lưới có dòng điện chạm đất  $U \leq 35\text{kV}$  thì sơ đồ này được sử dụng rộng rãi. Phụ tải là dụng cụ đo lường như công tơ, watt kế. Các dụng cụ đo này có hai cuộn dây là cuộn dây điện áp được nối với điện áp dây  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$  của MBĐA, còn cuộn dây dòng điện được nối với máy biến dòng điện. Vì hai máy biến điện áp này giống nhau nên việc phân bố tải giữa chúng sẽ đồng đều hơn, sai số giảm và độ chính xác sẽ cao hơn.

Điện áp định mức sơ cấp của máy biến điện áp được chọn theo điện áp định mức của mạng điện, còn điện áp thứ cấp của nó chọn bằng 100V.

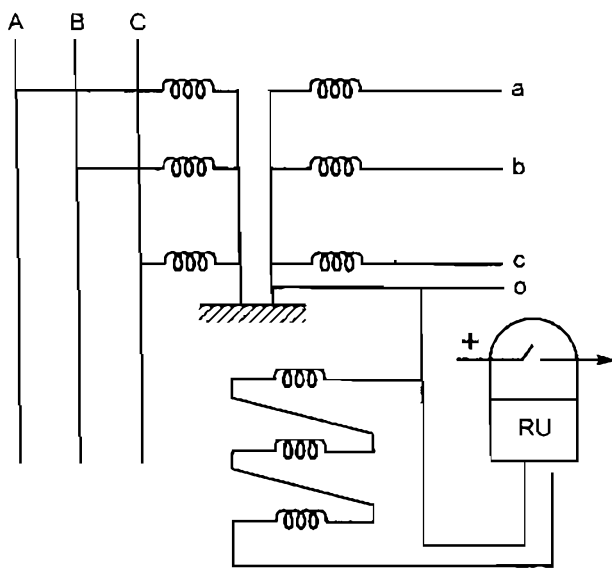
Ví dụ, 10.000/100V; 6000/100V.

Hình 5.31 là sơ đồ nối dây của máy biến dòng điện và máy biến điện áp tới watt kế.



Hình 5.31. Sơ đồ nối dây từ BI, BU đến đồng hồ đo công suất

- Dùng ba máy biến điện áp một pha hay một máy biến điện áp ba pha năm trụ nối theo sơ đồ hình 5.32  $Y_0/Y_0/\Delta$ . Khi dùng ba máy biến điện áp một pha thì sơ đồ nối dây tương tự. Với  $U \geq 35\text{kV}$  thì dùng ba máy biến điện áp một pha, nếu  $U \leq 20\text{kV}$  thì dùng một máy ba pha năm trụ. Trung tính cuộn sơ cấp và thứ cấp phải nối đất. Việc nối đất trung tính phía sơ cấp là bắt buộc vì khi xảy ra ngắn mạch một pha chạm đất trong mạng trung tính cách điện hay nối đất qua cuộn dập hồ quang thì từ thông thứ tự không có đường khép mạch khi có dòng điện  $I_0$  chạy qua cuộn sơ cấp.



Hình 5.32. Máy biến điện áp  $Y_0/Y_0/\Delta$

### 5.5.5. Chọn máy biến điện áp

Máy biến điện áp được chọn theo các điều kiện sau:

1. Vị trí đặt: Chọn MBĐA đặt trong nhà hay ngoài trời.
2. Điện áp định mức của MBĐA phải bằng hay lớn hơn điện áp mạng điện

$$U_{dm} \geq U_{mang}$$

3. Cấp chính xác chọn phù hợp theo yêu cầu.

4. Kiểm tra lại phụ tải thứ cấp:

$$S_{2dm} \geq S_2 = \sqrt{(\sum P_{dc})^2 + (\sum Q_{dc})^2}$$

Trong đó:

$\sum P_{dc} = \sum S_{dc} \cos \varphi_{dc}$  – tổng công suất tác dụng của các dụng cụ đo nối vào mạch thứ cấp.

$\sum Q_{dc} = \sum S_{dc} \sin \varphi_{dc}$  – tổng công suất phản kháng của các dụng cụ đo nối vào mạch thứ cấp.

Kiểm tra lại dây dẫn nối từ MBĐA đến các dụng cụ đo theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép  $\Delta U_{cp}$ . Khi không có công tơ thì  $\Delta U_{cp} = 3\%$ ; khi có công tơ trong mạch thứ cấp thì  $\Delta U_{cp} = 0,5\%$ . Để đảm bảo độ bền về cơ, tiết diện dây dẫn không nhỏ hơn  $1,5\text{mm}^2$  nếu là dây đồng và  $2,5\text{mm}^2$  nếu là dây nhôm.

**Ví dụ:** Chọn máy biến điện áp và máy biến dòng điện cho mạch máy phát có  $U_{dm} = 10,5kV$ , dòng điện cường bức là  $4331A$ . Các dụng cụ đo lường nối vào mạch thứ cấp của máy biến điện áp như sau:

Tên dụng cụ đo	Công suất cuộn dây điện áp			
	VA	W	VAr	cosφ
Vôn kế	2	2		1
Oát kế	2	2		1
Oát kế phản kháng	2	2		1
Oát kế tự ghi	10	10		1
Tần số kế	5	5		1
Công tơ tác dụng	3	1,14	2,775	0,38
Công tơ phản kháng	3	1,14	2,775	0,38

Dùng hai máy biến điện áp một pha 2HOM–10 nối theo sơ đồ V/V, phụ tải phân bố vào các máy biến điện áp như sau:

Tên dụng cụ đo	Phụ tải biến điện áp AB		Phụ tải biến điện áp BC	
	W	VAr	W	VAr
Vôn kế	2	–	–	–
Oát kế	2	–	2	–
Oát kế phản kháng	2	–	2	–
Oát kế tự ghi	10	–	10	–
Tần số kế	–	–	5	–
Công tơ	1,14	2,775	1,14	2,775
Công tơ phản kháng	1,14	2,775	1,14	2,775
	18,28	5,55	21,28	5,55

Với biến điện áp AB:

$$S_2 = \sqrt{18,28^2 + 5,55^2} = 19,10VA; \cos \varphi = \frac{18,28}{19,10} = 0,957.$$

Với biến điện áp BC:

$$S_2 = \sqrt{21,28^2 + 5,55^2} = 21,99VA; \cos \varphi = \frac{21,28}{21,99} = 0,967.$$

Dòng điện chạy trong các pha a, b, c:

$$I_a = \frac{S_{ab}}{U_{ab}} = \frac{19,10}{100} = 0,191A.$$

$$I_c = \frac{S_{bc}}{U_{bc}} = \frac{21,99}{100} = 0,22A.$$

Một cách gần đúng coi  $I_a \approx I_c = 0,22A$ , do đó  $I_b = \sqrt{3} \cdot 0,22 = 0,38A$ .  
 Điện áp giáng trên dây dẫn a và b là:

$$\Delta U = (I_a + I_b)r = (I_a + I_b)\rho \frac{\ell}{S}$$

Từ đây tìm tiết diện dây dẫn, chiều dài từ máy biến điện áp đến dụng cụ đo là 40m, vì có công tơ nên:

$$\Delta U_{cp} = 0,5\%$$

$$\rightarrow S = \frac{(I_a + I_b)\rho\ell}{\Delta U} = \frac{(0,191 + 0,38) \cdot 0,0175 \cdot 40}{0,5} = 0,8 \text{ mm}^2$$

Để đảm bảo độ bền về cơ, ta chọn dây đồng tiết diện bé nhất là:  $1,5 \text{ mm}^2$ .

– Chọn máy biến dòng điện, đặt máy biến dòng trên cả ba pha: căn cứ vào điện áp, dòng điện cường bức chọn máy biến dòng loại ТПШ–10 có  $U = 10 \text{ kV}$ ,  $I_{2dm} = 5000A > I_{cb} = 4331A$ , cấp chính xác 0,5,  $Z_{2dm} = 1,2\Omega$ . Công suất tiêu thụ của các cuộn dây như bảng sau:

Tên dụng cụ đo	Phụ tải (VA)		
	Pha A	Pha B	Pha C
Ampe kế	0,5	0,5	0,5
Oát kế	0,5	–	0,5
Oát kế phản kháng	0,5	–	0,5
Oát kế tự ghi	10	–	10
Công tơ	2,5	–	2,5
Công tơ phản kháng	2,5	5	2,5
	16,5	5,5	16,5

Xác định tổng trở các dụng cụ đo:

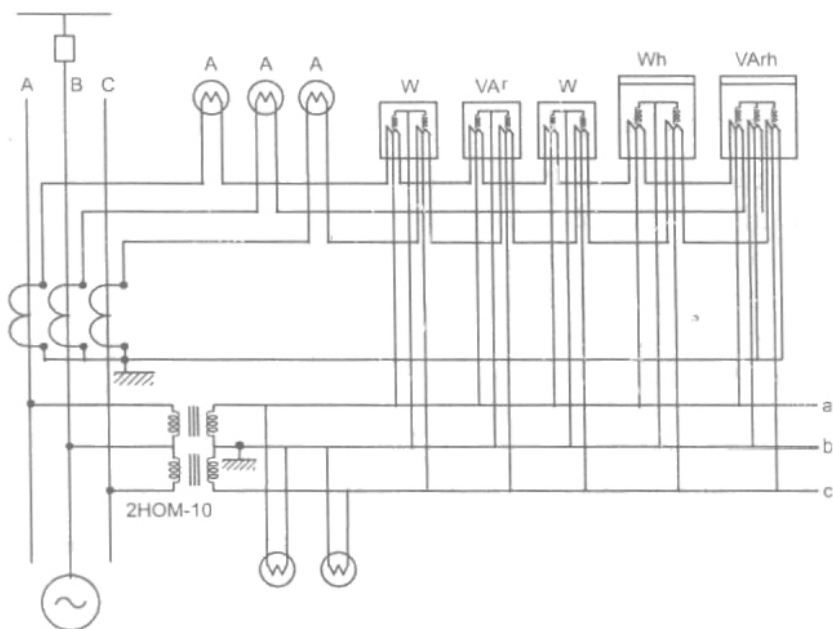
$$Z_{dc} = \frac{S}{I_{2dm}^2} = \frac{16,5}{5^2} = 0,66\Omega$$

Vì máy biến dòng điện đặt trên cả ba pha nên chiều dài tính toán bằng khoảng cách từ máy biến dòng đến dụng cụ đo, nghĩa là  $\ell_{tt} = \ell = 40m$ .

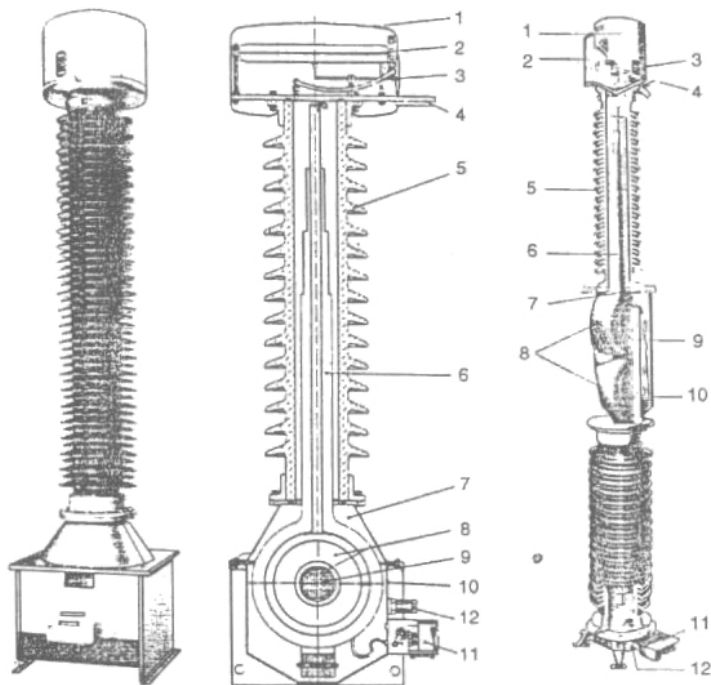
Vậy tiết diện dây dẫn thứ cấp là:

$$S = \frac{\rho\ell_{tt}}{Z_{2dm} - Z_{dc}} = \frac{0,0175 \times 40}{1,2 - 0,66} = 1,3 \text{ mm}^2$$

Để đảm bảo độ bền cơ ta chọn dây dẫn đồng tiết diện  $2,5 \text{ mm}^2$ . Vì dòng điện sơ cấp của máy biến dòng lớn hơn 1000A, do đó không phải kiểm tra ổn định nhiệt nữa.



Hình 5.33. Sơ đồ nối các dụng cụ đo vào máy biến điện áp và máy biến dòng điện



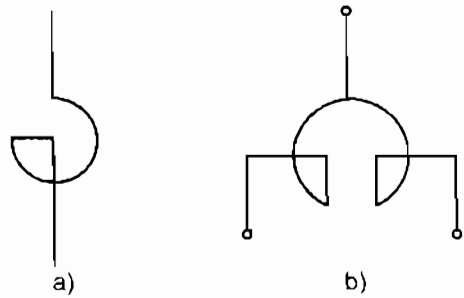
Hình 5.34. Máy biến điện áp loại UT từ 52 đến 420kV

1- Nắp đậy; 2- Bù trừ bằng kim loại; 3- Cái chỉ mức dầu; 4- Đầu của cuộn dây sơ cấp; 5- Sứ cách điện; 6- Giấy cách điện; 7- Dầu; 8- Các cuộn dây; 9- Lõi từ; 10- Thùng chứa dầu; 11- Hộp đấu ra cuộn dây thứ cấp; 12- Van tháo dầu.

## 5.6. KHÁNG ĐIỆN

### 5.6.1. Khái niệm chung

Trong các nhà máy điện, trạm biến áp khi xảy ra ngắn mạch thì dòng điện tăng lên rất lớn. Vì vậy, phải tìm những biện pháp cần thiết để hạn chế dòng ngắn mạch. Nếu không làm như vậy thì phải chọn các thiết bị lớn, đắt tiền hoặc không thể chọn được thiết bị điện theo yêu cầu. Có nhiều biện pháp để hạn chế dòng điện ngắn mạch như cho máy biến áp, đường dây làm việc riêng rẽ, dùng máy biến áp có cuộn dây phân chia hay kháng điện.



Hình 5.35. Ký hiệu các kháng điện  
a) Kháng điện đơn; b) Kháng điện kép.

Kháng điện là một cuộn dây không có lõi thép, điện kháng rất lớn so với điện trở tác dụng. Sở dĩ chế tạo kháng điện không có lõi thép vì nếu có lõi thép thì lúc ngắn mạch xảy ra lõi thép bị bão hòa, điện kháng  $x_k$  của kháng điện giảm và hạn chế tác dụng giảm dòng ngắn mạch. Như vậy nhiệm vụ của kháng điện là để hạn chế dòng điện ngắn mạch và hạn chế dòng điện mở máy của các động cơ điện. Ngoài ra kháng điện còn dùng để đặt trên đường nối trung tính của máy biến áp điện lực với đất, như vậy sẽ hạn chế được dòng điện ngắn mạch một pha chạm đất hoặc hai pha chạm đất. Với các đường dây siêu cao áp kháng điện còn dùng để bù ngang, nghĩa là tiêu thụ một phần công suất phản kháng có tính điện dung do đường dây sinh ra. Kháng điện được phân chia thành hai loại là kháng điện đơn và kháng điện kép.

Kháng điện có các tham số sau:

- Điện áp định mức  $U_{kdm}$ .
- Dòng điện định mức của kháng điện  $I_{kdm}$ .
- Dòng điện ổn định động định mức.
- Dòng điện ổn định nhiệt định mức và thời gian ổn định định mức.
- Điện kháng tương đối định mức của kháng điện.

### 5.6.2. Kháng điện đơn

Điện kháng của kháng điện là  $x_k = \omega L_k = 2\pi f L_k, \Omega$ .

Điện kháng tương đối định mức ứng với các đại lượng cơ bản là  $U_{dm}$ ,  $I_{dm}$ :

$$x_K \% = \frac{\sqrt{3}I_{Kdm}x_K}{U_{Kdm}} 100$$

Khi ngắn mạch sau kháng điện, dòng ngắn mạch được tính như sau:

$$I_N = \frac{\tilde{I}_{Kdm}}{x_K \%} 100$$

Nếu  $x_K \%$  càng lớn và  $I_{Kdm}$  càng bé thì tác dụng hạn chế dòng điện ngắn mạch càng nhiều. Như vậy khi có hai kháng điện mà  $x_K \%$  như nhau, vậy kháng điện nào có  $I_{Kdm}$  càng bé thì đương nhiên tác dụng hạn chế dòng điện ngắn mạch càng tốt hơn. Trong điều kiện làm việc bình thường, khi có dòng điện chạy qua thì sẽ có tổn thất điện áp trên kháng điện.

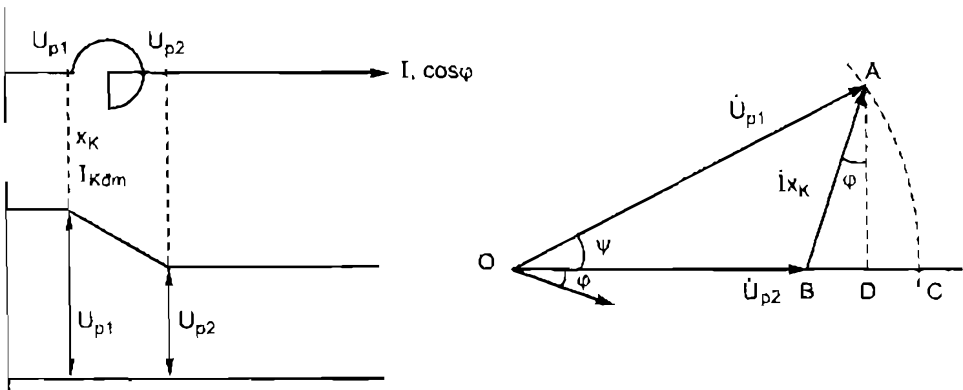
$$\Delta U_r = U_{p1} - U_{p2}$$

Trong đó:  $U_{p1}$  là điện áp pha trước kháng điện.

$U_{p2}$  – điện áp pha sau kháng điện.

Quay vòng tròn bán kính OA cắt OB kéo dài tại C:

$$\Delta U_p = \overline{OA} - \overline{OB} = \overline{BC} \approx \overline{BD} = \overline{AB} \sin \varphi = Ix_K \sin \varphi.$$



Hình 5.36. Sự phân bố điện áp và đồ thị vectơ của kháng điện

Tổn thất điện áp dây:  $\Delta U = \sqrt{3}Ix_K \sin \varphi$

Nếu tính theo phần trăm điện áp định mức ta có:

$$\Delta U \% = x_K \% \frac{I}{I_{Kdm}} \sin \varphi \leq \Delta U_{cr} \%$$

Nếu  $\cos \varphi = 0$  thì  $\sin \varphi = 1$ , tức phụ tải thuần kháng, do đó tổn thất điện áp lớn nhất và bằng điện áp giáng trên kháng điện.



Nếu  $\cos\varphi = 1$  thì  $\sin\varphi = 0$ , phụ tải là thuần trở, tổn thất điện áp trên kháng bằng không.

Trong điều kiện làm việc bình thường  $\Delta U_{cp}\% = (1,5 \div 2)\%$ ; trong điều kiện cường bức  $U_{cp}\% = (3 \div 4)\%$ .

### 5.6.3. Kháng điện kép

Về mặt cấu tạo thì kháng điện kép cũng giống như kháng điện đơn, chỉ khác là chính giữa cuộn dây lấy một đầu ra nữa, phân chia thành hai nhánh có số vòng dây bằng nhau. Nhược điểm của kháng điện đơn là nếu  $x_k\%$  lớn thì tổn thất công suất và tổn thất điện áp trên kháng đều lớn. Kháng điện kép sẽ khắc phục được nhược điểm này. Với kháng điện kép, ngoài điện kháng tự cảm  $x_L$  của mỗi nhánh, còn phải chú ý đến điện kháng hỗ cảm  $x_M$  giữa hai nhánh. Bởi vậy phải quan tâm đến chiều dòng điện chạy trong các nhánh. Có ba tình trạng làm việc của kháng điện như sau:

#### a) Dòng điện chạy trong hai nhánh bằng nhau và ngược chiều nhau (h.5.37)

Từ thông tự cảm và hỗ cảm ngược chiều nhau. Do đó tổn thất điện áp trên một nhánh của kháng điện kép là:

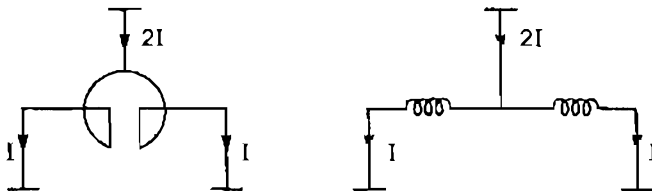
$$\Delta U = (x_L - x_M) I = \left( 1 - \frac{x_M}{x_L} \right) x_L I = (1 - K) x_L I = x_1 I$$

Trong đó  $K = \frac{x_M}{x_L}$  – hệ số ngẫu hợp từ.

$x_1 = (1 - K) x_L$  – điện kháng một nhánh của kháng điện kép. Vì hai nhánh làm việc song song nhau, nên điện kháng tổng của cả kháng điện kép là:

$$x = \frac{1}{2} x_1 = \frac{1}{2} (1 - K) x_L.$$

Nếu  $k = 0,5$  thì  $x = \frac{1}{4} x_L$



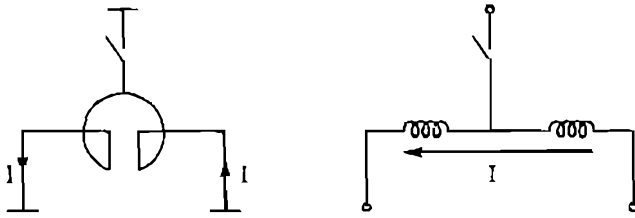
Hình 5.37. Dòng điện chạy trong hai nhánh bằng nhau và ngược chiều

**b) Dòng điện chạy trong hai nhánh bằng nhau và cùng chiều, nhánh giữa hở mạch (h. 5.38)**

Trường hợp này từ thông tự cảm và hồ cảm cùng chiều. Do đó tổn thất điện áp trên cả hai nhánh của kháng điện kép là:

$$\Delta U = 2(x_L + x_M)I = 2(1 + K)x_L I = xI.$$

Trong đó:  $x = 2(1+K)x_L$  là điện kháng tổng của cả kháng điện kép. Nếu  $K = 0,5$  thì  $x = 3x_L$ .



Hình 5.38. Dòng điện hai nhánh bằng nhau và cùng chiều

**c) Dòng điện chỉ chạy trong một nhánh, nhánh còn lại không làm việc (hở mạch)**

Lúc này điện áp giáng trên kháng điện kép giống như kháng điện đơn:

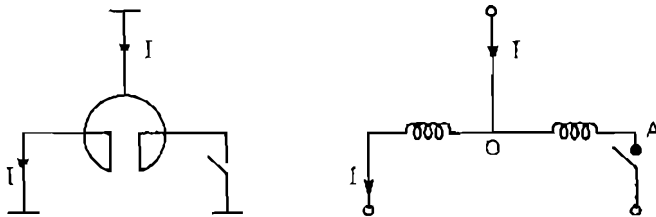
$$\Delta U = x_L I.$$

Như vậy điện kháng của kháng điện lúc này là:

$$x = x_L.$$

Và điện áp tại điểm A sẽ là:

$$U_A = U_0 + E_M.$$



Hình 5.39. Dòng điện chỉ chạy trong một nhánh

Với  $U_0$  là điện áp tại điểm giữa của kháng điện kép.

$E_M$  là sức điện động hồ cảm,  $E_M = x_M I$ .

Khi ngắt mạch sau kháng điện thì điện áp tại điểm A là:

$$U_A = (x_L + x_M)I_N = (1 + K)x_L I_N.$$

Vì dòng ngắn mạch lớn nên điện áp tại điểm A cũng rất lớn và bằng  $(1,2 + 1,35)U_{kdm}$ .

Nếu dòng điện chạy trong các nhánh khác nhau và hệ số công suất khác nhau thì tổn thất điện áp được xác định như sau:

– Khi nhánh 1 có dòng điện  $I_1$ ,  $\cos\varphi_1$ ; nhánh 2 có dòng điện  $I_2$ ,  $\cos\varphi_2$  thì tổn thất điện áp trên nhánh 1 là:

$$\Delta U_1 \% = x_L \% \frac{1}{I_{Kdm}} (I_1 \sin \varphi_1 - k I_2 \sin \varphi_2).$$

Và tổn thất điện áp trên nhánh 2 là:

$$\Delta U_2 \% = x_L \% \frac{1}{I_{Kdm}} (I_2 \sin \varphi_2 - k I_1 \sin \varphi_1)$$

với  $k$  – hệ số ngẫu hợp từ.

$x_L$  – điện kháng tự cảm một nhánh của kháng điện kép.

– Điện áp  $U_1$  trên nhánh hở mạch của kháng điện kép khi có dòng điện  $I_2$  chạy trong nhánh kia được xác định theo biểu thức sau:

$$U_1 \% = \frac{U_1}{U_{Kdm}} \cdot 100 = U_{TG} \% + \frac{I_2}{I_{Kdm}} k x_L \% \sin \varphi_2.$$

Trong đó  $U_{TG}$  là điện áp trên thanh góp của nguồn cung cấp tính theo phần trăm so với điện áp định mức của kháng điện.

#### 5.6.4. Điều kiện chọn kháng điện

Kháng điện dùng hạn chế dòng ngắn mạch được chọn theo điều kiện sau:

##### a) Điện áp định mức

$$U_{Kdm} \geq U_{mg}$$

với  $U_{Kdm}$  – điện áp định mức của kháng điện, kV

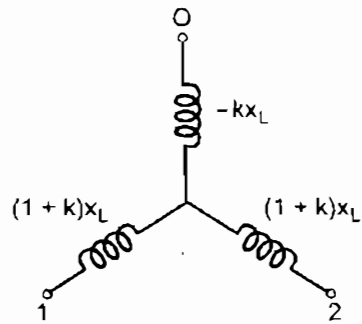
$U_{mg}$  – điện áp định mức của mạng điện, kV

##### b) Theo điều kiện đốt nóng lâu dài

$$I_{Kdm} \geq I_{cb}$$

với  $I_{Kdm}$  – dòng điện định mức của kháng điện, A.

$I_{cb}$  – dòng điện cường bức của kháng điện, A.



Hình 5.40. Sơ đồ thay thế của kháng điện kép

Dòng điện cưỡng bức của kháng điện đường dây được xác định khi một trong hai kháng điện bị cắt.

Kháng điện phân đoạn nhằm mục đích hạn chế dòng ngắn mạch. Trong điều kiện làm việc bình thường, dòng điện qua nó bằng không. Dòng điện cưỡng bức của kháng điện phân đoạn là dòng điện lớn nhất đi qua nó khi sơ đồ mất đối xứng, nghĩa là khi cắt một máy phát điện hay một máy biến áp liên lạc nối với hệ thống điện.

### c) Giá trị điện kháng của kháng điện

Điện kháng của kháng điện được chọn theo yêu cầu hạn chế dòng điện ngắn mạch  $I_{Ncp}$  và tổn thất điện áp cho phép  $\Delta U_{cp} \%$  của kháng điện ở chế độ làm việc bình thường và chế độ cưỡng bức.

Đối với kháng điện đường dây đặt trong mạch có dòng ngắn mạch tổng, vì vậy điện kháng của nó có thể tính trực tiếp xuất phát từ trị số dòng ngắn mạch đã cho.

$$x_K = \sqrt{\left(\frac{E_{*HT} I_{cb}}{I_{Ncp}}\right)^2 - r_{*C}^2} - (x_{*HT} + x_{*C})$$

Trong đó:

$E_{*HT}$  – sức điện động tương đối của hệ thống điện

$I_{cb}$  – dòng điện cơ bản kA.

$x_{*HT}$  – điện kháng tương đối của hệ thống, tính đến thanh cái trước kháng điện.

$r_{*C}$ ,  $x_{*C}$  – điện trở, điện kháng của đường dây cáp lưới cung cấp.

Điện kháng của kháng điện tính theo phần trăm là:

$$x_K \% = x_{*K} \frac{I_{Kdm}}{I_{cb}} \cdot \frac{U_{cb}}{U_{Kdm}} 100.$$

### d) Kiểm tra ổn định nhiệt

$$I_{nhdm} \sqrt{t_{nhdm}} \geq B_N$$

với:  $B_N$  – xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch  $kA^2s$ .

$I_{nhdm}$ ,  $t_{nhdm}$  – dòng điện ổn định nhiệt định mức, thời gian ổn định nhiệt định mức.

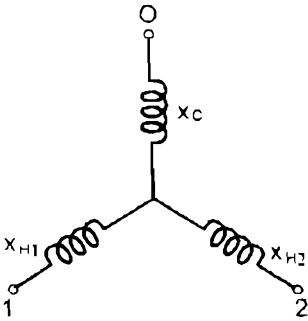
### e) Kiểm tra ổn định động

$$i_{Jdm} \geq i_{xk}$$

với:  $i_{Jdm}$  – dòng điện ổn định động định mức của kháng điện, kA.

$i_{xk}$  – dòng điện ngắn mạch xung kích, kA.

### 5.6.5. Máy biến áp có cuộn dây phân chia



Hình 5.41. Sơ đồ thay thế của máy biến áp có cuộn dây phân chia

Ngoài việc dùng kháng điện để hạn chế dòng điện ngắn mạch, ta có thể sử dụng máy biến áp có cuộn dây phân chia phía điện áp thấp. Bình thường phụ tải phân bố đều cho các nhánh của cuộn dây phân chia, nếu không, sẽ làm tăng tổn thất năng lượng trong máy biến áp. Để tính được dòng điện ngắn mạch của máy biến áp có hai cuộn dây phân chia phía điện áp thấp thì phải tính được điện kháng các cuộn dây.

– Điện kháng cuộn cao:

$$x_c = (1 - 0,25k_p) x_{C-H_1H_2}$$

– Điện kháng cuộn hạ:

$$x_{H_1} = x_{H_2} = 0,5k_p x_{C-H_1H_2}$$

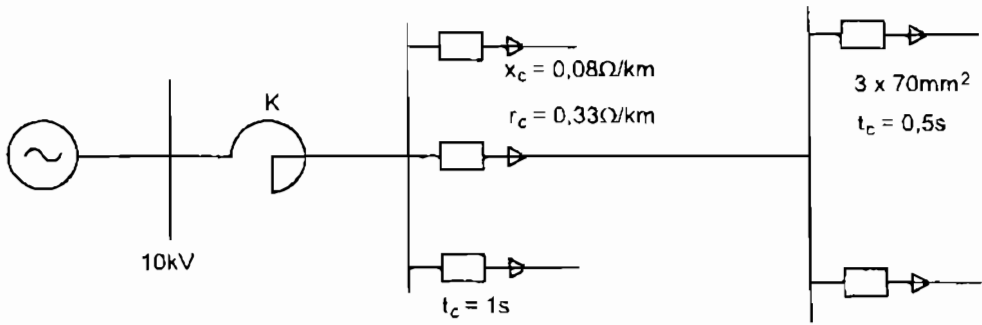
Trong đó: 
$$x_{C-H_1H_2} = \frac{U_{C-H_1H_2} \%}{100}$$

$U_{C-H_1H_2} \%$  là điện áp ngắn mạch phần trăm của máy biến áp khi các cuộn dây phân chia nối song song.

$k_p = \frac{x_{H_1-H_2}}{x_{C-H_1H_2}}$  là hệ số phân chia, cho biết điện kháng của máy biến áp

giữa các cuộn dây phân chia  $x_{H_1-H_2}$  lớn hơn bao nhiêu lần so với điện kháng  $x_{C-H_1H_2}$ . Đối với máy biến áp một pha,  $k_p = 4$ ; với máy biến áp ba pha,  $k_p = 3,5$ .

**Ví dụ 1:** Chọn kháng điện nhóm của đường dây (hình 5.42) mục đích hạn chế dòng điện ngắn mạch tại hộ tiêu thụ đến mức có thể đạt được máy cắt điện loại BMT-10 và cáp của lưới phân phối có tiết diện nhỏ nhất  $70\text{mm}^2$ , lõi nhôm. Dòng điện làm việc tính toán của kháng điện là 600A, chiều dài tối thiểu của cáp lưới cung cấp là 1,4km, thời gian cắt dòng ngắn mạch của lưới phân phối 0,5s; của lưới cung cấp là 1s. Công suất ngắn mạch trên thanh góp là 1100 MVA.



Hình 5.42

### Bài giải

Chọn kháng điện loại PBA điện áp định mức 10kV và dòng điện định mức 600A. Dòng điện ngắn mạch trong lưới phân phối của hộ tiêu thụ không được vượt quá:

– Dòng điện cắt của máy cắt điện loại BMT-10 bằng 20 kA.

– Dòng điện ổn định nhiệt của cáp tiết diện 70mm<sup>2</sup> là:

$$I_{nh2} = \frac{SC}{\sqrt{t_2 + T_a}} = \frac{70 \times 90}{\sqrt{0,5}} = 8,9 \text{ kA.}$$

(hằng số thời gian tắt dần  $T_a$  khi ngắn mạch, bỏ qua). Như vậy dòng ngắn mạch tính toán cho phép tại hộ tiêu thụ là 8,9 kA. Tính dòng điện ngắn mạch trong hệ đơn vị tương đối với các đại lượng cơ bản bằng giá trị định mức của kháng điện.

$$U_{ch} = 10 \text{ kV}; I_{ch} = 0,6 \text{ kA.}$$

Điện áp trên thanh cái nguồn công suất vô cùng lớn:

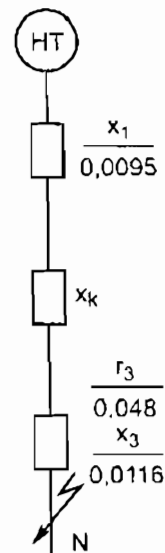
$$E_{HT} = \frac{U}{U_{ch}} = \frac{10,5}{10} = 1,05.$$

Điện kháng của hệ thống:

$$x_1 = \frac{S_{ch}}{S_N} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,6}{1100} = 0,0095.$$

Điện trở tác dụng của lưới cung cấp:

$$r_1 = r_0 \ell \frac{\sqrt{3} \cdot I_{ch}}{U_{ch}} = 0,33 \cdot 1,4 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 0,6}{10} = 0,048.$$



Hình 5.43. Sơ đồ thay thế

Điện kháng của cáp:

$$x_3 = x_0 \ell \frac{\sqrt{3} \cdot I_{cb}}{U_{cb}} = 0,08 \cdot 1,4 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 0,6}{10} = 0,0116.$$

Điện kháng của kháng điện xác định theo điều kiện hạn chế dòng ngắn mạch tại hộ tiêu thụ đến 8,9 kA:

$$\begin{aligned} x_2 &= \sqrt{\frac{E_{HT} I_{cb}}{I_N} - r_1^2} - (x_1 + x_3) \\ &= \sqrt{\left(\frac{1,05 \cdot 0,6}{8,9}\right) - 0,048^2} - (0,0095 + 0,0116) = 0,0309 \end{aligned}$$

Do đó chọn  $x_k \% = 4\%$ . Như vậy ta lựa chọn kháng điện loại PBA-10 – 600 – 4. Tổn hao công suất tác dụng một pha của kháng điện là  $\Delta P_p = 4,4 \text{ kW}$ . Để kiểm tra về mặt ổn định của kháng điện khi ngắn mạch cần xác định dòng điện ngắn mạch sau kháng điện.

$$I_N = \frac{E \cdot I_{cb}}{x_1 + x_2} = \frac{1,05 \cdot 0,6}{0,0095 + 0,04} = 12,7 \text{ kA}.$$

Hằng số thời gian tắt dần thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch sau kháng điện là:

$$T_a = \frac{x_1 + x_2}{\omega(r_1 + r_2)} = \frac{0,0095 + 0,04}{314 \cdot 0,00127} = 0,124 \text{ s}.$$

Trong đó:

$r_1 = 0$  (điện trở hệ thống).

$$r_2 = \frac{\sqrt{3} \Delta P_p}{U_{dm} I_{Kđm}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4,4}{10 \cdot 600} = 0,00127.$$

Hệ số xung kích:

$$k_{xk} = 1 + e^{-0,01/T_a} = 1 + e^{-0,01/0,124} = 1,92.$$

Kiểm tra ổn định của kháng điện khi ngắn mạch:

#### a) Kiểm tra ổn định động

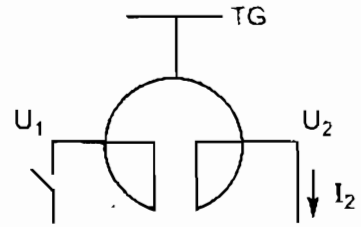
$$i_{xk} = \sqrt{2} k_{xk} I_N = \sqrt{2} \cdot 1,92 \cdot 12,7 = 34,5 \text{ kA} < i_{đm} = 38,1 \text{ kA}.$$

#### b) Kiểm tra ổn định nhiệt

$$\sqrt{B_N} = I_N \sqrt{t_c + T_a} = 12,7 \sqrt{1 + 0,124} = 13,5 \text{ kA} < I_{nhđm} \sqrt{t_{nhđm}} = 31,6 \text{ kA} \sqrt{\text{s}}.$$

Tóm lại, kháng điện đã chọn đảm bảo ổn định động và ổn định nhiệt.

**Ví dụ 2:** Xác định điện áp (tính theo phần trăm so với điện áp định mức của kháng điện) trên đầu ra của nhánh hở mạch của kháng điện kép khi có dòng điện chạy trong nhánh kia (hình 5.44).



Hình 5.44

a) Bằng dòng điện định mức của kháng điện và  $\cos\varphi = 0,8$ .

b) Bằng dòng ngắn mạch sau kháng điện.

Kháng điện loại PBAC-10-2×600-6, hệ số ngẫu hợp từ 0,5. Điện áp trên thanh cái nguồn không thay đổi và bằng 10,5kV.

### Bài giải

Ta tìm biểu thức tính toán để xác định điện áp trên nhánh hở mạch khi có dòng điện  $I_2$  chạy qua nhánh 2 (tính theo phần trăm điện áp định mức của kháng điện).

$$U_1 \% = \frac{U_1 \cdot 100}{U_{Kdm}} = \frac{U_{TG} + \sqrt{3}I_2 x_L k \sin\varphi_2}{U_{Kdm}} 100.$$

hay:

$$U_1 \% = U_{TG} \% + \frac{\sqrt{3}I_2 k \sin\varphi_2 \cdot 100}{U_{Kdm}} \cdot \frac{x_L \% U_{Kdm}}{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_{Kdm}}.$$

hay:

$$U_1 \% = U_{TG} \% + \frac{I_2}{I_{Kdm}} k x_L \% \sin\varphi_2.$$

a) Khi dòng điện chạy trong nhánh 2 bằng dòng điện định mức và  $\cos\varphi_2 = 0,8$ .

$$U_1 \% = \frac{10,5}{10} 100 + \frac{600}{600} \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 0,6 = 105 + 1,8 = 106,8\%.$$

b) Khi dòng điện chạy trong nhánh 2 bằng dòng ngắn mạch sau kháng:

$$I_N = \frac{E \cdot I_{ch} \cdot 100}{x_k \%} = \frac{1,05 \cdot 0,6}{6} \cdot 100 = 10,5 \text{ kA} = 10500 \text{ A}.$$

Do đó:

$$U_1 \% = 105 + \frac{10500}{600} \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 1 = 157,5\%.$$

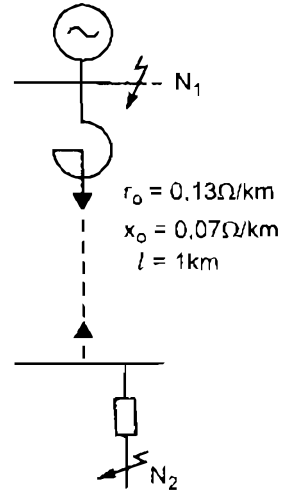
Từ kết quả tính toán thấy rằng, khi ngắn mạch ở một nhánh, mà nhánh kia hở mạch thì sẽ gây nên hiện tượng quá điện áp lớn đối với nhánh hở mạch.



## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 5.1. Nhiệm vụ của máy cắt điện, dao cách ly và điều kiện chọn các thiết bị này.  
 5.2. Nhiệm vụ, các đại lượng đặc trưng và điều kiện chọn máy biến dòng điện.  
 5.3. Cách vẽ đồ thị vectơ xác định sai số và biện pháp giảm sai số của máy biến dòng điện.

- 5.4. Nhiệm vụ, các đại lượng đặc trưng và điều kiện chọn máy biến điện áp.  
 5.5. Vì sao phải chế tạo máy biến điện áp kiểu phân cấp? Giải thích các sơ đồ nối dây V/V và  $Y_0/Y_0/\Delta$  của máy biến điện áp ba pha năm trụ.  
 5.6. Xác định điện kháng  $x_k\%$  của kháng điện PBA-6-400 theo điều kiện hạn chế dòng điện ngắn mạch tại hộ tiêu thụ (điểm  $N_2$  trên hình 5.45) đến trị số 10kA. Dòng điện ngắn mạch trên thanh góp nguồn cung cấp (điểm  $N_1$ ) là 40kA.



Hình 5.45

Đáp số: a) Điện kháng chọn  $x_k = 3\%$ .

b) Kháng điện loại PBA-6-400-3.

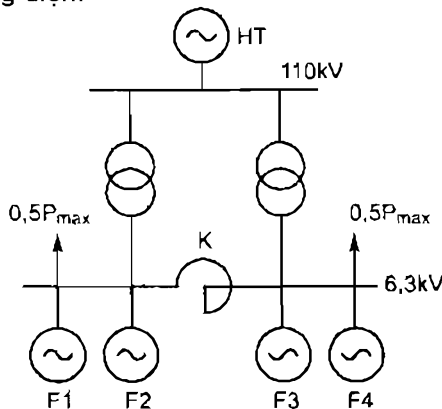
- 5.7. Với các số liệu như bài 5-6, hãy xác định:

- a) Tổn thất điện áp trên kháng điện  $\Delta U\%$  trong chế độ làm việc bình thường với giả thiết dòng điện là 380A và hệ số công suất  $\cos\varphi = 0,8$ .  
 b) Điện áp dư trên thanh góp nguồn cung cấp khi ngắn mạch sau kháng điện.

Đáp số: a) Tổn thất điện áp  $\Delta U_k = 1,7\%$ .

b) Điện áp dư  $U_d = 78\%$ .

- 5.8. Lựa chọn dòng điện định mức của kháng điện phân đoạn trong nhà máy điện theo hình 5.46. Giả thiết rằng, tổn thất công suất tác dụng trong mỗi pha của kháng điện là 8,5 kW. Hãy xác định tổn thất điện năng hằng năm trong nhóm kháng điện.

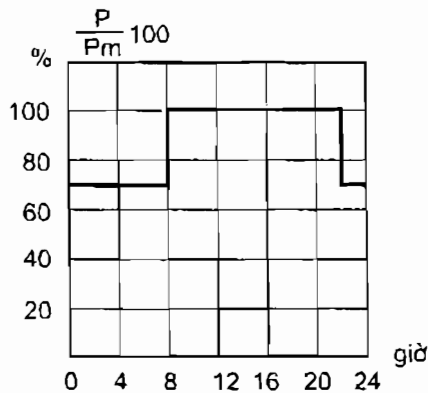


Hình 5.46. Sơ đồ nhà máy điện

Công suất định mức của các máy phát điện  $4 \times 12\text{MW}$ . Công suất định mức của máy biến áp liên lạc  $2 \times 16\text{MVA}$ . Biểu đồ phụ tải ngày đêm của phụ tải địa phương như hình 5.47. Công suất phụ tải cực đại  $40\text{MW}$ . Mùa đông 213 ngày làm việc cả 4 máy phát với tổng công suất định mức là  $48\text{MW}$ . Mùa hè 152 ngày 3 máy phát làm việc với tổng công suất  $36\text{MW}$ . Hệ số công suất của máy phát và phụ tải địa phương là  $0,85$ .

Đáp số:

- a) Dòng điện định mức  $I_{kđm} = 1500\text{A}$  (dòng điện tính toán là  $1295\text{A}$ )  
 b) Tổn thất điện năng hằng năm trong kháng điện  $\Delta A = \Delta A_{He} = 17307 \text{ kWh}$ .



Hình 5.47. Đồ thị phụ tải ngày đêm của phụ tải địa phương

# MÁY BIẾN ÁP ĐIỆN LỰC

## 6.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Điện năng được sản xuất ra trong các nhà máy điện, được truyền tải đến hộ tiêu thụ qua nhiều lần biến đổi bằng các máy biến áp tăng áp và giảm áp. Vì vậy, công suất đặt của máy biến áp (MBA) rất lớn, gấp 4 ÷ 5 lần công suất đặt của các máy phát điện. Hiệu suất của MBA tương đối cao, có thể đạt tới 99,5% đối với MBA công suất lớn, nhưng tổn thất điện năng hằng năm trong MBA cũng rất lớn. Bởi vậy người ta mong muốn giảm số bậc biến áp, giảm công suất đặt của MBA, và sử dụng chúng có hiệu quả hơn. Điều này có thể thực hiện được bằng cách thiết kế hệ thống điện một cách hợp lý, dùng MBA tự ngẫu, tận dụng khả năng quá tải của MBA, không ngừng cải tiến cấu tạo của MBA, góp phần nâng cao độ tin cậy và tiết kiệm nguyên vật liệu. Trong hệ thống điện, người ta dùng các MBA tăng áp và giảm áp, hai cuộn dây và ba cuộn dây, MBA ba pha và ba tổ máy biến áp một pha. Các MBA ba pha hai và ba cuộn dây được sử dụng rộng rãi hơn. Do tăng nhanh công suất đơn vị của các máy phát điện và xây dựng lưới điện 220 ÷ 500kV nên cũng phải tăng nhanh công suất đơn vị của các MBA. Hiện nay MBA ba pha được chế tạo đến điện áp 500kV. Máy biến áp ba pha có công suất lớn nhất 1000MVA và điện áp cao 330kV. Nó được dùng với khối 800MW. Máy biến áp một pha lớn nhất có công suất  $3 \times 533 = 1600$  MVA, điện áp cao 500kV.

Công suất định mức của MBA là công suất liên tục đi qua MBA trong suốt thời gian phục vụ của nó với các điều kiện tiêu chuẩn: điện áp định mức, tần số định mức và nhiệt độ môi trường làm mát định mức.

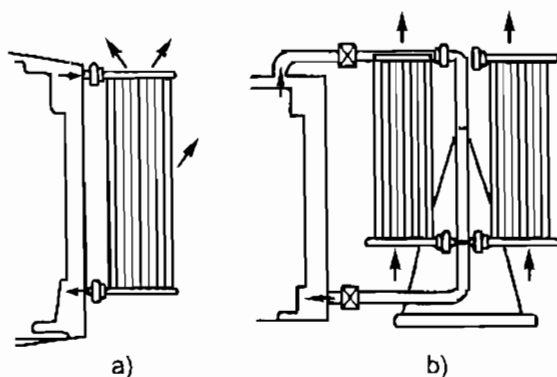
## 6.2. LÀM MÁT MÁY BIẾN ÁP

Quá trình làm việc, máy biến áp có tổn hao năng lượng trong mạch từ và các cuộn dây biến thành nhiệt năng đốt nóng các phần tử của chúng. Nếu nhiệt độ tăng cao sẽ làm cho cách điện giảm, sự già hóa tăng và làm giảm tuổi thọ của MBA. Vì vậy, cần phải có biện pháp làm mát MBA để duy trì cho nhiệt độ của nó không vượt quá nhiệt độ cho phép quy định.

### *1. Làm mát bằng dầu tự nhiên.* (hệ thống làm mát M)

Đối với máy biến áp công suất nhỏ và trung bình được làm mát bằng

dầu tự nhiên. Những bộ tản nhiệt hay ống tản nhiệt được hàn vào vỏ thùng MBA. Nhiệt độ lớp dầu bề mặt là cao nhất, nó được di chuyển theo ống đi xuống dưới, dầu đi trong ống sẽ được làm mát bằng không khí rồi quay trở lại đáy thùng dầu.



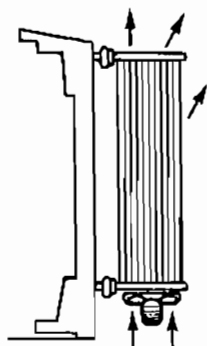
Hình 6.1. Hệ thống làm mát M

Dầu tuần hoàn tự nhiên làm mát máy biến áp

a) Bộ tản nhiệt được giữ chặt vào thành thùng; b) Bộ tản nhiệt đặt trên khung của nó.

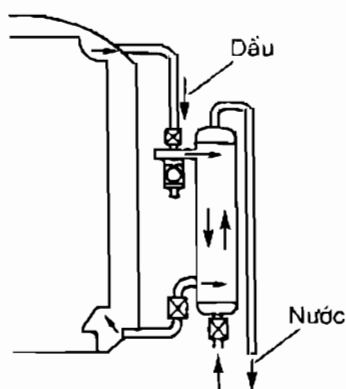
## 2. Làm mát bằng dầu tự nhiên có quạt gió

Đối với MBA công suất lớn việc làm mát bằng dầu tuần hoàn tự nhiên là không thỏa mãn yêu cầu nên cần phải tăng cường làm mát nhân tạo nhờ đặt thêm các quạt điện. Hệ thống làm mát này ký hiệu là D. Nhờ có quạt gió mà có thể cất bớt một số quạt khi nhiệt độ không khí thấp hoặc khi phụ tải của MBA giảm. Việc đóng cất các quạt gió có thể là tự động hoặc bằng tay.



Hình 6.2. Hệ thống làm mát D.

Dầu tuần hoàn tự nhiên và quạt thổi



Hình 6.3. Hệ thống làm mát L.

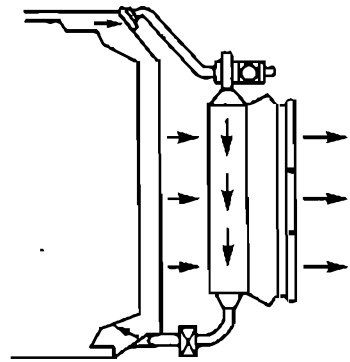
Dầu tuần hoàn cưỡng bức và được làm lạnh bằng nước

**3. Làm mát bằng tuần hoàn cưỡng bức dầu và không khí (hệ thống làm mát L)**

Đối với máy biến áp công suất lớn hơn 80 MVA người ta làm mát MBA bằng cách lưu thông cưỡng bức dầu và không khí nhờ các quạt gió thổi.

**4. Làm mát bằng dầu và nước (hệ thống làm mát DL)**

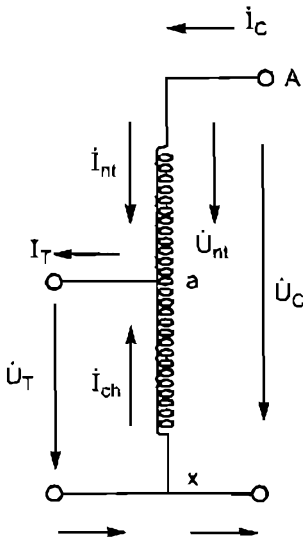
Đối với những máy biến áp có công suất cực lớn thì chu vi thùng không đủ để bố trí các bộ tản nhiệt cần thiết, vì vậy phải cho dầu tuần hoàn cưỡng bức, dầu được bơm qua bộ phận làm mát. Nước làm mát chạy trong các ống nước. Dầu sau khi được làm mát được đưa trở lại phía dưới thùng dầu. Sự làm mát bằng nước có hiệu suất cao hơn so với không khí. Giá thành của hệ thống làm lạnh thấp hơn, tiêu hao năng lượng ít.



Hình 6.4. Hệ thống làm lạnh DL. Dầu tuần hoàn cưỡng bức và không khí thổi

**6.3. MÁY BIẾN ÁP TỰ NGÃU**

**6.3.1. Nguyên lý làm việc của MBA tự ngẫu**



Hình 6.5. Sơ đồ nguyên lý của MBA tự ngẫu

Máy biến áp tự ngẫu cũng giống như MBA điện lực thông thường, chỉ khác là hai cuộn dây ngoài sự liên hệ về từ còn có sự liên hệ về điện nữa.

Sơ đồ của MBA tự ngẫu một pha hai cuộn dây được chỉ trên hình 6.5. Cuộn dây A-a có số vòng dây  $W_1-W_2$  gọi là cuộn dây nối tiếp. Cuộn dây a-x có số vòng dây  $W_2$  gọi là cuộn dây chung. Chiều của mũi tên quy ước là chiều dương của dòng điện và điện áp.

Phương trình sức từ động của MBA giảm áp hai cuộn dây:

$$I_c W_1 - I_T W_2 = I_\mu W_1 \tag{6.1}$$

Trong đó  $I_\mu$  là dòng điện từ hóa chạy trong cuộn dây A-x.

Nếu bỏ qua dòng từ hóa ta có:

$$\dot{I}_C W_1 = \dot{I}_T W_2. \quad (6.2)$$

Dòng điện chạy trong cuộn dây chung là:

$$\dot{I}_{ch} = \dot{I}_T - \dot{I}_C. \quad (6.3)$$

Sức từ động cuộn dây nối tiếp:

$$\dot{I}_C (W_1 - W_2) = \dot{I}_C W_1 - \dot{I}_C W_2. \quad (6.4)$$

Thay  $\dot{I}_C W_1 = \dot{I}_T W_2$  và chú ý  $\dot{I}_m = \dot{I}_C$  ta sẽ nhận được:

$$\dot{I}_m (W_1 - W_2) = (\dot{I}_T - \dot{I}_C) W_2 = \dot{I}_{ch} W_2. \quad (6.5)$$

Điều này chứng tỏ rằng: nếu bỏ qua dòng điện từ hóa thì sức từ động trong cuộn dây nối tiếp và cuộn dây chung bằng nhau về trị số và ngược pha nhau. Vì thế cuộn dây nối tiếp  $W_1 - W_2$  có dòng  $\dot{I}_m$  và cuộn dây chung  $W_2$  có dòng  $\dot{I}_{ch}$  tương ứng, có thể xem như là cuộn dây sơ cấp và thứ cấp của MBA tự ngẫu.

Đối với MBA tự ngẫu một pha, nếu bỏ qua tổn thất công suất thì công suất truyền tải là:

$$\begin{aligned} S &= U_C I_C \approx U_T I_T = U_T (I_C + I_{ch}) \\ &= U_T I_C + U_T I_{ch}. \end{aligned} \quad (6.6)$$

Điều này chứng tỏ công suất truyền từ sơ cấp sang thứ cấp gồm hai thành phần: Thành phần  $U_T I_C$  là công suất truyền trực tiếp bằng dòng điện sơ cấp nên gọi là công suất điện. Và thành phần  $U_T I_{ch}$  là công suất truyền bằng cách biến áp có sự tham gia của từ trường nên gọi là công suất biến áp.

Tỷ số giữa công suất biến áp với công suất toàn phần gọi là hệ số có lợi của MBA tự ngẫu:

$$\alpha = \frac{U_T I_{ch}}{S} = \frac{U_C - U_T}{U_C} = 1 - \frac{U_T}{U_C} \quad (6.7)$$

Công suất định mức của MBA tự ngẫu là công suất giới hạn có thể truyền tải qua phía cao áp của MBA tự ngẫu và cũng là công suất giới hạn có thể truyền qua phía trung áp của nó.

Còn công suất tính toán hay công suất mẫu của MBA tự ngẫu là:

$$S_{tt} = S_m = \alpha S_{dm} \quad (6.8)$$

### 6.3.2. Các chế độ làm việc của máy biến áp tự ngẫu

MBA tự ngẫu ba cuộn dây có hai chế độ làm việc như sau:

1. *Chế độ 1*: Công suất truyền tải theo hướng từ cao áp sang trung áp (CA → TA) đồng thời từ cao áp sang hạ áp (CA → HA) (h. 6.6); hay theo

hướng ngược lại TA → CA, đồng thời từ HA → CA (hướng mũi tên sẽ theo chiều ngược lại). Lúc này trong cuộn dây nối tiếp thành phần dòng của chế độ biến áp tự ngẫu và biến áp cùng hướng, do đó:

$$\dot{I}_{nt} = \dot{I}_{m(a)} + \dot{I}_{(t)} \quad (6.9)$$

Với:  $\dot{I}_{m(a)}$  – Thành phần dòng của chế độ biến áp tự ngẫu.

$\dot{I}_{(t)}$  – Thành phần dòng của chế độ biến áp.

Mặt khác: 
$$\dot{I}_{m(a)} = \frac{1}{U_C} (P_T - jQ_T) \quad (6.10)$$

$$\dot{I}_{(t)} = \frac{1}{U_C} (P_H - jQ_H) \quad (6.11)$$

Ở đây,  $P_T - jQ_T$  là công suất truyền từ cao áp sang trung áp (hay ngược lại).

$P_H - jQ_H$  là công suất truyền từ cao áp sang hạ áp (hay ngược lại).

Công suất của cuộn dây nối tiếp bằng:

$$S_{nt} = \frac{U_C - U_T}{U_C} \sqrt{(P_T + P_H)^2 + (Q_T + Q_H)^2} \quad (6.12)$$

Trong cuộn dây chung, thành phần dòng của chế độ biến áp tự ngẫu và chế độ biến áp ngược chiều nhau:

$$\dot{I}_{ch} = \dot{I}_{ch(a)} - \dot{I}_{(t)}$$

Từ phương trình sức từ động trong cuộn dây nối tiếp và cuộn dây chung ta có:

$$\dot{I}_{ch(a)} U_T = \dot{I}_{m(a)} (U_C - U_T) \quad (6.13)$$

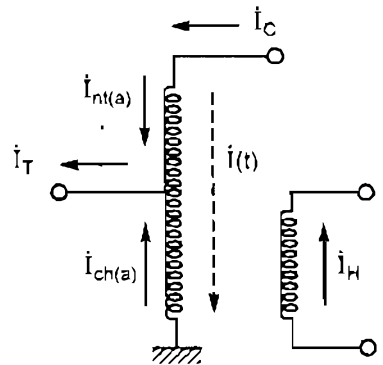
$$\dot{I}_{ch(a)} = \frac{U_C - U_T}{U_T} \cdot \frac{1}{U_C} (P_T - jQ_T) \quad (6.14)$$

Dòng điện trong cuộn dây chung của chế độ biến áp là:

$$\dot{I}_{(t)} = \frac{1}{U_C} (P_H - jQ_H)$$

Công suất của cuộn dây chung:

$$S_{ch} = \sqrt{\left[ \frac{U_C - U_T}{U_C} P_T - \frac{U_T}{U_C} P_H \right]^2 + \left[ \frac{U_C - U_T}{U_C} Q_T - \frac{U_T}{U_C} Q_H \right]^2} \quad (6.15)$$



Hình 6.6. Sơ đồ chỉ sự phân bố của dòng điện trong các cuộn dây của máy biến áp tự ngẫu.  
Chế độ CA ⇌ TA và CA ⇌ HA

2. *Chế độ 2*: Công suất được truyền từ cao áp sang trung áp (CA → TA) và đồng thời từ hạ áp sang trung áp (HA → TA) hoặc ngược lại từ TA → CA và TA → HA (mũi tên trên hình 6.7 sẽ có chiều ngược lại). Trong cuộn dây nối tiếp thành phần dòng của chế độ biến áp không có, do đó:

$$\dot{I}_m = \dot{I}_{m(a)} = \dot{I}_C = \frac{1}{U_C} (P_C - jQ_C).$$

Trong đó:  $P_C - jQ_C$  là công suất truyền từ cao áp sang trung áp (hoặc ngược lại).

Công suất cuộn dây nối tiếp:

$$S_m = \frac{U_C - U_T}{U_C} \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} \quad (6.16)$$

Trong cuộn dây chung, thành phần dòng của chế độ biến áp tự ngẫu và chế độ biến áp cùng chiều, do đó:

$$\dot{I}_{ch} = \dot{I}_{ch(a)} + \dot{I}_{(t)}. \quad (6.17)$$

Trong đó:

$$\dot{I}_{ch(a)} = \frac{U_C - U_T}{U_T} \frac{1}{U_C} (P_C - jQ_C)$$

và 
$$\dot{I}_{(t)} = \frac{1}{U_T} (P_H - jQ_H).$$

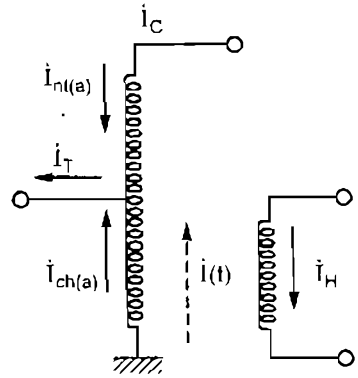
Với  $P_H - jQ_H$  là công suất truyền từ hạ áp sang trung áp (hay ngược lại).

Công suất cuộn dây chung được xác định theo biểu thức sau:

$$S_{ch} = \sqrt{\left[ \frac{U_C - U_T}{U_C} P_C + P_H \right]^2 + \left[ \frac{U_C - U_T}{U_C} Q_C + Q_H \right]^2} \quad (6.18)$$

Những biểu thức trên để tính dòng và công suất của hệ thống một pha, cũng phù hợp với hệ thống ba pha, khi đó điện áp  $U_C, U_T, U_H$  là điện áp dây, còn công suất  $P, Q, S$  là công suất ba pha.

Trong chế độ thứ nhất, công suất truyền tải qua MBA tự ngẫu bị giới hạn bởi công suất cuộn dây nối tiếp. Còn ở chế độ thứ hai, công suất truyền qua MBA tự ngẫu bị giới hạn bởi công suất cuộn dây chung.



Hình 6.7. Sơ đồ chỉ sự phân bố dòng điện trong các cuộn dây máy biến áp tự ngẫu  
Chế độ CA ↔ TA và HA ↔ TA



**Ví dụ 1:** Xác định công suất máy biến áp tự ngẫu ba pha 330/110/15kV. Cuộn dây thứ ba nối với máy phát điện 200 MW.

1. Công suất làm việc của máy phát điện  $S_{11} = 200 - j150$  MVA truyền cho hệ thống điện áp cao. Đồng thời từ trung áp công suất truyền lên cao áp  $S_T = 135 - j65$  MVA.

2. Công suất làm việc của máy phát điện  $S_{11} = 200 - j150$  truyền lên phía trung áp, đồng thời từ cao áp truyền sang trung áp  $S_C = 135 - j65$  MVA.

### Bài giải

\* Trường hợp một phù hợp với chế độ 1.

Phụ tải cuộn dây nối tiếp được xác định theo biểu thức (6.12):

$$\begin{aligned} S_{nt} &= \frac{U_C - U_T}{U_C} \sqrt{(P_T + P_{11})^2 + (Q_T + Q_{11})^2} \\ &= \frac{330 - 110}{330} \sqrt{(135 + 200)^2 + (65 + 150)^2} = \frac{2}{3} \sqrt{335^2 + 215^2} \\ &= 261 \text{ MVA.} \end{aligned}$$

Phụ tải cuộn dây chung tính theo biểu thức (6.15):

$$\begin{aligned} S_{ch} &= \sqrt{\left[ \frac{U_C - U_T}{U_C} P_T - \frac{U_T}{U_C} P_{11} \right]^2 + \left[ \frac{U_C - U_T}{U_C} Q_T - \frac{U_T}{U_C} Q_{11} \right]^2} \\ &= \sqrt{\left( \frac{2}{3} \cdot 135 - \frac{1}{3} \cdot 200 \right)^2 + \left( \frac{2}{3} \cdot 65 - \frac{1}{3} \cdot 150 \right)^2} \\ &= 24,2 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Phụ tải cuộn dây thứ ba:

$$S_H = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250 \text{ MVA.}$$

Máy biến áp tự ngẫu thỏa mãn chế độ đang xét có công suất định mức là

$$400 \text{ MVA và công suất mẫu là } \alpha \cdot S_{dm} = \left( 1 - \frac{U_T}{U_C} \right) S_{dm} = \frac{2}{3} \cdot 400 = 267 \text{ MVA.}$$

Công suất định mức của cuộn dây thứ ba không được nhỏ hơn 250 MVA. Phụ tải lớn nhất là cuộn dây nối tiếp và cuộn dây thứ ba, phụ tải bé nhất là cuộn dây chung.

Nếu cắt máy phát điện, phụ tải cuộn dây nối tiếp giảm xuống còn 100

MVA và phụ tải cuộn dây chung tăng lên 100 MVA. Nếu cắt phía điện áp trung của máy biến áp tự ngẫu thì phụ tải cuộn dây nối tiếp giảm xuống còn 166,7 MVA, phụ tải cuộn dây chung tăng lên đến 83,3 MVA.

\* Trường hợp thứ hai phù hợp với chế độ 2.

Phụ tải cuộn dây nối tiếp tính theo biểu thức (6.16)

$$S_{nt} = \frac{U_c - U_T}{U_c} \cdot \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \frac{2}{3} \sqrt{135^2 + 65^2} = 100 \text{ MVA}$$

Phụ tải cuộn dây chung tính theo biểu thức (6-18):

$$S_{ch} = \sqrt{\left[ \frac{U_c - U_T}{U_c} P_c + P_H \right]^2 + \left[ \frac{U_c - U_T}{U_c} Q_c + Q_H \right]^2}$$

$$= \sqrt{\left[ \frac{2}{3} \cdot 135 + 200 \right]^2 + \left[ \frac{2}{3} \cdot 65 + 150 \right]^2} = 348 \text{ MVA.}$$

Phụ tải cuộn dây thứ ba:

$$S_{H1} = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250 \text{ MVA.}$$

Máy biến áp tự ngẫu với công suất định mức là 400 MVA và công suất mẫu là 267 MVA sẽ không thỏa mãn chế độ khảo sát vì cuộn dây chung bị quá tải  $348/267 = 1,3$  lần. Phải chọn công suất máy biến áp tự ngẫu 500 MVA do đó công suất mẫu là 333 MVA. Lúc này cuộn dây chung vẫn bị quá tải là 4% (vì  $348/333 = 1,04$ ). Nếu không muốn điều này xảy ra thì có thể giảm công suất phát của máy phát điện hoặc giảm công suất truyền từ cao áp sang trung áp.

### 6.3.3. Ưu điểm và nhược điểm của máy biến áp tự ngẫu

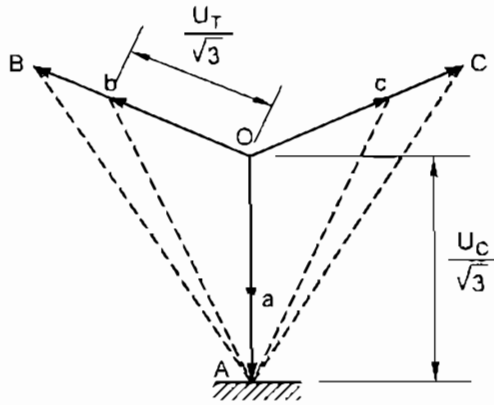
#### a) Ưu điểm

- Để sản xuất ra máy biến áp tự ngẫu chỉ cần tiêu hao lượng đồng, thép và vật liệu cách điện ít, do đó giá thành rẻ hơn.
- Kích thước, trọng lượng bé, vận chuyển dễ dàng hơn.
- Tổn hao công suất trong máy biến áp tự ngẫu nhỏ, hiệu suất cao.
- Tổn hao điện áp nhỏ, dòng điện từ hóa bé.

#### b) Nhược điểm

- Máy biến áp tự ngẫu chỉ dùng khi cả hai mạng trung áp và cao áp đều trực tiếp nối đất điểm trung tính. Bởi vì nếu điểm trung tính cách điện

mà xảy ra chạm đất một pha phía điện áp cao (ví dụ pha A chạm đất) thì điện áp của hai pha b, c bên trung áp sẽ tăng lên rất lớn, có thể đạt tới 3.8 lần so với điện áp pha. Bên cao áp điện áp pha tăng lên  $\sqrt{3}$  lần.

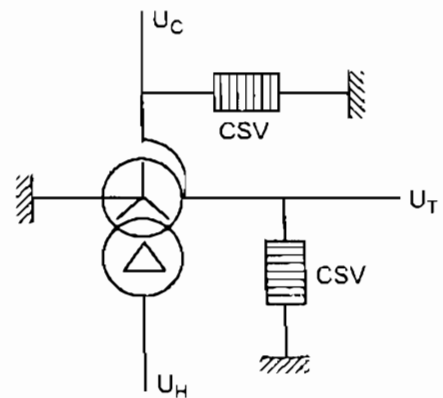


Hình 6.8. Đồ thị vectơ của máy biến áp tự ngẫu khi trung tính cách điện mà một pha A chạm đất

– Do có sự liên hệ về điện giữa cao áp và trung áp nên sóng quá điện áp có thể truyền từ cao áp sang trung áp hay ngược lại làm phá hủy cách điện, vì vậy ở đầu ra phía cao và trung áp của máy biến áp tự ngẫu phải đặt chống sét van (h. 6.9).

#### 6.4. CHẾ ĐỘ NHIỆT CỦA MÁY BIẾN ÁP

Trong quá trình làm việc do có tổn thất công suất nên MBA bị nóng lên. Nếu nhiệt độ càng tăng lên thì sự hao mòn cách điện càng tăng, và tuổi thọ của máy biến áp càng giảm. Nguồn nhiệt tỏa ra từ các cuộn dây. Nếu nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây luôn luôn là  $98^{\circ}\text{C}$  thì thời gian phục vụ của cách điện bằng khoảng  $20 \div 25$  năm. Chế tạo máy biến áp tuổi thọ lớn hơn được coi là không hợp lý. Vì sự phát triển nhanh chóng của kỹ thuật công nghệ chế tạo và cấu tạo máy biến áp cần phải được thay đổi theo nhịp độ tiến bộ của kỹ thuật. Nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây cho phép cao



Hình 6.9. Đặt chống sét van để bảo vệ máy biến áp

hơn nhiệt độ trung bình của nó là 13°C, như vậy nhiệt độ trung bình của cuộn dây trong điều kiện vận hành định mức bằng 85°C.

### 6.4.1. Chế độ nhiệt của máy biến áp

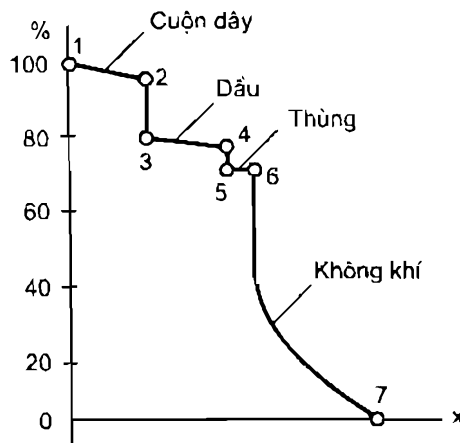
– Sự phân bố độ tăng nhiệt độ từ cuộn dây đến môi trường không khí của máy biến áp dầu thể hiện trên hình 6.10.

– Đoạn 1–2: biểu thị sự giảm nhiệt độ trong cuộn dây, không vượt quá vài độ.

– Đoạn 2–3: Sự thay đổi nhiệt độ từ bề mặt cuộn dây đến lớp dầu tiếp giáp, chủ yếu là do đối lưu, nhiệt độ giảm khoảng  $(20 \div 30)\%$  tổng độ tăng nhiệt độ cuộn dây so với nhiệt độ không khí.

– Đoạn 4–5: Sự giảm nhiệt độ từ dầu đến thành thùng, quá trình truyền nhiệt này cũng thực hiện bằng đối lưu.

– Đoạn 5–6: Đặc trưng cho sự giảm nhiệt độ ở thành thùng của máy biến áp, khoảng  $2 \div 3^\circ\text{C}$ .



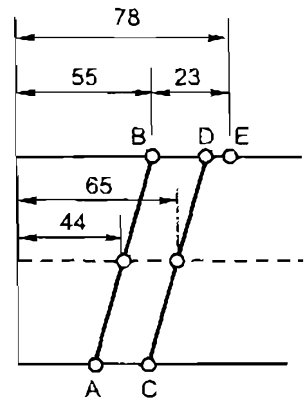
Hình 6.10. Sự phân bố độ tăng nhiệt độ từ cuộn dây đến không khí của máy biến áp dầu

– Đoạn 6–7: Biểu thị sự giảm nhiệt độ từ thành thùng đến môi trường xung quanh. Quá trình truyền nhiệt này thực hiện bằng bức xạ và đối lưu. Nhiệt giáng trong đoạn này bằng khoảng  $(60 \div 70)\%$  nhiệt giáng tổng.

Nhiệt độ dầu và cuộn dây máy biến áp (MBA) cũng tăng theo chiều cao MBA. Khi tính toán gần đúng, có thể xem sự thay đổi này là tuyến tính. Hình 6.11 biểu thị độ tăng nhiệt độ của MBA có hệ thống làm lạnh M và D khi vận hành định mức. Đoạn AB tương ứng với độ tăng nhiệt độ của dầu. Nhiệt độ điểm nóng nhất lớp bề mặt của dầu bằng khoảng 55°C.

Độ tăng nhiệt độ trung bình khoảng 80% (tức là khoảng 44°C) của độ tăng nhiệt độ lớn nhất.

Đoạn CD – biểu thị độ tăng nhiệt độ cuộn dây. Độ tăng nhiệt độ trung bình của nó bằng khoảng 65°C. Khoảng cách AB và CD tương ứng với độ tăng nhiệt độ cuộn dây so với nhiệt độ dầu, nó bằng khoảng 21°C. Độ tăng nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây so với nhiệt độ dầu là 23°C và so với không khí xung quanh là: 55°C + 23°C = 78°C. Như vậy, nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây khi vận hành định mức là 78°C + 20°C = 98°C. Với nhiệt độ này MBA có thể làm việc trong suốt thời gian phục vụ của nó (h. 6.11).



Hình 6.11 Biểu đồ nhiệt của MBA hệ thống làm lạnh M và II khi phụ tải định mức.

Đối với MBA có hệ thống làm lạnh II và III, các đường biểu diễn độ tăng nhiệt độ ít dốc hơn. Độ tăng nhiệt độ lớn nhất của dầu lớp trên cùng bằng 40°C, còn độ tăng nhiệt độ trung bình là 36°C. Độ tăng nhiệt độ của cuộn dây là 65°C. Độ tăng nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây so với nhiệt độ dầu là 38°C và so với nhiệt độ môi trường làm mát là 40°C + 38°C = 78°C, nghĩa là cũng giống như các MBA có hệ thống làm lạnh M và II.

### 6.4.2. Độ tăng nhiệt độ dầu và cuộn dây MBA ở trạng thái xác lập khi phụ tải khác với định mức

Độ tăng nhiệt độ của dầu (lớp bề mặt) so với nhiệt độ môi trường làm mát tỷ lệ bậc m với tổn hao công suất trong MBA. Giá trị của m phụ thuộc vào hệ thống làm mát.

Bảng 6.1

Hệ thống làm lạnh	M	II	III	IIII
Tỉ số m	0,8	0,9	1,0	1,0

Tổn hao công suất khi phụ tải định mức:

$$P_{Cu} + P_{Fe} = P_{Fe} (1 + b).$$

Trong đó:  $b = \frac{P_{Cu}}{P_{Fe}}$  – tỷ số tổn hao công suất trong cuộn dây và lõi

thép khi phụ tải định mức,  $b = 2 \div 6$ .

Khi phụ tải khác định mức thì tổn hao công suất thay đổi như sau:

$$P = P_{pc} (1 + bk^2).$$

Trong đó:  $k = \frac{S}{S_{dm}}$  là phụ tải tương đối của MBA.

Độ tăng nhiệt độ dầu lớp bề mặt so với nhiệt độ môi trường làm mát ứng với phụ tải tương đối  $k$  được xác định theo biểu thức:

$$\theta_d = \theta_{d(dm)} \left( \frac{1 + bk^2}{1 + b} \right)^m \quad (6.19)$$

Với:  $\theta_{d(dm)}$  – độ tăng nhiệt độ dầu khi phụ tải định mức.

Độ tăng nhiệt độ cuộn dây so với nhiệt độ dầu tỷ lệ với tổn hao công suất trong các cuộn dây theo bậc  $n$ . Mặt khác, tổn hao công suất trong cuộn dây lại tỷ lệ với bình phương của phụ tải, do đó ta có:

$$\Delta\theta_{cd} = \Delta\theta_{cd(dm)} k^{2n} \quad (6.20)$$

Trong tính toán gần đúng ta coi  $n = m$ .

$\Delta\theta_{cd(dm)}$  – là độ tăng nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây so với nhiệt độ dầu lớp bề mặt ứng với phụ tải định mức. Vậy độ tăng nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây so với nhiệt độ môi trường ứng với phụ tải tương đối  $k$  là:

$$\theta_{cd} = \theta_d + \Delta\theta_{cd} = \theta_d + \Delta\theta_{cd(dm)} k^{2n} \quad (6.21)$$

### 6.4.3. Độ tăng nhiệt độ của dầu và cuộn dây trong quá trình quá độ

Giữa hai chế độ nhiệt xác lập bất kỳ là chế độ nhiệt quá độ. Trong giai đoạn quá độ, nhiệt độ MBA không ngừng thay đổi. Việc nghiên cứu quá trình quá độ này có ý nghĩa quan trọng vì nó cho phép ta xác định được nhiệt độ đốt nóng MBA khi quá tải. Coi MBA như là một vật thể đồng nhất (thực tế MBA điện lực không phải là vật thể đồng nhất) do đó, có thể áp dụng phương trình cân bằng nhiệt để tính toán quá trình quá độ.

$$Pdt = GCd\theta + qF\theta dt$$

Trong đó:  $P$  – Nhiệt lượng sinh ra trong một đơn vị thời gian.

$C$  – Tỷ nhiệt của vật.

$G$  – Khối lượng vật.

$\theta$  – Độ tăng nhiệt độ của vật so với môi trường xung quanh.

$q$  – Hệ số truyền nhiệt, tức là nhiệt lượng tỏa ra môi trường tính trong một đơn vị thời gian khi nhiệt độ tăng lên  $1^\circ\text{C}$ .

$F$  – Bề mặt làm lạnh.

$t$  – Thời gian.

Ở chế độ xác lập  $d\theta = 0 \rightarrow P = qF\theta_{x'} \ell$ . Do đó  $\theta_{x'} = \frac{P}{qF}$ . Nếu không

có sự tản nhiệt thì phương trình trên có thể viết được:

$$Pdt = GCd\theta.$$

hay:  $Pt = GC\theta.$

Coi  $P$  là hằng số,  $C$  không phụ thuộc vào nhiệt độ. Thời gian cần thiết để đạt tới nhiệt độ xác lập khi không có sự tản nhiệt gọi là hằng số thời gian của quá trình nhiệt.

$$\tau = \frac{GC\theta_{x'}}{P} = \frac{GC}{qF}.$$

Chia hai vế cho  $qF$  và biến đổi, ta được:

$$\theta_{x'} dt = \tau d\theta + \theta dt$$

$$(\theta_{x'} - \theta)dt = \tau d\theta$$

Giải phương trình này ta được:

$$\theta_{x'} - \theta = Ae^{-t/\tau}$$

Trong đó:  $A$  là hằng số tích phân xác định theo điều kiện ban đầu, tại  $t = 0$  độ tăng nhiệt độ ban đầu  $\theta_0$ :

$$A = \theta_{x'} - \theta_0$$

Suy ra:  $\theta = \theta_{x'} (1 - e^{-t/\tau}) + \theta_0 e^{-t/\tau}$  (6.22).

Biểu thức này giúp ta tính được độ tăng nhiệt độ của vật thể tại bất kỳ thời điểm nào của quá trình quá độ khi đốt nóng cũng như lúc để nguội vật thể đồng nhất.

Phương trình (6.22) cũng có thể viết lại như sau:

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{x'} - \theta_0) (1 - e^{-t/\tau})$$
 (6.23)

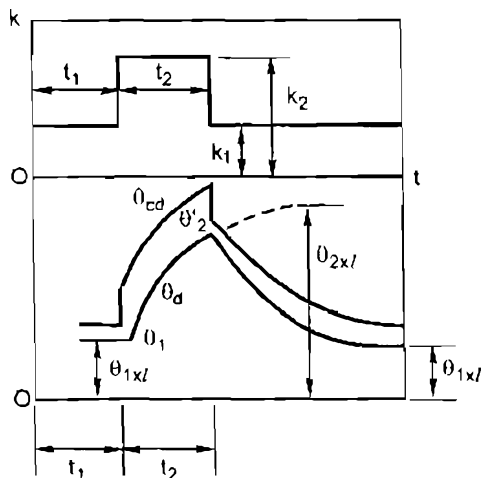
**Bảng 6.2. Hằng số thời gian  $\tau$  của máy biến áp**

Công suất của máy biến áp, MVA	Hệ thống làm mát	Hằng số thời gian $\tau$ (giờ)
Từ 0,001 đến 1,0	M	2,5
Lớn hơn 1,0 đến 6,3	M	3,5
Lớn hơn 6,3 đến 32	Д	2,5
Lớn hơn 32 đến 63	Д	3,5
Từ 100 đến 125	Ц và ДЦ	2,5
Lớn hơn 125	Ц và ДЦ	3,5

### 6.4.4. Chế độ nhiệt của máy biến áp khi đồ thị phụ tải hình bậc thang

#### a) Đồ thị phụ tải hai bậc

Một MBA làm việc với đồ thị phụ tải hai bậc như hình 6.12 với các thông số  $k_1, k_2, t_1, t_2$ . Giả thiết thời gian  $t_1$  của phụ tải  $k_1$  đủ lớn và độ tăng nhiệt độ của cuộn dây đạt đến giá trị xác lập  $\theta_{1x'}$ . Do đó bắt đầu thời gian  $t_2$  ứng với phụ tải  $k_2$ , độ tăng nhiệt độ của dầu được tăng lên và có xu hướng đạt đến trị số xác lập  $\theta_{2x'}$ . Nhưng vì thời gian  $t_2$  không đủ lớn nên quá trình tăng nhiệt độ bị gián đoạn ở nhiệt độ  $\theta'_2$ , tương ứng với thời gian cuối bậc hai và xác định theo biểu thức (6.22) nếu biết được độ tăng nhiệt độ ban đầu. Sau đó phụ tải giảm xuống, nhiệt độ giảm và



Hình 6.12. Độ tăng nhiệt độ của dầu và cuộn dây so với môi trường khi đồ thị phụ tải hai bậc

cuối cùng đạt tới nhiệt độ xác lập  $\theta_{1x'}$ . Hiệu của hai đường cong chính là độ tăng nhiệt độ của cuộn dây so với nhiệt độ dầu, nó cũng có thể tính theo biểu thức (6.20).

#### b) Đồ thị phụ tải nhiều bậc

Với đồ thị phụ tải nhiều bậc, thì độ tăng nhiệt độ của dầu ở mỗi bậc do thời gian ngắn nên chưa kịp đạt tới trị số xác lập. Trường hợp này nếu sử dụng biểu thức (6.22) để tính độ tăng nhiệt độ của dầu sẽ không thuận tiện. Do đó, đầu tiên người ta chọn nhiệt độ ban đầu  $\theta_0$ , rồi trên cơ sở đó mà xác định độ tăng nhiệt độ cuối cùng của mỗi bậc  $\theta'_1, \theta'_2, \dots, \theta'_n$  và phải đảm bảo thỏa mãn điều kiện  $\theta'_n = \theta_0$ . Tính toán như vậy sẽ phức tạp và tốn nhiều thời gian. Vì vậy, ta có thể xác định  $\theta_0$  như sau:

$$\theta_0 = \frac{1}{A_n - 1} \sum_{i=1}^n \theta_{ix'} (A_i - A_{i-1}) \quad (6.24)$$

Độ tăng nhiệt độ cuối cùng của bậc thứ x nào được tính như sau:

$$\theta'_x = \frac{1}{A_x} \left[ \theta_0 + \sum_{i=1}^n \theta_{ix'} (A_i - A_{i-1}) \right] \quad (6.25)$$



Trong đó:  $A_i = e^{u_i t}$ .

$t_1, t_2, \dots, t_i$  – các khoảng thời gian tính từ thời điểm được chọn làm gốc.

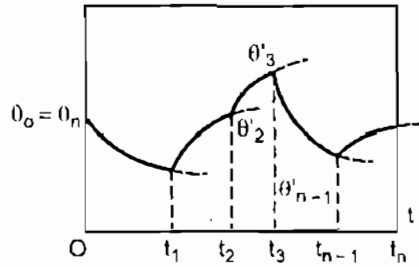
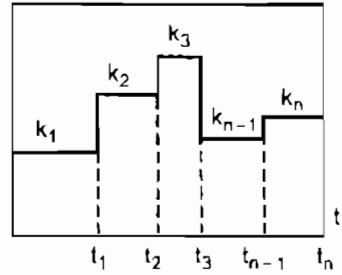
$\theta_{1x}, \theta_{2x}, \dots, \theta_{nx}$  – độ tăng nhiệt độ ở trạng thái xác lập tương ứng với phụ tải  $k_1, k_2, \dots, k_n$ .

$i$  – số thứ tự của bậc

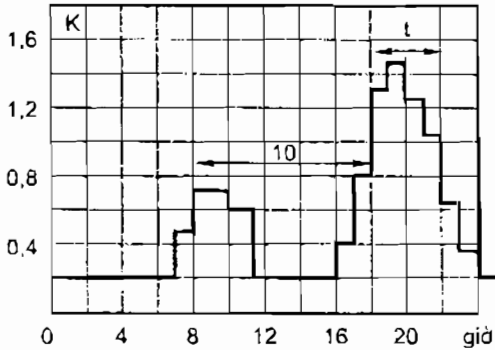
$n$  – số bậc.

Chú ý rằng, việc chọn thời điểm nào làm gốc là hoàn toàn tùy ý. Sau khi tính được độ tăng nhiệt độ cuối cùng của mỗi bậc, ta hoàn toàn có thể xác định giá trị nhiệt độ trung gian của bất kỳ thời điểm nào của phụ tải theo biểu thức (6.23).

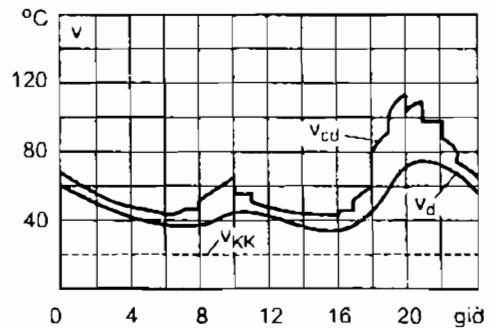
**Ví dụ 2:** Xây dựng biểu đồ thay đổi nhiệt độ cuộn dây và dầu theo thời gian của MBA làm việc với đồ thị phụ tải như hình 6.14. Cho biết hệ thống làm mát M. hàng số thời gian là 3,5 giờ, tỷ số tổn hao  $P_{cu}/P_{Fe}$  bằng 5, nhiệt độ không khí 20°C.



**Hình 6.13.** Độ tăng nhiệt độ dầu và cuộn dây so với môi trường làm mát trong quá trình quá độ ứng với đồ thị phụ tải nhiều bậc



**Hình 6.14.** Đồ thị phụ tải ngày – đêm của máy biến áp



**Hình 6.15.** Đường biểu diễn nhiệt độ dầu và cuộn dây của máy biến áp

### Bài giải

Đồ thị phụ tải này có 13 bậc với các khoảng thời gian từ 1 đến 7 giờ. Tùy ý chọn gốc thời gian là lúc 7 giờ sáng. Các kết quả tính toán ghi vào bảng 6.3. Có thể diễn giải cách tính như sau:

Lúc 7 giờ  $t = 0 \rightarrow t_i/\tau = 0 \rightarrow A_i = e^{t_i/\tau} = e^0 = 1$

Kết quả ghi vào hàng thứ nhất ở các cột 1, 2, 3, 4.

Lúc 8 giờ  $t = 8 - 7 = 1$  giờ

$$\rightarrow \frac{t_i}{\tau} = \frac{1}{3,5} = 0,286 \rightarrow A_i = e^{t_i/\tau} = e^{0,286} = 1,33.$$

Hệ số phụ tải  $k = 0,48$  (Xác định dựa vào đồ thị phụ tải của MBA).

Tính giá trị cột 7:

$$\theta_{i,\tau} = \theta_{d(dm)} \left( \frac{1 + bk^2}{1 + b} \right)^m.$$

Trong đó:  $\theta_{d(dm)} = 55^\circ\text{C}$  – độ tăng nhiệt độ của dầu lớp bề mặt khi phụ tải định mức đối với hệ thống làm mát M và D. (Đối với hệ thống làm mát L và LL là  $40^\circ\text{C}$ );  $m = 0,8$ . Thay số vào ta có:

$$\theta_{i,\tau} = 55 \left( \frac{1 + 5 \times 0,48^2}{1 + 5} \right)^{0,8} = 24^\circ\text{C}$$

Ghi vào cột 7 hàng 2. Cột 8 chính là tích số của cột 5 với cột 7; nghĩa là:

$$\theta_{i,\tau} (A_i - A_{i-1}) = 24 \times 0,33 = 7,9$$

Cột 9 chính là tổng của các hàng cột 8. Các số liệu vừa tính ở thời điểm 8 giờ sẽ ghi lần lượt vào cột 1 cho đến cột 9 hàng thứ 2.

Lúc 10 giờ tức  $t_i = 10 - 7 = 3$  giờ, các bước tính tương tự như lúc 8 giờ. Lúc 24 giờ (giờ cuối cùng của đồ thị phụ tải) thì  $t_i = 24 - 7 = 17$  giờ. Sau đó tính tiếp lúc 7 giờ sáng thì  $t_i = 24 - 0 = 24$  giờ.

Bây giờ xác định được độ tăng nhiệt độ ban đầu của dầu theo biểu thức (6.24):

$$\theta_0 = \frac{1}{A_n - 1} \sum_{i=1}^n \theta_{i,\tau} (A_i - A_{i-1}) = \frac{18000}{932 - 1} = 19,3^\circ\text{C}.$$

Xác định độ tăng nhiệt độ dầu ở cuối mỗi bậc theo biểu thức (6-25) kết quả ghi vào cột 10.

Ví dụ, lúc 8 giờ,  $t_i = 1$  giờ,  $A_i = 1,33$ ,  $\theta_0 = 19,3^\circ\text{C}$ . Vậy:

$$\begin{aligned} \theta'_i &= \frac{1}{A_i} \left[ \theta_0 + \sum \theta_{i,\tau} (A_i - A_{i-1}) \right] \\ &= \frac{1}{1,33} [19,3 + 7,9] = 20,5^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

– Cột 11 xác định độ tăng nhiệt độ cuộn dây so với dầu theo biểu thức (6.20):

$$\Delta\theta_{cd} = \Delta\theta_{cd(dm)} k^{2n}$$

Trong đó:  $\Delta\theta_{cd(dm)} = 23^{\circ}\text{C}$  là độ tăng nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây so với dầu lớp bề mặt khi phụ tải là định mức (đối với hệ thống M và II).

– Cột 12 xác định độ tăng nhiệt độ cuộn dây so với nhiệt độ dầu, nó chính là tổng giá trị cột 10 với cột 11.

– Cột 13 xác định nhiệt độ dầu, chính là giá trị cột 12 cộng với nhiệt độ môi trường theo đề ra là  $20^{\circ}\text{C}$ .

**Bảng 6.3. Kết quả tính toán nhiệt độ dầu và cuộn dây của MBA**

l	t	$\frac{t_l}{\tau}$	$A_l$	$A_l - A_{l-1}$	$k_l$	$\theta_{l(x)}$	$\theta_{l(x)} (A_l - A_{l-1})$	$\sum \theta_{l(x)} (A_l - A_{l-1})$	$\theta'_l$	$\Delta\theta_{cd}$	$\theta'_l + \Delta\theta_{cd}$	$\theta_{cd}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	0	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	1	0,286	1,33	0,33	0,48	24	7,9	7,9	20,5	6	26,5	46,5
2	3	0,857	2,35	1,02	0,73	37	37,7	45,6	27,6	14	41,6	61,6
3	4	1,14	3,13	0,78	0,58	28	21,8	67,4	27,7	9	36,7	56,7
4	9	2,57	13,1	9,97	0,22	15,5	154,5	221,9	18,4	2	20,4	40,4
5	10	2,86	17,3	4,2	0,37	19	79,8	302	18,5	4	22,5	42,5
6	11	3,14	23,1	5,8	0,81	41	238	540	24,2	16	40,2	60,2
7	12	3,43	30,9	7,8	1,32	80	624	1164	38,3	36	74,3	94,3
8	13	3,72	41,3	10,4	1,47	95	988	2152	52,5	43	95,5	115,5
9	14	4,0	54,6	13,3	1,25	74	984	3136	57,8	35	92,8	112,8
10	15	4,28	72,5	17,9	1,03	57	1020	4156	57,5	24	81,5	101,5
11	16	4,57	95,5	23,0	0,66	33	759	4915	51,6	11	62,6	82,6
12	17	4,85	129	33,5	0,37	19	636	5550	43,2	4	47,2	67,2
13	24	6,86	132	80,3	0,22	15,5	12450	18000	19,3	2	21,2	41,2

Từ bảng kết quả tính toán thấy rằng hầu hết thời gian làm việc, nhiệt độ cuộn dây đều thấp hơn  $98^{\circ}\text{C}$  và nó chỉ vượt quá trị số nhiệt độ này khi phụ tải đạt giá trị khoảng 19 đến 22 giờ.

## 6.5. XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG QUÁ TẢI CỦA MÁY BIẾN ÁP

Có hai dạng quá tải đó là quá tải bình thường và quá tải sự cố.

### 6.5.1. Quá tải bình thường

Đó là chế độ làm việc xét trong một khoảng thời gian nào đó, có lúc MBA làm việc quá tải và khoảng thời gian còn lại của chu kỳ khảo sát thì

MBA mang tải nhỏ hơn công suất định mức. Mức độ quá tải phải được tính toán sao cho hao mòn cách điện trong thời gian xét không vượt quá hao mòn định mức ứng với nhiệt độ cuộn dây bằng 98°C.

Trường hợp đồ thị phụ tải hai bậc thì xác định khả năng quá tải thường xuyên dựa vào đường đặc tính khả năng tải của MBA và tiến hành như sau:

1. Dựa vào phụ tải cực đại, chọn loại và công suất định mức của MBA, sau đó xác định hệ số quá tải:

$$k_2 = \frac{S_2}{S_{\text{dm}}} \quad (6.26)$$

2. Xác định hệ số phụ tải bậc một:

$$k_1 = \frac{S_1}{S_{\text{dm}}} \quad (6.27)$$

3. Dựa vào hệ thống làm mát MBA, công suất định mức và nhiệt độ môi trường để xác định số thứ tự đường đặc tính khả năng tải của MBA theo bảng 6.4.

**Bảng 6.4**

Hệ thống làm mát	Hằng số thời gian $\tau$ của MBA	Số thứ tự biểu đồ khả năng tải ứng với nhiệt độ đẳng trị của môi trường xung quanh, °C						Công suất của máy biến áp, MVA
		-10	0	10	20	30	40	
M	2,5	1	3	5	7	9	11	Từ 0,001 đến 1,0
	3,5	2	4	6	8	10	12	Lớn hơn 1,0 đến 6,3
Д	2,5	13	15	17	19	21	23	Lớn hơn 6,3 đến 32
	3,5	14	16	18	20	22	24	Lớn hơn 32 đến 63
ДII, II	2,5	25	27	29	31	33	35	Từ 100 đến 125
	3,5	26	28	30	32	34	36	Lớn hơn 125

4. Từ biểu đồ tính toán khả năng tải, dựa vào hệ số phụ tải bậc một  $k_1$  và thời gian quá tải  $t$  mà xác định hệ số quá tải cho phép  $k_{2cp}$ .

5. So sánh  $k_2$  tính toán với  $k_{2cp}$ , điều kiện  $k_2 \leq k_{2cp}$  thì MBA được phép quá tải thường xuyên ứng với chế độ làm việc của nó.

Trường hợp nếu đồ thị phụ tải nhiều bậc thì phải đưa về đồ thị phụ tải hai bậc đẳng trị. Cách tính toán như sau:

– Xác định phụ tải đẳng trị bậc một trong phạm vi 10 giờ liền trước (hay liền sau), quá tải lớn nhất tùy thuộc vào cực đại xuất hiện buổi chiều hay buổi sáng trong ngày:

$$S_{1,dt} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} S_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^{n_1} t_i}} \quad (6.28)$$

– Xác định phụ tải đẳng trị bậc hai:

$$S_{2,dt} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_2} S_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^{n_2} t_i}} \quad (6.29)$$

- Trong đó:  $S_i$  – phụ tải bậc thứ  $i$ .
- $t_i$  – thời gian bậc thứ  $i$ .
- $n_1$  – số bậc trong 10 giờ tính đến quá tải đầu tiên.
- $n_2$  – số bậc trong thời gian quá tải.

Trường hợp xuất hiện hai lần quá tải trong một ngày thì phụ tải đẳng trị bậc hai được tính đối với cực đại nào có  $\sum S_i^2 t_i$  đạt giá trị lớn nhất. Sau đó dễ dàng xác định phụ tải đẳng trị bậc một. Chú ý rằng, nếu  $S_{2,dt} < 0,9 S_{dm}$  thì lấy  $S_{2,dt} = 0,9 S_{dm}$  và thời gian quá tải được tính lại như sau:

$$t' = \frac{S_{2,dt}^2 \cdot t}{(0,9 S_{dm})^2} \quad (6.30)$$

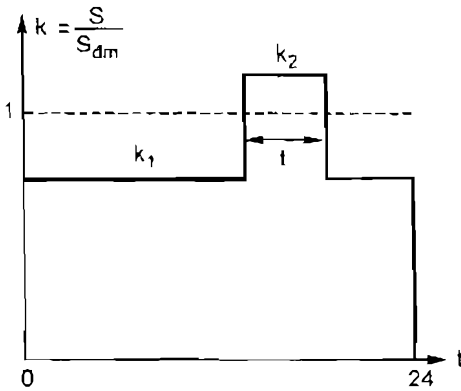
Tiếp theo tính hệ số phụ tải bậc một:

$$k_1 = \frac{S_{1,dt}}{S_{dm}}$$

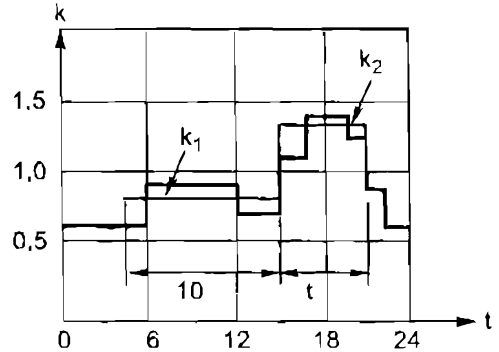
và hệ số phụ tải bậc hai:

$$k_2 = \frac{S_{2,dt}}{S_{dm}}$$

Như vậy, từ đồ thị phụ tải nhiều bậc đưa về hai bậc đẳng trị (h. 6.17), sau đó tính quá tải cho phép giống như đã trình bày với đồ thị phụ tải hai bậc (h. 6.16).



Hình 6.16. Đồ thị phụ tải hai bậc



Hình 6.17. Đồ thị phụ tải nhiều bậc đưa về hai bậc đẳng trị

### 6.5.2. Quá tải sự cố

Quá tải sự cố là quá tải cho phép MBA làm việc trong điều kiện sự cố (ví dụ hỏng một trong hai MBA làm việc song song) mà không làm hư hỏng chúng. Trong điều kiện sự cố cho phép MBA đầu quá tải 40% công suất định mức của nó nếu thời gian quá tải trong ngày không quá 6 giờ tính trong 5 ngày đêm liên tục và hệ số phụ tải bậc một-không vượt quá 0,93.

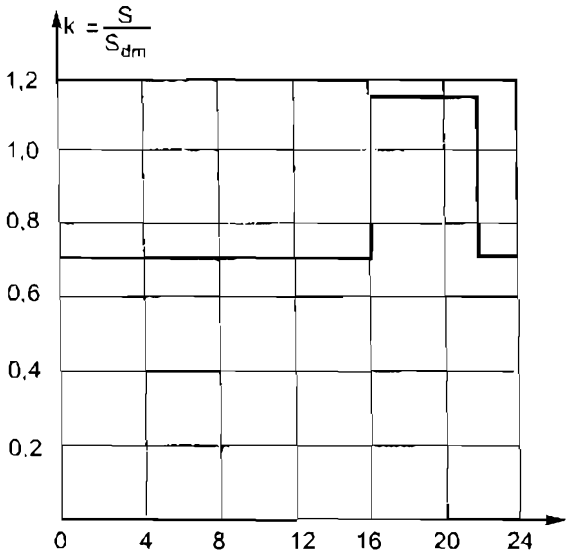
Quá tải sự cố cho phép bằng 1,4 nên xem như một hệ số tính toán nào đó sử dụng khi lựa chọn MBA theo điều kiện quá tải sự cố. Trị số quá tải sự cố cho phép trong vận hành được quyết định phụ thuộc vào điều kiện cụ thể: đồ thị phụ tải và nhiệt độ môi trường làm mát. Người ta xác định quá tải này bằng cách tính toán chế độ nhiệt của MBA hoặc tính theo bảng cho sẵn ở phụ lục đối với MBA làm việc với đồ thị phụ tải hai bậc và hệ thống làm mát loại M và D.

*Ví dụ 3:* Máy biến áp loại T1 làm việc với đồ thị phụ tải hai bậc (hình 6.18), nhiệt độ đẳng trị của môi trường làm mát (không khí) là +20°C, hằng số thời gian 2,5 giờ. Tỷ số tổn hao ngắn mạch và tổn hao không tải là 5. Tính toán chế độ nhiệt của máy biến áp.

#### Bài giải

Tính toán chế độ nhiệt của MBA nghĩa là xác định sự thay đổi nhiệt độ dầu lớp bề mặt và nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây trong thời gian khảo sát. Xác định độ tăng nhiệt độ ban đầu của dầu so với môi trường làm mát trong khoảng thời gian từ 16 đến 22 giờ (quá trình của bậc hai) với giả thiết rằng, đến buổi chiều phụ tải tăng lên và nhiệt độ đạt tới trạng thái ổn định. Độ tăng nhiệt độ ban đầu của dầu  $\theta_1$  ứng với phụ tải bậc một  $k_1 = 0,7$  được tính theo biểu thức (6.19).

$$\theta_1 = \theta_{d(dm)} \left( \frac{1 + bk_1^2}{1 + b} \right)^m = 55 \cdot \left( \frac{1 + 5 \cdot 0,7^2}{1 + 5} \right)^{0,9} = 33,4^\circ\text{C}.$$



Hình 6.18. Đồ thị phụ tải của MBA

Độ tăng nhiệt độ của dầu  $\theta_2$  ứng với phụ tải bậc hai là ( $k_2 = 1,15$ )

$$\theta_2 = \theta_{d(dm)} \left( \frac{1 + bk_2^2}{1 + b} \right)^m = 55 \left( \frac{1 + 5 \cdot 1,15^2}{1 + 5} \right)^{0,9} = 68,3^\circ\text{C}.$$

Theo công thức (6-23) ta xác định được độ tăng nhiệt độ của dầu so với nhiệt độ môi trường làm mát:

$$\theta_d = \theta_0 + (\theta_{\infty} - \theta_0)(1 - e^{-t/\tau}) = \theta_1 + (\theta_2 - \theta_1)(1 - e^{-t/\tau})$$

Thay số vào ta được:

$$\theta_d = 33,4 + (68,3 - 33,4)(1 - e^{-t/2,5}) = 33,4 + 34,9(1 - e^{-t/2,5})$$

Lần lượt thay  $t = 0$  (lúc 16 giờ, chọn làm gốc thời gian);  $t = 2$  (lúc 18 giờ);  $t = 4$  (lúc 20 giờ) và  $t = 6$  (lúc 22 giờ). Sau đó lại tính nhiệt độ dầu lúc phụ tải giảm (quá trình bậc một từ 22 giờ đến 16 giờ) với giả thiết rằng,  $\theta_1 = 65,1^\circ\text{C}$  (ứng với lúc 22 giờ) và  $\theta_2 = 33,4^\circ\text{C}$ . Cụ thể là:

$$\theta_d = 65,1 + (33,4 - 65,1)(1 - e^{-t/2,5}) = 65,1 - 31,7(1 - e^{-t/2,5}).$$

Lại lần lượt thay  $t$ , nhưng phải nhớ rằng lúc này gốc thời gian là 22 giờ, cụ thể lúc 24 giờ thì  $t = 24 - 22 = 2$  giờ; lúc 4 giờ thì  $t = 2 + 4 = 6$  giờ; lúc 8 giờ thì  $t = 2 + 8 = 10$  giờ và lúc 12 giờ thì  $t = 2 + 12 = 14$  giờ. Các kết quả tính toán ghi vào hàng thứ 4 (bảng 6.5).

Như vậy nhiệt độ dầu là:  $\vartheta_d = \theta_d + \theta_{xq} = \theta_d + 20$ , nghĩa là lấy kết quả hàng thứ 4 cộng với nhiệt độ môi trường 20°C. Kết quả ghi vào hàng thứ 5.

Tính nhiệt độ cuộn dây theo biểu thức (6.21)

$$\theta_{cd} = \theta_d + \Delta\theta_{cd(dm)} k^{2n}. \text{ Trong đó } \Delta\theta_{cd(dm)} = 23^\circ\text{C}.$$

Với thời gian từ 16 đến 22 giờ,  $k_2 = 1,15$ . Do đó:

$$\theta_{cd} = \theta_d + 23 \times 1,15^{0,9} = \theta_d + 28,8.$$

Và quá trình bậc một từ 22 đến 16 giờ,  $k_1 = 0,7$ , ta được:

$$\theta_{cd} = \theta_d + 23 \cdot 0,7^{0,9} = \theta_d + 13.$$

Kết quả tính toán ghi vào hàng thứ 6.

Cuối cùng, xác định nhiệt độ cuộn dây:

$$\vartheta_{cd} = \theta_{cd} + \theta_{xq} = \theta_{cd} + 20$$

Kết quả ghi vào hàng thứ 6. Ở đây cần lưu ý lúc 16 giờ và 22 giờ có hai giá trị phụ tải  $k$ . Cụ thể lúc 16 giờ thì nhiệt độ cuộn dây là:

$$\vartheta_{cd} = \theta_d + 13 = 33,4 + 13 = 46,4^\circ\text{C}.$$

và

$$\vartheta_{cd} = \theta_d + 28,8 = 33,4 + 28,8 = 62,2^\circ\text{C}.$$

Tương tự như vậy, lúc 22 giờ nhiệt độ cuộn dây có hai giá trị:

$$\vartheta_{cd} = 65,1 + 13 = 78,1^\circ\text{C}.$$

và

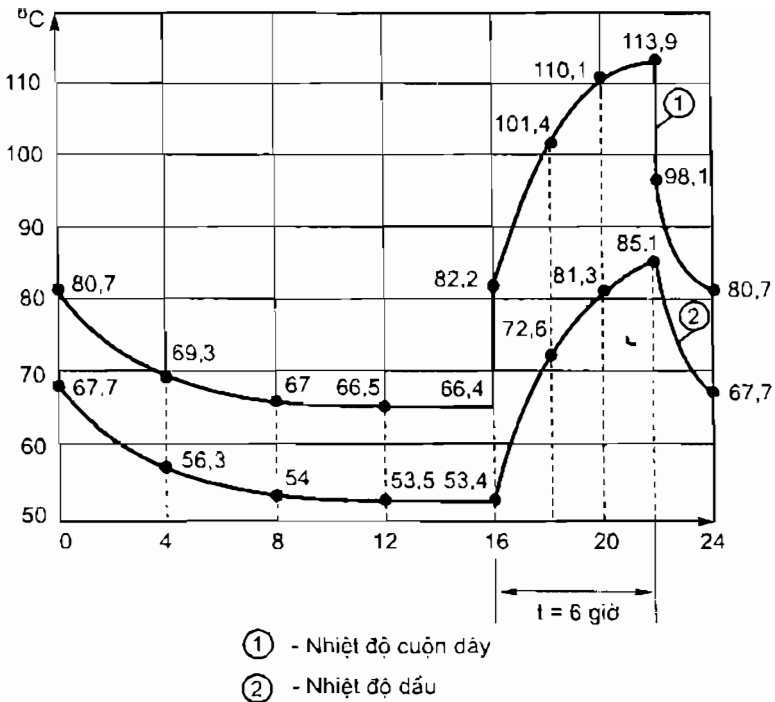
$$\vartheta_{cd} = 65,1 + 28,8 = 93,9^\circ\text{C}.$$

Dưới đây là đường biểu diễn nhiệt độ dầu và cuộn dây của MBA (h. 6.19).

**Bảng 6.5**

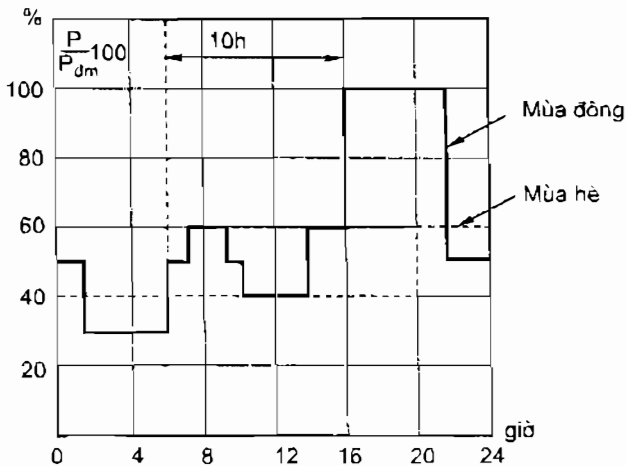
Thời gian	0 (24)	4	8	12	16	18	20	22
Thời gian bậc 1	2	6	10	14	18	-	-	0
Thời gian bậc 2	-	-	-	-	0	2	4	6
$\theta_d$ °C	47,7	36,3	34,0	33,5	33,4	52,6	61,3	65,1
$\vartheta_d$ °C	67,7	56,3	54,0	53,5	53,4	72,6	81,3	85,1
$\theta_{cd}$ °C	60,7	49,3	47,0	46,5	62,2	81,4	90,1	93,9
					46,4			78,1
$\vartheta_{cd}$ °C	80,7	69,3	67,0	66,5	66,4	101,4	110,1	113,9
					82,2			98,1





Hình 6.19. Đường biểu diễn nhiệt độ dầu và cuộn dây của máy biến áp

**Ví dụ 4:** Lựa chọn số lượng, loại và công suất định mức MBA của trạm giảm áp 35/6,6 kV cung cấp điện cho hệ loại 3; với phụ tải cực đại là 11,5 MW,  $\cos\varphi = 0,92$ . Nhiệt độ đẳng trị của không khí, mùa đông là  $0^{\circ}\text{C}$ ; mùa hè là  $10^{\circ}\text{C}$ . Đồ thị phụ tải mùa đông, mùa hè trong năm cho trên hình 6.20.



Hình 6.20. Đồ thị phụ tải mùa đông, mùa hè của trạm biến áp

### Bài giải

Vì là hộ tiêu thụ loại 3 nên chỉ đặt một máy biến áp hai cuộn dây có điện áp 35/6,6 kV. Xác định phụ tải cực đại của hộ tiêu thụ:

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{\cos \varphi} = \frac{11,5}{0,92} = 12,5 \text{ MVA}$$

Tra chọn máy biến áp loại TĐ-10000/35, có  $S_{\text{dm}} = 10 \text{ MVA}$ ;  $\tau = 2,5$  giờ. Hệ số quá tải mùa đông là:

$$k_2 = \frac{S_{\max}}{S_{\text{dm}}} = \frac{12,5}{10} = 1,25.$$

Xác định hệ số phụ tải bậc một mùa đông trong phạm vi 10 giờ kể từ khi bắt đầu quá tải trở về trước (nghĩa là trước 16 giờ).

$$k_1 = \frac{S_{\text{tđ}}}{S_{\text{dm}}} = \sqrt{\frac{0,5^2 \cdot 2 + 0,6^2 \cdot 4 + 0,4^2 \cdot 4}{2 + 4 + 4}} \cdot \frac{12,5}{10} = 0,635$$

Theo bảng 6.4 với MBA 10 MVA, loại làm mát Đ,  $\tau = 2,5$  giờ, nhiệt độ môi trường  $0^\circ\text{C}$  sẽ xác định được đường đặc tính khả năng tải của nó là hình 15 (trang 168). Với  $k_1 = 0,635$  và  $t = 6$  giờ (từ 16 đến 22 giờ), tra tìm hệ số quá tải cho phép  $k_{2cp} = 1,32 > k_2 = 1,25$ .

Về mùa hè: Tính hệ số phụ tải bậc một:

$$k_1 = \frac{S_1}{S_{\text{dm}}} = \frac{0,4 \cdot 12,5}{10} = 0,5$$

Với nhiệt độ mùa hè là  $10^\circ\text{C}$  nên đường đặc tính khả năng tải của MBA là hình 17 (trang 169) (bảng 6.4). Với  $k_1 = 0,5$ ,  $t = 4$  giờ, tra tìm hệ số quá tải cho phép  $k_{2cp} = 1,35$ . Hệ số phụ tải cực đại mùa hè là:

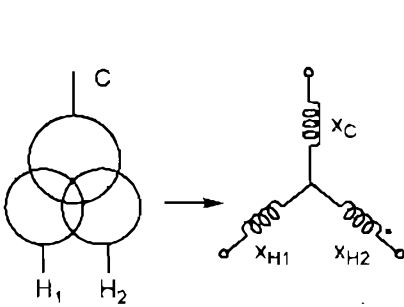
$$k_2 = \frac{0,6 \times 12,5}{10} = 0,75 < k_{2cp} = 1,35.$$

Vậy MBA đã chọn thỏa mãn điều kiện tính toán.

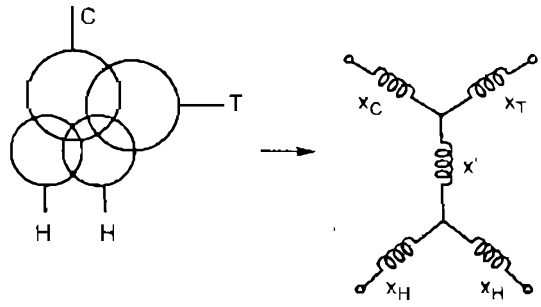
## 6.6. MÁY BIẾN ÁP CÓ CUỘN DÂY PHÂN CHIA

Đó là máy biến áp có nhiều cuộn dây, trong đó có một số cuộn dây có điện áp như nhau, thường là cuộn hạ áp. Máy biến áp có cuộn dây phân chia có tác dụng hạn chế dòng điện ngắn mạch đến mức độ cho phép, không phải đặt kháng điện mà vẫn có thể chọn được các thiết bị điện theo yêu cầu. Mỗi cuộn dây phân chia được nối với một máy phát

điện hay một phần đoạn thanh góp trong nhà máy điện hoặc trong trạm biến áp. Các cuộn dây phân chia thường chế tạo có công suất bằng nhau. Ví dụ MBA có hai cuộn dây phân chia thì công suất mỗi cuộn dây phân chia chế tạo bằng 50% công suất MBA.



Hình 6.21. MBA hai dây quấn có hai cuộn dây phân chia



Hình 6.22. MBA ba cuộn dây có hai cuộn dây phân chia

Trong chế độ làm việc bình thường, MBA có cuộn dây phân chia cần phân bố phụ tải các cuộn dây bằng nhau, bởi vì nếu phụ tải không đồng đều sẽ dẫn đến tăng tổn thất điện năng trong MBA. Khi tính toán dòng điện ngắn mạch phải thành lập sơ đồ thay thế và tính điện kháng của phần tử.

Điện kháng cuộn cao:

$$x_C = (1 - 0,25k_p) x_{C-H_1H_2} \tag{6.31}$$

Điện kháng cuộn hạ:

$$x_{H_1} = x_{H_2} = 0,5k_p x_{C-H_1H_2} \tag{6.32}$$

Trong đó:

$$x_{C-H_1H_2} = \frac{U_{NC-H_1H_2} \%}{100} - \text{Điện kháng của MBA giữa cuộn}$$

điện áp cao và sự nối song song các nhánh của cuộn dây phân chia. (6.33)

$U_{NC-H_1H_2} \%$  – là điện áp ngắn mạch của MBA tính theo phần trăm điện áp định mức khi các cuộn dây phân chia nối song song.

$k_p = \frac{x_{H_1H_2}}{x_{C-H_1H_2}}$  là hệ số phân chia, chứng tỏ rằng điện kháng các nhánh

của cuộn dây phân chia lớn gấp bao nhiêu lần so với điện kháng cuộn cao áp.

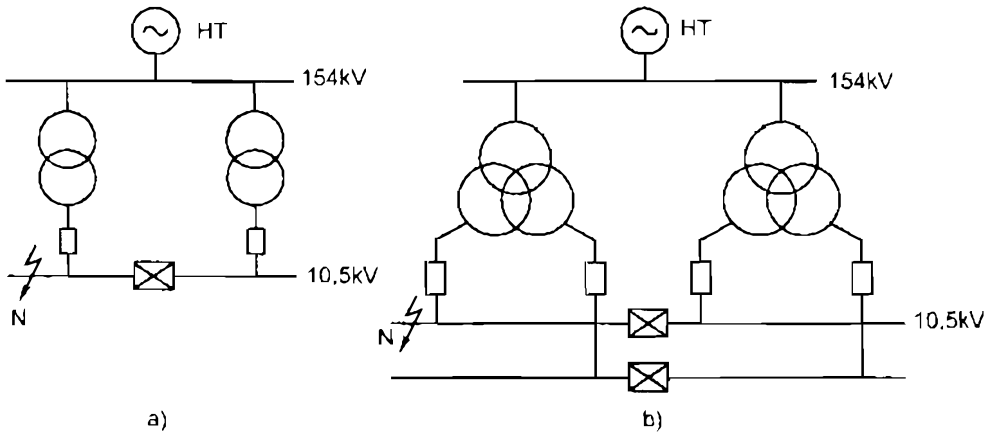
Đối với MBA một pha,  $k_p = 4$ . Đối với MBA ba pha,  $k_p = 3,2 + 3,8$ .

**Ví dụ 5:** So sánh các dòng điện ngắn mạch phía thứ cấp của trạm biến áp cho trên hình 6.23 khi dùng MBA ba pha:

a) Hai cuộn dây.

b) Máy biến áp có cuộn dây phân chia phía 10 kV.

Các MBA làm việc riêng rẽ, công suất định mức là 63 MVA, điện áp ngắn mạch  $U_{NC III} = 12,5\%$ . Hệ số phân chia của phương án b là 3,5. Công suất ngắn mạch tính đến thanh cái hệ thống 154 kV là 6300 MVA.



**Hình 6.23.**

a) MBA hai cuộn dây; b) MBA có cuộn dây phân chia

### Bài giải

Chọn đại lượng cơ bản:  $S_{ch} = S_{dm} = 63 \text{ MVA}$

$$U_{ch} = U_{th}$$

$$\text{Dòng điện cơ bản: } I_{ch} = \frac{S_{ch}}{\sqrt{3}U_{ch}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,46 \text{ kA.}$$

Điện kháng của hệ thống:

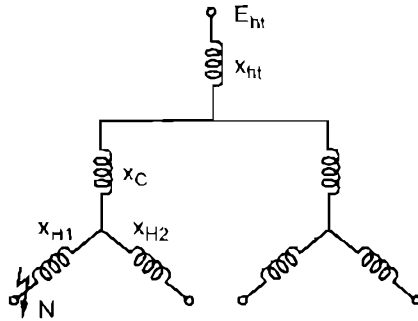
$$x_{ht} = \frac{S_{ch}}{S_{NM}} = \frac{63}{6300} = 0,01.$$

a) Điện kháng của máy biến áp hai dây quấn:

$$x_B = \frac{U_N \% \cdot S_{ch}}{100 \cdot S_{dm}} = \frac{12,5 \cdot 63}{100 \cdot 63} = 0,125.$$

Dòng ngắn mạch tại điểm N là:

$$I_N = \frac{I_{ch}}{x_{ht} + x_B} = \frac{3,46}{0,01 + 0,125} = 25,6 \text{ kA.}$$



Hình 6.24. Sơ đồ thay thế MBA có cuộn dây phân chia

b) Máy biến áp có cuộn dây phân chia. Sơ đồ thay thế như hình 6.24. Điện kháng cuộn dây phân chia xác định theo biểu thức (6.32):

$$\begin{aligned} x_{H_1} = x_{H_2} &= 0,5k_p x_{C-H_1, H_2} = 0,5k_p \frac{U_{NC-HH} \%}{100} \\ &= 0,5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \frac{12,5}{100} = 0,219. \end{aligned}$$

Điện kháng cuộn cao áp xác định theo biểu thức (6.31)

$$x_C = (1 - 0,25k_p) x_{C-H_1, H_2} = (1 - 0,5 \cdot 3 \cdot 5) \frac{12,5}{100} = 0,016.$$

Dòng ngắn mạch tại điểm N là:

$$I_N = \frac{I_{ch}}{x_{ht} + x_C + x_{H_1}} = \frac{3,46}{0,01 + 0,016 + 0,219} = 14,1 \text{ kA}.$$

Như vậy, dùng MBA có cuộn dây phân chia thì dòng ngắn mạch phía thứ cấp sẽ giảm bớt:  $25,6/14,1 = 1,8$  lần.

## 6.7. LỰA CHỌN MÁY BIẾN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Việc lựa chọn số lượng và công suất định mức của MBA trong nhà máy điện, trạm biến áp là rất quan trọng bởi vì vốn đầu tư của nó rất lớn trong tổng vốn đầu tư.

– Đối với nhà máy điện có phụ tải địa phương cấp điện áp máy phát trước hết phải xây dựng được đồ thị phụ tải ngày đêm, công suất trao đổi của nhà máy với hệ thống điện trong chế độ làm việc bình thường. Ngoài ra phải khảo sát các dòng công suất trao đổi trong các chế độ sự cố:

a) Khi một máy phát điện công suất lớn nhất nối vào thanh góp điện áp máy phát không làm việc, lúc này các máy phát điện còn lại phải làm việc với công suất định mức.

b) Khi có sự cố trong hệ thống điện thì các máy phát điện của nhà máy phải làm việc với công suất định mức.

Trên cơ sở phân tích các đô thị phụ tải nhận được mà lựa chọn số lượng, công suất định mức của MBA liên lạc với hệ thống.

Việc liên lạc giữa nhà máy với hệ thống bằng một máy biến áp chỉ xảy ra khi công suất đưa từ nhà máy vào hệ thống trong chế độ làm việc bình thường, không vượt quá công suất dự trữ sự cố của hệ thống.

- Đối với nhà máy điện khu vực, tất cả điện năng sản xuất ra được đưa lên điện áp cao thì các máy phát điện được nối theo sơ đồ bộ với MBA tăng áp (máy biến áp tự ngẫu). Công suất định mức của MBA cần phải đảm bảo đưa được tất cả công suất tác dụng và công suất phản kháng của máy phát điện.

- Đối với nhà máy thủy điện, thường hợp lý về mặt kinh tế thì dùng sơ đồ bộ mở rộng và công suất của MBA không được lớn hơn công suất dự trữ sự cố của hệ thống điện. Các MBA và máy biến áp tự ngẫu của nhà máy điện và trạm biến áp theo thông lệ cần chọn MBA ba pha có điều chỉnh điện áp dưới tải, trừ các MBA hai dây quấn nối theo sơ đồ bộ với máy phát điện.

### **6.7.1. Chọn máy biến áp cho nhà máy phát toàn bộ điện năng lên điện áp cao**

Đây là trường hợp nhà máy không có phụ tải địa phương hay phụ tải địa phương rất bé không cần phải xây dựng thanh góp điện áp máy phát.

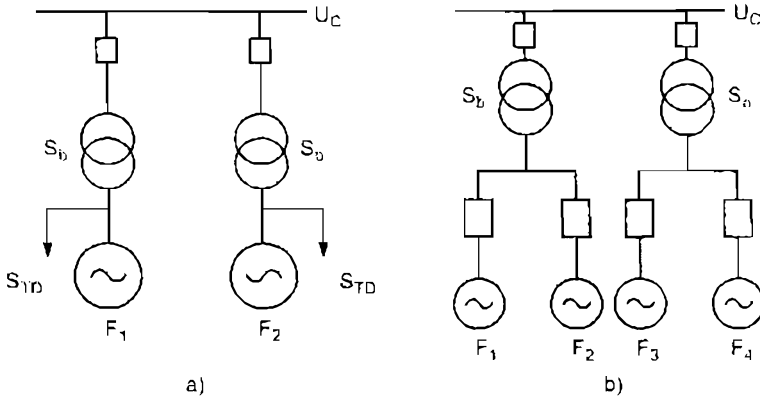
#### **1. Nhà máy chỉ có một cấp điện áp cao**

Điện tự dùng được lấy rẽ nhánh từ đầu cực máy phát điện. Công suất của MBA được chọn theo điều kiện sau:

$$S_b \geq S_{Fdm} \quad (6.34)$$

Trong điều kiện làm việc bình thường, công suất qua MBA chỉ là:  $S_{Fdm} - S_{td}$  ( $S_{td}$  là công suất tự dùng của máy phát) nhưng khi chọn công suất MBA vẫn tính theo (6.34) vì coi rằng điện tự dùng được lấy từ nguồn khác đến. Do đó công suất của máy phát điện sẽ được truyền qua MBA 100%. Trường hợp công suất máy phát điện bé thì có thể ghép một số máy phát điện với một máy biến áp trực tiếp nối lên điện áp cao. Điều kiện tổng công suất các máy phát phải bé hơn công suất dự trữ của hệ thống.

$$S_b = \sum S_{Fdm} \leq S_{d(HT)} \quad (6.35)$$



**Hình 6.25. Sơ đồ bộ**

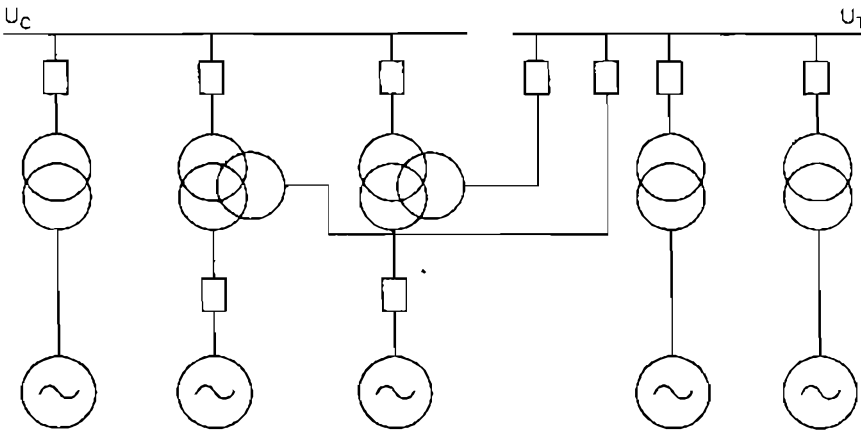
a) Máy phát điện – máy biến áp; b) Hai máy phát điện – máy biến áp

## 2. Nhà máy có hai cấp điện áp cao

Tùy theo phụ tải ở các cấp điện áp lớn hay nhỏ mà có thể ghép một số bộ máy phát – máy biến áp hai dây quấn nối vào thanh góp điện áp cao và điện áp trung. Để liên lạc giữa các cấp điện áp, dùng hai bộ máy phát – máy biến áp ba dây quấn (hay máy biến áp tự ngẫu).

Nếu một trong hai cấp điện áp cao có điểm trung tính cách điện đối với đất thì không dùng được MBA tự ngẫu để liên lạc giữa các cấp điện áp, mà phải dùng máy biến áp ba dây quấn như hình 6.26. Khi đó, công suất MBA hai dây quấn hay ba dây quấn đều chọn theo điều kiện:

$$S_b \geq S_{T_{\text{dm}}}$$



**Hình 6.26. Một trong hai cấp điện áp trung tính cách điện với đất**

(Hai MBA liên lạc là ba pha ba dây quấn)

Chú ý rằng, tổng công suất các bộ máy phát – máy biến áp hai dây quấn nối lên trung áp phải nhỏ hơn công suất cực tiểu điện áp trung, nghĩa là:

$$\sum S_{b,T} \leq S_{T_{\text{min}}} \quad (6.36)$$

Nếu điều kiện này không thỏa mãn thì khi phụ tải điện áp trung cực tiêu, việc huy động hết công suất thừa bên trung áp sẽ khó khăn vì có thể gây quá tải đối với máy biến áp ba dây quấn.

Tiếp theo cần phải kiểm tra khả năng mang tải của MBA trong các tình trạng sự cố như sau:

a) Khi phụ tải điện áp trung cực đại  $S_{T_{max}}$  hỏng một máy phát điện – máy biến áp hai dây quấn lớn nhất nối với thanh góp điện áp trung:

$$2k_{qtsv} S_{Bdm} \geq S_{T_{max}} - [\sum S_{bT} - S_{bT_{max}}] \quad (6.37)$$

Trong đó:  $S_{Bdm}$  – công suất định mức của MBA ba dây quấn.

$S_{bT_{max}}$  – công suất của bộ máy phát điện – máy biến áp hai dây quấn lớn nhất nối bên trung áp.

b) Khi phụ tải điện áp trung cực đại  $S_{T_{max}}$  hỏng một bộ máy phát điện – máy biến áp ba dây quấn:

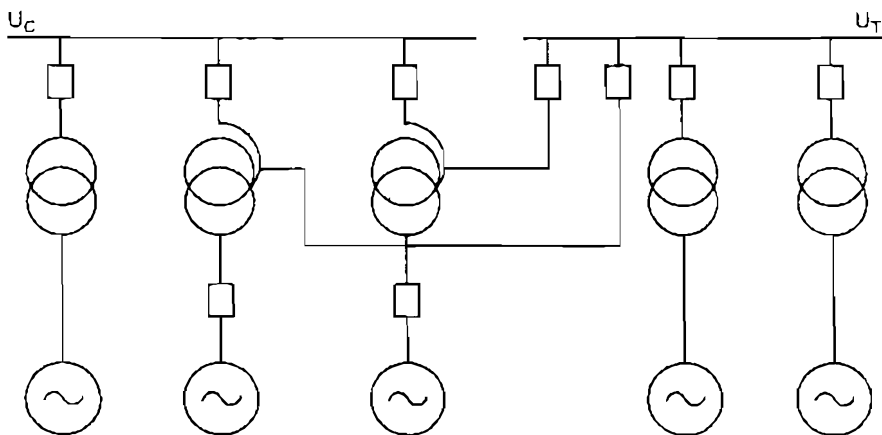
$$k_{qtsv} S_{Bdm} \geq S_{T_{max}} - \sum S_{bT} \quad (6.38)$$

Nếu cả hai cấp điện áp cao và trung điểm trung tính trực tiếp nối đất thì dùng máy biến áp tự ngẫu vì nó có nhiều ưu điểm hơn so với máy biến áp ba dây quấn. Các máy phát điện vẫn nối theo sơ đồ bộ như trên.

Công suất của các MBA hai dây quấn vẫn chọn theo biểu thức (6.34), còn công suất của MBA tự ngẫu chọn như sau:

$$S_b \geq \frac{1}{\alpha} S_{l_{dm}} \quad (6.39)$$

Trong đó:  $\alpha = \frac{U_c - U_T}{U_c}$  là hệ số có lợi của máy biến áp tự ngẫu.

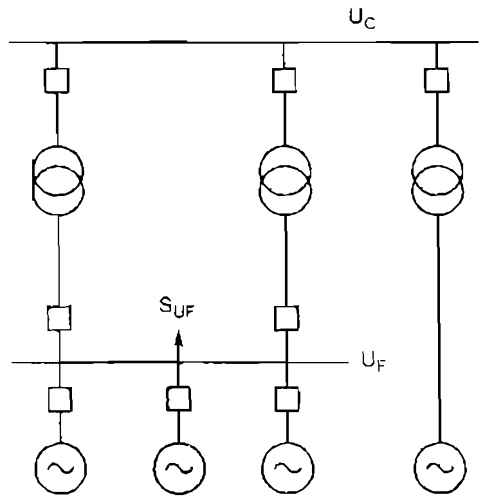


Hình 6.27. Cả hai cấp điện áp cao điểm trung tính trực tiếp nối đất  
(Hai MBA tự ngẫu làm nhiệm vụ liên lạc hai cấp điện áp cao)



### 6.7.2. Chọn máy biến áp cho nhà máy phát một phần điện năng trên thanh góp điện áp máy phát và một phần điện năng trên thanh góp điện áp cao

Đây là trường hợp nhà máy vừa có phụ tải cấp điện áp máy phát, vừa có phụ tải cấp điện áp cao được cấp điện qua các đường dây tải điện cao áp. Trường hợp này cần phải xây dựng thanh góp điện áp máy phát để cung cấp điện cho phụ tải địa phương. Số lượng, công suất định mức của MBA liên lạc giữa thanh góp điện áp máy phát với thanh góp điện áp cao phụ thuộc vào số lượng máy phát điện và công suất của nó nối vào thanh góp điện áp máy phát, đồng thời phụ thuộc vào công suất dự trữ của hệ thống.



Hình 6.28. Nhà máy có một cấp điện áp cao

1. Công suất đặt của nhà máy lớn hơn phụ tải cực đại cấp điện áp máy phát kể cả điện tự dùng

$$S_{NM} = \sum S_{Fdm} > S_{UFmax} + S_{FDmax}$$

Trong đó:  $S_{NM}$  -- tổng công suất của nhà máy điện.

$S_{UFmax}$  -- phụ tải cực đại cấp điện áp máy phát.

$S_{FDmax}$  -- công suất tự dùng của toàn nhà máy.

#### a) Nhà máy chỉ có một cấp điện áp cao

Trường hợp này phải ghép một số máy phát điện vào thanh góp điện áp máy phát. Nếu công suất tải lên hệ thống lớn hơn công suất dự trữ của hệ thống thì dùng hai máy biến áp hai dây quấn để liên lạc thanh góp điện áp máy phát với điện áp cao. Các máy phát còn lại nối theo sơ đồ bộ máy phát điện – máy biến áp hai dây quấn với điện áp cao. Công suất MBA liên lạc được chọn theo điều kiện công suất thừa trên thanh góp điện áp máy phát.

$$S_B = \frac{1}{2} S_{thừa} = \frac{1}{2} |\sum S_{Fdm} - S_{UFmin} - S_{FDmax}| \quad (6.40)$$

Trong đó:  $\sum S_{l\text{đm}}$  – tổng công suất định mức các máy phát nối vào thanh góp điện áp máy phát.

$S_{UF\text{min}}$  – công suất cực tiểu phụ tải điện áp máy phát thời điểm ban ngày.

$S_{T\text{đmax}}$  – công suất tự dùng cực đại của các máy phát nối vào thanh góp điện áp máy phát.

Với công suất MBA đã chọn phải kiểm tra lại khi sự cố hỏng một trong hai MBA liên lạc. MBA còn lại với khả năng quá tải của nó phải đảm bảo đủ cung cấp cho phụ tải cực đại phía điện áp cao trừ đi công suất dự trữ của hệ thống, nghĩa là:

$$k_{q\text{ts}} S_{B\text{đm}} \geq S_{C\text{max}} - S_{\text{đt(HT)}} \quad (6.41)$$

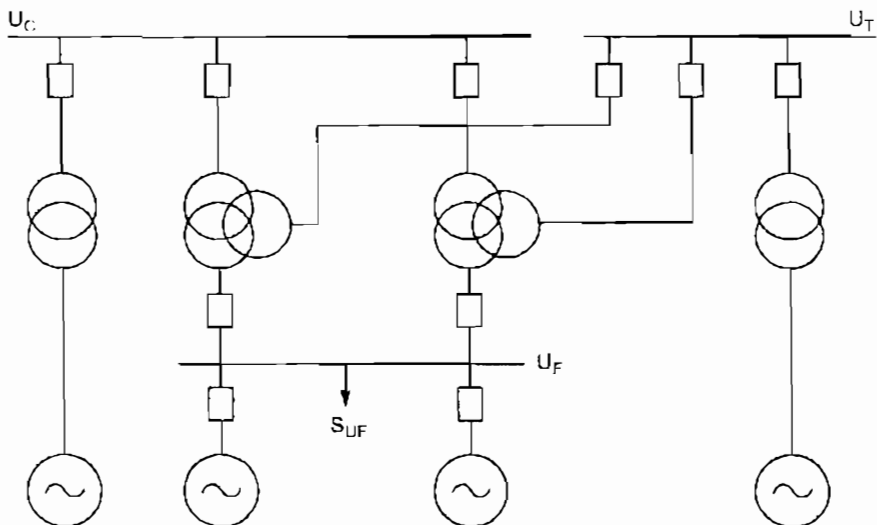
Trong đó:  $S_{C\text{max}}$  – công suất cực đại từ thanh góp điện áp máy phát đưa lên điện áp cao lúc làm việc bình thường.

Biểu thức (6.41) có nghĩa là khi sự cố một trong hai MBA liên lạc thì MBA còn lại không yêu cầu tải hết công suất thừa ở thanh góp điện áp máy phát lên điện áp cao vì có thể sử dụng công suất dự trữ của hệ thống. Trường hợp nếu công suất phát lên hệ thống nhỏ hơn công suất dự trữ của hệ thống thì chỉ cần đặt một MBA liên lạc là đủ và công suất MBA cũng chọn theo công suất thừa ở thanh góp điện áp máy phát.

#### b) Nhà máy có hai cấp điện áp cao

Để liên lạc giữa các cấp điện áp với nhau, ta dùng MBA ba dây quấn hay MBA tự ngẫu.

Nếu một trong hai mạng điện áp cao có điểm trung tính cách điện đối với đất thì MBA liên lạc phải chọn là MBA ba dây quấn.



Hình 6.29. Liên lạc giữa các cấp điện áp bằng MBA ba dây quấn

Công suất MBA liên lạc chọn theo điều kiện công suất thừa, biểu thức (6.40).

Sau khi chọn công suất định mức của MBA cần phải kiểm lại các tình trạng sự cố.

+ Nếu hỏng một bộ máy phát -- máy biến áp hai dây quán công suất lớn nhất bên trung áp khi  $S_{Tmax}$ :

$$2k_{qvs} S_{Bdm} \geq S_{Tmax} - [\sum S_{KT} - S_{hTmax}]$$

+ Nếu hỏng một máy biến áp liên lạc khi  $S_{Tmax}$ :

$$k_{qvs} S_{Bdm} \geq S_{Tmax} - \sum S_{KT}$$

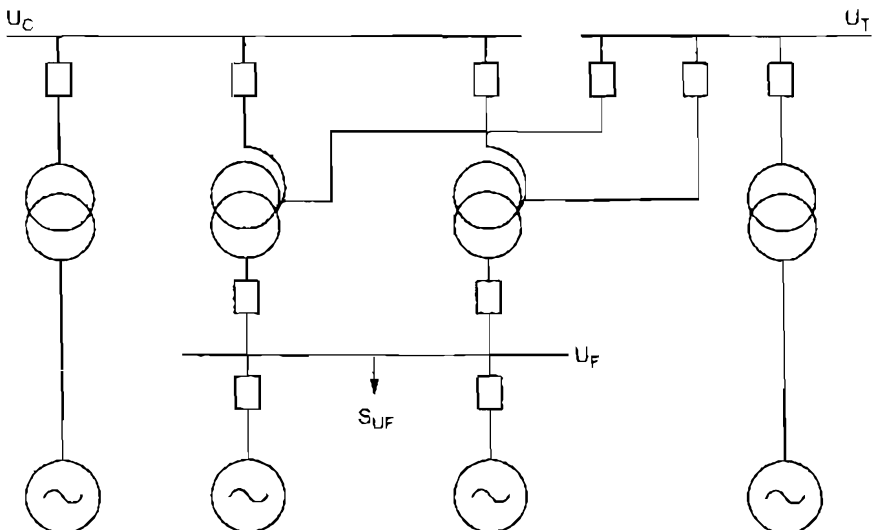
Với MBA ba dây quán thì phải chú ý tỷ số công suất các cuộn dây. Nếu các cuộn dây cao, trung và hạ áp đều tải công suất định mức thì chọn MBA có tỷ số công suất là 100/100/100. Nếu phụ tải điện áp trung bé hơn 40 ÷ 50% công suất định mức của MBA thì công suất cuộn trung áp chọn 66,7%  $S_{Bdm}$ , nghĩa là chọn MBA có tỷ số công suất 100/66,7/100.

- Nếu cả hai mạng điện áp cao có trung tính trực tiếp nối đất thì chọn máy biến áp tự ngẫu liên lạc giữa các cấp điện áp. Trường hợp này công suất của MBA tự ngẫu cũng chọn theo điều kiện công suất thừa:

$$S_B = \frac{1}{2\alpha} S_{thừa} = \frac{1}{2\alpha} [\sum S_{Fdm} - S_{UFmin} - S_{TDmax}] \quad (6.41)$$

Trong đó:  $\alpha = \frac{U_c - U_T}{U_c}$  là hệ số có lợi của MBA tự ngẫu.

Các ký hiệu khác như đã giải thích ở biểu thức (6.40).



Hình 6.30. Liên lạc giữa các cấp điện áp bằng MBA tự ngẫu

Sau khi chọn công suất định mức của MBA tự ngẫu cũng phải kiểm tra lại các tình trạng sự cố có thể xảy ra khi hỏng một bộ máy phát điện. MBA hai dây quấn công suất lớn nhất nối bên trung áp và khi hỏng một máy biến áp tự ngẫu. Tất cả các tình trạng xét vào lúc phụ tải điện áp trung cực đại giống như trường hợp dùng máy biến áp ba dây quấn đã nêu trên.

Trường hợp phụ tải điện áp máy phát nhỏ khoảng (15 ÷ 20)% công suất định mức của máy phát điện thì không cần phải xây dựng thanh góp điện áp máy phát, phụ tải điện áp máy phát có thể lấy rẽ nhánh từ đầu cực của các máy phát điện nối bộ với máy biến áp liên lạc qua kháng điện. Bình thường các kháng điện này làm việc riêng rẽ.

## 2. Công suất đặt của nhà máy nhỏ hơn phụ tải cực đại của nó kể cả tự dùng

Đây là trường hợp nhà máy phải nhận công suất thường xuyên từ hệ thống về để cung cấp cho phụ tải cực đại của nhà máy ở các cấp điện áp.

### a) Nhà máy chỉ có phụ tải cấp điện áp máy phát

$$S_{NMI} = \sum S_{Fdm} < S_{UFmax} + S_{TD}$$

Do đó tất cả máy phát điện phải nối vào thanh góp điện áp máy phát. Nếu tổng phụ tải cực đại của hệ tiêu thụ loại một và loại hai, kể cả công suất tự dùng mà lớn hơn công suất nhà máy thì phải đặt hai máy biến áp liên lạc giữa nhà máy với hệ thống. Công suất của MBA cũng được chọn theo công suất thiếu trên thanh góp điện áp máy phát:

$$S_B = \frac{1}{2} S_{thieu} = \frac{1}{2} \left[ \sum S_{Fdm} - (S_{UFmax} + S_{TDmax}) \right] \quad (6.42)$$

Phải kiểm tra lại khi hỏng một trong hai MBA liên lạc, máy biến áp còn lại với khả năng quá tải của nó phải đáp ứng đủ công suất cực đại bình thường lấy từ hệ thống về hoặc khi hỏng một máy phát công suất lớn nhất của nhà máy thì hai MBA liên lạc, với khả năng quá tải của nó, cùng các máy phát còn lại đủ cung cấp cho phụ tải cực đại điện áp máy phát, kể cả tự dùng. Khi phụ tải của hệ tiêu thụ loại 1 và 2 của nhà máy kể cả tự dùng nhỏ hơn công suất toàn nhà máy thì chỉ cần đặt một MBA là đủ.

### b) Nhà máy có cả phụ tải điện áp máy phát và điện áp trung

$$S_{NMI} = \sum S_{Fdm} < (S_{UF} + S_T)_{max} + S_{TD} \quad (6.43)$$

Trong đó:  $(S_{UF} + S_T)_{max}$  - giá trị cực đại của tổng đồ thị phụ tải điện áp máy phát và điện áp trung. Công suất MBA cũng được chọn như các trường hợp đã nêu trên. Nhưng vì phụ tải điện áp trung thường có cả hệ loại 1, loại 2 nên phải đặt hai MBA ba dây quấn hay MBA tự ngẫu. Đồng

thời phải kiểm tra khi hỏng một MBA, máy còn lại với khả năng quá tải của nó cùng với các máy phát điện trong nhà máy phải đáp ứng đủ yêu cầu, nghĩa là:

$$k_{qtc} S_{ltdm} + \sum S_{fdm} \geq (S_{LF} + S_T)_{max} + S_{TD} \quad (6.44)$$

### 6.7.3. Chọn máy biến áp cho các trạm giảm áp

Tại các trạm biến áp giảm áp thì số lượng, công suất định mức của MBA được lựa chọn dựa vào tính chất của hộ tiêu thụ (loại 1, loại 2 hay loại 3), giá trị phụ tải cực đại của nó. Đối với hộ tiêu thụ loại 1, 2 không có nguồn dự phòng thì phải đặt hai máy biến áp. Phải kiểm tra khi hỏng một máy biến áp, máy còn lại với khả năng quá tải sự cố của nó phải đảm bảo đủ công suất cấp cho phụ tải cực đại.

Đối với hộ tiêu thụ loại ba thì chỉ cần đặt một máy biến áp, công suất của MBA chọn xuất phát từ phụ tải cực đại.

### 6.7.4. Chọn máy biến áp của trạm liên lạc giữa hai mạng điện có điện áp khác nhau

Trong các hệ thống điện lớn có khi phải liên lạc giữa các phần của hệ thống có điện áp khác nhau. Nếu cả hai mạng trung tính đều trực tiếp nối đất thì đặt máy biến áp tự ngẫu liên lạc là hợp lý nhất. Cuộn dây thứ ba của MBA tự ngẫu (nổi tam giác) dùng để cung cấp điện cho phụ tải địa phương. Trạm liên lạc này có thể làm việc ở các tình trạng sau đây:

1. Trạm biến áp có nhiệm vụ thường xuyên tải công suất từ cao áp sang trung áp hay ngược lại. Nếu công suất truyền tải qua MBA lớn hơn công suất dự trữ của hệ thống thì phải đặt hai MBA tự ngẫu. Đồng thời phải kiểm tra khi hỏng một máy, máy biến áp còn lại với khả năng quá tải của nó, phải đảm bảo cung cấp đủ cho phụ tải cực đại (kể cả sử dụng công suất dự trữ của hệ thống).

2. Trạm biến áp chỉ làm nhiệm vụ dự phòng, nghĩa là khi nào cần thiết mới yêu cầu máy biến áp truyền tải công suất từ mạng điện này sang mạng điện khác. Nếu một trong hai mạng điện không có dự trữ thì đặt hai máy biến áp. Nếu cả hai mạng đều có dự trữ thì chỉ đặt một máy biến áp.

Các MBA này đều phải chọn loại có điều chỉnh điện áp dưới tải.

**Ví dụ 6:** Lựa chọn số lượng, loại và công suất định mức của máy biến áp trạm biến áp khu vực 220/121/11 kV. Phía 110 kV cung cấp cho khu công nghiệp có phụ tải cực đại là 40 MW,  $\cos\varphi = 0,85$ ; phía điện áp

10kV cung cấp cho nhà máy với phụ tải cực đại là 30MW,  $\cos\varphi = 0,85$ . Biểu đồ phụ tải có hai bậc với thời gian phụ tải cực đại là 6 giờ. Phụ tải bậc một bằng 0,7 so với phụ tải cực đại.

### **Bài giải**

Phụ tải cực đại phía điện áp 110kV là:

$$S_{T_{\max}} = \frac{P_{T_{\max}}}{\cos\varphi} = \frac{40}{0,85} = 47,1 \text{ MVA} .$$

Phụ tải cực đại phía hạ áp 10kV là:

$$P_{H_{\max}} = \frac{P_{H_{\max}}}{\cos\varphi} = \frac{30}{0,85} = 35,3 \text{ MVA} .$$

Công suất lớn nhất qua cuộn cao áp 220kV là:

$$S_{C_{\max}} = S_{T_{\max}} + S_{H_{\max}} = 47,1 + 35,3 = 82,4 \text{ MVA} .$$

Công suất qua một máy biến áp là:

$$S_B = \frac{S_{C_{\max}}}{2} = \frac{82,4}{2} = 41,2 \text{ MVA} .$$

Vì hai mạng cao áp 220kV và trung áp 110kV đều có trung tính trực tiếp nối đất nên chọn hai máy biến áp tự ngẫu loại: АТДЦТН63000 – 220/121/11. với công suất định mức của MBA tự ngẫu là  $S_{\text{dm}} = 63000 \text{ kVA}$ .

Theo đề bài, phụ tải bậc một là  $0,7S_{C_{\max}} = 0,7 \cdot 82,4 = 57,68 \text{ MVA}$ . Khi hỏng một máy biến áp thì hệ số phụ tải bậc một là:

$$k_{\text{ISC}} = \frac{57,68}{63} = 0,915 < 0,93$$

Và thời gian phụ tải bậc hai là 6 giờ, do đó MBA còn lại được phép quá tải sự cố 40% so với công suất định mức của nó.

$$k_{\text{qISC}} \cdot S_{\text{dm}} = 1,4 \cdot 63 = 88,2 \text{ MVA} > S_{\text{max}} = 82,4 \text{ MVA}$$

Tóm lại chọn hai máy biến tự ngẫu như trên là đạt yêu cầu.

**Ví dụ 7:** Lựa chọn số lượng, loại, công suất và hệ số biến áp định mức của máy biến áp liên lạc giữa nhà máy nhiệt điện trích hơi với hệ thống điện áp 110kV. Trong nhà máy đặt hai máy phát, công suất mỗi máy 30MW, điện áp 6,3kV,  $\cos\varphi = 0,8$ . Quanh năm nhà máy làm việc với công suất 50MW để đáp ứng yêu cầu của phụ tải nhiệt. Ở cấp điện áp máy phát nhà máy cung cấp điện cho xí nghiệp hóa chất làm việc với đồ thị phụ tải ngày đêm bằng phẳng: mùa đông 64MW, mùa hè 54MW,  $\cos\varphi = 0,8$ . Công suất tự dùng cực đại là 10% công suất đặt,  $\cos\varphi = 0,8$ .

### Bài giải

Công suất toàn phần của một máy phát:

$$S_F = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{30}{0,8} = 37,5 \text{ MVA} .$$

Phụ tải mùa đông:

$$S_D = \frac{P_D}{\cos \varphi} = \frac{64}{0,8} = 80 \text{ MVA} .$$

Phụ tải mùa hè:

$$S_H = \frac{P_H}{\cos \varphi} = \frac{54}{0,8} = 67,5 \text{ MVA} .$$

Tính công suất thừa trên thanh góp điện áp máy phát 6.3kV:

$$S_{\text{thừa}} = \sum S_{F_{\text{dm}}} - S_{UFH} - S_{TD} .$$

Trong đó:  $S_{UFH} = 67,5 \text{ MVA}$  là phụ tải điện áp máy phát về mùa hè

$$S_{TD} = \frac{10}{100} S_{NM} = \frac{10}{100} \times 2 \times 37,5 = 7,5 \text{ MVA}$$

Vậy  $S_{\text{thừa}} = 2 \cdot 37,5 - 67,5 - 7,5 = 0 \text{ MVA}$

Tính công suất thiếu trên thanh góp điện áp máy phát 6,3 kV:

$$S_{\text{thiếu}} = S_{NM} - S_{UFĐ} - S_{TD}$$

Trong đó:  $- S_{NM} = \frac{P_{NM}}{\cos \varphi} = \frac{50}{0,8} = 62,5 \text{ MVA}$  vì quanh năm nhà máy

chỉ phát công suất  $P = 50 \text{ MW}$ .

-  $S_{UFĐ} = 80 \text{ MVA}$ , phụ tải cực đại mùa đông cấp điện áp máy phát.

-  $S_{TD}$  là công suất tự dùng của nhà máy khi phát 50MW (hay 62,5 MVA) nghĩa là:

$$S_{TD} = \frac{10}{100} \cdot 62,5 = 6,25 \text{ MVA} .$$

Vậy:  $S_{\text{thiếu}} = 62,5 - 80 - 6,25 = - 23,75 \text{ MVA} .$

a) Nếu chọn 2 máy biến áp TĐH-16000-110/6,3:

Kiểm tra khi một máy biến áp sự cố:

$$k_{sc} = \frac{S_{\text{thiếu}}}{S_{dm}} = \frac{23,75}{16} = 1,484 > K_{cp} = 1,4$$

Vì vậy không đạt yêu cầu.

b) Nếu chọn 2 máy biến áp TĐH-25000-110/6,3:

Khi hỏng một máy phát, máy còn lại phát công suất định mức 37,5 MVA. Vậy công suất thiếu là:

$$S_{\text{thiếu}} = S_{\text{fdm}} - S_{\text{UFD}} - S_{\text{TD}} = 37,5 - 80 - 3,75 = -46,25 \text{ MVA.}$$

Điều kiện kiểm tra:

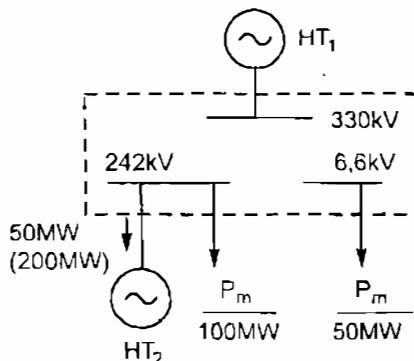
$$S_{\text{thiếu}} < 2K_{\text{qtc}} S_{\text{Bdm}} = 2 \cdot 1,4 \cdot 25 = 70 \text{ MVA.}$$

Tóm lại, chọn 2 máy biến áp TĐH-2500-110/6,3 là đạt yêu cầu.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 6.1. Xác định công suất cuộn dây chung, cuộn dây nối tiếp của máy biến áp tự ngẫu khi làm việc ở các chế độ tăng áp hoặc giảm áp.
- 6.2. Sự giống nhau và khác nhau giữa máy biến áp tự ngẫu và máy biến áp ba dây quấn? Ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của máy biến áp tự ngẫu.
- 6.3. Xác định nhiệt độ dầu và cuộn dây của máy biến áp trong quá trình làm việc.
- 6.4. Tính quá tải bình thường và quá tải sự cố của máy biến áp khi đổ thị phụ tải hai bậc hoặc nhiều bậc.
- 6.5. Lựa chọn máy biến áp khi nhà máy phát toàn bộ điện năng lên điện áp cao.
- 6.6. Lựa chọn máy biến áp khi nhà máy phát điện năng trên thanh góp điện áp cao và một phần điện năng trên thanh góp điện áp máy phát.
- 6.7. Lựa chọn số lượng, loại máy và công suất định mức của các máy biến áp trong trạm biến áp khu vực 330/242/6,6 kV. Phụ tải cực đại phía điện áp 6,6 kV là 50 MW,  $\cos\varphi = 0,85$ . Phía 242 kV của trạm cung cấp cho một vùng lớn với phụ tải cực đại của hệ tiêu thụ là 100 MW,  $\cos\varphi = 0,85$ . Ngoài ra phía 242 kV được nối với hệ thống HT<sub>2</sub> (hình 6.31), trong điều kiện làm việc bình thường từ hệ thống HT<sub>1</sub> qua các máy biến áp của trạm truyền sang HT<sub>2</sub> một lượng công suất là 50 MW,  $\cos\varphi = 0,85$ . Khi có sự cố trong hệ thống HT<sub>2</sub> thì công suất truyền vào đây tăng lên tới 200 MW.

Đáp số: Chọn hai máy biến áp tự ngẫu loại ATJLTH-200.000/300

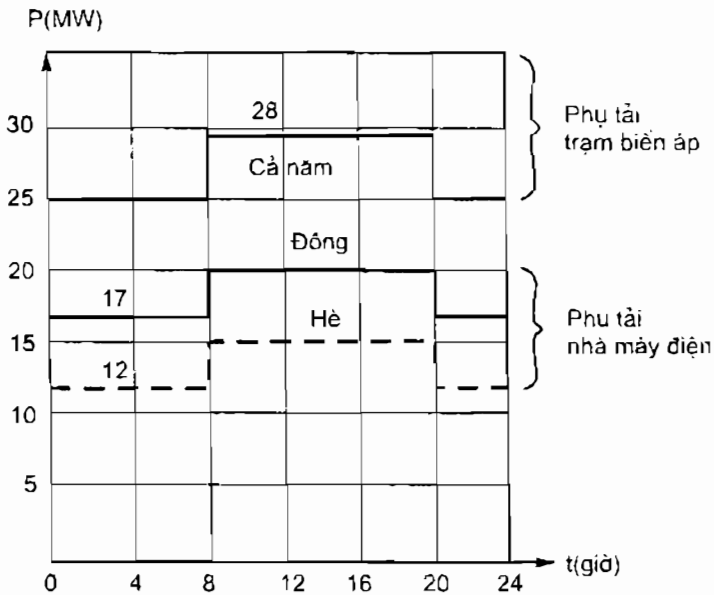


Hình 6.31



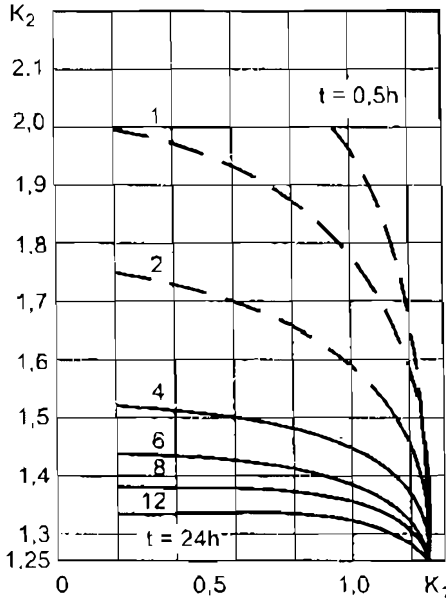
6.8. Lựa chọn số lượng, loại máy và công suất định mức của máy biến áp trong trạm giảm áp 220/11 kV để cung cấp điện cho xi nghiệp công nghiệp (hộ tiêu thụ loại 1 và 2) với phụ tải cực đại 30 MW. Phía điện áp 10 kV của trạm biến áp nối với nhà máy nhiệt điện gồm hai máy phát tua – bin hơi, công suất mỗi máy 12 MW. Mùa đông cả hai máy phát đều làm việc với công suất 20 MW, mùa hè chỉ một máy phát làm việc với công suất định mức của nó. Nhà máy nhiệt điện cần được đảm bảo công suất dự trữ lấy từ hệ thống điện qua trạm biến áp thiết kế. Trên hình 6.32 biểu diễn đồ thị phụ tải ngày đêm lưới 10 kV của trạm biến áp và của nhà máy điện. Hệ số công suất của tất cả các phụ tải và của máy phát điện đều giống nhau và bằng 0,85.

Đáp số: Chọn hai máy biến áp TĐH-32000/220.

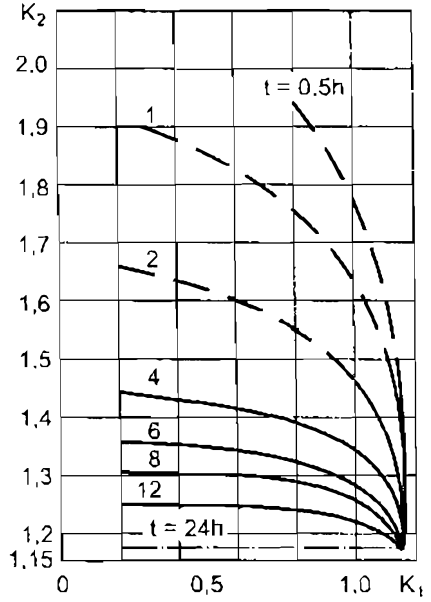


Hình 6.32

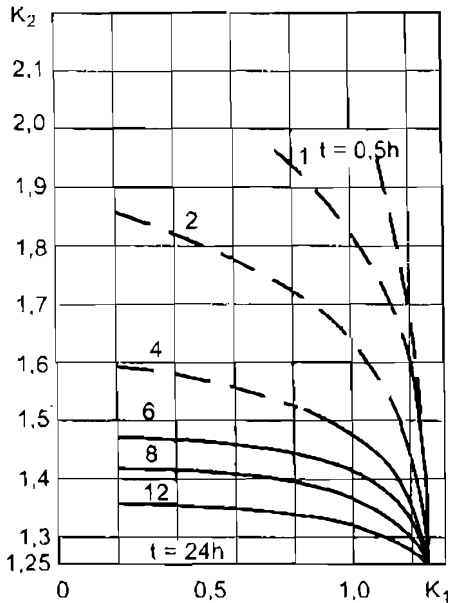
## BIỂU ĐỒ KHẢ NĂNG TẢI CỦA MÁY BIẾN ÁP (từ hình 1 đến hình 36)



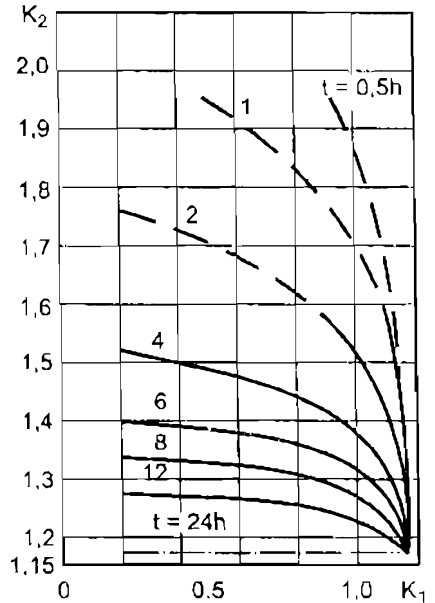
Hình 1



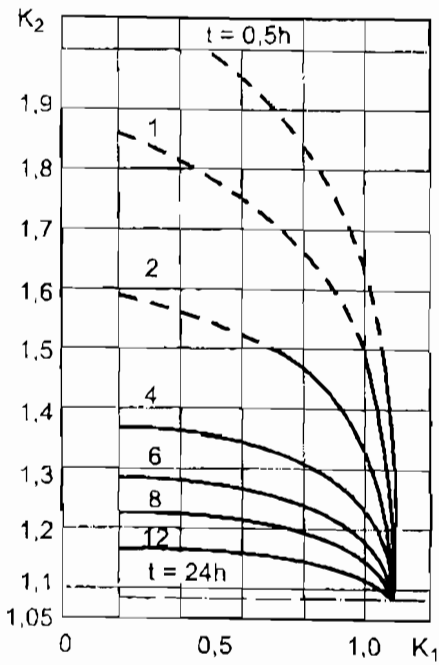
Hình 2



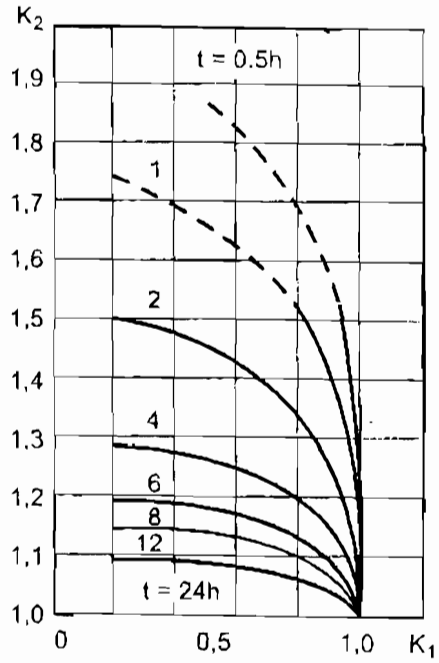
Hình 3



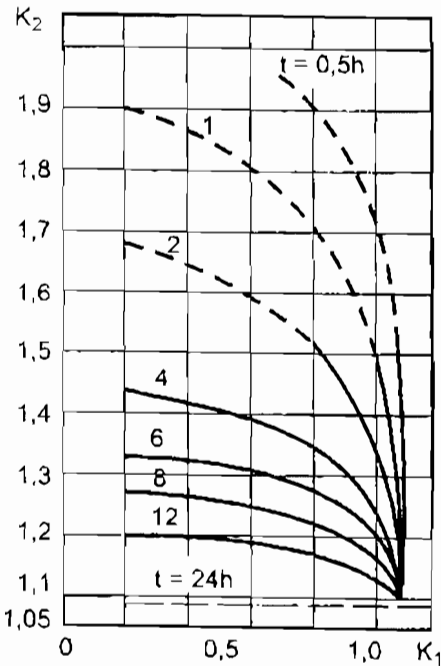
Hình 4



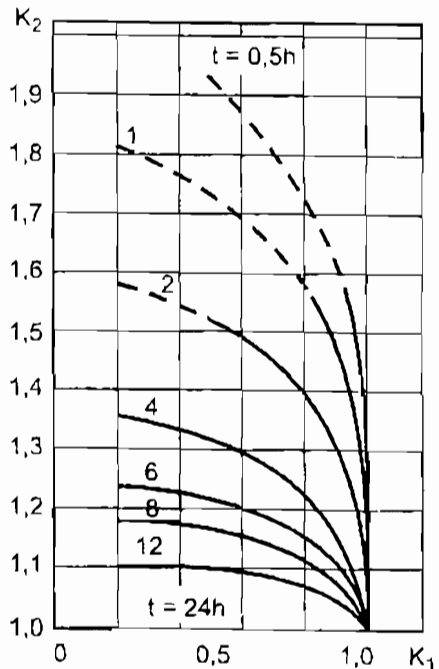
Hinh 5



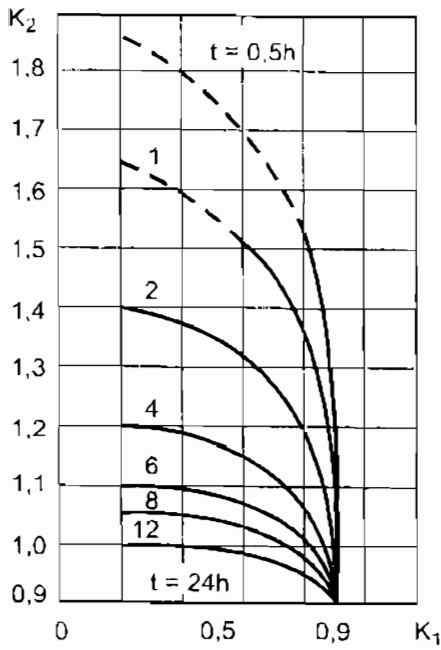
Hinh 6



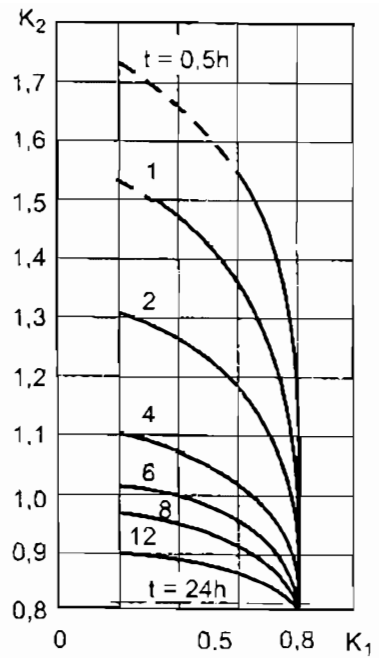
Hinh 7



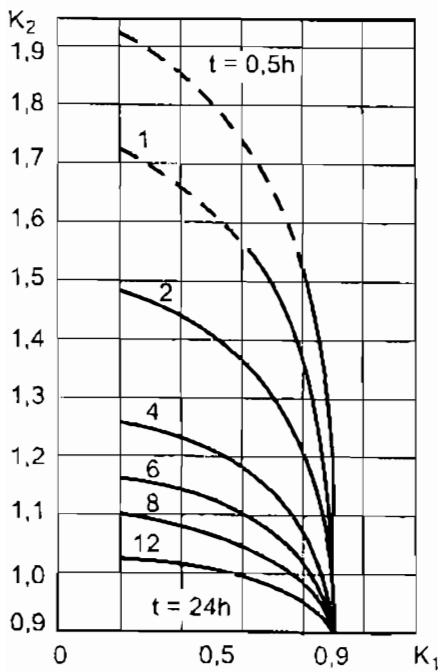
Hinh 8



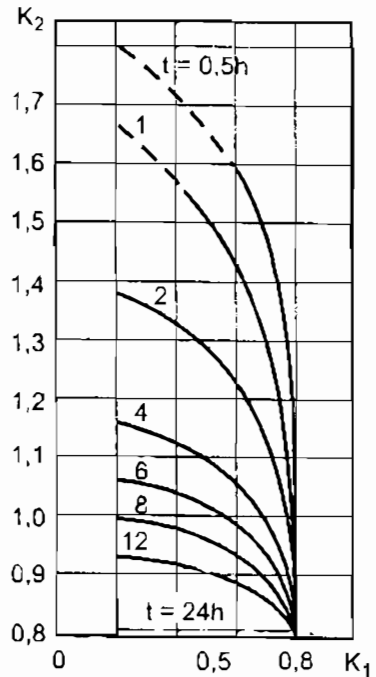
Hình 9



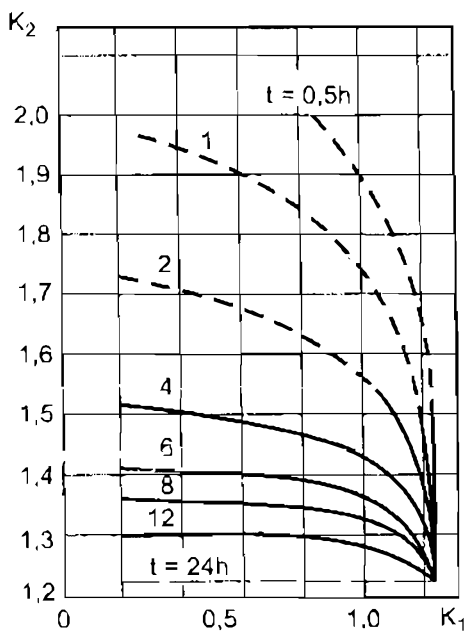
Hình 10



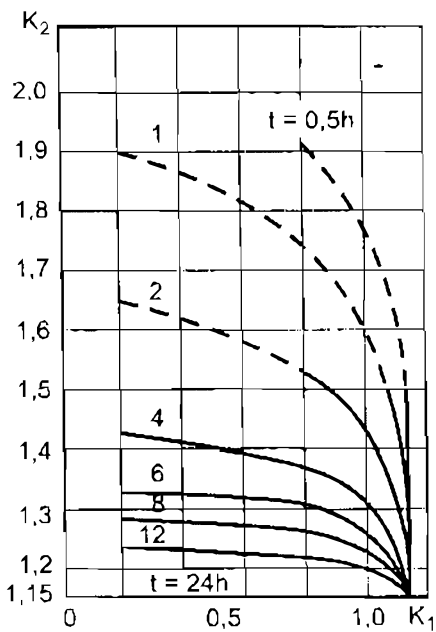
Hình 11



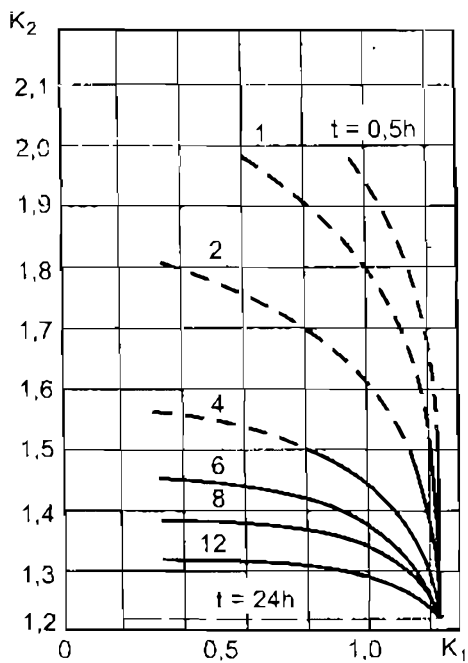
Hình 12



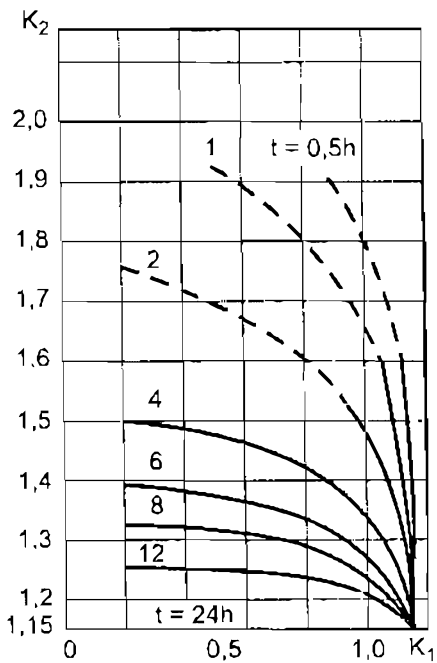
Hình 13



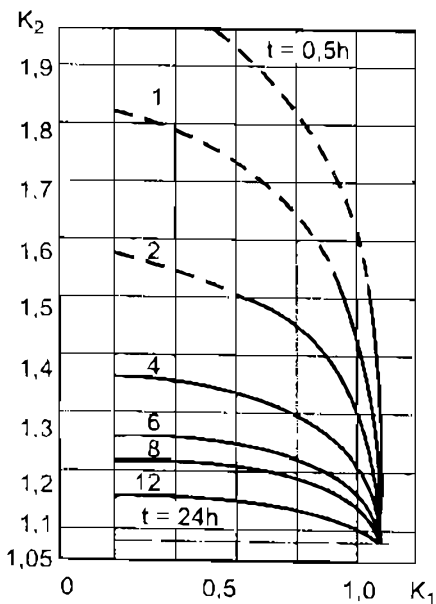
Hình 14



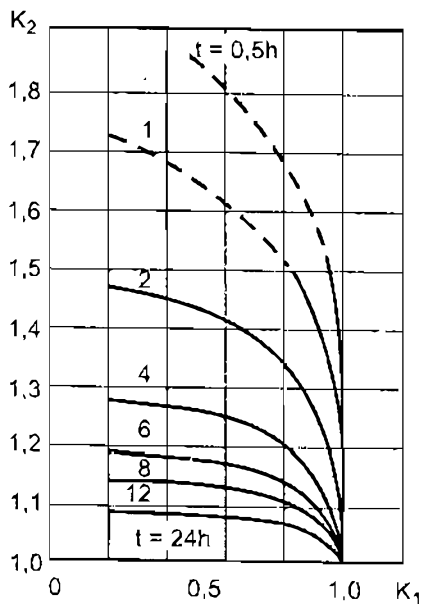
Hình 15



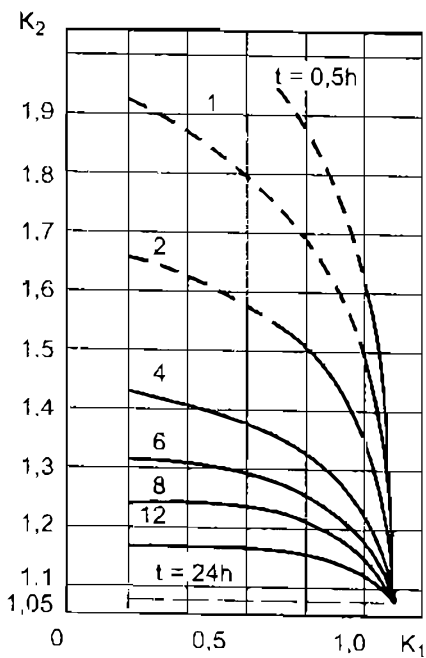
Hình 16



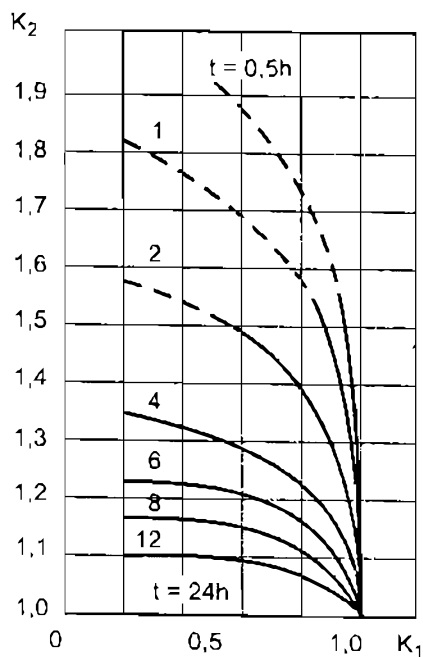
Hinh 17



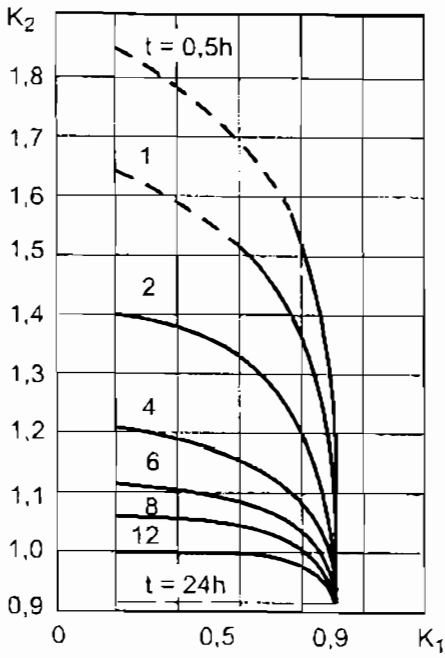
Hinh 18



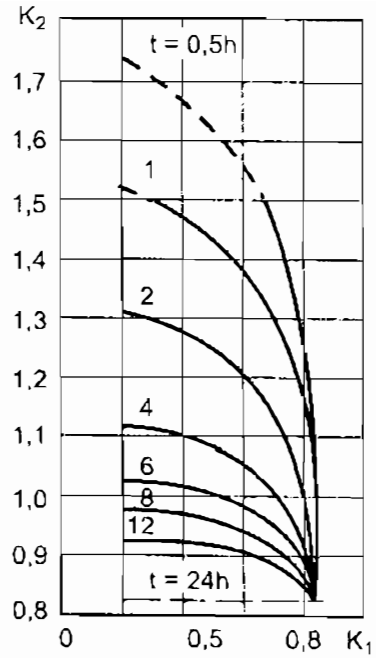
Hinh 19



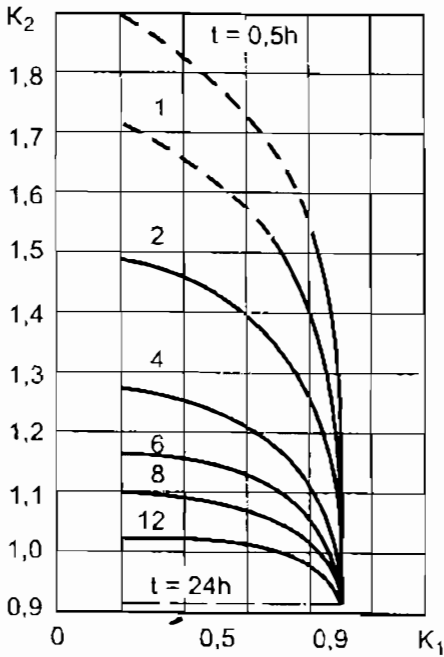
Hinh 20



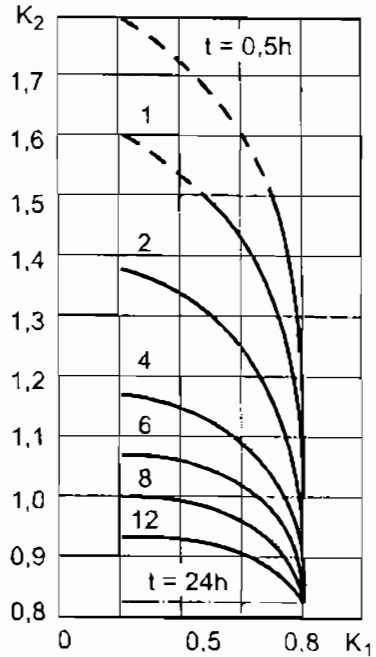
Hình 21



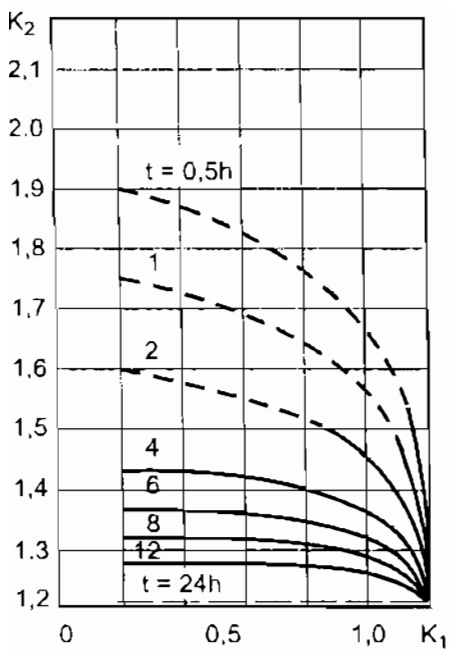
Hình 22



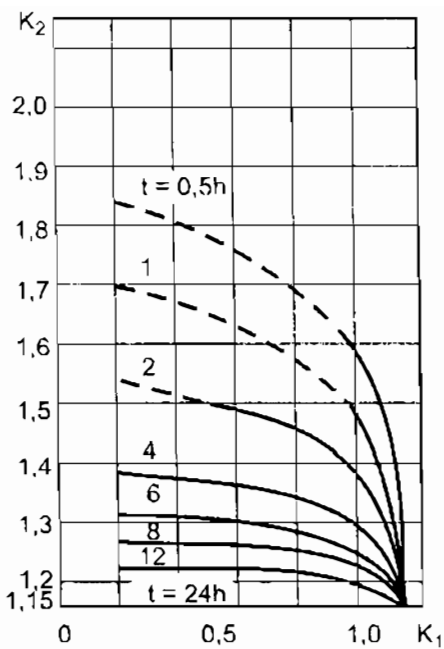
Hình 23



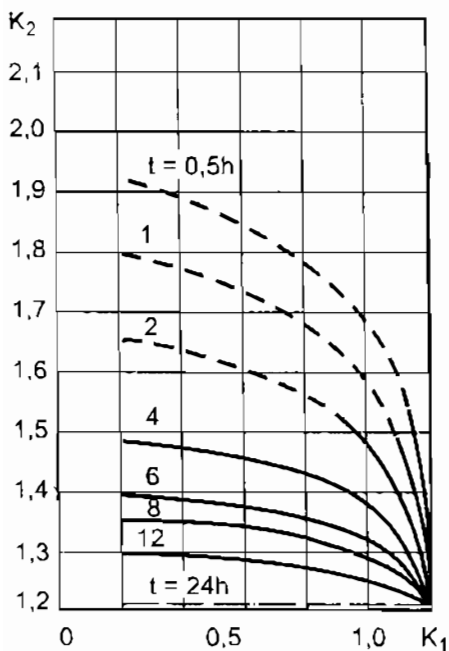
Hình 24



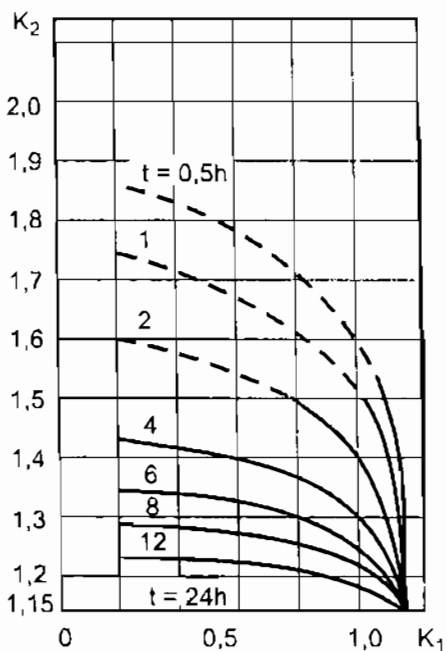
Hinh 25



Hinh 26



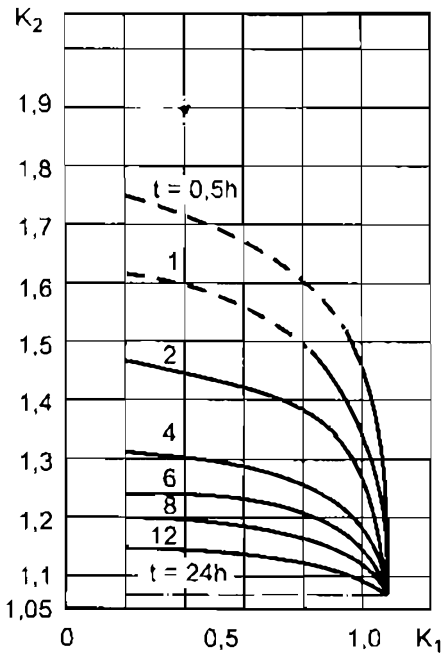
Hinh 27



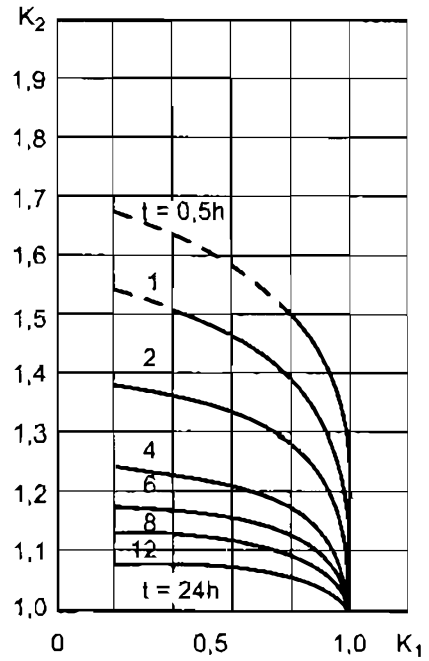
Hinh 28



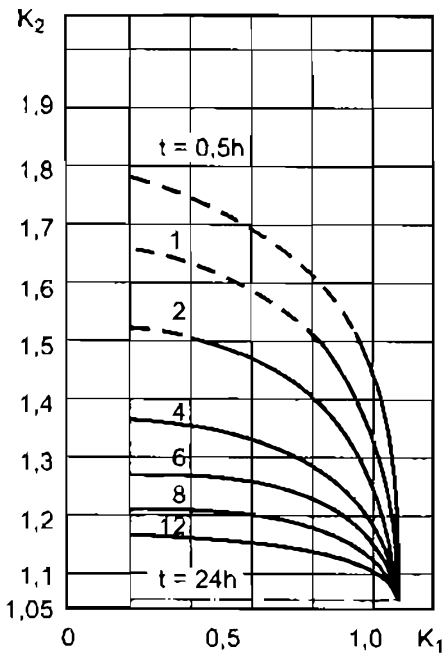




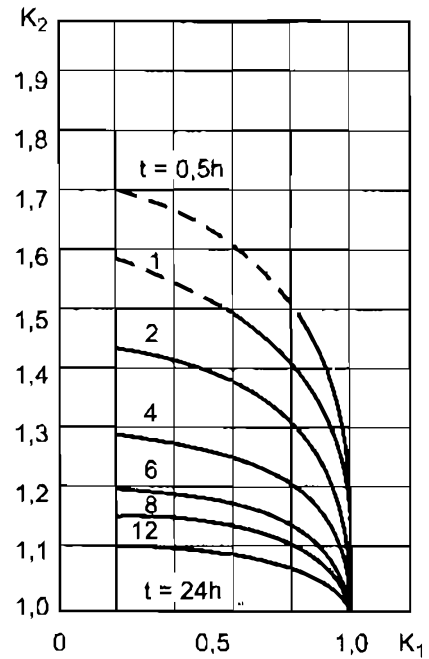
Hình 29



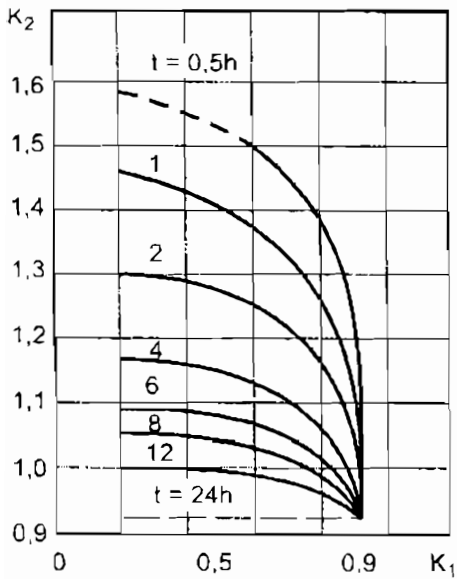
Hình 30



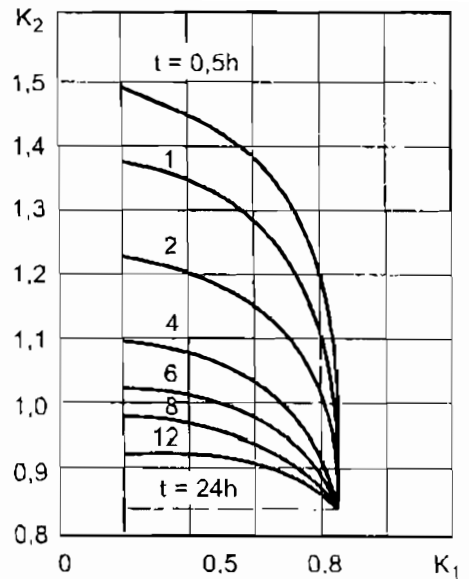
Hình 31



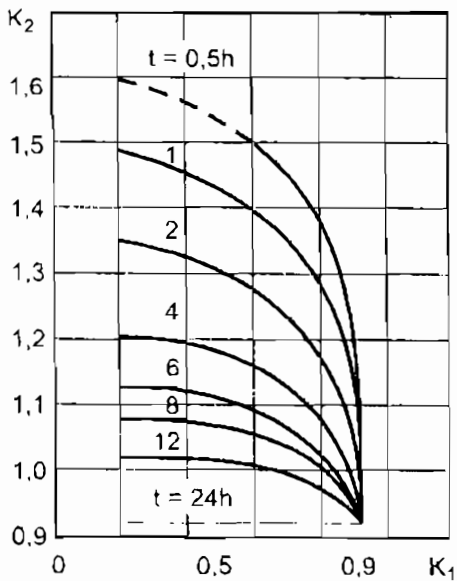
Hình 32



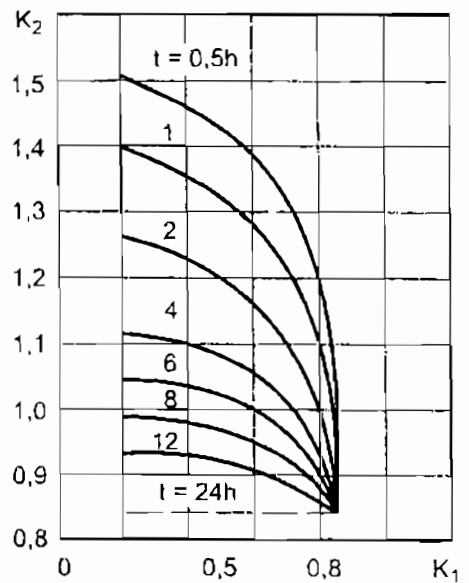
Hinh 33



Hinh 34



Hinh 35



Hinh 36

# SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN VÀ TỰ DÙNG CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

## 7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong các thiết bị điện của nhà máy điện và trạm biến áp, các khí cụ điện được nối lại với nhau thành sơ đồ nối điện. Yêu cầu của sơ đồ nối điện là làm việc đảm bảo, tin cậy, cấu tạo đơn giản, vận hành linh hoạt, kinh tế và an toàn cho con người.

Tính đảm bảo của sơ đồ phụ thuộc vào vai trò quan trọng của hộ tiêu thụ, ví dụ như với hộ tiêu thụ loại một phải được cung cấp bằng hai đường dây từ hai nguồn độc lập. Mỗi nguồn phải cung cấp đủ công suất khi nguồn kia ngừng làm việc.

Tính linh hoạt của sơ đồ thể hiện bởi khả năng thích ứng với nhiều trạng thái vận hành khác nhau. Do đó sơ đồ phải có nhiều thiết bị. Nhưng khi sơ đồ có nhiều thiết bị thì xác suất sự cố lại tăng và do đó tính đảm bảo lại giảm xuống. Vì vậy, tùy theo từng trường hợp cụ thể mà chọn sơ đồ có tính đảm bảo và linh hoạt nhất định.

Tính kinh tế của sơ đồ được quyết định bởi hình thức thanh góp, số lượng và khí cụ dùng cho sơ đồ. Hình thức thanh góp ảnh hưởng rất nhiều đến kết cấu thiết bị phân phối, nhất là đối với thiết bị phân phối trong nhà.

Ngoài ra, cách bố trí thiết bị trong sơ đồ phải đảm bảo an toàn cho nhân viên vận hành.

Sơ đồ nối điện chính của nhà máy điện có nhiều dạng khác nhau do sự khác nhau về phần cơ nhiệt, kỹ thuật thủy lực, chế độ làm việc, công suất, vị trí nhà máy trong hệ thống điện và nhiều điều kiện khác nữa.

Khi lựa chọn sơ đồ nối điện cần chú ý đến đặc điểm quá trình sản xuất điện năng và chế độ làm việc của nhà máy, vị trí nhà máy trong hệ thống điện và sơ đồ phân phối công suất, yêu cầu đối với máy biến áp tăng áp hay giảm áp, các phương pháp hạn chế dòng điện ngắn mạch, sơ đồ thiết bị phân phối và những vấn đề về độ tin cậy.

Dưới đây trình bày các dạng sơ đồ nối điện cơ bản trước khi nghiên cứu sơ đồ nối điện của từng loại nhà máy điện.

## 7.2. CÁC DẠNG SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN CƠ BẢN

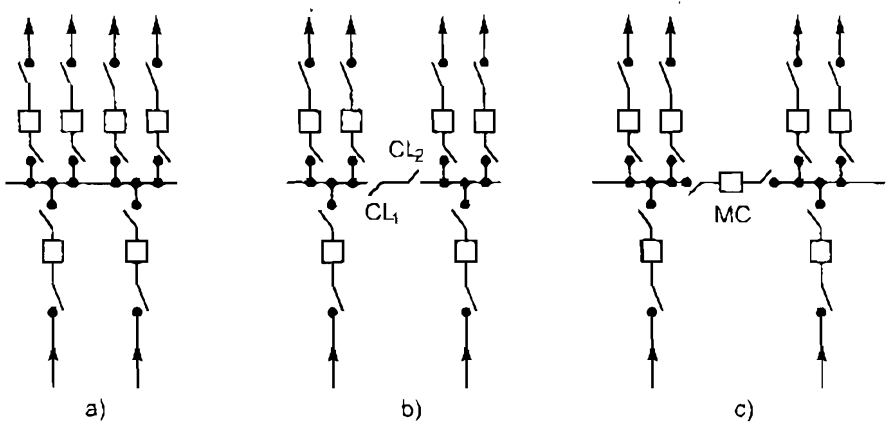
Thanh góp là nơi nhận điện năng từ các nguồn cung cấp đến và phân phối điện năng cho các hộ tiêu thụ. Thanh góp là phần tử cơ bản của thiết bị phân phối. Trong thiết bị phân phối, người ta thường dùng một hoặc hai hệ thống thanh góp.

### 7.2.1. Sơ đồ một hệ thống thanh góp

Trên hình 7.1 giới thiệu sơ đồ một hệ thống thanh góp. Các nguồn đến cũng như đường dây đi ra đều đặt máy cắt và dao cách ly.

Trong nhà máy điện, nguồn cung cấp là các máy phát, còn đối với trạm biến áp giảm áp, nguồn cung cấp cho thiết bị phân phối phía điện áp sơ cấp là đường dây tải điện và đối với thiết bị phân phối điện áp thứ cấp, nguồn cung cấp là máy biến áp.

Ưu điểm cơ bản của sơ đồ một hệ thống thanh góp là đơn giản, giá thành hạ. Dao cách ly chỉ làm nhiệm vụ đảm bảo an toàn khi tiến hành sửa chữa và đóng cắt khi không có dòng điện.



Hình 7.1. Sơ đồ một hệ thống thanh góp

a) Không phân đoạn; b) Phân đoạn bằng dao cách ly; c) Phân đoạn bằng máy cắt điện

Sơ đồ một hệ thống thanh góp có thể không phân đoạn như hình 7.1a hoặc phân chia thành các phân đoạn như hình 7.1b và hình 7.1c.

Sơ đồ một hệ thống thanh góp không phân đoạn có các nhược điểm như sau:

Khi sửa chữa thanh góp hoặc dao cách ly thanh góp của một mạch bất kỳ, cần phải cắt tất cả nguồn cung cấp, do đó phải ngừng làm việc các thiết bị trong thời gian sửa chữa.

Để sửa chữa một máy cắt của đường dây bất kỳ, phải cắt đường dây đó và hộ tiêu thụ đó bị mất điện trong thời gian sửa chữa. Thời gian này phụ thuộc vào loại máy cắt, có thể kéo dài vài ngày.

Ngắn mạch trên thanh góp sẽ dẫn đến tự động cắt tất cả nguồn cung cấp, do đó các thiết bị phải ngừng làm việc trong thời gian cần thiết để loại trừ sự cố.

Do những nhược điểm trên, sơ đồ một hệ thống thanh góp không phân đoạn chỉ dùng cho thiết bị có một nguồn cung cấp.

Việc phân đoạn thanh góp sẽ tăng cường độ tin cậy làm việc của thiết bị một hệ thống thanh góp. Số phân đoạn được xác định bằng số lượng và công suất nguồn cung cấp. Đa số trường hợp, số phân đoạn bằng số nguồn cung cấp. Số đường dây được phân phối giữa các phân đoạn sao cho khi cắt một phân đoạn sẽ không dẫn đến ngừng làm việc của các hộ tiêu thụ quan trọng. Do đó các hộ tiêu thụ quan trọng cần được cung cấp từ hai nguồn lấy từ hai phân đoạn khác nhau.

Thanh góp có thể được phân đoạn bằng dao cách ly hay máy cắt. Sơ đồ một hệ thống thanh góp được phân đoạn bằng hai dao cách ly mắc nối tiếp  $CL_1$  và  $CL_2$  (để lần lượt sửa chữa chúng mà chỉ phải ngừng một phân đoạn) trình bày trên hình 7.1b. Trong điều kiện làm việc bình thường các dao cách ly phân đoạn có thể cắt hay đóng. Mỗi chế độ làm việc đều có những ưu và nhược điểm riêng của nó. Ví dụ nếu dao cách ly phân đoạn đóng, nghĩa là các nguồn cung cấp làm việc song song, thì chế độ vận hành của chúng kinh tế hơn. Nhưng khi đó nếu xảy ra ngắn mạch một trong các phân đoạn thì tất cả nguồn cung cấp bị cắt và gây nên mất điện toàn bộ. Ngược lại nếu cắt dao cách ly phân đoạn mà xảy ra ngắn mạch ở phân đoạn nào thì chỉ mất điện các thiết bị nối với phân đoạn ấy vì trong điều kiện làm việc bình thường các nguồn cung cấp làm việc riêng rẽ.

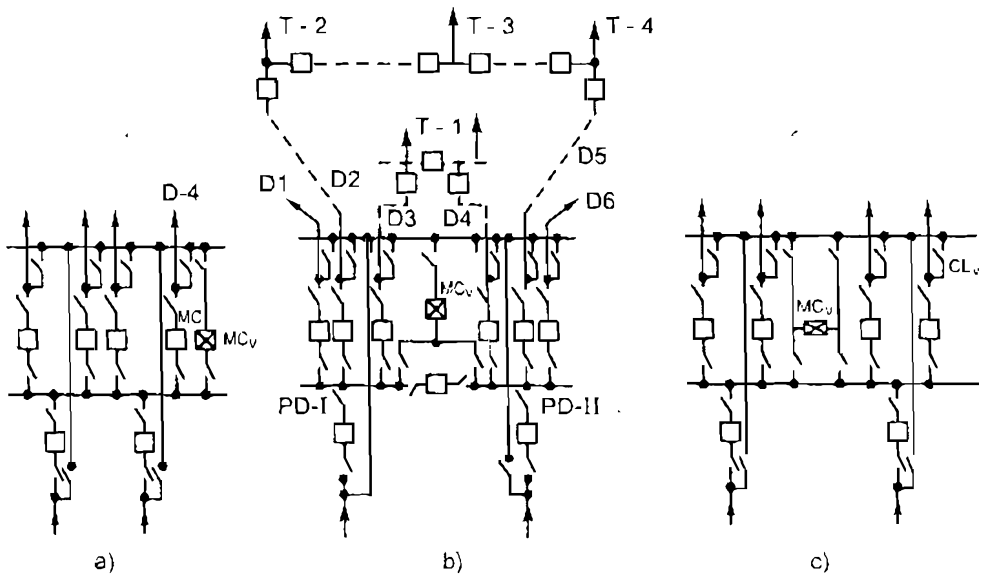
Sơ đồ một hệ thống thanh góp phân đoạn bằng máy cắt hình 7.1c có ưu điểm hơn. Bình thường máy cắt phân đoạn MC có thể đóng hay cắt. Nếu máy cắt bình thường ở vị trí cắt thì phải đặt thêm thiết bị tự động đóng nguồn dự trữ (TĐD). Nhờ thiết bị TĐD, máy cắt MC sẽ tự động đóng lại khi nguồn cung cấp của phân đoạn bên cạnh cắt ra. Nếu máy cắt MC bình thường đóng mà xảy ra ngắn mạch trên bất kỳ phân đoạn nào thì máy cắt phân đoạn và máy cắt của nguồn nối với phân đoạn ấy bị cắt ra. Phân đoạn còn lại vẫn làm việc bình thường. Sơ đồ một hệ thống thanh góp phân đoạn bằng máy cắt được dùng rộng rãi cho các nhà máy điện và trạm biến áp có số mạch ít và điện áp bất kỳ.

Đối với nhà máy điện, trong điều kiện làm việc bình thường, máy cắt phân đoạn luôn luôn đóng, còn đối với trạm biến áp có thể đóng hay cắt máy cắt phân đoạn này.

Nhược điểm của sơ đồ một hệ thống thanh góp phân đoạn bằng máy cắt là khi có sự cố hay sửa chữa một phân đoạn, các nguồn cung cấp và đường dây nối với phân đoạn đó phải ngừng làm việc. Khi sửa chữa máy cắt của một mạch nào đó, mạch ấy tạm thời mất điện.

### 7.2.2. Sơ đồ một hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng

Như đã phân tích ở trên, sơ đồ một hệ thống thanh góp có nhược điểm là sửa chữa máy cắt của mạch nào thì mạch ấy mất điện. Nhược điểm này có thể khắc phục được bằng cách đặt thêm một hệ thống thanh góp đường vòng và máy cắt vòng  $MC_v$  (hình 7.2a). Hệ thống thanh góp vòng được nối với mỗi mạch qua một dao cách ly vòng  $CL_v$  và máy cắt vòng  $MC_v$ . Để sửa chữa máy cắt bất kỳ, ví dụ máy cắt của đường dây D-4, trước hết đóng máy cắt vòng và dao cách ly vòng của đường dây D-4, sau đó cắt máy cắt đường dây MC và dao cách ly hai bên máy cắt này. Khi hệ thống thanh góp làm việc được phân đoạn bằng máy cắt hay dao cách ly, mỗi phân đoạn đặt một máy cắt vòng hoặc để tiết kiệm, đặt một máy cắt vòng chung cho cả hai phân đoạn (hình 7.2b).



Hình 7.2. Sơ đồ một hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng

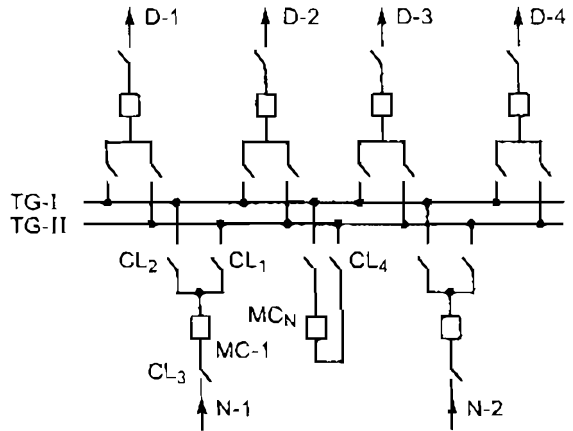
- a) Hệ thống thanh góp làm việc không phân đoạn; b) Hệ thống thanh góp làm việc phân đoạn bằng máy cắt; c) Máy cắt phân đoạn sử dụng như máy cắt vòng.

Hai đường dây D-3 và D-4 làm việc song song, cung cấp điện cho trạm T-1. Hai đường dây D-2 và D-5 cung cấp điện cho trạm T-2, T-3, T-4. Đường dây D-1 và D-6 làm việc riêng rẽ được nối đến hai phân đoạn khác nhau. Bình thường tất cả máy cắt đường dây nguồn cung cấp và phân đoạn đều đóng, máy cắt đường vòng  $MC_V$  ở vị trí cắt. Để giảm số lượng máy cắt có thể dùng sơ đồ hình 7.2c, trong đó máy cắt vòng và máy cắt phân đoạn chỉ là một. Nhưng chú ý rằng, trong cùng một lúc máy cắt này không làm hai nhiệm vụ đồng thời. So với sơ đồ hình 7.2a,b thì sơ đồ này kinh tế hơn, nhưng vận hành phức tạp. Ngày nay hệ thống thanh góp đường vòng được ứng dụng rộng rãi trong thiết bị phân phối điện áp từ 110kV trở lên.

### 7.2.3. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp

Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có một máy cắt trên một mạch chỉ rõ trên hình 7.3a.

Mỗi nguồn cung cấp và mỗi đường dây nối với thanh góp qua một máy cắt và hai dao cách ly thanh góp. Một hệ thống thanh góp làm việc và một hệ thống thanh góp dự trữ, ví dụ TG-I làm việc và TG-II dự trữ hoặc ngược lại. Các dao cách ly nối với thanh góp làm việc được đóng lại, các dao cách ly nối với thanh góp dự



Hình 7.3a. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp với thanh góp I làm việc

trữ được cắt ra. Sự liên lạc giữa hai hệ thống thanh góp nhờ máy cắt nối  $MC_N$ .

Ưu điểm của sơ đồ hai hệ thống thanh góp là lần lượt sửa chữa từng thanh góp mà không hệ tiêu thụ nào bị mất điện, sửa chữa dao cách ly thanh góp của mạch nào thì chỉ mạch ấy bị cắt điện, nhanh chóng phục hồi sự làm việc của thiết bị khi ngắt mạch trên hệ thống thanh góp làm việc, sửa chữa máy cắt của mạch bất kỳ, mạch ấy không phải ngừng làm việc lâu dài.

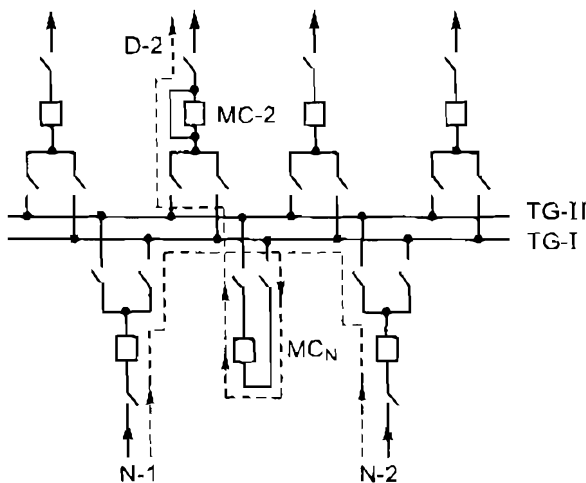
Để sửa chữa hệ thống thanh góp TG-I đang làm việc cần phải chuyển nguồn cung cấp và các đường dây nối với TG-I sang thanh góp dự trữ TG-II. Trước hết quan sát xem TG-II có bị ngắt mạch hay nối tắt gì

không. Nếu TG-II tốt thì đóng máy cắt nối  $MC_N$ . Khi đó nếu xuất hiện ngắn mạch ở TG-II thì máy cắt nối sẽ tự động cắt dưới tác động của bảo vệ rơle của nó, các thiết bị nối với TG-I vẫn làm việc bình thường. Nếu không tồn tại ngắn mạch trên thanh góp TG-II thì máy cắt nối không bị cắt ra và TG-II có điện. Đóng tất cả dao cách ly thanh góp của nguồn cung cấp và đường dây nối với thanh góp dự trữ TG-II. Cắt tất cả dao cách ly thanh góp nối với thanh góp làm việc TG-I. Sau cùng cắt máy cắt nối và hai dao cách ly của nó; thanh góp TG-I mất điện, thực hiện các biện pháp an toàn đưa TG-I vào sửa chữa.

Sửa chữa bất kỳ dao cách ly thanh góp nào cũng phải tiến hành các thao tác như sửa chữa thanh góp và dao cách ly thanh góp cần sửa chữa phải ngừng làm việc.

Muốn sửa chữa máy cắt đường dây, ví dụ máy cắt của đường dây D-2 (hình 7.3b) cần tiến hành như sau: Trước tiên cũng kiểm tra thanh góp dự trữ TG-II bằng cách đóng máy cắt nối. Nếu thanh góp dự trữ tốt thì ta cắt máy cắt nối ra. Sau đó cắt máy cắt MC-2 của đường dây D-2, cắt dao cách ly đường dây và dao cách ly thanh góp của nó; thực hiện các biện pháp an toàn tháo gỡ đầu dây nối hai bên máy cắt và nối tắt máy cắt lại.

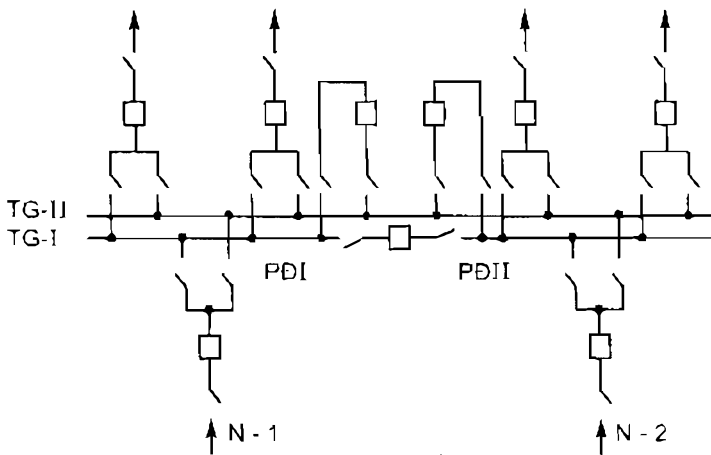
Tiếp theo, đóng dao cách ly đường dây và dao cách ly thanh góp của đường dây D-2 vào hệ thống thanh góp dự trữ TG-II. Cuối cùng, đóng máy cắt nối. Kết quả là đường dây D-2 được đưa vào làm việc và máy cắt đường dây được thay thế bằng máy cắt nối. Đường đi của dòng điện được vẽ bằng nét đứt trên hình 7.3b theo chiều mũi tên.



Hình 7.3b. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp khi sửa chữa MC-2



Nhược điểm của sơ đồ hai hệ thống thanh góp là dùng dao cách ly thao tác đóng cắt các mạch dòng điện song song. Nếu thao tác nhầm lẫn (như cắt dao cách ly trước khi cắt máy cắt) sẽ dẫn đến hậu quả nghiêm trọng. Mặt khác, nếu không phân đoạn thanh góp làm việc thì khi ngắn mạch sẽ gây nên mất điện toàn bộ thiết bị. Để khắc phục nhược điểm này người ta cho vận hành song song cả hai hệ thống thanh góp. Khi đó máy cắt nối thanh góp đóng vai trò của máy cắt phân đoạn. Chế độ vận hành này được áp dụng rộng rãi cho các thiết bị có điện áp từ 35kV trở lên. Có thể phân đoạn thanh góp làm việc như hình 7.4. Mỗi phân đoạn đều có máy cắt nối để nối từng phân đoạn với thanh góp dự trữ.



Hình 7.4. Hai hệ thống thanh góp có phân đoạn thanh góp làm việc

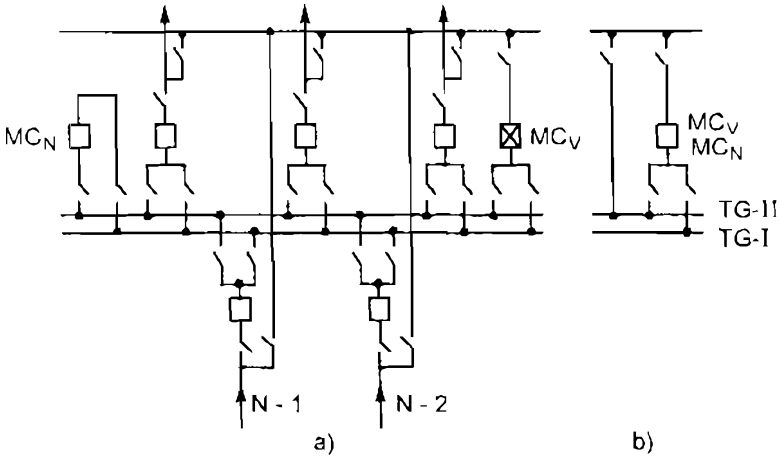
Dùng sơ đồ hai hệ thống thanh góp sẽ tốn nhiều dao cách ly, bố trí thiết bị phân phối phức tạp và giá thành cao, nhất là đối với thiết bị trong nhà, do đó ở điện áp 6–10kV người ta rất ít dùng sơ đồ này.

#### 7.2.4. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng

Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng (hình 7.5a) khắc phục được nhược điểm của sơ đồ hai hệ thống thanh góp trên.

Sửa chữa máy cắt của một mạch bất kỳ vẫn không gây mất điện dù chỉ là tạm thời. Các mạch đều được nối với thanh góp vòng qua dao cách ly vòng. Ngoài máy cắt nối liên lạc giữa hai hệ thống thanh góp chính còn có máy cắt vòng nối thanh góp đường vòng với hai hệ thống thanh góp chính. Trong một số trường hợp để tiết kiệm người ta không đặt máy cắt nối thanh góp riêng mà chỉ sử dụng máy cắt đường vòng và thêm một dao cách ly phụ nữa (hình 7.5b). Nhưng sử dụng máy cắt đường vòng làm

việc như máy cắt nối thanh góp chỉ thích hợp khi vận hành một hệ thống thanh góp. Những thiết bị bình thường vận hành cả hai hệ thống thanh góp thì khi sửa chữa một máy cắt nào đó phải chuyển tất cả các mạch sang một hệ thống thanh góp và máy cắt nối lúc này làm nhiệm vụ của máy cắt đường vòng.

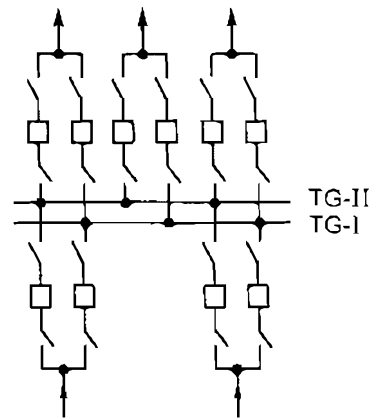


Hình 7.5. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng

Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng đảm bảo liên tục cung cấp điện hơn nhưng tốn nhiều dao cách ly, cấu tạo thiết bị phân phối phức tạp. Sơ đồ này được ứng dụng rộng rãi cho các thiết bị quan trọng có điện áp từ 110kV trở lên.

### 7.2.5. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có hai máy cắt trên một mạch

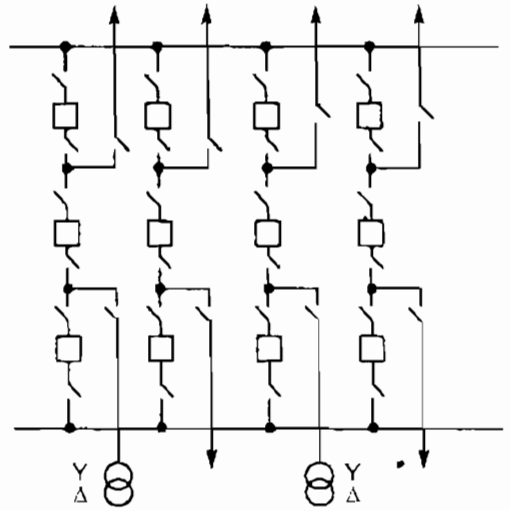
Mỗi mạch được nối với hai thanh góp qua hai máy cắt và bốn dao cách ly như hình 7.6. Trong điều kiện làm việc bình thường, hai máy cắt đóng và hai thanh góp cùng làm việc. Khi ngắn mạch trên mạch nào chỉ mạch đó bị mất điện, khi ngắn mạch trên thanh góp thì tất cả máy cắt nối với thanh góp ấy bị cắt ra nhưng không mạch nào mất điện. Sơ đồ này làm việc rất đảm bảo nhưng vốn đầu tư lớn vì số lượng máy cắt điện bằng hai lần số mạch. Sơ đồ được áp dụng rộng rãi đối với thiết bị rất quan trọng, điện áp từ 220kV trở lên.



Hình 7.6. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có hai máy cắt trên một mạch

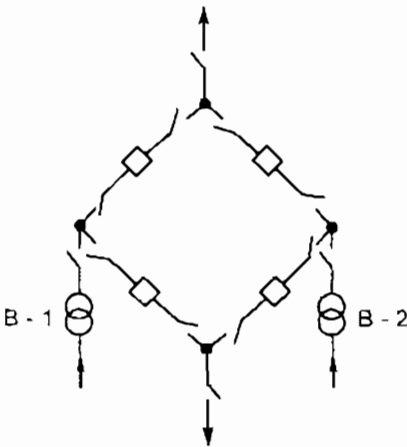
### 7.2.6. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp có ba máy cắt trên hai mạch – sơ đồ một rưỡi (hình 7.7)

Trong điều kiện vận hành bình thường tất cả máy cắt đều đóng và hai hệ thống thanh góp làm việc. Khi ngắn mạch trên mạch nào chỉ riêng mạch ấy mất điện. Khi ngắn mạch trên thanh góp hay sửa chữa thanh góp, máy cắt bất kỳ không mạch nào mất điện. Tính đảm bảo của sơ đồ rất cao, giống như sơ đồ hai hệ thống thanh góp có hai máy cắt trên một mạch, nhưng ở đây số lượng máy cắt lại ít hơn.



Hình 7.7. Sơ đồ một rưỡi

### 7.2.7. Sơ đồ đa giác



Hình 7.8. Sơ đồ đa giác

Với sơ đồ đa giác thanh góp được ghép thành vòng kín (hình 7.8), giữa hai máy cắt phân đoạn chỉ có một mạch và trên các mạch không có máy cắt bảo vệ riêng. Khi sửa chữa máy cắt bất kỳ không có mạch nào mất điện. Tính đảm bảo của sơ đồ giống như sơ đồ hai hệ thống thanh góp có hai máy cắt trên một mạch; nhưng sơ đồ này rẻ tiền hơn vì số lượng máy cắt chỉ bằng số mạch.

Tuy nhiên, sơ đồ này có nhược điểm là khi sửa chữa máy cắt hay dao cách ly thanh góp thì đa giác bị hở. Khi đó nếu xảy

ra ngắn mạch ở mạch khác không kề với nó thì đa giác có thể bị tách ra hai phần, vì vậy dẫn đến một số đường dây hay máy biến áp bị mất điện. Các khí cụ điện phải chọn theo dòng điện cực đại đi qua nó khi đa giác bị hở. Dòng điện này lớn hơn dòng điện làm việc qua khí cụ điện khi đa giác kín rất nhiều, vì vậy phải chọn khí cụ điện có dòng điện định mức lớn. Cấu tạo thiết bị phân phối của sơ đồ đa giác phức tạp và bảo vệ rơle

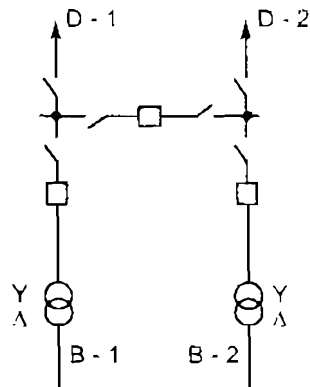
cho các đường dây, máy biến áp khó khăn hơn. Vì vậy, người ta chỉ sử dụng các sơ đồ đa giác với số cạnh lớn nhất là sáu.

### 7.2.8. Sơ đồ cầu

Đặc điểm của sơ đồ này là máy cắt ít hơn số mạch mà tính đảm bảo vẫn không kém. Sơ đồ cầu được áp dụng khi có bốn mạch.

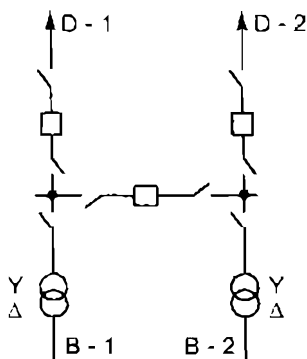
#### a) Sơ đồ cầu có máy cắt ở phía máy biến áp (hình 7.9)

Trong sơ đồ này, về phía đường dây không có máy cắt mà chỉ có dao cách ly. Khi sửa chữa hay sự cố một máy biến áp, hai đường dây làm việc bình thường. Ngược lại, khi sửa chữa hay sự cố một đường dây thì một máy biến áp tạm thời bị mất điện. Sau đó có thể dùng dao cách ly đường dây tách rời đường dây bị sự cố hay cần sửa chữa để khôi phục lại sự làm việc bình thường của máy biến áp. Sơ đồ này chỉ thích hợp cho các trạm biến áp cần phải thường xuyên đóng, cắt máy biến áp (trong một số trạm biến áp, phụ tải thay đổi nhiều, tại những giờ phụ tải thấp người ta muốn cắt bớt một máy biến áp để giảm tổn thất công suất trong nó) và đường dây ngắn.



Hình 7.9. Sơ đồ cầu có cầu nối về phía đường dây

#### b) Sơ đồ cầu có máy cắt ở phía đường dây (hình 7.10)

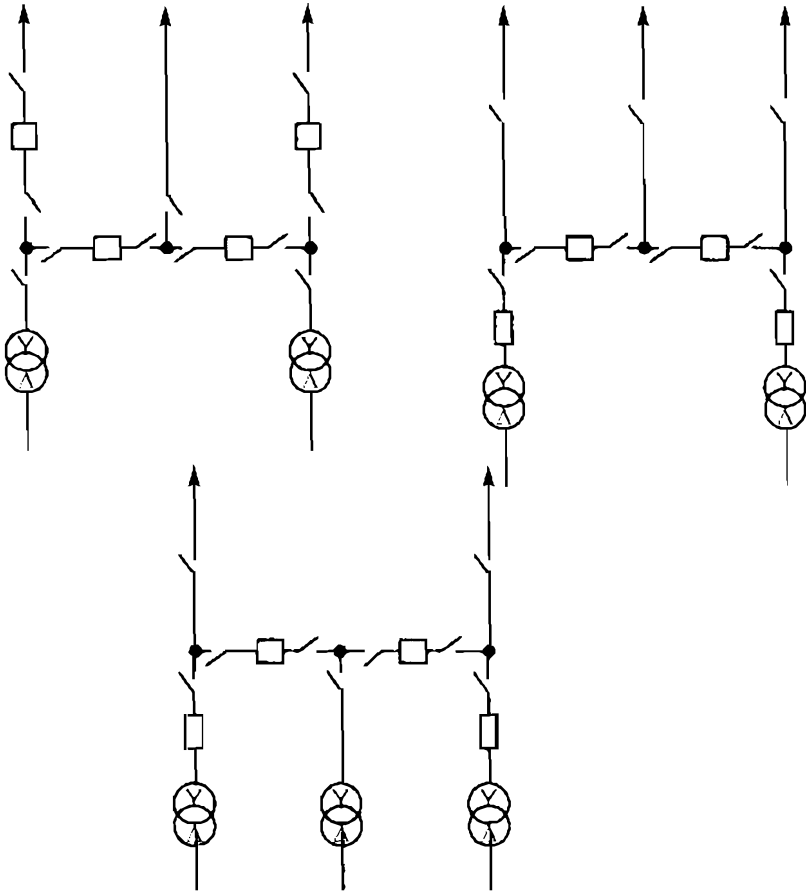


Hình 7.10. Sơ đồ cầu có cầu nối về phía máy biến áp

Trong sơ đồ này về phía cao áp của máy biến áp không đặt máy cắt. Những ưu, nhược điểm của sơ đồ cầu có máy cắt ở phía đường dây hoàn toàn ngược lại với những ưu, nhược điểm của sơ đồ cầu có máy cắt đặt phía cao áp máy biến áp. Ưu điểm của sơ đồ này là nhược điểm của sơ đồ kia. Thật vậy, trong sơ đồ này, khi ngắn mạch trên một đường dây nào, chỉ có đường dây đó bị mất điện, các máy biến áp vẫn làm việc bình thường. Nhưng khi sự cố trong máy biến áp thì một đường dây tạm thời bị mất điện. Vì vậy, sơ đồ này chỉ thích hợp cho các trạm biến áp ít phải đóng cắt máy biến áp và chiều dài đường dây lớn.

**c) Sơ đồ cầu mở rộng**

Do ưu điểm của sơ đồ cầu là kinh tế và tính đảm bảo cung cấp điện tương đối cao, nên người ta dùng sơ đồ cầu cho cả trường hợp thiết bị cố năm mạch như hai máy biến áp và ba đường dây hoặc ba máy biến áp và hai đường dây như hình 7.11.



**Hình 7.11. Sơ đồ cầu mở rộng**

Cần chú ý rằng, trong các sơ đồ cầu không đặt máy cắt phía cao áp của máy biến áp thì khi cần cắt máy biến áp người ta phải cắt máy cắt phía hạ áp, sau đó tiến hành cắt máy biến áp ở trạng thái không tải bằng dao cách ly. Khi xây dựng thiết bị phân phối theo sơ đồ cầu cần phải chú ý đến sự phát triển sau này, sao cho sơ đồ cầu có thể trở thành sơ đồ một hệ thống thanh góp.

### 7.3. SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NGUNG HƠI

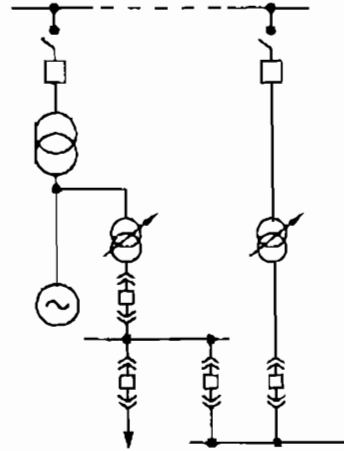
Nhà máy nhiệt điện ngưng hơi thường được xây dựng ở gần nguồn nhiên liệu vì việc chuyên chở nhiên liệu đi xa không kinh tế. Điện năng sản xuất ra được truyền tải theo các đường dây cao áp 110 – 750kV (thậm chí còn cao hơn) đến các hộ tiêu thụ. Đây là nhà máy điện khu vực, khác với nhà máy điện địa phương thường xây dựng gần hộ tiêu thụ nhiệt và điện. Thời gian sử dụng công suất đặt của nhà máy nhiệt điện ngưng hơi phụ thuộc vào cơ cấu nguồn của hệ thống năng lượng và thường bằng 5500 – 6000 giờ.

#### 7.3.1. Phân điện của sơ đồ khối

Để truyền tải công suất hàng nghìn MW đi xa cần sử dụng điện áp cao 110 ÷ 750kV, trong khi đó điện áp định mức của máy phát điện hiện nay không vượt quá 20 ÷ 24kV. Do vậy cần có máy biến áp tăng áp và do không có phụ tải địa phương nên máy phát điện và máy biến áp được nối theo sơ đồ khối (hình 7.12).

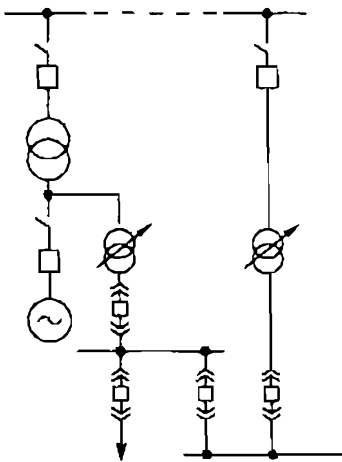
Máy phát điện nối trực tiếp với máy biến áp tăng áp mà không cần đặt máy cắt giữa chúng. Máy cắt chỉ đặt ở phía cao áp của máy biến áp. Ở đầu cực máy phát điện, một phần công suất của khối (4 ÷ 8%) được trích ra qua máy biến áp tự dòng cung cấp cho hệ thống tự dòng của máy phát. Máy cắt chỉ đặt ở phía hạ áp của máy biến áp tự dòng. Như vậy máy biến áp tự dòng xem như một thành phần của khối và được bảo vệ cùng với máy phát điện và máy biến áp chính.

Để khởi động khối, trước tiên khởi động các thiết bị tự dòng như bơm cung cấp, bơm tuần hoàn, bơm ngưng tụ, quạt gió, quạt khói và các thiết bị khác. Các thiết bị này có thể nhận điện từ máy biến áp tự dòng dự trữ. Khi đó máy cắt của khối đặt ở phía cao áp và máy cắt điện của máy biến áp tự dòng ở trạng thái cắt. Trong quá trình khởi động, người ta tăng dần áp lực, nhiệt độ hơi và tốc độ quay của máy phát. Khi tốc độ quay đạt đến định mức, người ta đóng máy phát vào lưới và đồng thời cho kích thích máy phát, tức là tự hòa đồng bộ máy phát điện với hệ thống. Sau đó cho máy phát mang tải dần dần rồi đóng máy biến áp tự dòng làm việc và cắt máy biến áp tự dòng dự trữ. Quá trình dừng khối được tiến hành theo trình tự ngược lại. Máy biến áp tự dòng làm việc được chuyển sang máy biến áp tự

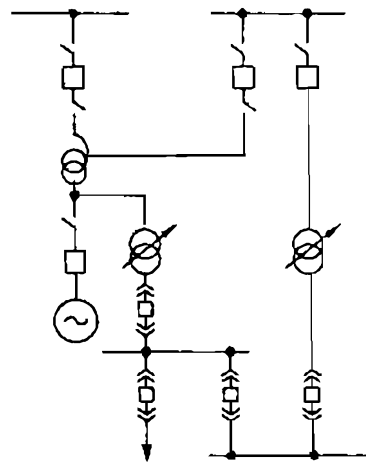


Hình 7.12. Sơ đồ khối không có máy cắt ở mạch máy phát

dùng dự trữ, giảm phụ tải của máy phát điện, cắt máy phát ra khỏi hệ thống điện và cắt kích thích. Độ tin cậy của khối tuabin hơi phụ thuộc vào độ tin cậy của máy phát và các thành phần của nó (nồi hơi, tuabin, máy phát điện, máy biến áp tăng áp và máy biến áp tự dùng) và các thiết bị phụ thuộc. Kinh nghiệm vận hành nhà máy điện chứng tỏ rằng, bộ phận dễ xảy ra sự cố nhất của khối là lò hơi vì điều kiện làm việc của nó rất nặng nề. Phần điện của khối làm việc tin cậy hơn, tuy nhiên vẫn có thể xảy ra sự cố phá hoại sự làm việc bình thường của khối, ví dụ như sự cố máy biến áp cần phải sửa chữa lâu dài, hoặc sự cố máy biến áp tự dùng cũng dẫn đến gián đoạn sự làm việc của khối trong thời gian cần thiết để loại trừ máy biến áp hư hỏng và khôi phục sự làm việc của hệ thống thanh góp tự dùng qua máy biến áp dự trữ. Những sơ đồ khối nối theo sơ đồ hình 7.12 (không có máy cắt điện ở mạch máy phát) được ứng dụng rộng rãi hơn cả. Người ta còn dùng các dạng sơ đồ khối khác như khối máy phát -- máy biến áp có máy cắt ở mạch máy phát. Máy biến áp tự dùng được nối ở giữa máy cắt điện và máy biến áp tăng áp (hình 7.13). Với sơ đồ này hệ thống tự dùng của khối có thể được đảm bảo cung cấp điện từ hệ thống điện khi cắt máy cắt điện. Máy cắt điện ở mạch máy phát cũng cần thiết nếu máy phát này được nối đến cuộn dây hạ áp của máy biến áp tự ngẫu hay máy biến áp ba cuộn dây (hình 7.14) để đảm bảo khả năng trao đổi công suất giữa lưới cao áp và trung áp khi sửa chữa máy phát điện.



Hình 7.13. Sơ đồ khối có máy cắt mạch máy phát điện



Hình 7.14. Sơ đồ khối có máy biến áp tự ngẫu và máy cắt mạch máy phát điện

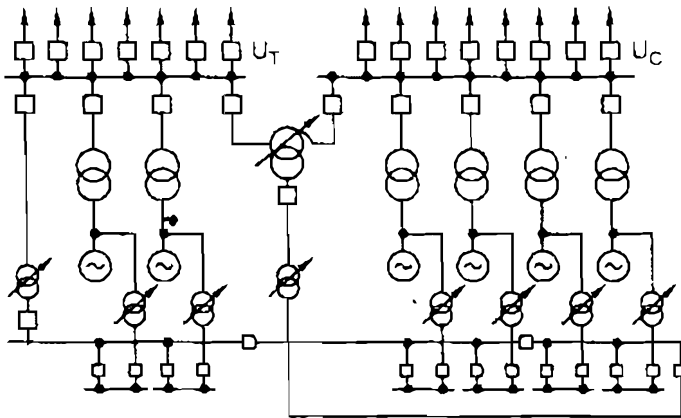
### 7.3.2. Các sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện

Số lượng và công suất máy phát điện, công suất hệ thống điện, sơ đồ lưới và phụ tải tương ứng, trình tự xây dựng nhà máy điện và lưới điện là

những yếu tố cơ bản xác định sơ đồ điện của nhà máy điện. Thường các nhà máy điện khu vực phát công suất vào lưới điện bằng hai (đôi khi bằng ba) cấp điện áp, ví dụ như 330kV và 110kV hoặc 500kV và 220kV. Dưới đây lần lượt nghiên cứu vài dạng sơ đồ như vậy.

**a) Sơ đồ có máy biến áp tự ngẫu liên lạc**

Sơ đồ này được ứng dụng rộng rãi nhất (hình 7.15). Trong sơ đồ này công suất có thể truyền tải qua máy biến áp tự ngẫu từ cao sang trung áp hay ngược lại tùy thuộc sự biến đổi phụ tải của lưới điện, sự thay đổi công suất làm việc của nhà máy (đặc biệt là nhà máy thủy điện), thay đổi sơ đồ hệ thống điện và các nguyên nhân khác. Công suất định mức của máy biến áp tự ngẫu chọn phù hợp với công suất cực đại truyền tải trong điều kiện nặng nề nhất. Có thể dùng một hoặc hai máy biến áp tự ngẫu ba pha để liên lạc giữa hai cấp điện áp cao và trung.



Hình 7.15. Sơ đồ nguyên lý nhà máy điện có 6 khối.  
 Máy biến áp tự ngẫu liên lạc giữa điện áp cao và trung

Thường công suất máy biến áp tự ngẫu liên lạc không vượt quá công suất của khối. Cuộn dây hạ áp của máy biến áp tự ngẫu có thể nối với lưới phân phối địa phương hoặc để cung cấp điện tự dùng dự trữ cho nhà máy điện.

**b) Sơ đồ dùng máy biến áp tự ngẫu tăng áp** (hình 7.16)

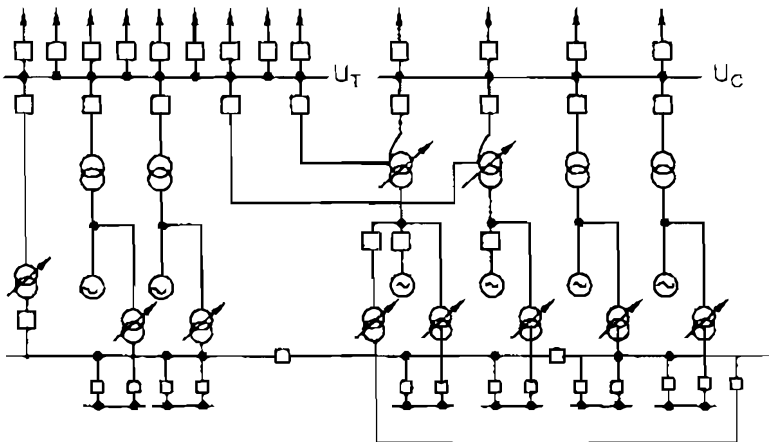
Các máy phát điện (thường là hai) được nối vào cuộn dây hạ áp của máy biến áp tự ngẫu ba pha. Vì là máy biến áp tăng áp nên công suất được truyền tải theo hướng từ hạ áp lên cao áp và trung áp, đồng thời cũng có thể trao đổi công suất giữa lưới cao và trung áp trong phạm vi cho phép.



Công suất định mức của máy biến áp tự ngẫu tăng áp cần chọn như thế nào để công suất cuộn dây hạ áp của nó phù hợp với công suất máy phát. Thường công suất cuộn dây hạ áp gần với công suất mẫu của máy biến áp tự ngẫu  $S_{dm} k_m$ . Ở đây  $S_{dm}$  là công suất định mức của máy biến áp tự ngẫu và  $k_m = \frac{U_c - U_T}{U_c}$  là hệ số công suất mẫu. Do đó công suất định mức của máy biến áp tự ngẫu có thể xác định:

$$S_{dm} \geq \frac{P_{dm}}{k_m \cdot \cos \varphi_{dm}} \quad (7.1)$$

Trong đó:  $P_{dm}$  và  $\cos \varphi_{dm}$  là công suất và hệ số công suất định mức của máy phát.



Hình 7.16. Sơ đồ nguyên lý nhà máy điện có sáu khối sử dụng máy biến áp tự ngẫu tăng áp để liên lạc giữa điện áp cao và trung

Bởi vì hệ số công suất mẫu nhỏ hơn đơn vị nên công suất định mức của máy biến áp tự ngẫu tăng áp lớn hơn công suất định mức của máy phát điện. Đối với các khối cơ máy phát công suất 300MW và lớn hơn, điện áp lưới đến 500kV; kích thước, trọng lượng của máy biến áp tự ngẫu ba pha sẽ rất lớn nên chuyên chở khó khăn. Vì vậy, có thể dùng tổ hợp ba máy biến áp tự ngẫu một pha, hoặc hai máy biến áp tự ngẫu ba pha có công suất giảm đi một nửa và làm việc song song. Để quyết định vấn đề này cần phải qua tính toán so sánh kinh tế – kỹ thuật.

Máy biến áp tự ngẫu tăng áp có thể làm việc hoặc ở chế độ truyền tải công suất từ hạ lên cao và trung áp; hoặc tổ hợp chế độ truyền tải công

suất theo hướng từ hạ áp lên cao áp và đồng thời từ trung áp lên cao áp. Khi cuộn dây hạ áp đã đầy tải thì cho phép truyền tải một lượng công suất phụ từ lưới trung sang cao áp bằng hiệu giữa công suất định mức và công suất mẫu của máy biến áp tự ngẫu:

$$S_{ph} = (1 - k_m)S_{dm}$$

Chỉ có thể truyền tải công suất từ cao áp sang trung áp trong trường hợp cuộn dây chung của máy biến áp tự ngẫu còn non tải. Tóm lại, khi bên lưới điện áp trung thừa công suất thì có thể truyền tải sang lưới cao áp dễ dàng. Trường hợp này tổn thất điện năng trong máy biến áp tự ngẫu không lớn lắm.

Sơ đồ dùng máy biến áp tự ngẫu tăng áp (hình 7.16) có số lượng máy biến áp và máy biến áp tự ngẫu ít hơn so với sơ đồ dùng máy biến áp tự ngẫu liên lạc (hình 7.15). Số mạch nối vào thiết bị phân phối điện áp cao giảm. Do đó giảm giá thành của phần điện nhà máy điện và giảm tổn thất điện năng trong máy biến áp.

Khi thiết kế nhà máy điện cần phải khảo sát cả hai phương án liên lạc giữa lưới cao áp và trung áp. Mỗi phương án cần xác định vốn đầu tư, tổn hao điện năng trong các máy biến áp và chi phí tính toán. Việc chọn sơ đồ nào là tùy thuộc vào công suất của khối, điện áp định mức (cao và trung áp), cách bố trí thiết bị phân phối và các điều kiện khác nữa.

## 7.4. SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN RÚT HƠI

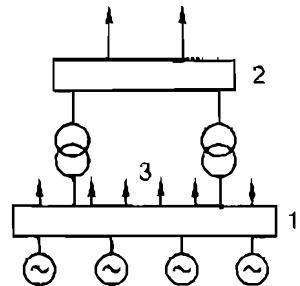
Nhà máy nhiệt điện rút hơi được xây dựng ở gần vùng có hộ tiêu thụ nhiệt và điện năng lớn. Khác với nhà máy nhiệt điện ngưng hơi, nhà máy nhiệt điện rút hơi ngoài nhiệm vụ cung cấp điện năng còn cung cấp hơi cho quá trình công nghệ của các xí nghiệp, sưởi ấm và các mục đích khác. Tổ hợp sản xuất điện và nhiệt năng tiết kiệm nhiệt năng một cách đáng kể so với nhà máy nhiệt điện ngưng hơi. Công suất đặt của nhà máy điện rút hơi và loại tuabin được chọn phù hợp với nhu cầu tiêu thụ nhiệt, thông số hơi của phụ tải nhiệt. Công suất nhà máy nhiệt điện rút hơi thường nhỏ hơn công suất nhà máy nhiệt điện ngưng hơi hiện đại nhất, vì nó bị giới hạn bởi khả năng truyền tải nhiệt năng đi xa. Thời gian gần đây, ở các thành phố lớn người ta xây dựng các nhà máy điện rút hơi có công suất tổng đến 1000MW và lớn hơn với các tổ máy 100 và 250MW.

### 7.4.1. Sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện rút hơi

Những yếu tố cơ bản xác định sơ đồ nối điện của nhà máy điện rút hơi là số lượng và công suất tổ máy, chế độ vận hành nhà máy, mức độ tiêu thụ năng lượng của các hộ tiêu thụ, sơ đồ lưới phân phối hạ áp và trung áp, sơ đồ nối nhà máy điện rút hơi với hệ thống điện.

Sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện rút hơi biểu diễn trên hình 7.17. Các máy phát điện, đường dây cáp phụ tải địa phương, hệ thống tụ dung, máy biến áp liên lạc giữa nhà máy với hệ thống được nối vào thanh góp của thiết bị phân phối 6 hay 10kV.

Qua các máy biến áp tăng áp, một phần điện năng được truyền vào lưới 110 ÷ 220kV. Trường hợp nhà máy không đủ công suất cung cấp cho phụ tải địa phương thì phần công suất thiếu hụt có thể nhận từ hệ thống về. Sơ đồ hình 7.17 có dòng làm việc trong mạch máy phát, máy biến áp và dòng điện ngắn mạch lớn. Để hạn chế dòng ngắn mạch có thể đặt kháng điện đường dây và kháng điện thanh góp. Số phân đoạn thanh góp nối qua kháng điện phụ thuộc vào điện áp định mức, công suất máy phát và máy biến áp. Sơ đồ hình 7.18 tương ứng với trường hợp có hai, ba và bốn máy phát điện được xây dựng theo các sơ đồ tương tự như vậy, chúng chỉ khác ở số lượng và công suất máy phát điện, máy biến áp, sơ đồ nối các kháng điện và cấu tạo thiết bị phân phối (một hoặc hai hệ thống thanh góp).



Hình 7.17. Sơ đồ nguyên lý của nhà máy nhiệt điện rút hơi

- 1— Thiết bị phân phối điện áp thấp;
- 2— Thiết bị phân phối điện áp cao;
- 3— Lưới phân phối điện áp máy phát.

Trong nhiều nhà máy điện rút hơi với các máy phát công suất 30 và 60MW, nếu cần mở rộng thì đặt thêm các tổ máy 100MW để tránh xây dựng lại thiết bị phân phối chính 10kV, các máy phát điện 100MW được nối bộ qua máy biến áp tăng áp đến thanh góp 110 – 220kV. Như vậy, nhà máy điện này thường gồm hai phần: phần thứ nhất là đặt các máy phát điện công suất nhỏ, có thiết bị phân phối 6 hoặc 10kV và máy biến áp liên lạc; phần thứ hai là một số bộ công suất lớn nối vào thanh góp 110 hoặc 220kV. Cả hai phần của nhà máy điện được liên lạc trực tiếp với nhau ở điện áp cao hoặc qua máy biến áp tự ngẫu. Các máy biến áp liên lạc dùng để chuyển một phần công suất của nhà máy điện vào hệ thống hoặc nhận công suất từ hệ thống về.

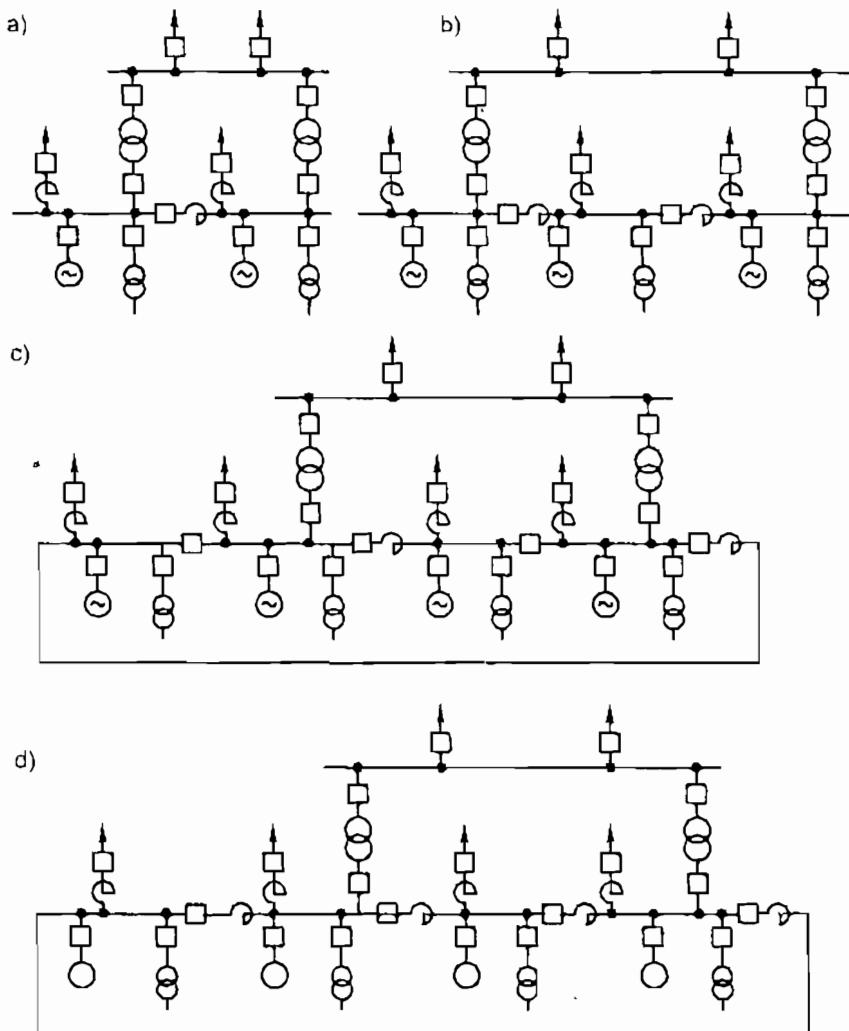
Thường phụ tải địa phương, điện tự dùng của nhà máy và một số máy phát nối vào thanh góp điện áp máy phát. Trong điều kiện này, tổng công suất các máy biến áp cần phải đủ để chuyển vào hệ thống một phần công suất bằng hiệu công suất làm việc của các máy phát nối vào thanh góp với công suất phụ tải địa phương và tự dùng. Hiệu công suất này thay đổi phụ thuộc vào đồ thị phụ tải điện và nhiệt. Phụ tải của máy biến áp liên lạc luôn thay đổi hàng ngày, trong điều kiện đó cần tính đến khả năng quá tải của máy biến áp. Nhưng chọn công suất định mức của máy biến áp có tính đến khả năng quá tải là khó khăn bởi vì không có đủ những thông tin cần thiết như chế độ vận hành nhà máy điện, chế độ tiêu thụ nhiệt và điện năng. Sơ đồ phương án chỉ có một máy biến áp liên lạc sẽ có chi phí nhỏ nhất. Nhưng chỉ cho phép đặt một máy biến áp liên lạc trong nhà máy điện có một hoặc hai máy phát điện. Đối với nhà máy điện có ba và bốn máy phát điện thì cần đặt hai máy biến áp liên lạc, tổng công suất máy biến áp phải đủ khả năng chuyển tải công suất thừa. Việc phân chia công suất máy biến áp cho phép hạn chế dòng điện ngắn mạch trong thiết bị phân phối hạ áp, giảm dòng công suất qua kháng điện phân đoạn và nâng cao độ làm việc tin cậy của nhà máy điện. Không cần thiết bị đặt máy biến áp liên lạc dự trữ trong nhà máy điện rút hơi để chuyển tải một phần công suất vào hệ thống. Trường hợp phải cắt một máy biến áp liên lạc thì dẫn đến giảm công suất điện và hơi của nhà máy điện. Khi đó công suất thiếu của hệ thống điện sẽ được bù lại bằng cách tăng công suất làm việc của các nhà máy điện khác.

Trong trường hợp nhà máy điện rút hơi, một phần công suất được chuyển vào lưới điện áp trung 35kV hoặc qua máy biến áp liên lạc ba cuộn dây, công suất máy biến áp phải đủ khả năng tải công suất thừa về hệ thống và cung cấp cho phụ tải điện áp trung; hoặc qua máy biến áp tăng áp hai cuộn dây, có điện áp cao 35kV với công suất thích ứng. Sơ đồ phương án hợp lý về mặt kinh tế phụ thuộc vào công suất truyền tải vào lưới 35kV. Đặt máy biến áp ba cuộn dây chỉ hợp lý nếu công suất đưa vào trung áp không nhỏ hơn 15% công suất đưa vào lưới cao áp. Cũng có thể đặt máy biến áp có cuộn dây phân chia hạ áp trong nhà máy điện rút hơi.

#### **7.4.2. Phương pháp hạn chế dòng ngắn mạch**

Cần phân biệt hạn chế dòng ngắn mạch trong các mạch hạ áp của nhà máy điện với lưới phân phối hạ áp. Vấn đề thứ nhất được giải quyết nhờ kháng điện phân đoạn, trong trường hợp nào đó có thể dùng máy biến áp có cuộn dây phân chia ở hạ áp. Vấn đề thứ hai được giải quyết nhờ kháng điện đường dây. Như vậy hạn chế dòng ngắn mạch được thực hiện theo hai nấc. Trước hết nhờ kháng điện phân đoạn (hoặc máy biến áp có cuộn dây phân chia) hạn chế dòng ngắn mạch để có thể chọn được các thiết bị

thích hợp trong mạch máy phát và thanh góp; tiếp theo nhờ kháng đường dây để có thể chọn được cấp tiết diện bé đảm bảo sự ổn định nhiệt và các thiết bị hạng nhẹ của lưới và trạm phân phối.



Hình 7.18. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị phân phối điện áp máy phát nhà máy nhiệt điện rút hơi

- a) Hai máy phát và hai máy biến áp liên lạc; b) Ba máy phát và hai máy biến áp liên lạc;
- c) Bốn máy phát, hai máy biến áp liên lạc và hai kháng điện phân đoạn; d) Bốn máy phát, hai máy biến áp và bốn kháng điện phân đoạn.

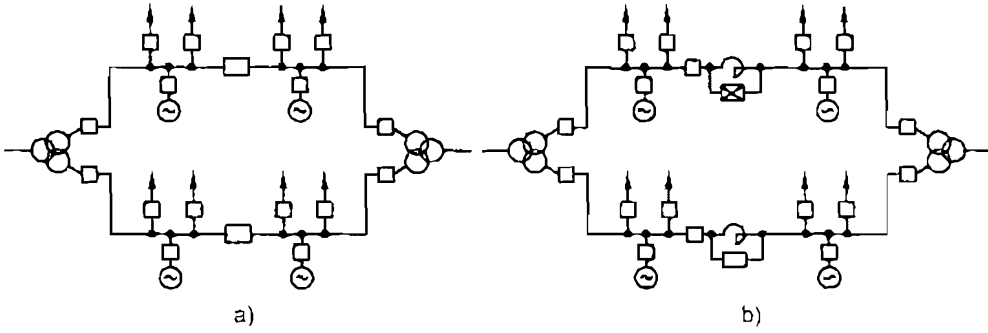
### a) Kháng phân đoạn

Người ta mong muốn kháng phân đoạn đặt như hình 7.18a,c. Trong điều kiện làm việc bình thường, điện áp trên các phân đoạn thanh góp gần như nhau. Nhưng không phải lúc nào cũng áp dụng được sơ đồ này vì

rằng số máy biến áp liên lạc thường không phù hợp với số phân đoạn (hình 7.18b,d) và phụ tải địa phương được phân bố hợp lý giữa các phân đoạn. Do đó bình thường dòng qua kháng phân đoạn bé và điện áp trên các phân đoạn thanh góp khác nhau ít. Khi cắt máy phát điện hoặc một trong các máy biến áp thì dòng qua kháng phân đoạn và độ lệch điện áp giữa các phân đoạn thanh góp tăng lên so với lúc bình thường. Thanh góp ghép thành vòng kín tạo điều kiện trao đổi công suất giữa các phân đoạn tốt hơn và giảm tổn thất điện áp trên kháng. Nhưng khi đó dòng ngắn mạch tăng lên và làm tăng chi phí về kháng, máy cắt, dao cách ly nối giữa các phân đoạn. Trường hợp thanh góp không khép thành vòng kín thì các máy biến áp liên lạc cần phải nối vào những phân đoạn ngoài cùng. Dòng lâu dài định mức của kháng phân đoạn được chọn theo công suất lớn nhất truyền từ phân đoạn này sang phân đoạn khác khi chế độ làm việc bình thường bị phá hoại. Nó phụ thuộc vào công suất máy phát điện, máy biến áp, phụ tải nối vào các phân đoạn, sơ đồ nối kháng giữa các phân đoạn thanh góp và điện kháng của chúng.

**b) Máy biến áp có cuộn dây phân chia**

Máy biến áp có cuộn dây phân chia có điện kháng tản rất lớn giữa các phần của cuộn dây hạ áp và do đó có thể được dùng để hạn chế dòng ngắn mạch. Số lượng phân đoạn có thể giảm xuống, thậm chí không cần đặt kháng. Trong sơ đồ (hình 7.19) có bốn máy phát và hai máy biến áp liên lạc. Khác với sơ đồ có hai máy biến áp hai cuộn dây (hình 7.18c,d), ở đây cả bốn phân đoạn đều liên hệ với hệ thống qua các máy biến áp và công suất trao đổi giữa các phân đoạn qua kháng điện và một phần qua máy biến áp. Khi đó cuộn dây hạ áp của máy biến áp mang tải không giống nhau. Trường hợp cắt máy phát hay máy biến áp thì kháng phân đoạn được nối tắt qua máy cắt đặt song song với nó (hình 7.19b).



**Hình 7.19. Sơ đồ nguyên lý thiết bị phân phối hạ áp với máy biến áp liên lạc có cuộn dây phân chia**

a) Sơ đồ không có kháng phân đoạn; b) Sơ đồ có kháng phân đoạn.

Đồng thời cũng có thể nối liền các phân đoạn mà trong điều kiện làm việc bình thường chúng liên hệ qua các cuộn dây của máy biến áp. Dòng ngắn mạch trong sơ đồ này thường nhỏ hơn so với sơ đồ có máy biến áp hai cuộn dây (hình 7.18).

### **c) Kháng đường dây**

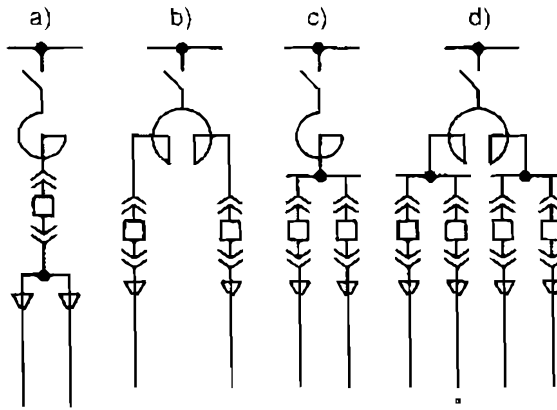
Như đã nói trên, kháng đường dây dùng để hạn chế dòng ngắn mạch trong lưới phân phối và trạm biến áp địa phương. Vốn đầu tư phụ cho thiết bị phân phối của nhà máy do đặt thêm kháng sẽ được bù lại bằng tiết kiệm xây dựng lưới diện phân phối và trạm biến áp địa phương. Độ tin cậy cung cấp điện cũng được nâng cao. Sơ đồ lưới, loại kháng đường dây, dòng định mức và điện kháng của nó được chọn theo các yêu cầu sau:

1. Đường dây cáp của lưới phân phối cần phải ổn định nhiệt. Yêu cầu này liên quan đến đường dây nối với thanh góp nhà máy điện, đường dây từ trạm phân phối đến máy biến áp giảm áp và động cơ điện.
2. Trạm phân phối cần đặt các thiết bị kích thước nhỏ, rẻ tiền (máy cắt, cầu chì) và những thiết bị trọn bộ tương ứng.
3. Trong điều kiện làm việc bình thường, tổn thất điện áp của kháng điện đường dây không vượt quá  $1,5 \div 2\%$ .
4. Khi có máy móc quan trọng truyền động bằng động cơ thì phải đảm bảo độ tin cậy tự khởi động động cơ trở lại sau thời gian ngắn sụt áp. Trị số cho phép dòng ngắn mạch trong lưới phân phối được xác định theo yêu cầu ổn định nhiệt của đường dây cáp từ trạm phân phối đến máy biến áp giảm áp và động cơ điện.

Trên hình 7.20 trình bày các sơ đồ đặt kháng đường dây. Đối với đường dây công suất lớn (khoảng 1000A) nên dùng kháng đơn cho từng đường dây (hình 7.20a) hoặc kháng kép cho mỗi đôi đường dây (hình 7.20b). Đối với đường dây công suất bé nên dùng kháng nhóm đơn hoặc kép (hình 7.20c,d). Số đường dây có thể nối vào một kháng hay một nhánh kháng kép phụ thuộc vào khả năng tải của kháng. Người ta muốn số lượng kháng ít, nhưng không nên tăng quá nhiều đường dây nối vào một kháng vì khi sự cố một kháng nhóm phải cắt lâu dài một số lớn đường dây hoặc có thể gây nên quá tải cho các kháng, và đường dây còn lại.

Ưu điểm của sơ đồ kháng đơn là khi ngắn mạch trên đường dây sau một kháng không gây nên giảm áp ở các đường dây lân cận. Trong các sơ đồ kháng nhóm (đơn hay kép), khi ngắn mạch trên một đường dây sẽ dẫn đến giảm áp trên tất cả đường dây khác nối chung với cùng một kháng.

Khi chọn kháng đường dây cũng cần chú ý đến kích thước, trọng lượng và khả năng lắp đặt chúng. Người ta thường sắp xếp các kháng điện 3 pha theo lối đặt thẳng đứng vì sẽ giảm được kích thước thiết bị phân phối.



Hình 7.20. Sơ đồ nối kháng đường dây

- a) Kháng đơn một đường dây;
- b) Kháng kép hai đường dây;
- c) Kháng đơn nhóm hai đường dây;
- d) Kháng kép bốn đường dây.

## 7.5. SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN CỦA NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

Nhà máy thủy điện thường có hồ chứa nước cho phép tích trữ nước và điều chỉnh tiêu hao nước để đảm bảo chế độ làm việc năm đối với hệ thống điện nói chung. Quá trình điều chỉnh tiêu hao nước (công suất làm việc của nhà máy điện) như sau: Trong thời gian nào đó, phụ tải hệ thống bé (hoặc nước nhập vào hồ lớn) nhà máy thủy điện tiêu hao nước thấp hơn mức nước nhập. Công suất làm việc của nhà máy tương đối nhỏ. Trong thời gian khác, phụ tải hệ thống lớn (hoặc nước nhập vào hồ ít) nhà máy tiêu hao lượng nước lớn vượt quá sự tích nước tự nhiên. Lúc này, nước tiêu hao là nước tích lũy trong hồ chứa, công suất làm việc của nhà máy đạt tới trị số cực đại. Chu kỳ điều chỉnh hoặc thời gian cần thiết để làm đầy và tiêu hao nước hồ chứa có thể là ngày, tuần, tháng v.v... phụ thuộc vào dung tích hồ chứa. Khi nhà máy thủy điện và nhiệt điện làm việc chung trong hệ thống, việc phân bố phụ tải giữa các nhà máy cần tiến hành như thế nào để tiêu hao nước trong chu kỳ khảo sát đảm bảo nhu cầu điện năng và chi phí nhiên liệu tối thiểu trong toàn hệ thống. Kinh nghiệm vận hành hệ thống điện chúng ta thấy, phần lớn thời gian trong năm nhà máy thủy điện làm việc ở chế độ đỉnh. Điều này có nghĩa là trong một ngày đêm công suất làm việc của nhà máy thủy điện cần

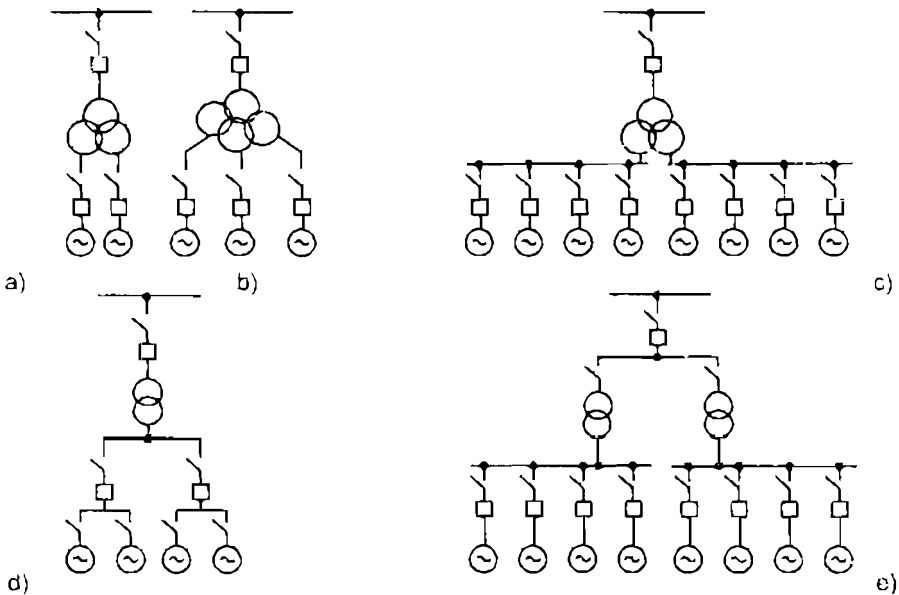


phải thay đổi trong phạm vi rộng, từ trị số cực tiểu ứng với những giờ phụ tải hệ thống bé nhất đến trị số cực đại ứng với phụ tải hệ thống lớn nhất. Trong lúc nhà máy thủy điện vận hành như vậy thì nhà máy nhiệt điện vận hành với đồ thị phụ tải bằng phẳng. Nét đặc trưng của nhà máy thủy điện là nhanh chóng khởi động, dừng tổ máy, thay đổi công suất làm việc từ không đến định mức. Quá trình khởi động tổ máy và nhận công suất hoàn toàn tự động, chỉ mất độ vài phút. Thời gian sử dụng công suất đặt của nhà máy thủy điện thường nhỏ hơn so với nhà máy nhiệt điện (khoảng 1500 ÷ 3000 giờ với nhà máy chạy đỉnh và 5000 - 6000 giờ với nhà máy chạy gốc). Suất chi phí xây dựng nhà máy thủy điện (đồng/MW) lớn hơn so với nhà máy nhiệt điện có cùng công suất vì khối lượng công tác xây dựng rất lớn, thời gian xây dựng nhà máy thủy điện cũng lâu hơn so với nhà máy nhiệt điện. Giá thành điện năng của nhà máy thủy điện lại thấp hơn so với nhà máy nhiệt điện.

### 7.5.1. Sơ đồ khối nhà máy thủy điện

Trong các nhà máy thủy điện công suất trung bình và lớn thường dùng sơ đồ khối nối máy phát điện – máy biến áp giống như sơ đồ nhà máy nhiệt điện. Công suất nhà máy và hệ thống càng lớn, điện áp định mức của lưới càng cao thì công suất có thể hợp nhất của bộ càng lớn. Sơ đồ khối mở rộng có nhiều dạng khác nhau. Trong các nhà máy lớn người ta đặt nhóm máy biến áp một pha có cuộn dây phân chia phía hạ áp để hạn chế dòng ngắn mạch (hình 7.21a,b,c). Sơ đồ khối mở rộng cũng áp dụng đối với các máy biến áp ba pha (hình 7.21d,e). Sơ đồ khối có hai máy biến áp ba pha (hình 7.21e) thích hợp hơn so với sơ đồ ba máy biến áp một pha (hình 7.21c) vì số lượng máy biến áp ít hơn và độ tin cậy cao hơn. Thật vậy, khi sự cố một máy biến áp ba pha và tự động cắt máy biến áp thứ hai cùng với các máy phát nối vào nó sẽ được phục hồi nhanh chóng hơn. Trong khi đó đối với sơ đồ dùng ba máy biến áp một pha, khả năng này không thể thực hiện được. Giảm số lượng máy biến áp tăng áp cũng có ý nghĩa lớn bởi vì vị trí đặt chúng trong nhà máy thủy điện thường bị hạn chế.

Các khối mở rộng thường đặt máy cắt ở mạch máy phát, nó có nhiệm vụ đóng, cắt máy phát thủy điện theo biểu đồ vận hành của nhà máy và tự đóng cắt máy phát trong trường hợp sự cố. Khi đó những máy phát còn lại vẫn tiếp tục làm việc.



**Hình 7.21. Sơ đồ khối nhà máy thủy điện**

a) Hai máy phát nối với nhóm máy biến áp một pha có cuộn dây phân chia ở điện áp thấp, b) Ba máy phát nối với nhóm máy biến áp một pha; c) Tám máy phát nối với nhóm máy biến áp một pha; d) Bốn máy phát nối với một máy biến áp ba pha, cứ hai máy phát nối chung một máy cắt; e) Hai khối, mỗi khối có bốn máy phát nối với một máy biến áp ba pha và hợp nhất phía cao áp.

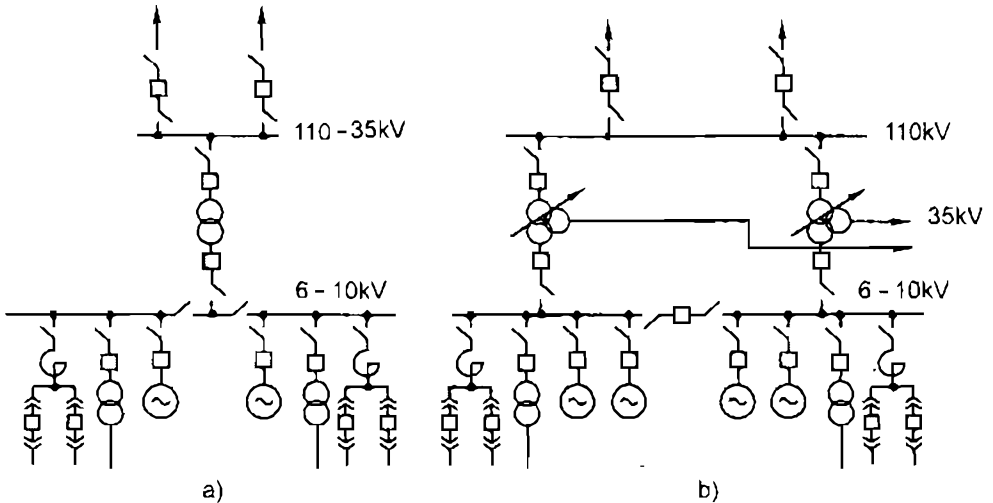
Như chúng ta đã biết, với những sơ đồ khối đơn giản người ta không đặt máy cắt điện giữa máy phát và máy biến áp. Nhưng trong một số nhà máy điện có đặt máy cắt ở vị trí này nhằm mục đích giảm bớt thao tác máy cắt phía cao áp và đảm bảo cung cấp điện tự dùng cho nhà máy khi cắt máy phát điện. Trong nhà máy thủy điện cũng đặt máy biến áp tự ngẫu tầng áp nếu công suất được truyền vào lưới theo hai cấp điện áp khác nhau có trung tính trực tiếp nối đất.

### 7.5.2. Sơ đồ nối điện của nhà máy thủy điện

Những sơ đồ này cũng giống như sơ đồ nhà máy nhiệt điện. Các điều kiện ban đầu để chọn sơ đồ là công suất nhà máy, số lượng máy phát, chế độ làm việc, sơ đồ truyền tải công suất. Nếu tất cả công suất nhà máy điện đều truyền lên một cấp điện áp thường người ta đặt thanh góp phía điện áp cao để nối với các khối và đường dây. Trường hợp có hai hay ba cấp điện áp người ta cũng đặt các máy biến áp tự ngẫu tương tự như sơ đồ nhà máy nhiệt điện. Nhà máy thủy điện công suất nhỏ thường bố trí thanh góp phía hạ áp (điện áp máy phát) để nối với máy phát điện, máy biến áp

và lưới phân phối địa phương. Để cung cấp cho điện tự dùng, cần đặt các máy biến áp giảm áp nối vào cuộn hạ áp máy biến áp tự ngẫu hoặc thanh góp điện áp máy phát hoặc giữa máy phát và máy biến áp của sơ đồ khối. Thiết bị phân phối điện áp cao của nhà máy thủy điện không khác gì so với nhà máy nhiệt điện, có thể dùng một, hai hệ thống thanh góp, có hay không có thanh góp đường vòng. Các mạch được nối vào thanh góp qua một, một rưỡi hay hai máy cắt điện.

Nhà máy thủy điện công suất nhỏ (đến 100MW), số lượng máy phát từ hai đến bốn, ở cách xa hệ thống điện, được dùng để cung cấp cho các xí nghiệp công nghiệp địa phương, nông trường và các đối tượng khác với điện áp 6, 10, 35 và 110kV. Nhà máy làm việc độc lập hoặc liên hệ với nhà máy nhiệt điện và thủy điện ở gần. Nếu công suất nhà máy khoảng vài chục MW người ta xây dựng thanh góp điện áp máy phát 6 hay 10kV để nối với máy phát điện, máy biến áp tăng áp, máy biến áp tự dùng và các đường dây của lưới điện địa phương (hình 7.22).

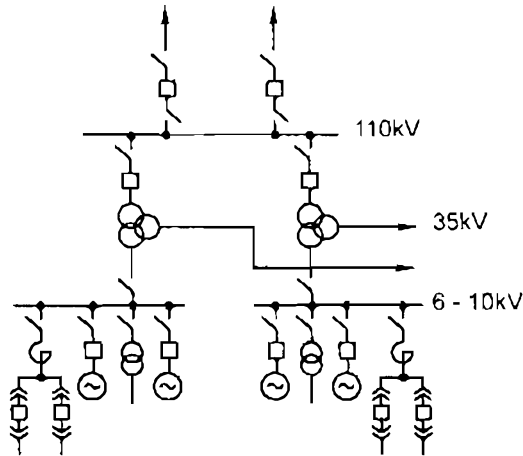


**Hình 7.22. Sơ đồ nhà máy thủy điện công suất nhỏ**

- a) Hai máy phát và một máy biến áp tăng áp;
- b) Bốn máy phát và hai máy biến áp tăng áp ba cuộn dây.

Với nhà máy công suất không lớn lắm, các máy phát và máy biến áp nối song song về phía thanh góp hạ áp sẽ không gặp khó khăn lắm. Ở đây dòng điện ngắn mạch không quá lớn và giá thành thiết bị phân phối không cao. Các thanh góp được phân đoạn bằng dao cách ly hay máy cắt điện bình thường đóng. Số lượng và công suất máy biến áp tăng áp phụ thuộc vào công suất phát của nhà máy. Nếu ngoài lưới cao áp 110kV còn có lưới

trung áp 35kV thì có thể dùng máy biến áp ba cuộn dây 110/35/10 – 6kV; hoặc để cung cấp cho điện áp trung, có thể đặt máy biến áp hai cuộn dây 35/10 – 6. Càng tăng công suất nhà máy điện thì dòng ngắn mạch càng lớn và giá thiết bị phân phối càng cao. Trường hợp này cần áp dụng sơ đồ có thanh góp phân đoạn riêng rẽ phía hạ áp gần giống như sơ đồ khối (hình 7.23), chúng chỉ liên hệ qua máy biến áp tăng áp và thanh góp phía cao áp. Do đó dòng ngắn mạch giảm xuống.



Hình 7.23. Sơ đồ nhà máy thủy điện có bốn máy phát, công suất truyền vào lưới 110, 35 và 10kV

## 7.6. SƠ ĐỒ NHÀ MÁY ĐIỆN NGUYÊN TỬ

Nhà máy điện nguyên tử thực chất cũng là nhà máy nhiệt điện nhưng sử dụng năng lượng của lò phản ứng hạt nhân. Phần điện của nhà máy điện nguyên tử có nét đặc trưng riêng bắt nguồn từ quá trình công nghệ của nó. Lò phản ứng là nguồn phóng xạ. Vì vậy khi thiết kế, xây dựng và vận hành nhà máy điện nguyên tử cần phải có những biện pháp an toàn về mặt phóng xạ.

Các nhà máy điện nguyên tử được đặt xa hộ tiêu thụ và làm việc giống như nhà máy điện ngưng hơi. Kinh nghiệm vận hành đã chứng tỏ rằng có thể xây dựng nhà máy điện nguyên tử ở gần hộ tiêu thụ mà không gây nguy hiểm. Vì vậy, nhiều nước đã thiết kế và xây dựng nhà máy điện nguyên tử có thu hồi nhiệt. Truyền tải và phân bố công suất của nhà máy điện nguyên tử được thực hiện ở điện áp cao. Các máy phát nối theo sơ đồ bộ (khối) với máy biến áp tăng áp giống như nhà máy nhiệt điện ngưng hơi. Khác với sơ đồ nhà máy nhiệt điện ngưng hơi, ở đây người ta dùng một lò phản ứng phục vụ cho hai hay nhiều máy phát điện.

Thống kê các đặc điểm của quá trình công nghệ nhà máy điện nguyên tử đã đưa đến sự đề xuất các yêu cầu cao về mật độ tin cậy và tính liên tục cung cấp điện cho các máy công tác quan trọng của hệ thống tự dùng. Ưu điểm lớn của nhà máy điện nguyên tử là mức độ sẵn sàng cao của lò phản ứng trong lúc làm việc, vì vậy nhà máy này cơ động hơn so với nhà máy điện rút hơi và làm việc thuận lợi đối với phụ tải hệ thống biến đổi. Đó là nhà máy điện nguyên tử có lò phản ứng loại neutron chậm. Nhà máy điện nguyên tử có lò phản ứng neutron nhanh thường làm việc ở phân gốc đô thị phụ tải ngày đêm của hệ thống điện có hệ số sử dụng công suất đặt cao.

## **7.7. SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN CỦA TRẠM BIẾN ÁP GIẢM ÁP**

Trạm biến áp giảm áp gồm có một hay một số máy biến áp (máy biến áp tự ngẫu), thiết bị phân phối cao và hạ áp (trung và hạ áp), và các thiết bị phụ. Trong một số trạm còn đặt thêm các máy bù đồng bộ, tụ điện tĩnh hay kháng điện. Thiết kế trạm hạ áp được tiến hành trên cơ sở thiết kế phát triển các phần của hệ thống điện hoặc sơ đồ cung cấp điện vùng. Dựa theo các yêu cầu có liên quan, người ta dự kiến kỳ vọng phụ tải trong thời gian từ 5 đến 10 năm, vạch sơ đồ lưới điện, vị trí trạm biến áp và công suất của chúng.

### **7.7.1. Máy biến áp và máy biến áp tự ngẫu**

Trạm biến áp được trang bị bằng các máy biến áp và máy biến áp tự ngẫu. Máy biến áp tự ngẫu chỉ sử dụng ở các trạm biến áp có điện áp cao từ 110kV trở lên. Số lượng máy biến áp (máy biến áp tự ngẫu) và công suất định mức của chúng phải thỏa mãn yêu cầu về độ tin cậy và cung cấp điện kinh tế. Chọn máy biến áp được giải quyết tùy thuộc vào sơ đồ cung cấp điện, nhiệm vụ trạm và công suất của nó. Các dạng sơ đồ sau đây thường được ứng dụng.

#### ***a) Trạm có một máy biến áp ba pha***

Giá thành trạm biến áp nhỏ nhưng độ tin cậy cung cấp điện thấp, vì vậy chúng chỉ sử dụng cho những hộ tiêu thụ không quan trọng. Công suất định mức của máy biến áp chọn gần bằng phụ tải cực đại (kỳ vọng trong tương lai gần). Những năm đầu vận hành máy biến áp có thể non tải, thời gian sau phụ tải cực đại ngày đêm có thể đạt hoặc vượt quá công suất định mức của máy biến áp một ít. Tuy nhiên, lúc đó không cần phải

thay thế bằng máy biến áp lớn hơn, vì đồ thị phụ tải ngày đêm của nó không đầy và máy biến áp được phép quá tải trong những giờ phụ tải cực đại mà không làm giảm tuổi thọ của nó. Sử dụng máy biến áp như vậy là hợp lý về mặt kinh tế. Quá tải cho phép (những giờ phụ tải cực đại) phụ thuộc vào đồ thị phụ tải, nhiệt độ môi trường xung quanh và xác định được nhờ các đường cong khả năng tải của máy biến áp. Nếu công suất máy biến áp không đủ so với yêu cầu phụ tải thì phải thay thế bằng máy khác công suất lớn hơn, hoặc giảm bớt tải bằng cách chuyển một phần phụ tải sang trạm biến áp bên cạnh, hoặc đặt hai máy biến áp.

### ***b) Trạm có hai máy biến áp ba pha***

Trạm này được ứng dụng rộng rãi hơn. Công suất định mức của máy biến áp được chọn như thế nào để khi sự cố một trong hai máy thì máy còn lại với khả năng quá tải cho phép, vẫn đảm bảo cung cấp điện bình thường. Quá tải sự cố cho phép, phụ thuộc vào loại máy biến áp, đồ thị phụ tải ngày đêm và nhiệt độ không khí. Trong thời gian quá tải hao mòn cách điện vượt quá hao mòn định mức.

Để giảm thời gian mất điện do sự cố trạm biến áp, người ta dùng các máy biến áp dự trữ lưu động công suất  $20 \div 30\text{MVA}$ , có thể nhanh chóng chuyển đến các trạm nhờ ô-tô vận tải. Thời gian cần thiết để thay thế máy biến áp sự cố bằng máy biến áp dự trữ phụ thuộc vào trọng lượng máy biến áp và tình trạng đường sá. Thông thường công việc này mất từ một đến năm ngày. Trạm đặt máy biến áp (máy biến áp tự ngẫu) công suất lớn không thể đảm bảo dự trữ lưu động được. Thời gian sự cố được xác định bằng thời gian sửa chữa máy biến áp (tại chỗ hay tại nhà máy). Vì vậy, cần thận trọng trong việc xác định quá tải cho phép và tính toán hao mòn của máy biến áp.

Tính quá tải cho phép của máy biến áp trong điều kiện sự cố ở giai đoạn thiết kế không thể chính xác được vì thiếu các số liệu cụ thể (đồ thị phụ tải mùa đông, mùa hè, nhiệt độ không khí). Vì vậy, khi chọn công suất định mức của máy biến áp (trạm đặt hai máy biến áp) người ta tuân theo tiêu chuẩn công nghệ thiết kế của Nhà nước. Ví dụ như ở Liên bang Nga, công suất định mức của máy biến áp có thể chọn gần bằng 0,7 phụ tải tính toán. Như vậy phụ tải của máy biến áp trong điều kiện làm việc bình thường (những giờ cực đại) bằng 0,70 công suất định mức của nó. Khi sự cố có thể cho phép quá tải đến 1,4 công suất định mức của máy biến áp. Trong quá trình vận hành trạm, khi đã biết rõ đồ thị phụ tải ngày đêm (mùa đông, mùa hè) thì có thể xác định quá tải cho phép một cách đầy đủ hơn.

### ***c) Trạm có ba và bốn máy biến áp***

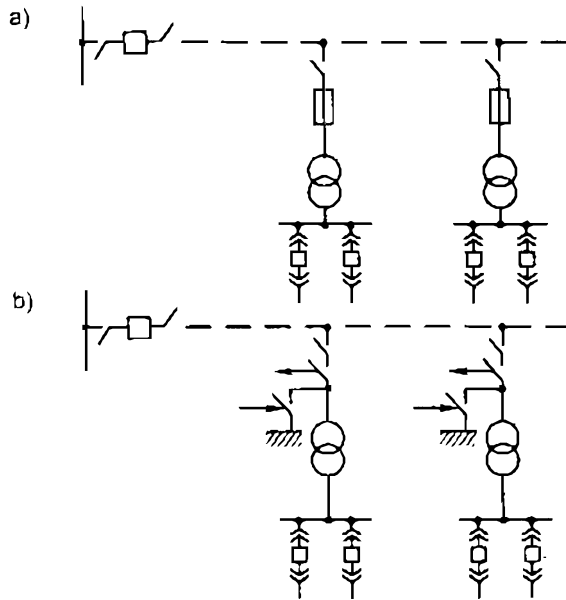
Trạm có ba hoặc bốn máy biến áp thường gặp tại các trung tâm tiêu thụ điện năng lớn. Lúc đầu thường đặt hai máy biến áp, về sau tùy theo nhu cầu điện năng tăng dần mà đặt thêm máy thứ ba và bốn. Trạm loại này có mức độ dự trữ cao hơn nhưng sơ đồ lại phức tạp hơn. Mở rộng trạm một cách hợp lý hoặc xây dựng trạm thứ hai phải dựa trên cơ sở tính toán kinh tế – kỹ thuật và có liên quan đến việc thiết kế lưới điện.

### **7.7.2. Thiết bị phân phối điện áp cao**

Sơ đồ thiết bị phân phối điện áp cao của trạm biến áp cần phải phù hợp với vị trí của nó trong lưới điện, số đường dây, máy biến áp và yêu cầu về độ tin cậy. Tùy theo vị trí trạm biến áp trong lưới điện áp cao người ta chia thành các loại trạm sau: trạm với một đường dây, trạm với hai đường dây, trạm trung tâm của hệ thống điện.

#### ***a) Trạm biến áp nối với một đường dây được cung cấp từ một phía***

Tính đảm bảo liên tục cung cấp điện của trạm này kém nhưng khả năng thực hiện đơn giản và chi phí nhỏ nhất. Trạm thường có một máy biến áp. Đầu đường dây cung cấp đặt máy cắt và thiết bị tự động đóng lại (hình 7.24). Khi số trạm biến áp nhiều nên đặt dao cách ly để phân đoạn đường dây. Để bảo vệ máy biến áp có thể đặt cầu chì hay máy cắt điện tùy thuộc vào công suất và điện áp định mức của nó. Cầu chì thường được ứng dụng để bảo vệ các máy biến áp công suất không lớn lắm trong lưới điện áp  $6 \div 35\text{kV}$ . Cầu chì cũng có thể đặt với điện áp  $110\text{kV}$  nhưng khả năng cắt của chúng không lớn. Khi đặt cầu chì (hình 7.24a) việc cắt máy biến áp trong chế độ làm việc bình thường được thực hiện nhờ máy cắt phía hạ áp và dao cách ly (hoặc máy cắt phụ (tải) phía cao áp. Dòng định mức của cầu chì chọn phù hợp với đặc tính bảo vệ đường dây, nghĩa là khi xảy ra ngắn mạch trong lưới hạ áp cần phải cắt trước các máy cắt điện của đường dây tương ứng. Mặt khác, thời gian chảy của cầu chì phải lớn hơn thời gian cắt tổng của máy cắt. Trong lưới điện áp  $110 \div 220\text{kV}$  thường gặp sơ đồ trạm không có máy cắt phía cao áp (hình 7.24b). Khi có sự cố trong máy biến áp thì máy cắt đầu đường dây cung cấp cắt ra. Sau đó máy biến áp tự động cắt khỏi lưới điện nhờ dao cách ly tự động và đường dây được làm việc trở lại nhờ thiết bị tự động đóng lại. Ưu điểm của sơ đồ là đơn giản và giá thành trạm thấp. Để đảm bảo cho máy cắt đầu đường dây cung cấp cắt mạch chắc chắn khi ngắn mạch bên trong máy biến áp người ta thêm dao ngắn mạch phía cao áp máy biến áp.

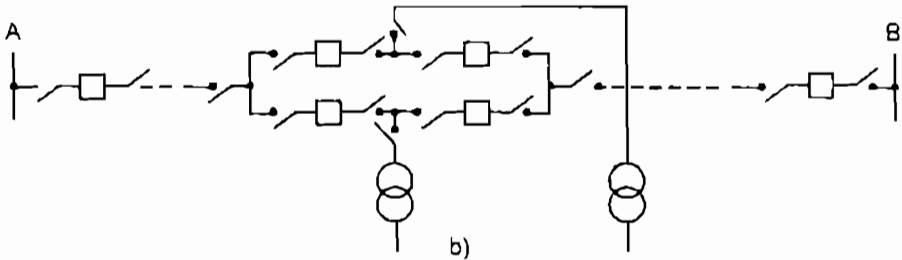
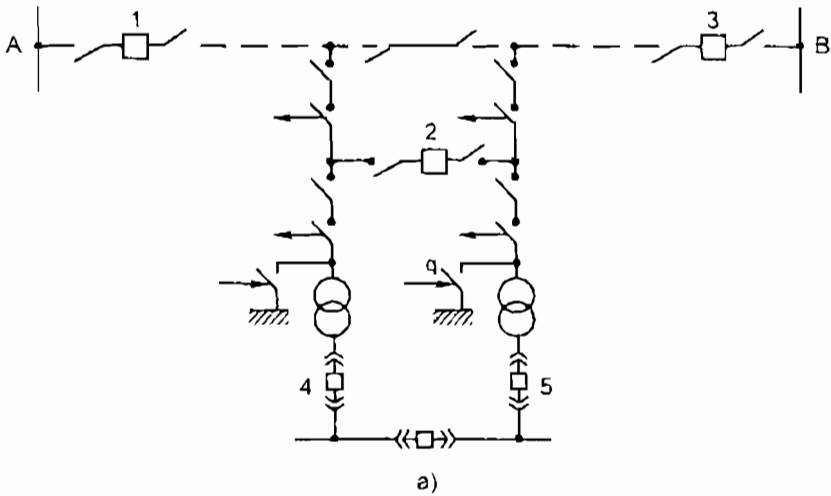


**Hình 7.24. Sơ đồ trạm biến áp nối với một đường dây được cung cấp từ một phía**  
a) Máy biến áp được bảo vệ bằng cầu chì; b) Máy biến áp có đặt dao ngắt mạch phía cao áp.

**b) Trạm biến áp nối với đường dây được cung cấp từ hai phía**

Sơ đồ này có độ tin cậy cung cấp điện cao hơn. Kết quả của sơ đồ phụ thuộc vào nhiệm vụ đường dây và công suất truyền qua nó. Nếu nhiệm vụ đường dây là cung cấp điện cho hệ tiêu thụ địa phương (công suất trao đổi giữa các phần của hệ thống lớn) thì sơ đồ trạm tương đối đơn giản, số lượng máy cắt phía cao áp ít nhất. Sơ đồ hình 7.25a được ứng dụng rộng rãi trong lưới điện 110 ÷ 220kV. Máy biến áp nối với hai phía máy cắt phân đoạn qua dao cách ly và dao ngắt mạch. Cầu nối bằng dao cách ly đặt trên đường dây đảm bảo khả năng truyền công suất dọc đường dây khi sửa chữa máy cắt phân đoạn. Bình thường dao cách ly này mở. Khi sự cố máy biến áp các máy cắt 1, 2, 4 hay 2, 3, 5 được cắt ra. Sau đó dao cách ly tự động của máy biến áp sự cố cắt để tách rời máy biến áp này ra khỏi lưới điện, và các máy cắt 1, 2 hay 2, 3 tự động đóng lại để khôi phục sự làm việc của đường dây. Trường hợp sự cố trên đường dây cũng cắt các máy 1, 2, 4 hoặc 2, 3, 5. Sau khi loại trừ đường dây sự cố, các máy cắt 2, 4 hoặc 2, 5 đóng lại và máy biến áp được phục hồi làm việc trở lại. Đối với trạm 220kV và cao hơn, công suất truyền giữa các phần hệ thống điện cần phải thực hiện như thế nào để không giảm độ tin cậy. Sự cố máy biến áp, sửa chữa máy cắt điện và các thanh góp không được cản trở truyền công suất dọc đường dây. Những yêu cầu trên được giải quyết nếu áp dụng sơ đồ tứ giác hình 7.25b.

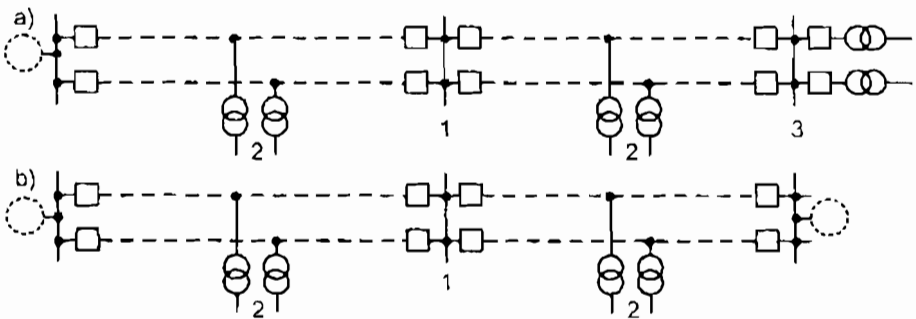




**Hình 7.25. Sơ đồ trạm biến áp nối với một đường dây được cung cấp hai phía**  
a) Trạm 110 -- 220kV có một máy cắt phía cao áp; b) Trạm 220 – 500kV có bốn máy cắt.

**c) Trạm biến áp nối với hai đường dây được cung cấp từ một hoặc hai phía**

Người ta chia thành trạm phân đoạn, trạm cuối và trạm trung gian như hình 7.26.

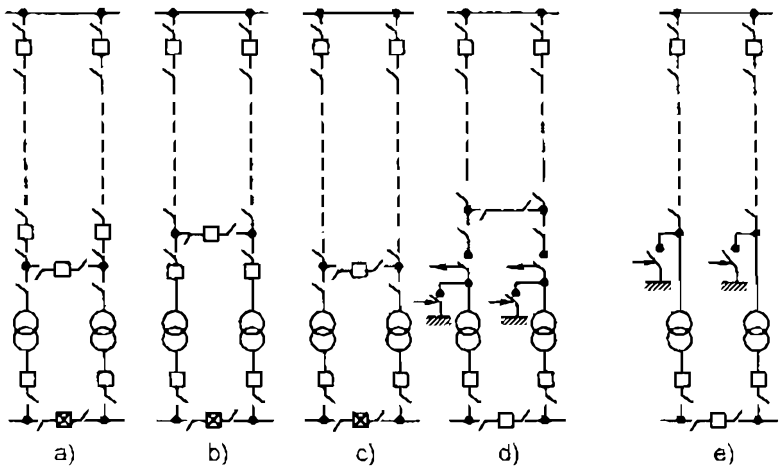


**Hình 7.26. Sơ đồ trạm biến áp nối với hai đường dây**  
a) Hai đường dây được cung cấp từ một phía; b) Hai đường dây cung cấp từ hai phía.  
1– Trạm phân đoạn; 2– Trạm trung gian; 3– Trạm cuối.

Đối với đường dây dài, để nâng cao tính ổn định của hệ thống và độ tin cậy truyền tải điện năng, người ta dùng trạm phân đoạn, có thanh góp phía cao áp và các máy cắt điện nhằm đảm bảo cắt chọn lọc các phần sự cố trên đường dây.

Trạm cuối (cuối của hai đường dây được cung cấp từ một phía) cũng cần có thanh góp điện áp cao để đảm bảo đồng song song đường dây và phụ tải của chúng như nhau không phụ thuộc vào phụ tải của máy biến áp (giả sử máy cắt phân đoạn phía hạ áp bình thường mở). Tổn thất điện năng trong đường dây của sơ đồ này sẽ nhỏ nhất. Nếu vì một lý do nào đó không bố trí thanh góp điện áp cao (ví dụ như không có chỗ đặt) thì nên để các khối đường dây – máy biến áp làm việc song song phía thanh góp hạ áp. Nhưng khi đó sẽ làm tăng dòng ngắn mạch phía hạ áp, do đó tăng giá thành thiết bị phân phối và lưới điện. Vì vậy, khi thiết kế trạm cuối nên tính đến công suất máy biến áp, chiều dài đường dây và chi phí quy đổi của các sơ đồ khảo sát.

Hình 7.27 giới thiệu các phương án sơ đồ trạm cuối của lưới điện 110 ÷ 220kV đã được ứng dụng rộng rãi.



**Hình 7.27. Sơ đồ các phương án đặt trạm cuối 110 ÷ 220kV**

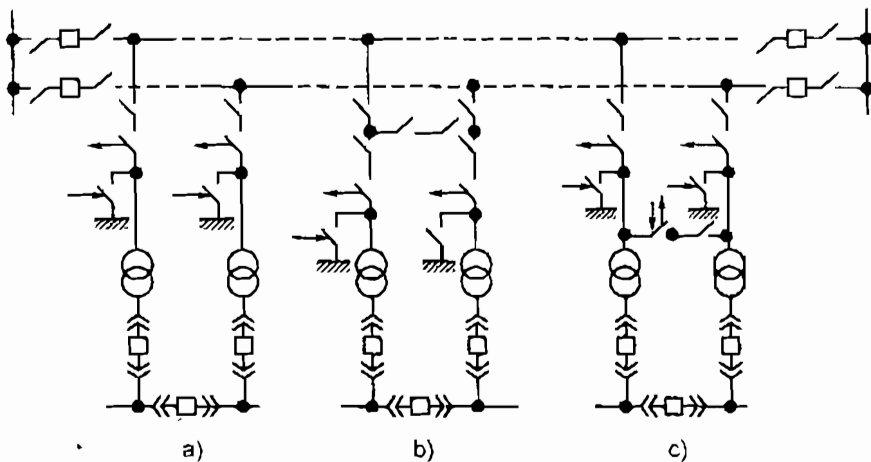
- a) Trạm có ba máy cắt phía cao áp, cầu nối đặt phía máy biến áp; b) Trạm có ba máy cắt phía cao áp, cầu nối đặt phía đường dây; c) Trạm có một máy cắt đặt phía cao áp; d) Trạm có cầu nối bằng dao cách ly; e) Sơ đồ khối đường dây – máy biến áp.

Hình 7.27a, b có ba máy cắt, đường dây làm việc song song. Tùy thuộc vị trí máy cắt điện so với cầu nối (về phía máy biến áp hay phía đường dây) mà bảo đảm cắt độc lập đường dây hay máy biến áp. Sơ đồ cũng cho phép vận hành cả hai máy biến áp bằng một đường dây. Hình 7.27c

cũng bảo đảm vận hành song song hai đường dây, khác với sơ đồ trước là máy biến áp được cắt nhờ máy cắt điện đặt ở đầu đường dây, do đó giá thành rẻ hơn. Hình 7.27d không có thanh góp phía cao áp, chỉ đặt dao cách ly bình thường mở trong mạch cầu nối. Cầu này cho phép vận hành cả hai máy biến áp khi sửa chữa một đường dây.

Hình 7.27e có số lượng thiết bị điện áp cao ít và được áp dụng khi chiều dài đường dây ngắn.

Trạm trung gian được nối đến hai đường dây (cung cấp từ một phía hay hai phía) và thường không có máy cắt phía cao áp. Hình 7.28 giới thiệu sơ đồ phổ biến nhất của trạm trung gian nối vào hai đường dây 110 ÷ 220kV. Hình 7.28a có các máy biến áp nối với đường dây qua dao cách ly và dao ngắt mạch. Sơ đồ này đơn giản nhưng nhược điểm là khi sự cố đường dây thì máy biến áp bị cắt. Tuy không bị gián đoạn cung cấp điện nhưng máy biến áp còn lại có thể bị quá tải nhiều. Vì vậy, người ta thường đặt cầu nối bằng dao cách ly bình thường mở (hình 7.28b,c) tương tự như trạm cuối.



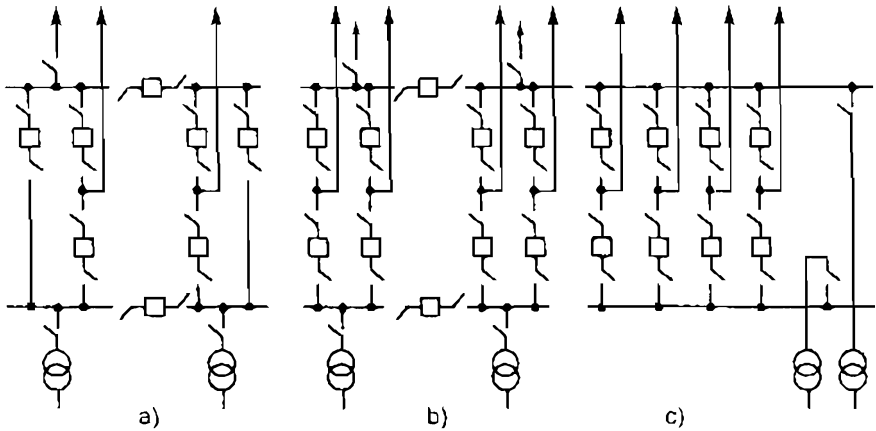
Hình 7.28. Sơ đồ các trạm trung gian nối vào hai đường dây 110 ÷ 220kV

- a) Máy biến áp nối với đường dây qua dao cách ly và dao ngắt mạch; b) Sơ đồ cầu nối bằng dao cách ly; c) Sơ đồ cầu nối bằng dao cách ly tự động.

#### d) Trạm biến áp trung tâm của hệ thống điện

Điểm nút của lưới điện là điểm có số lượng đường dây tập trung không ít hơn ba tại thanh góp trạm biến áp. Thiết bị phân phối của trạm trung tâm cần phải bảo đảm làm việc tin cậy liên hệ với các đường dây, cắt đường dây có chọn lọc và độ tin cậy cung cấp điện của máy biến áp.

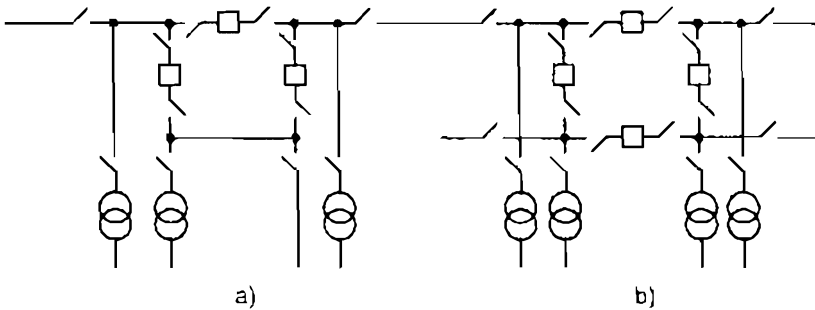
Đối với trạm trung tâm 330 – 500kV có thể dùng sơ đồ nối tam giác (hình 7.29a), sơ đồ tứ giác (hình 7.29b) và sơ đồ nối thanh góp máy biến áp (hình 7.29c) khi số đường dây đến bốn. Khi số đường dây nhiều hơn có thể dùng sơ đồ một rưỡi.



**Hình 7.29. Sơ đồ trạm biến áp trung tâm 330 – 500kV**

a) Sơ đồ tam giác; b) Sơ đồ tứ giác; c) Sơ đồ thanh góp – máy biến áp.

Đối với trạm biến áp 110 – 220kV có thể áp dụng sơ đồ một hoặc hai hệ thống thanh góp và thanh góp đường vòng, cũng có thể dùng sơ đồ tam giác hay tứ giác v.v... tùy thuộc vào số nhánh của sơ đồ. Khi đó cho phép nối máy biến áp vào đỉnh của đa giác cùng với đường dây (hình 7.30), nghĩa là không nhất thiết phải nối máy biến áp vào thanh góp qua máy cắt điện. Máy biến áp có thể nối vào đường dây qua dao cách ly hoặc máy cắt phụ tải và bảo vệ cùng với đường dây. Khi đó sơ đồ trở nên đơn giản và do đó giá thành hạ. Số lượng máy biến áp có thể ba hay bốn. Độ tin cậy của sơ đồ được xác định bằng độ tin cậy của đường dây và máy biến áp.



**Hình 7.30. Sơ đồ thiết bị phân phối điện áp cao**

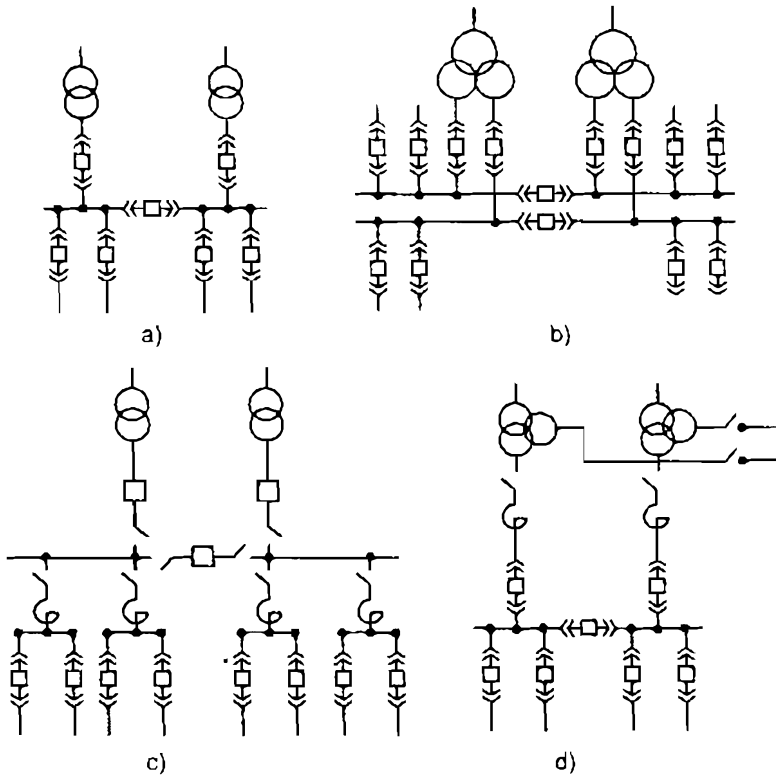
**của trạm trung tâm 110 – 220kV, máy biến áp nối tới đỉnh của đa giác**

a) Ba đường dây ba máy biến áp; b) Bốn đường dây bốn máy biến áp.

### 7.7.3. Thiết bị phân phối điện áp trung

Sơ đồ thiết bị phân phối điện áp trung chọn phù hợp với sơ đồ lưới điện và công suất truyền tải. Tùy theo số mạch có thể dùng sơ đồ một hoặc hai hệ thống thanh góp. Với thiết bị 110 – 220kV thường dùng thanh góp đường vòng. Nếu số mạch ít có thể áp dụng sơ đồ đa giác.

### 7.7.4. Thiết bị phân phối điện hạ áp



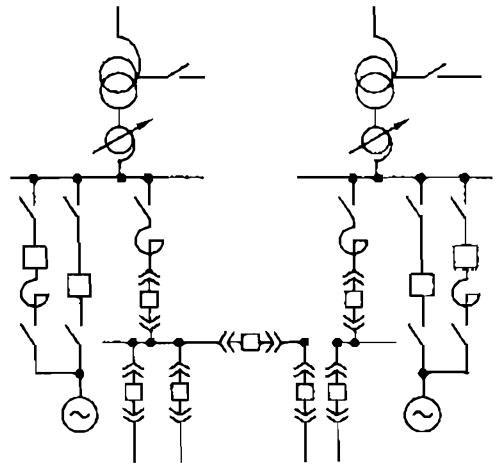
Hình 7.31. Sơ đồ thiết bị phân phối trạm biến áp 6–10kV

- a) Thanh góp phân đoạn bằng máy cắt bình thường mở; b) Dùng máy biến áp có cuộn dây phân chia để hạn chế dòng ngắn mạch; c) Sơ đồ có kháng điện đường dây;
- d) Sơ đồ kháng điện nhóm ở mạch máy biến áp.

Qua thiết bị phân phối 6 – 10kV, điện năng được truyền đến các hộ tiêu thụ địa phương. Độ tin cậy cung cấp điện của hộ tiêu thụ được đảm bảo bằng lưới điện thích hợp, có đường dây dự trữ. Nguồn cung cấp nối từ các phân đoạn khác nhau của trạm biến áp hoặc từ hai nguồn điện độc lập như trạm biến áp và nhà máy điện. Trong điều kiện như vậy không cần đặt hai hệ thống thanh góp. Sơ đồ chỉ trên hình 7.31a có thanh góp phân đoạn bằng máy cắt. Bình thường máy cắt phân đoạn mở (chỉ đóng khi cắt

một máy biến áp). Do đó dòng ngắn mạch được hạn chế và thực hiện bảo vệ rơle của trạm sẽ đơn giản hơn. Trạm công suất máy biến áp lớn cần phải có những biện pháp phụ để hạn chế dòng ngắn mạch. Các sơ đồ sau đây thường được ứng dụng.

Sơ đồ máy biến áp có cuộn dây phân chia ở hạ áp và bốn phân đoạn thanh góp cho trên hình 7.31b. Nhược điểm của sơ đồ là khó thực hiện phân phối phụ tải đều trên các phân đoạn. Sơ đồ có kháng đường dây (hình 7.31c), loại và số lượng kháng phụ thuộc vào phụ tải trạm biến áp và sơ đồ lưới điện. Thanh góp và máy cắt mạch máy biến áp được tính toán với dòng làm việc và dòng ngắn mạch tương đối lớn. Máy cắt đường dây theo dòng ngắn mạch đã được hạn chế qua kháng điện, vì vậy có thể chọn thiết bị trọn bộ,



**Hình 7.32. Sơ đồ thiết bị phân phối trạm biến áp 10kV có máy biến áp tự ngẫu và máy bù đồng bộ**

kích thước nhỏ, lắp ráp và vận hành thuận tiện hơn. Sơ đồ đặt kháng ở mạch máy biến áp (hình 7.31d) có dòng định mức được chọn phù hợp với phụ tải cực đại của trạm (giả thiết một máy biến áp nghi). Sơ đồ áp dụng với trạm có máy biến áp ba cuộn dây (hay máy biến áp tự ngẫu) khi phụ tải của lưới điện áp thấp nhỏ hơn công suất định mức của máy biến áp. Trường hợp này dòng định mức của kháng tương đối nhỏ và tác dụng hạn chế dòng ngắn mạch rõ rệt hơn. Đối với trạm đặt máy biến áp tự ngẫu, cuộn dây điện áp thấp được nối với phụ tải địa phương hoặc máy bù đồng bộ và phải có máy biến áp điều chỉnh hỗ trợ với công suất thích hợp (hình 7.32).

Các máy bù đồng bộ được nối vào máy biến áp tự ngẫu qua máy cắt và kháng điện khởi động. Để cung cấp cho phụ tải địa phương người ta đặt kháng đơn hay kép. Thiết bị phân phối có thanh góp phân đoạn bằng máy cắt. Chọn sơ đồ cần dựa trên cơ sở tính toán kinh tế – kỹ thuật.

## 7.8. CƠ SỞ TÍNH TOÁN KINH TẾ – KỸ THUẬT SO SÁNH CÁC PHƯƠNG ÁN

Khi thiết kế bất kỳ nhà máy điện nào cũng phải tiến hành so sánh để chọn một phương án hợp lý nhất. Khi chọn phương án tối ưu phải dựa trên phân tích toàn diện các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật.

Các chỉ tiêu kỹ thuật bao gồm: độ tin cậy, sự thuận tiện trong vận hành, độ bền vững của công trình, khối lượng sửa chữa định kỳ và đại tu, mức độ tự động hóa v.v...

Các chỉ tiêu kinh tế cơ bản là vốn đầu tư ban đầu và phí tổn vận hành hàng năm.

So sánh và phân tích các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật đặc trưng cho các phương án, cho phép ta tìm được phương án hợp lý nhất. Tính kinh tế của phương án cần được đánh giá không những về vốn đầu tư mà còn về phí tổn vận hành hàng năm. Trong các phương án tính toán kinh tế thường dùng thì phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch so với phí tổn vận hành hàng năm được coi là phương pháp cơ bản để đánh giá về mặt kinh tế của phương án. Cần chú ý rằng, trong nhiều trường hợp chỉ tiêu giá thành cũng có tính quyết định trong tính toán kinh tế – kỹ thuật. Tuy nhiên, nếu trong các phương án được nghiên cứu chỉ tiêu giá thành giống nhau thì nên chọn các phương án có chỉ tiêu kỹ thuật cao hơn. Dưới đây trình bày nội dung của phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch.

Trong tính toán kinh tế phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch có thể viết dưới dạng:

$$T = \frac{V_A - V_B}{P_B - P_A} \quad (7.2)$$

Trong đó:  $V_A, V_B$  là vốn đầu tư của phương án A và B;  $P_A, P_B$  là phí tổn vận hành hàng năm của phương án A và B.

Cũng có thể viết dưới dạng chi phí tính toán như sau:

$$C = a_{dm} \cdot V + P. \quad (7.3)$$

Khi thiết kế nhà máy điện, những lời giải về kỹ thuật cần phải có luận chứng về kinh tế – kỹ thuật trên cơ sở so sánh hai hay nhiều phương án.

### 7.8.1. Trường hợp có hai phương án

Trường hợp này sử dụng phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ theo công thức (7.2). Phương pháp này cho ta biết phương án nào là tối ưu. Phương án A có vốn đầu tư lớn nhưng phí tổn vận hành hàng năm nhỏ ( $V_A > V_B; P_A < P_B$ ); hoặc phương án B có vốn đầu tư bé nhưng phí tổn vận hành hàng năm lớn. Để có được lời giải, cần xác định thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ. Trong công thức (7.2), T là thời gian cần thiết để thu lại số gia vốn đầu tư do tiết kiệm được phí tổn vận hành hàng năm của

phương án A. Đại lượng nghịch đảo của  $T$  là  $1/T = a$  gọi là hệ số hiệu quả kinh tế, nói lên mức độ tiết kiệm tương đối trong phí tổn vận hành hàng năm ứng với một đồng tiền vốn đầu tư thêm vào phương án đắt hơn.

Trị số  $a$  càng lớn thì hiệu quả sử dụng vốn đầu tư phụ càng cao. Thời gian thu hồi vốn đầu tư hợp lý về phương diện kinh tế gọi là thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn định mức  $T_{dm}$ . Đại lượng  $1/T_{dm} = a_{dm}$  gọi là hệ số định mức của hiệu quả kinh tế.

Khi so sánh hai phương án không nhất thiết lúc nào cũng phải dùng phương pháp thời gian thu hồi vốn chênh lệch, ví dụ như một trong hai phương án đều có vốn đầu tư và phí tổn vận hành hàng năm bé ( $V_A < V_B$ ;  $P_A < P_B$ ) thì tính kinh tế của nó đã rõ ràng. Ngoài ra, trong trường hợp hai phương án có vốn đầu tư ngang nhau nhưng phí tổn vận hành hàng năm khác nhau hoặc ngược lại, nghĩa là  $V_A = V_B$ ;  $P_A \geq P_B$  hoặc  $P_A = P_B$ ;  $V_A \geq V_B$  thì cũng không cần tính thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch theo công thức (7.2) nữa.

Phương pháp tính thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch có nhược điểm là khối lượng tính toán tương đối lớn, phải tổ hợp từng cặp phương án khi có nhiều phương án khác nhau; hệ số hiệu quả kinh tế tương đối sẽ không phản ánh đúng thực chất vốn đầu tư ban đầu hoặc phí tổn vận hành hàng năm của hai phương án chênh lệch nhau không nhiều.

Ví dụ, khi có  $V_A = 20 \cdot 10^6$  đồng,  $V_B = 19,5 \cdot 10^6$  đồng;  $P_A = 2 \cdot 10^6$  đồng/năm;  $P_B = 2,01 \cdot 10^6$  đồng/năm thì:

$$T = \frac{V_A - V_B}{P_B - P_A} = \frac{20 - 19,5}{2,01 - 2} = 50 \text{ năm.}$$

Nghĩa là, nếu dùng phương án A thì sau 50 năm mới chuộc lại được sự chênh lệch vốn đầu tư, như vậy tính kinh tế của phương án A xấu hơn nhiều so với phương án B. Nhưng thực ra, từ những số liệu so sánh giữa hai phương án thấy rằng chúng tương đương nhau và nằm trong giới hạn sai số cho phép.

Theo công thức (7.3) ta có:

$$C_1 = 0,15 \cdot 20 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^6 = 5 \cdot 10^6 \text{ đồng.}$$

$$C_2 = 0,15 \cdot 19,5 \cdot 10^6 + 2,01 \cdot 10^6 = 4,935 \cdot 10^6 \text{ đồng.}$$

Kết quả này cho thấy hai phương án tương đương nhau về phương diện kinh tế.

Phí tổn vận hành hàng năm trong hệ thống điện gồm có: tiền tổn thất



điện năng hằng năm trong các thiết bị  $P_l$  (đồng/năm);  $P_l = \beta \cdot \Delta A$ , với  $\beta$  là giá thành điện năng trong hệ thống điện (đồng/kWh),  $\Delta A$  là tổn thất điện năng hằng năm trong các máy biến áp (kWh); tiền lương và chi phí sửa chữa định kỳ (đồng/năm); tiền khấu hao hằng năm  $P_k$  (đồng/năm). Tiền khấu hao nhằm bảo đảm sự tích lũy để chi vào quỹ đại tu và khôi phục những thiết bị chính của nhà máy bị hao mòn. Chi phí trả lương và sửa chữa định kỳ cũng như các chi tiêu phụ khác trong các phương án xét hầu như bằng nhau, do đó có thể bỏ qua không tính đến khi tính toán kinh tế các phương án. Như vậy, phí tổn hằng năm của phương án sẽ là:

$$P = P_k + P_l \text{ và } P_k = \frac{bV}{100}, \text{ trong đó } b \text{ là hệ số khấu hao, \%}.$$

### 7.8.2. Trường hợp có ba hay nhiều phương án

Trường hợp này sử dụng công thức (7.2) để tính thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ của từng cặp phương án sẽ gặp nhiều khó khăn.

Trường hợp đơn giản nhất, khi đầu tư cơ bản cùng một lúc (nếu thời gian xây dựng ít hơn một năm) và phí tổn vận hành hằng năm là cố định thì để so sánh các phương án có thể dùng chi phí tính toán hằng năm theo công thức (7.3):

$$C = P + \frac{1}{T_{dm}} V = P + a_{dm} V \quad (7.4)$$

Khi thời gian xây dựng lớn hơn một năm và phí tổn vận hành hằng năm cố định thì vẫn dùng công thức (7.3) nhưng vốn đầu tư  $V$  tính theo công thức sau:

$$V = \sum_{t=1}^{T_x} V_t (1 + a_{dm})^{T_x - t} \quad (7.5)$$

Trong đó:  $T_x$  là số năm xây dựng xong công trình,

$V_t$  là vốn đầu tư ở năm thứ  $t$  đang xây dựng.

Ngoài ra, khi tính toán kinh tế – kỹ thuật của các phương án khảo sát còn phải quan tâm đến thiệt hại sản xuất do gián đoạn cung cấp điện gây ra. Khi đó công thức (7.4) có dạng:

$$C = P + a_{dm} V + H \quad (7.6)$$

Trong đó  $H$  là kỳ vọng thiệt hại hằng năm do ngừng cung cấp điện (đồng/năm).

## 7.9. ĐIỆN TỰ DỪNG TRONG NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

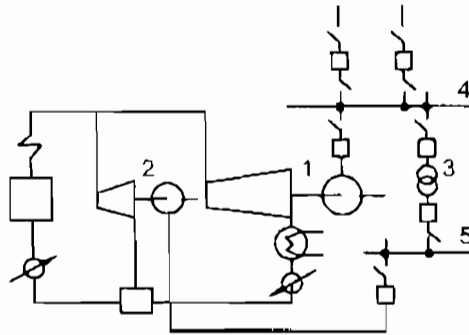
### 7.9.1. Khái niệm chung

Để sản xuất điện năng, các nhà máy điện tiêu thụ một phần điện năng để các cơ cấu tự dừng đảm bảo cho máy phát điện có thể làm việc được. Trong nhà máy nhiệt điện, điện năng tự dừng để chuẩn bị nhiên liệu, vận chuyển nhiên liệu vào lò đốt, đưa nước vào nồi hơi, bơm nước tuần hoàn, bơm ngưng tụ, quạt gió, quạt khói, thấp sáng, điều khiển, tín hiệu và liên lạc v.v... Trong nhà máy thủy điện, điện năng tiêu thụ để phục vụ cung cấp nước, làm mát máy phát, máy biến áp, thông thoáng nhà máy, thấp sáng v.v... Điện tự dừng trong nhà máy nhiệt điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố như dạng nhiên liệu, áp lực hơi ban đầu, loại và công suất của tuabin, loại truyền động máy bơm cung cấp v.v... và chiếm khoảng (5 – 8)% tổng điện năng sản xuất của nhà máy. Điện tự dừng trong nhà máy thủy điện thấp hơn nhiều và chiếm khoảng một vài phần trăm so với tổng điện năng sản xuất của nhà máy. Để truyền động các máy công tác trong nhà máy điện người ta sử dụng chủ yếu các động cơ điện. Máy biến áp giảm áp dùng để cung cấp nguồn điện cho hệ thống tự dừng. Khác với xí nghiệp công nghiệp, ở đây, để cung cấp cho hệ thống điều khiển, thấp sáng nhà máy trong điều kiện sự cố người ta dùng các nguồn năng lượng độc lập như các bộ ác quy, máy phát diesel dự trữ. Tập hợp các máy công tác truyền động bằng động cơ điện, lưới điện, thiết bị phân phối, máy biến áp giảm áp, nguồn năng lượng độc lập, hệ thống điều khiển, tín hiệu, thấp sáng... tạo thành hệ thống tự dừng của nhà máy điện. Nhà máy điện chỉ có thể làm việc bình thường trong điều kiện hệ thống tự dừng làm việc tin cậy. Như vậy yêu cầu cơ bản đối với hệ thống điện tự dừng là độ tin cậy cao, nhưng yêu cầu về kinh tế cũng không kém phần quan trọng.

### 7.9.2. Nguồn cung cấp điện tự dừng

Chọn nguồn cung cấp điện tự dừng tin cậy và kinh tế đối với nhà máy điện là một vấn đề có ý nghĩa quan trọng. Để cung cấp điện tự dừng cho nhà máy nhiệt điện, trước đây người ta đặt một hoặc hai tổ tuabin độc lập được cung cấp hơi từ lò hơi cung cấp cho máy phát điện chính (hình 7.33). Tuabin này nối với máy phát điện riêng và điện năng phát ra được truyền đến thanh góp tự dừng 3 – 6kV. Trong điều kiện làm việc bình thường thanh góp tự dừng không có liên hệ với thanh góp chính nhà máy điện. Nguồn điện dự trữ được cung cấp từ hệ thống qua máy biến áp số 3.

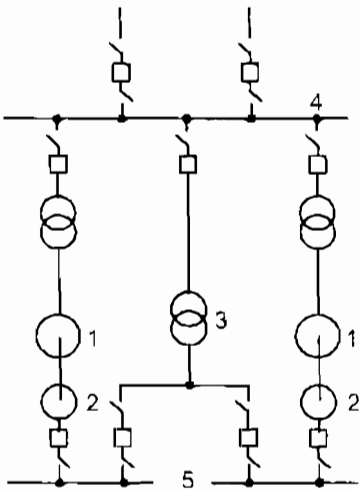
Các động cơ điện làm việc trong hệ thống tự dùng không bị ảnh hưởng khi có hiện tượng giảm áp do ngắn mạch hoặc giảm tần số trong mạng điện chính.



Hình 7.33. Sơ đồ nguyên lý điện tự dùng nhà máy nhiệt điện có máy phát tự dùng riêng

1. Máy phát chính; 2. Máy phát điện tự dùng; 3. Máy biến áp tự dùng;
4. Thiết bị phân phối chính; 5. Thiết bị phân phối tự dùng.

Trong một số nhà máy điện người ta còn đặt máy phát điện phụ cùng trục với máy phát chính (hình 7.34). Sơ đồ này có hiệu suất của tuabin chính cao hơn.



Hình 7.34. Sơ đồ nguyên lý hệ thống tự dùng nhà máy nhiệt điện có máy phát điện tự dùng đặt cùng trục với máy phát chính

Trong nhà máy thủy điện, trước đây người ta cũng dùng nguồn năng lượng độc lập dưới dạng các trạm máy phát thủy điện riêng để cung cấp cho hệ thống tự dùng. Kinh nghiệm vận hành chứng tỏ rằng nguồn cung cấp điện tự dùng có thể đảm bảo độ tin cậy và kinh tế nếu lấy từ các máy phát điện chính và hệ thống điện. Người ta không dùng nguồn điện độc lập dưới dạng tuabin hay máy thủy điện riêng vì vốn đầu tư lớn, chi phí vận hành hàng năm tăng. Kinh nghiệm vận hành nhà máy điện chứng tỏ rằng các động cơ không đồng bộ có vòng ngắn mạch không sợ nguy hiểm khi điện áp giảm trong thời gian ngắn nếu chúng nối vào nguồn công suất lớn, ví dụ như nối vào thanh góp chính của nhà máy.

Ngoài nguồn điện xoay chiều, trong nhà máy điện còn đặt các bộ ác quy là nguồn độc lập để cung cấp dòng một chiều (trong điều kiện bất kỳ)

cho hệ thống điều khiển, bảo vệ rơle, tự động hóa, tín hiệu và liên lạc. Dung lượng của bộ ác quy được chọn xuất phát từ việc tính toán gián đoạn cung cấp điện xoay chiều của hệ thống tự dùng trong nửa giờ. Tăng thêm dung lượng bộ ác quy là không cần thiết. Vì vậy, trong các nhà máy nhiệt điện lớn người ta đặt máy phát – diesel dòng điện xoay chiều, công suất không lớn lắm để nhanh chóng khởi động trong điều kiện sự cố. Trong các nhà máy thủy điện người ta cũng đặt bộ ác quy nhưng không cần đặt trạm máy phát – diesel dự trữ vì phụ tải sự cố của hệ thống tự dùng không lớn lắm và máy phát thủy điện không có máy bơm dầu dự trữ.

### 7.9.3. Điện áp của hệ thống điện tự dùng

Để cung cấp cho các động cơ tự dùng có thể dùng điện áp 0,380kV, 0,500kV; 3 và 6kV.

Nhà máy điện công suất nhỏ, điện áp máy phát 6,3kV trở lại thường dùng một cấp điện áp tự dùng 0,380kV. Máy biến áp có điện áp thứ cấp 0,380/0,220kV dùng để cung cấp cho thắp sáng và các động cơ.

Nhà máy công suất lớn và trung bình điện áp máy phát 6,3kV có thể dùng hai cấp 0,380 và 6,3kV hay ba cấp 0,380; 0,500 và 6kV. Cả hai trường hợp điện áp 6kV để cung cấp cho các động cơ cỡ lớn công suất 200kW trở lên. Trường hợp đầu, điện áp 0,380/0,220kV, cung cấp cho động cơ công suất bé hơn 200kW và thắp sáng. Trường hợp sau, điện áp 0,500kV, cung cấp cho động cơ dưới 200kW; còn điện áp 0,380/0,220kV cung cấp cho động cơ nhỏ hơn và thắp sáng. Dùng điện áp 0,500kV có ưu điểm là giảm khối lượng kim loại màu trong động cơ và cáp tự dùng nhưng phải dùng máy biến áp riêng. Điện áp 0,380kV có ưu, nhược điểm ngược lại. Ngoài ra, dùng điện áp 0,500kV còn làm tăng số cấp điện áp tự dùng, tăng thiết bị phân phối trong nhà máy.

Nhà máy công suất lớn, điện áp máy phát 10,5kV trở lên có thể dùng hai cấp 3 hay 6kV và 0,380kV hoặc ba cấp 3kV hay 6kV; 0,500kV và 0,380kV. Điện áp 3kV hay 6kV dùng cung cấp cho các động cơ 75kW trở lên, còn điện áp 0,500kV; 0,380kV dùng cho các động cơ công suất nhỏ hơn.

Động cơ 3kV có hiệu suất cao hơn động cơ 6kV khoảng (1 – 1,5)%. Dùng điện áp 3kV sẽ giảm được số lượng động cơ nối với điện áp 0,500kV và 0,380kV, do đó giảm được số lượng và công suất máy biến áp có điện áp thứ cấp 0,500kV và 0,380kV.

Dùng động cơ 6kV sẽ tăng được công suất đơn vị của động cơ, tăng được công suất máy biến áp tự dùng, do đó giảm được số lượng của

chúng: điều kiện tự mở máy của động cơ có tốt hơn và dòng ngắn mạch nhỏ hơn. Những ưu điểm này rất quan trọng đối với nhà máy cực lớn, động cơ tự dùng có công suất đến hàng ngàn kW. Những nhà máy như vậy dùng điện áp 3kV không những không kinh tế mà còn làm xấu điều kiện tự mở máy của các động cơ. Vì vậy, trong nhà máy điện lớn người ta thường dùng điện áp tự dùng 6kV. Tóm lại, chọn cấp điện áp tự dùng nào thích hợp phải dựa trên cơ sở tính toán so sánh kinh tế – kỹ thuật.

#### **7.9.4. Các cơ cấu tự dùng**

Tùy theo mức độ quan trọng có thể chia cơ cấu tự dùng làm ba loại:

Loại một gồm những cơ cấu tự dùng quan trọng nhất. Nếu các cơ cấu này ngừng làm việc có thể dẫn đến ngừng tổ máy hoặc ngừng cả nhà máy, vì vậy cơ cấu này không cho phép mất điện quá một phút. Ví dụ: cơ cấu loại một trong nhà máy nhiệt điện là bơm tuần hoàn, bơm ngưng tụ, bơm cung cấp, quạt gió, quạt khói, tháp sáng sự cố, tháp sáng nơi trực nhật, tín hiệu, liên lạc. Với nhà máy thủy điện đó là máy kích thích của máy phát chính, bơm dầu hệ thống điều chỉnh, máy nén khí, tín hiệu, liên lạc...

Cơ cấu loại hai kém quan trọng hơn, cho phép ngừng làm việc không quá ba phút. Những cơ cấu này chỉ làm giảm công suất phát của nhà máy. Trong nhà máy nhiệt điện và thủy điện, cơ cấu loại hai gồm có bộ phận làm mát máy phát điện, làm sạch nước làm mát, làm mát máy biến áp, tháp sáng gian máy, gian lò.

Cơ cấu loại ba như bộ phận vận chuyển than, lọc dầu, tháp sáng công cộng. Dưới đây giới thiệu về truyền động của một vài cơ cấu tự dùng trong nhà máy điện.

##### ***a) Truyền động của bơm cánh quạt và quạt gió trong nhà máy nhiệt điện***

Trong nhà máy điện người ta dùng rất rộng rãi bơm cánh quạt và quạt gió trong hệ thống tự dùng và sử dụng các động cơ không đồng bộ kiểu lồng sóc để truyền động chúng. Khi cần thiết điều chỉnh năng suất của bơm (quạt gió), người ta thay đổi tần số quay của động cơ điện vì trực động cơ nối liền trực máy công tác qua khớp thủy lực. Người ta cũng dùng các động cơ không đồng bộ kiểu lồng sóc có hai cấp tốc độ để truyền động các cơ cấu trên.

Về quan điểm chi phí năng lượng trong hệ thống tự dùng của nhà máy nhiệt điện thì việc chọn hợp lý các động cơ truyền động, thiết bị kéo – thối và khả năng điều chỉnh năng suất của chúng có ý nghĩa quan trọng vì

các thiết bị này làm việc với phụ tải biến đổi và công suất rất lớn. Thực tế thiết kế đã chỉ ra rằng, giải quyết vấn đề này phụ thuộc vào loại máy hút khói và quạt gió. Như vậy để truyền động các máy kéo – thổi mạnh loại ly tâm người ta dùng các động cơ điện hai cấp tốc độ. Mỗi động cơ đặt hai máy cắt, hai đường dây cáp, do đó vận hành sẽ phức tạp và giảm độ tin cậy làm việc của tổ máy. Để truyền động máy kéo – thổi loại dọc trục người ta dùng động cơ một cấp tốc độ, điều chỉnh năng suất của máy nhờ thiết bị dẫn hướng. Trường hợp này không dùng động cơ hai cấp tốc độ vì với đặc tính công suất của máy dọc trục khi điều chỉnh năng suất bằng thiết bị dẫn hướng sẽ thuận tiện hơn so với đặc tính máy ly tâm.

Chọn động cơ truyền động cho máy bơm tuần hoàn và khả năng điều chỉnh năng suất của chúng phụ thuộc vào hệ thống cung cấp nước của nhà máy điện. Tại các trung tâm nhiệt điện, việc cung cấp nước được thực hiện nhờ trạm bơm chung với số lượng máy bơm cần thiết. Năng suất máy bơm phụ thuộc vào nhiệt độ nước làm mát, phụ tải máy phát điện và được điều chỉnh bằng cách thay đổi số lượng bơm làm việc. Trong các nhà máy điện nối theo sơ đồ khối, người ta xây dựng trạm bơm riêng cho mỗi khối hoặc chung cho hai khối một và đặt gần gian máy. Do số lượng ít và công suất bơm tuần hoàn lớn nên vấn đề chọn động cơ truyền động và khả năng điều chỉnh năng suất kinh tế của chúng có một ý nghĩa quan trọng. Hiện nay để truyền động bơm tuần hoàn, người ta thường dùng động cơ không đồng bộ có một và hai cấp tốc độ và các động cơ đồng bộ. Với các động cơ không đồng bộ một cấp tốc độ và động cơ đồng bộ, việc điều chỉnh năng suất máy bơm được thực hiện bằng sự quay của bánh xe công tác. Còn đối với động cơ không đồng bộ hai cấp tốc độ điều chỉnh năng suất bằng cách chuyển đổi số cực phối hợp với sự quay của bánh xe công tác.

Chọn phương án truyền động phụ thuộc vào giới hạn thay đổi lưu lượng nước và nhiệt độ nước nguồn cung cấp và được xác định trên cơ sở so sánh các phương án về kinh tế – kỹ thuật.

### ***b) Truyền động của máy bơm cung cấp***

Khi công suất cực đại của tuabin không vượt quá 200MW, áp lực hơi giữ gần tới hạn thì truyền động bơm cung cấp bằng điện là thích hợp mặc dù qua phân tích các phương án về kinh tế – kỹ thuật thấy rằng, truyền động bằng điện và tuabin thực tế là như nhau. Nhưng vì lý do đơn giản và thuận tiện cho vận hành nên người ta dùng biện pháp truyền động bằng điện, cách truyền động bằng tuabin chỉ dùng để dự trữ.

Khi công suất của khối đến 300MW và cao hơn, áp lực hơi gần tới hạn người ta dùng cách truyền động bằng tuabin có nhiều ưu điểm hơn so với truyền động bằng điện vì những lý do sau đây:

1. Công suất truyền động bằng tuabin không giới hạn và tính kinh tế của nó tăng lên cùng với tăng công suất. Điều này phù hợp với xu hướng giảm bớt số lượng máy bơm cung cấp làm việc trong mỗi khối. Trong khi đó nếu dùng các động cơ không đồng bộ công suất quá 6000–8000kW sẽ gặp khó khăn về mặt cấu trúc.

2. Do giảm chi phí điện năng tự dùng nên công suất nhà máy phát vào hệ thống sẽ tăng lên.

3. Máy bơm cung cấp có thể thực hiện với tần số quay 8000 – 12.000 vg/ph không có hộp giảm tốc. Tăng tần số quay cho phép, giảm số bậc và kích thước máy bơm, ví dụ như máy bơm có năng suất 300m<sup>3</sup>/h, áp lực 170 kG/cm<sup>2</sup>, ở tần số quay 600 vg/ph có 10 cấp; ở 9000 vg/ph có 6 cấp và 12.000 vg/ph có 4 cấp. Mặt khác, nâng cao tần số quay của máy bơm khi truyền động bằng tuabin hiệu suất sẽ cao hơn, giảm kích thước và giá thành của tuabin.

4. Đảm bảo tính kinh tế cao trong việc điều chỉnh năng suất máy bơm khi phụ tải thay đổi.

5. Công suất máy biến áp tự dùng và dòng ngắn mạch trong lưới điện tự dùng đều giảm một cách đáng kể.

6. Tần số quay của máy bơm truyền động bằng tuabin không phụ thuộc vào tần số lưới điện.

### ***c) Truyền động các máy công tác vận chuyển và chuẩn bị nhiên liệu***

Trong nhà máy nhiệt điện các máy nghiền, đập và tiếp liệu than là những máy công tác dùng để chuẩn bị nhiên liệu, còn các máy chuyển nhiên liệu như cần trục, băng tải than, máy vận chuyển than v.v..., tất cả đều làm việc trong điều kiện bụi than của nhà máy. Để đưa nhiên liệu vào lò, người ta thường xây dựng hai băng tải than, mỗi băng tải đảm bảo vận chuyển một nửa nhiên liệu của lò. Vì vậy, khi ngừng một trong các băng tải cũng không dẫn đến phá hoại tình trạng làm việc của lò. Các máy công tác chuẩn bị nhiên liệu cũng cho phép dừng một thời gian ngắn, vì nếu sử dụng máy xây hình cầu trong nhà máy nhiệt điện thì phải có phễu chứa than bột trung gian và than bột dự trữ này để cung cấp cho lò hơi làm việc từ hai đến hai giờ rưỡi. Nếu dùng máy nghiền đập kiểu búa thì

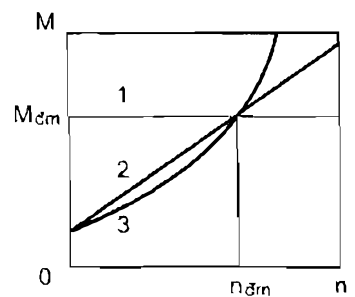
không cần bố trí phễu trung gian, nhưng mỗi lò thường đặt không ít hơn ba máy nghiền, do đó khi ngừng một trong các máy nghiền, máy còn lại vẫn đảm bảo nhiên liệu cho lò làm việc với khoảng 90% năng suất định mức của lò. Vì vậy, các máy công tác để chuẩn bị và vận chuyển nhiên liệu thuộc nhóm không quan trọng. Phần lớn máy công tác để vận chuyển và chuẩn bị nhiên liệu không phụ thuộc vào tần số quay của đặc tính cơ vì vậy yêu cầu mô-men khởi động lớn. Xuất phát từ đó người ta dùng các động cơ không đồng bộ kiểu lồng sóc kép để truyền động các máy này. Máy nghiền than có tần số quay không lớn và được truyền động bằng động cơ không đồng bộ. Người ta không dùng động cơ không đồng bộ tốc độ nhanh và hộp giảm tốc vì không lợi về mặt kinh tế – kỹ thuật. Các máy nghiền không yêu cầu điều chỉnh năng suất và có thể cắt khi bột than đã đầy phễu.

Điều chỉnh năng suất của máy quạt sấy phụ thuộc vào phụ tải của lò, loại và độ ẩm ướt của nhiên liệu và các yếu tố khác. Truyền động các máy này có thể dùng động cơ không đồng bộ kiểu lồng sóc, năng suất của chúng được điều chỉnh nhờ thiết bị dẫn hướng.

Người ta dùng các động cơ điện một chiều kích thích song song với truyền động cung cấp bột than vào lò. Cung cấp bột than không phụ thuộc vào tần số quay của đường đặc tính cơ và yêu cầu điều chỉnh năng suất rộng và bằng phẳng.

### 7.9.5. Động cơ điện tự dùng

Một phần điện năng quan trọng trong nhà máy điện được dùng cho các động cơ điện để truyền động máy công tác. Quá trình sản xuất bình thường của nhà máy có thể đảm bảo với điều kiện là các động cơ làm việc tin cậy với tốc độ quay cần thiết. Yêu cầu này được thỏa mãn khi chọn đúng các động cơ điện, công suất của chúng, sơ đồ cung cấp điện, hệ thống điều khiển và bảo vệ. Những vấn đề này cần phải giải quyết đồng thời.



Hình 7.35. Các đặc tính cơ của máy công tác

Đặc tính cơ của máy công tác được chia làm ba nhóm. Đặc tính cơ không phụ thuộc vào tần số quay, lúc đó mômen cần thực tế không biến đổi khi tốc độ quay thay đổi (đường 1 trên hình 7.35).



Các cần trục nâng, tời và băng tải v.v... có dạng đặc tính này. Đặc tính cơ tuyến tính có mô-men cản tỷ lệ thuận với tần số quay (đường 2 trên hình 7.35), đặc tính máy phát điện một chiều kích thích độc lập làm việc với điện trở cố định thuộc loại này. Đặc tính cơ phi tuyến có mô-men cản phụ thuộc bình phương tần số quay (đường 3, hình 7.35) như các máy quạt.

Đặc tính cơ có thể biểu diễn theo công thức chung là:

$$M_c = M_{c,hd} + (M_{c,dm} - M_{c,hd}) \left( \frac{n}{n_{dm}} \right)^\alpha \quad (7.6)$$

Trong đó:

$M_{c,hd}$  – mômen cản ban đầu, không phụ thuộc tần số quay;

$M_{c,dm}$  – mômen cản khi tần số quay định mức;

$\alpha$  – chỉ số bậc, đặc trưng cho sự thay đổi của mômen cản và tần số quay;

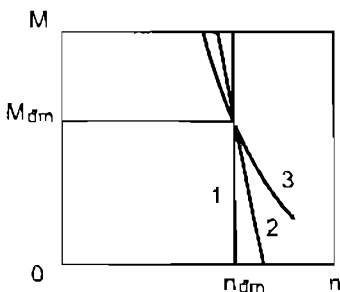
$n$  và  $n_{dm}$  – tốc độ quay và tốc độ quay định mức;

Với máy công tác có mômen cản không đổi,  $\alpha = 0$  và  $M_c = M_{c,dm}$ , với máy có đặc tính tuyến tính  $\alpha = 1$  thì:

$$M_c = M_{c,hd} + (M_{c,dm} - M_{c,hd}) \left( \frac{n}{n_{dm}} \right) \quad (7.7)$$

Với máy quạt thì  $\alpha = 2$  và do đó:

$$M_c = M_{c,hd} + (M_{c,dm} - M_{c,hd}) \left( \frac{n}{n_{dm}} \right)^2 \quad (7.8)$$



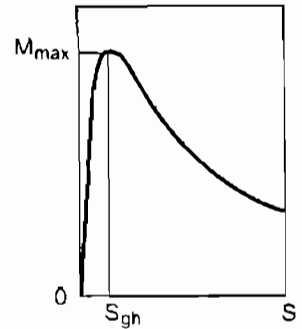
Hình 7.36. Đặc tính cơ của động cơ điện

Người ta cũng phân chia đặc tính cơ của động cơ điện thành ba nhóm: Đặc tính cơ tuyệt đối cứng, nghĩa là tần số quay của động cơ không thay đổi theo sự thay đổi của mômen (đường 1 trên hình 7.36), ví dụ như các động cơ điện đồng bộ; Đặc tính cơ cứng có tần số quay của động cơ giảm một chút khi mômen tăng lên (đường 2 trên hình 7.36), ví dụ như các động cơ một chiều kích thích song song và động cơ không đồng bộ làm việc với độ trượt không lớn; Đặc tính cơ mềm khi tần số quay của động cơ giảm thì mômen lại tăng (đường 3 trên hình 7.36).

Dưới đây giới thiệu các loại động cơ điện thường gặp trong nhà máy điện.

### a) Động cơ không đồng bộ

Động cơ không đồng bộ được dùng rộng rãi trong công nghiệp do chúng có cấu tạo đơn giản, làm việc tin cậy, giá thành hạ, kích thước tương đối nhỏ và hiệu suất cao. Động cơ không đồng bộ cũng có những nhược điểm như  $\cos\varphi$  tương đối thấp, khả năng điều chỉnh tốc độ quay bị hạn chế và dòng điện khởi động lớn. Đặc tính cơ của nó chỉ trên hình 7.37. Từ đường đặc tính nhận thấy rằng, khi độ trượt  $s$  của máy tăng từ "0" đến trị số giới hạn  $s_{gh}$  thì mômen điện từ cũng tăng từ "0" đến mômen cực đại  $M_{max}$ , sau đó nếu tiếp tục tăng độ trượt thì mômen này lại giảm xuống.



Hình 7.37. Đặc tính cơ của động cơ điện không đồng bộ

### b) Động cơ đồng bộ

Động cơ đồng bộ ít nhạy cảm với thay đổi điện áp. Nếu đối với động cơ không đồng bộ, mômen cực đại tỷ lệ với bình phương điện áp thì ở động cơ đồng bộ nó chỉ tỷ lệ bậc một đối với điện áp. Động cơ đồng bộ có cấu tạo phức tạp hơn so với động cơ không đồng bộ và lại có thêm phần tử phụ đó là bộ kích thích, do đó giá thành cao và phức tạp trong vận hành. Sử dụng động cơ đồng bộ chỉ hợp lý khi công suất truyền động lớn và tốc độ quay của máy công tác nhỏ.

### c) Động cơ điện một chiều

Động cơ này có thể thay đổi tốc độ quay trong phạm vi rộng và liên tục nhưng cấu tạo phức tạp và làm việc kém bảo đảm. Động cơ một chiều chỉ dùng khi có bộ biến đổi dòng điện xoay chiều thành một chiều. Điều này làm giảm độ tin cậy của thiết bị, tăng vốn đầu tư và chi phí vận hành. Vì vậy, người ta chỉ dùng động cơ điện một chiều để truyền động khi cần điều chỉnh tần số quay trong phạm vi rộng, liên tục hoặc làm việc trong chế độ ngắn hạn lặp lại. Động cơ một chiều kích thích song song được ứng dụng rộng rãi hơn vì đa số trường hợp đường đặc tính của chúng phù hợp với đặc tính của máy công tác.

### 7.9.6. Hệ thống điện tự dùng của nhà máy nhiệt điện

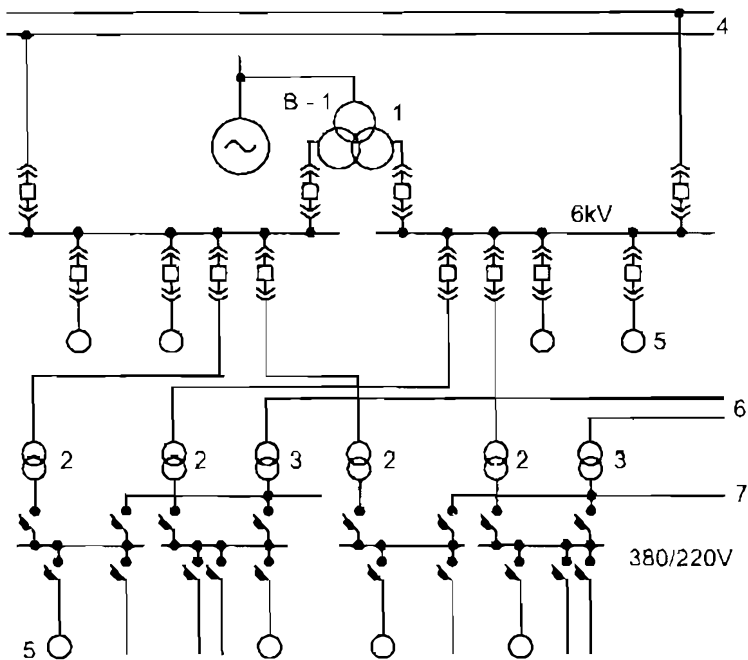
Trong nhà máy nhiệt điện, thành phần máy công tác của hệ thống tự dùng và công suất của chúng phụ thuộc nhiều yếu tố như loại nhiên liệu, công suất tổ máy và nhà máy, loại tuabin, thông số hơi ban đầu, hệ thống cung cấp nước v.v...

Máy công tác và động cơ tương ứng có thể chia thành hai loại:

a) *Những máy công tác đảm bảo làm việc của lò hơi, tuabin* như máy nghiền than, hút khói, quạt gió cấp một, bơm cung cấp, bơm tuần hoàn, bơm ngưng tụ, bơm dầu hệ thống bôi trơn và điều chỉnh tuabin, máy bơm và quạt gió hệ thống làm mát máy phát, máy biến áp tăng áp.

b) *Những máy công tác có nhiệm vụ chung*, các máy này không liên quan đến lò hơi và tuabin nhưng cần thiết cho hoạt động nhà máy như cần trục, máy vận chuyển than, bơm của hệ thống xử lý nước, bơm của hệ thống khử bụi bằng nước, máy nén khí của máy cắt v.v... Ngoài ra còn thiết bị nạp ac-quy, thông gió, tháp sáng nhà máy, các phân xưởng và tháp sáng bên ngoài cũng phục vụ cho mục đích chung. Phụ tải chính của hệ thống tự dùng là động cơ điện truyền động các máy công tác của lò hơi và tuabin. Phần phụ tải chung không lớn so với tổng phụ tải tự dùng nhà máy. Dưới đây giới thiệu những nguyên tắc xây dựng sơ đồ cung cấp điện tự dùng của nhà máy.

Trong các nhà máy nhiệt điện lớn phụ tải tự dùng lớn nhất là các động cơ công suất từ 200kW trở lên và có thể làm việc kinh tế ở điện áp 6kV. Các động cơ công suất nhỏ hơn và các hộ tiêu thụ khác nối vào điện áp 380/220V. Tất cả công suất tự dùng được biến đổi từ điện áp máy phát (10,5; 15,75; 18; 20; và 24kV) xuống điện áp tự dùng 6kV. Tiếp theo, một phần công suất nhỏ được biến từ điện áp 6kV đến điện áp 380/220V. Như vậy, cần phân biệt máy biến áp tự dùng bậc một có điện áp thứ cấp 6,3kV và máy biến áp tự dùng bậc hai có hệ số biến áp 6/0,4/0,23kV. Để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện cao, có thể phân đoạn hệ thống tự dùng phù hợp với sơ đồ cơ nhiệt và điện của nhà máy. Những nhà máy nối dây theo sơ đồ khối thì sơ đồ tự dùng được phân đoạn theo số khối để đảm bảo tính độc lập cao của chúng. Dưới đây giới thiệu sơ đồ nguyên lý điện tự dùng của một khối máy phát – máy biến áp có công suất 300MW trong nhà máy điện ngưng hơi (hình 7.38).

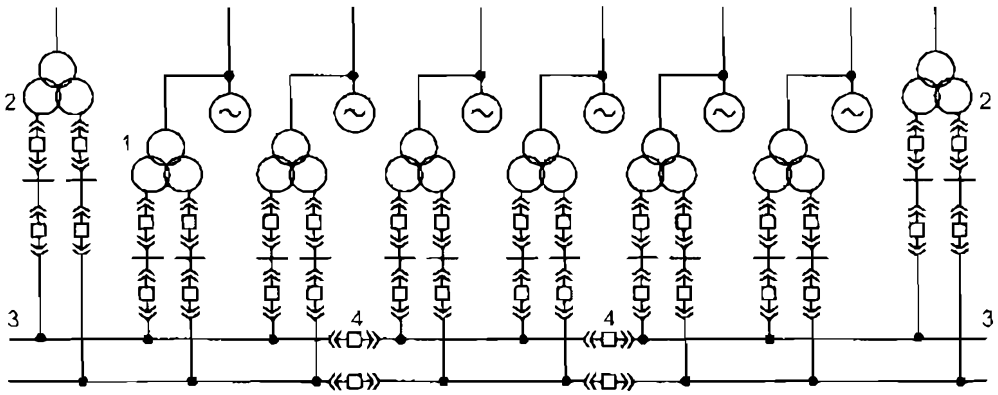


**Hình 7.38. Sơ đồ nguyên lý của một bộ phận hệ thống tự dùng nhà máy điện với máy phát 300MW**

1. Máy biến áp làm việc bậc một 20/6,3kV; 2. Máy biến áp làm việc bậc hai 6/0,4/0,23kV;
3. Máy biến áp dự trữ bậc hai; 4. Đường dây cung cấp dự trữ 6kV; 5. Động cơ điện; 6. Đường dây từ khối bên cạnh; 7. Đường dây dự trữ 380/220V.

Máy biến áp tự dùng B-1 được nối vào đoạn giữa máy phát điện – máy biến áp tăng áp, có công suất định mức là 25MVA. Người ta dùng máy biến áp có cuộn dây phân chia phía điện áp thấp để hạn chế dòng ngắn mạch trong thiết bị phân phối và lưới điện 6kV. Thanh góp 6kV phân thành hai nửa phân đoạn, nối với các động cơ điện của máy công tác thuộc khối máy phát này và máy biến áp bậc hai 6/0,4/0,23kV. Máy biến áp dự trữ được nối từ phân đoạn của khối bên cạnh. Trong nhà máy điện nối theo sơ đồ khối các máy biến áp tự dùng được chọn có công suất định mức giống nhau và phân phụ tải chung (không liên quan trực tiếp đến khối) phân bố đều giữa các phân đoạn tự dùng. Nhưng cũng có một số nhà máy điện phân phụ tải chung được nối vào các máy biến áp của khối thứ nhất và hai. Công suất định mức của máy biến áp này chọn không lớn hơn bao nhiêu so với các máy biến áp còn lại.

Bình thường hệ thống tự dùng được cung cấp từ máy phát qua máy biến áp làm việc, trong quá trình khởi động và dừng khối thì máy biến áp làm việc được thay thế bằng máy biến áp dự trữ. Thường người ta đặt hai máy biến áp dự trữ như hình 7.39.

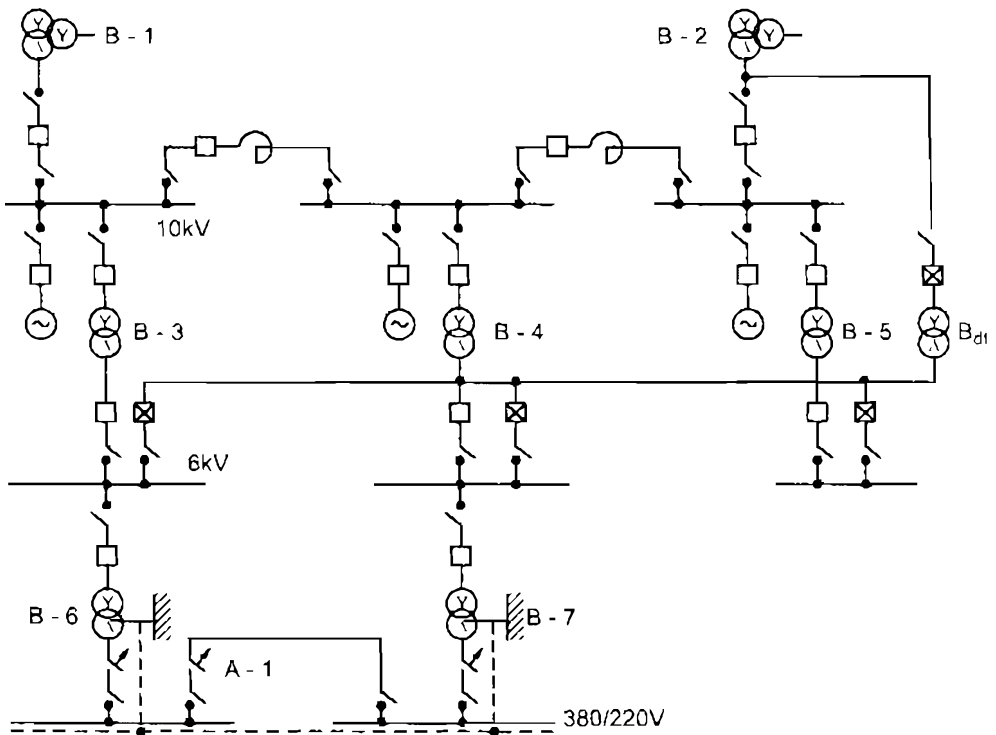


**Hình 7.39. Sơ đồ máy biến áp dự trữ nhà máy điện ngưng hơi có 6 khối 300MW**

1. Máy biến áp làm việc; 2. Máy biến áp dự trữ; 3. Đường dây dự trữ; 4. Máy cắt phân đoạn.

Nhà máy nhiệt điện rút hơi với tổ máy 30, 60, 100MW có sơ đồ nhiệt phức tạp hơn (so với nhà máy nối theo sơ đồ khối). Ở đây thường đặt các tuabin công suất không giống nhau, số nồi hơi thường nhiều hơn tuabin. Người ta bố trí số phân đoạn 6kV không ít hơn số nồi hơi của tổ máy, như vậy khi cắt một phân đoạn không kéo theo ngừng làm việc quá một nồi hơi và tuabin của tổ máy. Vì phụ tải chung thường tách ra những phân đoạn riêng biệt nên tổng số các phân đoạn lớn hơn số nồi hơi của tổ máy. Máy biến áp làm việc bậc một được nối vào thanh góp điện áp thấp của nhà máy, nguồn cung cấp lấy từ máy phát và hệ thống qua máy biến áp liên lạc. Máy biến áp dự trữ chỉ dùng để thay thế máy biến áp làm việc khi sửa chữa chúng hoặc sửa chữa phân đoạn thiết bị phân phối chính.

Khi nhà máy có 5 hay 6 máy biến áp làm việc, người ta đặt hai máy biến áp dự trữ. Mỗi phân đoạn thanh góp tự dùng nối với một máy biến áp làm việc: máy biến áp dự trữ được nối với nhánh điện áp thấp của máy biến áp liên lạc, đoạn giữa máy cắt điện và máy biến áp liên lạc, nhằm đảm bảo nguồn cung cấp dự trữ khi sửa chữa phân đoạn của thiết bị phân phối điện áp máy phát. Thiết bị phân phối 6kV thường bố trí một hệ thống thanh góp vì khi sửa chữa máy cắt hay các phần tử khác của nó tiến hành cùng với thời gian sửa chữa máy phát. Lưới phân phối là cáp ba lõi bằng nhôm hay đồng, tiết diện cáp chọn theo mật độ dòng điện kinh tế và kiểm tra ổn định nhiệt khi ngắn mạch. Dưới đây trình bày sơ đồ điện tự dùng của nhà máy nhiệt điện có ba tổ máy (hình 7.40) nối trên thanh góp điện áp máy phát.



Hình 7.40. Sơ đồ điện tự dùng của nhà máy có thanh góp điện áp máy phát

Thanh góp tự dùng chính được phân thành ba phân đoạn (theo số lò) mỗi phân đoạn được cung cấp bằng một máy biến áp (B-3; B-4; B-5), bình thường các phân đoạn làm việc riêng rẽ với nhau. Máy biến áp dự trữ được lấy từ phía hạ áp của máy biến áp lạng áp.

Điện áp tự dùng 380/220V được cung cấp bằng hai máy biến áp B-6; B-7 và chúng làm việc dự trữ cho nhau. Để hạn chế dòng ngắn mạch, hai máy biến áp B-6, B-7 làm việc riêng rẽ về phía thứ cấp tức là aptômát A-1 bình thường ở vị trí mở.

Công suất của máy biến áp dự trữ chọn phù hợp với nhiệm vụ của nó. Nếu máy biến áp dự trữ chỉ dùng để thay thế máy biến áp làm việc khi sửa chữa chúng thì công suất định mức máy biến áp dự trữ chọn bằng công suất của máy biến áp làm việc, ví dụ như các nhà máy nhiệt điện rút hơi, công suất tổ máy 30, 60 và 100MW.

Trong các nhà máy nối theo sơ đồ khối chức năng của máy biến áp dự trữ thường rộng hơn. Máy biến áp dự trữ không chỉ để thay thế máy biến áp làm việc khi sửa chữa chúng mà còn để cung cấp cho hệ thống tự dùng trong quá trình dừng và khởi động khối khi máy biến áp làm việc đã

ngiht. Vì vậy, công suất máy biến áp dự trữ phải được chọn đủ để thay thế máy biến áp làm việc của một khối, dùng khối thứ hai và khởi động khối thứ ba. Công suất cần thiết để dùng một khối và khởi động khối khác khoảng 50% công suất cần thiết để cho khối làm việc bình thường khi đầy tải. Vì vậy, công suất máy biến áp dự trữ chọn cao hơn công suất của máy biến áp làm việc một cấp (theo thang công suất). Ví dụ, nhà máy có các khối 300, 500 và 800MW thì công suất máy biến áp dự trữ là 40; 63MVA.

## 7.10. HỆ THỐNG TỰ DỪNG CỦA NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

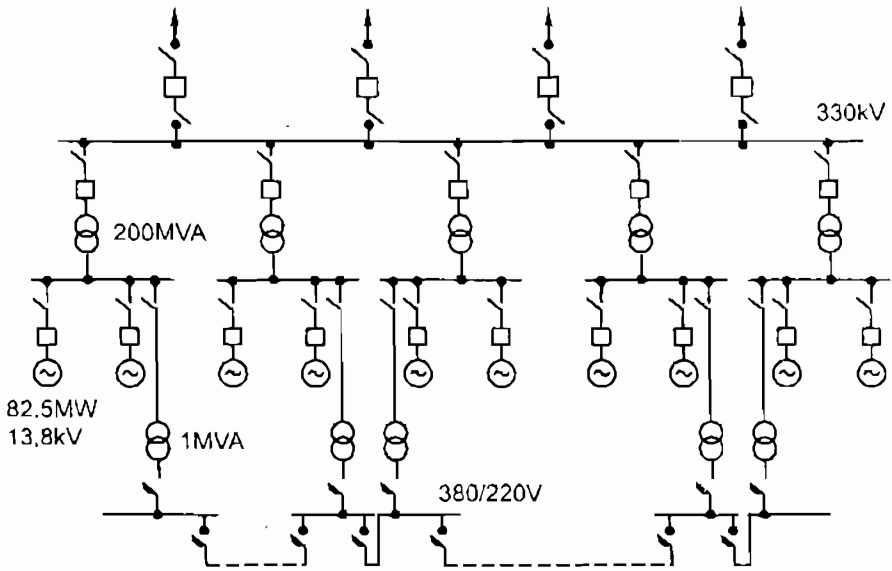
Như đã nói trên, lượng điện tự dùng của nhà máy thủy điện rất bé so với nhà máy nhiệt điện cùng công suất. Thành phần máy công tác và các thiết bị phụ của hệ thống tự dùng nhà máy thủy điện phụ thuộc loại nhà máy, khí hậu trong vùng, hệ thống kỹ thuật cung cấp nước, hệ thống kích thích máy phát điện và các yếu tố khác, có thể chia thành hai phần như sau:

a) *Máy công tác và thiết bị phục vụ cho khởi động, làm việc và dừng máy phát như bơm dầu hệ thống điều chỉnh tuabin, bôi trơn máy phát, bơm tiếp nước, van của hệ thống cấp nước, hệ thống quạt gió làm lạnh máy biến áp tăng áp v.v...*

b) *Máy công tác và thiết bị phụ không liên quan trực tiếp đến máy phát thủy điện nhưng cần thiết cho làm việc của nhà máy như máy nén của thiết bị bơm dầu, bơm tiêu nước, bơm cứu hỏa, cần trục để lắp ráp và sửa chữa máy phát, thiết bị nâng cửa van đập nước, quạt gió, máy nén khí của máy cắt, thiết bị nạp điện cho ác quy, thắp sáng v.v...*

Trong nhà máy thường dùng các động cơ không đồng bộ kiểu lồng sóc. Nguồn cung cấp cho hệ thống tự dùng là các máy phát điện và hệ thống. Để cung cấp điện cho hệ thống điều khiển, bảo vệ role, áptômát và liên lạc người ta dùng các bộ ac-quy.

Nhà máy thủy điện công suất nhỏ và trung bình (gần 1000MW) thường dùng một cấp điện áp tự dùng 380/220V và qua các máy biến áp có thứ cấp 400/230V với công suất không quá 1000 kVA. Trên hình 7.41 giới thiệu sơ đồ hệ thống tự dùng nhà máy thủy điện có 10 máy phát, công suất mỗi máy phát 82,5MW nối theo sơ đồ khối mở rộng hai máy phát – một máy biến áp tăng áp 200MVA, điện áp 330/13,8kV. Đặt năm máy biến áp tự dùng công suất mỗi máy 1000kVA, điện áp 13,8/0,400/0,230kV nối vào năm phân đoạn tự dùng 380/220V. Các phân đoạn này liên hệ với nhau qua áptômát.

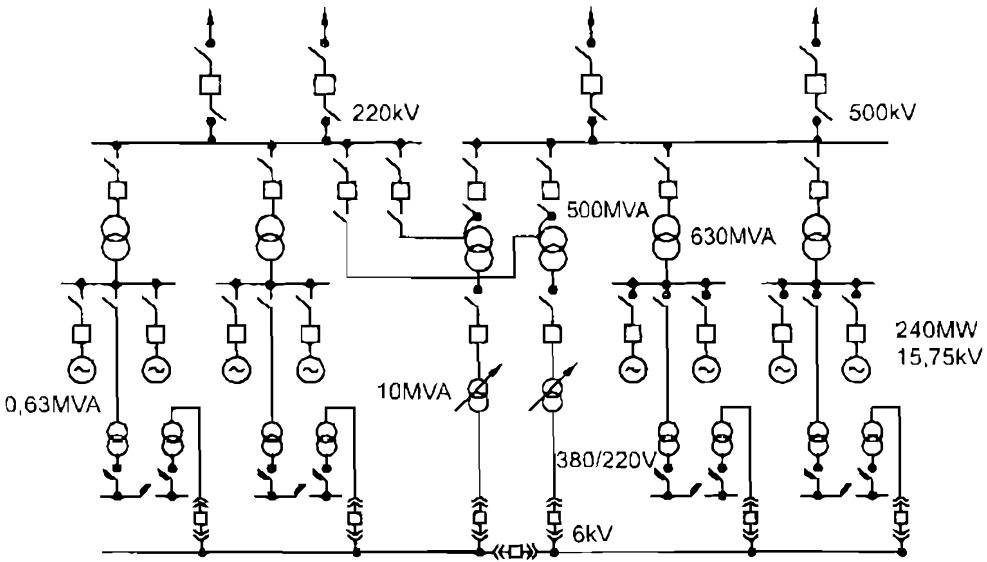


Hình 7.41. Sơ đồ nguyên lý hệ thống tự dùng nhà máy thủy điện công suất trung bình

Trong nhiều nhà máy thủy điện công suất rất lớn, hộ tiêu thụ cách xa nhà máy nếu dùng một cấp điện áp tự dùng 380/220V là không hợp lý về mặt kinh tế. Trường hợp này người ta dùng hai cấp điện áp tự dùng là 6 hoặc 10kV và 380/220V. Sơ đồ gồm các máy biến áp đặc biệt cung cấp cho các động cơ của máy phát thủy điện và máy biến áp cung cấp cho động cơ phục vụ chung. Máy biến áp cung cấp cho động cơ nối vào máy phát điện. Các máy biến áp còn lại đặt ở trung tâm hộ tiêu thụ, đôi khi ở cách xa nhà máy và nối vào lưới 6 – 10kV. Nguồn cung cấp cho lưới 6 – 10kV là hai máy biến áp dự trữ cho nhau công suất tương đối lớn, có thể nối vào máy phát điện hoặc cuộn dây hạ áp của máy biến áp tự ngẫu liên lạc hoặc từ lưới điện bên ngoài có điện áp phù hợp. Như vậy phần lớn công suất của hệ thống tự dùng được biến áp hai lần: qua máy biến áp bậc một đến điện áp 6kV và qua máy biến áp bậc hai đến điện áp 380/220V (đây là phần tự dùng chung của nhà máy). Phần công suất nhỏ hơn nhưng quan trọng và cần thiết cho tổ máy phát thủy điện làm việc được biến áp một lần đến điện áp 380/220V (phần tự dùng riêng cho từng tổ máy).

Trên hình 7.42 giới thiệu sơ đồ tự dùng nhà máy thủy điện lớn có 18 máy phát 240MW, nối hai máy phát với một máy biến áp tăng áp theo dạng sơ đồ khối, công suất máy biến áp là 630MVA. Hai khối nối vào thanh góp 220kV, các khối còn lại nối vào thanh góp 500kV (ở đây chỉ vẽ hai khối tượng trưng). Dùng hai máy biến áp tự ngẫu ba cuộn dây 500/220/35kV để liên lạc giữa hai cấp điện áp 500 và 220kV.





Hình 7.42. Sơ đồ nguyên lý hệ thống tự dùng nhà máy thủy điện công suất lớn

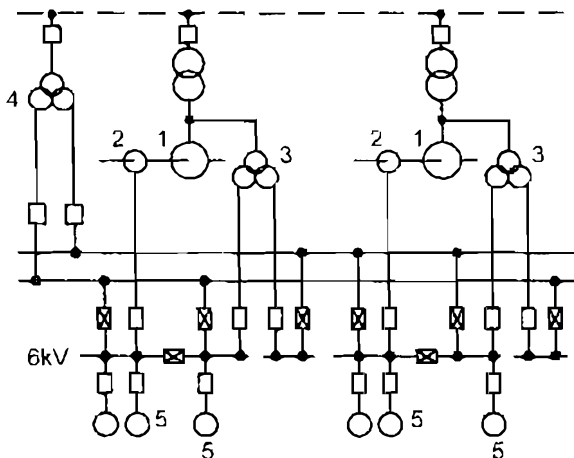
Để cung cấp cho hệ thống tự dùng, người ta đặt 10 máy biến áp làm việc 630kVA, điện áp 15,75/0,400/0,230kV cung cấp cho các động cơ của máy phát thủy điện, 10 máy biến áp dự trữ công suất tương đương, điện áp 6/0,400/0,230kV, hai máy biến áp 35/6kV công suất 10MVA nối vào cuộn dây thứ ba của máy biến áp tự ngẫu liên lạc. Các máy biến áp bậc hai phục vụ cho tự dùng chung và máy biến áp dự trữ của máy phát thủy điện được nối vào lưới 6kV.

## 7.11. HỆ THỐNG TỰ DÙNG CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN NGUYÊN TỬ

Cũng như các nhà máy nhiệt điện, nguồn cung cấp cho hệ thống tự dùng nhà máy điện nguyên tử là các máy phát và hệ thống điện. Nguồn độc lập lấy từ hệ thống có công suất lớn hơn so với nhà máy nhiệt điện nhằm đảm bảo dùng lò phản ứng và hệ thống phụ một cách chắc chắn khi mất nguồn điện chính. Tùy thuộc loại lò phản ứng mà dùng các trạm phát điện (đặt cùng trục với máy phát chính), máy phát diesel hay máy phát tuabin khí. Thành phần máy công tác và các hệ tiêu thụ khác của hệ thống tự dùng, công suất và yêu cầu độ tin cậy cung cấp điện cũng được xác định theo loại lò phản ứng cùng các thông số của nó. Với lò phản ứng nước - nước người ta chia ra bốn nhóm máy công tác như sau:

1. *Nhóm thứ nhất* gồm các phần tử không cho phép ngừng cung cấp điện lúc bình thường cũng như sự cố. Đó là hệ thống điều khiển và bảo vệ lò phản ứng, hệ thống kiểm tra định lượng, máy bơm dầu sự cố của

tuabin, thấp sáng sự cố, truyền động điện từ máy cắt v.v... Tổng công suất thiết bị của nhóm thứ nhất không lớn lắm. Nguồn cung cấp là điện xoay chiều 380/220V và điện một chiều nhận qua bộ biến đổi điện.



**Hình 7.43. Sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho động cơ bơm tuần hoàn chính có quán tính bé**

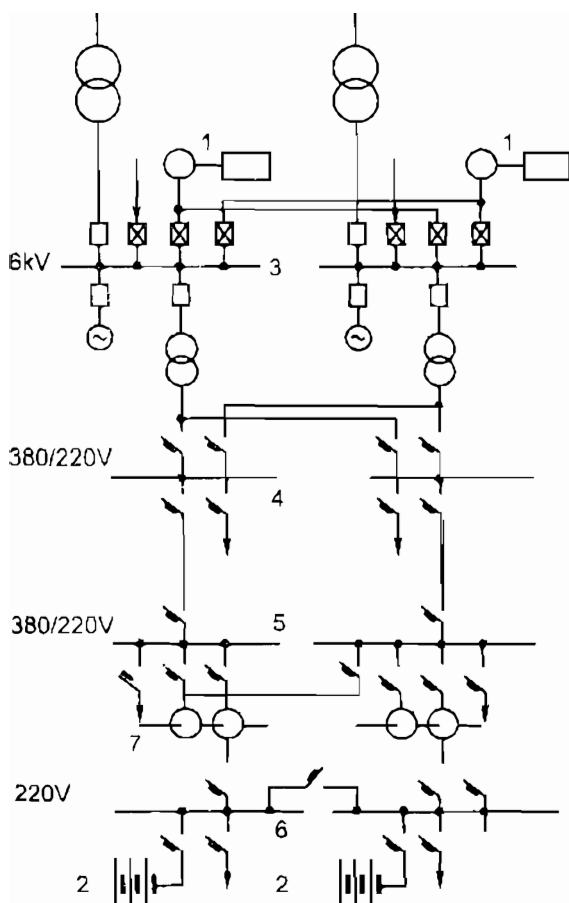
- 1- Máy phát chính; 2- Trạm phát điện; 3- Máy biến áp tự dòng làm việc;  
4- Máy biến áp dự trữ; 5- Các động cơ bơm tuần hoàn chính.

2. *Nhóm thứ hai* gồm các động cơ máy bơm của mạch vòng trung gian, bơm nước bổ sung, bơm nước cung cấp sự cố, bơm cứu hỏa, thấp sáng sự cố v.v... Bình thường, nguồn cung cấp cho nhóm thứ hai lấy qua máy biến áp tự dòng làm việc và dự trữ. Các máy phát diesel hoặc máy phát tuabin khi có công suất tương ứng sẽ làm việc khi mất nguồn chính. Thời gian khởi động tổ máy này và nhận phụ tải khoảng 2-3 phút và đó cũng là thời gian cho phép mất điện đối với thiết bị nhóm thứ hai.

3. *Nhóm thứ ba* gồm các động cơ bơm tuần hoàn chính, có công suất lớn và quan trọng nhất. Độ tin cậy cung cấp điện của nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố, đặc biệt là số lượng bơm và quán tính của nó. Người ta thường dùng sáu máy bơm có quán tính bé cho lò phản ứng nước-nước. Nếu cắt một hoặc hai động cơ sẽ dẫn đến giảm công suất làm việc của nhà máy một cách tương ứng. Với thời gian ngừng cung cấp điện không quá 0,7 - 0,8s lò phản ứng có thể duy trì làm việc. Nếu cắt ba hay nhiều động cơ hơn hoặc ngừng cung cấp điện quá 0,7 - 0,8s sẽ dẫn đến dừng lò phản ứng.

4. *Nhóm thứ tư* gồm những hệ tiêu thụ còn lại không có yêu cầu cao về độ tin cậy cung cấp điện.

Sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho các động cơ bơm tuần hoàn chính với lò phản ứng nước-nước của nhà máy điện nguyên tử như trên hình 7.43.



**Hình 7.44. Sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho hệ tiêu thụ nhóm thứ nhất và thứ hai của hệ thống tự dùng nhà máy điện nguyên tử**

- 1- Máy phát diesel; 2- Ác quy; 3- Thanh góp 6kV cung cấp cho nhóm thứ hai; 4- Thanh góp 380/220V cung cấp cho nhóm thứ hai; 5- Thanh góp 380/220V cung cấp cho nhóm thứ nhất; 6- Thanh góp dòng điện một chiều cung cấp cho nhóm thứ nhất; 7- Bộ biến đổi điện.

Những hộ tiêu thụ nhóm thứ nhất dòng xoay chiều và một chiều được nối vào phân đoạn thanh góp tương ứng 380/220V (5) và thanh góp 220V (6).

Nguồn cung cấp một chiều là hệ thống qua các máy biến áp và bộ biến đổi (7), ác quy (2). Trong điều kiện làm việc bình thường, nguồn cung cấp chỉ là hệ thống và bộ biến đổi điện (7), còn ác quy được nạp điện và sẵn sàng tiếp nhận phụ tải quan trọng nhất. Khi bất ngờ mất nguồn điện chính thì các máy phát diesel và bộ ác quy bắt đầu làm việc và bảo đảm liên tục cung cấp điện cho hộ tiêu thụ nhóm thứ nhất.

Nguồn cung cấp cho các động cơ được đảm bảo từ ba hướng độc lập là hệ thống điện (qua máy biến áp làm việc và dự trữ) và hai trạm phát điện 6MW. Sơ đồ cần xây dựng thế nào để giảm số máy bơm bị mất điện. Muốn vậy người ta phân bố các động cơ giữa ba nguồn cung cấp, do đó với sự cố bất kỳ, phân đoạn nào cũng chỉ dùng tối đa hai máy bơm và lò phản ứng vẫn duy trì làm việc.

Sơ đồ cung cấp điện cho nhóm thứ nhất và hai hệ thống tự dùng nhà máy điện nguyên tử biểu diễn hình 7.44.

Ở đây nguồn cung cấp là hệ thống (qua máy biến áp tương ứng), máy phát diesel 1 và ác quy 2. Những hộ tiêu thụ nhóm hai được nối vào các phân đoạn thanh góp 6kV (3) và thanh góp 380/220V (4), bình thường nguồn cung cấp được đảm bảo qua các máy biến áp tự dùng, còn trong chế độ sự cố, nguồn cung cấp là máy phát diesel.

## 7.12. CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ KHÁNG ĐIỆN TỰ DÙNG

### 7.12.1. Chọn máy biến áp bậc một

Công suất định mức của các máy biến áp bậc một phải phù hợp với phụ tải cực đại trên hệ thống thanh góp tự dùng gồm các động cơ 6kV, động cơ 380V và những hộ tiêu thụ khác nối qua máy biến áp bậc hai. Phụ tải của hệ thống tự dùng được phân phối đều giữa các phân đoạn. Mỗi phân đoạn có phụ tải tương ứng với máy phát và phần phụ tải chung (nếu không có phân đoạn đặc biệt). Công suất định mức của máy biến áp công tác bậc một có thể xác định gần đúng từ biểu thức sau:

$$S_1 \geq \Sigma P_1 \frac{K_1}{\eta_1 \cos \varphi_1} + \Sigma S_2 K_2 \quad (7.9)$$

Trong đó:

$S_1$  – công suất định mức của máy biến áp công tác bậc một, kVA;

$\Sigma P_1$  – tổng công suất tính toán của các máy công tác với động cơ 6kV nối vào phân đoạn xét, kW;

$K_1$  – hệ số đồng thời;

$\eta_1$  và  $\cos \varphi_1$  – hiệu suất và hệ số công suất trung bình của động cơ 6kV;

$\Sigma S_2$  – tổng công suất định mức của máy biến áp bậc hai nối vào phân đoạn xét;

$K_2$  – hệ số đồng thời của nhóm máy biến áp bậc hai.

Tỷ số  $K_1/\eta_1 \cos \varphi_1$  thường lấy bằng 0,9. Hệ số đồng thời  $K_2$  cũng lấy gần đúng bằng 0,9, do đó biểu thức (7.9) có thể viết lại dưới dạng sau:

$$S_1 \geq (\Sigma P_1 + \Sigma S_2) \cdot 0,9 \quad (7.10)$$

Nhận thấy rằng, trong biểu thức (7.9), (7.10) không chứa công suất định mức các động cơ, còn công suất tính toán thì phù hợp với máy công tác. Điều này rất thuận lợi vì ở giai đoạn đầu thiết kế người ta chưa biết loại động cơ và công suất định mức của chúng. Cần chú ý hạn chế dòng ngắn mạch để giảm giá thành thiết bị phân phối và lưới cáp. Nhưng hạn chế dòng ngắn mạch bằng cách tăng điện kháng tương đối của máy biến áp quá 8 – 10% là không hợp lý vì nó sẽ làm xấu điều kiện tự khởi động của các động cơ. Vì vậy, người ta có thể dùng biện pháp khác như dùng máy biến áp có cuộn dày phân chia điện áp thấp.

Nếu phải đặt kháng điện thay cho máy biến áp bậc một thì kháng điện được chọn theo dòng điện cực đại đi qua nó.

## 7.12.2. Chọn máy biến áp bậc hai

Máy biến áp bậc hai có nhiệm vụ cung cấp cho động cơ 380/220V và thấp sáng. Trạm biến áp này đặt ở các tâm phụ tải như gian máy, gian lò của tòa nhà chính nhà máy điện, kho than, trong tòa nhà của băng điều khiển chính v.v... Nếu phụ tải không lớn người ta đặt một máy biến áp, với trạm có phụ tải lớn cần phải đặt hai máy biến áp. Máy biến áp công suất 630 và 1000kVA được dùng phổ biến hơn. Máy biến áp công suất lớn hơn không được sử dụng vì khi đó dòng ngắn mạch phía 380V và vốn đầu tư cho khí cụ điện ở lưới điện áp này sẽ tăng lên. Với năm, sáu máy biến áp làm việc người ta đặt một máy biến áp dự trữ nguội.

Thanh góp 380/220V được phân đoạn để hạn chế dòng ngắn mạch và nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Nguồn cung cấp điện cho các phân đoạn là máy biến áp làm việc và dự trữ. Động cơ công suất lớn hơn 55kW nối vào thanh góp trạm biến áp qua áp tô mát. Các động cơ công suất bé hơn nối thành nhóm được cung cấp theo hai đường dây lấy từ hai phân đoạn.

Công suất định mức của máy biến áp làm việc bậc hai có thể xác định từ biểu thức sau:

$$S_2 \geq \Sigma P_2 \frac{K}{\eta_2 \cos \varphi_2} \quad (7.11)$$

Trong đó:

$\Sigma P_2$  – tổng công suất tính toán của máy làm việc với động cơ 380V nối đến máy biến áp làm việc và phụ tải của các hộ tiêu thụ khác, kW;

K – hệ số đồng thời;

$\eta_2$  và  $\cos \varphi_2$  – hiệu suất và hệ số công suất trung bình của động cơ 380V.

Tỷ số  $K/\eta_2 \cos \varphi_2$  trong điều kiện làm việc bình thường nằm trong giới hạn từ 0,35 đến 0,85 phụ thuộc vào nhiệm vụ của động cơ và điều kiện làm việc của chúng.

## 7.13. TỰ KHỞI ĐỘNG CỦA CÁC ĐỘNG CƠ TỰ DÙNG

Giảm điện áp (thậm chí đến không) do ngắn mạch hoặc các nguyên nhân khác đều dẫn đến giảm tần số quay hoặc ngừng động cơ. Trong điều kiện ấy các động cơ máy công tác quan trọng không được tự động cắt khỏi lưới điện và sau khi loại trừ nguyên nhân gây sự cố thì đồng thời xảy ra quá trình tự khởi động của các động cơ. Vấn đề tự khởi động động cơ của hệ thống tự dùng nhà máy điện có ý nghĩa quan trọng và xem như biện pháp loại trừ gián đoạn làm việc lâu dài của máy công tác quan trọng. Thời gian quá trình tự khởi động của động cơ phụ thuộc thời gian

ngừng cung cấp điện. thông số máy biến áp cung cấp, tổng công suất các động cơ không cắt và phụ tải của chúng, đặc tính cơ của máy công tác, vị trí thiết bị điều chỉnh và những yếu tố khác.

Đối với động cơ của hệ thống tự dùng nhà máy nhiệt điện áp lực trung bình, thời gian cho phép của quá trình tự khởi động khoảng 30 – 35s. Với nhà máy áp lực cao, thời gian này khoảng 15 – 30s vì các lò hơi áp lực cao không cho phép gián đoạn cung cấp nước. Quá trình chạy theo đà của động cơ phụ thuộc vào nguyên nhân phá hoại cung cấp điện. Trường hợp cắt nguồn cung cấp (máy biến áp làm việc) khởi thanh góp thì quá trình tiến triển khác so với khi ngắn mạch trên thanh góp hoặc ở gần đó.

Ảnh hưởng quan trọng nhất trong quá trình tự khởi động là việc nối đến thanh góp các động cơ đồng bộ. Trong thời gian chạy theo đà các động cơ đồng bộ phát ra công suất phản kháng làm cho điện áp dư trên thanh cái giảm chậm hơn. Mức độ ảnh hưởng của động cơ đồng bộ đến thay đổi tần số quay của các động cơ khác trong thời gian chạy theo đà phụ thuộc vào phụ tải của chúng và đặc tính cơ của máy công tác. Khả năng tự khởi động và thời gian quá trình khởi động động cơ được xác định bằng thời gian ngừng cung cấp điện. Người ta không mong muốn thời gian ngừng cung cấp điện lâu dài đối với động cơ đồng bộ. Qua nghiên cứu thấy rằng, nếu thời gian gián đoạn không quá 0,5s thì sau khi phục hồi, nguồn điện các động cơ đồng bộ vẫn còn đồng bộ. Nếu thời gian ngừng cung cấp điện lâu hơn các động cơ đồng bộ có thể chuyển sang chế độ không đồng bộ. Muốn trở lại đồng bộ cần phải thực hiện những biện pháp phụ như đưa vào mạch cuộn dây kích thích điện trở phóng điện hay giảm tải của động cơ điện.

Tính toán chính xác quá trình khởi động của động cơ yêu cầu giải đồng thời các phương trình vi phân cơ điện và quá trình quá độ, điện từ với số phương trình vượt quá số lượng động cơ tham gia tự khởi động. Việc tính toán như vậy chỉ có thể thực hiện được nhờ máy tính điện tử.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 7.1. Nêu ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của sơ đồ một hệ thống thanh góp.
- 7.2. Trình bày chế độ vận hành của sơ đồ hai hệ thống thanh góp và ưu, nhược điểm của nó.
- 7.3. Nêu ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của sơ đồ hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng. Trình tự thao tác khi đưa một máy cắt điện của một mạch bất kỳ ra sửa chữa và khôi phục lại sau khi sửa chữa xong.
- 7.4. Cho biết ưu, nhược điểm của sơ đồ một rưỡi.
- 7.5. Ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của các sơ đồ cấu trúc như thế nào?
- 7.6. Nêu điều kiện chọn máy biến áp tự dùng cấp một, cấp hai.

# THIẾT BỊ PHÂN PHỐI ĐIỆN

## 8.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Thiết bị phân phối điện (TBPP) là nơi tiếp nhận các nguồn điện năng đến và phân phối điện năng đi tới các hộ tiêu thụ. TBPP điện bao gồm các máy cắt điện, dao cách ly, máy biến dòng điện, máy biến điện áp, thiết bị chống sét truyền vào máy biến áp, dao nối đất, thanh góp. Trong đó, máy cắt điện là một trong những phần tử quan trọng nhất, nó có nhiệm vụ đóng, cắt các mạch đường dây khi làm việc bình thường nhằm thay đổi phương thức vận hành hoặc cắt bỏ các phần tử sự cố ra khỏi lưới điện. Mặt khác, giá thành máy cắt điện cũng là đắt nhất.

Về mặt phân loại TBPP có nhiều cách:

– Phân theo vị trí đặt: Chia ra hai loại, đó là TBPP đặt ngoài trời và TBPP đặt trong nhà. TBPP đặt ngoài trời còn gọi là TBPP kiểu hở, TBPP đặt trong nhà gọi là TBPP kiểu kín.

– Phân theo cách điện trong TBPP cũng chia làm hai loại, đó là TBPP có cách điện bằng không khí và TBPP dùng cách điện bằng khí SF<sub>6</sub>.

1. *TBPP đặt ngoài trời* thì chịu tác động trực tiếp hàng ngày của thời tiết như mưa, nắng, gió, bão, tuyết, độ ẩm ướt, bụi... Các yếu tố này đều có ảnh hưởng đến tình trạng làm việc của thiết bị và tất nhiên đều có ảnh hưởng đến tuổi thọ của thiết bị. Thông thường, với điện áp  $U \geq 35kV$  người ta thường xây dựng TBPP ngoài trời như vậy đỡ tốn kém hơn, thời gian xây dựng nhanh hơn, có thể tăng khoảng cách cách điện giữa phần tử mang điện, đảm bảo mức độ an toàn cao hơn. Tuy nhiên, việc xây dựng TBPP ngoài trời đòi hỏi tốn nhiều diện tích mặt bằng hơn.

2. *Thiết bị phân phối điện trong nhà*. Thường áp dụng với điện áp  $U \leq 22kV$ , như vậy các thiết bị ít chịu tác động của yếu tố thời tiết. Mặt khác, phải xây dựng nhà để lắp đặt các thiết bị nên tốn kém hơn. Ở cấp điện áp này các thiết bị thường được chế tạo kiểu hợp bộ để thuận tiện cho việc lắp đặt, vận hành. Trường hợp đặc biệt đối với các TBPP đặt ở vùng ven biển có hơi muối mặn hay vùng công nghiệp có bụi hóa học ăn mòn thì phải xây dựng TBPP trong nhà, ngay ở cấp điện áp cao như 35kV, 110kV và 220kV. Tất nhiên, trường hợp này đòi hỏi vốn đầu tư lớn.

### 3. Khoảng cách cho phép tối thiểu trong các TBPP

Việc quy định các khoảng cách cho phép tối thiểu trong TBPP phải dựa vào điện áp phóng điện trong không khí. Với điện áp  $U \leq 220\text{kV}$  thì dựa vào điện áp phóng điện xung kích làm tiêu chuẩn quyết định khoảng cách cho phép tối thiểu. Với điện áp  $U \geq 330\text{kV}$  thì dựa vào điện áp xung đóng mở.

Khoảng cách cho phép tối thiểu đối với các TBPP trong nhà và ngoài trời cho trong các bảng 8.1, 8.2, 8.3; cùng với các bản vẽ trên hình 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9 và 8.10, 8.11.

**Bảng 8.1. Khoảng cách cho phép nhỏ nhất đối với thiết bị phân phối trong nhà**

Thiết bị phân phối trong nhà: Khoảng cách (xem hình 8-1)	Khoảng cách điện nhỏ nhất trong không khí, mm ứng với điện áp định mức, kV							
	3	6	10	20	35	110	150	220
– Từ vật dẫn điện đến các cấu trúc và các bộ phận của tòa nhà $A_{\phi-3}$	65	90	120	180	290	700	1100	1700
– Giữa các dây dẫn khác pha $A_{\phi-\phi}$	70	100	130	200	320	800	1200	1800
– Từ vật dẫn điện đến vật chắn kín C.	95	120	150	210	320	730	1130	1730
– Từ vật dẫn điện đến vật chắn bằng lưới B.	165	190	220	280	390	800	1200	1800
– Giữa các vật diện không có vật chắn của các mạch khác nhau, khi thao tác một mạch không cắt mạch khác, không có vật chắn tạm thời H.	2000	2000	2000	2200	2200	2900	3300	3800
– Từ vật dẫn điện không có vật chắn đến mặt nền nhà lối đi, khi không yêu cầu đặt vật chắn bảo vệ K.	2500	2500	2500	2700	2700	3400	3700	4200
– Từ đầu dây ra không có vật che chắn của nhà phân phối đến mặt đất của thiết bị phân phối ngoài trời khi không có đường giao thông đi qua E.	4500	4500	4500	4750	4750	5500	6000	6500

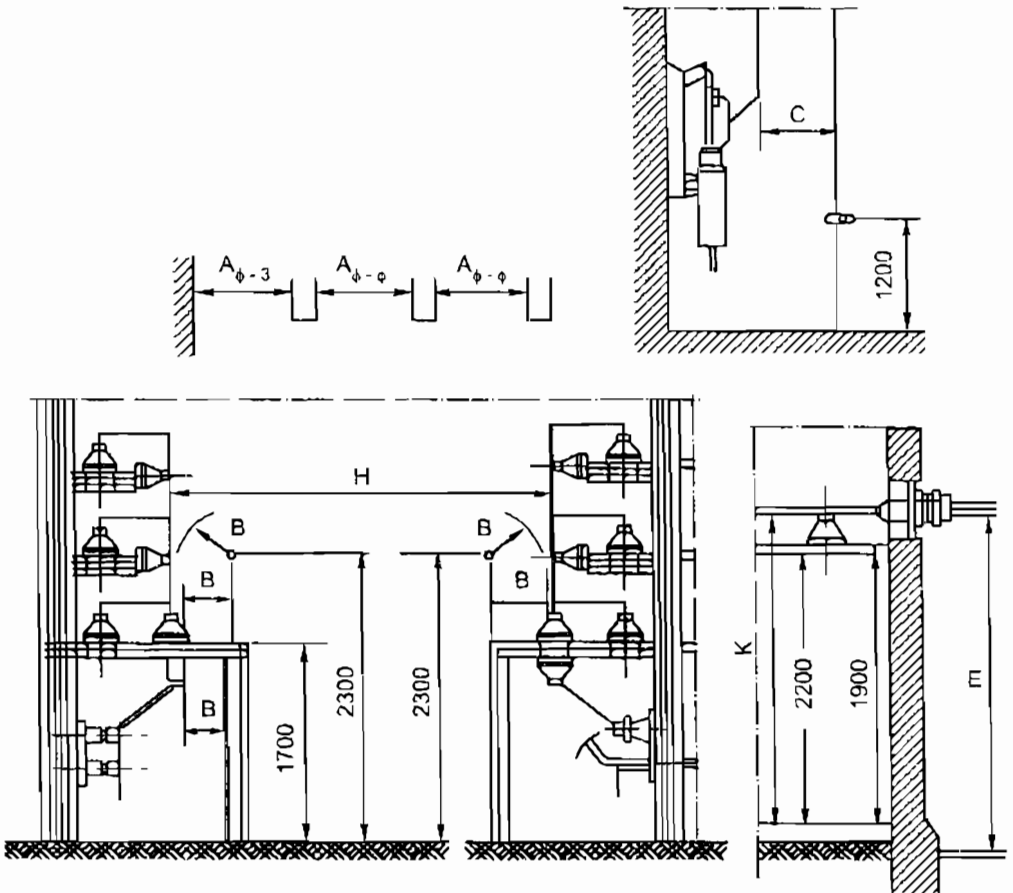


**Bảng 8.2. Khoảng cách cho phép nhỏ nhất  
đối với thiết bị phân phối ngoài trời**

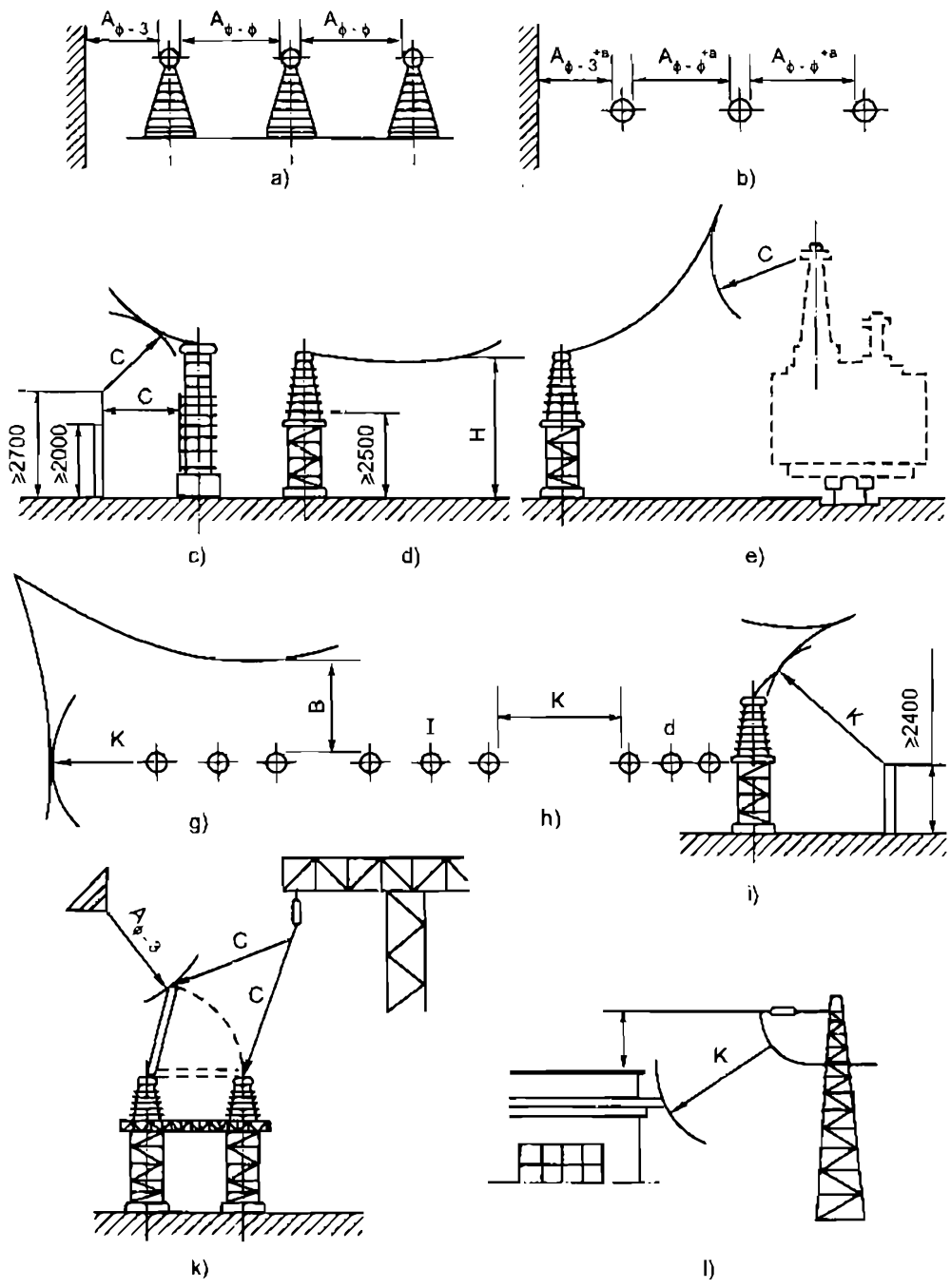
Thiết bị phân phối ngoài trời: Khoảng cách (xem hình 8.2)	Khoảng cách điện nhỏ nhất trong không khí, mm ứng với điện áp định mức, kV							
	Dưới 10	20	35	110	150	220	330	500
- Từ vật dẫn điện đến cấu trúc nối đất $A_{\phi-3}$	200	300	400	900	1300	1800	2500	3750
- Giữa các dây pha khác nhau $A_{\phi-\phi}$	220	330	440	1000	1400	2000	2800	4200
- Từ vật dẫn điện và không nối đất đến vật chắn bên trong cổ định, đến kích thước của thiết bị được chuyên chở, từ đầu tiếp xúc của dao cách ly đến vật dẫn điện C.	950	1050	1150	1650	2050	2550	3250	4500
- Giữa những phần dẫn điện của các mạch khác nhau trong các mặt phẳng khác nhau, khi thao tác mạch dưới và không cắt điện mạch trên B.	950	1050	1150	1650	2050	3000	4000	5000
- Từ những phần dẫn điện không có vật chắn đến mặt đất hoặc mái nhà khi độ võng của dây dẫn lớn nhất H.	2900	3000	3100	3600	4000	4500	5200	6450
- Giữa các phần dẫn điện của các mạch khác nhau trong các mặt phẳng khác nhau, cũng như giữa các phần dẫn điện của các mạch khác nhau theo chiều ngang khi thao tác một mạch và mạch khác vẫn có điện; từ những phần dẫn điện đến đầu trên của hàng rào ngoài; giữa các phần dẫn điện và tòa nhà hay cấu trúc nào đấy K.	2200	2300	2400	2900	3300	3800	4500	5750

Bảng 8.3

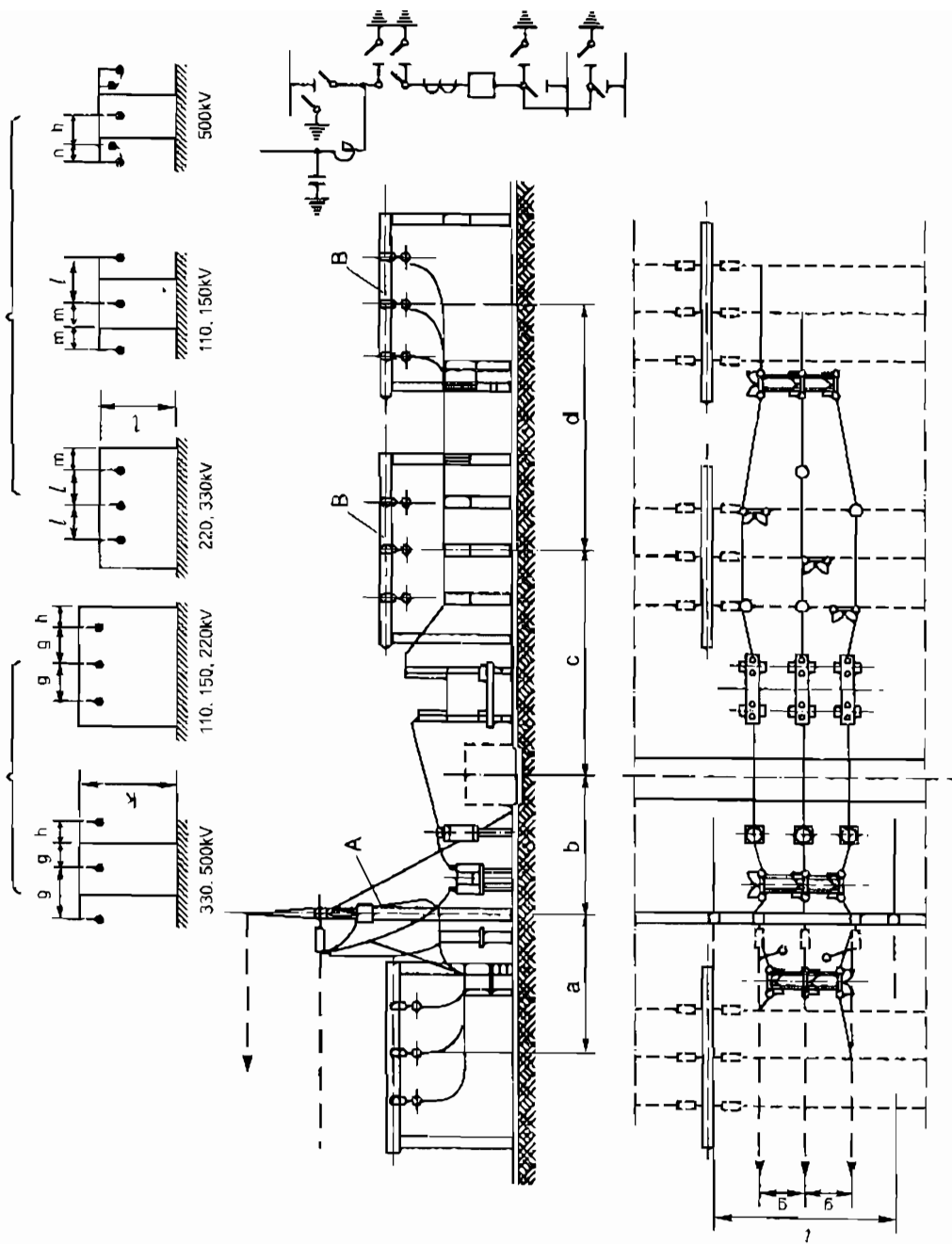
	Kích thước (m) ứng với điện áp (kV)						Kích thước (m) ứng với điện áp (kV)				
	110	150	220	330	500		110	150	220	330	500
a	8,0	11,5	11,75	18,0	29,0	h	2,0	2,55	3,7	4,0	5,5
b	9,0	9,5	12,0	19,6	26,8	i	7,5	8,0	11,0	11,0	14,5
c	12,5	15,0	18,25	20,4	29,0	k	11,0	13,0	16,5	16,5	23,6
d	10,5	16,0	20,5	31,5	45,0	l	3,0	4,25	4,0	4,5	6,0
e	9,0	11,1	15,4	22,0	31,0	m	1,5	2,13	3,25	3,5	—
g	2,5	3,0	4,0	8,0	11,0	n	—	—	—	—	5,0



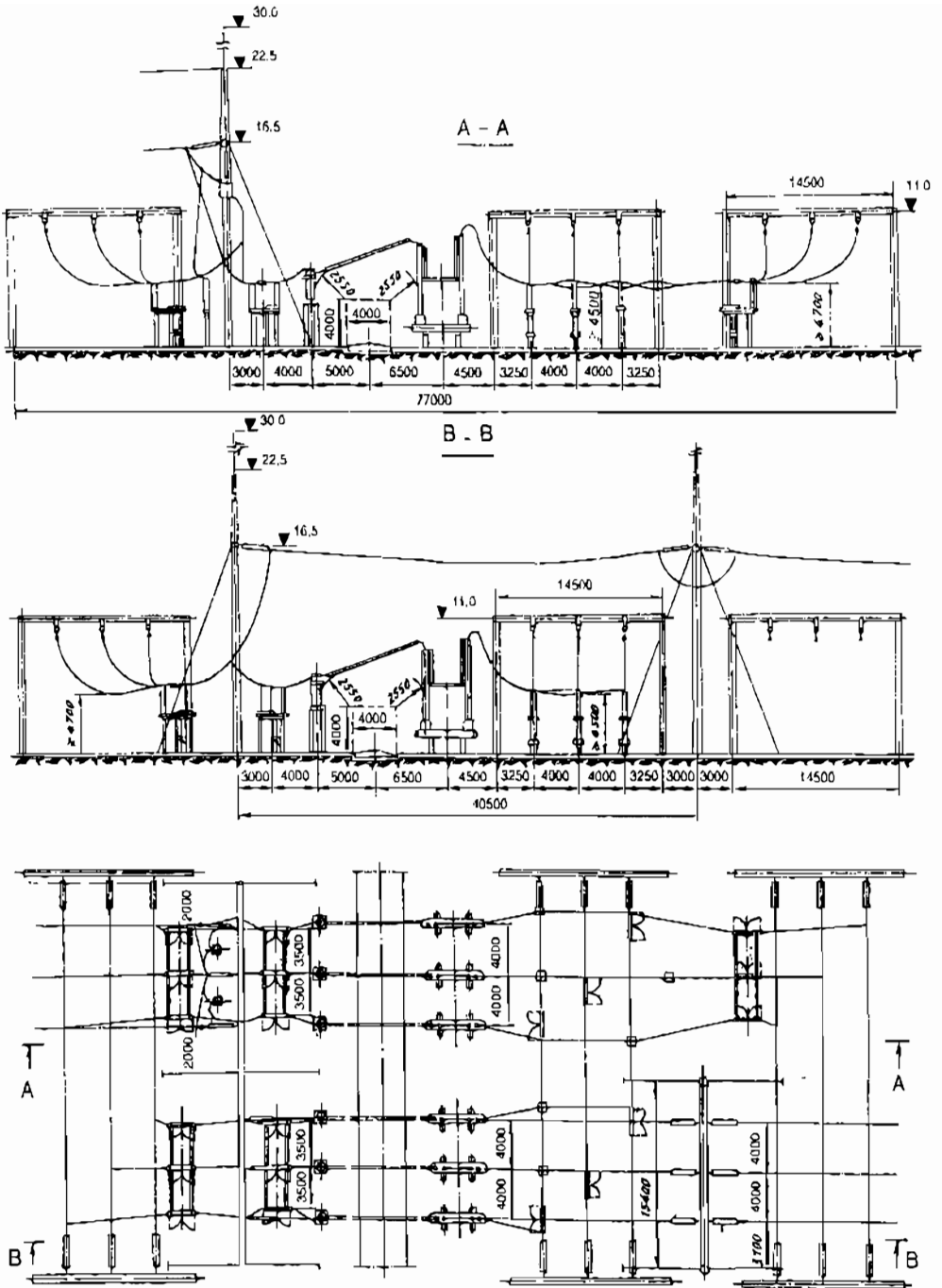
Hình 8.1



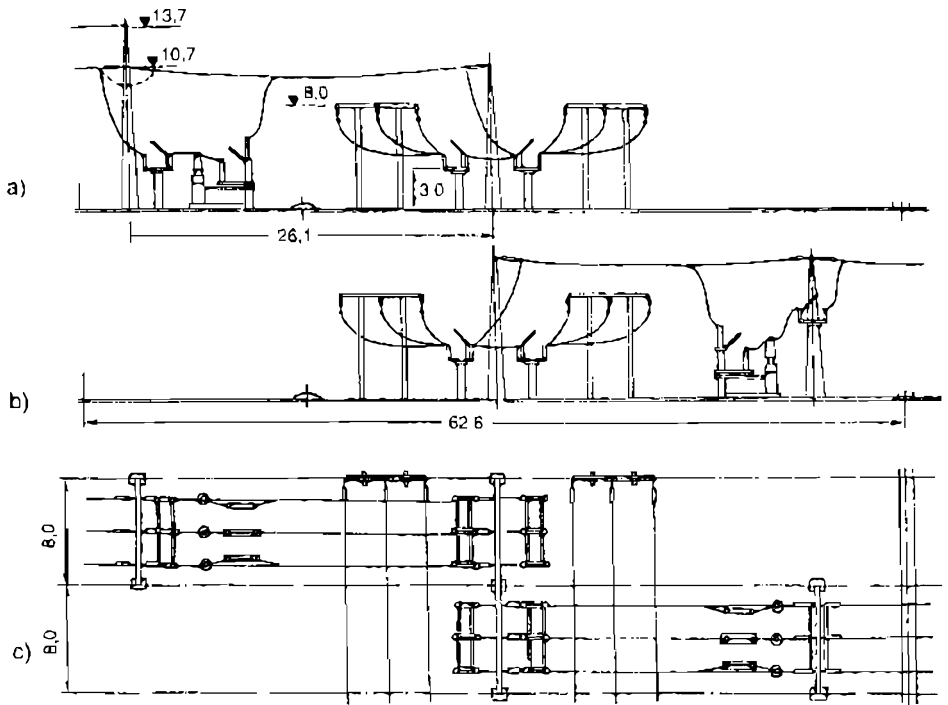
Hình 8.2



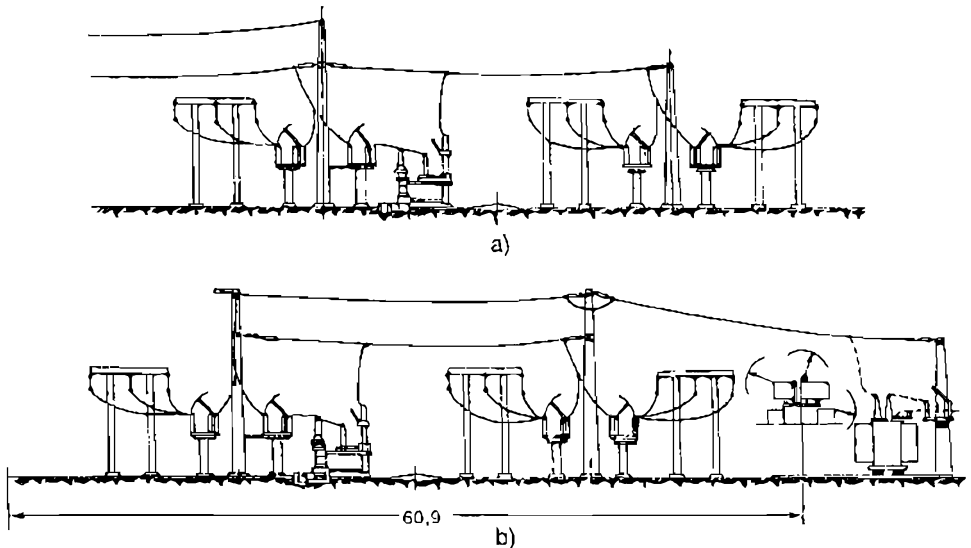
Hình 8.3. Kích thước mặt bằng của thiết bị phân phối 110 – 500kV dùng cột bê tông cốt thép đối với sơ đồ hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng



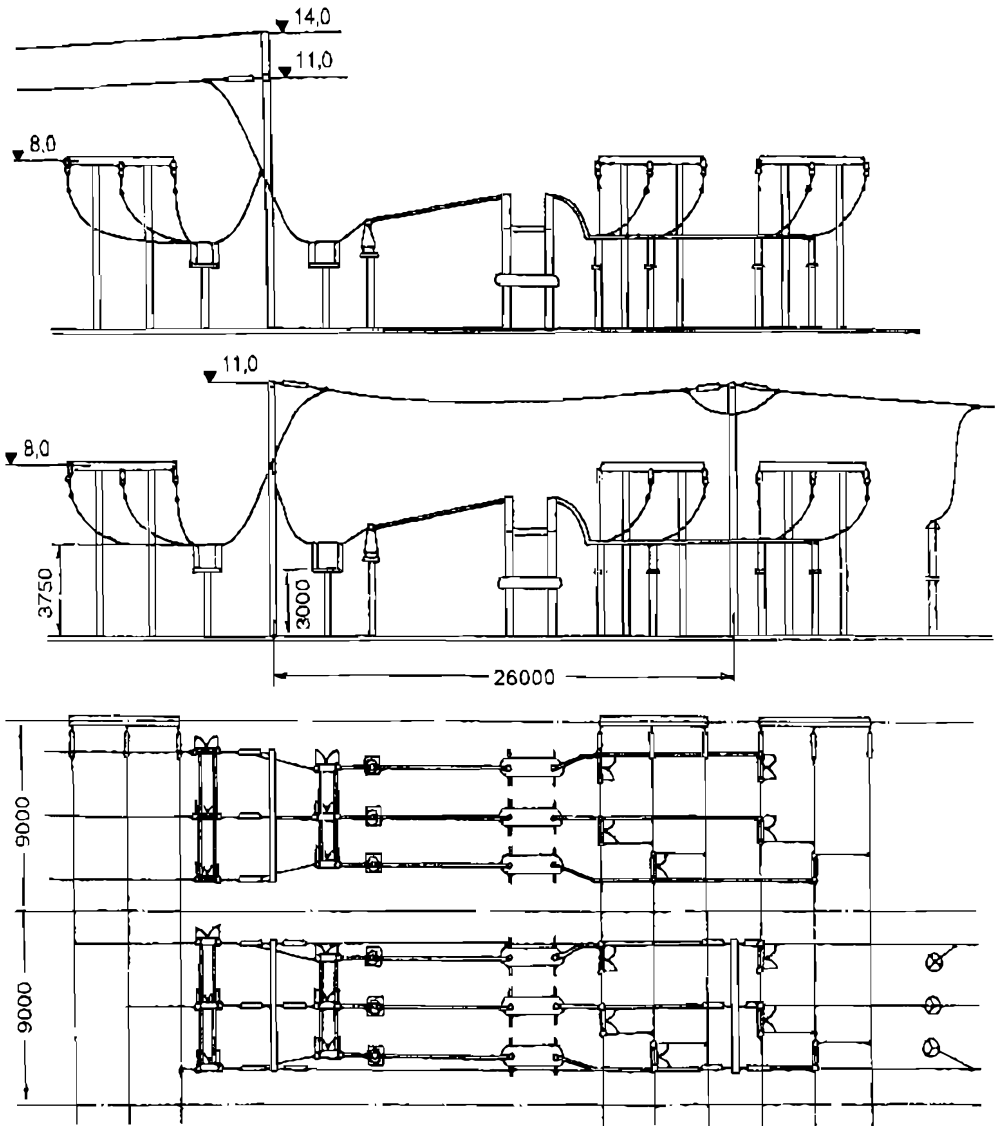
Hình 8.4. Mặt cắt mặt bằng mạch đường dây và máy biến áp của thiết bị phân phối ngoài trời 220kV



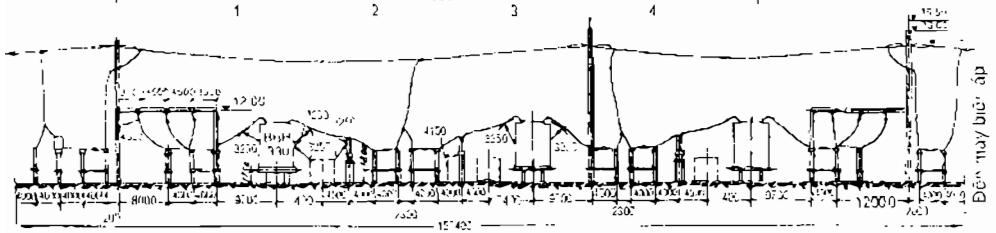
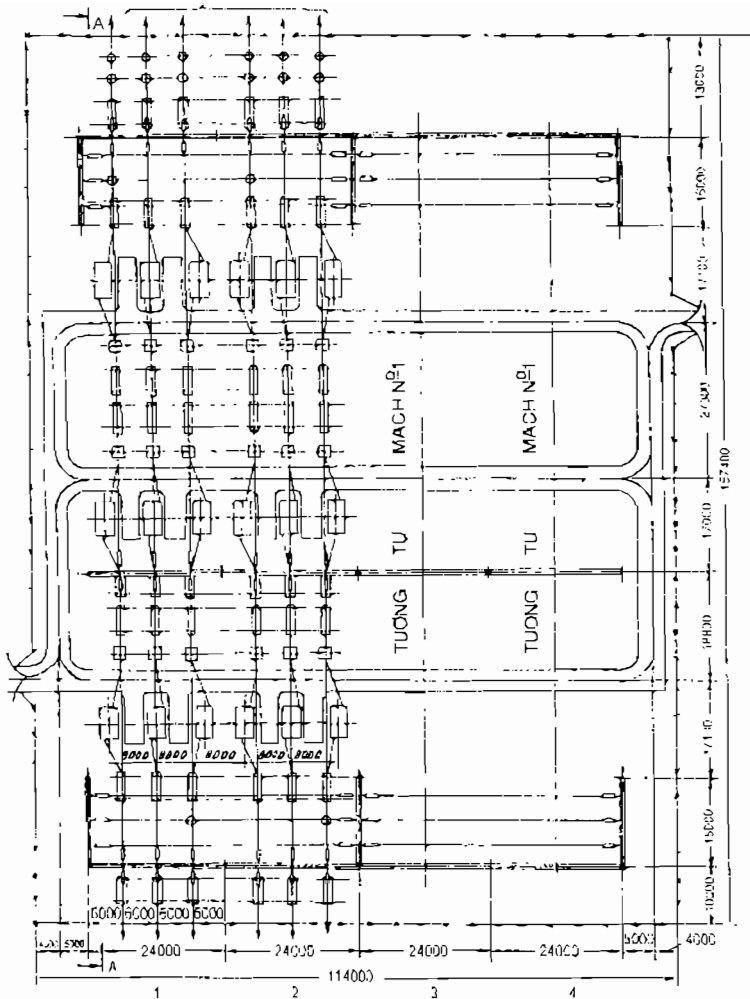
**Hình 8.5. Thiết bị phân phối ngoài trời 110kV, máy cắt điện đặt thành hai dãy**  
 a) Mạch đường dây; b) Mạch máy biến áp điện lực; c) Mặt bằng TBPP.



**Hình 8.6. Thiết bị phân phối ngoài trời 110kV, máy cắt điện đặt một dãy**  
 (hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng)  
 a) Mạch đường dây; b) Mạch máy biến áp điện lực.

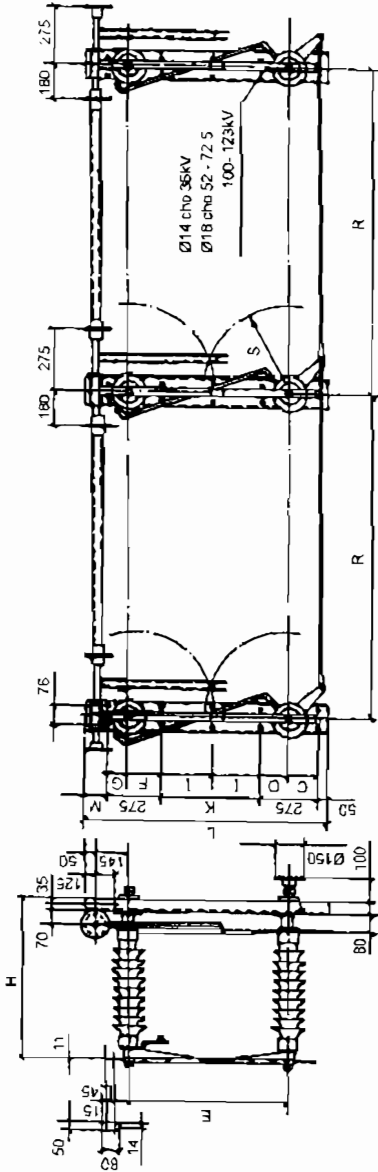


**Hình 8.7. Thiết bị phân phối ngoài trời 110kV, cực dao cách ly thanh góp đặt song song với thanh góp (hai hệ thống thanh góp có thanh góp đường vòng)**

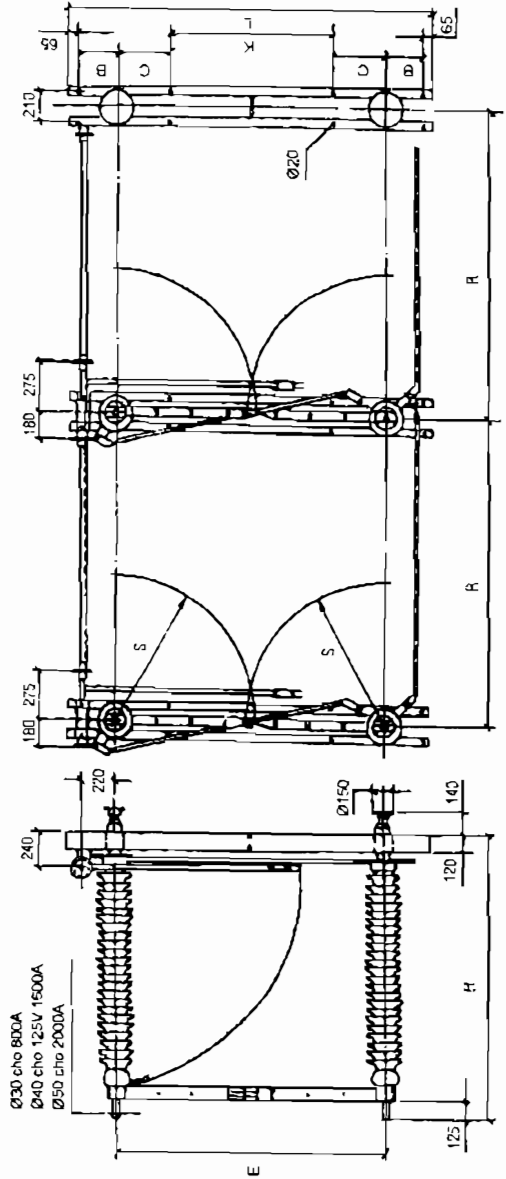


Hình 8.8. Mặt bằng và mặt cắt thiết bị phân phối 330kV với sơ đồ ba máy cắt điện trên hai mạch (sơ đồ một rưỡi)



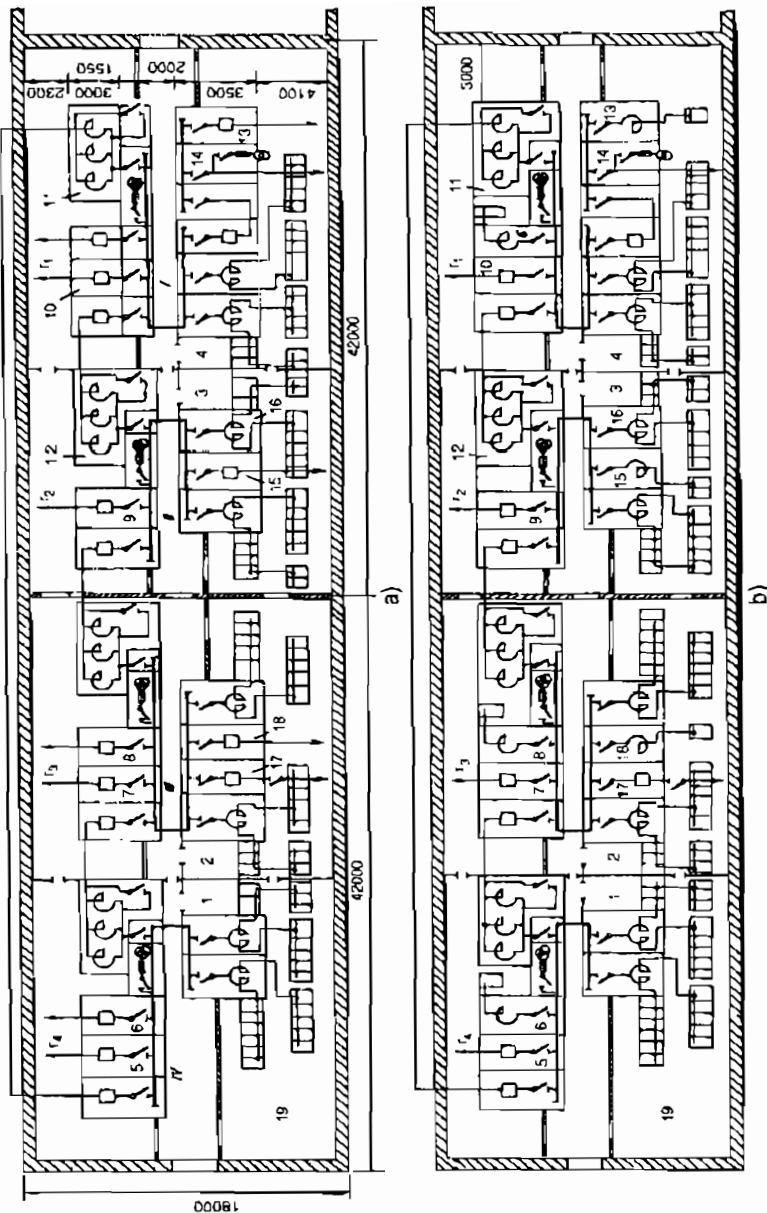


Kích thước của dao cách ly loại SGCP, điện áp từ 36 đến 123kV



Kích thước của dao cách ly loại SGC, điện áp từ 145 đến 245kV

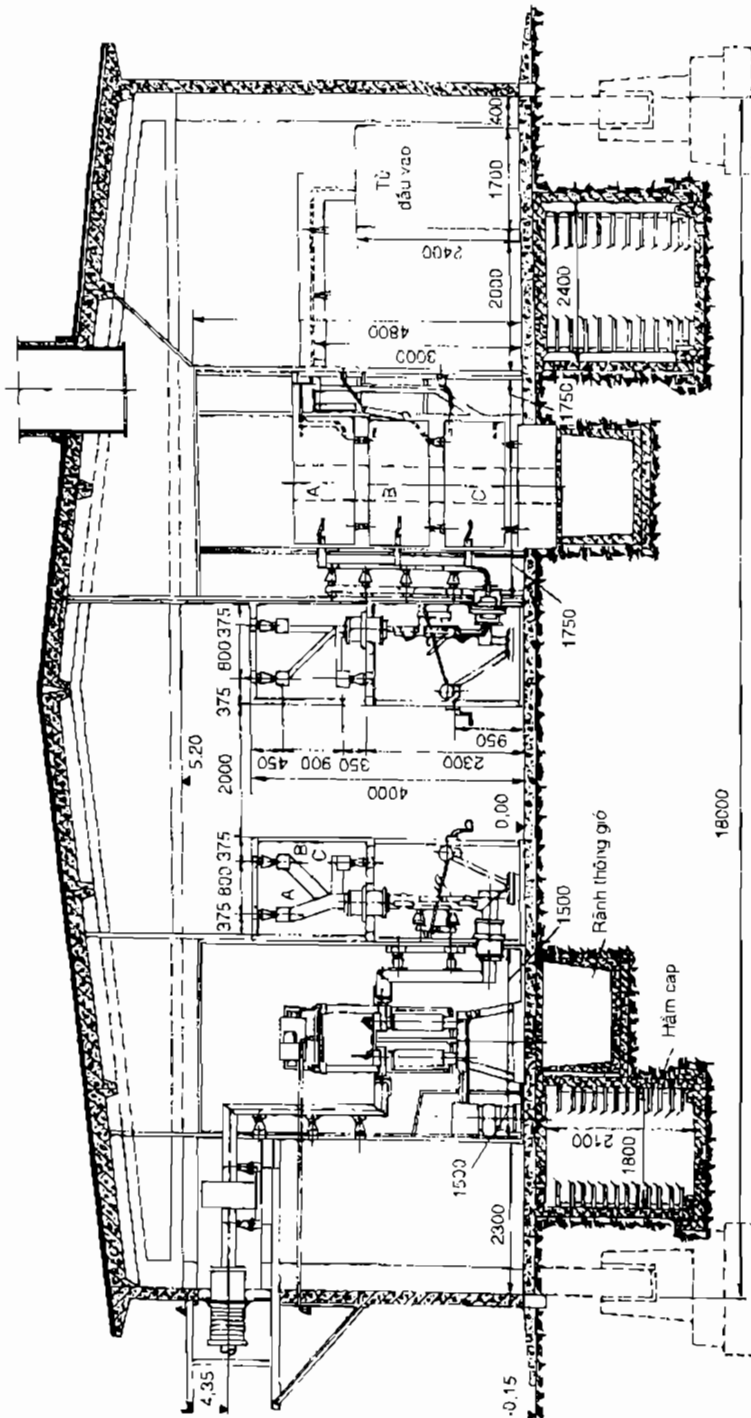
Hình 8.9. Dao cách ly đặt ngoài trời



**Hình 8.10. Mặt bằng nhà phân phối 6–10kV với một hệ thống thanh góp**

a) Điện áp 6kV; b) Điện áp 10kV.

1– Buồng thông gió của phân đoạn IV; 2– Buồng thông gió phân đoạn I; 5– Máy cắt điện của máy phát số 4; 6– Máy cắt (kháng điện) của MBA tự dùng số 4; 7– Máy cắt của máy phát số 3; 8– Máy cắt của MBA tự dùng số 3; 9– Máy cắt của máy phát số 2; 10– Máy cắt của máy phát số 1; 11– Kháng điện phân đoạn I–IV; 12– Kháng điện phân đoạn I–II; 13– Máy cắt (kháng điện) của MBA tự dùng dự trữ; 14– Đến MBA liên lạc số 1; 15– Máy cắt (kháng điện) của MBA tự dùng số 2; 16– Kháng điện nhóm của phân đoạn II; 17– Đến MBA liên lạc số 2.



Hình 8.11. Mặt cắt ngang nhà phân phối 6-10kV với một hệ thống thanh góp

## 8.2. THIẾT BỊ PHÂN PHỐI ĐIỆN KÍN Ở ĐIỆN ÁP CAO VÀ SIÊU CAO

Đối tượng đầu tiên của người vận hành lưới điện là phải cung cấp năng lượng điện theo yêu cầu của các hộ tiêu thụ trong tất cả các trường hợp. Muốn vậy người vận hành phải thay đổi cấu trúc của lưới điện như việc đóng, cắt các máy phát điện, máy biến áp, đường dây tải điện hay các phần tử điện khác. Các thao tác này được thực hiện nhờ các máy cắt điện. Sự phát triển những phương thức sản xuất và truyền tải điện năng đi xa đã đặt ra một vấn đề là phải nhanh chóng cải tiến các thiết bị điện. Vào những năm 60 và 70 của cuối thế kỷ XX đã xảy ra hai sự kiện biến đổi cơ bản tạo nên sự thay đổi sâu sắc về các thiết bị điện và việc ứng dụng chúng. Đó là kỹ thuật cắt mạch (dập tắt hồ quang điện) trong máy cắt điện nhờ khí SF<sub>6</sub> và việc chế tạo các trạm TBPP kiểu kín.

Ở nước Pháp năm 1966 ngành điện lực Pháp (EDF) đã đặt ở trạm biến áp Plessir – Gassot gần Paris các nhà thử nghiệm đầu tiên bằng vật liệu bọc kín với điện áp 245kV. Vào năm 1969 có hai trạm TBPP kín đầu tiên thực hiện ở điện áp 245kV. Đó là trạm ở Vaise thành phố Lyon (Pháp) và trạm Perect ở Paris. Tiếp theo đó người ta dùng các trạm kín với điện áp 72, 100, 245 và 420kV. Ở các nước khác trên thế giới loại trạm kín cũng phát triển với tốc độ rất nhanh, số lượng trạm rất lớn (hơn 500 trạm). Ví dụ: trạm kín 245kV ở Sewoko (Singapore), trạm kín ở Cockerill (Belgique) và trạm kín Bocaya (Venezuela)...

Việc xây dựng các trạm kín phát triển mạnh là do những nguyên nhân sau:

- Kích thước trạm nhỏ hơn so với trạm TBPP kiểu hở.
- Bảo quản tốt trong các điều kiện khí hậu và những nơi ô nhiễm.
- Khả năng an toàn cao đối với nhân viên vận hành.
- Bảo quản tốt đối với sự chấn động của Trái Đất.
- Giá thành toàn bộ chỉ xấp xỉ với giá thành trạm hở truyền thống.

### 8.2.1. Kích thước trạm được giảm nhỏ

Việc truyền tải điện năng ở cấp điện áp cao đến các hộ tiêu thụ, nhất là các vùng đô thị hóa, thì sử dụng trạm kín là rất thích hợp. Trong hơn nửa thế kỷ lại đây người ta đã dẫn điện năng đi sâu vào các thành phố ở cấp điện áp 22kV, đôi khi còn dùng cấp điện áp 60kV hay 100kV. Ngày nay người ta còn thực hiện các trạm kín ở các đô thị với điện áp 245kV và còn dự kiến sẽ dùng cho cấp điện áp 420kV. Chất điện môi có thể là không khí

hay khí nén. Tuy nhiên, quá trình nghiên cứu thử nghiệm cho thấy rằng, dùng chất khí SF<sub>6</sub> là tốt nhất vì nó kinh tế hơn và dễ thực hiện hơn.

So với trạm hở, các trạm kín dùng khí SF<sub>6</sub> sẽ giảm kích thước mặt bằng xây dựng trạm. Điều này có ý nghĩa quan trọng, nhất là các trạm xây dựng ở đô thị. Mặc dầu việc tính toán chính xác để rút gọn kích thước của trạm là khó khăn, nhưng người ta ước tính kích thước trạm kín sẽ giảm từ 5 ÷ 20 lần so với kích thước trạm hở tùy thuộc vào cấp điện áp và kiến trúc của trạm.

Tóm lại, việc giảm kích thước xây dựng không chỉ có lợi trong các thành phố mà còn cho phép giải quyết các vấn đề bố trí sắp xếp khi đất xây dựng bé, giá thành đất cao.

Mặt khác, việc xây dựng trạm kín còn cho phép giải quyết các tình huống khó khăn như:

– Việc xây dựng trạm kín trên vùng đất không ổn định hoặc trên vùng đất sình lầy.

– Xây dựng trạm ở vùng ngập lụt trên một mặt bằng được đắp cao nhằm duy trì trạm nằm trên mức nước cao nhất.

-- Xây dựng ở vùng rừng núi mà việc bố trí trạm cần thỏa mãn cực tiểu công việc đào đắp đất.

Bên cạnh việc giảm kích thước mặt bằng đặt trạm, còn có những lợi ích khác như giảm bớt chiều dài đường dây cáp ở cấp điện áp thấp, đồng thời TBPP kín được chế tạo sẵn ở nhà máy nên việc vận chuyển đến hiện trường là thuận tiện. Điều này sẽ làm giảm thời gian và kinh phí lắp đặt các thiết bị điện.

### **8.2.2. Bảo quản tốt trong các điều kiện khí hậu và ô nhiễm môi trường**

Các nhân viên vận hành đều biết rất rõ rằng đối với các trạm đặt ở vùng bờ biển hay vùng đặc biệt có ô nhiễm môi trường thì vấn đề đảm bảo vận hành cung cấp điện liên tục cho hộ tiêu thụ là điều rất khó khăn. Ví dụ sứ cách điện thường xuyên phải làm sạch. Điều này sẽ làm giảm tính làm việc liên tục của thiết bị và làm tăng chi phí vận hành. Ngược lại, nếu sử dụng trạm kín thì sẽ tránh được các yếu tố tác động từ bên ngoài nghĩa là các thiết bị được bảo quản tốt hơn, không bị ô nhiễm và giảm bớt sự già hóa của thiết bị.

### **8.2.3. Khả năng an toàn cao đối với nhân viên vận hành**

Do các thiết bị đều đặt kín, vỏ được nối đất nên ít xảy ra tai nạn. Sự

vắng mặt của dầu cách điện và số lượng sứ cách điện ít đã làm giảm một cách đáng kể các sự cố gây ra từ đây.

Tuy nhiên, khi sử dụng khí SF<sub>6</sub> cần phải lưu ý các vấn đề sau:

- Khí SF<sub>6</sub> nặng hơn không khí, có khả năng tích tụ lại ở những điểm thấp nhất. Điều này có thể sẽ gây nguy hiểm vì khí SF<sub>6</sub> sẽ chiếm chỗ của khí oxy (giống như khí cacbôníc trong các hang động).

- Khi khí SF<sub>6</sub> phân hủy, như chúng ta đã biết, trường hợp dập tắt hồ quang điện thì một phần khí SF<sub>6</sub> bị phân hủy thành sản phẩm, gây nguy hiểm cho sự hấp thụ nó.

Tuy nhiên, theo các tài liệu kỹ thuật về điều kiện sử dụng khí SF<sub>6</sub> cho thấy rằng, bằng các phương pháp ngăn ngừa nào đó thì sự nguy hiểm do khí SF<sub>6</sub> mang lại là rất yếu và sự an toàn của người vận hành là tuyệt đối.

#### **8.2.4. Bảo quản tốt đối với sự chấn động của Trái Đất**

Đối với các vùng đất cao việc xây dựng trạm kín dưới thấp là thuận tiện, các thiết bị của trạm chỉ đặt trên một đế bằng bê tông rắn. Trọng tâm của trạm thấp, và tần số riêng của nó khác với tần số chấn động của đất. Vì vậy, các ứng lực gây ra khi đất bị chấn động là rất bé.

#### **8.2.5. Giá thành xây dựng trạm kín**

Ngày nay các TBPP điện kiểu kín còn đắt hơn so với các thiết bị kiểu hở, mặc dù các nhà thiết kế, chế tạo đã cố gắng giảm bớt sự chênh lệch giá thành này. Tuy nhiên việc so sánh giá cả xây dựng giữa các loại trạm kín và hở không phải chỉ giới hạn bởi giá thành các thiết bị điện, mà còn phải tính đến cả giá thành mua đất đai, chi phí phục vụ cho lắp đặt, đường dây điện áp thấp... Những giá thành này đối với trạm kín là rất nhỏ bé. Thực tế các trạm kín có thể đặt dễ dàng tại trung tâm của một vùng hộ tiêu thụ, như vậy sẽ giảm được chiều dài của lưới điện áp trung, do đó sẽ giảm được tổn thất công suất, điện năng và điện áp.

Tóm lại, việc so sánh giữa trạm kín và trạm hở phải dựa trên cơ sở tổng hợp, nghĩa là phải xét đến các chi phí trực tiếp hay gián tiếp, chứ không phải chỉ giới hạn trong việc xét riêng giá thành các thiết bị.

### **8.3. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO CÁC TRẠM TBPP ĐIỆN KIỂU KÍN**

Về mặt công nghệ chế tạo trạm kín đòi hỏi phải quan tâm đến các vấn đề sau đây:

### 8.3.1. Lựa chọn áp suất của khí SF<sub>6</sub>

Nói chung các thiết bị được bọc kín trong một vỏ bọc đều phải chịu một điện trường đồng nhất. Trong điều kiện này khoảng cách cách điện cần thiết giảm xuống khi áp suất tăng lên. Điều này có lợi vì sẽ giảm được kích thước khi chế tạo vỏ bọc và tất nhiên sẽ giảm được giá thành.

Áp suất khí SF<sub>6</sub> phải thường xuyên cao hơn áp suất khí quyển, bởi vì nếu không đáp ứng được điều kiện này thì khí bị rò rỉ, không khí và độ ẩm bên ngoài có thể xâm nhập vào bên trong vỏ bọc làm hư hỏng chất điện môi. Mặt khác, để vận hành và bảo dưỡng trạm khí được tốt phải phân chia các phần tử cơ bản như máy cắt điện, dao cách ly, hộp nối cáp... thành các ngăn bọc kín tách rời nhau.

### 8.3.2. Vỏ bọc của TBPP kín

Các vỏ bọc có thể được chế tạo theo cách bọc từng pha hay bọc chung cả ba pha. Nhưng chế tạo vỏ bọc từng pha sẽ có hiệu quả cao hơn. Vật liệu làm vỏ bọc có thể bằng nhôm và chế tạo theo kiểu đúc hay hàn các tấm kim loại. Việc lựa chọn giữa hai công nghệ này là tùy thuộc chủ yếu vào các phương tiện chế tạo và sự kiểm tra tại chỗ của các nhà chế tạo.

### 8.3.3. Sự chấp nối giữa các phần tử với nhau

Các phần tử khác nhau như máy cắt điện, dao cách ly, thiết bị đo lường... được nối lại với nhau. Các phần tử dẫn điện theo kiểu tiếp xúc ép lên nhau, còn các vỏ bọc được nối với nhau nhờ các bulông kẹp chặt. Giải pháp này cho phép tháo lắp khi tiến hành sửa chữa các phần tử. Việc nối các vỏ bọc với nhau bằng cách hàn tại chỗ sẽ làm cho kết cấu chắc chắn hơn, nhưng lại gây ra nhiều điều bất lợi khi lắp ráp và tháo lắp lúc sửa chữa. Sự định tâm của bộ phận này với các bộ phận khác, sự hoàn chỉnh bên trong vỏ sẽ trở nên khó khăn, việc kiểm tra sự rò rỉ khí cũng gặp khó khăn hơn.

Ngược lại, việc ghép nối bằng các bulông sẽ thuận lợi hơn nhiều. Các thiết bị bố trí trong trạm kín cũng giống như trạm hở, nghĩa là cũng bao gồm máy cắt điện, dao cách ly, thanh góp, thiết bị đo lường v.v... Trong đó máy cắt điện sử dụng nguyên tắc cắt mạch nhờ thổi khí tự động SF<sub>6</sub>. Theo nguyên tắc này khí SF<sub>6</sub> khi dập tắt hồ quang có áp suất nhờ sự chuyển động tương đối giữa xilanh và pittông. Tất cả các phần tử bên trong thể tích khí được cấu tạo đơn giản và làm việc tin cậy. Các máy cắt

điện loại này càng ngày càng được chế tạo hoàn hảo và khả năng vận hành tin cậy hơn, có thể cắt được dòng điện ngắn mạch tới 80kA.

– Dao cách ly có nhiệm vụ tạo ra một khoảng cách điện giữa phần tử mang điện với phần tử không mang điện. Trong khí  $SF_6$  dao cách ly chỉ cần một khoảng hở 10cm đối với điện áp 245kV. Như vậy, đối với trạm kín thì dao cách ly khi thao tác chỉ cần một năng lượng nhỏ bé, thời gian thao tác chỉ vào khoảng vài giây.

Dao nối đất phải làm việc chắc chắn nhằm đảm bảo an toàn cho các nhân viên khi sửa chữa.

– Các thiết bị giảm áp (máy biến điện áp) được chế tạo có cách điện bằng khí  $SF_6$  thay thế cho cách điện bằng dầu máy biến áp.

– Các thiết bị giảm dòng (máy biến dòng điện) được chế tạo theo kiểu vòng xuyên. Sơ cấp chỉ có một vòng dây, đó là dây dẫn chính của mạch điện. Điều này làm cho khả năng vận hành tốt hơn.

– Sứ xuyên – có nhiệm vụ xuyên qua giữa môi trường cách điện bằng khí  $SF_6$  với môi trường không khí có áp suất khí quyển.

Hiện nay trên thế giới các nhà chế tạo có khả năng thiết kế chế tạo TBPP điện kiểu kín với các dạng sơ đồ hệ thống thanh góp khác nhau nhằm thỏa mãn các yêu cầu cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ. Tùy theo yêu cầu của người sử dụng có nhu cầu cần giảm điện tích lắp đặt hay giảm chiều cao đặt thiết bị mà bố trí các máy cắt điện đặt đứng hay đặt nằm ngang.

Cuối cùng cần nói thêm rằng, các trạm kín trước khi đưa vào vận hành phải được kiểm tra về độ kín của các phần tử, về chất lượng của khí (khí sử dụng phải là khí mới, có xác nhận tính chất kỹ thuật đảm bảo của cơ quan có trách nhiệm).

Các TBPP điện kiểu kín đã và đang được sử dụng ngày càng nhiều trên lưới điện của các nước trên thế giới. Do những ưu điểm của nó như đã nêu ở trên, các trạm kín đã được sử dụng cho lưới điện áp 800kV. Nó được đặt trong nhà hay ngoài trời là tùy thuộc vào sự lựa chọn của người thiết kế và các khách hàng. Trong tương lai người ta đang nghiên cứu áp dụng trạm kín cho lưới điện áp tới 1000kV.

Việt Nam đã hình thành một hệ thống điện quốc gia với cấp điện áp đến 500kV. Trong những năm tới, hệ thống điện Việt Nam sẽ phát triển với một tốc độ rất nhanh cả nguồn điện, lưới điện và các hộ tiêu thụ. Việt Nam lại thuộc vùng khí hậu nhiệt đới, gió bão nhiều, độ ẩm lớn, mùa hè



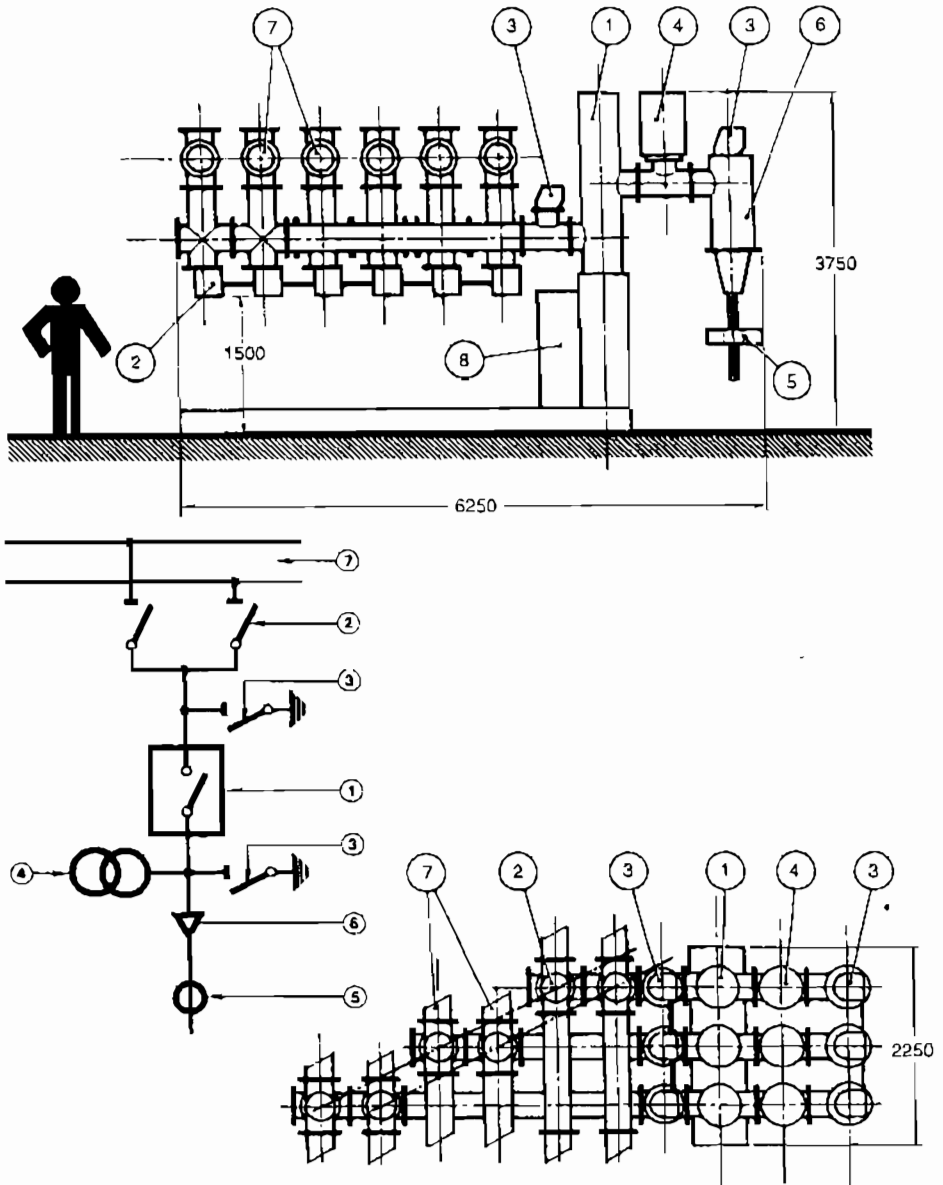
nhệt độ ngoài trời rất cao, điều kiện môi trường lại chưa tốt. Vì vậy, việc nghiên cứu, tìm hiểu các TBPP điện kiểu kín cũng là điều đáng quan tâm.

Dưới đây là các TBPP điện kiểu kín ứng với các dạng sơ đồ khác nhau như sơ đồ một hệ thống thanh góp, sơ đồ hai hệ thống thanh góp, sơ đồ vòng, sơ đồ một rưỡi (ba máy cắt trên hai mạch).

**Bảng lựa chọn trạm kín điện áp cao cách điện bằng khí SF<sub>6</sub> – Hexabloc.  
Điện áp 72,5 + 550kV. Tần số 50 – 60Hz**

Loại	Điện áp định mức	Mức độ cách điện			Dòng điện định mức (A)			Dòng ngắn mạch (kA)	Máy cắt điện		
		Sóng xung sét (kV)	Sóng xung vận hành (kV)	Tần số công nghiệp (kV)	Thanh góp	Dao cách ly	Máy cắt điện		Loại	Kiểu	Khả năng cắt (kA)
Hexabloc 7	72,5	325		140	2000	2000	2000	40	DHB1	72,5-20	20
					ou 3150	ou 3150	ou 3150		DHB1	72,5-40	40
	100	450		185	2000	2000	2000	40	DHB1	100-25	25
					ou 3150	ou 3150	ou 3150				
123	550		230	2000	2000	2000	40	DHB1	123-40	40	
				ou 3150	ou 3150	ou 3150					
145	650		275	2000	2000	2000	40	DHB1	145-40	40	
				ou 3150	ou 3150	ou 3150					
170	750		325	2000	2000	2000	40	DHB1	170-40	40	
				ou 3150	ou 3150	ou 3150					
Hexabloc 9	245	950		395	2500	2500	2500	50	DHB2	245-31,5	31,5
					ou 4000	ou 4000	ou 4000		DHB2	245-40	40
									DHB2	245-50	50
	300	1050	850	380	2500	2500	2500	50	DHB2	300-40	40
					ou 4000	ou 4000	ou 4000		DHB3	300-50	50
Hexabloc 10	362	1175	950	450	3150	3150	3150	63	DHB2	362-40	40
					ou 6300	ou 4000	ou 4000		DHB3	362-50	50
	420	1300	1050	520	3150	3150	3150	63	DHB3	420-40	40
					ou 6300	ou 4000	ou 4000		DHB4	420-40	40
									DHB4	420-50	50
									DHB4	420-63	63
	525 550*	1425 1550*	1175	620	3150	3150	3150	63	DHB3	525-40	40
					ou 6300	ou 4000	ou 4000		DHB4	525-50	50

## Hexabloc 7



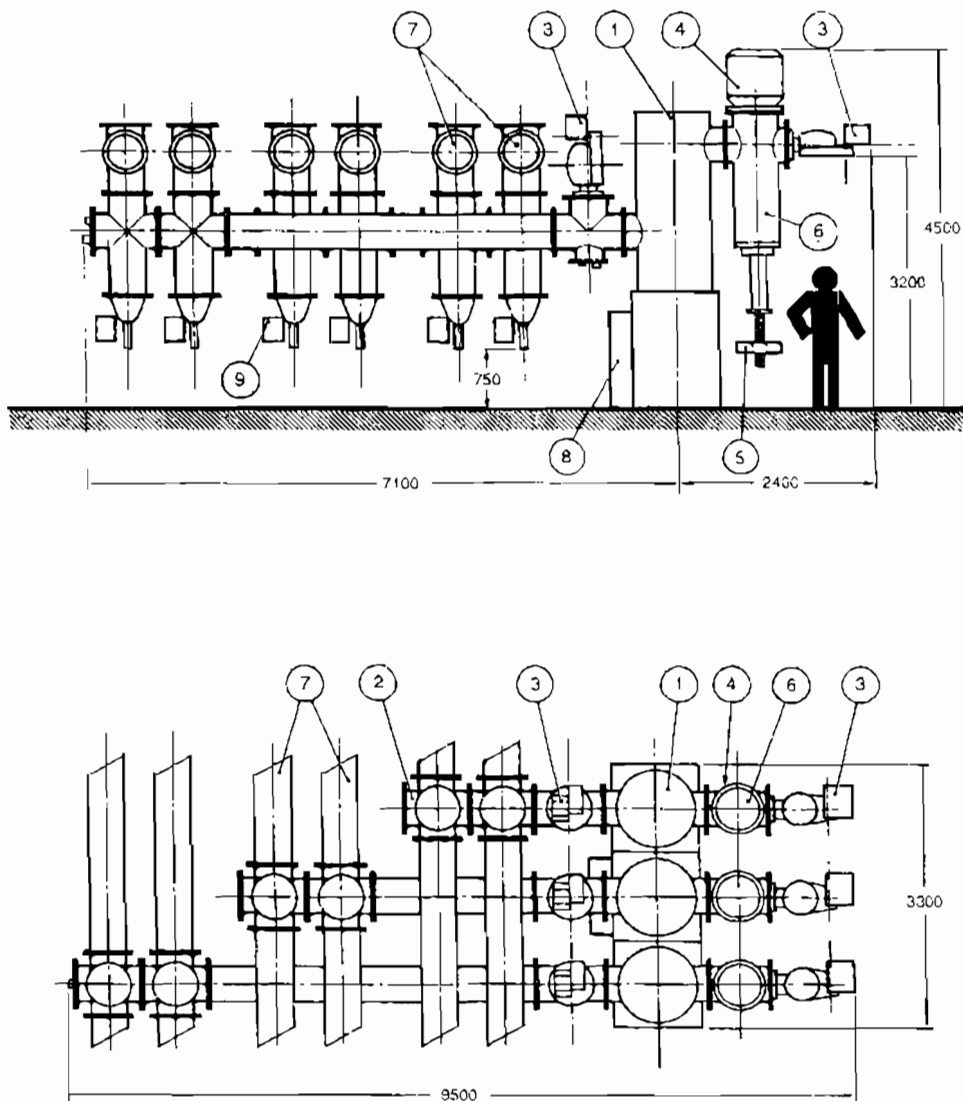
**Hình 8.12. Cách bố trí Hexabloc 7 – Sơ đồ hai hệ thống thành góp**

Trạm kín điện áp cao cách điện bằng khí SF<sub>6</sub> – Hexabloc.

Điện áp 72,5 đến 550kV, tần số 50 ÷ 60Hz đặt trong hay ngoài nhà.

1– Máy cắt điện; 2– Dao cách ly; 3– Dao nối đất; 4– Máy biến điện áp; 5– Máy biến dòng điện; 6– Hộp cáp; 7– Thanh góp; 8– Tủ điều khiển máy cắt điện; 9– Điều khiển dao cách ly.

## Hexabloc 9

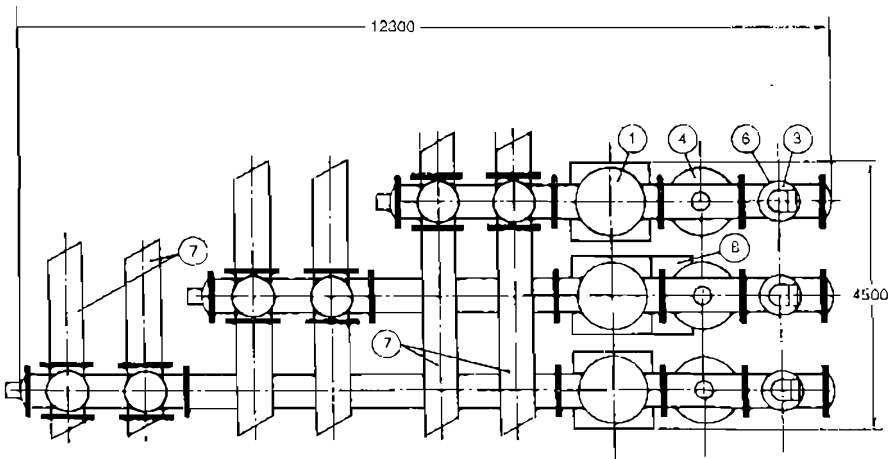
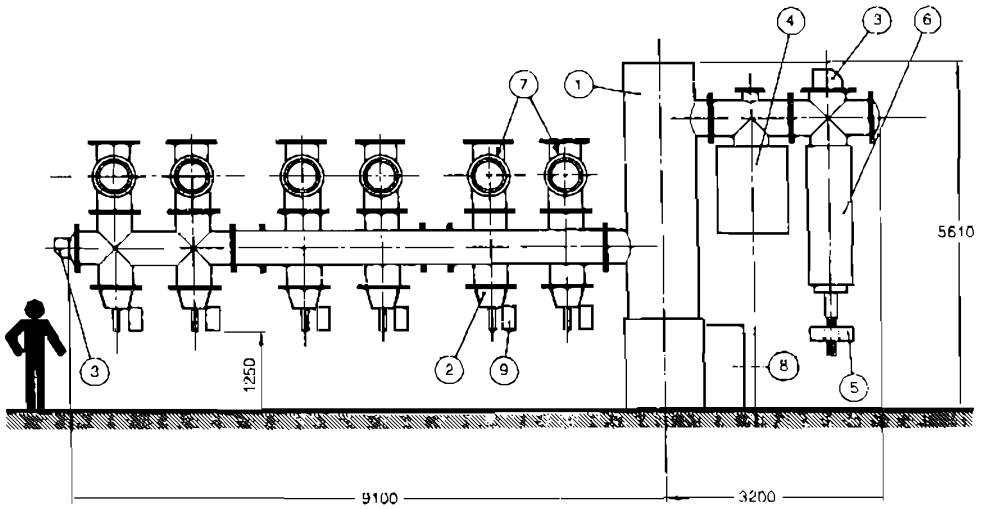


Hình 8.13. Cách bố trí Hexabloc 9

Sơ đồ hai hệ thống thanh góp

1- Máy cắt điện; 2- Dao cách ly; 3- Dao nối đất; 4- Máy biến điện áp; 5- Máy biến dòng điện; 6- Hộp đấu cáp; 7- Thanh góp; 8- Tủ điều khiển máy cắt điện; 9- Điều khiển dao cách ly.

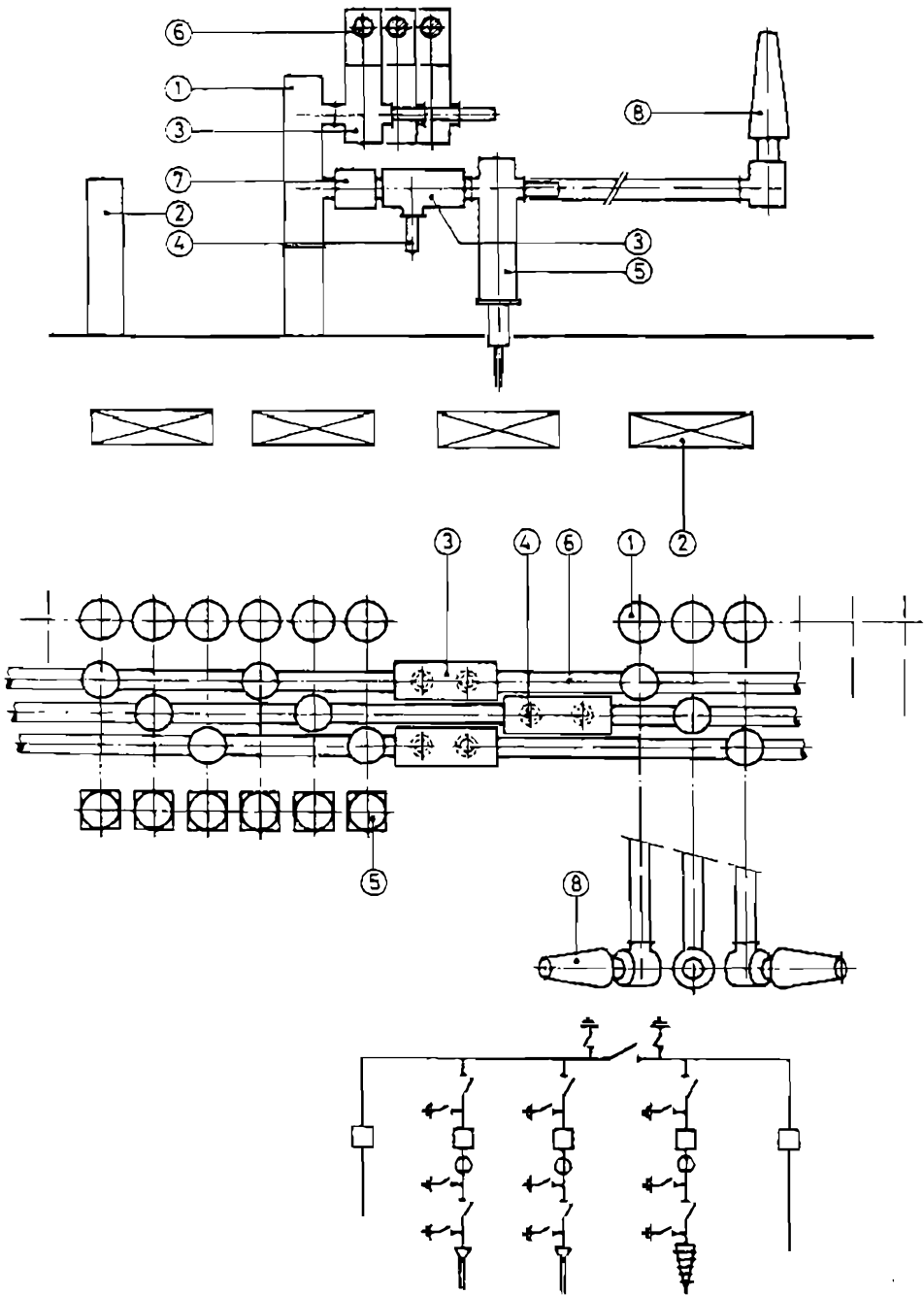
## Hexabloc 10



Hình 8.14. Cách bố trí Hexabloc 10

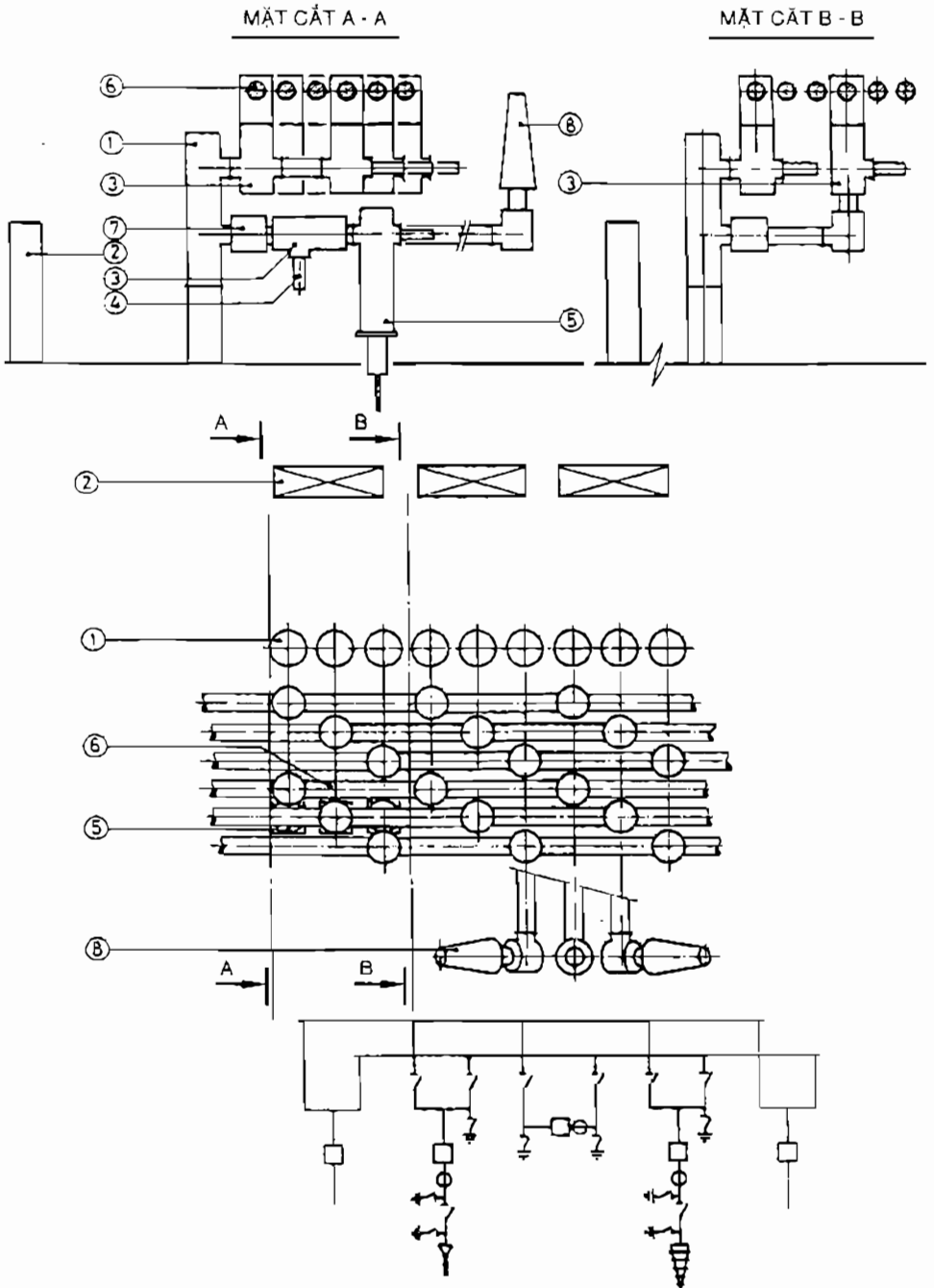
Sơ đồ hai hệ thống thành góp

1- Máy cắt điện; 2- Dao cách ly; 3- Dao nối đất; 4- Máy biến điện áp; 5- Máy biến dòng điện; 6- Hộp đấu cáp; 7- Thanh góp; 8- Tủ điều khiển máy cắt điện; 9- Điều khiển dao cách ly.



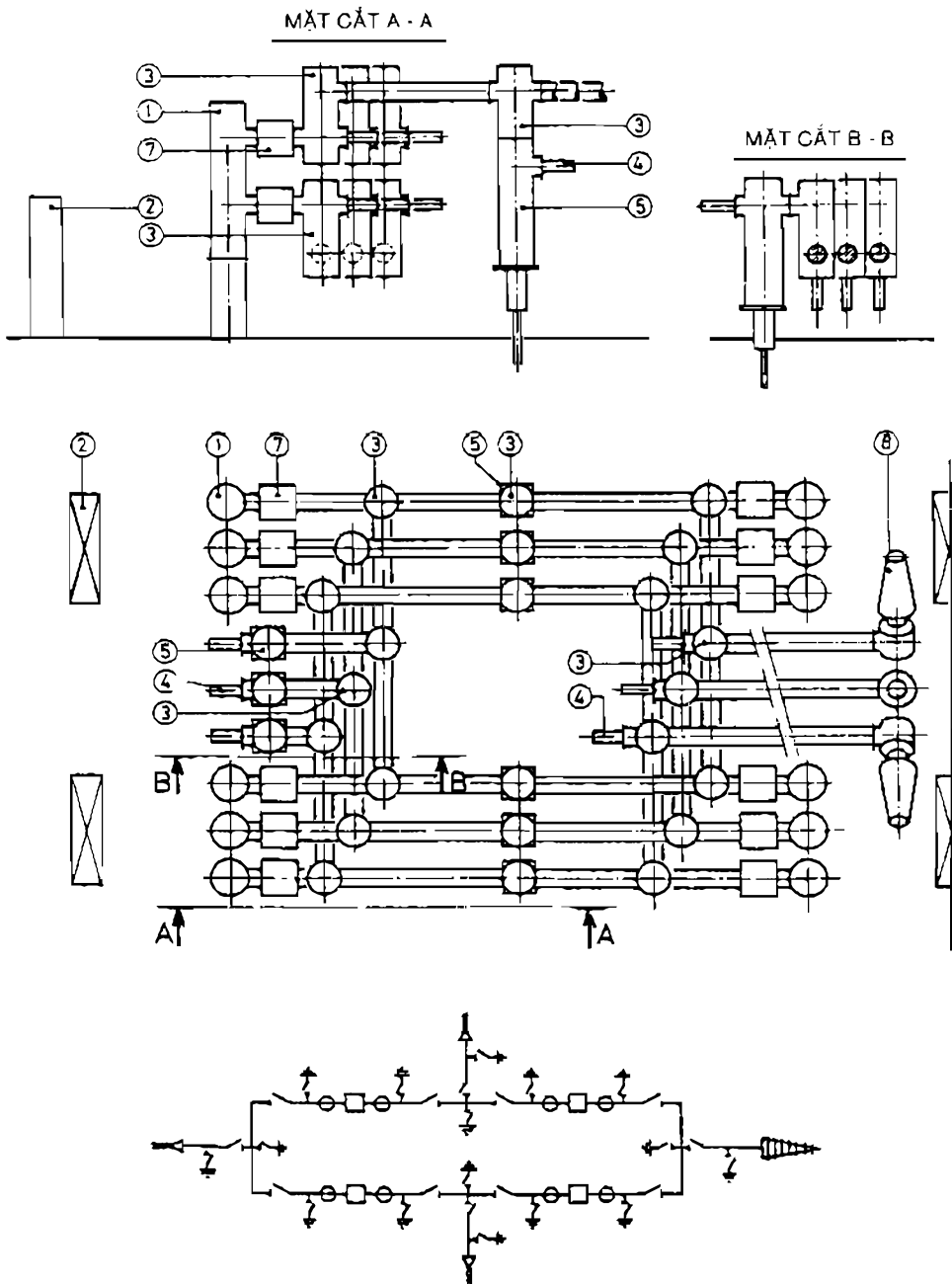
**Hình 8.15. Sơ đồ một hệ thống thanh góp**

1- Máy cắt điện; 2- Tủ điều khiển; 3- Dao cách ly; 4- Dao nối đất; 5- Hộp đấu cáp; 6- Thanh góp; 7- Máy biến dòng điện; 8- Đường đi của khí SF<sub>6</sub>.



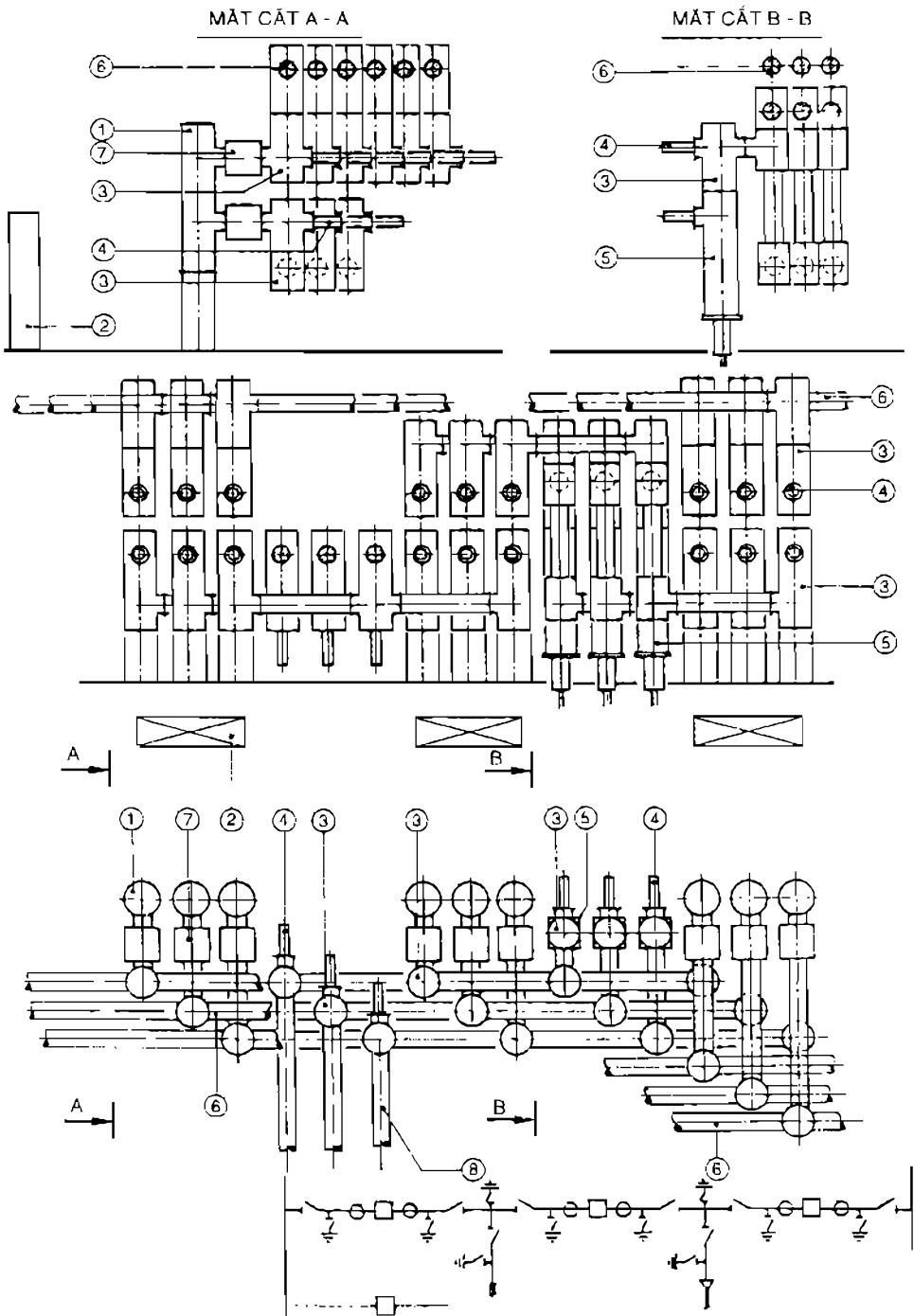
**Hình 8.16. Sơ đồ hai hệ thống thanh góp**

1- Máy cắt điện; 2- Tủ điều khiển; 3- Dao cách ly; 4- Dao nối đất; 5- Hộp đấu cáp;  
6- Thanh góp; 7- Máy biến dòng điện; 8- Đường đi của khí SF<sub>6</sub>.



**Hình 8.17. Sơ đồ vòng kín**

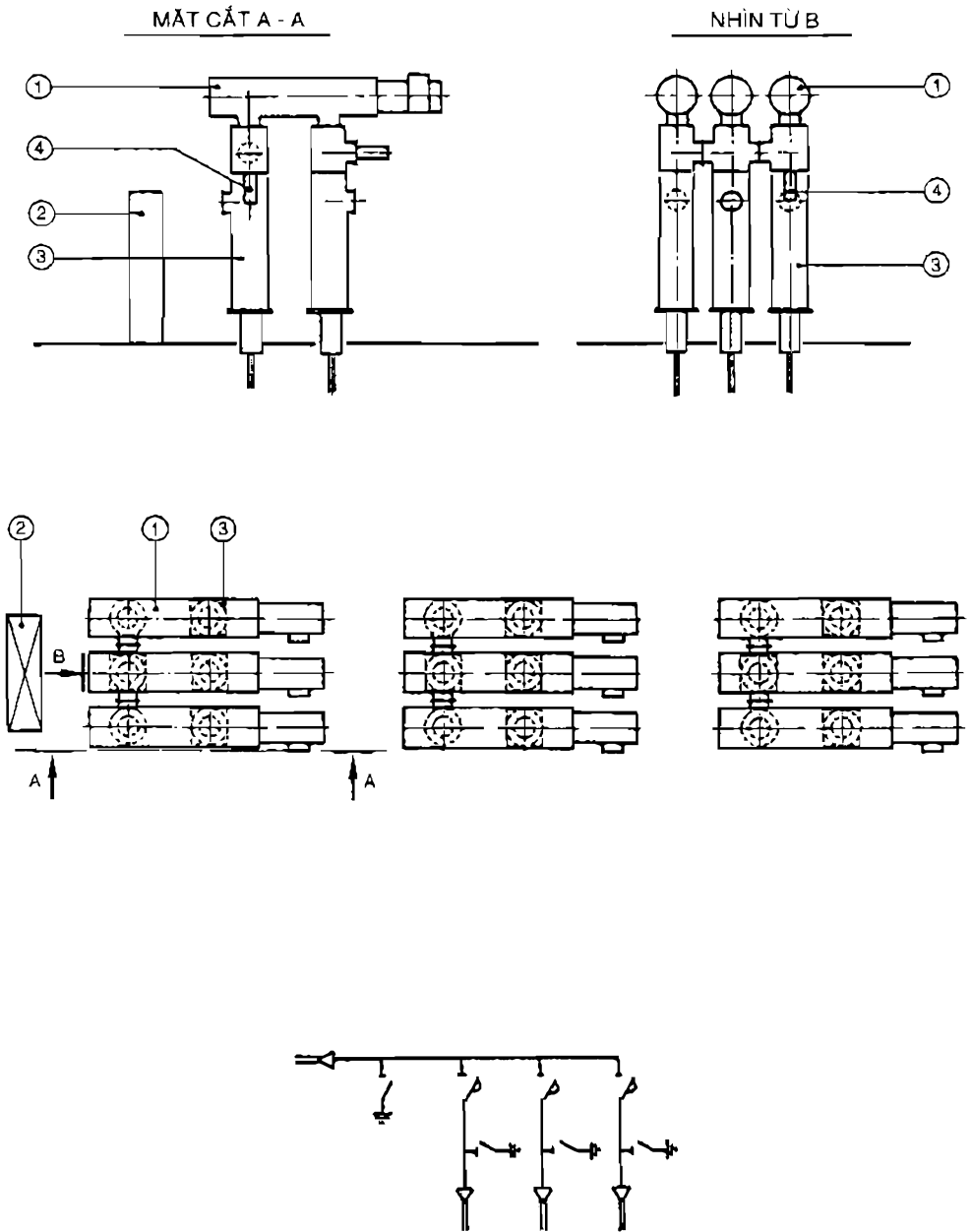
- 1- Máy cắt điện; 2- Tủ điện; 3- Dao cách ly; 4- Dao nối đất; 5- Hộp đầu cáp; 6- Máy biến dòng điện; 7- Đường đi của khí SF<sub>6</sub>.



**Hình 8.18. Sơ đồ một rươi**

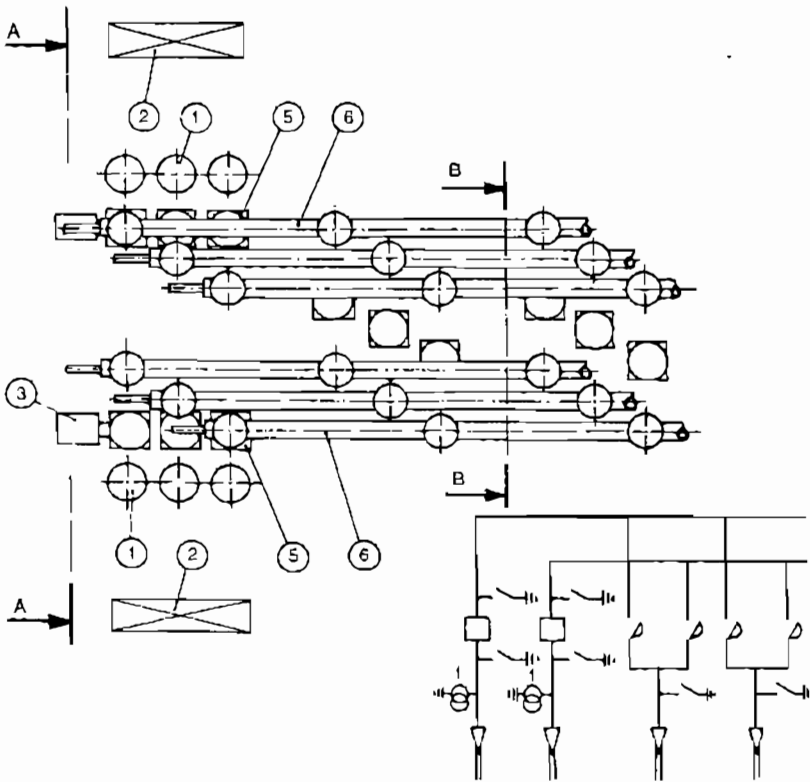
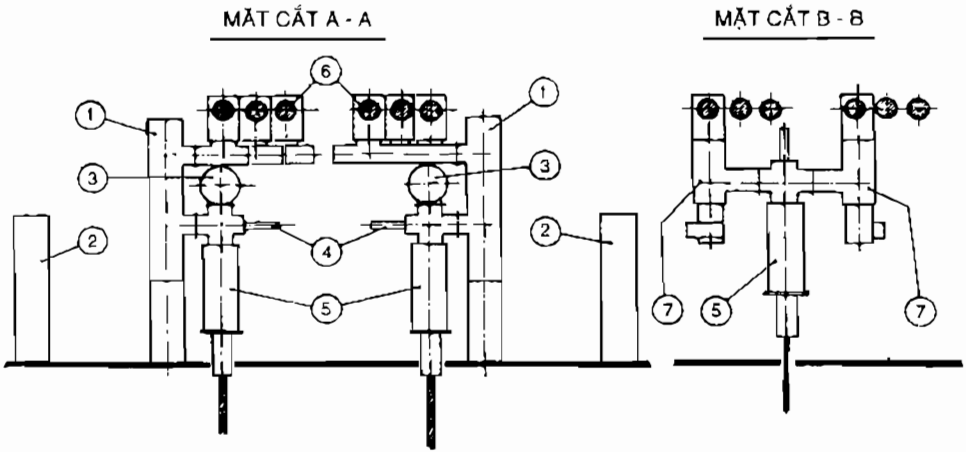
1- Máy cắt điện; 2- Tủ điện; 3- Dao cách ly; 4- Dao nối đất; 5- Hộp dầu cáp;  
6- Thanh góp; 7- Máy biến dòng điện.





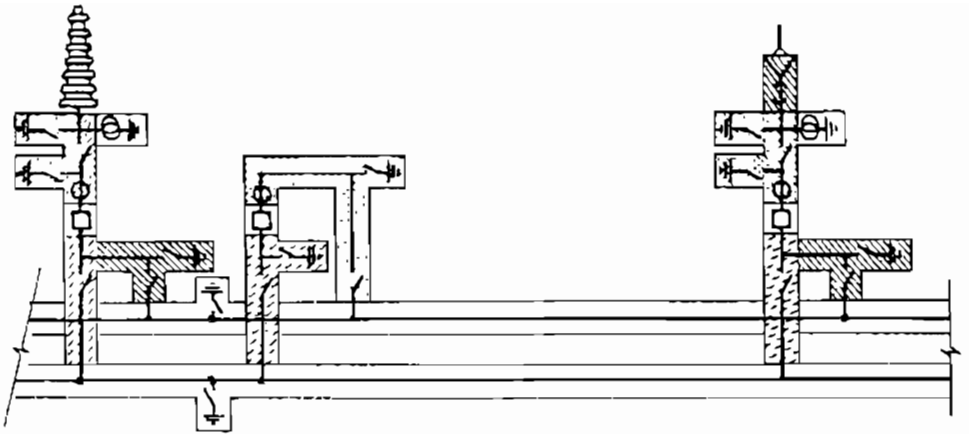
**Hình 8.19. Sơ đồ hình sao**

1- Cái cắt điện; 2- Tủ điều khiển; 3- Hộp đấu cáp; 4- Dao nối đất.



**Hình 8.20. Sơ đồ hai nguồn cung cấp**

1- Máy cắt điện; 2- Tủ điều khiển; 3- Máy biến điện áp; 4- Dao nối đất; 5- Hộp đấu cáp; 6- Thanh góp; 7- Cái cắt điện.



Hình 8.21. Mô tả sự phân chia thành ngăn của một trạm kín có hai hệ thống thanh góp

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 8.1. Thiết bị phân phối điện là gì? Cách phân loại nó như thế nào? Ưu, nhược điểm của từng loại thiết bị phân phối điện.
- 8.2. Cách bố trí máy cắt điện của TBPP ngoài trời như thế nào? Ưu, nhược điểm của cách bố trí đó là gì?
- 8.3. Giải thích đường đi của dòng điện đối với các mặt cắt mạch máy biến áp, mạch đường dây của TBPP ngoài trời  $U \geq 110\text{kV}$ .
- 8.4. Đối chiếu vị trí tương ứng của các thiết bị trên mặt cắt với mặt bằng của TBPP,  $U \geq 110\text{ kV}$ .
- 8.5. Nêu ưu, nhược điểm của TBPP kiểu kín dùng khí cách điện là  $\text{SF}_6$ .

# HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÀ KIỂM TRA

## 9.1. NGUYÊN TẮC CHUNG ĐIỀU KHIỂN CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN

### 9.1.1. Cấu trúc và các dạng thao tác điều khiển

Việc vận hành các thiết bị điện bao gồm các nội dung sau đây:

1. Điều chỉnh chế độ làm việc của các thiết bị chính cho phù hợp với nhiệm vụ của nó nhằm đảm bảo chất lượng điện năng ổn định.
2. Kiểm tra tình trạng của các thiết bị chính và phụ và loại trừ sự làm việc không bình thường của nó.
3. Tính linh hoạt chuyển đổi (đóng, cắt máy phát điện tương ứng với đồ thị làm việc).
4. Loại trừ các sự cố.
5. Lập kế hoạch sửa chữa, kiểm tra và thay thế thiết bị.

Trong đó, bốn nhóm biện pháp đầu tiên nhằm phục vụ cho công tác điều khiển, còn nhóm biện pháp thứ năm nhằm phục vụ cho việc sửa chữa.

Tập hợp các phương tiện kỹ thuật cần thiết để phục vụ cho việc điều khiển sự làm việc của các thiết bị điện gọi là hệ thống điều khiển và kiểm tra. Cuối cùng, đưa vào bốn nhóm chính những cơ cấu sau: điều khiển bằng các thiết bị chuyển mạch; điều chỉnh (tác động vào phía điều chỉnh sơ cấp của cơ quan thiết bị động lực); hệ thống tín hiệu (kiểm tra tình trạng thiết bị); và đo lường (đảm bảo kiểm tra định lượng các chỉ tiêu chế độ làm việc cơ bản của thiết bị động lực chính).

Thiết bị của hệ thống tín hiệu và đo lường cho biết các thông tin cần thiết về tình trạng và chế độ làm việc của thiết bị, còn thiết bị điều khiển và điều chỉnh thực hiện các thao tác thích hợp. Để thuận tiện cho việc phục vụ thao tác thì các đồng hồ đo và các thiết bị hệ thống điều khiển, kiểm tra tập hợp tại bảng điều khiển. Lệnh thao tác điều khiển hay điều chỉnh do người thao tác (bằng tay) hay bằng thiết bị tự động. Phù hợp với điều đó người ta phân chia thành hai loại điều khiển, đó là điều khiển

bằng tay và điều khiển tự động. Trong nhà máy điện và trạm biến áp người ta thường dùng cả hai dạng điều khiển này. Trước tiên phải tự động hóa các quá trình làm việc, và ở đó khi có sự thay đổi tình trạng hay chế độ của thiết bị thì cần phải nhanh chóng (tính bằng giây hay một phần của giây) điều khiển hay điều chỉnh thích hợp. Bằng các thiết bị tự động hóa phần điện trong nhà máy điện cần phải đưa vào tự động điều chỉnh tần số và kích từ của máy phát điện, tự động đóng đường dây trở lại, tự động đóng nguồn điện tự dùng dự phòng v.v... Ngày nay, quá trình tự động hóa trong nhà máy điện và trạm biến áp đã đầy đủ và hoàn thiện hơn. Điều này sẽ làm giảm chức năng thao tác của công nhân vận hành và đồng thời giảm số lượng người làm việc. Sự điều khiển trở nên được tập trung lại hơn. Ngày nay, khi vận hành nhà máy điện người ta sắp xếp thành ba dạng cấu trúc điều khiển:

a) Phân chia thiết bị điện thành những bộ phận thực tế phục vụ theo các phân xưởng (cấu trúc phân xưởng).

b) Phân chia thiết bị điện theo khối (cấu trúc khối hay cấu trúc không có phân xưởng).

c) Không phân chia các thiết bị ra thành các bộ phận.

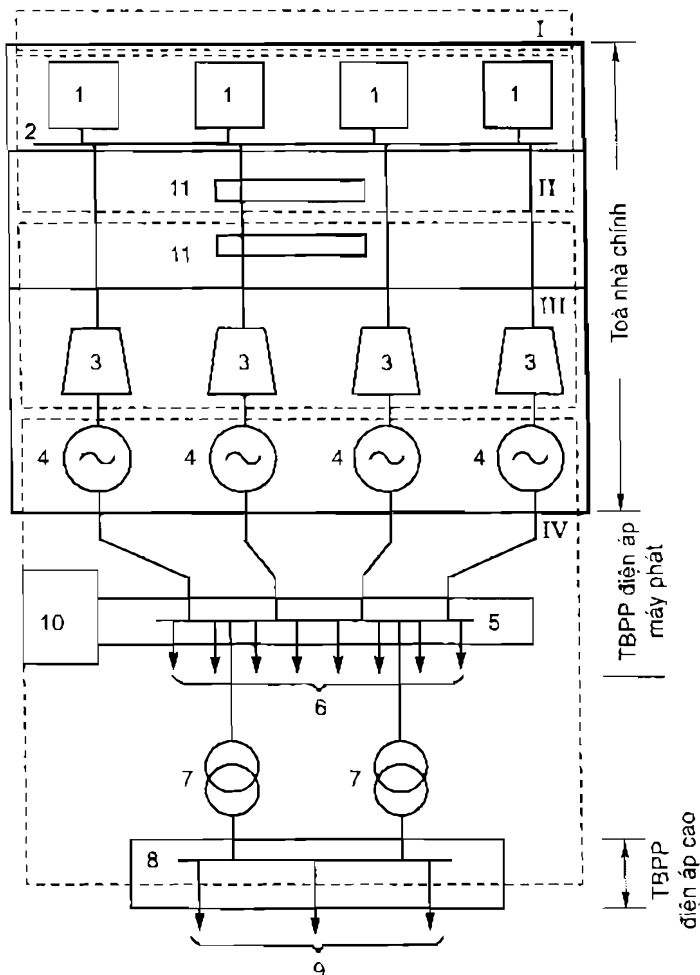
Cấu trúc phân xưởng được phân chia dựa theo nguyên lý hợp nhất các thiết bị động lực cùng một loại (phân chia ngang). Ví dụ, trong nhà máy nhiệt điện có phân xưởng vận chuyển nhiên liệu, gian máy, lò hơi và phân xưởng điện. Mỗi phân xưởng có một tổ vận hành.

Với cấu trúc theo khối hay không theo phân xưởng thì các thiết bị bao gồm một hay hai khối điện. Ví dụ như nồi hơi – tuabin – máy phát điện – máy biến áp (phân chia dọc). Sự điều khiển nhà máy điện nói chung trong mọi trường hợp đều do kỹ sư trực vận hành nhà máy và các nhân viên điều độ thực hiện.

### **9.1.2. Sự điều khiển bằng các thiết bị điện khác nhau**

#### **a) Điều khiển nhà máy nhiệt điện theo liên hệ ngang**

Trong các nhà máy nhiệt điện có liên hệ ngang được thể hiện trên hình 9.1, trước tiên đó là các trung tâm nhiệt điện với công suất tổ máy đến 60MW, hơi được sản xuất ra tập trung, sau đó được phân phối theo các tuabin trong nhà máy điện.



**Hình 9.1. Sự sắp xếp các bộ phận thực tế và bảng điều khiển trong nhà máy nhiệt điện liên hệ ngang**

1- Nồi hơi; 2- Đường ống hơi chính; 3- Tua bin; 4- Máy phát điện; 5- TBPP điện áp máy phát; 6- Đường dây phụ tải địa phương; 7- Máy biến áp liên lạc với hệ thống; 8- TBPP điện áp cao; 9- Đường dây truyền tải; 10- Bảng điều khiển chính; 11- Bảng điều khiển các phân xưởng;

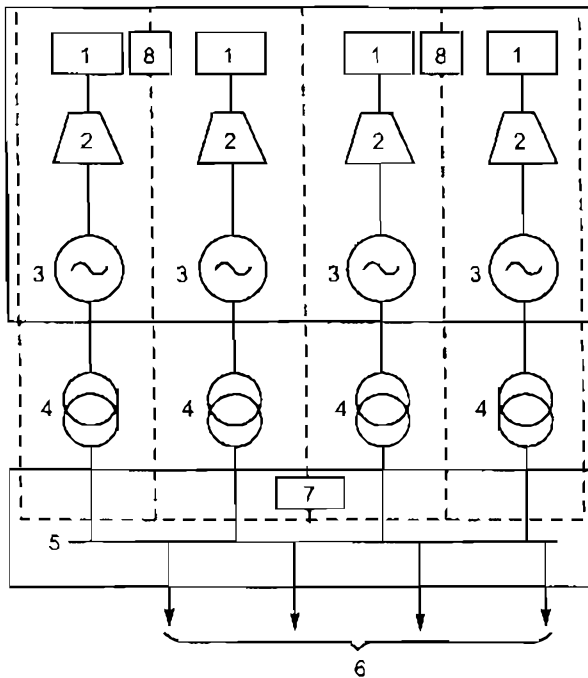
I- Phân xưởng vận chuyển nhiên liệu; II- Phân xưởng lò hơi; III- Phân xưởng máy phát điện; IV- Phân xưởng điện.

Các máy phát điện, theo thường lệ, làm việc trên thanh góp chung cấp điện áp máy phát. Như vậy với sự liên hệ ngang phân nhiệt mà phần điện của nhà máy cũng được bổ sung theo liên hệ ngang. Tại trung tâm nhiệt điện có bốn bộ phận phục vụ: Vận chuyển nhiên liệu, nồi hơi, tuabin và phần điện (trên hình 9.1 được biểu diễn theo đường nét đứt). Để phục vụ cho phân xưởng vận chuyển nhiên liệu người ta dùng các bảng điều khiển

của các tổ máy. Để điều khiển thiết bị của phân xưởng nồi hơi và tuabin người ta chế tạo bảng tổ hợp (một bảng cho nhóm các tổ máy), hoặc là các bảng phân xưởng hoặc là bảng nhiệt chung của nhà máy. Việc điều khiển các máy điện (máy phát điện, máy biến áp) và các mạch điện (đường dây cáp và đường dây trên không, sự liên lạc giữa các thanh góp) người ta thực hiện bằng các bảng điều khiển phân xưởng điện, nó cũng là bảng điều khiển trung tâm của nhà máy điện, bởi vì tại đây có kỹ sư điều độ của nhà máy làm việc để chỉ đạo tất cả sự hoạt động của các phân xưởng.

**b) Điều khiển sơ đồ khối của nhà máy nhiệt điện**

Công suất nhà máy nhiệt điện ngưng hơi xây dựng theo sơ đồ khối không có liên hệ ngang được thể hiện trên hình 9.2. Phần điện liên hệ ngang chỉ có ở phía điện áp cao. Như vậy, mỗi khối điện bao gồm nồi hơi, tuabin, máy phát điện và máy biến áp được xem như là một nhà máy điện độc lập, nên việc điều khiển cả khối là thống nhất. Việc điều khiển cả khối là do máy cắt điện được đặt về phía điện áp cao. Thường người ta đặt một bảng điều khiển chung cho cả hai khối như vậy sẽ kinh tế hơn như đã chỉ trên hình 9.2.

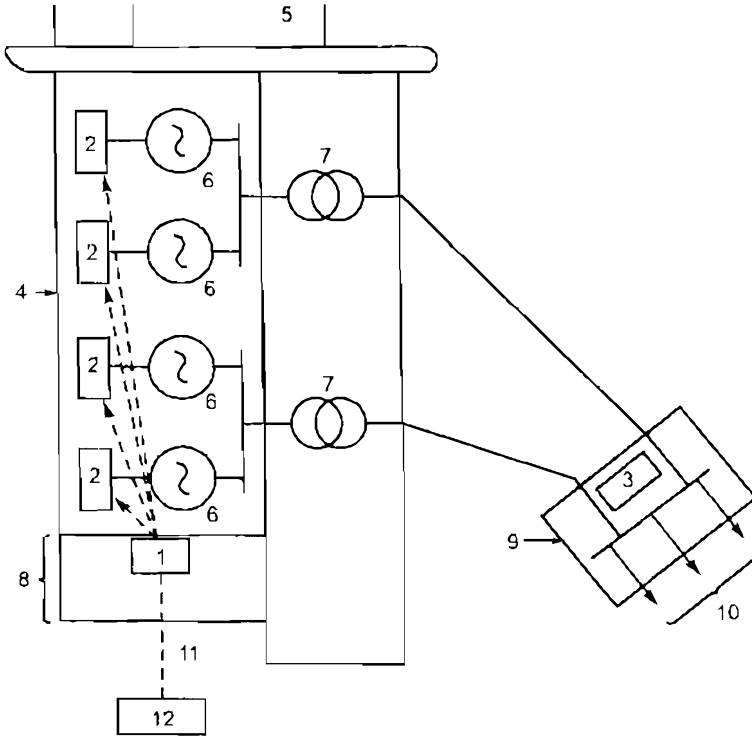


**Hình 9.2. Sự sắp xếp các bộ phận thực tế và bảng điều khiển của nhà máy nhiệt điện theo sơ đồ khối**

- 1- Nồi hơi; 2- Tuabin; 3- Máy phát điện; 4- Máy biến áp tăng áp; 5- TBPP điện áp cao; 6- Đường dây tải điện; 7- Bảng điều khiển trung tâm; 8- Bảng điều khiển của khối.

Thiết bị phân phối điện áp cao được điều khiển từ bằng trung tâm, nó điều khiển tăng gấp đôi công suất tác dụng và công suất phản kháng của các máy phát điện.

**c) Điều khiển nhà máy thủy điện**



**Hình 9.3. Sự sắp xếp bảng điều khiển nhà máy thủy điện**

1- Bảng điều khiển trung tâm; 2- Bảng điều khiển máy phát điện; 3- Rơle bảo vệ; 4- Gian máy; 5- Đập chắn; 6- Máy phát điện; 7- Máy biến áp; 8- Điện tích lắp ráp; 9- TBPP ngoài trời; 10- Đường dây tải điện; 11- Kênh liên lạc từ xa; 12- Phòng điều độ hệ thống điện

Quá trình sản xuất điện năng trong các nhà máy thủy điện đơn giản hơn nhiều so với nhà máy nhiệt điện, bởi vì chúng được trang bị tự động hóa sâu sắc hơn và đầy đủ hơn. Ngoài ra, nhà máy thủy điện còn tham gia vào hệ thống chung tự động điều khiển để điều chỉnh tần số và công suất (trong một số trường hợp điều chỉnh điện áp và công suất phản kháng), xác định mức độ cao điều khiển từ xa của nhà máy thủy điện. Việc áp dụng hệ thống tự động điều khiển tần số, công suất và thiết bị tự động tại chỗ cho phép hạn chế sự thao tác của công nhân vận hành nhà máy thủy điện và trong nhiều nhà máy thủy điện hoàn toàn không có người vận hành.



Điều này được thể hiện trong hệ thống điều khiển nhà máy thủy điện. Sự điều khiển nhà máy được quản lý tại một chỗ, đó là bảng điều khiển trung tâm của nhà máy hay trạm điều độ của hệ thống. Trong các nhà máy thủy điện nhiều tổ máy công suất lớn phải có công nhân vận hành. Bảng điều khiển trung tâm đặt tại tòa nhà chính. Các nhà máy thủy điện còn lại sự điều khiển được thực hiện nhờ hệ thống điều độ với sự giúp đỡ của thiết bị điều khiển từ xa. Sự bố trí bảng điều khiển trong nhà máy thủy điện chỉ rõ trên hình 9.3.

## 9.2. CÁC SƠ ĐỒ PHÂN BỐ DÒNG ĐIỆN THAO TÁC

Các đồng hồ, thiết bị, dây nối, hệ thống cáp điều khiển kiểm tra cùng với role bảo vệ và tự động hóa tạo thành thiết bị mạch nhị thứ, nó khác với các thiết bị mạch nhất thứ. Để làm việc bình thường của các đồng hồ, các thiết bị điều khiển, tín hiệu, cũng như để cung cấp điện cho mạch thao tác của role bảo vệ, mạch tự động hóa thì cần có nguồn năng lượng hay nguồn dòng điện thao tác. Các thiết bị và hệ thống role điện từ có ưu điểm là sử dụng phổ biến, thường làm việc với dòng điện một chiều. Cấu tạo của chúng đơn giản hơn và làm việc tin cậy. Nhưng thời gian gắn dây các thiết bị và role cũng làm việc với dòng điện xoay chiều. Như vậy, cho đến nay, có thể sử dụng cả dòng điện thao tác một chiều và xoay chiều thích hợp với nguồn năng lượng một chiều và xoay chiều. Sự phân bố dòng điện thao tác của hệ thống điều khiển và kiểm tra được thực hiện tập trung hoặc phân tán.

### 9.2.1. Sơ đồ tập trung sự phân phối dòng điện thao tác

Trong trường hợp này các thiết bị điện mạch nhị thứ được cấp điện từ một hay vài nguồn năng lượng phụ. Kết quả là xuất hiện lưới phân phối nhánh. Công suất nguồn phải đảm bảo đủ cung cấp dòng điện thao tác cho các thiết bị điện. Với nhiệm vụ của nguồn như vậy, người ta sử dụng các bộ ác quy, làm việc song song với máy nạp, hoặc là lưới điện xoay chiều ba pha của mạch điện tự dùng 380/220V.

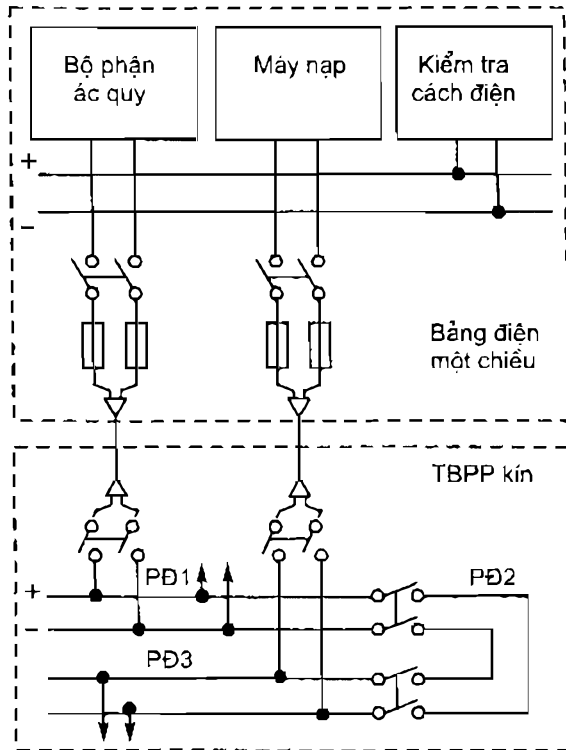
#### **a) Trung tâm cung cấp điện từ ác quy và máy nạp**

Trong điều kiện làm việc bình thường, các hộ tiêu thụ dòng điện thao tác được cung cấp từ máy nạp điện (động cơ -- máy phát) hay từ các thiết bị chính lưu, hoặc từ các bộ ác quy mà nó chỉ xem như phụ tải. Do đó khi cắt máy nạp thì ác quy trở thành nguồn cung cấp năng lượng cho tất cả

các phụ tải. Đồng thời với sự cung cấp tập trung từ ác quy sẽ làm tăng vốn đầu tư và phức tạp cho vận hành. Vì vậy, người ta chỉ dùng ác quy làm nguồn dòng thao tác khi công suất nhà máy điện và trạm biến áp khu vực lớn. Để phân nhánh lưới phân phối mà không làm giảm độ tin cậy cung cấp dòng điện thao tác, người ta có thể dùng các biện pháp sau:

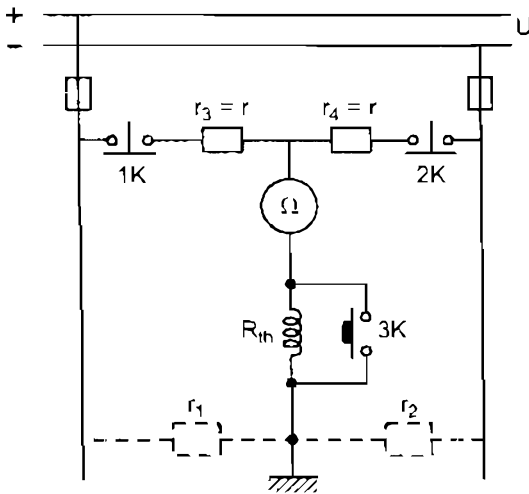
Những nhóm thiết bị có mục đích khác nhau thì cung cấp bằng đường dây độc lập, bảo vệ bằng cầu chì độc lập. Phù hợp với điều đó người ta thường phân chia thành lưới cung cấp điện từ để đóng máy cắt điện, lưới điều khiển, bảo vệ và tự động hóa, lưới tín hiệu và cuối cùng là lưới cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ động lực. Mỗi nhóm hộ tiêu thụ được cung cấp từ một vài phân đoạn và được đảm bảo bằng nguồn cung cấp dự phòng.

Hình 9.4 cho biết sơ đồ cung cấp điện từ đóng máy cắt điện, đặt trong thiết bị phân phối kín.



Hình 9.4. Sơ đồ cung cấp điện cho cuộn đóng máy cắt điện

Các thanh dẫn dòng điện một chiều đặt dọc theo tòa nhà thiết bị phân phối kín và phân đoạn theo số phân đoạn của thiết bị phân phối kín. Liên hệ giữa các phân đoạn nhờ dao cách ly, còn liên hệ với thanh góp của ác quy



Hình 9.5. Sơ đồ cầu kiểm tra cách điện

được thực hiện bằng hai đường dây theo sơ đồ vòng; bình thường cắt nhờ một trong các dao cách ly phân đoạn. Trong bảng thanh cái dòng điện một chiều (trung tâm cung cấp) người ta đặt thiết bị kiểm tra cách điện cho phép thực hiện kiểm tra tình trạng cách điện của lưới dòng điện thao tác. Sự giảm điện trở cách điện của một trong các cực của thiết bị nguồn có thể dẫn đến những điều bất lợi tiếp theo: sự phân nhánh lưới phân phối luôn luôn có thể xuất hiện điểm ngắn mạch chạm đất

thứ hai, do đó xuất hiện mạch vòng chạm đất, kết quả là các tiếp điểm của khóa điều khiển hay của role nào đó có thể kích thích đóng hay cắt máy cắt điện sai. Thiết bị kiểm tra cách điện cho phép trong bất kỳ thời điểm nào cũng đánh giá được điện trở cách điện của dòng điện thao tác, còn khi cách điện của một cực nào đó giảm đến mức độ nguy hiểm (đến  $15 \div 20k\Omega$  với lưới điện áp 220V và  $6 \div 10k\Omega$  với lưới điện áp 110V) thì tín hiệu ánh sáng và chuông sẽ tác động. Thiết bị kiểm tra cách điện được tạo nên theo nguyên lý cầu hình 9.5. Hai nhánh của cầu là các điện trở bằng nhau  $r_3 = r_4 = r$ , điện trở cách điện của các điện cực là  $r_1$  và  $r_2$ . Một đường chéo của cầu đặt điện áp cấp cho thiết bị, một nhánh khác được nối với điện kế và role tín hiệu  $R_n$  có điện trở tổng  $r_n$ . Điện áp nhánh  $U_n$  và dòng điện nhánh  $I_n$  xác định theo biểu thức sau:

$$U_n = U \frac{r_1 - r_2}{\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} + r_n + \frac{r_3 r_4}{r_3 + r_4}} \quad (9.1)$$

Và dòng điện chạy trong nhánh giữa của cầu là:

$$I_n = \frac{U_n}{r_n} = U \frac{\frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2} - \frac{r_3 - r_4}{r_3 + r_4}}{\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} + r_n + \frac{r_3 r_4}{r_3 + r_4}} \quad (9.2)$$

Ở đây U là điện áp giữa các cực của nguồn cung cấp.

Nếu điện trở các cực bằng nhau ( $r_1 = r_2$ ), cầu cân bằng, nghĩa là  $U_n = 0$  và  $I_n = 0$ . Nếu điện trở cách điện của một cực nào đó giảm xuống, cầu mất cân bằng, do đó xuất hiện dòng điện chạy trong nhánh của cầu. Hướng của dòng điện phụ thuộc vào cực có điện trở cách điện giảm xuống. Để đánh giá được trị số điện trở cách điện  $r_1, r_2$  cần phải có những phép đo bổ sung. Với mục đích đó ta tiến hành nối tắt rơle tín hiệu lại bằng nút bấm 3K, sau đó lần lượt cho hở mạch bằng các nút bấm 1K và 2K của cầu. Mỗi lần làm như vậy sẽ đo được dòng điện trong nhánh qua điện kế. Khi  $r_3 = \infty$  và  $r_4 = r$ , từ biểu thức (9.2) ta có:

$$I_n = -\frac{U_{r_2}}{r_1 r_2 + (r_1 + r_2)(r + r_n)} \quad (9.3)$$

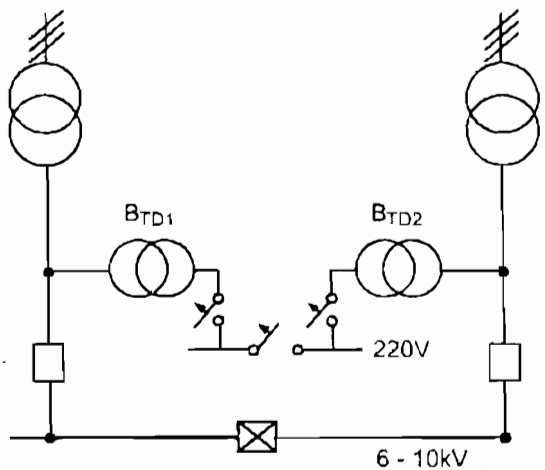
Khi  $r_4 = \infty$  và  $r_3 = r$  ta có:

$$I_n = \frac{U_{r_1}}{r_1 r_2 + (r_1 + r_2)(r + r_n)} \quad (9.4)$$

Trong đó:  $r_n$  là điện trở của điện kế. Biết được các giá trị  $I_n', I_n''$  và biết được các thông số của cầu  $r, r_n$  theo biểu thức (9.3) và (9.4) ta dễ dàng xác định được điện trở cách điện của các cực  $r_1$  và  $r_2$ . Thang của điện kế có thể tính trực tiếp theo Ôm ( $\Omega$ ), do đó việc dùng thiết bị kiểm tra cách điện sẽ trở nên đơn giản hóa hơn nhiều.

### b) Trung tâm cung cấp từ lưới điện tự dùng

Trong các nhà máy điện và trạm biến áp công suất không lớn thì việc đặt các bộ ác quy là không thỏa đáng về mặt kinh tế. Các thiết bị thứ cấp thường được cung cấp từ bảng điện tự dùng với điện áp xoay chiều ba pha 380/220V. Nếu cần dòng điện thao tác một chiều thì người ta đặt bộ chỉnh lưu. Các tủ điện phân đoạn 220V nối qua máy biến áp tự dùng đến thiết bị phân phối từ 6 đến 10kV. Để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện cho mạch dòng thao tác thì các máy biến áp tự dùng cần phải được nối vào



Hình 9.6. Sơ đồ máy biến áp tự dùng của trạm biến áp cấp điện cho thiết bị mạch nhị thứ

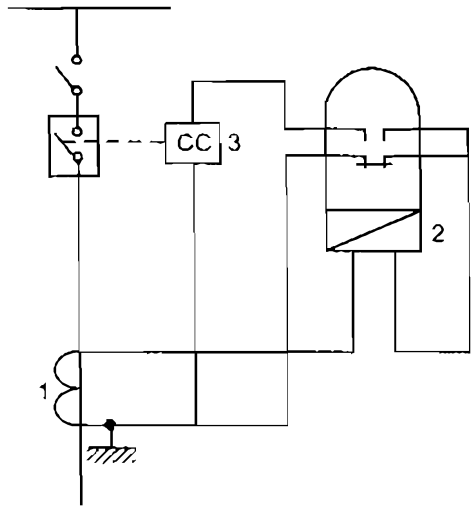
sơ đồ nhất thứ mà không có liên lạc trực tiếp về điện giữa chúng với nhau. Trên hình 9.6 đã chỉ ra sơ đồ của máy biến áp tự dùng  $B_{TD1}$  và  $B_{TD2}$  dùng để cấp điện cho mạch nhị thứ trong trạm đặt hai máy biến áp không có máy cắt điện phía điện áp cao.

### 9.2.2. Các sơ đồ phân phối dòng điện thao tác

Chính các mạch điện nhất thứ hay các thanh góp chung là nguồn cung cấp dòng điện thao tác cho dạng sơ đồ này. Nhằm mục đích này, người ta sử dụng máy biến dòng điện, máy biến điện áp hay các tụ điện. Sự tiếp nhận dòng điện xoay chiều trực tiếp được sử dụng như là dòng điện thao tác hoặc được chỉnh lưu nhờ các thiết bị chỉnh lưu bán dẫn.

#### a) Nguồn cung cấp qua máy biến dòng điện

Trong chế độ làm việc bình thường thì công suất qua máy biến dòng điện là bé, không vượt quá vài chục vôn-ampe; còn khi xảy ra ngắn mạch thì công suất này tăng lên tỷ lệ thuận với bình phương dòng điện sơ cấp. Chính vì vậy máy biến dòng có thể được dùng để cung cấp cho mạch thao tác dòng điện của bảo vệ rơle.



Hình 9.7. Sơ đồ dùng máy biến dòng điện cung cấp cho mạch thao tác bảo vệ dòng điện cực đại

Trên hình 9.7 chỉ ra sơ đồ một sợi của bảo vệ dòng điện cực đại. Trong chế độ làm việc bình thường, cuộn cắt điện từ 3 của bộ truyền động máy cắt điện hở mạch, và cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng điện quá tải nhưng không lớn, điện trở cuộn dây rơle khoảng  $0,4\Omega$ . Khi xảy ra ngắn mạch thì cuộn cắt điện từ 3 khép mạch và dẫn tới máy cắt điện bị cắt, loại trừ phần tử ngắn mạch ra khỏi hệ thống.

Máy biến dòng điện sử dụng ở đây cần phải thỏa mãn hai yêu cầu: Đó là sai số của rơle không được quá 10% và công suất của máy biến dòng điện cần phải đủ để cuộn dây cắt điện từ của bộ truyền động máy cắt điện làm việc tin cậy.

Công suất chọn máy biến dòng điện được xác định theo biểu thức sau:

$$S = I_2^2 Z_2 = \left( \frac{|i_1 - i_0|}{K_w} \right)^2 Z_2 \quad (9.5)$$

Trong đó:

$I_1, I_2$  – dòng điện sơ cấp và thứ cấp của máy biến dòng điện.

$I_0$  – dòng điện từ hóa.

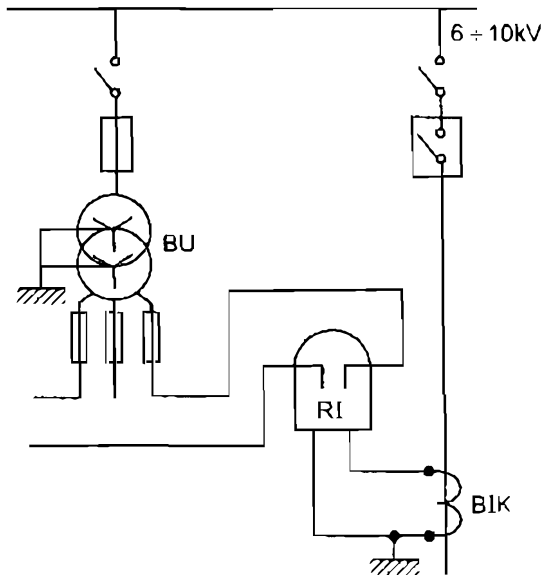
$K_w$  – tỷ số vòng dây của cuộn thứ cấp với cuộn sơ cấp.

$Z_2$  – tổng trở mạch thứ cấp.

### b) Nguồn cung cấp qua máy biến điện áp

Máy biến điện áp có thể sử dụng để cung cấp điện cho mạch điều khiển và kiểm tra trong chế độ làm việc bình thường cũng như không bình thường, không kéo theo sự giảm điện áp nhiều.

Từ đây có thể đưa vào mạch điều khiển bảo vệ quá tải, bảo vệ một pha ngắn mạch chạm đất trong lưới có trung tính cách điện đối với đất, thiết bị tự động đóng nguồn dự trữ v.v... Hình 9.8 là sơ đồ cung cấp điện cho mạch bảo vệ chống chạm đất. Để cung cấp cho mạch tín hiệu của rơle dòng điện RI, mà nó nối đến máy biến dòng thứ tự không (BIK), thì người ta dùng điện áp dây của máy biến điện áp BU. Khi xảy ra ngắn mạch chạm đất tại một điểm bất kỳ của lưới điện thì điện áp dây không thay đổi. Nếu công suất của máy biến điện áp đủ thì đồng thời nó có thể cung cấp cho các đồng hồ đo và thiết bị của mạch điều khiển, kiểm tra.



Hình 9.8. Sơ đồ dùng máy biến điện áp cung cấp cho mạch thao tác bảo vệ ngắn mạch chạm đất

## 9.3. SƠ ĐỒ ĐIỀU KHIỂN VÀ KIỂM TRA TỪ XA

Khi điều khiển một đối tượng riêng biệt và kiểm tra chế độ làm việc của nó được thực hiện theo mệnh lệnh phát ra từ cơ quan điều khiển, kiểm tra thông qua đường dây liên lạc giữa chúng thì hệ thống đó gọi là

điều khiển từ xa. Hệ thống này được dùng để điều khiển và kiểm tra các đối tượng ở cách xa nơi điều khiển từ 10 đến 100 mét trong phạm vi nhà máy điện và trạm biến áp. Hệ thống điều khiển và kiểm tra từ xa trong nhà máy điện, trạm biến áp dùng để điều khiển máy cắt điện, dao cách ly, điều chỉnh các thiết bị điện (điều chỉnh kích từ tốc độ v.v...), tín hiệu trong chế độ làm việc bình thường và sự cố của các đối tượng riêng biệt và các dạng tín hiệu đặc biệt khác.

### 9.3.1. Điều khiển từ xa bằng máy cắt điện

Điều khiển từ xa bằng máy cắt điện có thể thực hiện bằng tay tại trạm điều khiển hoặc bằng tự động do các rơle bảo vệ hay các cơ cấu tự động. Khi điều khiển bằng tay, thông qua khóa điều khiển người ta truyền lệnh đến bộ truyền động máy cắt điện. Sơ đồ điều khiển từ xa được tạo nên phải phù hợp với loại điều khiển máy cắt điện, bộ truyền động của nó và khóa điều khiển.

#### a) Khóa điều khiển

Từ những năm 1970 trở về trước, người ta sử dụng rất rộng rãi khóa điều khiển tổng hợp loại K và MK để điều khiển từ xa máy cắt điện (chữ K – là khóa điều khiển, chữ M – kích thước bé). Đã từ lâu hai loại khóa này không được sản xuất nữa. Để phân biệt các loại khóa điều khiển người ta đưa thêm các âm và ký hiệu khóa. Ví dụ:

chữ  $\phi$  – biểu thị tay quay ở một vài vị trí cố định.

B – tay quay tự trở lại từ vị trí thao tác (đóng hay cắt)

C – có lắp đèn tín hiệu.

Khóa MKB $\Phi$  (hay KB $\Phi$ ) có 6 vị trí, trong đó có 4 vị trí cố định tương ứng với vị trí của tay quay khóa điều khiển (cắt – chuẩn bị đóng – đóng – chuẩn bị cắt), còn hai vị trí (đã đóng – đã cắt) ứng với lúc tay quay của khóa trở lại vị trí ban đầu xuất phát. Ví dụ để đóng máy cắt điện bằng khóa điều khiển ta thực hiện như sau:

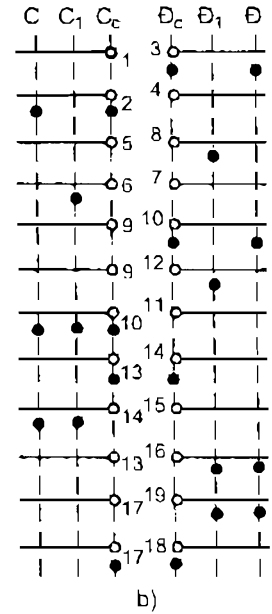
– Quay tay cầm của khóa điều khiển 90° theo chiều kim đồng hồ, tức là chuyển từ vị trí xuất phát ban đầu "đã cắt" sang vị trí "chuẩn bị đóng".

– Quay tiếp 45° theo chiều kim đồng hồ sang vị trí "đóng".

– Thả tay rời khỏi khóa điều khiển, cơ cấu quay cơ khí sẽ tự chuyển về vị trí "đã đóng", lúc này khóa quay 45° ngược chiều kim đồng hồ.

Trên hình 9.9 trình bày sơ đồ biểu diễn khóa điều khiển loại MKB $\Phi$  (KB $\Phi$ ) có 5 hộp đầu tiếp xúc tiêu chuẩn.

Loại công tắc		1a	4	6a	40	20										
Vị trí khoá	Dấu hiệu quy ước		Số tiếp điểm													
	Ký hiệu	Tay cầm	1-3	2-4	5-8	6-7	9-10	9-12	10-11	13-14	14-15	13-16	17-19	17-18		
Đã cắt	C		-	x	-	-	-	-	x	-	x	-	-	-		
Chuẩn bị đóng	Đ <sub>C</sub>		x	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x		
Đóng	Đ <sub>1</sub>		-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-		
Đã đóng	Đ		x	-	-	-	x	-	-	-	-	x	x	-		
Chuẩn bị cắt	C <sub>c</sub>		-	x	-	-	-	-	x	x	-	-	-	x		
Cắt	C <sub>1</sub>		-	-	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-		



a)

b)

**Hình 9.9. Biểu đồ khóa điều khiển loại MKBΦ (KBF)**

a) Ký hiệu sơ đồ khóa điều khiển: dấu X : các tiếp điểm đóng; dấu - : các tiếp điểm cắt.

b) Vị trí đóng – cắt đầu tiếp xúc của khóa điều khiển: dấu "•" chỉ vị trí đóng của đầu tiếp xúc.

Người ta phân biệt hai loại tiếp điểm:

a) Tiếp điểm thao tác dùng để truyền các lệnh điều khiển (tiếp điểm 5–8, 6-7 và 9–12). Các tiếp điểm này được đóng lại trong thời gian truyền lệnh.

b) Tiếp điểm tín hiệu dùng để chỉ tín hiệu vị trí của máy cắt điện. Ví dụ tiếp điểm 2–4, 13–14; thường có hai vị trí cố định tùy thuộc vào vị trí tay quay của khóa điều khiển.

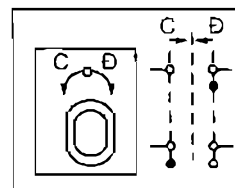
Đối với khóa điều khiển không cố định tay quay như khóa MKB có ba vị trí:

– Đóng (tay quay theo chiều kim đồng hồ 45°).

– Cắt (tay quay ngược chiều kim đồng hồ 45°).

– Vị trí trung gian, khóa quay từ vị trí đóng sang vị trí cắt.

Như vậy việc truyền lệnh điều khiển được thực hiện bằng cách quay khóa điều khiển như hình 9.10.

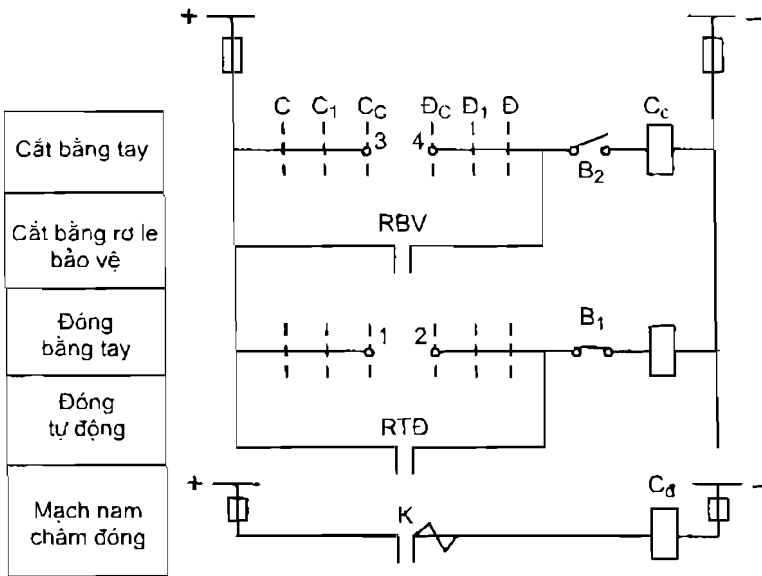


**Hình 9.10. Sơ đồ khóa MKB**



**b) Điều khiển từ xa bằng máy cắt điện với bộ truyền động điện từ**

Các thành phần lực của bộ truyền động điện từ là nam châm hút lõi thép. Lực điện từ của cơ cấu truyền động đóng máy cắt điện lớn, ngược lại, lực điện từ của cơ cấu cắt máy cắt điện thì bé hơn. Công suất điện từ khi đóng phải lớn vì nó phải thắng được lực ép của lò xo máy cắt điện khi cắt. Để đóng máy cắt điện từ xa bằng khóa điều khiển phải nối tắt mạch cung cấp của cuộn dây điện từ đóng. Còn để cắt máy cắt điện từ xa bằng khóa điều khiển thì tín hiệu đưa đến bộ truyền động nối tắt cuộn điện từ cắt với công suất bé, vì chỉ cần giải phóng chốt cơ khí. Máy cắt điện được cắt bằng lò xo cắt. Các cuộn dây điện từ đóng hay cắt được tính toán theo dòng điện tức thời chạy qua nó. Trên hình 9.11 trình bày sơ đồ mạch điều khiển từ xa bằng máy cắt điện với bộ truyền động điện từ của khóa điều khiển loại KBΦ (KCBΦ). Vị trí của tất cả các tiếp điểm đã chỉ ứng với trường hợp máy cắt điện đang cắt. Tình trạng sơ đồ như vậy được xem là bình thường.



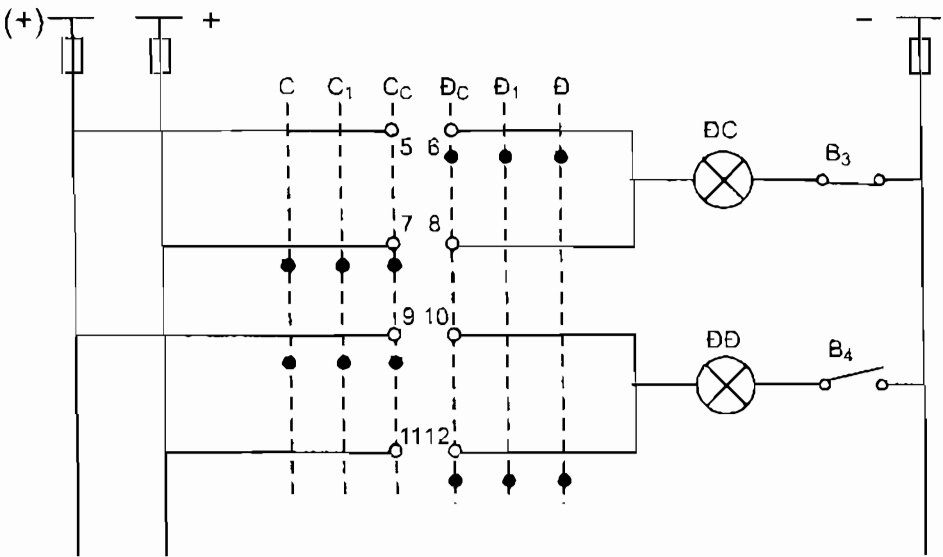
**Hình 9.11. Sơ đồ điều khiển từ xa bằng máy cắt điện với bộ truyền động điện từ (khóa KBΦ)**

Khởi tiếp điểm của máy cắt điện có đủ lực để tạo nên sự đứt mạch điều khiển, làm nhẹ điều kiện làm việc của tiếp điểm rơle cũng như khóa điều khiển. Khi bảo vệ rơle tác động thì đóng tiếp điểm của rơle bảo vệ RBV hay tiếp điểm của rơle tự động RTĐ lại. Như vậy, mạch cuộn đóng hay cuộn cắt sẽ được khép kín để đóng hay cắt máy cắt điện. Điều này

cũng giống như khi tay quay khóa điều khiển đưa về vị trí đóng hay cắt. Việc đóng máy cắt điện từ xa được thực hiện bằng cách đưa lệnh điều khiển đến cuộn dây trung gian K bằng tay (nhờ tiếp điểm thao tác 1-2 của khóa điều khiển) hay bằng tự động (nhờ đóng song song tiếp điểm của rơle tự động). Kết thúc quá trình đóng thì khối tiếp điểm B<sub>1</sub> sẽ cắt mạch đóng, còn khối tiếp điểm B<sub>2</sub> nối mạch lại để chuẩn bị cho mạch cắt.

**c) Tín hiệu chỉ vị trí máy cắt điện**

Trong sơ đồ điều khiển từ xa bằng máy cắt điện cần phải có tín hiệu báo vị trí đóng hay cắt của máy cắt điện khi làm việc bình thường cũng như khi có sự cố. Tín hiệu làm việc cần phải phân biệt khi điều khiển bằng tay hay bằng tự động (dưới tác dụng của rơle bảo vệ, tự động đóng). Trường hợp thứ nhất người thao tác cần thiết chỉ ra tín hiệu ánh sáng vị trí của máy cắt điện. Khi tự động, dưới tác dụng của tín hiệu chuông làm cho người thao tác phải đặc biệt chú ý. Người ta sử dụng đèn màu để chỉ vị trí đóng, cắt của máy cắt điện, cụ thể đèn màu xanh (ĐC) chỉ vị trí cắt của máy cắt điện, đèn đỏ (ĐĐ) chỉ vị trí đóng của máy cắt điện.



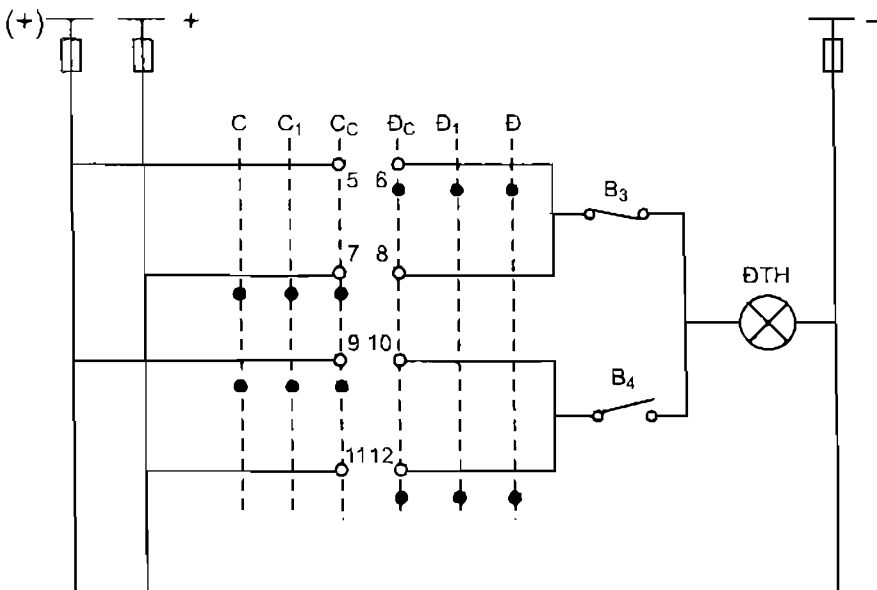
Hình 9.12. Sơ đồ tín hiệu ánh sáng chỉ vị trí máy cắt điện 2 đèn tín hiệu và khóa MKBΦ (KBΦ)

Trên hình 9.12 và 9.13 cho ta một sơ đồ phổ biến nhất về tín hiệu ánh sáng chỉ vị trí của máy cắt điện: Với sơ đồ có hai đèn tín hiệu ánh sáng đặt cạnh khóa điều khiển loại MKBΦ (KBΦ); Với sơ đồ có một đèn tín hiệu ánh sáng dùng khóa điều khiển MKCBΦ (KCBΦ).

Trong tất cả các sơ đồ tín hiệu sự cố chỉ sự thay đổi vị trí của máy cắt điện được thực hiện bằng ánh sáng nhấp nháy.

Trong sơ đồ hai đèn (hình 9.12) vị trí bình thường của máy cắt điện được phát tín hiệu bằng ánh sáng liên tục tương ứng với màu đèn. Khi có sự cố làm thay đổi vị trí của máy cắt điện thì đèn sẽ chiếu sáng nhấp nháy. Ví dụ khóa điều khiển đang ở vị trí đã đóng nhưng máy cắt điện lại ở vị trí đã cắt hay ngược lại, khóa điều khiển ở vị trí đã cắt, còn máy cắt điện lại ở vị trí đã đóng. Nói cách khác vị trí của khóa điều khiển và máy cắt điện không tương ứng nhau. Để khử ánh sáng nhấp nháy lúc này người vận hành cần chuyển khóa điều khiển về vị trí phù hợp với vị trí của máy cắt điện, đèn tín hiệu trở lại vị trí phát sáng bình thường.

Trong sơ đồ một đèn (hình 9.13) chỉ vị trí máy cắt điện theo vị trí tay quay của khóa điều khiển và tình trạng sáng của đèn tín hiệu (ĐTH) trong mạch điều khiển. Khi ánh sáng đèn bình thường chứng tỏ vị trí tay quay khóa điều khiển tương ứng với vị trí máy cắt điện. Khi đèn sáng nhấp nháy chứng tỏ vị trí khóa điều khiển và máy cắt điện không tương thích nhau.

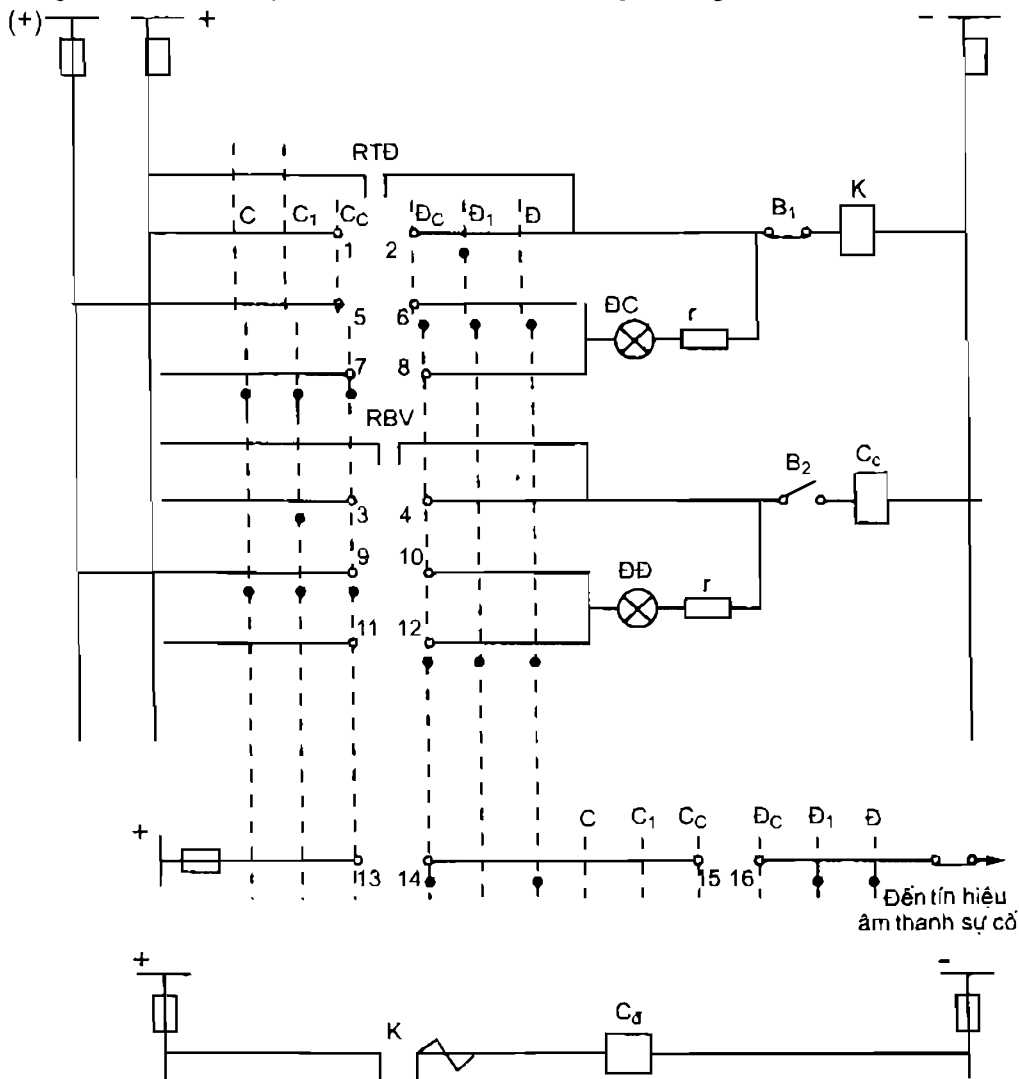


Hình 9.13. Sơ đồ tín hiệu ánh sáng chỉ vị trí máy cắt điện, một đèn tín hiệu và khóa MKCBΦ (KCBΦ)

#### d) Kiểm tra mạch điều khiển

Sự phá hoại hoàn toàn mạch điều khiển từ xa có thể gây nên hậu quả đặc biệt nguy hiểm khi sự điều khiển tự động không được thực hiện. Ví

dụ như máy cắt đường dây từ chối không làm việc khi cắt bằng bảo vệ rơle, điều này sẽ dẫn tới cắt không chọn lọc tất cả đường dây nối với thanh góp phân đoạn. Vì vậy, cần phải thường xuyên kiểm tra mạch thao tác đối với tất cả máy cắt điện. Người ta thường dùng tín hiệu đèn và âm thanh để kiểm tra các mạch thao tác. Hình 9.14 giới thiệu mạch điều khiển với hai đèn tín hiệu chỉ vị trí của máy cắt điện, các đèn này cũng dùng để kiểm tra mạch thao tác xem có tốt hay không.



Hình 9.14. Sơ đồ điều khiển và tín hiệu với ánh sáng kiểm tra mạch điều khiển khóa KBΦ

Nguồn cung cấp điện cho đèn cắt ĐC đi qua khối tiếp điểm  $B_1$  và công tắc đóng mạch K, còn nguồn cung cấp điện cho đèn đóng ĐĐ qua khối tiếp điểm  $B_2$  và cuộn dây điện từ cắt  $C_c$ . Khi máy cắt điện đóng thì đèn ĐC nối tiếp với công tắc tơ K đóng vào mạch thanh góp  $\pm$ . Như vậy đèn ĐC sáng bình thường, điều này có nghĩa là máy cắt điện đã cắt (tiếp điểm  $B_1$  khép kín) và mạch thao tác đóng là tốt. Khi đóng máy mà đèn đỏ ĐĐ sáng chỉ vị trí của nó và ta kiểm tra mạch cắt tốt. Trong các mạch đèn ĐC và ĐĐ đều có lắp thêm một điện trở phụ r. Trị số của nó được chọn sao cho khi ngắt mạch ở chân đèn thì dòng điện trong mạch điều khiển phải nhỏ hơn dòng điện qua cuộn cắt và công tắc tơ K. Trong nhiều trường hợp người ta thích dùng tín hiệu chuông để kiểm tra mạch điều khiển.

### e) Điều khiển chọn lọc

Những sơ đồ đã khảo sát ở trên về sự điều khiển từ xa bằng máy cắt điện, các thiết bị được dùng với điện áp từ 110 đến 220V và liên quan đến bộ truyền động máy cắt điện với bảng điều khiển bằng hai hay nhiều dây dẫn. Đối với các nhà máy điện công suất lớn, số lượng máy cắt điện điều khiển từ xa nhiều, cách xa bằng điều khiển, điều này có liên quan đến việc chế tạo tấm panen của bảng điều khiển sẽ công kênh, số lượng dây dẫn phục vụ cho đo lường – kiểm tra cũng nhiều. Vì vậy, cần phải nghiên cứu giải pháp mới. Đó chính là lý do đưa ra khả năng ứng dụng điều khiển lựa chọn. Khi điều khiển lựa chọn, người ta sử dụng thiết bị điện yếu làm việc với điện áp thấp từ 48 đến 60V. Mỗi đối tượng điều khiển có một đường dây liên lạc với bảng điều khiển. Việc áp dụng điều khiển lựa chọn bằng điện áp thấp cho phép giảm một cách đáng kể kích thước tủ điều khiển, giảm được số lượng và tiết diện ruột cáp kiểm tra, đo lường.

Vì vậy các sơ đồ điều khiển lựa chọn máy cắt điện ngày nay đã được ứng dụng trong các nhà máy điện công suất lớn.

### 9.3.2. Hệ thống tín hiệu

Những sơ đồ điều khiển và kiểm tra từ xa có nhiều dạng tín hiệu khác nhau. Các tín hiệu này được người vận hành phát hiện trên bảng điều khiển mà không nhìn thấy đối tượng phục vụ. Tùy theo mục đích người ta phân chia ra các dạng tín hiệu như sau:

- Tín hiệu chỉ vị trí.
- Tín hiệu chỉ huy.
- Tín hiệu báo trước.
- Tín hiệu sự cố.

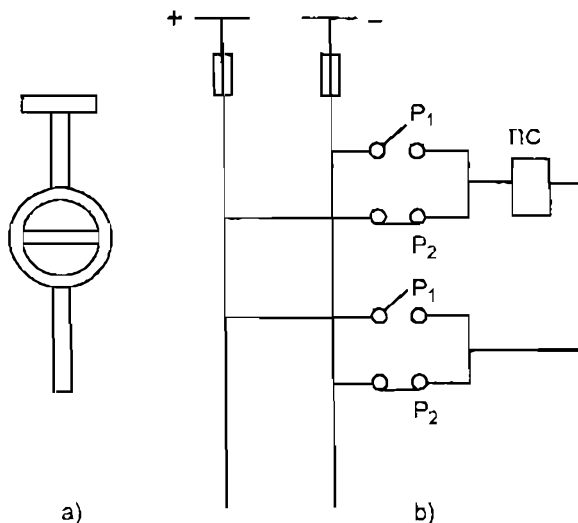
Tín hiệu chỉ vị trí cho người vận hành biết trạng thái đóng, cắt của các thiết bị như máy cắt điện, dao cách ly; các thiết bị điều chỉnh trong mạch của đối tượng, kiểm tra bảng điều khiển. Tín hiệu chỉ huy nối liền bảng điều khiển với các nơi làm việc riêng biệt; cho phép người trực vận hành tại bảng điều khiển nhanh chóng truyền các mệnh lệnh quan trọng đến các nơi làm việc riêng biệt và nhận được các thông tin về sự thực hiện của các nơi đó. Các dạng tín hiệu còn lại nhằm báo tin cho người trực vận hành bảng điều khiển biết tình trạng làm việc không bình thường (tín hiệu báo trước) hoặc tình trạng sự cố (tín hiệu sự cố) của các chế độ làm việc.

Các tín hiệu này được thực hiện bằng ánh sáng đèn hay âm thanh.

**a) Tín hiệu chỉ vị trí của máy cắt điện**

Tín hiệu này được biểu diễn khi khảo sát sơ đồ điều khiển từ xa. Đèn đỏ ĐĐ chỉ vị trí máy cắt điện đóng, đèn xanh ĐC chỉ vị trí cắt của máy cắt điện. Khi ánh sáng đèn bình thường chứng tỏ việc đóng cắt tốt, chế độ làm việc bình thường; còn ánh sáng đèn nhấp nháy chỉ tình trạng sự cố. Sơ đồ này đã trình bày ở hình 9.12 và 9.13.

Đối với tín hiệu chỉ vị trí của dao cách ly, điều khiển bằng tay, người ta dùng dụng cụ báo hiệu ПС như thể hiện trên hình 9.15.



**Hình 9.15. Tín hiệu chỉ vị trí dao cách ly với thiết bị ПС**  
 a) Dụng cụ báo hiệu; b) Sơ đồ tín hiệu.

Về mặt cấu tạo thì ПС bao gồm một nam châm điện, phản ứng và gắn liền với cái chỉ vị trí. Khi dao cách ly cắt, khối tiếp điểm P<sub>2</sub> khép

mạch thì cuộn dây của PIC có dòng điện đi qua theo một hướng nào đó, và cái chỉ vị trí nằm ngang. Ngược lại, khi dao cách ly đóng thì khối tiếp điểm  $P_1$  khép mạch dòng điện đi qua PIC theo hướng ngược lại và do đó cái chỉ vị trí nằm thẳng đứng. Khi không có dòng điện đi qua cuộn dây thì cái chỉ vị trí nghiêng  $45^\circ$  (vị trí trung gian).

### **b) Tín hiệu sự cố**

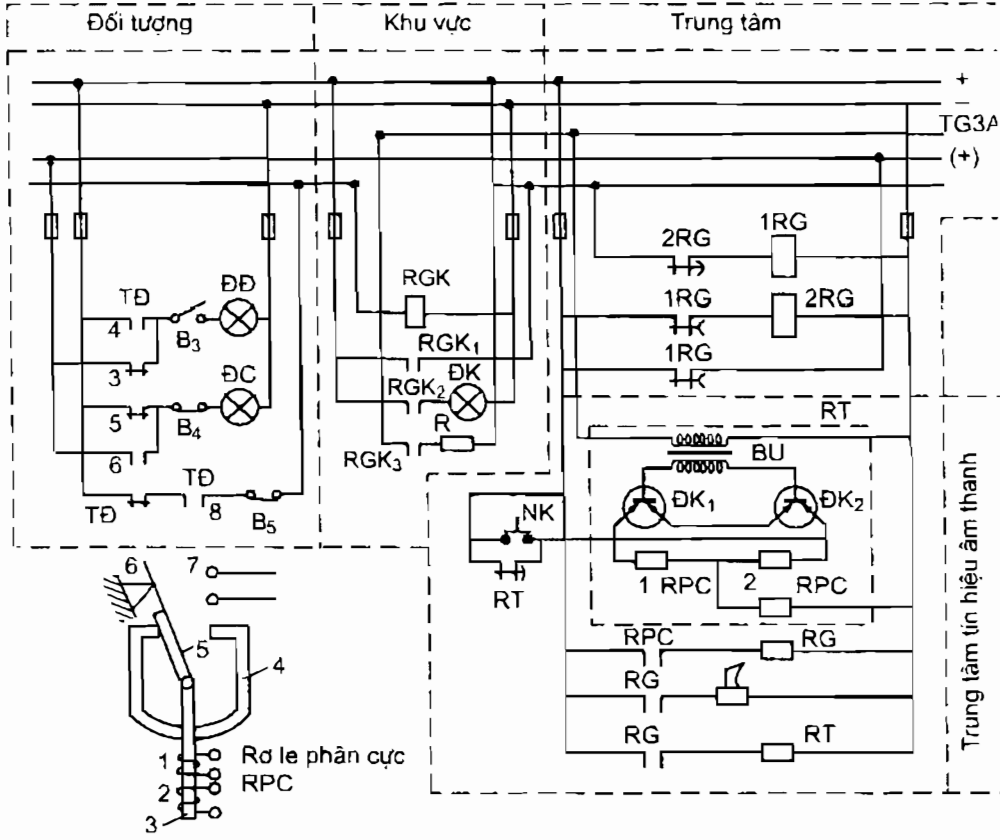
Khi có sự cố xảy ra dưới tác dụng của bảo vệ rơ le máy cắt điện sẽ cắt ra. Lúc này xuất hiện tín hiệu chuông ở trung tâm điều khiển nhằm lôi cuốn sự chú ý của người vận hành. Đồng thời có tín hiệu ánh sáng nhấp nháy báo mạch nào đang sự cố. Cả hai tín hiệu âm thanh và ánh sáng nhấp nháy đều thực hiện trên nguyên tắc không tương thích giữa vị trí khóa điều khiển và máy cắt điện. Tất nhiên tín hiệu âm thanh phải được người trực nhật loại bỏ.

Trên hình 9.16 trình bày một cách đầy đủ mạch tín hiệu sự cố: đối tượng, thiết bị và trung tâm điều khiển. Có hai đèn tín hiệu, đèn đóng ĐĐ và đèn cắt ĐC để chỉ các vị trí của máy cắt điện. Sơ đồ này được ứng dụng rộng rãi với tín hiệu âm thanh đặt tại trung tâm và chuẩn bị tác động trở lại nhờ sử dụng rơ le tín hiệu xung RTX. Nó được tạo nên từ máy biến áp BU, khuếch đại bằng đèn ba cực bán dẫn ĐK<sub>1</sub> và ĐK<sub>2</sub> và rơ le tín hiệu phân cực RPC. Rơ le phân cực RPC là một nam châm điện và hai cuộn dây 1, 2 và một lõi chung 3, nam châm cố định 4, phần ứng 5 được gá vào tiếp điểm của cầu 6. Với sự xuất hiện của thanh góp TG-3A (dấu +), cuộn dây sơ cấp của máy biến áp BU đưa ra điện áp của dòng điện một chiều, còn cuộn dây thứ cấp và cuộn dây 1 của rơ le phân cực thì xuất hiện dòng điện tức thời của quá trình quá độ (dòng điện xung). Phần ứng 5 được từ hóa và bị kéo về phía cực ngược lại của nam châm cố định 4. Như vậy sẽ nối tắt tiếp điểm cố định 7. Cuộn dây dòng điện của rơ le trung gian RTG tác động và tín hiệu âm thanh xuất hiện. Để khử tín hiệu âm thanh, người ta sử dụng cuộn dây 2 của rơ le phân cực RPC. Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây 2 thì phần ứng sẽ quay hướng ngược lại, tiếp điểm của rơ le phân cực hở ra và sơ đồ trở lại trạng thái ban đầu.

### **c) Tín hiệu báo trước**

Nhằm báo cho người vận hành biết các chế độ làm việc không bình thường của đối tượng như quá tải của máy phát điện, máy biến áp, sự nguy hiểm do nhiệt độ máy biến áp tăng cao, chế độ làm việc của máy biến áp, sự làm việc của bảo vệ khí, ngắn mạch chạm đất một pha trong

mạng điện trung tính cách điện hay tình trạng không bình thường của mạch thứ cấp phụ (phá hoại cách điện bình thường, giảm hay mất điện áp nguồn...).



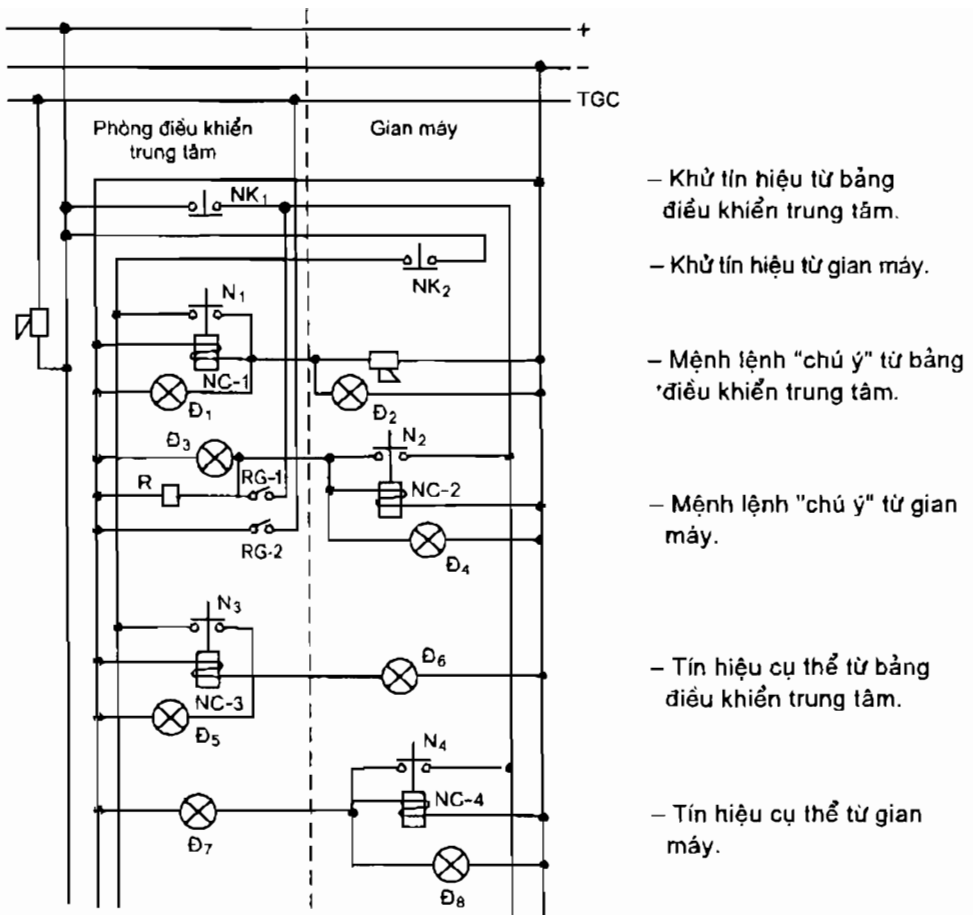
Hình 9.16. Sơ đồ tín hiệu sự cố bằng điều khiển

Sơ đồ tín hiệu cảnh báo trước ở trung tâm được xây dựng trên nguyên tắc của sơ đồ tín hiệu sự cố. Sự cắt tín hiệu trung tâm và chuẩn bị tác động trở lại là nhờ rơle tín hiệu xung. Tín hiệu âm thanh được loại bỏ nhờ nút ấn N đặt tại trung tâm. Bảng ánh sáng tiếp tục cháy cho đến thời điểm loại bỏ chế độ làm việc không bình thường.

**d) Tín hiệu chỉ huy**

Trong nhà máy điện tín hiệu chỉ huy đặt ở trung tâm nhà máy và gian máy. Mục đích là để truyền các mệnh lệnh chính trong nhà máy hoặc để liên lạc giữa các phân xưởng với nhau. Có nhiều dạng sơ đồ tín hiệu chỉ huy khác nhau. Hình 9.17 là một ví dụ.





Hình 9.17. Sơ đồ tín hiệu chỉ huy

$N_1, N_2, N_3, N_4$  là các nút ấn có lò xo trả về.  $\text{Đ}_1, \text{Đ}_2, \text{Đ}_3, \text{Đ}_4, \text{Đ}_5, \text{Đ}_6, \text{Đ}_7$  và  $\text{Đ}_8$  là các đèn báo tín hiệu. NC-1, NC-2, NC-3, NC-4 là các nam châm điện. Tại bảng điều khiển ấn nút  $N_1$  thì tại gian máy còi kêu, đồng thời đèn  $\text{Đ}_1, \text{Đ}_2$  sáng. Tại gian máy xuất hiện chữ "chú ý". Để khử tín hiệu âm thanh tại gian máy ấn nút NK-2. Các tín hiệu khác cũng làm việc tương tự.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 9.1. Thế nào là hệ thống điều khiển và kiểm tra trong nhà máy điện? Những cơ cấu chính của hệ thống này là gì?
- 9.2. Sơ đồ lập trung sự phân phối dòng điện thao tác có ưu, nhược điểm gì?
- 9.3. Vì sao phải xây dựng các sơ đồ điều khiển và kiểm tra từ xa trong nhà máy điện?
- 9.4. Nêu cách ký hiệu vị trí đóng, cắt các tiếp điểm của khóa điều khiển.
- 9.5. Giải thích các sơ đồ điều khiển từ xa.
- 9.6. Giải thích ý nghĩa của từng dạng tín hiệu trong nhà máy điện?

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trịnh Hùng Thám – Nguyễn Hữu Khái – Đào Quang Trạch – Lã Văn Út – Phạm Văn Hòa – Đào Kim Hoa. *Nhà máy điện & Trạm biến áp*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 1996.
2. PGS. Nguyễn Hữu Khái. *Thiết kế nhà máy điện*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1990; 1993; 1995.
3. PGS. Nguyễn Hữu Khái. *Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1999.
4. PGS. Nguyễn Hữu Khái. *Thiết kế nhà máy điện & Trạm biến áp – Phần điện*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
5. Tiến sĩ Đào Quang Trạch. *Phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
6. И.П. Крючков – Н.Н. Кувшинский – Ъ.Н. Неклепаев. *Электрическая часть Электростанций и подстанций*. Энергия Москва, 1978.
7. М. Н. Околовиц И.В. Полевая. *Сборник загад по курсу Электрическая часть Электростанций*. Москва, 1975.
8. А.А. Васильев. *Электрическая часть станций и подстанций часть первая*. Москва, 1963.
9. Под редакцией А.А. Васильева. *Электрическая часть станций и подстанций часть вторая*. Энергия Москва, 1972.
10. Л. И. Двоскин. *Схемы и конструкции распределительных устройств*. Москва, Энергия, 1974.
11. Siemens: SF<sub>6</sub> – circuit – Breakers in outdoor Design.
12. Siemens: High voltage disconnectors.
13. Merlin Gerin: Appareillage THT jusqu'à 765kV.
14. Merlin Gerin: Disjoncteur FA à auto – Soufflage de SF<sub>6</sub>–72,5 à 765kV.

# MỤC LỤC

## **Lời nói đầu**

### **Chương 1. Khái niệm chung về nhà máy điện và trạm biến áp**

1.1. Khái niệm chung và phân loại.....	5
1.2. Đồ thị phụ tải điện.....	10
1.3. Các chế độ làm việc của điểm trung tính hệ thống điện.....	14
1.4. Vài nét về tình hình phát triển của điện lực Việt Nam.....	21
Câu hỏi ôn tập.....	23

### **Chương 2. Sự phát nóng của dây dẫn và khí cụ điện**

2.1. Khái niệm chung.....	24
2.2. Nhiệt độ phát nóng cho phép của dây dẫn và khí cụ điện.....	24
2.3. Phương trình phát nóng tổng quát của dây dẫn trần đồng nhất.....	25
2.4. Tính toán nhiệt độ dây dẫn trần đồng nhất khi làm việc bình thường.....	26
2.5. Tính toán nhiệt của dây dẫn trần đồng nhất khi ngắn mạch.....	31
2.6. Xác định xung lượng nhiệt của dòng điện ngắn mạch.....	35
2.7. Ổn định nhiệt của dây dẫn và khí cụ điện.....	39
2.8. Các ví dụ.....	40
Câu hỏi ôn tập.....	43

### **Chương 3. Lực động điện trong khí cụ điện và dây dẫn**

3.1. Những biểu thức cơ bản để tính lực động điện.....	44
3.2. Tính toán lực động điện trong các trường hợp đặc biệt.....	45
3.3. Lực động điện khi ngắn mạch hai pha.....	49
3.4. Lực động điện khi ngắn mạch ba pha.....	51
3.5. Ổn định lực động điện của các khí cụ điện khi ngắn mạch.....	55
Câu hỏi ôn tập.....	58

### **Chương 4. Thanh dẫn – sứ cách điện – cáp điện lực**

4.1. Nguyên liệu, hình dáng, kích thước tiết diện ngang của thanh dẫn.....	59
4.2. Chọn tiết diện thanh dẫn cứng.....	60
4.3. Chọn tiết diện thanh dẫn mềm.....	68
4.4. Chọn sứ đỡ thanh dẫn.....	70
4.5. Chọn cáp điện lực.....	71
Câu hỏi ôn tập.....	71

### **Chương 5. Thiết bị điện cao áp**

5.1. Hồ quang khi cắt mạch điện.....	73
5.2. Máy cắt điện.....	81
5.3. Dao cách ly.....	84
5.4. Máy biến dòng điện.....	92

5.5. Máy biến điện áp.....	101
5.6. Kháng điện.....	114
Câu hỏi ôn tập.....	124
<b>Chương 6. Máy biến áp điện lực</b>	
6.1. Khái niệm chung.....	126
6.2. Làm mát máy biến áp.....	126
6.3. Máy biến áp tự ngẫu.....	128
6.4. Chế độ nhiệt của máy biến áp.....	134
6.5. Xác định khả năng quá tải của máy biến áp.....	142
6.6. Máy biến áp có cuộn dây phân chia.....	149
6.7. Lựa chọn máy biến áp trong hệ thống điện.....	152
Câu hỏi ôn tập.....	163
Biểu đồ khả năng tải của máy biến áp (từ hình 1 đến hình 36).....	165
<b>Chương 7. Sơ đồ nối điện và tự dùng của nhà máy điện và trạm biến áp</b>	
7.1. Khái niệm chung.....	174
7.2. Các dạng sơ đồ nối điện cơ bản.....	175
7.3. Sơ đồ nối điện của nhà máy nhiệt điện ngưng hơi.....	185
7.4. Sơ đồ nối điện của nhà máy điện rút hơi.....	189
7.5. Sơ đồ nối điện của nhà máy thủy điện.....	195
7.6. Sơ đồ nhà máy điện nguyên tử.....	199
7.7. Sơ đồ nối điện của trạm biến áp giảm áp.....	200
7.8. Cơ sở tính toán kinh tế – kỹ thuật so sánh các phương án.....	209
7.9. Điện tự dùng trong nhà máy điện và trạm biến áp.....	213
7.10. Hệ thống tự dùng của nhà máy thủy điện.....	226
7.11. Hệ thống tự dùng của nhà máy điện nguyên tử.....	228
7.12. Chọn máy biến áp và kháng điện tự dùng.....	231
7.13. Tự khởi động của các động cơ tự dùng.....	232
Câu hỏi ôn tập.....	233
<b>Chương 8. Thiết bị phân phối điện</b>	
8.1. Khái niệm chung.....	234
8.2. Thiết bị phân phối điện kín ở điện áp cao và siêu cao.....	247
8.3. Công nghệ chế tạo các trạm TBPP điện kiểu kín.....	249
Câu hỏi ôn tập.....	262
<b>Chương 9. Hệ thống điều khiển và kiểm tra</b>	263
9.1. Nguyên tắc chung điều khiển các thiết bị điện.....	263
9.2. Các sơ đồ phân bố dòng điện thao tác.....	268
9.3. Sơ đồ điều khiển và kiểm tra từ xa.....	273
Câu hỏi ôn tập.....	284
Tài liệu tham khảo.....	285

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI  
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc Công ty CP Sách ĐH - DN  
TRẦN NHẬT TÂN

*Biên tập nội dung và sửa bản in:*

TRẦN NGỌC KHÁNH

*Trình bày bìa:*

BÍCH LA

*Chế bản:*

TRINH THỰC KIM DUNG

---

## **GIÁO TRÌNH NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP**

**Mã số: 7B758Y9 – DAI**

In 1.000 bản (QĐ : 63), khổ 16 x 24 cm. In tại Công ty CP In Thái Nguyên.

Địa chỉ : Phường Quang Trung, TP. Thái Nguyên.

Số ĐKKH xuất bản : 427 – 2009/CXB/4 – 975/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2009.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ  
**HEVOBCO**  
25 HÀN THUYỀN - HÀ NỘI  
Website : [www.hevobco.com.vn](http://www.hevobco.com.vn)



VƯƠNG MIỀN KIM CƯƠNG  
THẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

## TÌM ĐỌC

GIÁO TRÌNH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC, CAO ĐẲNG KỸ THUẬT  
CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Lưới điện                               | PGS. TS. Trần Bách          |
| 2. Cung cấp điện                           | TS. Ngô Hồng Quang          |
| 3. Giáo trình Thiết kế cấp điện            | Vũ Văn Tắm - Ngô Hồng Quang |
| 4. Giáo trình Nhà máy điện và trạm biến áp | PGS. Nguyễn Hữu Khải        |
| 5. Vật liệu điện                           | PGS. TS. Nguyễn Đình Thắng  |
| 6. Truyền động điện                        | PGS. TS. Bùi Đình Tiểu      |
| 7. Kỹ thuật điện                           | PGS. TS. Đặng Văn Đào       |
| 8. Lý thuyết mạch điện                     | PGS. TS. Lê Văn Bằng        |

Bạn đọc có thể mua sách tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam :

- Tại TP. Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187 Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền.
- Tại TP. Đà Nẵng : 15 Nguyễn Chí Thanh ; 62 Nguyễn Chí Thanh.
- Tại TP. Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng - Quận 3 ;  
240 Trần Bình Trọng - Quận 5.
- Tại TP. Cần Thơ : 5/5, đường 30/4.

Website : [www.nxbgd.com.vn](http://www.nxbgd.com.vn)



Giá: 38.500đ