

CHƯƠNG 1

GIỚI THIỆU CHUNG VỀ MẠNG ĐIỆN

\$1-1 . CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1.1. Hệ thống điện.

Định nghĩa: Hệ thống điện là tập hợp nhà máy điện, mạng điện, trạm biến áp, trạm đóng cắt, hộ tiêu thụ điện.

Nhà máy điện là xí nghiệp công nghiệp có nhiệm vụ sản xuất ra điện năng để cung cấp cho các hộ tiêu thụ điện thông qua đường dây tải điện và các trạm biến áp. Các máy phát điện được nối với động cơ sơ cấp là các tuốc-bin. Tùy thuộc dạng năng lượng làm quay tuốc-bin người ta phân nhà máy điện thành các loại nhà máy khác nhau như nhà máy nhiệt điện, nhà máy thủy điện, nhà máy điện nguyên tử... Điện năng do nhà máy phát ra được truyền tải theo đường dây trên không hay dây cáp của mạng điện với những chiều dài khác nhau, điện áp khác nhau tùy thuộc vào khoảng cách từ nhà máy đến hộ tiêu thụ. Các trạm biến áp có nhiệm vụ tăng áp để tải điện đi xa và giảm áp để cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ.

1.1.2. Định nghĩa Mạng điện:

Định nghĩa: Mạng điện là tập hợp các đường dây trên không, đường dây cáp, trạm biến áp và thiết bị đóng cắt. Mạng điện có nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ tiêu thụ điện.

Yêu cầu mạng điện phải đảm bảo các chỉ tiêu : Độ tin cậy cung cấp điện, chất lượng điện năng, kinh tế, an toàn, tiện lợi vận hành, có khả năng phát triển.

Hệ thống năng lượng bao gồm hệ thống điện và hệ thống nhiệt.

1.1.3. Điện áp định mức.

Định nghĩa: Điện áp định mức là giá trị điện áp quy định ứng với các cấp khác nhau, điện áp này dùng để tính toán lựa chọn các thiết bị điện như máy phát, máy biến áp, thiết bị điện, cách điện đường dây...

Điện áp định mức là giá trị điện áp đảm bảo cho các thiết bị hoạt động bình thường và mang lại hiệu quả kinh tế tốt nhất.

Do phụ tải điện luôn luôn thay đổi dẫn đến điện áp $U \neq U_{dm}$ tạo nên độ lệch điện áp. Độ lệch điện áp được xác định theo biểu thức:

$$\delta U = \frac{U - U_{dm}}{U}$$

Do có độ lệch điện áp làm cho chất lượng điện năng, giảm gây thiệt hại về mặt kinh tế cho các hộ tiêu thụ điện. Do trên đường dây có tổn thất điện áp $\Delta U = U_1 - U_2$ nên để đảm bảo điện áp ở hộ tiêu thụ nằm trong giới hạn cho phép cần phải có các biện pháp điều chỉnh điện áp. Thường U_1 là điện áp đầu đường dây lớn hơn U_2 điện áp cuối đường dây ($U_1 > U_2$), còn ở các đường dây siêu cao áp U_1 có thể nhỏ hơn U_2 điều này phụ thuộc vào chế độ làm việc của mạng điện, tham số, điện áp đường dây.

1.1.4. Hộ tiêu thụ:

Là tập hợp các thiết bị sử dụng điện. Phụ tải điện là đại lượng đặc trưng cho công suất tiêu thụ của các hộ dùng điện. Tùy theo mức độ yêu cầu đảm bảo cung cấp điện có thể chia làm 3 loại hộ tiêu thụ

- Hộ loại một là những hộ tiêu thụ nếu ngừng cung cấp điện có thể gây nguy hiểm cho con người, gây thiệt hại đáng kể cho nền kinh tế, làm rối loạn các quá trình công nghệ phức tạp, phá hoại sự hoạt động của những khâu kinh tế đặc biệt quan trọng.

- Hộ loại hai là những hộ tiêu thụ nếu ngừng cung cấp điện có thể gây thiệt hại hàng loạt sản phẩm, công nhân phải nghỉ việc, cản trở sinh hoạt bình thường của một số lớn dân cư thành thị.

- Hộ loại ba là những hộ tiêu thụ không thuộc nhóm loại một và loại hai ví dụ như: những phân xưởng phụ, những xóm nhỏ...

Tuy nhiên việc phân loại hộ tiêu thụ sẽ không còn ý nghĩa trong tương lai khi các hệ thống điện phát triển và các phụ tải đều được đảm bảo cung cấp điện với độ tin cậy cao.

1.1.5. Cấu trúc đường dây.

Chia làm : Đường dây trên không, dây cáp, đường dây trong nhà.

- Các loại cột : Sắt, Bê tông, gỗ.

- Các loại dây: AC, Al, Cu, Fe .

- Cách điện: Sứ, thủy tinh, vật liệu tổng hợp. Dạng treo hoặc đỡ.

§1-2. PHÂN LOẠI MẠNG ĐIỆN.

Mạng điện được phân loại theo nhiều cách khác nhau như: theo dòng điện, theo điện áp, theo hình dáng, theo chức năng truyền tải, cung cấp, phân phối, mạng kín, mạng hở...

1.2.1. Phân loại theo dòng điện:

* Mạng điện xoay chiều: Sản xuất, truyền tải, phân phối, tiêu thụ là dòng điện xoay chiều ba pha.

* Mạng điện một chiều: Mạng điện một chiều được sử dụng ở các thiết bị có nhiệm vụ đặc biệt. Mạng điện một chiều còn được sử dụng trong việc tải điện đi xa, công suất truyền tải lớn, tải điện bằng dòng một chiều có nhiều ưu điểm như vốn đầu tư xây dựng mạng nhỏ, tổn thất trong mạng nhỏ, không phải xét đến tính ổn định của hệ thống... Tuy vậy còn có nhiều khó khăn như chế tạo các bộ chỉnh lưu, nghịch lưu công suất lớn, các thiết bị động lực, bảo vệ đắt tiền...

1.2.2. Phân loại theo điện áp.

Theo cách phân loại này người ta phân chia mạng điện thành: mạng điện áp lớn hơn 1000 V (còn gọi là mạng cao áp) mạng điện áp nhỏ hơn 1000 V (còn gọi là mạng hạ áp)

1.2.3. Phân loại theo hình dáng.

Theo cách phân loại này người ta phân chia mạng điện thành:

* Mạng điện hở là mạng điện trong đó các hộ tiêu thụ chỉ được cung cấp điện từ một phía. Khi đường dây bị sự cố việc cung cấp điện cho các phụ tải bị gián đoạn.

* Mạng điện kín là mạng điện trong đó các hộ tiêu thụ được cung cấp điện ít nhất từ hai phía. Khi một đường dây bị sự cố việc cung cấp điện cho các phụ tải vẫn được duy trì nhờ đường dây còn lại. Đối với mạng điện kín vốn đầu tư xây dựng cao, tổn thất công suất, điện năng lớn hơn mạng điện hở nhưng mức độ đảm bảo cung cấp điện tốt hơn.

1.2.4. Phân loại theo khu vực phục vụ.

Theo cách phân loại này người ta phân chia mạng điện thành:

* Mạng truyền tải: $U \geq 330KV$. Truyền tải điện năng giữa các khu vực, liên lạc giữa các hệ thống điện với nhau.

* Mạng cung cấp : $U \geq 110KV$. Cung cấp điện cho các khu vực, chiều dài đường dây lớn, liên kết các trạm biến áp trung gian với nhau (gọi là mạng khu vực).

* Mạng phân phối : $U \leq 35KV$. Có nhiệm vụ cung cấp điện cho các phụ tải, chiều dài đường dây ngắn. Mạng phân phối được chia làm ba loại: mạng thành phố, mạng xí nghiệp công nghiệp, mạng nông nghiệp (còn gọi là mạng địa phương).

Ngoài những cách phân loại trên người ta còn phân loại mạng điện theo nhiều cách khác như: mạng điện trong nhà; mạng điện ngoài trời; mạng điện trên không; mạng cáp ngầm...

§1-3 CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI MẠNG ĐIỆN.

Mạng điện phải đảm bảo các yêu cầu cơ bản sau:

1- Chi phí xây dựng và vận hành mạng điện là ít nhất đồng thời vẫn đảm bảo mức an toàn cần thiết cho việc cung cấp điện, phù hợp với yêu cầu của loại hộ tiêu thụ.

2- Đảm bảo tốt chất lượng điện năng.

3- Có khả năng phát triển trong tương lai khi phụ tải tăng.

Tính kinh tế trong việc xây dựng mạng điện được biểu thị qua vốn đầu tư. Tính kinh tế của việc vận hành mạng điện được biểu thị qua giá thành truyền tải, phân phối điện năng. Giá thành đó phụ thuộc chi phí vận hành hàng năm của mạng điện. Chi phí này bao gồm chi phí về phục vụ, tu sửa mạng điện, tiền khấu hao, tiền tổn thất điện năng trong mạng. Khi xác định vốn đầu tư và chi phí vận hành năm của mạng điện còn phải tính đến những thiệt hại kinh tế của các hộ tiêu thụ do việc cung cấp điện bị gián đoạn.

§1-4 YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI TÍNH TOÁN MẠNG ĐIỆN.

Để xây dựng mạng điện đảm bảo các yêu cầu đã nêu ở trên khi tiến hành thiết kế mạng điện chúng ta cần phải thực hiện những tính toán sau:

1/ Chọn điện áp tải điện của mạng điện.

2/ Chọn tiết diện dây dẫn hợp lý về mặt kinh tế.

3/ Kiểm tra sự phát nóng của dây dẫn trong chế độ làm việc bình thường.

4/ Kiểm tra tổn thất và độ lệch điện áp.

5/ Kiểm tra phát sinh vàng quang trên đường dây tải điện.

6/ Kiểm tra phát nóng của dây dẫn khi ngắn mạch.

Trên cơ sở tính toán kinh tế-kỹ thuật, chọn điện áp tải điện của mạng sao cho vận hành đảm bảo tính kinh tế, các chỉ tiêu chất lượng kỹ thuật cần thiết như: mức điện áp yêu cầu, tổn thất công suất và điện năng nhỏ...

Tiết diện hợp lý về mặt kinh tế của dây dẫn, cáp cần được chọn sao cho đảm bảo tính kinh tế vận hành mạng điện trong đó có xét đến vốn đầu tư, chi phí vận hành hàng năm, phí tổn kim loại màu nhỏ nhất...

Theo điều kiện phát nóng, tiết diện dây dẫn được chọn sao cho khi dòng điện phụ tải đi qua nhiệt độ của dây dẫn, ruột cáp không lớn hơn trị số cho phép để không làm hư hỏng kim loại làm dây dẫn hoặc cách điện.

Khi tính toán theo điều kiện tổn thất và độ lệch điện áp, chọn tiết diện dây dẫn sao cho tổn thất trên đường dây không vượt quá những trị số cho phép. Trong những trường hợp đặc biệt cần phải xét đến các phương tiện đặc biệt để điều chỉnh điện áp.

Ngoài ra trong một số trường hợp chúng ta cần có những tính toán khác như: tính toán quá điện áp, tính ổn định của hệ thống điện, tính toán ảnh hưởng của đường dây điện lực đối với đường dây thông tin ... đối với các đường dây điện áp cao.

Phần tính toán cơ bản cho tất cả các mạng khi đã biết điện áp tải điện là chọn tiết diện dây dẫn hợp lý về mặt kinh tế, các tính toán còn lại là tính toán kiểm tra. Đối với các loại mạng điện khác nhau, các mục tiêu tính toán khác nhau: mạng khu vực tính chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát sinh vàng quang, mạng phân phối tính chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất và độ lệch điện áp cho phép, mạng cáp tính chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng do dòng điện phụ tải và dòng điện ngắn mạch.

§1-5 CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA THIẾT BỊ ĐIỆN.

1.5.1. Các hệ tiêu thụ điện.

Chế độ làm việc của các hệ tiêu thụ điện phụ thuộc vào nhiệm vụ và cách sử dụng chúng, chúng luôn thay đổi theo thời gian. Sự thay đổi phụ tải điện của các hệ tiêu thụ hoặc của nhóm hệ tiêu thụ điện trong một ngày đêm hoặc một năm được biểu diễn bằng đồ thị phụ tải trong hệ tọa độ

vuông góc, trục hoành biểu diễn thời gian (t) là một ngày, một năm. Trục tung biểu diễn công suất phụ tải tiêu thụ có thể là công suất tác dụng P (KW), công suất phản kháng Q (KVAR), công suất toàn phần S (KVA).

Phụ tải cực đại ngày (P_{\max}) là giá trị phụ tải lớn nhất trong ngày và tồn tại từ nửa giờ trở lên. Với một tỷ lệ xích nhất định đồ thị phụ tải biểu diễn công suất tác dụng sẽ trở thành đồ thị phụ tải biểu diễn lượng điện năng tiêu thụ A (KWh) của các hộ tiêu thụ điện.

Phụ tải trung bình hàng ngày của các hộ tiêu thụ được xác định theo biểu thức sau:

$$P_{\text{tbng}} = \frac{A_{\text{ng}}}{24} \quad (1-1)$$

Trong thực tế thường sử dụng đồ thị phụ tải năm. Phụ tải cực đại (P_{\max}) là giá trị phụ tải lớn nhất trong năm và tồn tại từ nửa giờ trở lên. Với một tỷ lệ xích nhất định diện tích đồ thị phụ tải biểu diễn công suất tác dụng sẽ trở thành đồ thị phụ tải biểu diễn lượng điện năng tiêu thụ A (KWh) của các hộ tiêu thụ điện trong một năm. Phụ tải trung bình hàng năm của các hộ tiêu thụ được xác định theo biểu thức sau:

$$P_{\text{tb}} = \frac{A_n}{8760} \quad (1-2)$$

Do đặc điểm làm việc của các thiết bị trong một nhóm hộ tiêu thụ không phải đồng thời với nhau, do đó giá trị phụ tải cực đại P_{\max} của chúng được xác theo biểu thức:

$$P_{\max} = k_{\text{dt}} \cdot k_t \cdot \sum P_{\text{th}} \quad (1-3)$$

Trong đó:- $\sum P_{\text{th}}$: Tổng công suất tiêu thụ từ mạng.

- K_{dt} : Hệ số đồng thời làm việc của các thiết bị. Hệ số này phản ánh lượng công suất tiêu thụ của các thiết bị điện trong thời gian làm việc với phụ tải cực đại chiếm bao nhiêu phần trăm công suất đặt của các thiết bị điện nối vào mạng.

- K_t : Hệ số tải của các thiết bị điện, biểu diễn mức độ tải của chúng trong thời gian làm việc phụ tải cực đại.

Các hệ số $K_{\text{dt}}, K_t \leq 1$ tùy theo chế độ làm việc của các thiết bị tiêu thụ điện.

Đối với các thiết bị tiêu thụ điện được biểu thị bằng công suất đặt (P_d) được xem như là công suất định mức (P_{dm}) theo lý lịch máy. Riêng công suất đặt của động cơ điện là công suất sinh ra trên trục của nó khi đầy tải. Do đó phụ tải cực đại P_{\max} của nhóm các thiết bị tiêu thụ điện cũng có thể

được xác định theo tổng công suất đặt (định mức) $\sum P_d$ và trị số hiệu suất trung bình (η_{tb}) theo công thức:

$$P_{\max} = \frac{k_{dt} k_t \sum P_d}{\eta_{tb}} \quad (1-4)$$

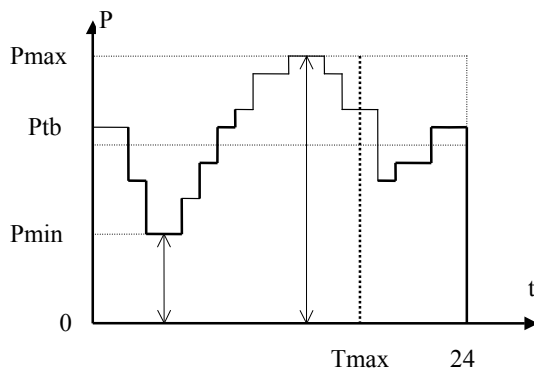
hoặc là: $P_{\max} = K_{nc} \cdot \sum P_d \quad (1-5)$

Trong đó: K_{nc} là hệ số nhu cầu của nhóm các thiết bị tiêu thụ điện.

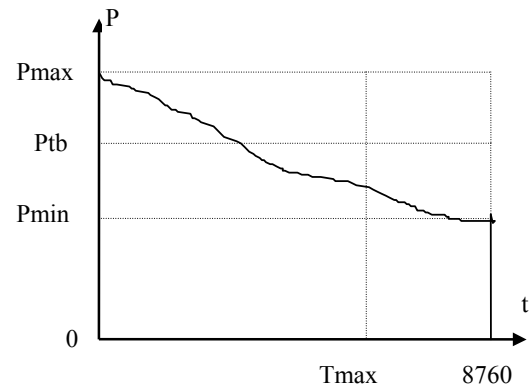
$$K_{nc} = \frac{k_{dt} k_t}{\eta_{tb}} \quad (1-6)$$

1.5.2. Các hệ số biểu thị chế độ làm việc của các thiết bị điện.

Mức độ không đồng đều của chế độ làm việc của các trang bị điện được biểu thị bằng các hệ số phụ tải của nó (hệ số điền kín biểu đồ):



Hình 1-1: Biểu đồ phụ tải ngày



Hình 1-2: Biểu đồ phụ tải năm

$$K_{pt} = \frac{A}{TP_{\max}} = \frac{P_{tb}}{P_{\max}} \quad (1-7)$$

Trong đó:

T - Số giờ làm việc của trang bị điện trong khoảng thời gian đang xét có thể là trong một ngày đêm $T = 24$ giờ ; trong một năm $T = 8760$ giờ

A - Lượng điện năng sản xuất ra hoặc tiêu thụ cùng trong khoảng thời gian một ngày đêm hay một năm KWh;

P_{tb} ; P_{\max} - Phụ tải trung bình và cực đại của thiết bị cùng trong khoảng thời gian một ngày đêm hay một năm KW.

Khi $K_{pt} = 1$ (trị số lớn nhất có thể có) biểu đồ biến thành một đường thẳng song song với trục hoành (đường chấm ngang trên hình 1 và hình 2) Hệ số phụ tải K_{pt} chỉ rõ lượng điện năng sản xuất (tiêu thụ) trong khoảng thời gian đang xét nhỏ hơn bao nhiêu lần lượng điện sản xuất (tiêu thụ) trong cùng khoảng thời gian đó, với phụ tải của trang bị luôn đạt giá trị cực đại, tức là P_{\max} (K_{pt} bằng tỷ số diện tích của biểu đồ có diện tích bằng A so

với diện tích của hình chữ nhật $P_{\max} \times T$ - xem hình 1-1 và hình 1-2) So sánh K_{pt} của các trang bị khác nhau (tính trong một khoảng thời gian như nhau) có thể biết trang bị nào làm việc với biểu đồ bằng phẳng hơn, nếu biểu đồ càng bằng phẳng thì K_{pt} càng gần tới 1. Điều nêu ở trên còn được biểu thị bằng thời gian sử dụng phụ tải cực đại:

$$T_{\max} = \frac{A}{P_{\max}} \quad (1-8)$$

T_{\max} chỉ rõ trang bị cần phải làm việc bao nhiêu giờ trong khoảng thời gian đang xét (một ngày đêm, một năm) với phụ tải cực đại không đổi để sản xuất (tiêu thụ) một lượng điện năng thực tế đã sản xuất (tiêu thụ) trong khoảng thời gian này (T_{\max} bằng cạnh đáy của hình chữ nhật có chiều cao bằng P_{\max} và diện tích bằng A , tức là bằng diện tích đồ thị phụ tải - xem hình 1-1 và hình 1-2)Hiển nhiên là $T_{\max} \leq T$.

Mức sử dụng công suất đặt của trang bị được biểu thị bằng hệ số sử dụng công suất đặt.

$$K_{sd} = \frac{A}{TP_d} = \frac{P_{tb}}{P_d} \quad (1-9)$$

Hoặc bằng thời gian sử dụng công suất đặt

$$T_d = \frac{A}{P_d} \quad (1-10)$$

Trong đó: P_d : Tổng công suất đặt của tất cả các tổ máy kể cả các tổ máy dự phòng, KW.

Thời gian sử dụng công suất đặt chỉ rằng tất cả các tổ máy đã đặt (ở nhà máy điện - máy phát; ở trạm - máy biến áp) cần phải làm việc đầy tải bao nhiêu giờ trong khoảng thời gian đang xét để sản xuất (tiêu thụ) một lượng điện A thực tế đã sản xuất trong thời gian này, thông thường $T_d < T$.

Thời gian sử dụng phụ tải cực đại hàng năm T_{\max} của các nhà máy điện và các trạm biến áp phụ thuộc tính chất phụ tải của chúng và bằng 2000 ÷ 4000 giờ ($K_{pt} = 0,23 \div 0,45$) cũng như đối với các phụ tải thấp sáng và các nhà máy điện làm việc riêng lẻ. Đối với các trang bị có công suất lớn, cung cấp chủ yếu cho các phụ tải động lực có trị số T_{\max} khá lớn và bằng 4000 ÷ 7000 giờ ($K_{pt} = 0,45 \div 0,8$), trong đó số giờ lớn hơn thuộc về trang bị cung cấp cho các xí nghiệp công nghiệp làm việc 3 ca.

CHƯƠNG 2

THAM SỐ CÁC PHẦN TỬ TRONG MẠNG ĐIỆN

Đường dây tải điện và máy biến áp là hai phần tử chính, các phần tử này có tham số đặc trưng cho tính chất của chúng là tổng trở và tổng dẫn.

§ 2.1 ĐƯỜNG DÂY.

Thực tế tính toán mạng điện với điện áp $\leq 220\text{KV}$ các thông số của mạng phân bố đều được thay bằng thông số tập trung gồm điện trở r , điện kháng x , điện dẫn g , dung dẫn b . Theo quy ước này đường dây được thay bằng sơ đồ thay thế hình Π . (Hình 2-1)

2.1.1 Điện trở tác dụng r_0

Trị số điện trở tác dụng trên 1km chiều dài đường dây ở nhiệt độ tiêu chuẩn $t^0=20^0\text{C}$ được xác định theo biểu thức sau:

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma \cdot F} \quad (\Omega/\text{Km}) \quad (2-1).$$

Trong đó : ρ - Điện trở suất $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$

$$\rho_{\text{Cu}} = 18,84 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km} \quad \gamma_{\text{Cu}} = 53 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

$$\rho_{\text{Al}} = 31,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km} \quad \gamma_{\text{Al}} = 31,7 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

F: Tiết diện (mm^2).

Khi $t^0 \neq 20^0\text{C}$ thì:

$$r_t = r_0 [1 + \alpha(t - 20)] \quad (\Omega/\text{Km}) \quad (2 - 2)$$

α : hệ số nhiệt điện trở. $\alpha_{\text{Al}} = \alpha_{\text{Cu}} = 0,004^0\text{C}^{-1}$.

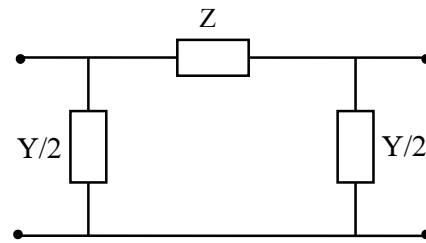
r_0 : Điện trở ở nhiệt độ tiêu chuẩn.

Do hiệu ứng mặt ngoài dẫn đến $r_{\sim} \neq r_{_}$. Nhưng ở tần số $f = 50\text{Hz}$ sự sai khác không đáng kể ($\approx 1\%$) nên khi tính có thể lấy $r_{\sim} = r_{_}$ theo công thức (2 - 1).

2.1.2 Điện kháng x_0

Điện kháng trên 1Km đường dây xoay chiều khi dây dẫn bố trí trên các xà là đối xứng, được xác định theo công thức:

$$x_0 = 2\pi Lf = 0,1441g \frac{D_{tb}}{R} + 12500\mu \quad (\Omega/\text{Km}) \quad (2 - 3).$$



Hình: 2 - 1

Trong đó :

L - Điện cảm (H).

f - Tần số (Hz).

D_{tb} - Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha (mm).

R - Bán kính dây dẫn (mm).

μ - Hệ số từ thẩm (H/m).

μ của các kim loại màu không thay đổi và có thể lấy bằng μ_{kk}

$$\mu = \mu_{kk} = 0,4\pi 10^{-6} = 1,25.10^{-6} \text{ H/m} \quad (2 - 4).$$

Thay (2 - 4) vào (2 - 3) ta có:

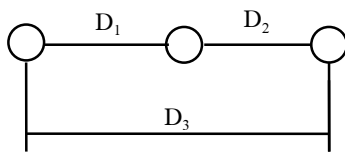
$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{tb}}{R} + 0,016 (\Omega / Km) \quad (2 - 5).$$

D_{tb} phụ thuộc vào khoảng cách giữa các pha xác định theo biểu thức:

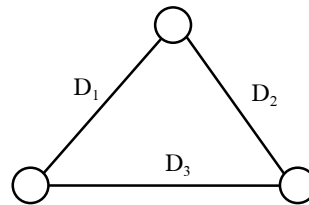
$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} \quad (2 - 6).$$

* Dây bố trí ngang: $D_{tb} = 1,26 D$. Hình 2-2.

* Dây bố trí tam giác đều : $D_{tb} = D$. Hình 2 -3



Hình: 2 - 2



Hình: 2 - 3

Ở biểu thức (2 - 3) ta có thể viết:

$$x_0 = x'_0 + x''_0 \quad (2 - 7).$$

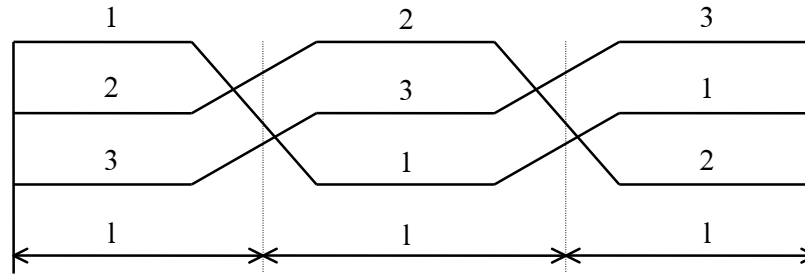
$$\text{Trong đó : } x'_0 = 0,144 \lg \frac{D_{tb}}{R} \quad ; \quad x''_0 = 12500 \mu = 0,016.$$

Do x'_0 phụ thuộc vào khoảng cách pha cho nên x'_0 lớn hơn so với x''_0

Thường $x'_0 = 0,36 - 0,42 \Omega / km$.

Khi dây dẫn bố trí không đối xứng, điện kháng giữa các pha không bằng nhau. Để khắc phục người ta dùng biện pháp hoán vị dây dẫn để đảm bảo giá trị điện kháng của các pha bằng nhau (Hình 2-4). Điện kháng các pha sau khi hoán vị được xác định theo công thức đã nêu.

Để giảm x_0 (giảm ΔQ vì $\Delta Q = 3I^2 x$) có thể giảm D hoặc tăng R. Do D phụ thuộc vào điện áp tải điện cho nên nếu giảm D thì không đảm bảo khoảng cách cách điện vì vậy cần phải tăng R của dây dẫn bằng cách phân pha.



Hình: 2 - 4.

Khi đó bán kính đẳng trị của dây dẫn phân pha được xác định theo biểu thức sau:

$$R_{dt} = \sqrt[n]{n \cdot r_t \cdot R_{pp}^{n-1}}. \quad (2 - 8).$$

Trong đó: n - Số dây của một pha.

r_t - Bán kính thực của mỗi dây.

R_{pp} - Bán kính của vòng tròn đi qua các đỉnh là tâm của các dây phân nhỏ (các đỉnh của khung định vị).

Ví dụ khi một pha phân làm $n=4$ sợi đặt trên khung vuông cạnh a [cm] thì $R_{pp} = \frac{a}{\sqrt{2}}$, do đó:

$$R_{dt} = \sqrt[4]{4 \cdot r_t \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)^3} = \sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot r_t \cdot a^3} \quad (2 - 9).$$

Điện kháng của dây phân nhỏ được xác định theo biểu thức:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{tb}}{R_{dt}} + \frac{0,016}{n} (\Omega / \text{km}) \quad (2 - 10).$$

2.1.3. Điện dẫn tác dụng g_0

Tổn thất công suất do cách điện không tốt gây nên không lớn lắm có thể bỏ qua mà chủ yếu là do vàng quang điện. Vàng quang phụ thuộc: điện áp, tiết diện dây dẫn, điều kiện khí quyển. Vàng quang chỉ xuất hiện ở đường dây có $U \geq 110\text{KV}$, khi cường độ điện trường trên bề mặt dây dẫn $\geq 20\text{KV/cm}$. Để giảm tổn thất vàng quang có thể sử dụng các biện pháp sau: tăng tiết diện dây dẫn, phân nhỏ dây, dùng dây dẫn rỗng. Quy định tiết diện dây dẫn nhỏ nhất để tránh phát sinh vàng quang ứng với mỗi cấp điện áp như sau: Với $U=110\text{KV}$ thì $F \geq 70\text{mm}^2$ ($d=10-11\text{mm}$), $U = 220\text{KV}$ thì $F \geq 240\text{mm}^2$ ($d=22\text{mm}$). Khi tiết diện dây lớn hơn các trị số nói trên thì khi tính toán có thể bỏ qua điện dẫn g . Điện dẫn tác dụng trên 1 km đường dây:

$$g_0 = \frac{\Delta P_k}{U_{dm}^2} (1 / \Omega \cdot \text{km}) \quad (2 - 11).$$

ΔP_k - Tổn thất công suất tác dụng do vầng quang (W/km).

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

2.1.4. Điện dẫn phản kháng b_0 .

Điện dẫn phản kháng do điện dung giữa các dây dẫn với nhau và dây dẫn đối với đất. Tuy nhiên do giá trị điện dung giữa dây dẫn đối với đất nhỏ nên trong tính toán bỏ qua.

Điện dung của dây dẫn tính theo biểu thức:

$$C_0 = \frac{0,024}{\lg \frac{D_{tb}}{R_{tb}}} 10^{-6} \quad (\text{F/Km}) \quad (2 - 12).$$

Điện dẫn phản kháng của đường dây:

$$b_0 = \omega C_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{tb}}{R_{tb}}} 10^{-6} (1/\Omega.km) \quad (2 - 13).$$

Trong đó : $\omega = 2\pi f$ $f = 50 \text{ Hz}$.

D_{tb} : Khoảng cách trung bình hình học các pha tính theo (2 - 6).

R_{dt} : Bán kính đẳng trị dây dẫn tính theo công thức (2 - 8).

Sự tồn tại của điện dung đường dây là nguyên nhân sinh ra dòng điện dung. Công suất phản kháng do điện dung đường dây sinh ra là:

$$Q_c = 3I_c U_p = 3U_p^2 b_0 l = U^2 b_0 l \quad (\text{MVAr}) \quad (2 - 14)$$

Dung dẫn của đường dây ít phụ thuộc vào khoảng cách giữa các dây dẫn và đường kính của dây dẫn. Công suất phản kháng do đường dây sinh ra phụ thuộc nhiều vào điện áp của đường dây. Dây dẫn phân nhỏ cũng làm tăng điện dung của đường dây.

Đối với đường dây trên không $U_{dm} \geq 110\text{KV}$, đường dây cáp $U \geq 20\text{KV}$ cần xét đến giá trị b_0 trong sơ đồ thay thế tính toán của đường dây. Đối với các đường dây có chiều dài $l < 300\text{Km}$, $U \leq 220\text{KV}$ khi tính toán chế độ làm việc của mạng dùng sơ đồ thay thế tham số tập trung. Thường dùng sơ đồ hình Π với các tham số tập trung sau:

$$Z = (r_0 + j x_0).l = R + j X \quad (2 - 15).$$

$$Y/2 = 1/2(g_0 + j b_0).l = 1/2(G + j B) \quad (2 - 16).$$

Đối với đường dây siêu cao áp ($U \geq 330\text{KV}$) cũng có thể sử dụng sơ đồ thay thế thông số tập trung nếu chiều dài đường dây không lớn ($l \leq 300\text{km}$) tuy nhiên kết quả tính toán chỉ là gần đúng. Đối với đường dây có chiều dài $l > 300 \text{ km}$ trong quá trình tính toán sử dụng phương pháp thông số rải phân bố dọc theo chiều dài của đường dây.

VÍ DỤ 2-1: Xác định tham số đường dây trên không điện áp 110KV, dài 100km, dây AC-150 bố trí trên đỉnh của tam giác đều cạnh 5m.

GIẢI:-Do tổn thất vàng quang trên đường dây 110KV nhỏ nên bỏ qua điện dẫn g_0 , Theo các bảng B -2, B - 3, B - 4 ta tìm được :

$$r_0 = 0,21 \Omega/\text{Km};$$

$$x_0 = 0,41 \Omega/\text{Km};$$

$$b_0 = 2,74 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ } \Omega \cdot \text{Km};$$

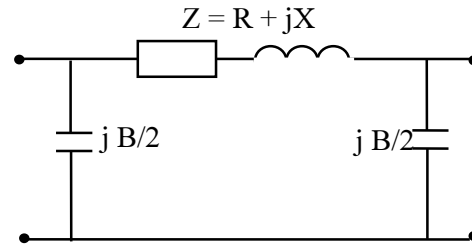
Từ đó ta tính được các tham

số của đường dây:

$$R = r_0 \cdot l = 0,21 \cdot 100 = 21 \Omega.$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,41 \cdot 100 = 41 \Omega.$$

$$B = b_0 \cdot l = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 274 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ } \Omega.$$



Hình: 2 - 5

Sơ đồ thay thế đường dây cho trên hình 2 - 5

VÍ DỤ 2-2: Xác định tham số r_0 , x_0 , b_0 của đường dây trên không điện áp 500KV, dùng dây dẫn phân nhỏ loại ACO-3x500. Biết dây dẫn đặt trên mặt phẳng nằm ngang, khoảng cách giữa các pha là 12m, khoảng cách giữa các dây dẫn trong một pha là $a = 40\text{cm}$.

GIẢI: Theo bảng phụ lục B-2 đối với dây dẫn ACO - 500 có $r_{01} = 0,065 \Omega/\text{Km}$, đường kính dây dẫn $d = 30,2 \text{ mm}$. Vì dây dẫn mỗi pha được phân thành 3, cho nên điện trở đơn vị của mỗi pha bằng:

$$r_0 = \frac{r_{01}}{3} = \frac{0,065}{3} = 0,0216 \Omega/\text{Km}.$$

Bán kính thực tế của mỗi dây dẫn bằng:

$$R_t = \frac{d}{2} = \frac{30,2}{2} = 15,1 \text{ mm}$$

Bán kính đẳng trị của dây dẫn trong mỗi pha bằng:

$$R_{dt} = \sqrt[3]{3 \cdot R_t \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^{(3-1)}} = \sqrt[3]{R_t \cdot a^{(3-1)}} = \sqrt[3]{15,1 \cdot 400^2} = 134 \text{ mm}.$$

Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha:

$$D_{tb} = 1,26 \cdot D = 1,26 \cdot 12 = 15,1 \text{ m} = 15100 \text{ mm}.$$

Điện kháng trên 1 km đường dây bằng:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{dt}}{R_{dt}} + \frac{0,016}{n} = 0,144 \lg \frac{15100}{134} + \frac{0,016}{3} = 0,30 \Omega/\text{Km}.$$

Điện dẫn phản kháng đơn vị là:

$$b_0 = \frac{7,85 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D_{tb}}{R_{tb}}} = \frac{7,85 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{15100}{134}} = 3,68 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\Omega \cdot \text{Km}}$$

VÍ DỤ 2-3: Xác định các tham số của đường dây cáp lõi đồng tiết diện $F = 10 \text{ mm}^2$ dài 4 km. Điện áp định mức 6 kV, nhiệt độ môi trường là 20°C .

GIẢI: Do mạng cáp điện áp 6 kV cho nên không cần xét đến tổng dẫn Y. Theo phụ lục B-5 ta có :

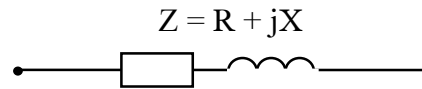
$$r_0 = 1,84 \text{ } \Omega/\text{Km};$$

$$x_0 = 0,10 \text{ } \Omega/\text{Km};$$

Do đó tổng trở dây cáp bằng:

$$Z = (r_0 + j x_0) \cdot l = (1,84 + j 0,10) \cdot 4 = 7,36 + j 0,40 \text{ } \Omega$$

Sơ đồ thay thế hình 2 - 6.



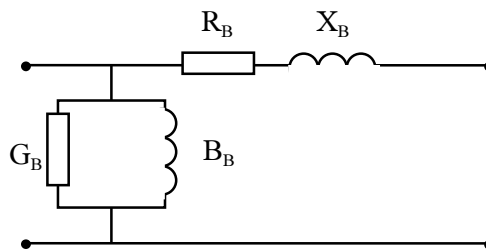
Hình: 2 - 6

§ 2.2 MÁY BIẾN ÁP.

Việc phân tích, tính toán các chế độ làm việc của các máy biến áp trong mạng điện thường được quy đổi về một cấp điện áp (điện áp quy đổi thường là điện áp phía cao áp, ký hiệu là U). Các thông số của máy biến áp bao gồm R_b, X_b là điện trở tác dụng và điện kháng của các cuộn dây máy biến áp ; G_b điện dẫn tác dụng gây nên bởi tổn thất công suất tác dụng trong lõi thép máy biến áp ; B_b điện dẫn phản kháng gây nên bởi dòng điện từ hóa. Dòng điện đi qua G_b và B_b rất nhỏ (khoảng mấy phần trăm dòng điện định mức). Vì vậy trong tính toán các mạng điện khu vực thường dùng sơ đồ thay thế hình Γ (hình 2-7) để làm đơn giản các tính toán mạng điện, trong đó đặt mạch tổng dẫn vào đầu cuộn dây sơ cấp của máy biến áp, tức là cuộn cao áp của máy biến áp giảm áp và cuộn hạ áp của máy biến áp tăng áp. Tính toán càng đơn giản hơn nếu điện dẫn của máy biến áp được thay thế bằng một phụ tải cố định (hình 2-8), phụ tải này bằng công suất không tải của máy biến áp (điều này ứng với khi xem điện áp đặt vào cuộn sơ cấp máy biến áp không đổi)

2.2.1. Máy biến áp 2 cuộn dây.

Đối với máy biến áp điện lực trong Catalog người ta cho sẵn các thông số : S_{dm} ; U_{1dm} ; U_{2dm} ; Tổn thất công suất tác dụng khi ngắn mạch ΔP_N ; dòng điện không tải $I_0\%$; Điện



Hình: 2 - 7: Sơ đồ thay thế MBA 2 cuộn dây

áp ngắn mạch $u_N\%$... Trong quá trình tính toán máy biến áp được thay thế bằng sơ đồ hình Γ (Hình 2 - 7) với các tham số R_b, X_b, G_b, B_b . Trong đó:

$$Z_b = R_b + jX_b \quad (2 - 17)$$

$$Y_b = G_b + jB_b \quad (2 - 18)$$

2.2.1.1. Điện trở tác dụng R_b :

Tổn thất công suất tác dụng trong máy biến áp được xác định từ thí nghiệm ngắn mạch là:

$$\Delta P_n = 3I_{dm}^2 R_b \quad (2 - 19).$$

Trong đó: R_b điện trở tác dụng của cuộn dây thứ cấp đã được quy đổi về phía sơ cấp của MBA ($R_b = r_1 + r'_2$).

Công suất định mức máy biến áp:

$$S_{dm} = \sqrt{3}U_{dm} I_{dm} \quad (2 - 20).$$

Kết hợp (2 - 19) và (2 - 20) ta có:

$$R_b = \frac{\Delta P_n \cdot U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \quad (2 - 21).$$

2.2.1.2. Điện kháng X_b :

Điện áp giáng trên điện kháng máy biến áp tính theo % U_{dm} :

$$U_x = \frac{I_{dm} X_b}{U_f} \cdot 100 \quad (2 - 22).$$

Trong đó $X_b = x_1 + x'_2$

U_f : Điện áp pha định mức phía sơ cấp.

$$X_b = \frac{U_x \cdot U^2}{S_{dm} \cdot 100}$$

Biết $U_n = \sqrt{U_r^2 + U_x^2}$

Đối với máy biến áp có công suất lớn $U_r \ll U_x$ nên $U_n \approx U_x$ suy ra:

$$X_b = \frac{U_n \cdot U^2}{S_{dm} \cdot 100} \quad (2 - 23).$$

2.2.1.3. Điện dẫn tác dụng G_b :

Tổn thất công suất tác dụng khi không tải.

$$\Delta P_0 = U^2 \cdot G_b \quad (2 - 24).$$

$$G_b = \frac{\Delta P_0}{U^2} \quad (2 - 25).$$

2.2.1.4. Điện dẫn phản kháng B_b :

Do $G_b \ll B_b$ cho nên I_0 chỉ chạy qua B_b .

$$\Delta Q_0 = \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} \quad (2 - 26)$$

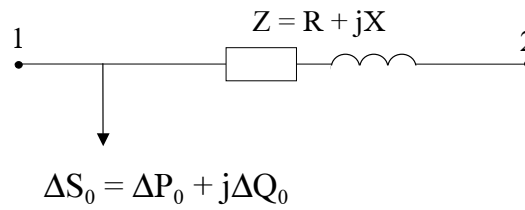
I_0 %: dòng không tải % so với I_{dm} .

$$\text{Mặt khác: } \Delta Q_0 = U^2 \cdot B_b \quad (2 - 27)$$

$$\text{Do đó } B_b = \frac{I_0 S_{dm}}{U^2 \cdot 100} \quad (2 - 28).$$

Khi điện áp mạng được giữ không đổi có thể dùng sơ đồ thay thế hình 2 - 8, trong đó ΔS_0 là phụ tải đặc trưng cho tổn thất không tải hay tổn thất trong lõi thép máy biến áp:

$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j \Delta Q_0$$



$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j \Delta Q_0$$

2.2.2. Máy biến áp 3 cuộn dây.

Hình: 2 - 8

Các số liệu chế tạo cho biết:

$S_{dm}, U_{1dm}, U_{2dm}, U_{3dm}, \Delta P_0, I_0\%, \Delta P_n, U_{n12}\%, U_{n23}\%, U_{n13}\%$.

Sơ đồ thay thế máy biến áp ba cuộn dây biểu diễn trên hình 2 - 9.

2.2.2.1. Điện trở tác dụng R_{b1}, R_{b2}, R_{b3} :

Theo lý thuyết máy điện, trong máy biến áp 3 cuộn dây có:

$$\Delta P_{n1} = 0,5(\Delta P_{n12} + \Delta P_{n13} - \Delta P_{n23})$$

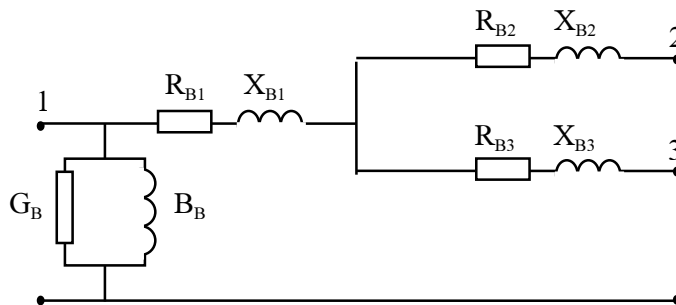
$$\Delta P_{n2} = 0,5(\Delta P_{n12} + \Delta P_{n23} - \Delta P_{n13})$$

$$\Delta P_{n3} = 0,5(\Delta P_{n23} + \Delta P_{n13} - \Delta P_{n12})$$

Nếu công suất các cuộn dây bằng nhau thì:

$$\Delta P_{n1} = \Delta P_{n2} = \Delta P_{n3} = \Delta P_{n12}/2 = \Delta P_n/2 \quad (2 - 29).$$

$$\text{Do đó: } R_{b1} = R_{b2} = R_{b3} = \frac{\Delta P_n U_{dm}^2}{2S_{dm}^2} \quad (2 - 30).$$



Hình 2 - 9: Sơ đồ thay thế máy biến áp 3 cuộn dây

2.2.2.2. Điện kháng X_{b1}, X_{b2}, X_{b3} :

Điện áp ngắn mạch trên mỗi cuộn dây (tính theo phần trăm) là:

$$U_{n1} = 0,5(U_{n12} + U_{n13} - U_{n23}) \quad (\%)$$

$$U_{n2} = 0,5(U_{n12} + U_{n23} - U_{n13}) \quad (\%) \quad (2 - 31).$$

$$U_{n3} = 0,5(U_{n23} + U_{n13} - U_{n12}) \quad (\%)$$

Như trên ta có:

$$U_{x1} \approx U_{n1}; U_{x2} \approx U_{n2}; U_{x3} \approx U_{n3}$$

Vậy điện kháng mỗi cuộn dây là:

$$\begin{aligned} X_{b1} &= \frac{U_{n1} U_{dm}^2}{S_{dm}} \\ X_{b2} &= \frac{U_{n2} U_{dm}^2}{S_{dm}} \\ X_{b3} &= \frac{U_{n3} U_{dm}^2}{S_{dm}} \end{aligned} \quad (2 - 32)$$

2.2.2.3. Điện dẫn tác dụng G_b và điện dẫn phản kháng B_b :

Xác định theo (2 - 25) và (2 - 28)

2.2.3. Máy biến áp tự ngẫu.

MBA tự ngẫu có 2 đại lượng công suất đặc trưng là công suất định mức S_{dm} và công suất mẫu $S_{mẫu}$. Hai đại lượng này có quan hệ theo biểu thức:

$$S_{mẫu} = \alpha \cdot S_{dm}$$

α : Hệ số có lợi; $\alpha = (1 - U_T / U_C)$.

Đối với máy biến áp tự ngẫu cho biết các thông số: S_{dm} , S_1 , S_2 , S_3 là công suất các cuộn dây tính theo % S_{dm} .

U_{1dm} , U_{2dm} , U_{3dm} , ΔP_0 , $I_0\%$, U_{n12} , U_{n23} , U_{n13} (%).

ΔP_n : Tổn thất công suất giữa cuộn cao và trung khi ngắn mạch. Đôi khi còn cho biết: ΔP_{n12} ; ΔP_{n23} ; ΔP_{n13}

Sơ đồ thay thế MBA áp tự ngẫu giống như MBA ba cuộn dây.

2.2.3.1. Điện trở tác dụng R_{b1} ; R_{b2} ; R_{b3}

Khi biết ΔP_n :

$$R_{b1} = R_{b2} = \frac{\Delta P_n U_{dm}^2}{2S_{dm}^2} \quad (2 - 33)$$

R_{b3} được xác định theo quan hệ:

$$\begin{aligned} \frac{R_{b3}}{R_{b1}} &= \frac{S_{1dm}}{S_{3dm}} = \frac{S_{dm}}{S_{3dm}} \\ R_{b3} &= \frac{R_{b1} S_{dm}}{S_{3dm}} \end{aligned} \quad (2 - 34)$$

Trong đó S_{1dm} và S_{3dm} là công suất định mức của cuộn cao và cuộn hạ, còn $S_{1dm} = S_{2dm} = S_{dm}$.

Khi biết ΔP_{n12} ; ΔP_{n23} ; ΔP_{n13} thì tổn thất công suất trên mỗi cuộn dây là được xác định theo biểu thức:

$$\begin{aligned} \Delta P_{n1} &= 0,5(\Delta P_{n12} + \Delta P_{n13} - \Delta P_{n23}) \\ \Delta P_{n2} &= 0,5(\Delta P_{n12} + \Delta P_{n23} - \Delta P_{n13}) \\ \Delta P_{n3} &= 0,5(\Delta P_{n23} + \Delta P_{n13} - \Delta P_{n12}) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} R_{b1} &= \frac{\Delta P_{n1} U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \\ R_{b2} &= \frac{\Delta P_{n2} U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \\ R_{b3} &= \frac{\Delta P_{n3} U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \end{aligned} \right\} \quad (2 - 36).$$

2.2.3.2. Điện kháng, điện dẫn tác dụng và điện dẫn phản kháng

Xác định giống như máy biến áp 3 dây quấn.

VÍ DỤ 2 - 4: Máy biến áp hai cuộn dây công suất 16MVA, điện áp 38,5/10,5KV. Xác định tổng trở và tổng dẫn MBA quy về điện áp cao.

GIẢI: Tra bảng B. 14, đối với máy biến áp đã cho, tìm được điện áp ngắn mạch $U_N\% = 8$; tổn thất ngắn mạch $\Delta P_n = 90KW$; tổn thất không tải $\Delta P_0 = 21KW$; dòng điện không tải $I_0 = 0,75\%$.

Theo các công thức (2 - 21) và (2 - 23) tính được điện trở tác dụng và điện kháng máy biến áp như sau:

$$R_b = \frac{90.38,5^2}{(16.10^3)^2} \cdot 10^3 = 0,52 \Omega.$$

$$X_b = \frac{8.38,5^2}{(16.10^3 \cdot 100)} \cdot 10^3 = 7,4 \Omega.$$

Vậy tổng trở máy biến áp bằng:

$$Z_b = 0,52 + j7,4 \Omega.$$

Theo biểu thức (2 - 25) và (2 - 28) tính được:

$$G_b = \frac{21}{38,5^2 \cdot 10^3} = 14,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1}/\Omega.$$

$$B_b = \frac{0,75 \cdot 16 \cdot 10^3}{100 \cdot 38,5^2 \cdot 10^3} = 81 \cdot 10^{-6} \text{ 1}/\Omega.$$

Do đó tổng dẫn máy biến áp là:

$$Y_b = (14,2 + j 81) \cdot 10^{-6} \text{ 1}/\Omega.$$

VÍ DỤ 2 - 5: Một máy biến áp ba cuộn dây công suất 16MVA, điện áp 115/22/11KV. Xác định tổng trở và tổng dẫn MBA quy về điện áp cao.

GIẢI: Tra bảng B.16, đối với máy biến áp đã cho, tìm được điện áp ngắn mạch giữa các cuộn dây $U_{N12}\% = 17$; $U_{N13}\% = 10,5$; $U_{N23}\% = 6$, tổn thất ngắn mạch $\Delta P_n = 105KW$; tổn thất không tải $\Delta P_0 = 26KW$; dòng điện không tải $I_0 = 1,05\%$.

Để xác định điện trở tác dụng máy biến áp ba cuộn dây dùng công thức (2 - 30). Thay số vào ta có:

$$R_{b1} = R_{b2} = R_{b3} = \frac{105 \times 115^2}{2 \times (16 \times 10^3)^2} \times 10^3 = 2,7 \ \Omega.$$

Theo (2 - 31) xác định được điện áp ngắn mạch trên mỗi cuộn dây:

$$U_{N1} = \frac{1}{2}(17+10,5-6)=10,75\%$$

$$U_{N2} = \frac{1}{2}(17+6-10,5)=6,25\%$$

$$U_{N3} = \frac{1}{2}(10,5+6-17)=-0,25\%$$

Theo (2 - 32) tiến hành xác định điện kháng cuộn dây máy biến áp:

$$X_{b1} = \frac{10,75 \times 115^2}{(16 \times 10^3 \times 100)} \times 10^3 = 88 \ \Omega.$$

$$X_{b2} = \frac{6,25 \times 115^2}{(16 \times 10^3 \times 100)} \times 10^3 = 51,5 \ \Omega.$$

$$X_{b3} = \frac{-0,25 \times 115^2}{(16 \times 10^3 \times 100)} \times 10^3 = -2,1 \ \Omega.$$

Theo (2 - 25) và (2 - 28) xác định được điện dẫn của máy biến áp:

$$G_b = \frac{26}{115^2 \times 10^3} = 1,79 \times 10^{-6} \ 1/\Omega.$$

$$B_b = \frac{1,05 \times 16 \times 10^3}{100 \times 115^2 \times 10^3} = 12,4 \times 10^{-6} \ 1/\Omega.$$

Do đó tổng dẫn máy biến áp là:

$$Y_b = (1,79 + j \ 12,4) \times 10^{-6} \ 1/\Omega.$$

§ 2-3 PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

Để tính toán mạng điện cần biết các giá trị của phụ tải. Những đại lượng cho sẵn có thể là công suất tác dụng, công suất phản kháng của phụ tải hoặc dòng điện phụ tải với hệ số công suất của chúng. Trong quá trình truyền tải điện sẽ có tổn thất công suất, điện áp trên các phần tử của mạng điện. Tổn thất công suất tác dụng do hiện tượng đốt nóng dây dẫn của đường dây, đốt nóng các cuộn dây, lõi thép của máy biến áp. Tổn thất công suất phản kháng để tạo nên từ trường trên đường dây, trong máy biến áp. Lượng tổn thất công suất thường chỉ được tính đến khi tính toán mạng khu vực .

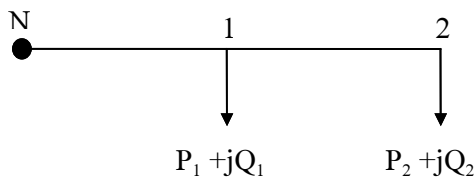
Các máy phát điện của các nhà máy điện phải cung cấp đủ công suất tác dụng cho các hộ tiêu thụ cũng như bù vào lượng công suất đã bị tổn thất trong mạng. Lượng công suất phản kháng thiếu hụt trong mạng điện có thể được bù bằng các nguồn phát công suất phản kháng khác như: máy bù đồng bộ, tụ điện tĩnh, các thiết bị bù tĩnh có điều khiển hay nhờ lượng công suất

phản kháng do các đường dây cao áp, siêu cao áp sinh ra. Công suất tác dụng và phản kháng của các hộ tiêu thụ phụ thuộc nhiều vào trị số điện áp đặt lên chúng. Theo quy định trong chế độ vận hành bình thường, điện áp đầu cực các hộ tiêu thụ điện không được biến thiên quá $\pm 5\%$ điện áp định mức. Do vậy công suất của phụ tải sẽ biến thiên tương đối ít, điều đó cho phép coi các phụ tải là hằng số và không phụ thuộc điện áp trong quá trình tính toán.

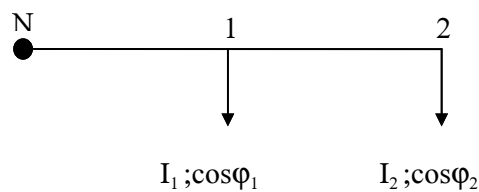
Trong sơ đồ thay thế tính toán mạng điện giá trị công suất của phụ tải được biểu diễn dưới dạng số phức (hình 2-10):

$$\dot{S} = \sqrt{3}UI(\cos \varphi + j \sin \varphi) = P + jQ,$$

trong đó U là giá trị điện áp dây, P: công suất tác dụng, Q: công suất phản kháng. Phụ tải cũng có thể được biểu diễn qua trị số dòng điện I và hệ số công suất $\cos\varphi$ của phụ tải, hoặc trị số dòng điện I và góc giữa hai véc tơ dòng và điện áp pha φ ($I \angle \varphi$) (hình 2-11).

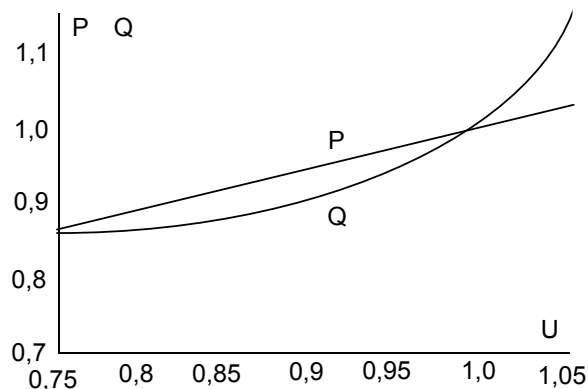


Hình 2-10



Hình 2-11

Với phụ tải có tính chất dung kháng thì số phức của công suất toàn phần là: $\dot{S} = P - jQ$. Đặc tính tĩnh phụ tải điện hỗn hợp của hệ thống điện được biểu diễn trên hình 2-12. Theo đặc tính này khi điện áp giảm xuống còn 80-85% điện áp định mức thì công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải giảm nhiều. Đặc tính tĩnh của phụ tải điện được xét đến khi tính toán mạng điện trong các chế độ sự cố, cũng như khi tính toán ổn định của hệ thống điện...



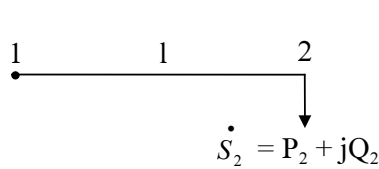
Hình 2 - 12 :Đặc tính tĩnh của phụ tải điện

CHƯƠNG 3

TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA MẠNG ĐIỆN

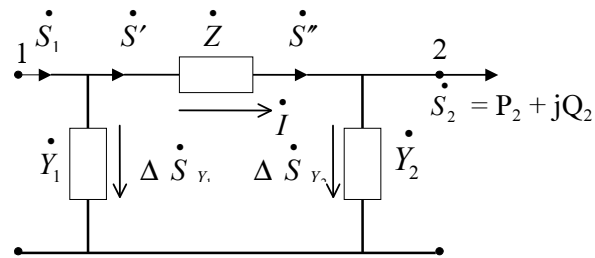
Chế độ xác lập là chế độ trong đó các thông số chế độ này không đổi hoặc thay đổi không đáng kể. Các thông số chế độ gồm: giá trị P, Q, S, I trên các nhánh, điện áp ở các nút và ΔP , ΔQ trong mạng.

§ 3.1. TỒN THẤT CÔNG SUẤT VÀ ĐIỆN NĂNG TRÊN ĐƯỜNG DÂY

3.1.1. Tổn thất công suất trên đường dây.**3.1.1.1. Đường dây có một phụ tải.**

Hình 3 - 1

Sơ đồ đường dây có 1 phụ tải



Hình: 3 - 2

Sơ đồ thay thế đường dây có 1 phụ tải

Biết công suất phụ tải và điện áp ở cuối đường dây S_2 , U_2 . Yêu cầu xác định công suất đầu đường dây S_1 và tổn thất công suất ΔS trên đường dây.

- Tham số của đường dây là:

$$Z = R + jX; Y_1 = Y_2 = \frac{1}{2}(G + jB)$$

- Tổn thất công suất trên tổng dẫn Y_2 .

$$\Delta S_{y2} = U_2^2 Y_2^* = U_2^2 \left(\frac{G}{2} - \frac{jB}{2} \right) = \Delta P_{g2} - j\Delta Q_{c2} \quad (3 - 1)$$

Ở đây U_2 : điện áp dây.

- Công suất sau tổng trở Z là:

$$S'' = \Delta S_{y2} + S_2 = \Delta P_{g2} - j\Delta Q_{c2} + P_2 + jQ_2 = P'' + jQ'' \quad (3 - 2)$$

- Tổn thất công suất trên tổng trở Z của đường dây:

$$\Delta P = 3I^2R = 3(I_a^2 + I_p^2)R \quad (3 - 3)$$

$$\Delta Q = 3I^2X = 3(I_a^2 + I_p^2)X$$

Với $I_a = I \cos \varphi$; $I_p = I \sin \varphi$

$$\text{Biết } P'' = \sqrt{3}U_2 I \cos \varphi; \quad Q'' = \sqrt{3}U_2 I \sin \varphi \quad (3 - 4)$$

$$P'' = \sqrt{3}U_2 I_a \quad ; \quad Q'' = \sqrt{3}U_2 I_p$$

$$\text{Do đó} \quad I_a = \frac{P''}{\sqrt{3}U_2} \quad I_p = \frac{Q''}{\sqrt{3}U_2} \quad (3 - 5)$$

Thay (3 - 5) vào (3 - 3) rút gọn lại ta có:

$$\begin{aligned} \Delta P &= 3I^2 R = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_2^2} R = \frac{S''^2}{U_2^2} R \\ \Delta Q &= 3I^2 X = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_2^2} X = \frac{S''^2}{U_2^2} X \end{aligned} \quad (3 - 6)$$

$$\text{Trong đó:} \quad S'' = \sqrt{P''^2 + Q''^2} \quad (3 - 7)$$

Như vậy ta có : $\Delta S = \Delta P + j\Delta Q$

- Công suất đầu vào tổng trở Z của đường dây bằng:

$$S' = \Delta S + S'' = \Delta P + j\Delta Q + P'' + jQ'' \quad (3 - 8)$$

- Tổn thất công suất trên tổng dẫn Y_1 :

$$\Delta S_{y1} = U_{dm}^2 \dot{Y}_2^* = U_{dm}^2 \left(\frac{G}{2} - \frac{B}{2} \right) = \Delta P_{g1} - j\Delta Q_{c1} \quad (3 - 9)$$

- Công suất đầu đường dây:

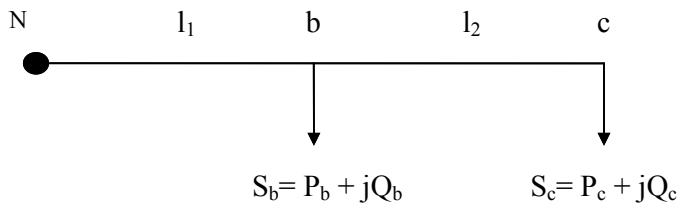
$$S_1 = \Delta S_{y1} + S' = \Delta P_{g1} - j\Delta Q_{c1} + P' + jQ' = P_1 + jQ_1 \quad (3 - 10)$$

- Tổn thất công suất trên đường dây:

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta S_{y1} + \Delta S + \Delta S_{y2} \quad (3 - 11)$$

3.1.1.2. Đường dây có nhiều phụ tải.

Nếu số liệu ban đầu là điện áp và công suất ở các nút phụ tải. Khi đó tiến hành xác định phân bố công suất theo chiều từ nút xa nhất đến nút nguồn cung cấp. Quá trình tính toán giống như trên. Để đơn giản xét đường dây có hai phụ tải và một nguồn cung cấp hình 3-3. Các số liệu ban đầu là công suất, điện áp tại các nút b và c (S_b, S_c, U_b, U_c). Yêu cầu xác định phân bố công suất trên đường dây và tổn thất công suất trên toàn mạng điện. Sơ đồ thay thế tính toán trên hình 3-4. Quá trình tính toán theo trình tự như sau:



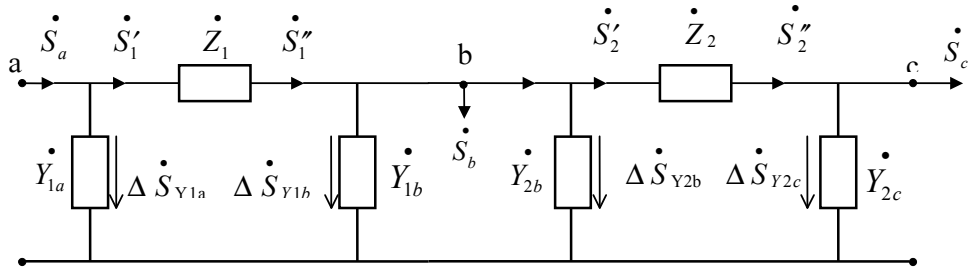
Hình 3-3

- Tổn thất công suất trên tổng dẫn Y_{2c} :

$$\Delta \dot{S}_{y2c} = U_c^2 \cdot \dot{Y}_{2c}^* = \Delta P_{g2c} - j\Delta Q_{c2c}$$

- Công suất sau tổng trở Z_2 là:

$$\dot{S}_2'' = \Delta \dot{S}_{y2c} + \dot{S}_c = \Delta P_{g2c} - j \Delta Q_{c2c} + P_c + j Q_c = P_2'' + j Q_2''$$



Hình 3-4

- Tổn thất công suất trên tổng trở Z_2 là:

$$\Delta \dot{S}_2 = \Delta P_2 + j \Delta Q_2 = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_c^2} R_2 + j \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_c^2} X_2$$

- Công suất trước tổng trở Z_2 là:

$$\dot{S}'_2 = \dot{S}_2 + \Delta \dot{S}_2 = P_2' + j Q_2'$$

- Tổn thất công suất trên tổng dẫn Y_{2b} là:

$$\Delta \dot{S}_{y2b} = U_b^2 Y_{2b} = \Delta P_{g2b} - j \Delta Q_{c2b}$$

- Công suất đầu vào đoạn đường dây 2 là:

$$\dot{S}_2 = \Delta \dot{S}_{y2b} + \dot{S}_2 = P_2 + j Q_2$$

- Tổn thất công suất trên tổng dẫn Y_{1b}

$$\Delta \dot{S}_{y1b} = U_b^2 Y_{1b} = \Delta P_{g1b} - j \Delta Q_{c1b}$$

- Công suất sau tổng trở Z_1 là:

$$\dot{S}_1'' = \Delta \dot{S}_{y1b} + \dot{S}_b + \dot{S}_2 = P_1'' + j Q_1''$$

- Tổn thất công suất trên tổng trở Z_1 là:

$$\Delta \dot{S}_1 = \Delta P_1 + j \Delta Q_1 = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_b^2} R_1 + j \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_b^2} X_1$$

- Công suất đầu vào tổng trở Z_1 là:

$$\dot{S}'_1 = \dot{S}_1'' + \Delta \dot{S}_1 = P_1' + j Q_1'$$

- Tổn thất công suất trên tổng dẫn Y_{1a} do chưa biết điện áp tại nút a nên trong tính toán có thể lấy giá trị điện áp định mức để tính:

$$\Delta \dot{S}_{y1a} = U_{dm}^2 Y_{1a} = \Delta P_{g1a} - j \Delta Q_{c1a}$$

- Công suất đầu nguồn a cung cấp là:

$$\dot{S}_a = \Delta \dot{S}_{y1a} + \dot{S}'_1 = P_a + j Q_a$$

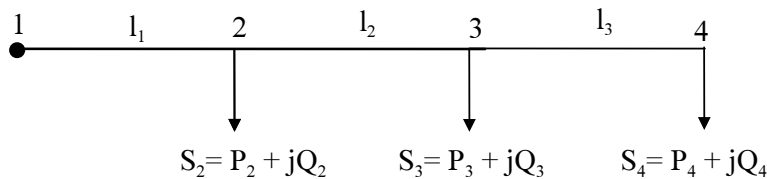
- Tổng tổn thất công suất trong mạng điện là:

$$\Delta \dot{S}_{\Sigma} = \dot{S}_a - (\dot{S}_b + \dot{S}_c)$$

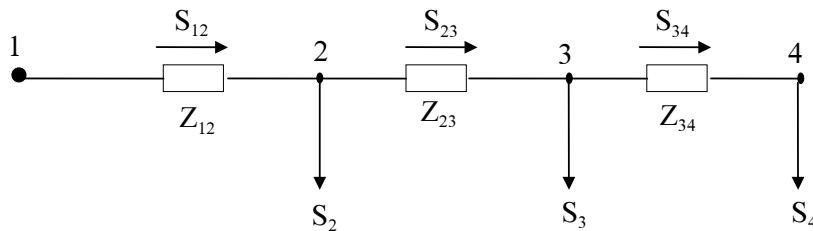
CHÚ Ý: 1- Khi tính chính xác lấy công suất và điện áp ở cùng một điểm. Nhưng trong nhiều trường hợp không biết điện áp ở các hộ tiêu thụ thì có thể tính gần đúng theo điện áp định mức của mạng điện.

2 - Khi tính toán mạng điện phân phối do điện áp không cao, đường dây ngắn, phụ tải nhỏ cho nên không xét đến Y và ΔS trên các đoạn đường dây khi tính phân bố công suất. Ngoài ra tổn thất công suất trên các đoạn đường dây được tính theo U_{dm} của mạng điện. Mặc dù đã dùng những giả thiết trên nhưng khối lượng tính toán ở mạng phân phối vẫn lớn do có nhiều phụ tải, nhiều đoạn đường dây nối với nhau.

Ví dụ: Tính toán mạng điện phân phối có 3 phụ tải như hình 3-5 và sơ đồ thay thế hình 3-6. Xác định phân bố công suất và tổn thất công suất của mạng:



Hình 3-5



Hình 3-6

- Công suất trên đoạn 3 - 4:

$$\dot{S}_{34} = \dot{S}_4$$

- Tổn thất công suất trên đoạn 3 - 4:

$$\Delta \dot{S}_{34} = \frac{S_4^2}{U_{dm}^2} Z_{34}$$

- Công suất trên đoạn 2 - 3:

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 + \dot{S}_4$$

- Tổn thất công suất trên đoạn 2 - 3:

$$\Delta \dot{S}_{23} = \frac{S_{23}^2}{U_{dm}^2} Z_{23}$$

- Công suất trên đoạn 1- 2:

$$\dot{S}_{12} = \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4$$

-Tổn thất công suất trên đoạn 1 - 2:

$$\Delta \dot{S}_{12} = \frac{S_{12}^2}{U_{dm}^2} Z_{12}$$

-Tổng tổn thất công suất trong toàn mạng điện là:

$$\Delta \dot{S}_{\Sigma} = \Delta \dot{S}_{12} + \Delta \dot{S}_{23} + \Delta \dot{S}_{34}$$

3.1.1.3. Đường dây phụ tải phân bố đều.

Trong thực tế chúng ta thường gặp những đường dây có rất nhiều hộ tiêu thụ với phụ tải có giá trị bằng nhau hoặc gần bằng nhau và phân bố với khoảng cách gần bằng nhau khi đó người ta thường sử dụng dây dẫn có cùng một tiết diện ,ví dụ như đường dây cung cấp điện cho các nhà ở của thành phố,đường dây chiếu sáng đường phố....Những đường dây loại đó được gọi là đường dây có phụ tải phân bố đều.

Xét đường dây với phụ tải phân bố đều hình 3-7 với giả thiết dòng điện I tỷ lệ bậc nhất với chiều dài L ,như vậy dòng điện chạy trên một nguyên tố đường dây dx cách điểm cuối đường dây một đoạn x là:

$$I_x = \frac{I}{L}x \quad (3 - 12)$$

Tổn thất công suất trên dx là:

$$d\Delta P = 3I_x^2 dr \quad (3 - 13)$$

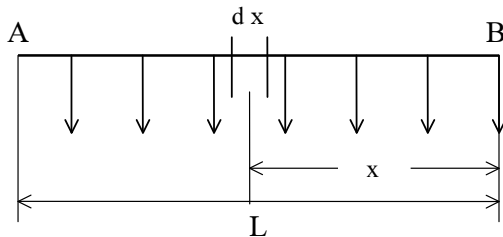
$$\text{Trong đó: } dr = r_0 dx \quad (3 - 14)$$

Thay (3 -12), (3 -14) vào (3 -13) ta có :

$$\Delta P = \int_0^L d\Delta P = \int_0^L 3\left(\frac{I \cdot x}{L}\right)^2 r_0 dx = r_0 LI^2 = RI^2 \quad (3 - 15)$$

$$\text{Hay } \Delta P = RI^2 = \frac{S^2}{3U^2} R \quad (3 - 16)$$

Từ (3-16) ta thấy tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều bằng 1/3 tổn thất công suất trên đường dây có tải phân bố tập trung ở cuối đường dây.



Hình 3-7

3-1-2: Tổn thất điện năng trên đường dây.

Trong trường hợp chung đối với đường dây tải điện xoay chiều 3 pha chiều dài đường L, tổn thất điện năng trong khoảng thời gian T được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta A = 3R_0 \int_0^L \int_0^T (I_{lt})^2 dl . dt \quad (3-17)$$

Ở đây I_{lt} là dòng điện ở thời điểm t tại một điểm trên đường dây cách điểm cuối của đường dây một đoạn là l.

Tổng tổn thất điện năng gồm có tổn thất tải và tổn thất không tải (tổn thất vàng quang và tổn thất trong cách điện). Trong tính toán thường bỏ qua tổn thất trong cách điện. Do đó biểu thức (3-17) có thể viết như sau:

$$\Delta A = 3R_0 \int_0^L \int_0^T (I'_{lt})^2 dl . dt + \Delta A_{vq} \quad (3-18)$$

ΔA_{vq} : tổn thất điện năng do vàng quang.

I'_{lt} : là dòng điện không tính đến điện dẫn tác dụng của đường dây

Đối với đường dây ngắn, khi bỏ qua đặc tính sóng và sự phân bố rải các tham số đường dây, tổn thất điện năng đối với đường dây được viết:

$$\Delta A = 3R_0 \int_0^T I_t^2 . dt + \Delta A_{vq} \quad (3-19)$$

Trong đó: I_t là dòng điện chạy theo dây dẫn ở thời điểm t, dòng điện này không thay đổi trên suốt đường dây tải điện và nó xác định giá trị tổn thất tải. Khi bỏ qua tổn hao vàng quang trên đường dây tải điện tổn thất điện năng đối với đường dây được viết:

$$\Delta A = 3R_0 \int_0^T I_t^2 . dt \quad (3-20)$$

Khi dòng điện phụ tải tiêu thụ không thay đổi theo thời gian tổn thất điện năng trong khoảng thời gian làm việc t được xác định theo công thức sau:

$$\Delta A = \Delta P . t = 3RI^2t \quad (3 - 21).$$

Trong thực tế, dòng điện hay công suất thay đổi theo thời gian t nên ΔP cũng thay đổi theo thời gian t, do đó không thể tính ΔA theo (3 - 21).

Để tính toán được các công thức trên ta cần phải biết qui luật biến thiên của dòng điện theo thời gian. Sau đó tìm những phương pháp đánh giá về giới hạn của nó cũng như phạm vi áp dụng các phương pháp đó để xác định $\int_0^T \int_0^T (I_{lt})^2 dl \cdot dt$ và $\int_0^T I_t^2 \cdot dt$.

3-1-2-1. Khái niệm thời gian sử dụng công suất cực đại (T_{\max}) và thời gian tổn thất công suất cực đại (τ)

a- Thời gian sử dụng công suất cực đại T_{\max}

Định nghĩa: Nếu trong thời gian T_{\max} hộ tiêu thụ làm việc với phụ tải P_{\max} thì điện năng tiêu thụ bằng điện năng tiêu thụ thực tế trong cả năm (xem đồ thị minh họa hình 3-8).

Theo định nghĩa ta có thể viết:

$$A = P_{\max} T_{\max} = \int_0^{8760} P_{(t)} dt \quad (3 - 22)$$

$$T_{\max} = \frac{\int_0^{8760} P_{(t)} dt}{P_{\max}} \quad (3 - 23)$$

Mỗi nhóm thiết bị tiêu thụ điện có đồ thị phụ tải và giá trị T_{\max} đặc trưng của nó

b- Thời gian tổn thất công suất lớn nhất τ :

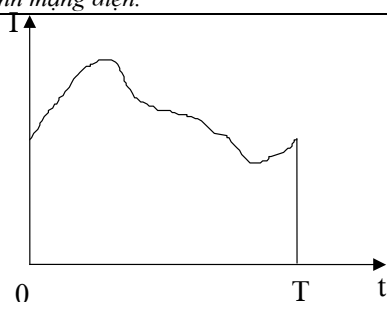
Định nghĩa: Nếu trong thời gian τ mạng điện liên tục truyền tải công suất cực đại P_{\max} (hay I_{\max}) thì sẽ gây nên tổn thất điện năng trong mạng điện đúng bằng tổn thất điện năng thực tế trong một năm vận hành (xem đồ thị minh họa hình 3-8).

Từ đó tổn thất điện năng được xác định theo biểu thức:

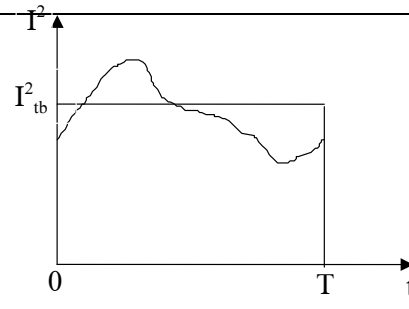
$$\Delta A = \Delta P_{\max} \cdot \tau = 3RI_{\max}^2 \tau = \int_0^{8760} 3RI_{(t)}^2 \cdot dt \quad (3 - 24)$$

$$\text{Do đó: } \tau = \frac{\int_0^{8760} I_{(t)}^2 dt}{I_{\max}^2} \quad (3 - 25)$$

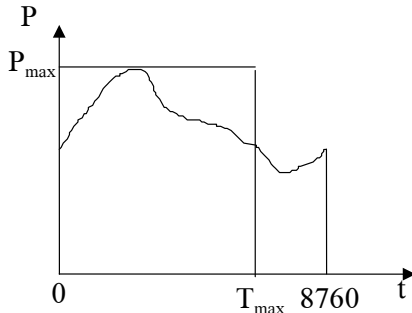
Giá trị τ phụ thuộc vào đồ thị phụ tải và tính chất hộ dùng điện. Thời



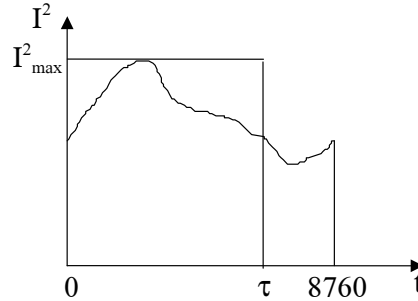
Đồ thị phụ tải năm của dòng điện theo thời gian



Đồ thị xác định dòng điện trung bình bình phương



Đồ thị xác định thời gian sử dụng công suất cực đại

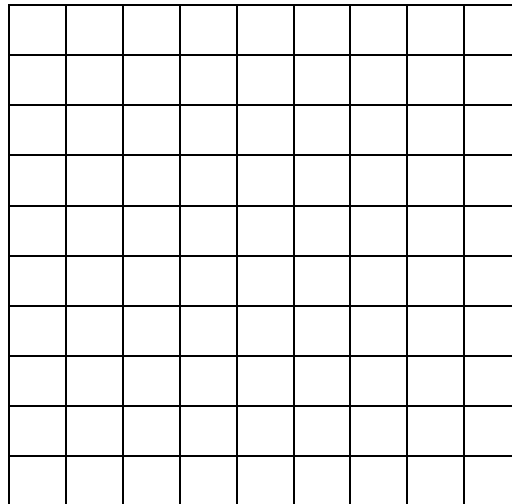


Đồ thị xác định thời gian tổn thất công suất cực đại

Hình 3- 8: Đồ thị biểu diễn quan hệ xác định I_{tb} , T_{max} và τ

T_{max}	τ
4000	2500
4500	3000
5000	3500
5500	4000
6000	4600
6500	5200
7000	5900
7500	6600
8000	7400
8760	8760

Bảng 3-1: Quan hệ giữa τ và T_{max}



Hình 3-9: Đồ thị quan hệ giữa τ và T_{max}

gian tổn thất công suất cực đại τ phụ thuộc thời gian sử dụng công suất cực đại T_{max} và $\cos\phi$ phụ tải. Do đó giá trị của τ được xác định theo đường cong quan hệ $\tau = f(T_{max}, \cos\phi)$ cho ở hình 3-9. Những đường cong này được tính toán đối với một số đồ thị điển hình của các phụ tải với những T_{max} và $\cos\phi$

khác nhau. Trong đó quy ước $\cos\varphi$ trong suốt năm là không thay đổi. Phương pháp này được sử dụng trong thiết kế sơ bộ cũng như trong vận hành khi thiếu các thông tin, đồ thị chính xác, hoặc xác định τ theo bảng cho sẵn (Bảng 3-1).

3-1-2-2. Phương pháp xác định điện năng tiêu thụ.

Lượng điện năng sản xuất hay tiêu thụ trong khoảng thời gian t được xác định trên cơ sở đồ thị phụ tải năm của chúng. Diện tích giới hạn bởi trục tung và đường cong P_t của đồ thị xác định điện năng sản xuất hay tiêu thụ trong khoảng thời gian t . Từ đó ta có:

$$A = \int_0^T P_t dt \quad (3-26)$$

Thực tế việc tính chính xác giá trị $\int_0^T P_t dt$ là không thể thực hiện được bởi quan hệ của P_t theo thời gian là không khả tích. Do đó ta chỉ có thể tính gần đúng tích phân trên khi có đồ thị phụ tải cho trước. Trong trường hợp không có đồ thị phụ tải ta có thể xác định lượng điện năng tiêu thụ thông qua thời gian sử dụng công suất cực đại T_{\max} theo biểu thức (3-22):

$$A = P_{\max} \cdot T_{\max}$$

Trường hợp đơn giản nhất khi công suất sản xuất hay tiêu thụ P không thay đổi trong suốt thời gian sử dụng t thì lượng điện năng được xác định theo biểu thức sau:

$$A = P \cdot t \quad (3-27)$$

3-1-2-3. Phương pháp dòng điện trung bình bình phương I_{tb} xác định tổn thất điện năng:

I_{tb} : Là dòng điện quy ước có giá trị không đổi chạy trên đường dây trong suốt thời gian T và gây nên lượng tổn thất điện năng ΔA bằng lượng tổn thất điện năng ΔA do dòng điện biến thiên thực tế gây ra.

$$\Delta A = \int_0^T 3RI_t^2 dt = 3RI_{tb}^2 \cdot T \quad (3 - 28)$$

Từ (3 - 28) với thời gian một năm ta có :

$$I_{tb}^2 = \frac{\int_0^{8760} I_{(t)}^2 dt}{8760} \quad (3 - 29)$$

Dòng điện I_{tb} có thể xác định được nếu biết đồ thị phụ tải năm theo thời gian t . Nếu đồ thị phụ tải cho dưới dạng công suất thì:

$$\Delta A = \frac{S_{tb}^2}{U^2} R \cdot t \quad (3 - 30)$$

Hoặc tính I_{tb} theo công thức kinh nghiệm:

$$I_{tb} = I_{max} (0,12 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \quad (3-31)$$

Hoặc theo công thức kinh nghiệm sau:

$$I_{tb} = I_{max} \sqrt{T_{max} / \tau} \quad (3-32)$$

3-1-2-4. Phương pháp thời gian tổn thất công suất lớn nhất τ xác định tổn thất điện năng:

Từ định nghĩa về thời gian tổn thất công suất lớn nhất τ khi biết giá trị công suất cực đại P_{max} (hay I_{max}) thì tổn thất điện năng trong mạng điện được xác định theo biểu thức (3-24):

$$\Delta A = \Delta P_{max} \cdot \tau = 3RI_{max}^2 \cdot \tau$$

Giá trị τ phụ thuộc vào đồ thị phụ tải và tính chất hệ dùng điện. Nếu không biết $\cos \varphi$ mà chỉ biết T_{max} có thể xác định τ theo công thức kinh nghiệm:

$$\tau = (0,124 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 8760 \quad (3 - 35)$$

Hoặc xác định τ theo công thức kinh nghiệm sau:

$$\tau = 2T_{max} - 8760 + \frac{8760 - T_{max}}{1 - \frac{T_{max}}{8760} - \frac{2P_{min}}{P_{max}}} \left(1 - \frac{P_{min}}{P_{max}} \right)^2 \quad (3 - 36)$$

Tổn thất điện năng trên đường dây có nhiều phụ tải bằng tổng tổn thất điện năng trên các đoạn đường dây

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3 + \dots \quad (3 - 37)$$

Trong đó: $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_3, \dots$ là tổn thất điện năng trên các đoạn đường dây 1, 2, 3....

Đối với các đường dây điện áp $U \geq 330KV$ cần phải tính đến tổn thất điện năng do vàng quang sinh ra. Như vậy tổn thất điện năng trên đường dây siêu cao áp là:

$$\Delta A = \Delta P_{max} \cdot \tau + \Delta P_k \cdot t \quad (3 - 38)$$

Trong đó: $-\Delta P_k$: Tổn thất vàng quang trên đường dây.

- t : Thời gian vận hành trong năm $t = 8760h$.

VÍ DỤ 3-1: Đường dây 220KV, dài 180 Km, dây dẫn AC-240, cung cấp điện cho phụ tải công suất $40+j30$ MVA. Điện áp cuối đường dây trong

chế độ phụ tải cực đại bằng 215KV. Xác định tổn thất công suất trên đường dây và công suất đầu nguồn cung cấp cho phụ tải.

GIẢI: Do tổn thất vàng quang nhỏ cho nên bỏ qua điện dẫn tác dụng g của đường dây. Tra bảng PL1- ta có thông số của dây dẫn AC-240 như sau:

$$r_0 = 0,12 \Omega/\text{Km}; x_0 = 0,43 \Omega/\text{Km}; b_0 = 2,66 \cdot 10^{-6} 1/\Omega\text{Km};$$

$$\text{Do đó: } R = r_0 \cdot l = 0,12 \cdot 180 = 21,6 \Omega$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,43 \cdot 180 = 77,4 \Omega$$

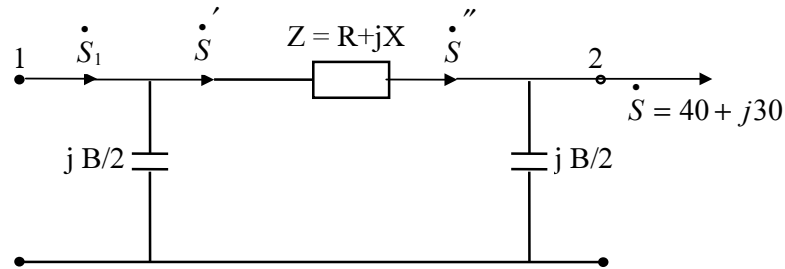
$$B/2 = b_0 \cdot l/2 = 2,66 \cdot 10^{-6} \cdot 180 / 2 = 2,4 \cdot 10^{-4} 1/\Omega$$

Sơ đồ thay thế của đường dây cho trên hình 3-10.

Công suất phản kháng do dung dẫn ở cuối đường dây sinh ra:

$$\Delta Q_{c2} = U_2^2 \cdot \frac{B}{2} = 215^2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-4} = 11 \text{ MVAR}$$

Công suất sau tổng trở Z bằng:



Hình: 3-10

$$\dot{S}''' = -j\Delta Q_{c2} + \dot{S} = -j11 + 40 + j30 = 40 + j19 \text{ MVA}$$

Tổn thất công suất trên đường dây:

$$\Delta P = \frac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_2^2} R = \frac{40^2 + 19^2}{215^2} 21,6 = 0,92 \text{ MW}$$

$$\Delta Q = \frac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_2^2} X = \frac{40^2 + 19^2}{215^2} 77,4 = 3,28 \text{ MVAR}$$

$$\Delta \dot{S} = 0,92 + j3,28 \text{ MVA}$$

Công suất ở đầu vào tổng trở Z:

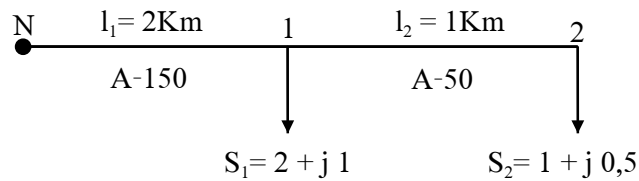
$$\dot{S}' = \Delta \dot{S} + \dot{S}'' = 0,92 + j3,28 + 40 + j19 = 40,92 + j22,28 \text{ MVA}$$

Vì điện áp ở đầu đường dây chưa xác định, cho nên công suất phản kháng trong nhánh tổng dẫn đầu đường dây có thể lấy bằng $\Delta Q_{c1} = \Delta Q_{c2} = 11 \text{ MVAR}$

Do đó công suất ở nút 1 bằng:

$$\dot{S}_1 = -j\Delta Q_{c1} + \dot{S}' = -j11 + 40,92 + j22,28 = 40,92 + j11,28 \text{ MVA}$$

VÍ DỤ 3-2: Xác định tổn thất điện năng trong một năm của mạng điện hình 3-11. Đường dây tải điện trên không điện áp 10KV. Đoạn L_1 dùng dây A-150 có $r_0 = 0,21\Omega/\text{Km}$. Đoạn L_2 dùng dây A-50 có $r_0 = 0,63\Omega/\text{Km}$. Chiều dài các đoạn đường dây và công suất các phụ tải ghi trên hình 3-11. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\max} = 2700\text{h}$.



Hình 3-11

GIẢI: Phụ tải cực đại của đoạn l_1 :

$$S_{L1} = (2 + j1) + (1 + j0,5) = 3 - j1,5 \text{ MVA}$$

Tổn thất công suất tác dụng cực đại trên đường dây

$$\Delta P_{\max} = \Delta P_{N1} + \Delta P_{12} = \frac{3^2 + 1,5^2}{10^2} \cdot 0,21 \cdot 2 + \frac{1^2 + 0,5^2}{10^2} \cdot 0,63 \cdot 1 = 0,0551 \text{ MW} = 55,1 \text{ KW}$$

Hai đoạn đường dây đều có $\cos\varphi = 0,9$. Tra đường cong quan hệ

$\tau = f(T_{\max}, \cos\varphi)$ với $T_{\max} = 2700\text{h}$, $\cos\varphi = 0,9$ ta có $\tau = 1500\text{h}$.

Tổn thất điện năng trong mạng sẽ là:

$$\Delta A = \Delta P_{\max} \cdot \tau = 55,1 \cdot 1500 = 82500 \text{ KWh.}$$

Điện năng các hộ tiêu thụ nhận được trong một năm là:

$$A = (P_1 + P_2) \cdot T_{\max} = (2000 + 1000) \cdot 2700 = 8100000 \text{ KWh}$$

Tổn thất điện năng tính theo phần trăm điện năng tiêu thụ:

$$\Delta A\% = \frac{82500}{8100000} \cdot 100 = 1,02\%$$

§3.2 TỶ SỐ TỶ THẤT CÔNG SUẤT, ĐIỆN NĂNG TRONG MÁY BIẾN ÁP.

3.2.1 Tỷ số tổn thất công suất trong máy biến áp:

Tổn thất công suất trong MBA gồm hai phần: Phần không phụ thuộc phụ tải là tổn thất không tải trong MBA hay còn gọi là tổn thất thép. Phần phụ thuộc công suất tải qua MBA là tổn thất tải hay còn gọi là tổn thất đồng.

3-2-1-1. Tổn thất không tải :

Tổn thất không tải không phụ thuộc vào công suất truyền tải qua MBA mà chỉ phụ thuộc vào cấu tạo của MBA, tổn thất không tải bao gồm tổn thất trong lõi thép để từ hóa và tổn thất trong các cuộn dây để tạo từ thông tản trong MBA, tổn thất này còn gọi là tổn thất sắt (ký hiệu: ΔS_0). ΔS_0 được xác định theo số liệu kỹ thuật của máy biến áp.

$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j \Delta Q_0 \quad (3 - 39)$$

$$\Delta Q_0 = \frac{I_0 \% S_{dm}}{100}$$

Trong đó

$I_0\%$: Dòng điện không tải tính theo %.

ΔP_0 ; ΔQ_0 : Tổn thất công suất tác dụng, phản kháng khi không tải.

3-2-1-2. Tổn thất tải

Tổn thất tải phụ thuộc vào công suất truyền tải qua MBA, tổn thất này đốt nóng các cuộn dây của MBA, chúng tỷ lệ với bình phương phụ tải qua MBA hay còn gọi là tổn thất đồng và được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta S_{cu} = \Delta P_{cu} + j \Delta Q_{cu} \quad (3-40)$$

$$\Delta P_{cu} = 3I^2 R_b = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_b = \Delta P_n \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 \quad (3-41)$$

$$\Delta Q_{cu} = 3I^2 X_b = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_b = \frac{U_n \% S^2}{100 S_{dm}} \quad (3-42)$$

Trong đó :

S : Công suất tải thực tế qua MBA.

S_{dm} : Công suất định mức MBA.

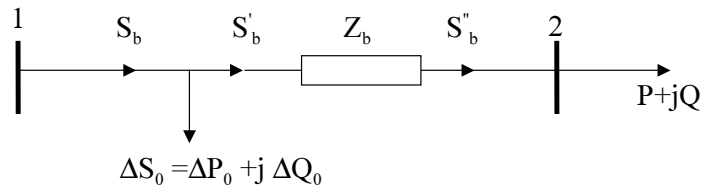
ΔP_n : Tổn thất ngắn mạch.

U_n : Điện áp ngắn mạch.

Công suất phía cao và hạ của máy biến áp chỉ khác nhau một giá trị bằng tổn thất công suất trong tổng trở máy biến áp (hình 3-12).

$$S'_b = S''_b + \Delta S_{cu} = S''_b + \Delta P_{cu} + j \Delta Q_{cu} \quad (3-43).$$

Chú ý: Nếu tính theo công suất phía hạ áp MBA thì thay S''_b và U_2 vào (3-41 và 3-42) còn Z_b được tính theo U_2 . Ngược lại nếu tính theo công suất phía cao áp thì thay S'_b và U_1 vào (3-41 và 3-42) còn Z_b tính theo U_1 .



Hình 3-12: Sơ đồ thay thế MBA hai cuộn dây

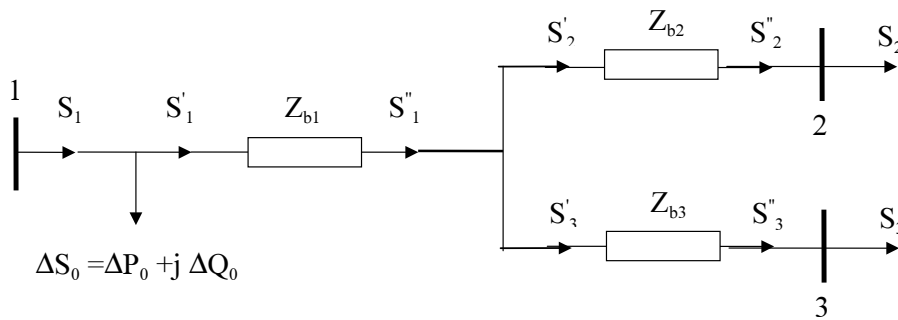
Trường hợp có n máy biến áp làm việc song song tổn thất công suất trong n MBA bằng:

$$\Delta P = \frac{\Delta P_n}{n} \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 + n \cdot \Delta P_0 \quad (3-44)$$

$$\Delta Q = \frac{U_n}{100n} \frac{S^2}{S_{dm}} + n \cdot \Delta Q_0 \quad (3-45)$$

- Tổn thất không tải trong MBA 3 dây quấn hay MBA tự ngẫu cũng được xác định theo số liệu kỹ thuật của MBA.
- Tổn thất tải trong các cuộn dây xác định theo công suất qua mỗi cuộn.

Từ sơ đồ thay thế MBA 3 cuộn dây hình 3-13. Nếu tổng trở các cuộn dây đều quy đổi về phía cao áp thì tổn thất công suất trong các cuộn dây là:



Hình 3-13: Sơ đồ thay thế MBA ba cuộn dây

Cuộn hạ :

$$\Delta S_{cu3} = \left(\frac{S_3''}{U_1} \right)^2 Z_{b3} \quad (3 - 46)$$

Cuộn trung:

$$\Delta S_{cu2} = \left(\frac{S''_2}{U_1}\right)^2 Z_{b2} \quad (3 - 47)$$

Cuộn cao:

$$\Delta S_{cu1} = \left(\frac{S''_1}{U_1}\right)^2 Z_{b1} \quad (3 - 48)$$

Trong đó : $S''_1 = S'_2 + S'_3$; $S'_2 = S''_2 + \Delta S_{cu2}$; $S'_3 = S''_3 + \Delta S_{cu3}$
 U_1 : Điện áp phía cao áp.

3.2.2 Tổn thất điện năng trong máy biến áp.

Tổn thất điện năng trong máy biến áp gồm hai thành phần:

- Thành phần không phụ thuộc vào phụ tải được xác định theo thời gian làm việc của MBA.
- Thành phần phụ thuộc vào phụ tải được xác định theo thời gian tổn thất công suất cực đại τ .

3-2-2-1. Tổn thất điện năng trong máy biến áp 3 pha 2 cuộn dây.

Tổn thất điện năng trong máy biến áp 3 pha 2 cuộn dây trong quá trình vận hành được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta A_b = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_{\max} \tau = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_n \frac{S_{\max}^2}{S_{dm}^2} \tau \quad (3 - 49)$$

Trong đó:

- S_{\max} : Công suất cực đại đi qua MBA theo biểu đồ phụ tải.
- S_{dm} : Công suất định mức của MBA.
- ΔP_0 ; ΔP_n : Tổn thất không tải và Tổn thất ngắn mạch của MBA

Khi có n máy biến áp làm việc song song tổn thất điện năng trong chúng sẽ là:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_n}{n} \frac{S_{\max}^2}{S_{dm}^2} \tau \quad (3 - 50)$$

Trong đó:

- S_{\max} : Phụ tải cực đại trong năm của n MBA.
- τ : Thời gian tổn thất công suất cực đại.
- t: Thời gian vận hành MBA.

Trường hợp có đồ thị phụ tải hình bậc thang gồm m bậc, tổn thất điện năng trong MBA 3 pha 2 dây quấn được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_n}{n} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^2}{S_{dm}^2} \cdot t_i \quad (3 - 51)$$

Để giảm tổn thất điện năng ở những TBA có n MBA vận hành song song, tùy theo đồ thị phụ tải mà cắt bỏ bớt một số MBA. Ví dụ trong thời gian t_1 vận hành song song n_1 MBA với tổng phụ tải S_1 , thời gian t_2 vận hành song song n_2 MBA với tổng phụ tải S_2thì tổn thất điện năng trong thời gian làm việc của TBA $T = t_1 + t_2 + \dots$ sẽ bằng:

$$\Delta A = n_1 \Delta P_0 \cdot t_1 + n_2 \Delta P_0 \cdot t_2 + \dots + \frac{1}{n_1} \Delta P_n \frac{S_1^2}{S_{dm}^2} t_1 + \frac{1}{n_2} \Delta P_n \frac{S_2^2}{S_{dm}^2} t_2 + \dots$$

Hoặc viết ở dạng tổng quát:

$$\Delta A = \Delta P_0 \cdot \sum_{i=1}^n (n_i \cdot t_i) + \Delta P_n \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{n_i} \left(\frac{S_i}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_i \right] \quad (3-52)$$

3-2-2-2. Tổn thất điện năng trong máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây.

Đối với MBA 3 pha 3 cuộn dây nhà chế tạo cho biết các thông số như S_{dm} : Công suất định mức MBA, tổn thất không tải ΔP_0 và tổn thất ngắn mạch:

ΔP_{N-C-T} : Tổn thất ngắn mạch giữa cuộn cao và cuộn trung.

ΔP_{N-T-H} : Tổn thất ngắn mạch giữa cuộn trung và cuộn hạ.

ΔP_{N-C-H} : Tổn thất ngắn mạch giữa cuộn cao và cuộn hạ.

Từ các giá trị tổn thất ngắn mạch giữa các cuộn dây ta xác định được giá trị tổn thất ngắn mạch của các cuộn dây cao, trung, hạ theo biểu thức sau:

$$\Delta P_{N-C} = 0,5 (\Delta P_{N-C-T} + \Delta P_{N-C-H} - \Delta P_{N-T-H})$$

$$\Delta P_{N-T} = 0,5 (\Delta P_{N-C-T} + \Delta P_{N-T-H} - \Delta P_{N-C-H})$$

$$\Delta P_{N-H} = 0,5 (\Delta P_{N-C-H} + \Delta P_{N-T-H} - \Delta P_{N-C-T})$$

Trong trường hợp nhà chế tạo chỉ cho biết trị số ΔP_{N-C-H} thì tổn thất ngắn mạch của từng cuộn dây MBA được xem giống như nhau và bằng $0,5 \cdot \Delta P_{N-C-H}$.

Khi có n MBA 3 pha 3 cuộn dây vận hành song song. Tổn thất điện năng trong quá trình vận hành được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \left[\Delta P_{NC} \frac{S_{maxC}^2}{S_{dm}^2} \cdot \tau_C + \Delta P_{NT} \frac{S_{maxT}^2}{S_{dm}^2} \cdot \tau_T + \Delta P_{NH} \frac{S_{maxH}^2}{S_{dm}^2} \cdot \tau_H \right] \quad (3 - 53)$$

Trong đó:

$-S_{maxC}, S_{maxT}, S_{maxH}$: Phụ tải cực đại của cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n MBA vận hành song song.

$-S_{dm}$: Công suất định mức của MBA.

$-\tau_C, \tau_T, \tau_H$: Thời gian tổn thất công suất cực đại của cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n MBA vận hành song song được xác định theo thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\max C}, T_{\max T}, T_{\max H}$, và $\cos\varphi_C, \cos\varphi_T, \cos\varphi_H$.

- n: Số máy biến áp làm việc song song.

Trường hợp có đồ thị phụ tải hình bậc thang gồm m bậc, tổn thất điện năng trong MBA 3 pha 3 dây quấn được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_{0,t} + \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^m \left(\Delta P_{NC} \frac{S_{iC}^2}{S_{dm}^2} + \Delta P_{NT} \frac{S_{iT}^2}{S_{dm}^2} + \Delta P_{NH} \frac{S_{iH}^2}{S_{dm}^2} \right) \cdot t_i \right] \quad (3-54)$$

Trong đó: S_{iC}, S_{iT}, S_{iH} : Tổng công suất qua cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n MBA vận hành song song trong thời gian t_i .

3-2-2-3. Tổn thất điện năng trong máy biến áp tự ngẫu 3 pha.

Đối với MBA tự ngẫu 3 pha khi có n MBA vận hành song song tổn thất điện năng được xác định tương tự như MBA 3 pha 3 cuộn dây:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_{0,t} + \frac{1}{n} \left[\Delta P_{NC} \frac{S_{\max C}^2}{S_{dm}^2} \cdot \tau_C + \Delta P_{NT} \frac{S_{\max T}^2}{S_{dm}^2} \cdot \tau_T + \Delta P_{NH} \frac{S_{\max H}^2}{S_{dm}^2} \cdot \tau_H \right] \quad (3-55)$$

Trong đó:

- $\Delta P_{N-C}, \Delta P_{N-T}, \Delta P_{N-H}$ là giá trị tổn thất ngắn mạch của các cuộn dây cao, trung, hạ của MBA tự ngẫu được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta P_{N-C} = \frac{1}{2} \left[\Delta P_{N-C-T} + \left(\Delta P_{N-C-H} - \Delta P_{N-T-H} \right) \frac{1}{\alpha^2} \right]$$

$$\Delta P_{N-T} = \frac{1}{2} \left[\Delta P_{N-C-T} + \left(\Delta P_{N-T-H} - \Delta P_{N-C-H} \right) \frac{1}{\alpha^2} \right]$$

$$\Delta P_{N-H} = \frac{1}{2} \left[\left(\Delta P_{N-C-H} + \Delta P_{N-T-H} \right) \frac{1}{\alpha^2} - \Delta P_{N-C-T} \right]$$

$$-\alpha = \frac{U_{dmC} - U_{dmT}}{U_{dmC}} \text{ là hệ số có lợi của MBA tự ngẫu.}$$

- $S_{\max C}, S_{\max T}, S_{\max H}$: Phụ tải cực đại của cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n MBA vận hành song song.

- S_{dm} : Công suất định mức của MBA.

- τ_C, τ_T, τ_H : Thời gian tổn thất công suất cực đại của cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n MBA vận hành song song được xác định theo thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\max C}, T_{\max T}, T_{\max H}$, và $\cos\varphi_C, \cos\varphi_T, \cos\varphi_H$.

- n: Số máy biến áp làm việc song song.

Trường hợp có đồ thị phụ tải hình bậc thang gồm m bậc, tổn thất điện năng trong MBA tự ngẫu 3 pha được xác định theo biểu thức sau:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^m \left(\Delta P_{NC} \frac{S_{iC}^2}{S_{dm}^2} + \Delta P_{NT} \frac{S_{iT}^2}{S_{dm}^2} + \Delta P_{NH} \frac{S_{iH}^2}{S_{dm}^2} \right) \cdot t_i \right] \quad (3-56)$$

Trong đó: S_{iC}, S_{iT}, S_{iH} : Tổng công suất qua cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n MBA tự ngẫu vận hành song song trong thời gian t_i .

VÍ DỤ 3-3: Xác định tổn thất công suất và điện năng trong một năm của TBA có hai MBA vận hành song song, điện áp 10KV, công suất định mức của mỗi MBA là 560KVA. Đồ thị phụ tải mùa đông và mùa hè của TBA cho ở hình 3-14. Công suất cực đại của phụ tải là 1000KVA, $\cos\phi$ trung bình của phụ tải lấy bằng 0,8. Hai MBA vận hành suốt năm. Thời gian mùa đông lấy bằng 213 ngày, Thời gian mùa hè lấy bằng 152 ngày.

GIẢI: Từ bảng PL2- đối với MBA TM-560/10 ta có: $\Delta P_0 = 2,5KW$, $\Delta P_n = 9,4KW$, $U_n = 5,5\%$, $I_0 = 6\%$.

Tổn thất công suất tác dụng cực đại là:

$$\Delta P_b = 2 \times 2,5 + \frac{1}{2} \times 9,4 \times \left(\frac{1000}{560} \right)^2 = 19,9KW$$

Tổn thất công suất phản kháng cực đại:

$$\Delta Q_b = \frac{2,6 \cdot 560}{100} + \frac{1}{2} \times \frac{5,5}{100} \times \frac{1000^2}{560} = 116,3KVar$$

Thời gian sử dụng công suất cực đại tính theo đồ thị phụ tải hàng ngày là:

$$T_{max} = \left(\frac{100 \cdot 13 + 95 \cdot 11}{100} \right) \times 213 + \left(\frac{90 \cdot 13 + 85 \cdot 11}{100} \right) \times 152 = 8200h$$

Tra đường cong quan hệ $\tau = f(T_{max}, \cos\phi)$ ta có $\tau = 7600h$.

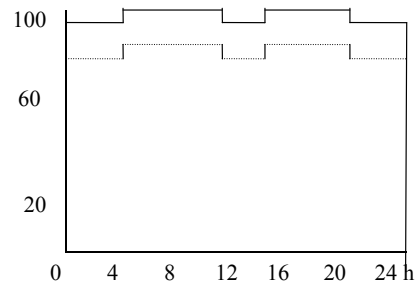
Tổn thất điện năng trong các MBA là:

$$\Delta A = 2 \times 2,5 \times 8760 + \frac{1}{2} \times 9,4 \times \left(\frac{1000}{560} \right)^2 \times 7600 = 157300KWh$$

VÍ DỤ 3-4: Xác định tổn thất công suất và điện năng trong một năm của TBA có hai MBA vận hành song song, điện áp 110KV, công suất định mức của MBA là 16MVA. Công suất cực đại của phụ tải là 25MVA, $\cos\phi$ trung bình của phụ tải lấy bằng 0,8. Hai MBA vận hành suốt năm.

GIẢI: Từ bảng PL2- đối với MBA TAH-16000/110 ta có: $\Delta P_0 = 21KW$, $\Delta P_n = 85KW$, $U_n = 10,5\%$, $I_0 = 0,85\%$.

Tổn thất công suất tác dụng cực đại là:



Hình 3-14

$$\Delta P_b = n \cdot \Delta P_0 + \frac{\Delta P_n \cdot S_{\max}^2}{n \cdot S_{dm}^2} = 2.21 + \frac{1}{2} 85 \cdot \left(\frac{25000}{16000} \right)^2 = 146 \text{KW}$$

Tổn thất công suất phản kháng cực đại:

$$\Delta Q_b = \frac{n \cdot I_0 \cdot S_{dm}}{100} + \frac{U_n \cdot S_{\max}^2}{n \cdot 100 \cdot S_{dm}} = \frac{2.0,85 \cdot 16000}{100} + \frac{1}{2} \frac{10,5}{100} \cdot \frac{25000^2}{16000} = 2325 \text{KVar}$$

Thời gian tổn thất công suất cực đại là:

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 4300 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2688 \text{h}$$

Tổn thất điện năng trong các MBA là:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_n \cdot S_{\max}^2}{n \cdot S_{dm}^2} \cdot \tau = 2.21 \cdot 8760 + \frac{85 \cdot 25000^2}{2 \cdot 16000^2} \cdot 2688 = 569592 \text{KWh}$$

§3.3 ĐIỆN ÁP GIÁNG VÀ TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRÊN ĐƯỜNG DÂY.

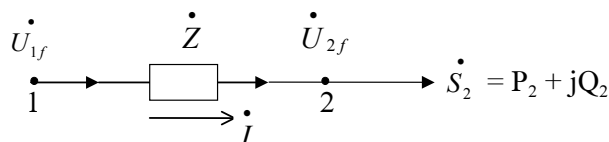
3.3.1 Khái niệm chung:

Một trong những chỉ tiêu cơ bản của chất lượng điện năng là điện áp. Khi có dòng điện chạy trên dây dẫn sẽ gây nên một điện áp rơi làm cho điện áp ở những điểm trên đường dây khác nhau. Mọi thiết bị điện được chế tạo làm việc với điện áp định mức. Khi điện áp đặt lên đầu cực thiết bị khác với trị số định mức thì tình trạng làm việc của thiết bị điện xấu đi. Thực tế khó có thể giữ được điện áp ở các hộ tiêu thụ bằng điện áp định mức, mà chỉ có thể giữ được điện áp ở các hộ tiêu thụ nằm trong một giới hạn cho phép, thông thường là $\pm 5\%$ so với trị số định mức của điện áp.

3.3.2 Đường dây có 1 phụ tải:

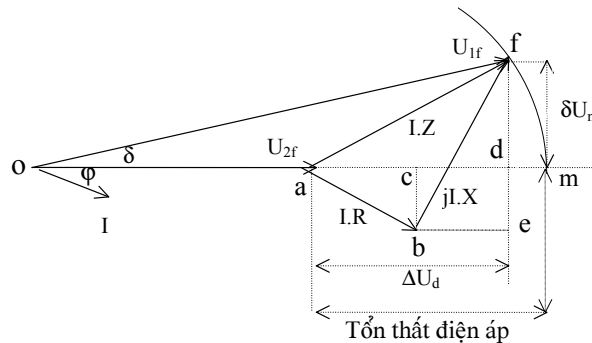
3.3.2.1-Trường hợp chưa xét đến điện dung của đường dây

Xét đường dây 3 pha trên không 35KV, phụ tải các pha đối xứng, dòng điện trên các pha bằng nhau và có cùng góc lệch pha với điện áp. Từ đó cho phép chúng ta xét mạng 3 pha theo mô hình mạng 1 pha. Quá trình tính toán, xây dựng đồ thị véc tơ với điện áp pha sau đó chuyển qua điện áp dây (tương ứng với mạng 3 pha). Ký hiệu điện áp pha đầu đường dây và cuối đường dây là \dot{U}_{1f} và \dot{U}_{2f} , dòng điện I lệch pha với điện áp



Hình: 3-12

\dot{U}_{2f} một góc φ_2 . Giả thiết biết \dot{U}_{2f} , dòng điện I và φ_2 cần xác định \dot{U}_{1f} và góc δ giữa các véc tơ điện áp \dot{U}_{1f} và \dot{U}_{2f} . Trước hết vẽ đồ thị véc tơ dòng điện và điện áp pha: Đặt vectơ điện áp \dot{U}_{2f} trùng với trục thực, vectơ dòng điện I



Hình 3-13: Đồ thị véc tơ điện áp và dòng điện

Chậm pha sau vectơ điện áp \dot{U}_{2f} một góc φ_2 . Dựng tam giác điện áp rơi abf Trong đó cạnh ab có giá trị bằng điện áp rơi trên điện trở tác dụng $I.r$, cạnh bf có giá trị bằng điện áp rơi trên điện kháng $I.x$, cạnh af có giá trị bằng điện áp giáng trên đường dây. Nối điểm O với f ta có vectơ điện áp pha ở đầu đường dây \dot{U}_{1f} (điện trở R và điện kháng X là của một pha). Tổng thất điện áp xác định bởi đoạn am (điểm m là giao điểm của trục thực với cung tròn có bán kính $of = U_{1f}$). Từ tam giác tổng thất điện áp ta có:

$$\text{Đoạn } ad = ac + cd = I.r.\cos\varphi_2 + I.x.\sin\varphi_2$$

$$\text{Đoạn } fd = fe - de = I.x.\cos\varphi_2 - I.r.\sin\varphi_2$$

Điện áp pha U_{1f} đầu đường dây là:

$$\dot{U}_{1f} = \dot{U}_{2f} + I.r.\cos\varphi_2 + I.x.\sin\varphi_2 + j(I.x.\cos\varphi_2 - I.r.\sin\varphi_2) \quad (3-55)$$

Biết dòng điện chạy trên đường dây $I = I_a + jI_p$. Trong đó:

$$I_a = I.\cos\varphi_2;$$

$$I_p = I.\sin\varphi_2$$

là thành phần tác dụng và phản kháng của dòng điện phụ tải trên đường dây. Thay các giá trị trên vào (3-55) ta có:

$$\dot{U}_{1f} = \dot{U}_{2f} + (I_a.r + I_p.x) + j(I_a.x - I_p.r) = \dot{U}_{2f} + \Delta U_d + j\delta U_n \quad (3-56)$$

$-\Delta U_d$ gọi là thành phần dọc của điện áp rơi (đoạn ad)

- δU_n gọi là thành phần ngang của điện áp rơi (đoạn df).

Nhân hai vế của biểu thức (3-55) với $\sqrt{3}$, ta nhận được điện áp dây ở đầu đường dây \dot{U}_1 :

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \sqrt{3}(I_a \cdot r + I_p \cdot x) + j\sqrt{3}(I_a \cdot x + I_p \cdot r) = \dot{U}_2 + \Delta U_d + j\delta U_n \quad (3-57)$$

Như vậy điện áp giáng trên đường dây là:

$$\Delta \dot{U} = \Delta U_d + j\delta U_n \quad (3-58)$$

$$\Delta \dot{U}_d = \sqrt{3}(I_a R + I_p X) = \sqrt{3}I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (3-59)$$

$$\delta \dot{U}_d = \sqrt{3}(I_a X - I_p R) = \sqrt{3}I(X \cos \varphi - R \sin \varphi) \quad (3-60)$$

Điện áp U_1 đầu đường dây sẽ là tổng điện áp giáng ΔU trên đường dây với điện áp U_2 ở cuối đường dây.

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \Delta \dot{U} \quad (3-61)$$

Modul điện áp U_1 ở đầu đường dây bằng:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U_d)^2 + \delta U_n^2} \quad (3-62)$$

Góc lệch pha δ giữa điện áp đầu và cuối đường dây là U_1 và U_2 là:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\delta U_n}{U_2 + \Delta U_d} \quad (3-63)$$

Do góc lệch pha δ nhỏ nên đoạn dm rất bé. Trong tính toán thực tế có thể bỏ qua. Khi đó tổn thất điện áp trên đường dây lấy bằng đoạn ad, tức là chỉ lấy thành phần dọc trục của điện áp giáng trên đường dây là:

$$\Delta \dot{U} = \Delta U_d = \sqrt{3}(I_a \cdot r + I_p \cdot x) \quad (3-64)$$

Mặt khác ta có quan hệ:

$$I_a = \frac{P_2}{\sqrt{3}U_2} \quad (3-65)$$

$$I_p = \frac{Q_2}{\sqrt{3}U_2}$$

Thay (3-65) vào (3-59), (3-60) ta nhận được:

$$\Delta U_d = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2} \quad (3-66)$$

$$\delta U_n = \frac{P_2 X - Q_2 R}{U_2} \quad (3-67)$$

Giả thiết vectơ điện áp \dot{U}_2 nằm trên trục thực, khi đó điện áp ở đầu đường dây là:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \Delta U_d + j\delta U_n = \dot{U}_2 + \frac{P_2 \cdot r + Q_2 \cdot x}{U_2} + j \frac{P_2 \cdot x - Q_2 \cdot r}{U_2} \quad (3-68)$$

Điện áp giáng trên đường dây là:

$$\Delta \dot{U} = \Delta U_d + j\delta U_n = \frac{P_2 \cdot r + Q_2 \cdot x}{U_2} + j \frac{P_2 \cdot x - Q_2 \cdot r}{U_2} \quad (3-69)$$

Lập luận tương tự ta cũng xác định được điện áp ở cuối đường dây khi biết công suất và điện áp đầu đường dây:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 - \Delta U_d - j\delta U_n = \dot{U}_1 - \frac{P_1 \cdot r + Q_1 \cdot x}{U_1} - j \frac{P_1 \cdot x - Q_1 \cdot r}{U_1} \quad (3-70)$$

Trong các biểu thức trên $P_2, Q_2, U_2, P_1, Q_1, U_1$ là công suất, điện áp ở cuối và đầu đường dây. Trong tính toán cần lưu ý công suất ở đoạn nào thì lấy điện áp tương ứng với đoạn đó. Khi chỉ biết giá trị công suất trên đường dây. Ví dụ P_2, Q_2 và điện áp định mức của mạng. Điện áp giáng trên đường dây tải điện có thể được tính gần đúng theo công thức sau:

$$\Delta U_d = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_{dm}} \quad (3-71)$$

$$\delta U_d = \frac{P_2 X - Q_2 R}{U_{dm}} \quad (3-72)$$

Giá trị thành phần ngang của điện áp giáng δU_n trong quá trình tính toán đối với đường dây điện áp 110-220KV và tất cả các đường dây điện áp thấp hơn sẽ bỏ qua, khi đó sai số chỉ khoảng vài phần nghìn. Thành phần ngang của điện áp rơi δU_n chỉ tính đến đối với đường dây điện áp 220KV khi chiều dài lớn hơn 200Km và tất cả các đường dây điện áp lớn hơn 330KV. Do những đường dây này sử dụng dây tiết diện lớn, nên điện kháng X lớn hơn rất nhiều so với điện trở R. Do đó tích số $P \cdot X \gg Q \cdot R$ nên giá trị thành phần ngang của điện áp rơi δU_n sẽ lớn. Do đó nếu không xét đến thành phần ngang của điện áp rơi khi xác định điện áp trên đường dây sẽ dẫn đến sai số lớn.

Trung bình tổn thất điện áp trong mạng phân phối < 5-7%: trong lưới khu vực < 10-15%: trong mạng khu vực có MBA ở cuối đường dây < 15-20%.

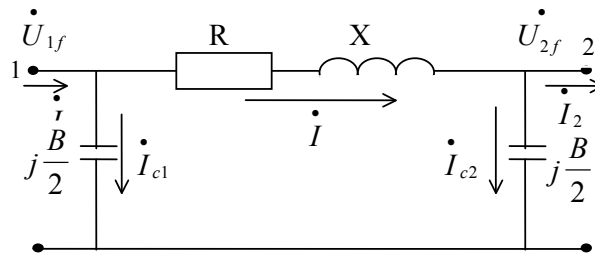
Từ các công thức tính tổn thất điện áp ta thấy tổn thất điện áp phụ thuộc nhiều vào phụ tải của nó. Công suất tải càng lớn tổn thất điện áp càng lớn. Hệ số công suất $\cos\varphi$ cũng ảnh hưởng nhiều đến tổn thất điện áp. Với công suất tác dụng đã cho của phụ tải P_2 , khi hệ số công suất $\cos\varphi_2$ tăng lên thì Q_2 sẽ giảm xuống nên tổn thất điện áp trên đường dây giảm xuống.

3-3-2-2. Trường hợp có xét đến dung dẫn của đường dây.

Sơ đồ thay thế của đường dây có xét đến dung dẫn hình 3-14, đồ thị vector của dòng điện và điện áp biểu diễn trên hình 3-15. Vector dòng điện phụ tải ở cuối đường dây I_2 chậm pha sau vector điện áp pha U_{f2} một góc φ_2 . Vector điện áp pha U_{f2} trùng với trục thực. Dòng điện điện dung I_{c2} chạy qua tổng dẫn tập trung ở nửa cuối đường dây vượt trước vector điện áp pha U_{f2} một góc 90° . Giá trị dòng điện I_{c2} được xác định theo công thức:

$$I_{c2} = U_{f2} \frac{B}{2}$$

Giá trị dòng điện I bằng tổng các dòng điện I_2 và I_{c2} chạy qua điện trở tác dụng r và điện kháng của sơ đồ thay thế. Dụng tam giác điện áp giáng trên tổng trở của đường dây do dòng điện I_2 và I_{c2} gây nên là tam giác abf và tam giác fed . Nối O với d ta nhận được vector điện áp pha đầu

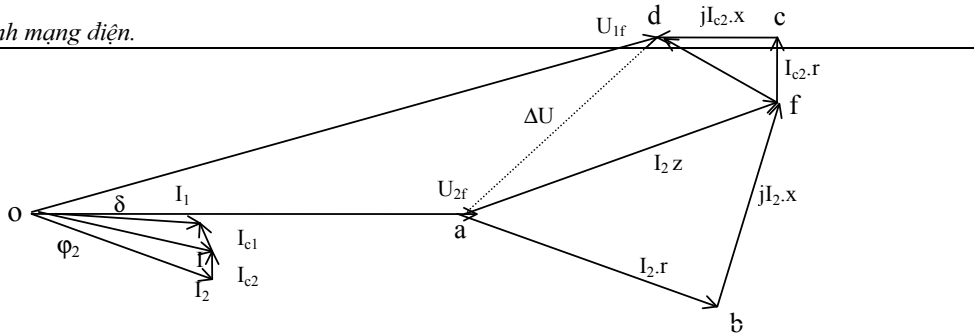


Hình: 3 - 14

Sơ đồ thay thế đường dây có điện dung

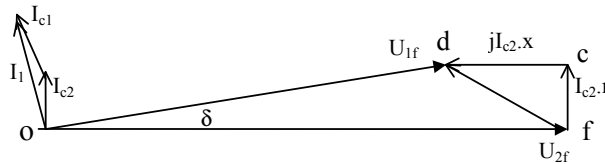
đường dây U_{f1} . Giá trị dòng điện đầu đường dây I_1 bằng tổng các dòng điện I và I_{c1} . Dòng điện điện dung I_{c1} chạy qua tổng dẫn tập trung ở nửa đầu đường dây vượt trước vector điện áp pha U_{f1} một góc 90° . Giá trị dòng điện I_{c1} được xác định theo công thức: $I_{c1} = U_{f1} \frac{B}{2}$

So sánh các đồ thị vector điện áp hình 3-13 và 3-15 ta thấy khi có dòng điện điện dung trên đường dây thành phần dọc của điện áp rơi trên đường dây giảm xuống, thành phần ngang của điện áp rơi trên đường dây tăng lên. Tức là tổn thất điện áp giảm còn góc pha δ giữa điện áp ở đầu và cuối đường dây tăng lên. Trong đa số trường hợp tính toán đối với phần lớn đường dây bỏ qua thành phần ngang của điện áp giáng. Từ đó có thể kết luận rằng: Điện dung của đường dây có ảnh hưởng tốt đến sự làm việc của đường dây và làm giảm tổn thất trên nó.



Hình 3-15: Đồ thị véc tơ
điện áp và dòng điện lúc làm việc bình thường

Đối với đường dây trên không điện áp từ 220KV trở lên khi làm việc ở chế độ không tải ($I_2 = 0$). Điện áp ở đầu đường dây U_{1f} nhỏ hơn điện áp ở cuối đường dây U_{2f} . Đồ thị véc tơ biểu diễn trên hình 3-16. Đối với đường



Hình 3-16: Đồ thị véc tơ
điện áp và dòng điện lúc không tải

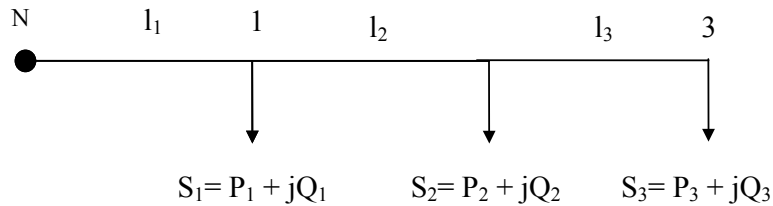
dây trên không điện áp 220KV chiều dài khoảng 250Km khi không tải độ tăng điện áp ở cuối đường dây có thể đạt đến 5-6%.

3.3.3. Đường dây có nhiều phụ tải.

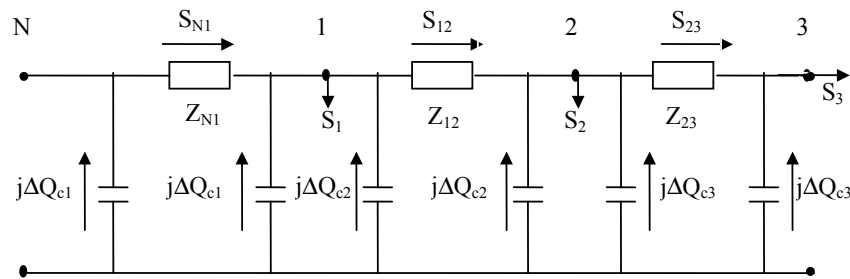
Tính toán tổn thất điện áp trên đường dây có nhiều phụ tải với cấp điện áp 110KV trở lên, ta xét đường dây có ba phụ tải với sơ đồ nguyên lý hình 3-17 và sơ đồ thay thế tính toán hình 3-18.

Đối với đường dây có nhiều phụ tải điện áp tại các nút và công suất trên các đoạn đường dây được xác định như các phần trước. Khi cho biết công suất của các phụ tải và điện áp cuối đường dây U_3 Trước hết ta xác định tổn thất điện áp trên đoạn đường dây 2-3, sau đó ta xác định được điện áp tại nút 2 là $U_2 = U_3 + \Delta U_{23}$. Tiếp theo ta xác định tổn thất điện áp trên đoạn đường dây 1-2 và xác định điện áp tại nút 1 là $U_1 = U_2 + \Delta U_{12}$. Tiếp đó ta xác định tổn thất điện áp trên đoạn đường dây N-1 và xác định được điện áp tại nút N là $U_N = U_1 + \Delta U_{N1}$. Khi không cho biết giá trị điện áp ở cuối đường dây thì tính tổn thất điện áp theo biểu thức (3-71) và (3-72). Công suất phản kháng do đường dây dây sinh ra cũng có thể xác định gần đúng theo điện

áp định mức của mạng điện. Trong mạng điện khu vực cấp điện áp từ 220KV trở lên khi tính toán điện áp trong mạng điện cần xét đến cả hai thành phần dọc và ngang của điện áp giáng. Trong mạng điện địa phương điện áp từ 35KV trở xuống chiều dài đường dây thường không lớn, tổn thất công suất và điện áp trên đường dây không lớn, số lượng phụ tải nối vào



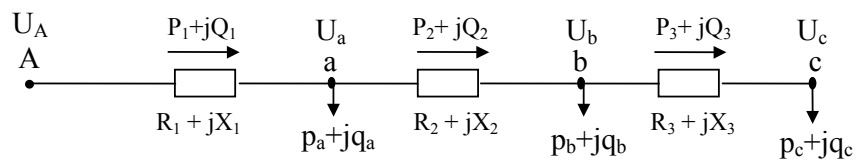
Hình 3-17



Hình 3-18

đường dây nhiều. Để đơn giản việc tính toán đối với mạng địa phương tổn thất điện áp được xác định không phải theo điện áp thực mà theo U_{dm} của mạng điện và công suất đã cho của các phụ tải, không xét đến điện dẫn và tổn thất công suất trên các phần tử của mạng điện. Tuy nhiên sẽ có sai số nhưng không đáng kể.

Xét mạng điện địa phương có 3 phụ tải. Sơ đồ thay thế tính toán cho trên hình 3-19



Hình 3-19: Sơ đồ thay thế mạng điện địa phương có 3 phụ tải

Khi tính toán tổn thất điện áp trong mạng có thể sử dụng các công thức sau:

$$\Delta U = \frac{1}{U_{dm}} \left(\sum P_n R_n + \sum Q_n X_n \right) \quad (3 - 73)$$

$$\text{hay } \Delta U = \frac{1}{U_{dm}} (\sum P_m R_m + \sum Q_m X_m) \quad (3-74)$$

- Trong đó :
- P_n, Q_n : Công suất của phụ tải thứ n .
 - R_n, X_n : Điện trở, điện kháng từ nguồn cung cấp đến phụ tải n .
 - P_m, Q_m : Công suất chạy trên đường dây thứ m .
 - R_m, X_m : Điện trở và điện kháng của đoạn dây thứ m .
 - U_{dm} : Điện áp định mức của mạng điện.

$$\text{Ví dụ: } \Delta U = \frac{P_a R_a + P_b R_b + P_c R_c + Q_a X_a + Q_b X_b + Q_c X_c}{U_{dm}}$$

$$\text{Trong đó: } R_a = R_1; R_b = R_1 + R_2; R_c = R_1 + R_2 + R_3$$

$$X_a = X_1; X_b = X_1 + X_2; X_c = X_1 + X_2 + X_3$$

$$\text{Hoặc } \Delta U = \frac{P_1 R_1 + P_2 R_2 + P_3 R_3 + Q_1 X_1 + Q_2 X_2 + Q_3 X_3}{U_{dm}}$$

$$\text{Trong đó: } P_1 = P_a + P_b + P_c; P_2 = P_b + P_c; P_3 = P_c$$

$$Q_1 = Q_a + Q_b + Q_c; Q_2 = Q_b + Q_c; Q_3 = Q_c$$

Điện áp trên các nút của đường dây là:

$$U_a = U_A - \Delta U_{Aa}$$

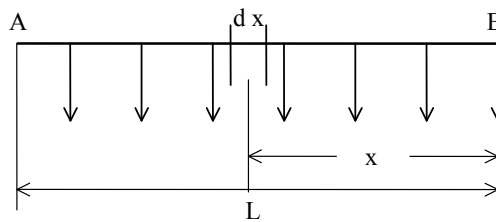
$$U_b = U_A - \Delta U_{Ab}$$

$$U_c = U_A - \Delta U_{Ac}$$

Trong mạng điện địa phương có phân nhánh, tổn thất điện áp từ nguồn đến phụ tải xa nhất được xác định bằng cách cộng tổn thất điện áp trên các đoạn đường dây từ nguồn đến phụ tải đó.

3.3.4 Đường dây có phụ tải phân bố đều.

Trên hình 3-20 trình bày mạng điện với phụ tải phân bố đều chúng ta thường gặp ở mạng điện thành phố. Thường những mạng này sử dụng dây dẫn cùng một tiết diện. Khoảng cách giữa các pha nhỏ nên điện kháng giữa các pha có thể xem bằng không ($x = 0$).



Hình 3-20

Giả thiết hệ số công suất $\cos\varphi = 1$. Công suất phân bố đều trên đơn vị chiều dài là p_0 . Tổng phụ tải trên toàn bộ đường dây là P . Công suất chạy trên nguyên tố dx cách điểm cuối 1 đoạn x được xác định theo biểu thức:

$$p_x = p_0 x \quad (3-75).$$

Công suất đó gây nên tổn thất điện áp trên đoạn dx bằng:

$$d\Delta U = \frac{p_x r_0 dx}{U_{dm}} = \frac{p_0 x r_0 dx}{U_{dm}} \quad (3 - 76).$$

Từ đó tổn thất điện áp trên toàn bộ chiều dài đường dây chính là tích phân biểu thức (3- 76) với cận tích phân lấy từ 0 đến L:

$$\Delta U = \int_0^L \frac{p_0 x r_0 dx}{U_{dm}} = \frac{r_0 p_0 L^2}{2U_{dm}} = \frac{Pr_0 L}{2U_{dm}} = \frac{PL}{2U_{dm}\gamma F} \quad (3 - 77)$$

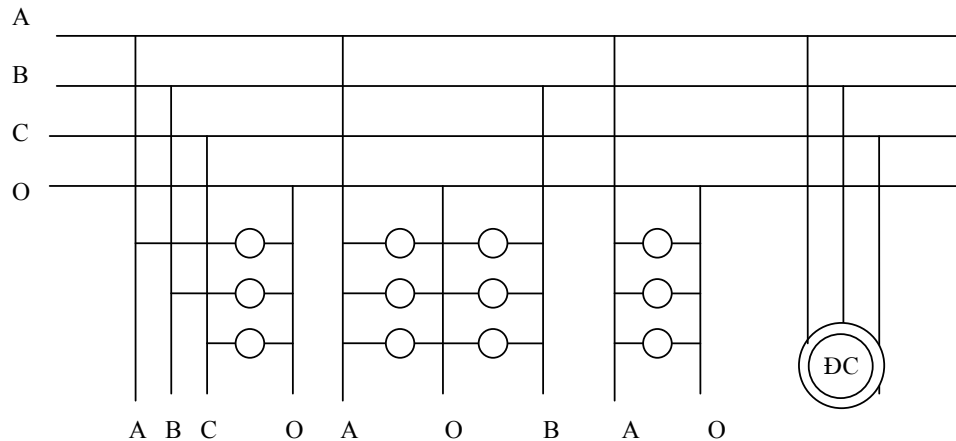
Trong đó: $P = p_0 L$

Từ đó tính tổn thất điện áp trên đường dây phụ tải phân bố đều có thể thay bằng 1 phụ tải tập trung P đặt giữa đường dây.

3.3.5 Mạng điện ba pha bốn dây có phụ tải không đối xứng.

3.3.5.1 Xác định tổn thất điện áp trên dây trung tính.

Phần trên ta đã xét đường dây tải điện xoay chiều ba pha ba dây dẫn với giả thiết là phụ tải cân bằng giữa các pha (phụ tải đối xứng). Để cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ thấp sáng và sinh hoạt, ta dùng mạng điện ba pha bốn dây điện áp 380/220V và đôi khi là 220/127V gồm có ba dây pha và một dây trung tính. Các đèn và dụng cụ sinh hoạt đấu vào điện áp pha tức là giữa dây pha và dây trung tính, còn động cơ điện thì đấu vào điện áp dây hình 3 - 20. Người ta luôn cố gắng phân bố đều các phụ tải sinh hoạt giữa các pha. Nhưng những điều đó không phải luôn luôn thực hiện được,



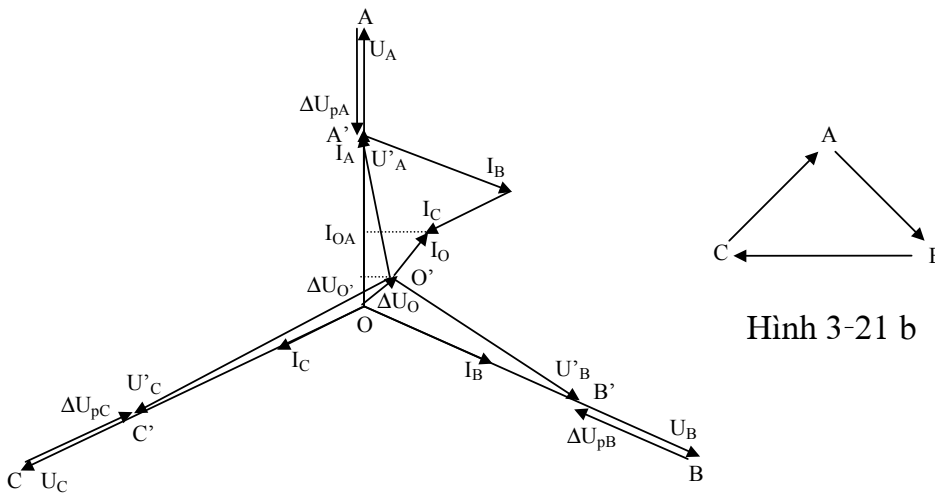
Hình:3-20:Sơ đồ nguyên lý mạng 3 pha 4 dây vì vậy phụ tải của dây dẫn các pha không đều nhau. Trên dây trung tính có dòng điện chạy qua do sự không đối xứng của phụ tải các pha gây nên. Tổn thất điện áp trong các pha cũng không giống nhau. Để xác định tiết diện dây dẫn cần biết tổn thất điện áp trong pha có tải nặng nhất.

Mạng điện ba pha bốn dây hạ áp có điện kháng nhỏ làm việc với phụ

tải có hệ số $\cos\varphi$ cao, gần bằng 1. Do đó cho phép khi tính toán các mạng điện này không cần xét đến thành phần phản kháng của điện áp rơi, tức là $\Delta U_x = \sqrt{3}I_x \sin\varphi \approx 0$. Các pha dùng dây dẫn cùng tiết diện. Dòng điện trong dây trung tính nhỏ hơn dòng điện trong các dây pha, vì vậy tiết diện dây dẫn của nó lấy nhỏ hơn dây pha, nhưng không nhỏ hơn 50% tiết diện dây pha. Trên hình 3 - 21 biểu diễn đồ thị véc tơ của dòng điện và điện áp của mạng điện ba pha bốn dây khi phụ tải tác dụng không cân bằng giữa các pha ($\cos \varphi = 1$). Điện áp các pha ở đầu mạng điện được biểu thị bằng các đoạn OA, OB, OC bằng nhau ($U_A = U_B = U_C$). Dòng điện trong các pha không bằng nhau. Giả thiết dòng điện I_A trong pha A lớn hơn dòng điện I_B và I_C trong các pha B và C. Trong dây trung tính có dòng điện không đối xứng I_0 chạy qua. Dòng I_0 có giá trị bằng tổng hình học các dòng điện pha:

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (3-78)$$

Dòng điện không đối xứng gây ra trong dây trung tính một tổn thất điện áp $OO' = \Delta U_0 = I_0 r_0$, trong đó r_0 là điện trở của dây trung tính. Điểm trung tính O dịch chuyển tới điểm O'. Sau đó trừ đi các vectơ ΔU_{fA} , ΔU_{fB} và



Hình 3-21 a

Hình 3-21 b

ΔU_{fC} bằng tổn thất điện áp trên các dây dẫn pha do dòng điện I_A, I_B, I_C gây nên ta sẽ được các đoạn $A'O', B'O', C'O'$ là các điện áp pha U'_A, U'_B và U'_C ở đầu cực các hộ dùng điện. Tổn thất điện áp toàn phần trong một pha gây nên bởi tổn thất điện áp trong dây pha và dây trung tính. Trong trường hợp

đang xét, tổn thất điện áp toàn phần lớn nhất xảy ra ở pha A và được xác định bằng hiệu đại số các điện áp U_A và U'_A . Theo đồ thị vectơ trên hình 3 - 21 thì hiệu số điện áp đó có thể xác định một cách gần đúng như sau:

$$\Delta U_A = U_A - U'_A \approx \Delta U_{fA} + \Delta U'_0.$$

Trong đó:

$\Delta U_{fA} = I_a r$ là tổn thất điện áp trong dây pha có điện trở tác dụng r

$\Delta U'_0$ - hình chiếu của vectơ ΔU_0 lên phương OA.

Từ đồ thị ta có :

$$\begin{aligned} \Delta U'_0 &= \Delta U_0 \cos \varphi = I_0 r_0 \cos \varphi = I_{0A} r \\ &= (I_A - I_B \cos 60^\circ - I_C \cos 60^\circ) r_0 = (I_A - 0,5I_B - 0,5I_C) r_0. \end{aligned}$$

Từ các giá trị của ΔU_{fA} , $\Delta U'_0$ sẽ nhận được biểu thức để xác định tổn thất điện áp toàn phần trong pha A:

$$\Delta U_A = I_a r + (I_A - 0,5I_B - 0,5I_C) r_0 = I_A (r + r_0) - 0,5 (I_B + I_C) r_0 \quad (3 - 79)$$

và tính bằng phần trăm:

$$\Delta U_A \% = \frac{\Delta U_A}{\frac{U_{dm}}{\sqrt{3}}} \times 100$$

Trong đó : U_{dm} - Điện áp định mức của mạng điện.

Khi biểu diễn phụ tải các pha bằng công suất tác dụng P_A , P_B và P_C công thức (3 - 79) có dạng:

$$\Delta U_A = \frac{\sqrt{3}}{U_{dm}} [P_A (r + r_0) - 0,5(P_B + P_C) r_0] \quad (3 - 80)$$

Các biểu thức đối với các pha khác có thể tìm được từ (3-79) và (3-80) bằng cách hoán vị vòng các chỉ số pha như đã chỉ trên hình 3 - 21b.

Tiết diện các dây dẫn pha chọn theo tổn thất điện áp pha toàn phần lớn nhất, trong trường hợp này là theo ΔU_A . Do đó, khi sự không cân bằng phụ tải rất lớn sẽ làm tăng phí tổn kim loại màu làm dây dẫn. Để tránh điều đó cần phân bố phụ tải thật đều giữa các pha.

Nếu đường dây có n đoạn với phụ tải khác nhau thì tổng tổn thất điện áp pha A sẽ là :

$$\Delta U_A = \sum_1^n I_A (r + r_0) - 0,5 \sum_1^n (I_B + I_C) r_0 \quad (3 - 81)$$

3-3-5-2. Nhánh rẽ từ mạng điện bốn dây:

Trên hình 3-20 cho sơ đồ rẽ nhánh từ mạng điện bốn dây, nhánh hai pha (hai pha và trung tính) và nhánh một pha (một pha và trung tính), các

loại rẽ nhánh này dùng để cung cấp cho phụ tải công suất tương đối nhỏ với mục đích tiết kiệm vật liệu dây dẫn.

Tổn thất điện áp trong nhánh hai pha được tính toán theo các công thức (3-79), (3-80) và (3-81) với giả thiết dòng pha C: $I_C = 0$. Tổn thất điện áp trong nhánh một pha cũng được tính toán theo các công thức (3-79), (3-80) và (3-81) với giả thiết dòng điện trong pha B và C bằng không.

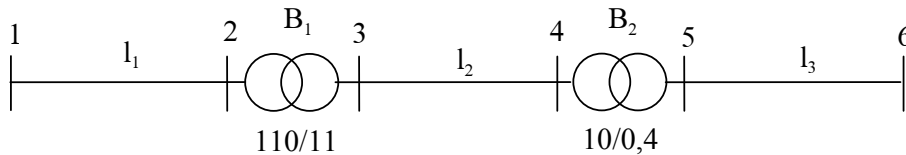
Khi tiết diện của hai dây dẫn trong nhánh 1 pha bằng nhau thì tổn thất điện áp được tính theo công thức (3 - 79) bằng:

$$\Delta U = 2Ir \quad (3 - 82)$$

Trong đó: I - Dòng điện phụ tải của nhánh.
r - Điện trở tác dụng của dây dẫn.

3.3.6 Mạng điện có nhiều cấp điện áp.

Khi có nhiều cấp điện áp định mức khác nhau ta thường quy đổi các tham số trong sơ đồ thay thế và các thông số chế độ về 1 cấp điện áp gọi là điện áp cơ sở. Cấp điện áp cơ sở được chọn tùy ý nhưng trong quá trình tính toán thường chọn cấp điện áp cao. Xét mạng điện như hình 3-22 làm ví dụ:



Hình 3-22 : Mạng điện có nhiều cấp điện áp

Việc quy đổi tổng trở về cấp điện áp cơ sở theo công thức sau :

$$Z'_{ij} = Z_{ij} (\prod K)^2 \quad (3 - 83)$$

Trong đó:

Z_{ij} tổng trở thực giữa hai nút i và j

Z'_{ij} tổng trở quy đổi về điện áp cơ sở.

$\prod K$ tích các hệ số biến áp của các máy biến áp nằm giữa cấp điện áp cơ sở và điện áp của phần tử Z_{ij}

Ví dụ: Z_{34} quy đổi về cấp điện áp 110KV là:

$$Z'_{34} = Z_{34} K_1^2 = Z_{34} (110/11)^2$$

Điện áp tại các nút (trừ những nút thuộc cấp điện áp cơ sở) được quy đổi theo biểu thức:

$$U'_i = U_i \prod K \quad (3 - 84)$$

Trong đó:

U_i : Điện áp thực tại nút i

U'_i : Điện áp tại nút i đã quy đổi về cấp cơ sở.

$\prod K$: Tích hệ số biến áp các máy biến áp nối giữa cấp cơ sở và nút i .

Ví dụ: Điện áp nút 5 quy đổi về điện áp cơ sở 110KV là:

$$U'_5 = U_5 k_1 k_2 = U_5 \left(\frac{110}{11}\right) \left(\frac{10}{0,4}\right)$$

Sau khi quy đổi xong về 1 cấp điện áp quá trình tính toán bình thường như mạng 1 cấp điện áp. Sau khi tính toán xong các chế độ của mạng chúng ta cần phải tiến hành quy đổi ngược lại về cấp điện áp thực của nó, ví dụ: Sau khi tính toán ta có giá trị điện áp tại nút 4 là $U'_4 = 98\text{KV}$ thì trị số thực của điện áp tại nút đó sẽ là $U_4 = U'_4 / K_1 = 98.11/110 = 9,8\text{KV}$.

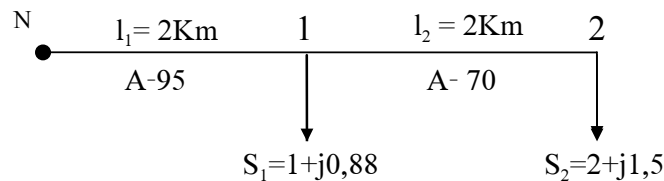
VÍ DỤ 3-5 : Xác định tổn thất điện áp lớn nhất trên đường dây tải điện điện áp 10KV. Các tham số và phụ tải của đường dây cho trên hình 3-23. Dây dẫn đặt trên các đỉnh của tam giác đều cạnh 1,2m. Chiều dài tính bằng Km, Công suất tính bằng MVA.

GIẢI: Theo bảng PL1- và PL1- ta tìm được :

Dây A-95 có: $r_0 = 0,34 \Omega/\text{Km}$; $x_0 = 0,35 \Omega/\text{Km}$

Dây A-70 có: $r_0 = 0,45 \Omega/\text{Km}$; $x_0 = 0,36 \Omega/\text{Km}$

Do đó điện trở, điện kháng của đoạn đường dây N-1 bằng:



Hình 3-23

$$R_1 = r_0 \cdot l_1 = 0,34 \cdot 2 = 0,68 \Omega$$

$$X_1 = x_0 \cdot l_1 = 0,35 \cdot 2 = 0,70 \Omega$$

Điện trở, điện kháng của đoạn đường dây 1-2 bằng:

$$R_2 = r_0 \cdot l_2 = 0,45 \cdot 2 = 0,90 \Omega$$

$$X_2 = x_0 \cdot l_2 = 0,36 \cdot 2 = 0,72 \Omega$$

Tổn thất điện áp lớn nhất trên đoạn đường dây là:

$$\Delta U = \frac{1}{U_{\text{âm}}} \left(\sum_1^2 P_n \cdot R_n + \sum_1^2 Q_n \cdot X_n \right)$$

$$\Delta U = \frac{1}{10} (1 \times 0,68 + 2 \times (0,68 + 0,9) + 0,88 \times 0,7 + 1,5 \times (0,7 + 0,72)) \times 10^3 = 940\text{V}$$

VÍ DỤ 3-6 : Đường dây trên không điện áp 220KV dài 80Km, sử dụng dây dẫn ACO-240, cung cấp điện cho một phụ tải công suất $(72+j54)$ MVA. Biết điện áp cuối đường dây bằng 218KV. Xác định điện áp ở đầu đường dây.

GIẢI: Vì tổn thất văng quang trên đường dây 220KV nhỏ, do đó bỏ qua điện dẫn g_0 . Theo bảng B.7 ta có :

$$r_0 = 0,12 \Omega/\text{Km}$$

$$x_0 = 0,43 \Omega/\text{Km}$$

$$b_0 = 2,66 \cdot 10^{-6} (1/\Omega\text{Km})$$

Tính các tham số đường dây:

$$R = r_0 \cdot l = 0,12 \times 80 = 9,6 \Omega$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,43 \times 80 = 34,4 \Omega$$

$$B = b_0 \cdot l = 2,66 \cdot 10^{-6} \times 80 = 2,12 \cdot 10^{-4} (1/\Omega)$$

Sơ đồ thay thế đường dây cho trên hình 3-24.

Công suất phản kháng do điện dung đường dây sinh ra ở nửa cuối đường dây là:

$$\Delta Q_{C2} = U_2^2 \cdot \frac{B}{2} = 218^2 \cdot \frac{2,12}{2} \cdot 10^{-4} = 5,03 \text{ MVar}$$

Công suất sau tổng trở Z là:

$$S'' = S - j\Delta Q_{C2} = 72 + j54 - j5,03 = 72 + j48,97 \text{ MVA.}$$

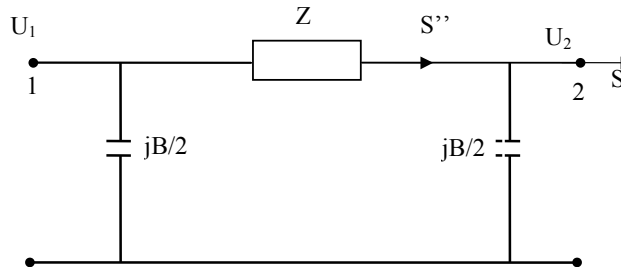
Thành phần dọc và ngang điện áp giáng trên đường dây là:

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R + Q'' \cdot X}{U_2} = \frac{72 \cdot 9,6 + 48,97 \cdot 34,4}{218} = 10,8 \text{ KV}$$

$$\delta U_n = \frac{P'' \cdot X - Q'' \cdot R}{U_2} = \frac{72 \cdot 34,4 - 48,97 \cdot 9,6}{218} = 9,2 \text{ KV}$$

Do đó giá trị điện áp ở đầu đường dây là:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U_d)^2 + \delta U_n^2} = \sqrt{(218 + 10,8)^2 + (9,2)^2} = 228,98 \text{ KV}$$



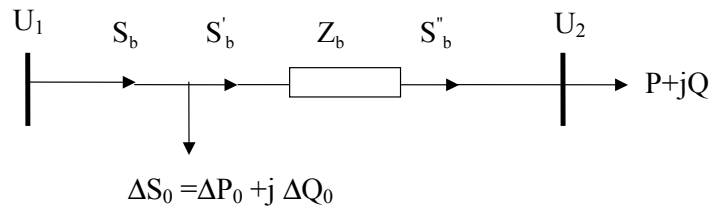
Hình 3-24

§3.4 TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRONG MÁY BIẾN ÁP.

Nếu tổng trở MBA 3 pha hai cuộn dây được quy đổi về phía điện áp cao, tổn thất điện áp được xác định theo công thức:

$$\Delta U_B = \frac{P'_B R_B + Q'_B X_B}{U_1} \quad (3 - 85)$$

Nếu tổng trở MBA 3 pha hai cuộn dây được quy đổi về phía điện áp hạ, tổn thất điện áp được xác định theo công thức:



Hình 3-25: Sơ đồ thay thế MBA hai cuộn dây

$$\Delta U_B = \frac{P''_B R_B + Q''_B X_B}{U_2} \quad (3 - 86)$$

$$\delta U_B = \frac{P_2 X_B - Q_2 R_B}{U_2} \quad (3 - 87)$$

Vậy điện áp ở đầu cao áp máy biến áp

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \Delta U_B + j \delta U_B = \dot{U}_2 + \frac{P''_B R_B + Q''_B X_B}{U_2} + j \frac{P''_B X_B - Q''_B R_B}{U_2} \quad (3-88)$$

Điện áp giáng trong máy biến áp :

$$\Delta \dot{U}_B = \Delta U_B + j \delta U_B = \frac{P''_B R_B + Q''_B X_B}{U_2} + j \frac{P''_B X_B - Q''_B R_B}{U_2} \quad (3-89)$$

Lập luận tương tự ta cũng xác định được điện áp ở phía hạ áp máy biến áp khi biết công suất và điện áp phía cao áp của máy biến áp:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 - \Delta U_B - j \delta U_B = \dot{U}_1 - \frac{P'_B R_B + Q'_B X_B}{U_1} - j \frac{P'_B X_B - Q'_B R_B}{U_1} \quad (3-90)$$

Tổn thất điện áp trong máy biến áp 3 cuộn dây và máy biến áp tự ngẫu được xác định tương tự.

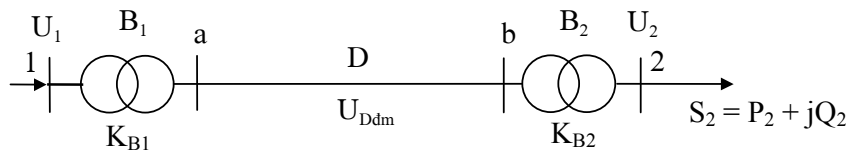
§3.5 TỶ SỐ BIẾN ÁP TRÊN ĐƯỜNG DÂY CÓ XÉT ĐẾN MBA

Mục đích của việc tính toán đường dây tải điện có xét đến máy biến áp là xác định điện áp tại các điểm khác nhau của mạng điện và dòng điện hay công suất chạy trên từng đoạn đường dây.

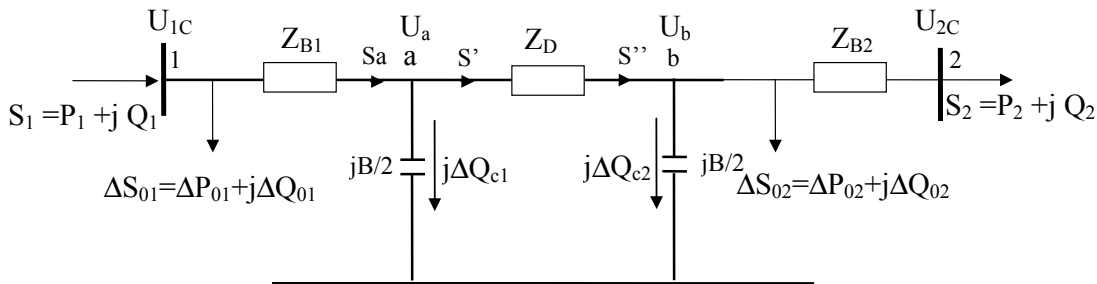
Trên hình 3-26 biểu diễn sơ đồ nguyên lý của đường dây tải điện trên không D, đầu đường dây đặt MBA tăng áp B₁, cuối đường dây đặt MBA giảm áp B₂ có các tỷ số biến áp tương ứng là k_{B1} và k_{B2} . Nếu cho biết các thông số đường dây và máy biến áp, công suất của phụ tải $S_2 = P_2 + j Q_2$ và điện áp U_2 cuối đường dây (trên thanh góp thứ cấp của máy biến áp giảm áp B₂) thì ta có thể xác định được điện áp đầu đường dây U_1 (trên thanh góp sơ cấp của máy biến áp tăng áp B₁) và công suất $S_1 = P_1 + j Q_1$ của nguồn cung cấp và hiệu suất tải điện xác định theo biểu thức:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad (3-91)$$

Sơ đồ thay thế của toàn bộ mạng điện cho trên hình 3-27.



Hình 3-26 : Mạng điện gồm đường dây và MBA



Hình 3-27: Sơ đồ thay thế

Tất cả các phần tử của sơ đồ thay thế phải được tính quy về một cấp điện áp. Trong trường hợp này để thuận tiện nên quy về cấp điện áp của đường dây D. Khi đó tổng trở của MBA B₁ được xác định với điện áp định mức của cuộn dây thứ cấp cung cấp cho đường dây D còn tổng trở của

MBA B_2 được xác định với điện áp định mức của cuộn dây sơ cấp nhận điện từ đường dây D.

Việc tính toán thông số chế độ được tiến hành từ phía cuối đường dây. Điện áp U_2 đã cho ở phía thứ cấp của máy biến áp B_2 được quy về điện áp phía cao áp được xác định theo biểu thức:

$$U_{2C} = U_2 K_{B2}$$

Khi bỏ qua thành phần tổn thất điện áp ngang rơi trong MBA thì điện áp ở cuối đường dây U_b sẽ là :

$$U_b = U_{2C} + \Delta U_{B2} = U_{2C} + \frac{P_2 \cdot R_{B2} + Q_2 \cdot X_{B2}}{U_{2C}} \quad (3-92)$$

Hoặc có thể xác định tổn thất điện áp trong MBA động lực theo công thức gần đúng sau:

$$\Delta U_B \% = (u_r \% \cdot \cos \varphi + u_x \% \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{S}{S_{\text{âm}}} \quad (3-93)$$

Trong đó :

- u_r và u_x : Điện áp rơi trên điện trở và điện kháng của MBA.
- S : Công suất của phụ tải.
- $\cos \varphi$: Hệ số công suất của phụ tải.

Đối với các MBA công suất lớn giá trị u_r nhỏ ,do đó có thể xem $u_x \approx u_n$ khi đó ta có :

$$\Delta U_B \% = u_n \% \cdot \frac{S \cdot \sin \varphi}{S_{\text{âm}}} = u_n \% \cdot \frac{Q}{S_{\text{âm}}} \quad (3-94)$$

Công suất ở cuối đường dây sẽ là:

$$S'' = P_2 + jQ_2 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{2C}^2} \cdot Z_{B2} + \Delta P_{0B2} + j\Delta Q_{0B2} - j\Delta Q_{C2} = P'' + jQ'' \quad (3-95)$$

$$\text{Trong đó : } \Delta Q_{C2} = \sqrt{3} \cdot I_{C2} \cdot U_b = U_b^2 \cdot \frac{b}{2} \quad (3-96)$$

Điện áp đầu đường dây U_a sẽ là:

$$U_a = U_b + \Delta U_D = U_b + \frac{P'' \cdot R_D + Q'' \cdot X_D}{U_b} \quad (3-97)$$

Công suất đầu ra MBA B_1 là :

$$S_a = P'' + jQ'' + \frac{P''^2 + Q''^2}{U_b^2} \cdot Z_D - j\Delta Q_{C1} = P_a + jQ_a \quad (3-98)$$

$$\text{Trong đó : } \Delta Q_{C1} = \sqrt{3} \cdot I_{C1} \cdot U_a = U_a^2 \cdot \frac{b}{2} \quad (3-99)$$

Tương tự ta xác định được giá trị điện áp U_{1C} là điện áp trên thanh góp sơ cấp của MBA B_1 được quy đổi về phía thứ cấp (Cao áp) của MBA tăng áp B_1 là :

$$U_{1C} = U_a + \Delta U_{B1} = U_a + \frac{P_a \cdot R_{B1} + Q_a \cdot X_{B1}}{U_a} \quad (3-100)$$

Điện áp thực tế trên thanh góp của nguồn cung cấp là :

$$U_1 = \frac{U_{1C}}{K_{B1}} \quad (3-101)$$

Độ lệch điện áp so với định mức :

$$U_2 = U_1 - U_{dm} \quad (3-102)$$

Công suất nguồn cung cấp sẽ là :

$$S_1 = P_a + jQ_a + \frac{P_a^2 + Q_a^2}{U_a^2} \cdot Z_{B1} + \Delta P_{0B1} + j\Delta Q_{0B1} = P_1 + jQ_1 \quad (3-103)$$

Khi tính gần đúng các ΔS và ΔQ_C có thể dùng U_{dm} của đường dây thay cho U_a và U_b . Sai số khi đó tương đối nhỏ.

VÍ DỤ 3-7: MBA hai cuộn dây kiểu TM-1000/10KV, cung cấp cho một phụ tải công suất $(720+j540)$ KVA. Xác định tổn thất điện áp trong MBA, nếu điện áp phía cao áp bằng 10,6KV.

GIẢI: Từ bảng PL2- đối với MBA TM-1000/10 ta tìm được tổng trở của MBA đã quy đổi về phía cao áp là:

$$R_B = 1,1 \Omega; X_B = 5,36 \Omega$$

Vì cho biết trước giá trị điện áp ở phía cao áp, cho nên dùng phương pháp gần đúng để xác định tổn thất công suất trong MBA, tức là dùng điện áp định mức phía cao áp của MBA để tính tổn thất công suất trong MBA:

$$\Delta P_B = \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} R_B = \frac{720^2 + 540^2}{10^2} 1,1 \cdot 10^{-3} = 8,9 \text{KW}$$

$$\Delta Q_B = \frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} X_B = \frac{720^2 + 540^2}{10^2} 5,36 \cdot 10^{-3} = 43,4 \text{KVAR}$$

Do vậy công suất ở phía cao áp bằng:

$$P'_B + jQ'_B = P + jQ + \Delta P_B + j\Delta Q_B = 720 + j540 + 8,9 + j43,4 = 729 + j583,4 \text{KVA}$$

Tổn thất điện áp trong máy biến áp là:

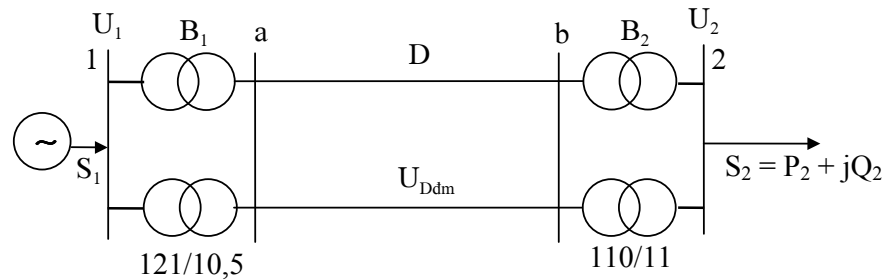
$$\Delta U_B = \frac{P'_B \cdot R_B + Q'_B \cdot X_B}{U_1} = \frac{729 \cdot 1,1 + 583,4 \cdot 5,36}{10,6} = 371 \text{V}$$

VÍ DỤ 3-8: Từ thanh góp điện áp máy phát của nhà máy thủy điện (Hình 3-28) cung cấp điện cho mạng điện có điện áp định mức 110KV có 2 MBA tăng áp giống nhau B_1 , đường dây mạch kép D và 2 MBA giảm áp giống nhau B_2 . Có các thông số kỹ thuật như sau :

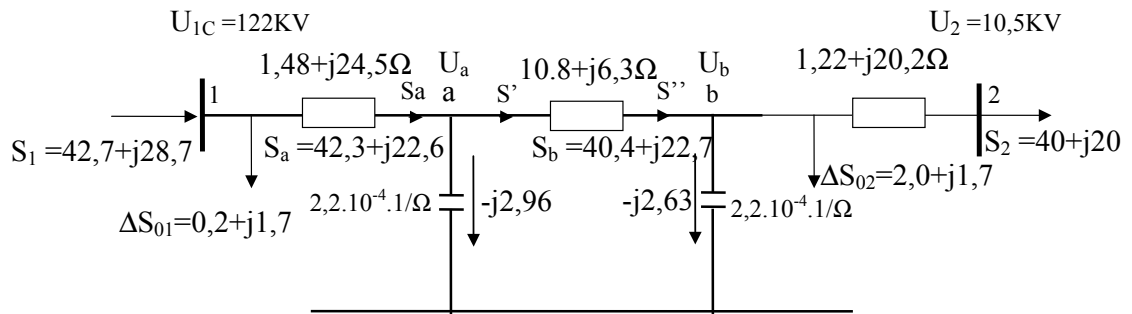
MBA tăng áp có $S_{dm} = 32 \text{MVA}$; tỷ số biến đổi $K_{B1} = 121/10,5$; $\Delta P_0 = 100 \text{KW}$; $\Delta P_n = 200 \text{KW}$; $u_n\% = 10,5$; $i_0\% = 2,7$. MBA giảm áp có

$S_{dm}=32MVA$; tỷ số biến đổi $K_{B2} = 110/11$; $\Delta P_0 = 100KW$; $\Delta P_n = 200KW$; $u_n\% = 10,5$; $i_0\% = 2,7$. Đường dây D dùng dây dẫn loại AC-120, $D_{tb}=4$ m; chiều dài $l = 80Km$; phụ tải trên thanh góp thứ cấp MBA giảm áp $S_{max2} = P_{max2} + jQ_{max2} = 40 + j20$ MVA; $\cos\varphi = 0,9$; $T_{max} = 5500h$; điện áp trên thanh góp trạm biến áp giảm áp yêu cầu phải duy trì là $U_2 = 10,5KV$. Yêu cầu xác định:

- a/ Điện áp U_1 trên thanh góp điện áp máy phát.
- b/ Công suất phát của nhà máy điện S_1 và hệ số $\cos\varphi_1$ của máy phát
- c/ Hiệu suất tải điện.



Hình 3-28 : Sơ đồ nguyên lý mạng điện



Hình 3-29: Sơ đồ thay thế tính toán

GIẢI: Trước hết xác định các thông số của sơ đồ thay thế mạng điện

a/ Trạm biến áp tăng áp có hai máy biến áp:

$$\Delta P_0 = 2.0,1 = 0,2 \text{ MW.}$$

$$\Delta Q_0 = \frac{2.i_0\%.S_{Bdm}}{100} = \frac{2.2,7.32}{100} = 1,728 \text{ MVAr}$$

$$R_{B1} = \frac{\Delta P_n \cdot U_{B1}^2}{2.S_{dm}^2} = \frac{200.10^3 \cdot (121.10^3)^2}{2 \cdot (32.10^6)^2} = 1,48 \text{ } \Omega$$

$$X_{B1} = \frac{U_n\% \cdot U_{B1}^2}{2.100.S_{B1dm}} = \frac{10,5 \cdot (121.10^3)^2}{2.100.32.10^6} = 24,5 \Omega$$

b/ Trạm biến áp giảm áp có hai máy biến áp:

$$\Delta P_0 = 2.0,1 = 0,2 \text{ MW.}$$

$$\Delta Q_0 = \frac{2.i_0\%.S_{B\text{âm}}}{100} = \frac{2.2,7.32}{100} = 1,728 \text{ MVar}$$

$$R_{B2} = \frac{\Delta P_n \cdot U_{B2}^2}{2.S_{dm}^2} = \frac{200.10^3 \cdot (110.10^3)^2}{2.(32.10^6)^2} = 1,22 \quad \Omega$$

$$X_{B2} = \frac{U_n \%.U_{B2}^2}{2.100.S_{B2dm}} = \frac{10.10,5.110^2}{2.32000} = 20,2 \Omega$$

c/Đường dây :Dùng dây dẫn AC-120 tra bảng và tính toán ta có các thông số sau:

$$r_0 = 0,27 \Omega/\text{km.}$$

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{2.D_{tb}}{d} + 0,016 = 0,144 \lg \frac{2.4000}{15,3} + 0,016 = 0,408 \Omega/\text{km.}$$

$$b_0 = \frac{7,58.10^{-6}}{\lg \frac{2.D_{tb}}{d}} = \frac{7,58.10^{-6}}{\lg \frac{2.4000}{15,3}} = 2,79.10^{-6} \text{ 1}/\Omega.\text{km}$$

Từ đó ta xác định được tham số đường dây:

$$R_D = \frac{0,27.80}{2} = 10,8 \Omega$$

$$X_D = \frac{0,408.80}{2} = 16,3 \Omega$$

$$\frac{B_D}{2} = \frac{2}{2} . 2,79.10^{-6} . 80 = 2,2.10^{-4} \text{ 1}/\Omega$$

Điện áp trên thanh góp thứ cấp của MBA B2 quy về phía sơ cấp:

$$U_{2c} = \frac{110.10,5}{11} = 105 \text{KV}$$

Điện áp cuối đường dây là:

$$U_b = 105 + \frac{40.1,22 + 20.20,2}{105} = 105 + 4,3 = 109,3 \text{KV}$$

Công suất cuối đường dây là:

$$S'' = (40 + j20) + \left(\frac{40^2 + 20^2}{105^2} . 1,22 + j \frac{40^2 + 20^2}{105^2} . 20,2 \right) + (0,2 + j1,7) - j109,3^2 . 2,2.10^{-4}$$

$$= (40 + j20) + (0,22 + j3,66) + (0,2 + j1,7) - j2,63 = 40,4 + j22,7 \text{ MVA}$$

Điện áp đầu đường dây là:

$$U_a = 109,3 + \frac{40,4.10,8 + 22,7.16,3}{109,3} = 109,3 + 7,35 \approx 116,7 \text{KV}$$

Công suất đầu đường dây là:

$$S'_a = (40,4 + j22,7) + \left(\frac{40,4^2 + 22,7^2}{109,3^2} . 10,8 + j \frac{40,4^2 + 22,7^2}{109,3^2} . 16,3 \right) - j116,7^2 . 2,2.10^{-4}$$

$$= (40,4 + j22,7) + (1,29 + j2,9) - j2,98 = 42,3 + j22,6 \text{ MVA}$$

Điện áp trên thanh góp sơ cấp của MBA B1 quy về phía thứ cấp (điện áp cao):

$$U_{1c} = 116,7 + \frac{42,3 \cdot 1,48 + 22,6 \cdot 24,5}{116,7} = 116,7 + 5,3 \approx 122KV$$

Điện áp trên thanh góp máy phát:

$$U_1 = 122 \cdot \frac{10,5}{121} = 10,6KV$$

Công suất do các máy phát phát ra:

$$S_1 = (42,3 + j22,6) + \left(\frac{42,3^2 + 22,6^2}{116,7^2} \cdot 1,48 + j \frac{42,3^2 + 22,6^2}{116,7^2} \cdot 24,5 \right) + (0,2 + j1,7)$$

$$= (42,3 + j22,6) + (0,25 + j4,19) + (0,2 + j1,7) = 42,7 + j28,5 MVA$$

Hiệu suất tải điện

$$\eta = \frac{40}{42,7} \cdot 100 = 93,5\%$$

Hệ số công suất của phụ tải các máy phát điện

$$\cos \varphi = \frac{42,7}{\sqrt{42,7^2 + 28,5^2}} = 0,83$$

Hệ số công suất ở đầu đường dây tải điện nhỏ hơn hệ số công suất của phụ tải, nguyên nhân do tổn thất công suất phản kháng trong các máy biến áp tương đối lớn.

§3.5 TÍNH TOÁN KINH TẾ-KỸ THUẬT TRONG MẠNG ĐIỆN.

3-5-1: Khái niệm chung

Mạng điện khi thiết kế cần phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật cơ bản như : chất lượng điện năng, độ tin cậy, tính linh hoạt, an toàn cao, vận hành đơn giản... Do đó sẽ tồn tại rất nhiều phương án thiết kế đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đề ra. Phương án được lựa chọn là phương án có chỉ tiêu kinh tế tốt nhất.

Hiện nay chỉ tiêu kinh tế dùng trong tính toán kinh tế - kỹ thuật mạng điện là chi phí kinh tế quy đổi thường được gọi là chi phí tính toán. Chi phí tính toán là một hàm của rất nhiều biến số cần tìm: điện áp, tiết diện dây, cấu trúc lưới điện, số lượng dung lượng của các trạm biến áp, dung lượng bù ... Phương án thiết kế tối ưu là phương án có hàm chi phí tính toán cực tiểu thỏa mãn các ràng buộc là những yêu cầu kỹ thuật và những điều kiện thực tế.

Bài toán thiết kế tối ưu mạng điện là một bài toán quy hoạch động, phi tuyến có kích thước khổng lồ do số lượng biến quá nhiều, với nhiều điều kiện ràng buộc. Do đó hiện nay vẫn chưa có được một phương pháp chung để tìm được lời giải chặt chẽ và chính xác giá trị cực tiểu của hàm chi phí tính toán mạng điện. Để tránh những khó khăn chưa thể giải quyết được, người ta thường chia nhỏ bài toán thiết kế mạng điện như: chọn cấp điện áp tối ưu, chọn tiết diện dây tối ưu, chọn cấu trúc lưới điện tối ưu, chọn số lượng dung lượng của các trạm biến áp tối ưu, chọn dung lượng bù tối ưu ... Phương pháp như vậy cho ta chọn được những lời giải tối ưu cục bộ, song chắc chắn chưa cho ta nhận được lời giải tối ưu của toàn bộ mạng điện thiết kế.

Hiện nay trong thực tế thiết kế đang dùng rộng rãi phương pháp so sánh phương án. Nội dung phương pháp là tiến hành vạch ra hàng loạt các phương án có thể, tiến hành so sánh các phương án về mặt kỹ thuật và loại bỏ những phương án không thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật, sau đó tiến hành tính toán kinh tế - kỹ thuật của các phương án để xác định giá trị của hàm chi phí tính toán. Phương án nào có giá trị của hàm chi phí tính toán nhỏ nhất sẽ được giữ làm phương án thiết kế. Trường hợp có nhiều phương án có giá trị của hàm chi phí tính toán xấp xỉ nhau sẽ được xem là các phương án đồng giá trị kinh tế. Khi đó để chọn phương án hợp lý cần tiến hành so sánh thêm các chỉ tiêu khác như: vốn đầu tư, tổn thất điện năng, khối lượng kim loại màu sử dụng, tính linh hoạt khi vận hành...

Tính kinh tế - kỹ thuật là xác định hiệu quả kinh tế giữa các phương án cần so sánh để chọn phương án thiết kế. Khi đánh giá các phương án thường dựa trên: Vốn đầu tư cơ bản K , phí tổn vận hành hàng năm Y hay chi phí tính toán hàng năm Z .

3-5-2: Vốn đầu tư cơ bản K .

Vốn đầu tư cơ bản K gồm có hai phần:

$$K = K_t + K_x \quad (3 - 104)$$

Trong đó:

- K_t : Vốn đầu tư dùng để mua thiết bị và tài sản.
- K_x : Vốn đầu tư dùng xây dựng công trình và lắp đặt.

Thường tỉ lệ giữa K_t và K_x như sau:

Nhà máy nhiệt điện: $K_t = 60\% K$; $K_x = 40\% K$

Nhà máy thủy điện: $K_t = 30 - 23\% K$; $K_x = 70 - 77\% K$

Mạng điện: $K_t = 70 - 93\% K$; $K_x = 30 - 7\% K$

3-5-3: Chi phí vận hành hàng năm Y

Chi phí vận hành hàng năm của mạng điện Y bao gồm: Khấu hao thiết bị; sửa chữa định kỳ và phục vụ; chi phí về tổn thất điện năng ΔA của mạng.

Chi phí khấu hao thiết bị dùng để thay thế các thiết bị đã hư hỏng hay các thiết bị lạc hậu về mặt kỹ thuật. Khấu hao thiết bị tính theo phần trăm (%) vốn đầu tư cơ bản.

Chi phí về sửa chữa định kỳ và phục vụ dùng để trả lương cho công tác quản lý, vận hành, mua sắm các thiết bị, phương tiện để tiến hành sửa chữa định kỳ, thí nghiệm, kiểm tra và vận hành các thiết bị của mạng điện. Chi phí về sửa chữa định kỳ và phục vụ tính theo phần trăm (%) vốn đầu tư cơ bản. Chi phí về tổn thất ΔA xác định theo biểu thức:

$$Y_A = \Delta A \cdot c = \Delta P_{\max} \cdot \tau \cdot c \quad (3 - 105)$$

Trong đó: c là giá 1KWh điện năng tổn thất.

Do đó chi phí vận hành hàng năm của mạng điện được xác định theo biểu thức sau:

$$Y = a_{vh}K + Y_A \quad (3 - 106).$$

a_{vh} : Hệ số khấu hao hao mòn, sửa chữa thường kỳ và phục vụ mạng điện cho trong bảng (PL-B 07). Tính theo % vốn đầu tư cơ bản

Giá thành truyền tải điện năng β

$$\beta = \frac{Y}{A} = \frac{Y}{P_{\max} T_{\max}} \quad (3 - 107)$$

β : là một chỉ tiêu kinh tế quan trọng để đánh giá mạng điện.

3-5-4. Chi phí tính toán hàng năm Z của công trình xây dựng trong một năm

Khi thiết kế tính toán các phương án khác nhau để lựa chọn phương án tối ưu. Ví dụ khi có hai phương án trong đó phương án 1 có vốn đầu tư K_1 , chi phí vận hành hàng năm Y_1 ; phương án 2 có vốn đầu tư K_2 , chi phí vận hành hàng năm Y_2 trong đó:

- $K_1 > K_2$; $Y_1 > Y_2$ trường hợp này phương án 2 tối ưu.

- $K_1 = K_2$; $Y_1 > Y_2$ trường hợp này phương án 2 tối ưu.

- $K_1 > K_2$; $Y_1 < Y_2$ trường hợp này không so sánh trực tiếp các phương án được. Hiệu quả kinh tế của các phương án được đánh giá qua thời

gian thu hồi vốn đầu tư phụ. Thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ T được xác định theo công thức:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{Y_2 - Y_1} \quad (3-108)$$

Sau đó tiến hành so sánh gian thu hồi vốn đầu tư phụ T với thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn T_{tc} .

- Nếu $T = T_{tc}$ các phương án so sánh có giá trị kinh tế như nhau.
- Nếu $T > T_{tc}$ phương án kinh tế là phương án 2.
- Nếu $T < T_{tc}$ phương án kinh tế là phương án 1.

Thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn T_{tc} phụ thuộc điều kiện kinh tế của từng Quốc gia. T_{tc} phụ thuộc vào chính sách sử dụng vốn của Nhà nước trong từng giai đoạn phát triển kinh tế. Thường $T_{tc} = 5-8$ năm, chọn số bé nếu vốn đầu tư ít và ngược lại. Đối với các công trình năng lượng ở Liên xô trước đây thường lấy $T_{tc} = 8$ năm.

Từ (3 - 108) ta có thể viết :

$$\frac{K_1 - K_2}{Y_2 - Y_1} < > T_{tc}$$

Hay

$$\begin{aligned} K_1 + Y_1 T_{tc} &< > K_2 + Y_2 T_{tc} \\ Y_1 + K_1/T_{tc} &< > Y_2 + K_2/T_{tc} \end{aligned} \quad (3 - 109)$$

Từ (3 - 109) ta thấy phương án nào có $Y + K/T_{tc}$ nhỏ là phương án kinh tế hay thỏa mãn điều kiện:

$$Z = Y + K/T_{tc} = Y + a_{tc}K \Rightarrow \min \quad (3 - 110)$$

Trong đó:- Z :Hàm chi phí tính toán (chi phí quy đổi) hàng năm.

- a_{tc} :Hệ số hiệu quả vốn đầu tư, $a_{tc} = 1,2$.

Sử dụng hàm chi phí tính toán tiện lợi khi so sánh nhiều phương án, phương án nào có Z nhỏ là phương án tối ưu.

-Chi phí tính toán cho 1KWh điện năng truyền tải tới hộ tiêu thụ là z

$$z = \frac{Z}{A} = \frac{Z}{P_{\max} T_{\max}} \quad (3-111)$$

Khi phương án có độ tin cậy cung cấp điện khác nhau thì hàm Z được viết:

$$Z = a_{tc}K + Y + H \quad (3 - 112)$$

Trong đó H : Thiệt hại kinh tế quốc dân do mất điện.

$$H = W.a_{tb} \quad (3 - 113)$$

a_{tb} : Suất thiệt hại trung bình.

W : Điện năng thiếu hụt do mất điện.

Khi chất lượng điện áp của các phương án khác nhau thì:

$$Z = a_{tc}K + Y + H + H_d \quad (3 - 114)$$

Ở đây H_d thiệt hại kinh tế do chất lượng điện áp không đảm bảo.

$$H_d = (a_1 \delta U_{tb} + a_2 \delta U_{bp}) \cdot A \quad (3 - 115)$$

Trong đó: $a_1; a_2$ các hệ số phụ thuộc loại hộ tiêu thụ.

$\delta U_{tb}; \delta U_{bp}$: Độ lệch trung bình và trung bình bình phương của điện áp thanh góp hộ tiêu thụ trong năm.

A: Điện năng tiêu thụ trong năm.

Công thức (3-110) chỉ đúng khi thời gian xây dựng công trình nhỏ hơn một năm và phí tổn vận hành hàng năm không thay đổi.

3-5-5. Chi phí tính toán hàng năm Z của công trình xây dựng trong nhiều năm

Khi thời gian xây dựng công trình lớn hơn một năm còn phí tổn vận hành hàng năm không thay đổi. Chi phí tính toán (chi phí quy đổi) hàng năm vẫn có thể sử dụng công thức (3-110) để xác định nhưng vốn đầu tư K được thay bằng vốn đầu tư quy đổi K_{qd} .

$$K_{qd} = \sum_{t=1}^{T_c} K_t (1 + a_{qd})^{T_c - t} \quad (3-116)$$

Trong đó: a_{qd} : Hệ số quy đổi chi phí (Liên xô lấy $a_{qd}=0,08$)

- T_c : Thời gian xây dựng công trình.

- K_t : Vốn đầu tư ở năm thứ t.

Vốn đầu tư quy đổi ở công thức (3-116) là vốn được quy đổi về năm cuối cùng của thời kỳ xây dựng công trình ($T_{qd} = T_c$).

Nếu vốn đầu tư, chi phí vận hành hàng năm, khối lượng sản phẩm thay đổi hàng năm trong thời kỳ tính toán T_{tt} . Sau đó công trình không yêu cầu vốn đầu tư còn chi phí vận hành hàng năm, khối lượng sản phẩm của các phương án so sánh không thay đổi. Chi phí tính toán (chi phí quy đổi) hàng năm được xác định công thức:

$$Z_{tqd} = a_{qd} \sum_{t=1}^{T_c} K_t (K_t + Y_t)^{T_{qd}-t} + Y (1 + a_{qd})^{T_{qd}-T_{tt}} \quad (3-117)$$

Trong đó: K_t, Y_t : Vốn đầu tư cơ bản và chi phí vận hành ở năm thứ t.

- T_{qd} : Năm quy đổi các chi phí tính toán.

- Y: Chi phí vận hành hàng năm khi làm việc bình thường.

Chi phí tính toán cho một đơn vị sản phẩm là:

$$Z_{tqd} = \frac{Z_{tqd}}{a_{qd} \sum_{t=1}^{T_{tt}} A_t (1 + a_{qd})^{T_{qd}-t} + A(1 + a_{qd})^{T_{qd}-T_{tt}}} \quad (3-118)$$

Trong đó: - A_t : Khối lượng sản phẩm trong năm thứ t .

- A : Khối lượng sản phẩm trong năm vận hành bình thường.

Nếu quy đổi về năm cuối cùng của thời kỳ tính toán ($T_{qd} = T_{tt}$) ta có:

$$Z_{tqd} = a_{qd} \sum_{t=1}^{T_c} K_t (K_t + Y_t)^{T_{tt}-t} + Y \quad (3-119)$$

Chi phí tính toán cho một đơn vị sản phẩm là:

$$Z_{tqd} = \frac{Z_{tqd}}{a_{qd} \sum_{t=1}^{T_{tt}} A_t (1 + a_{qd})^{T_{qd}-t} + A} \quad (3-120)$$

Nếu quy đổi về năm đầu của thời kỳ tính toán ($T_{qd} = 0$) ta có:

$$Z_{tqd} = a_{qd} \sum_{t=1}^{T_c} K_t (K_t + Y_t)^{-t} + Y(1 + a_{qd})^{-T_{tt}} \quad (3-121)$$

Chi phí tính toán cho một đơn vị sản phẩm là:

$$Z_{tqd} = \frac{Z_{tqd}}{a_{qd} \sum_{t=1}^{T_{tt}} A_t (1 + a_{qd})^{-t} + A(1 + a_{qd})^{-T_{tt}}} \quad (3-122)$$

Thời kỳ tính toán được xác định từ năm bắt đầu xây dựng cho đến năm đưa toàn bộ công trình vào vận hành bình thường.

CHƯƠNG IV

GIẢI TÍCH MẠNG ĐIỆN

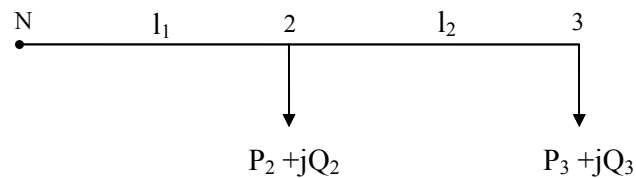
Nhiệm vụ của việc giải tích mạng điện là xác định sự phân bố công suất, dòng điện trên các nhánh, tổn thất công suất, điện năng trong mạng điện, điện áp tại các nút của mạng. Trên cơ sở các tính toán chúng ta sẽ đánh giá được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của mạng điện.

§4-1 TÍNH CHẾ ĐỘ MẠNG HỎ.

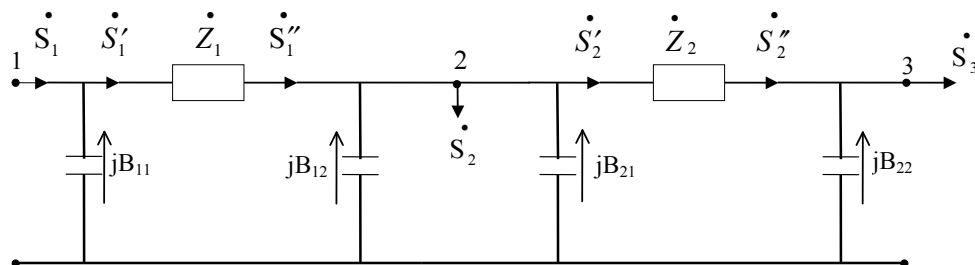
4.1.1. Mạng hở điện áp 110 - 220KV.

Mục đích tính toán là xác định phân bố dòng điện, công suất, tổn thất công suất trên các nhánh, điện áp tại các nút của mạng điện với các số liệu ban đầu là công suất phụ tải tại các nút S_{pt} ; điện áp ở nút xa nhất.

Xét mạng hở đường dây điện áp 110 - 220KV có hai phụ tải S_2 ; S_3 và điện áp tại nút xa nhất U_3 cho trên hình 4-1. Đối với đường dây 110 - 220KV không xét đến vầng quang. Sơ đồ thay thế tính toán của đường dây hình 4-2.



Hình 4-1



Hình 4-2

Theo sơ đồ thay thế ta xác định công suất phản kháng do điện dẫn B_{22} phát ra là:

$$\Delta Q_{c22} = U_3^2 B_{22}$$

Công suất sau tổng trở đường dây Z_2 là:

$$S''_2 = S_3 - j\Delta Q_{c22} = P_3 + jQ_3 - j\Delta Q_{c22} = P''_2 + jQ''_2$$

- Điện áp giáng trên tổng trở Z_2 là:

$$\Delta U_2 = \frac{P_2'' R_2 + Q_2'' X_2}{U_3} + j \frac{P_2'' X_2 - Q_2'' R_2}{U_3}$$

- Điện áp tại nút 2: $U_2 = U_3 + \Delta U_2$

- Tổn thất công suất trên tổng trở Z_2

$$\Delta S_2 = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_3^2} R_2 + j \frac{P''^2 + Q''^2}{U_3^2} X_2$$

- Công suất S'_2 trước tổng trở đường dây Z_2 là:

$$S'_2 = \Delta S_2 + S''_2 = P'_2 + jQ'_2$$

- Công suất phản kháng trong nhánh điện dẫn B_{21} ; B_{12}

$$\Delta Q_{c21} = U_2^2 B_{21}; \Delta Q_{c12} = U_2^2 B_{12}$$

- Công suất ở cuối tổng trở đường dây Z_1 là:

$$S''_1 = -j\Delta Q_{c12} + S_2 + S'_2 - j\Delta Q_{c21} = P''_1 + jQ''_1$$

- Điện áp giáng trên tổng trở đường dây Z_1 là:

$$\Delta U_1 = \frac{P_1'' R_1 + Q_1'' X_1}{U_2} + j \frac{P_1'' X_1 - Q_1'' R_1}{U_2}$$

- Điện áp tại nút 1: $U_1 = U_2 + \Delta U_1$

- Tổn thất công suất trên tổng trở đường dây Z_1 là:

$$\Delta S_1 = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_2^2} R_1 + j \frac{P''^2 + Q''^2}{U_2^2} X_1$$

- Công suất ở đầu đường dây Z_1 là:

$$S'_1 = \Delta S_1 + S''_1 = P'_1 + jQ'_1$$

- Công suất phản kháng trong nhánh điện dẫn B_{11}

$$\Delta Q_{c11} = U_1^2 B_{11}$$

- Công suất tại nút nguồn 1 là:

$$S_1 = -j\Delta Q_{c11} + S'_1 = P_1 + jQ_1$$

- Tổng tổn thất công suất trong mạng điện là:

$$\Delta S = S_1 - S_2 - S_3$$

Trong thực tế thường gặp bài toán tính chế độ mạng điện với các số liệu ban đầu là công suất ở tất cả các nút tải và điện áp ở nút cung cấp.

Trong trường hợp này phải dùng phương pháp tính gần đúng. Trước hết lấy điện áp ở tất cả các nút tải bằng điện áp định mức $U = U_{dm}$ và tiến hành xác định sự phân bố công suất trên các đoạn đường dây theo hướng từ nút tải xa nhất đến nút nguồn cung cấp. Sau đó dựa vào dòng công suất vừa tính được ở trên và điện áp nút cung cấp, tiến hành xác định điện áp giáng trên các nhánh và điện áp tại các nút trong sơ đồ.

Ví dụ, nếu các số liệu ban đầu của mạng điện (hình 4-1a) là điện áp nút nguồn U_1 và công suất tải là S_2, S_3 khi đó lấy $U_2 = U_3 = U_{dm}$ và tiến hành xác định:

- Công suất phản kháng trong các nhánh dẫn điện B_{21} và B_{22}

$$\Delta Q_{c21} = \Delta Q_{c22} = U_{dm}^2 \cdot B_{22}$$

- Công suất ở cuối tổng trở Z_2

$$\dot{S}_2'' = -j\Delta Q_{c22} + \dot{S}_3 = P_2'' + jQ_2''$$

- Tổn thất trên tổng trở Z_2 là:

$$\Delta S_2 = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_{dm}^2} Z_2$$

- Công suất ở đầu tổng trở Z_2

$$\dot{S}_2' = \Delta \dot{S}_2 + \dot{S}_2'' = P_2' + jQ_2'$$

- Công suất phản kháng trong các nhánh điện dẫn B_{11} và B_{12}

$$\Delta Q_{c11} = \Delta Q_{c12} = U_{dm}^2 \cdot B_{11}$$

- Công suất ở cuối tổng trở Z_1

$$\dot{S}_1'' = -j\Delta Q_{c12} + \dot{S}_2' - j\Delta Q_{c21} + \dot{S}_2'' = P_1'' + jQ_1''$$

- Tổn thất trên tổng trở Z_1

$$\Delta S_1 = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_{dm}^2} Z_1$$

- Công suất ở nút cung cấp 1:

$$\dot{S}_1 = -j\Delta Q_{c11} + \dot{S}_1'' = P_1 + jQ_1$$

Dựa vào U_1 và S_1 , chúng ta tính được:

- Điện áp giáng trên đoạn 1:

$$\Delta U_1 = \frac{P_1' R_1 + Q_1' X_1}{U_1} + j \frac{P_1' X_1 - Q_1' R_1}{U_1}$$

- Điện áp tại nút 2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_1$$

- Điện áp giáng trên đoạn 2:

$$\Delta U_2 = \frac{P_2 R_2 + Q_2 X_2}{U_2} + j \frac{P_2 X_2 - Q_2 R_2}{U_2}$$

- Điện áp tại nút 3:

$$U_3 = U_2 - \Delta U_2$$

4.1.2. Mạng hở điện áp đến 35KV.

Trong tính toán mạng điện phân phối (mạng điện địa phương) chúng ta không xét đến điện dẫn của đường dây và bỏ qua tổn thất công suất ΔS khi tính phân bố công suất của mạng. Khi giải tích chế độ của mạng các tính toán được tính theo giá trị điện áp định mức U_{dm} .

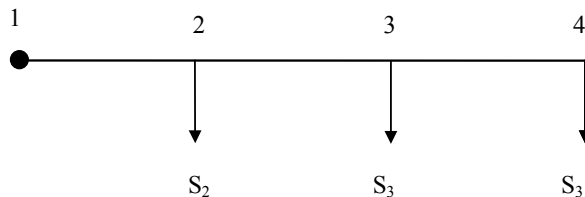
Xét mạng điện phân phối trên hình 4-3 và sơ đồ thay thế tính toán được trình bày trên hình 4-4.

Theo sơ đồ thay thế ta có công suất trên đoạn 3 - 4 là:

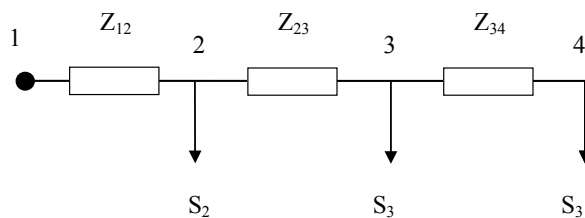
$$S_{34} = S_4$$

Công suất trên đoạn 2-3 là:

$$S_{23} = S_3 + S_4$$



Hình 4-3



Hình 4-4

Công suất trên đoạn 1-2 là:

$$S_{12} = S_2 + S_3 + S_4.$$

Tổn thất công suất trong toàn mạng:

$$\Delta S = \Delta S_{12} + \Delta S_{23} + \Delta S_{34} = \left(\frac{\dot{S}_{12}}{U_{dm}}\right)^2 \dot{Z}_{12} + \left(\frac{\dot{S}_{23}}{U_{dm}}\right)^2 \dot{Z}_{23} + \left(\frac{\dot{S}_{34}}{U_{dm}}\right)^2 \dot{Z}_{34}$$

- Tổn thất điện áp trên đoạn 3-4:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_4 R_{34} + Q_4 X_{34}}{U_{dm}}$$

- Tổn thất điện áp trên đoạn 2-3:

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{23} R_{23} + Q_{23} X_{23}}{U_{dm}}$$

- Tổn thất điện áp trên đoạn 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} R_{12} + Q_{12} X_{12}}{U_{dm}}$$

- Điện áp tại nút 2:

$$U_2 = U_{dm} - \Delta U_{12} = U_1 - \Delta U_{12}$$

- Điện áp tại nút 3:

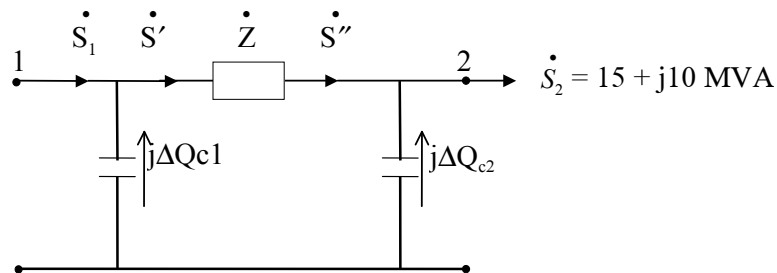
$$U_3 = U_2 - \Delta U_{23}$$

- Điện áp tại nút 4:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34}$$

VÍ DỤ 4-1 : Đường dây điện áp 110KV, dài 80Km, cung cấp điện cho phụ tải công suất (15+j10)MVA. Biết các tham số của đường dây: $R = 26,4\Omega$; $X = 33,9 \Omega$; $B = 219.10^{-6} (1/\Omega)$. Xác định công suất ở đầu đường dây và điện áp ở cuối đường dây, nếu biết điện áp ở đầu đường dây bằng 116KV.

GIẢI: Sơ đồ thay thế đường dây hình 4-5.



Hình 4-5

Để xác định các thông số chế độ của đường dây đã cho cần phải dùng phương pháp tính gần đúng như đã nêu ở trên.

Ta lấy $U_2 = U_{dm} = 110KV$ và tiến hành tính:

- Công suất phản kháng trong các nhánh điện dẫn:

$$\Delta Q_{c1} = \Delta Q_{c2} = U_{dm}^2 \frac{B}{2} = \frac{1}{2} 110^2 \times 219 \times 10^{-6} = 1,27 MVA_1 .$$

-Công suất sau tổng trở Z:

$$S'' = -j\Delta Q_{c2} + S_2 = -j1,27 + 15 + j10 = 15 + j8,73 \text{ MVA.}$$

-Tổn thất công suất trên tổng trở Z:

$$\Delta P = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_{dm}^2} R = \frac{15^2 + 8,73^2}{110^2} \times 26,4 = 0,66 \text{ MW}$$

$$\Delta Q = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_{dm}^2} X = \frac{15^2 + 8,73^2}{110^2} \times 33,9 = 0,85 \text{ MVar}$$

-Công suất ở đầu vào tổng trở Z:

$$S' = \Delta S + S'' = 0,66 + j0,85 + 15 + j8,73 = 15,66 + j9,58 \text{ MVA.}$$

-Công suất đầu đường dây:

$$S_1 = -j\Delta Q_{c1} + S' = -j1,27 + 15,66 + j9,58 = 15,66 + j8,31 \text{ MVA.}$$

Dựa vào điện áp U_1 và công suất S' chúng ta xác định tổn thất điện áp trên đường dây:

$$\Delta U = \frac{P'R + Q'X}{U_1} = \frac{15,66 \cdot 26,4 + 9,58 \cdot 33,9}{116} = 6 \text{ KV}$$

Như vậy điện áp ở cuối đường dây:

$$U_2 = U_1 - \Delta U = 116 - 6 = 110 \text{ KV.}$$

§4.2. TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ MẠNG KÍN.

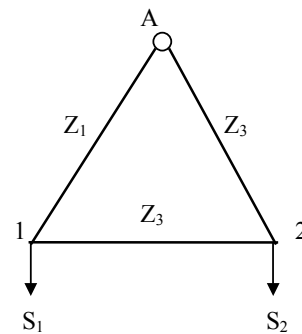
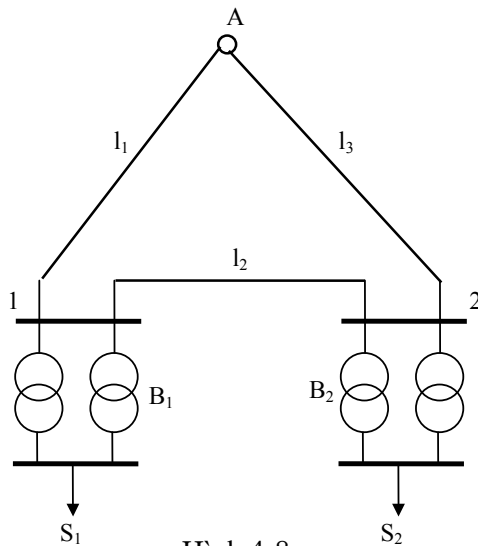
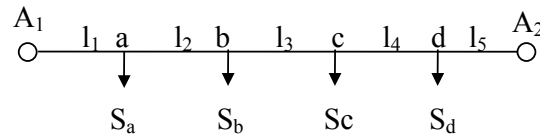
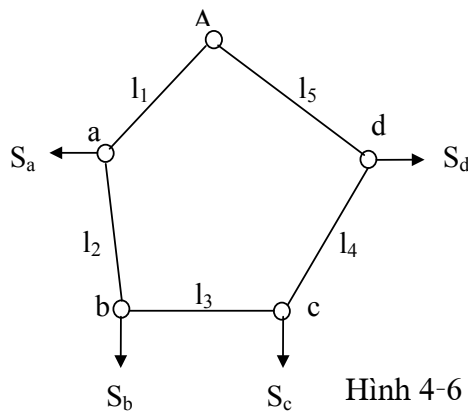
4-2-1. Khái niệm chung

Mạng kín là mạng trong đó hộ tiêu thụ được cung cấp điện ít nhất từ hai phía. Mạng điện kín đơn giản nhất là đường dây có hai nguồn cung cấp điện. Điện áp của các nguồn cung cấp có thể khác nhau về trị số và góc pha. Mạng kín có hai đầu cung cấp điện điện áp bằng nhau (hình 4-7) sẽ tương đương với mạng vòng có một nguồn cung cấp điện (hình 4-6). Ưu điểm của mạng điện kín là độ tin cậy cung cấp điện cao, tổn thất điện áp, công suất, điện năng nhỏ hơn. Vì trong mạng điện kín dòng công suất đi theo đường ngắn nhất đến hộ tiêu thụ. Tuy vậy mạng kín sẽ đòi hỏi chiều dài đường dây lớn hơn so với mạng hở không có dự phòng.

4.2.2. Tính toán mạng kín chỉ có một mạch vòng và mạng hở có hai nguồn cung cấp bằng nhau về điện áp và góc pha.

Việc tính toán phân bố chính xác công suất trong mạng điện kín gặp nhiều khó khăn do đó trong tính toán mạng kín thường dùng các phương pháp tính toán gần đúng. Phương pháp này cho kết quả đủ chính xác với

yêu cầu thực tế. Khi tính theo phương pháp gần đúng phụ tải các hộ tiêu thụ điện ,công suất phát của các nhà máy điện là phụ tải,công suất tính toán. Tức là quy đổi phụ tải về các nút của sơ đồ bằng công suất thực của phụ tải cộng với tổn thất công suất trong các máy biến áp,công suất phản kháng của nửa cuối các đường dây nối đến các nút đó sinh ra theo điện áp định mức. Khi đó ta sẽ có sơ đồ thay thế của mạng điện mà trong đó đường dây chỉ được thay thế bằng điện trở và điện kháng.Tính toán phân bố công suất trong mạng điện kín không xét đến tổn thất công suất trên các đoạn đường dây. Lượng tổn thất công suất này sẽ được xét đến trong các bước tính toán tiếp theo



Xét mạng điện hình 4-8a.Phụ tải tính toán tại các nút là:

$$S_{1tt} = S_1 + \Delta S_{b1} - j \Delta Q_{c1} - j \Delta Q_{c2}$$

$$S_{2tt} = S_2 + \Delta S_{b2} - j \Delta Q_{c2} - j \Delta Q_{c3}$$

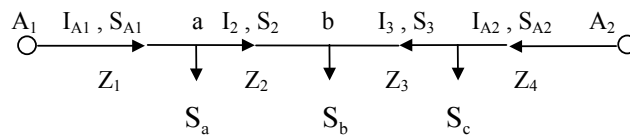
Trong đó :

- ΔQ_{c1} ; ΔQ_{c2} ; ΔQ_{c3} : Công suất phản kháng do dung dẫn của các đoạn đường dây nối với các nút 1, 2, 3 sinh ra.

- ΔS_{b1} ; ΔS_{b2} : Tổn thất công suất trạm biến áp B_1 ; B_2

Sau khi quy đổi phụ tải về các nút (hình 4-8b), tính chế độ của mạng có 2 đầu cung cấp điện áp bằng nhau được tiến hành theo phương pháp gần đúng. Trước hết xác định sự phân bố công suất trong mạng không xét đến tổn thất công suất trên các đoạn đường dây và giá trị điện áp tại các nút trong sơ đồ.

Xét mạng điện có hai đầu cung cấp điện áp bằng nhau(hình 4-9)



Hình 4-9

Nếu chiều quy ước của dòng điện chạy trên các đoạn đường dây của mạng điện trên hình vẽ. Theo định luật Kirchoff II ta có :

$$I_{A1} Z_1 + I_2 Z_2 - I_3 Z_3 - I_{A2} Z_4 = 0 \quad (4 - 1)$$

Vì chưa biết điện áp tại các nút của mạng điện, nên khi tính chọn điện áp định mức để tính. Do đó:

$$I_i = \frac{S_i^*}{3U_{(p)dm}^*} \quad (4 - 2)$$

Chọn $U_{(p)dm}^*$ nằm trên trục thực (tức $U_{(p)dm}^* = U_{(p)dm}$). Thay (4 - 2) vào

(4 - 1) và nhân với $3U_{(p)dm}^*$ ta có:

$$S_{A1}^* Z_1 + S_2^* Z_2 - S_3^* Z_3 - S_4^* Z_4 = 0 \quad (4 - 3)$$

$$S_2^* = S_{A1}^* - S_a^*$$

và: $S_3^* = S_b^* + S_a^* - S_{A1}^* \quad (4 - 4)$

$$S_{A2}^* = S_a^* + S_b^* + S_c^* - S_{A1}^*$$

Thay (4 - 4) vào (4 - 3) ta xác định được S_{A1}^*

$$S_{A1}^* = \frac{S_a^*(Z_2 + Z_3 + Z_4) + S_b^*(Z_3 + Z_4) + S_c^* Z_4}{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)} \quad (4 - 5)$$

Nếu đặt $Z_\Sigma = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)$

Khi đó $S_{A1}^* = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^* Z_{iA2}}{Z_\Sigma}$

Hay $\dot{S}_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i Z_{iA2}}{Z_\Sigma}$ (4 - 6)

Tương tự công suất nguồn A₂:

$$\dot{S}_{A2} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i Z_{iA1}}{Z_\Sigma} \quad (4 - 7)$$

Trong đó:

- Z_{iA1} và Z_{iA2} : Tổng trở từ phụ tải thứ i đến nguồn cung cấp A₁ và A₂.

Tương tự dòng điện chạy từ nguồn A₁ & A₂ là:

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{I}_i Z_{iA2}}{Z_\Sigma} \quad (4 - 8)$$

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{I}_i Z_{iA1}}{Z_\Sigma} \quad (4 - 9)$$

Do các số hạng trong công thức đều ở dạng số phức nên để đơn giản trong tính toán ta biểu diễn các phương trình trên ở dạng sau:

Gọi Y_Σ là tổng dẫn của các đoạn đường dây ta có:

$$Y_\Sigma = \frac{1}{Z_\Sigma} = G_\Sigma - jB_\Sigma$$

Trong đó : $G_\Sigma = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}$ - Điện dẫn tác dụng của đường dây.

$$B_\Sigma = \frac{X_\Sigma}{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2} - \text{Điện dẫn phản kháng của đường dây.}$$

Khi đó ta có thể viết biểu thức (4-6) như sau:

$$S_{A1}^* = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^* Z_{iA2}}{Z_\Sigma} = (G_\Sigma + jB_\Sigma) \sum_{i=1}^n S_i^* Z_{iA2} = (G_\Sigma + jB_\Sigma) \sum_{i=1}^n [(P_i - jQ_i)(R_{iA2} + jX_{iA2})]$$

Khai triển ta có:

$$S_{A1}^* = \left[G_\Sigma \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}) + B_\Sigma \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2}) \right] - j \left[-G_\Sigma \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2}) + B_\Sigma \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}) \right]$$

Từ đó rút ra:

$$P_{A1} = \left[G_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}) + B_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2}) \right]$$

$$Q_{A1} = \left[-G_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2}) + B_{\Sigma} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}) \right]$$

Để đơn giản ta đặt:

$$M = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}), \quad N = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2})$$

Từ đó ta có:

$$\left. \begin{aligned} P_{A1} &= G_{\Sigma} \cdot M + B_{\Sigma} \cdot N \\ Q_{A1} &= -G_{\Sigma} \cdot N + B_{\Sigma} \cdot M \end{aligned} \right\} \quad (4-10)$$

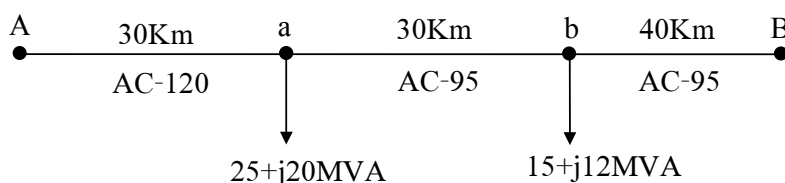
Công thức (4-10) cho phép chúng ta xác định được sự phân bố công suất trong mạng điện theo tính toán số học.

Biết phân bố công suất S_{A1} , S_{A2} ta xác định được điểm phân công suất trong mạng điện. Điểm phân công suất là điểm phụ tải nhận công suất từ hai phía đến. Điểm phân công suất có thể là hai điểm: điểm phân công suất tác dụng (ký hiệu ∇) và điểm phân công suất phản kháng (ký hiệu ∇) hoặc một điểm chung (ký hiệu ∇). Điện áp tại điểm phân công suất sẽ có giá trị thấp nhất trong mạng.

Khi biết điểm phân công suất có thể tách mạng làm 2 phần và tiến hành tính toán như mạng hở trên cơ sở dòng công suất đã tính và điện áp tại nguồn cung cấp. Khi có hai điểm phân công suất ta tách mạng tại điểm phân công suất tác dụng.

VÍ DỤ 4-2: Hai trạm biến áp a và b nhận điện từ hai trạm biến áp khu vực A và B bằng đường dây điện áp 110KV. Dây dẫn bố trí trên mặt phẳng nằm ngang, khoảng cách giữa các pha là 4m. Các số liệu đường dây và phụ tải tính toán cho trên hình 4-10. Cả hai trạm biến áp khu vực A và B có điện áp bằng nhau và bằng 112KV.

Xác định phân bố công suất trong mạng điện.



Hình 4-10

GIẢI: Theo PL1- ta tra được :

- Dây AC-120 có $r_0 = 0,27 \Omega/\text{Km}$; $x_0 = 0,423 \Omega/\text{Km}$;

- Dây AC- 95 có $r_0 = 0,33 \Omega/\text{Km}$; $x_0 = 0,429 \Omega/\text{Km}$;

Tổng trở các đoạn đường dây như sau:

- Đoạn Aa: $R_1 = 8,1\Omega$; $X_1 = 12,69\Omega$;
- Đoạn ab: $R_2 = 9,9\Omega$; $X_2 = 12,87\Omega$;
- Đoạn bB: $R_3 = 13,2\Omega$; $X_3 = 17,16\Omega$;
- Đoạn AB: $R_{AB} = 31,2\Omega$; $X_{AB} = 42,72\Omega$;

Tổng dẫn của toàn bộ đường dây là:

-Điện dẫn tác dụng của đường dây:

$$G_{AB} = \frac{R_{AB}}{R_{AB}^2 + X_{AB}^2} = \frac{31,2}{31,2^2 + 42,72^2} = 0,0111 \frac{1}{\Omega}$$

- Điện dẫn phản kháng của đường dây:

$$B_{AB} = \frac{X_{AB}}{R_{AB}^2 + X_{AB}^2} = \frac{42,72}{31,2^2 + 42,72^2} = 0,0152 \frac{1}{\Omega}$$

Công suất tác dụng từ nguồn A cung cấp sẽ là:

$$P_{Aa} = \left[G_{AB} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}) + B_{AB} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2}) \right]$$

$$= 0,0111 \cdot [15 \cdot 13,2 + 12 \cdot 17,6 + 25 \cdot (9,9 + 13,2) + 20 \cdot (12,87 + 17,16)] +$$

$$0,0152 \cdot [15 \cdot 17,16 - 12 \cdot 13,2 + 25 \cdot (12,87 + 17,16) - 20 \cdot (9,9 + 13,2)]$$

$$= 23,48 \text{MW}$$

Công suất phản kháng từ nguồn A cung cấp sẽ là:

$$Q_{Aa} = \left[-G_{AB} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot X_{iA2} - Q_i \cdot R_{iA2}) + B_{AB} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot R_{iA2} + Q_i \cdot X_{iA2}) \right]$$

$$= -0,0111 \cdot [15 \cdot 17,16 - 12 \cdot 13,2 + 25 \cdot (12,87 + 17,16) - 20 \cdot (9,9 + 13,2)] +$$

$$0,0152 \cdot [15 \cdot 13,2 + 12 \cdot 17,6 + 25 \cdot (9,9 + 13,2) + 20 \cdot (12,87 + 17,16)]$$

$$= 19,85 \text{MVAr}$$

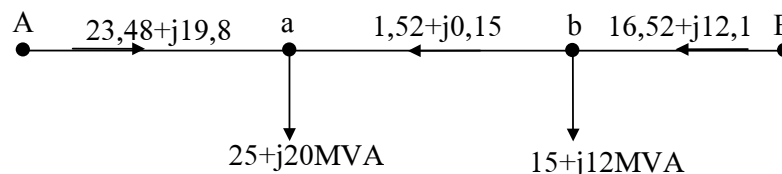
Tương tự chúng ta xác định được công suất nguồn B cung cấp :

$$P_{Bb} = 16,52 \text{MW} \quad Q_{Bb} = 12,15 \text{MVAr}$$

Công suất từ b đến a là:

$$S_{ba} = S_{Bb} - S_b = (16,52 + j12,15) - (15 + j12) = 1,52 + j0,15 \text{MVA}$$

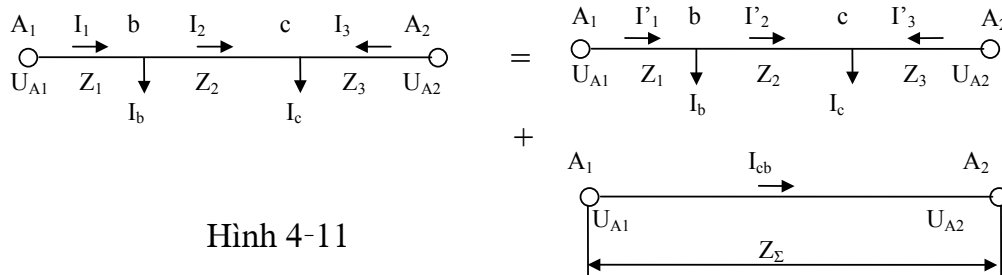
Kết quả tính toán cho thấy a là điểm phân công suất .



Hình 4-10b

4.2.3. Tính toán mạng điện có 2 đầu cung cấp điện áp khác nhau.

Xét mạng điện hình (4-11) có hai đầu cung cấp điện áp khác nhau về góc pha và modul. Giả sử điện áp $U_{A1} > U_{A2}$ và chiều dòng điện quy ước như trên hình vẽ.



Hình 4-11

Theo định luật Kirchoff II ta có phương trình cân bằng áp pha:

$$\dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2} = \dot{I}_1 \cdot Z_1 + \dot{I}_2 \cdot Z_2 - \dot{I}_3 \cdot Z_3$$

Ta biết : $\dot{I}_2 = \dot{I}_1 - \dot{I}_b$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_c - \dot{I}_2 = \dot{I}_c - \dot{I}_1 + \dot{I}_b$$

Thay các giá trị của \dot{I}_2 và \dot{I}_3 vào biểu thức trên ta có:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2} &= \dot{I}_1 \cdot Z_1 + (\dot{I}_1 - \dot{I}_b) \cdot Z_2 - (\dot{I}_b + \dot{I}_c - \dot{I}_1) \cdot Z_3 \\ &= \dot{I}_1 (Z_1 + Z_2 + Z_3) - \dot{I}_b (Z_2 + Z_3) - \dot{I}_c \cdot Z_3 \end{aligned}$$

Từ đó ta có:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2}}{Z_1 + Z_2 + Z_3} + \frac{\dot{I}_b (Z_2 + Z_3) + \dot{I}_c \cdot Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

So sánh với giá trị dòng điện tính theo biểu thức (4-8) ta thấy ở đây có thêm thành phần:

$$\frac{\dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2}}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

Thành phần này lớn hay nhỏ tùy thuộc vào sự chênh lệch điện áp giữa các nguồn và tổng trở của đường dây, không phụ thuộc phụ tải, chúng được gọi là thành phần cân bằng (công suất hay dòng điện cân bằng).

Tương tự chúng ta nhận được giá trị dòng điện \dot{I}_3 :

$$\dot{I}_3 = \frac{-(\dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2})}{Z_1 + Z_2 + Z_3} + \frac{\dot{I}_c (Z_1 + Z_2) + \dot{I}_b \cdot Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

Nếu biểu diễn theo công suất ta có:

$$\hat{S}_{A1-b} = 3 \hat{U}_{A1} \cdot \dot{I}_1 = \frac{3 \hat{U}_{A1} \cdot (\dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2})}{Z_{\Sigma}} + \frac{\hat{S}_b \cdot (Z_2 + Z_3) + \hat{S}_c \cdot Z_3}{Z_{\Sigma}}$$

$$\hat{S}_{A2-c} = \frac{3 \hat{U}_{A2} \cdot (\dot{U}_{A2} - \dot{U}_{A1})}{Z_{\Sigma}} + \frac{\hat{S}_b \cdot Z_1 + \hat{S}_c \cdot (Z_1 + Z_2)}{Z_{\Sigma}}$$

Hay:

$$\dot{S}_{A1-b} = \frac{3\dot{U}_{A1} \cdot \left(\hat{U}_{A1} - \hat{U}_{A2} \right)}{\hat{Z}_{\Sigma}} + \frac{\dot{S}_b \cdot \left(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 \right) + \dot{S}_c \cdot \hat{Z}_3}{\hat{Z}_{\Sigma}}$$

$$\dot{S}_{A2-c} = \frac{3\dot{U}_{A2} \cdot \left(\hat{U}_{A2} - \hat{U}_{A1} \right)}{\hat{Z}_{\Sigma}} + \frac{\dot{S}_c \cdot \left(\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 \right) + \dot{S}_b \cdot \hat{Z}_1}{\hat{Z}_{\Sigma}}$$

Hoặc chúng ta có thể tính toán phân bố công suất trong mạng điện kín có hai đầu cung cấp điện áp khác nhau bằng phương pháp xếp chồng 2 chế độ:

- Chế độ I: $U_{A1} = U_{A2}$ và đường dây có tải.
- Chế độ II: $U_{A1} \neq U_{A2}$ và đường dây không tải.

Chế độ I: Sự phân bố dòng hoặc công suất khi $U_{A1} = U_{A2}$ được xác định theo công thức (4 - 6) đến (4 - 9) các dòng điện tìm được trong chế độ này cho trên hình 4-11.

Chế độ II: $U_{A1} \neq U_{A2}$ nên có dòng cân bằng chạy qua, dòng chạy từ điện áp cao đến điện áp thấp I_{cb} chỉ phụ thuộc vào điện áp pha hai đầu cung cấp và tổng trở đường dây (không phụ thuộc phụ tải).

$$\dot{I}_{cb} = \frac{\dot{U}_{A1} - \dot{U}_{A2}}{Z_{\Sigma}} \quad (4 - 11)$$

hay

$$\dot{S}_{cb} = 3\dot{I}_{cb} \dot{U}_p \quad (4 - 12)$$

Khi tính gần đúng lấy điện áp $U_p = U_{p \text{ dm}}$.

Khi xếp chồng 2 chế độ ta có sự phân bố dòng trong mạng điện đã cho:

$$\dot{I}_{A1} = \dot{I}'_{A1} + \dot{I}_{cb}$$

$$\dot{I}_{A2} = \dot{I}'_{A2} - \dot{I}_{cb}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}'_2 + \dot{I}_{cb}$$

Hay

$$\dot{S}_{A1} = \dot{S}'_{A1} + \dot{S}_{cb}$$

$$\dot{S}_{A2} = \dot{S}'_{A2} - \dot{S}_{cb}$$

$$\dot{S}_2 = \dot{S}'_2 + \dot{S}_{cb}$$

Vậy công thức tổng quát để xác định sự phân bố dòng điện chạy trên các đoạn đường dây từ hai đầu cung cấp điện A_1 & A_2 là:

$$\dot{S}_{A1} = \frac{3\dot{U}_{A1}(\hat{U}_{A1} - \hat{U}_{A2})}{\hat{Z}_{\Sigma}} + \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i \hat{Z}_{iA2}}{\hat{Z}_{\Sigma}} \quad (4 - 13)$$

$$\dot{S}_{A2}^* = \frac{3\dot{U}_{A2}(\hat{U}_{A2} - \hat{U}_{A1})}{\hat{Z}_{\Sigma}} + \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i \hat{Z}_{iA1}}{\hat{Z}_{\Sigma}} \quad (4 - 14)$$

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\hat{U}_{A1} - \hat{U}_{A2}}{Z_{\Sigma}} + \frac{\sum_{i=1}^n \dot{I}_i Z_{iA2}}{Z_{\Sigma}} \quad (4 - 15)$$

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\hat{U}_{A2} - \hat{U}_{A1}}{Z_{\Sigma}} + \frac{\sum_{i=1}^n \dot{I}_i Z_{iA1}}{Z_{\Sigma}} \quad (4 - 16)$$

trong đó cần chú ý là các điện áp U đều là điện áp pha.

4-2-4 Một số trường hợp đặc biệt.

Ở đây chỉ xét một số trường hợp đặc biệt của đường dây trong mạng điện kín có hai đầu cấp điện điện áp giống nhau, còn nếu điện áp khác nhau thì sự phân bố công suất (dòng điện) cần cộng thêm thành phần cân bằng.

4-2-4-1 Mạng điện đồng nhất.

Nếu như trong một mạng điện mà có tỷ số giữa điện kháng và điện trở trong tất cả các đoạn đường dây trong mạng điện như nhau thì gọi là mạng điện đồng nhất, tỷ số đó là $\frac{x_m}{r_m} = \text{const}$.

Có thể viết lại biểu thức (4-6) như sau:

$$\begin{aligned} \dot{S}_{A1} &= \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i \hat{Z}_{iA2}}{\hat{Z}_{\Sigma}} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i (R_{iA2} - jX_{iA2})}{R_{\Sigma} - jX_{\Sigma}} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i (1 - j\frac{X_{iA2}}{R_{iA2}})R_{iA2}}{(1 - j\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}})R_{\Sigma}} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i R_{iA2}}{R_{\Sigma}} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n P_i R_{iA2}}{R_{\Sigma}} + j \frac{\sum_{i=1}^n Q_i R_{iA2}}{R_{\Sigma}} \end{aligned} \quad (4 - 17)$$

$$\dot{S}_{A2} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i R_{iA1}}{R_{\Sigma}} + j \frac{\sum_{i=1}^n Q_i R_{iA1}}{R_{\Sigma}} \quad (4 - 18)$$

Nếu mạng đồng nhất và tất cả các đoạn đường dây có cùng tiết diện thì:

$$\dot{S}_{A1} = P_{A1} + jQ_{A1} = \frac{\sum_1^n P_i r_{iA2}}{r_0 l_\Sigma} + j \frac{\sum_1^n Q_i r_{iA2}}{r_0 l_\Sigma} = \frac{\sum_1^n P_i l_{iA2}}{l_\Sigma} + j \frac{\sum_1^n Q_i l_{iA2}}{l_\Sigma} \quad (4 - 19)$$

$$\dot{S}_{A2} = P_{A2} + jQ_{A2} = \frac{\sum_1^n P_i l_{iA1}}{l_\Sigma} + j \frac{\sum_1^n Q_i l_{iA1}}{l_\Sigma} \quad (4 - 20)$$

Điều đó có nghĩa là: sự phân bố công suất tỷ lệ với chiều dài các đoạn của đường dây (l_Σ - tổng chiều dài toàn bộ đường dây).

Từ biểu thức (4-19) ta thấy: Trong mạng điện đồng nhất, sự phân bố công suất tác dụng và công suất phản kháng là độc lập nhau, có thể xem như một mạng chỉ tải công suất tác dụng và mạng kia chỉ tải công suất phản kháng. Phân tích như thế thì khối lượng tính toán giảm đi đáng kể.

Nếu các phụ tải của mạng điện đồng nhất có cùng trị số $\cos\varphi$ (hệ số công suất) thì chỉ cần xác định sự phân bố công suất tác dụng hoặc công suất toàn phần là đủ (tức P hoặc S).

Cần chú ý rằng : một mạng điện mà dây dẫn của tất cả các đoạn có cùng tiết diện thì chưa thể nói ngay rằng đó là mạng điện đồng nhất, vì còn phải xem điện kháng trên mỗi đơn vị chiều dài của tất cả các đoạn của mạng điện có giống nhau không.

Với mạng điện không đồng nhất ta có thể biến thành mạng điện đồng nhất bằng phương pháp nhân tạo.

4-2-4-2: Tính toán mạng điện không xét đến điện kháng của đường dây.

Trong thực tế tính toán có một số trường hợp để đơn giản người ta bỏ qua điện kháng của đường dây (tức coi $X_m = 0$). Ví dụ như tính toán mạng hạ áp. Lúc này công thức (4-6) sẽ được viết :

$$\dot{S}_{A1} = \frac{\sum_1^n P_i R_{iA2}}{R_\Sigma} + j \frac{\sum_1^n Q_i R_{iA2}}{R_\Sigma}$$

$$\dot{S}_{A2} = \frac{\sum_1^n P_i R_{iA1}}{R_\Sigma} + j \frac{\sum_1^n Q_i R_{iA1}}{R_\Sigma}$$

Do đó tính toán mạng điện này có thể tiến hành như mạng điện đồng nhất.

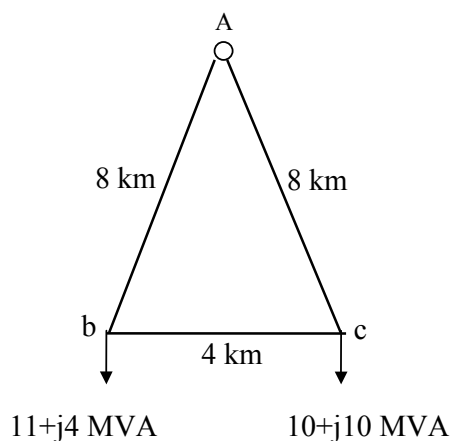
VÍ DỤ 4-3: Hai phụ tải b và c được cấp điện từ nguồn A bằng một mạng điện kín. Toàn bộ mạng dùng dây dẫn AC-120; các dây dẫn được bố trí trên mặt phẳng ngang với khoảng cách giữa các pha $D_{tb} = 3,5m$. Điện áp

tải điện $U_{dm}=35kV$. Trị số và vị trí các phụ tải cho trên hình 4-12a. Tìm điểm có điện áp thấp nhất trong mạng.

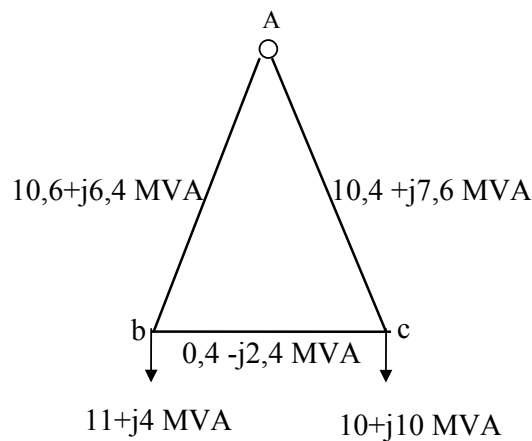
GIẢI: Đây là mạng điện kín đồng nhất, theo công thức (4-19) ta có:

$$P_{Ac} = \frac{\sum p_m L_{im}}{L_{\Sigma}} = \frac{10.12 + 11.8}{8 + 8 + 4} = 10,4 MW;$$

$$Q_{Ac} = \frac{\sum q_m L_{im}}{L_{\Sigma}} = \frac{10.12 + 4.8}{8 + 8 + 4} = 7,6 MVAR;$$



Hình 4-10a



Hình 4-10b

Vậy $S_{Ac} = 10,4 + j 7,6 MVA$

$$P_{Ab} = \frac{\sum p_m L_{im}}{L_{\Sigma}} = \frac{10.8 + 11.12}{20} = 10,6 MW;$$

$$Q_{Ab} = \frac{\sum q_m L_{im}}{L_{\Sigma}} = \frac{10.8 + 4.12}{20} = 6,4 MVAR;$$

Vậy $S_{Ab} = 10,6 + j 6,4 MVA$

Dòng công suất trên đoạn cb sẽ là :

$$S_{cb} = S_{Ac} - S_c = (10,4 + j7,6) - (10 + j10) = 0,4 - j2,4 MVA$$

Căn cứ theo phụ tải và công suất chạy trên đường dây (hình 4-12b) thì điểm phân công suất tác dụng của mạng điện tại điểm b, còn điểm phân công suất phản kháng tại điểm c. Với dây AC-120 và $D_{tb} = 3,5m$ ta tra được $r_0 = 0,27\Omega/Km$ và $x_0 = 0,4\Omega/Km$.

Tổn thất điện áp từ A đến b là :

$$\Delta U_{Ab} = \frac{P.r + Q.X}{U_{dm}} = \frac{10,6.2,16 + 4,6.3,2}{35} = 1,245KV$$

Tổn thất điện áp từ A đến c là :

$$\Delta U_{Ac} = \frac{P.r + Q.X}{U_{dm}} = \frac{10,4.2,16 + 7,6.3,2}{35} = 1,345KV$$

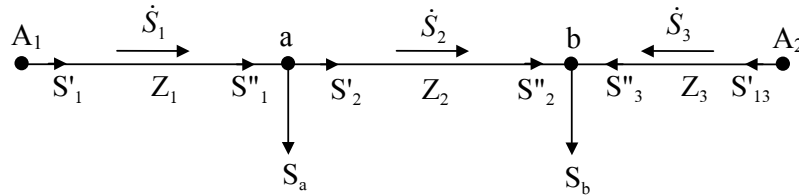
Qua tính toán ta thấy điểm c có điện áp thấp nhất trong mạng điện.

4-2-5 Tính toán mạng điện kín khi có xét đến tổn thất công suất.

4-2-5-1 Tính toán phân bố công suất:

Các tính toán phân bố công suất trong mạng điện kín vừa trình bày ở các mục trên đều là tính gần đúng, do chưa xét đến tổn thất công suất trên đường dây. Ở mục này trình bày phương pháp tính toán phân bố công suất trong mạng điện kín có xét đến tổn thất công suất.

Trong thực tế, ở những mạng điện khu vực vì đường dây tương đối dài và truyền công suất lớn nên không thể bỏ qua lượng công suất tổn thất trên đó. Xét mạng điện trên hình 4-13.



Hình 4-13

Giả sử ở bước tính gần đúng ta được dòng công suất $\dot{S}_1, \dot{S}_2, \dot{S}_3$ và xác định được điểm b là điểm phân công suất. Ký hiệu \dot{S}_2'' và \dot{S}_3'' là khi tính toán chính xác, tức có xét đến tổn thất công suất thì kết quả cũng phù hợp và tổng của chúng đều bằng tức là :

$$\dot{S}_b = \dot{S}_2'' + \dot{S}_3'' = \dot{S}_2 + \dot{S}_3$$

Tổn thất công suất trên đoạn 2 sẽ là :

$$\Delta P_2 = \left(\frac{\dot{S}_2''}{U_b} \right)^2 \cdot r_2$$

$$\Delta Q_2 = \left(\frac{\dot{S}_2''}{U_b} \right)^2 \cdot x_2$$

Công suất ở đầu đoạn 2 sẽ là:

$$\dot{S}_2' = \dot{S}_2'' + \Delta \dot{S}_2 = \dot{S}_2'' + (\Delta P_2 + j\Delta Q_2)$$

Công suất ở cuối đoạn 1 sẽ là:

$$\dot{S}_1'' = \dot{S}_2' + \dot{S}_a$$

Tổn thất công suất trên đoạn 1 sẽ là :

$$\Delta P_1 = \left(\frac{\dot{S}_1''}{U_a} \right)^2 \cdot r_1$$

$$\Delta Q_1 = \left(\frac{\dot{S}_1''}{U_a} \right)^2 \cdot x_1$$

Vậy công suất ở đầu đoạn 1 sẽ là :

$$\dot{S}_1' = \dot{S}_1'' + \Delta \dot{S}_1 = \dot{S}_1'' + (\Delta P_1 + j\Delta Q_1)$$

Tương tự , tính phân bố công suất cho đoạn 3 ta có:

Tổn thất công suất trên đoạn 3 sẽ là :

$$\Delta P_3 = \left(\frac{\dot{S}_3''}{U_b} \right)^2 \cdot r_3$$

$$\Delta Q_3 = \left(\frac{\dot{S}_3''}{U_b} \right)^2 \cdot x_3$$

Vậy công suất ở đầu đoạn 3 sẽ là :

$$\dot{S}_3' = \dot{S}_3'' + \Delta \dot{S}_3 = \dot{S}_3'' + (\Delta P_3 + j\Delta Q_3)$$

Khi tính toán, điện áp tại điểm phân công suất b và điểm a chưa biết, một cách gần đúng có thể lấy điện áp định mức của đường dây U_{dm} để tính. Sai số nhận được sẽ không lớn lắm, kết quả cho phép dùng được.

4-2-5-2 Tính toán điện áp tại các nút:

Tổn thất điện áp trên một đoạn đường dây nào đó của mạng điện kín được tính theo công thức đã biết:

$$\Delta U = \frac{Pr + Qx}{U}$$

Trong đó:

- P,Q- công suất tác dụng và phản kháng chạy trên đoạn đường dây cần tính tổn thất điện áp ;

- r, x : Điện trở tác dụng và cảm ứng trên đoạn đường dây đó.

Khi tính gần đúng (nghĩa là chưa kể đến tổn thất công suất trên đường dây) thì trị số điện áp U có thể lấy bằng trị số điện áp định mức của mạng điện để tính, còn khi tính chính xác điện áp thì công suất ở đoạn đường dây nào thì phải lấy điện áp ở cuối đoạn đó. Ví dụ khi tính ΔU trên đoạn 1 (hình 4-13) thì phải lấy điện áp tại điểm a, tức U_a .

a/ Trường hợp trong mạng kín chỉ có một điểm phân công suất (tức điểm phân công suất tác dụng và phản kháng trùng nhau), ví dụ điểm b trên hình 4-13, thì điểm b là điểm có điện áp thấp nhất trong mạng.

Nếu như $U_{A1} = U_{A2}$ thì $\Delta U_{A1b} = \Delta U_{A2b}$, tức là :

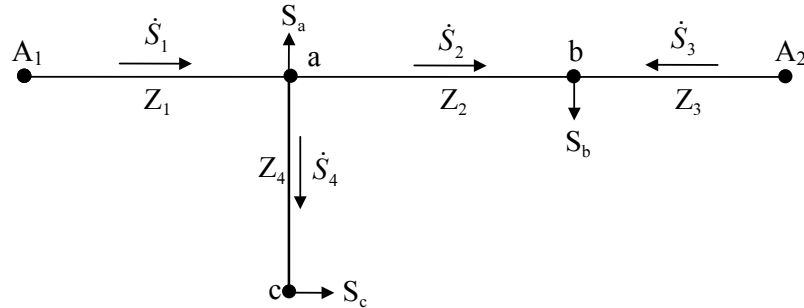
$$\frac{P_1 \cdot r_1 + Q_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot r_2 + Q_2 \cdot x_2}{U_{dm}} = \frac{P_3 \cdot r_3 + Q_3 \cdot x_3}{U_{dm}}$$

Nếu $U_{A1} \neq U_{A2}$ thì $\Delta U_{A1b} \neq \Delta U_{A2b}$ một giá trị là:

$$\Delta U_{A1b} - \Delta U_{A2b} = U_{A1} - U_{A2}$$

b/ Trường hợp trong mạng kín có 2 điểm phân công suất (tức điểm phân công suất tác dụng và phản kháng không trùng nhau) thì chưa thể nói ngay rằng điểm nào có điện áp thấp nhất, mà phải tính tổn thất điện áp từ nguồn đến từng điểm phân công suất rồi so sánh với nhau mới xác định được. (Xem ví dụ 4-3)

c/ Trong trường hợp mạng điện kín có phân nhánh (hình 4-14) thì cũng chưa thể kết luận ngay được điểm nào có điện áp thấp nhất trong mạng. Vì trong mạng chính A_1abA_2 thì b là điểm phân công suất, nhưng chưa chắc điện áp tại đó thấp hơn điện áp tại c, tức là cũng phải tính toán lần lượt ΔU từ nguồn đến b và từ nguồn đến c rồi so sánh mới kết luận được.



Hình 4-14: Mạng điện kín có phân nhánh

4-2-6. Khái niệm về tính toán mạng điện kín phức tạp.

Xác định sự phân bố công suất trong mạng điện kín phức tạp khó khăn hơn nhiều so với mạng điện kín đơn giản vì khối lượng tính toán lớn. Nếu biết được sự phân bố công suất thì các tính toán còn lại như lựa chọn tiết diện dây dẫn xác định tổn thất công suất và điện áp ...không khác với những điều trình bày đối với mạng điện kín đơn giản.

Nếu số mạch vòng kín trong mạng điện phức tạp ít (3 đến 5 vòng) thì dùng phương pháp biến đổi mạng điện gồm những phương pháp như: chuyển dịch phụ tải, ghép song song các đường dây, biến đổi sơ đồ hình "sao" thành sơ đồ hình "tam giác" và ngược lại . . . Bằng những phương pháp đó ta biến mạng điện kín phức tạp thành mạng điện kín đơn giản: đường dây có hai đầu cấp điện. Sau khi tìm được sự phân bố công suất trên đường dây đó, ta lại biến đổi trở về mạng điện cũ, đồng thời phân bố các công suất đã tìm được giữa các đường dây của mạng điện.

Đối với mạng điện có nhiều mạch vòng kín thì phương pháp trên quá cồng kềnh. Từ "Giáo trình Cơ sở kỹ thuật điện" ta đã biết phương pháp phương trình mạch vòng dựa trên luật Kirchoff. Đối với mạng điện kín, lập hệ các phương trình tương ứng với số công suất chưa biết trên các đoạn đường dây của mạng điện. Giải hệ các phương trình này ta nhận được kết quả, tuy có mất thời gian. Với mạng điện có sơ đồ phức tạp, người ta dùng mô hình tính toán mạng điện một chiều và xoay chiều. Ngay nay, việc sử dụng các công cụ toán học như lý thuyết Graph, phương pháp tính cùng với sự hỗ trợ của máy tính điện tử. vào tính toán mạng điện đã giúp ta giải quyết nhanh chóng bài toán tính toán các chế độ của mạng điện phức tạp.

CHƯƠNG 5

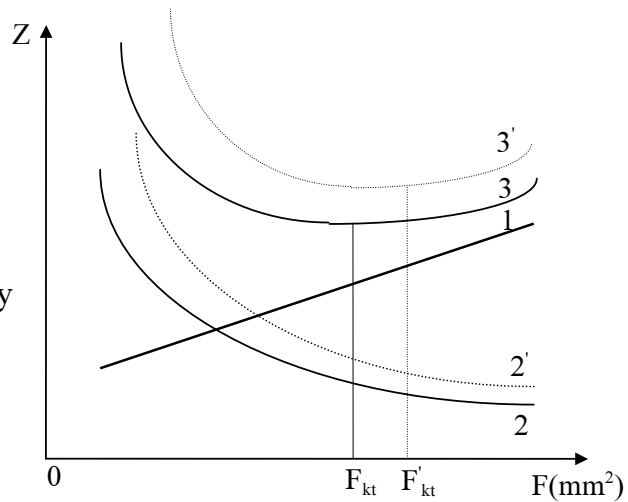
CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN

§5-1. CHỌN TIẾT DIỆN DÂY THEO CHỈ TIÊU KINH TẾ.

Mạng khu vực có điện áp U cao, công suất truyền tải P lớn, chiều dài tải điện L dài cho nên vốn đầu tư xây dựng K và phí tổn vận hành hàng năm Y lớn. Trong mạng điện khu vực có các máy biến áp, máy biến áp tự ngẫu, các thiết bị này có thể điều chỉnh được điện áp với giải điều chỉnh rộng. Do đó tiết diện dây dẫn và cáp ở mạng khu vực được chọn theo điều kiện kinh tế. Chỉ tiêu kinh

tế được dùng trong khi chọn tiết diện dây dẫn là hàm chi phí tính toán Z . Các chỉ tiêu kinh tế của đường dây phụ thuộc rất nhiều vào tiết diện dây dẫn. Khi tăng tiết diện dây thì chi phí xây dựng đường dây, chi phí vận hành hàng năm tăng (đường cong 1 trên hình 5-1), tổn thất điện năng hàng năm giảm xuống (đường cong 2 trên hình 5-1). Điểm

cực tiểu của chi phí vận hành hàng năm sẽ tương ứng với một tiết diện nào đó - Tiết diện đó được gọi là tiết diện kinh tế F_{kt} . Hay nói cách khác: ứng với tiết diện kinh tế sẽ cho ta giá trị nhỏ nhất của Z .

Hình 5-1 : Quan hệ của $Z = f(F)$ ***5.1.1. Chọn tiết diện dây dẫn theo j_{kt}***

Hàm chi phí tính toán của đường dây trên không và dây cáp có dạng:

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})K + 3I_{\max}^2 \tau C \rho \frac{L}{F} \quad (5-1)$$

Trong đó:

- K : Vốn đầu tư xây dựng đường dây.
- C : Giá 1KWh điện năng tổn thất.

Vốn đầu tư K phụ thuộc vào F theo công thức

$$K = K_0 + n(a + bF)L \quad (5-2)$$

Trong đó:

- K_0 : Giá thành 1Km dây dẫn không phụ thuộc vào F
- n : Số mạch đường dây.
- a : Hệ số phụ thuộc U đường dây.
- b : Hệ số phản ánh sự phụ thuộc giá thành đường dây vào tiết diện dây dẫn ($\text{đ}/\text{Km mm}^2$)
- L : Chiều dài đường dây (Km)
- F : Tiết diện dây dẫn (mm^2)

Thay (5 - 2) vào (5 - 1) ta có :

$$Z = (a_{vh} + a_{tc}) \{ (K_0 + n(a + bF)L \} + 3I_{\max}^2 \tau.c.\rho \cdot \frac{L}{F}. \quad (5 - 3)$$

Tiết diện tối ưu về mặt kinh tế được xác định theo công thức:

$$\frac{\delta Z}{\delta F} = (a_{vh} + a_{tc})n.b.l - 3I_{\max}^2 \tau.c.\rho \frac{L}{F_{kt}^2} = 0 \quad (5 - 4)$$

$$F_{kt} = I_{\max} \sqrt{\frac{3\tau c \rho}{(a_{vh} + a_{tc})n.b}} \quad (5 - 5)$$

Tiết diện dây dẫn xác định theo (5-5) gọi là tiết diện kinh tế. Việc chọn F theo (5 - 5) khá phức tạp nên người ta dùng phương pháp đơn giản hơn để tính F_{kt} theo biểu thức:

$$F_{kt} = \frac{I_{\max}}{j_{kt}} \quad (5 - 6)$$

Trong đó: j_{kt} mật độ dòng kinh tế (A/mm^2)

Mật độ dòng điện kinh tế phụ thuộc vào vật liệu dây dẫn, T_{\max} , và cho ở bảng 5-1.

Bảng 5-1: Mật độ dòng điện kinh tế (A/mm^2)

DÂY DẪN	GIÁ TRỊ j_{kt} THEO T_{\max}		
	1000-3000	3000-5000	5000-8760
Dây trần và thanh cái:			
Đồng	2,5	2,1	1,8
Nhôm	1,3	1,1	1,0
Cáp bọc giấy, dây dẫn bọc cao su lõi:			
Đồng	3,0	2,5	2,0
Nhôm	1,6	1,4	1,2
Cáp bọc cao su lõi đồng	3,5	3,1	2,7

Nếu đường dây có nhiều phụ tải nhưng có T_{\max} khác nhau khi đó j_{kt} được xác định theo giá trị T_{\max} trung bình của các phụ tải:

$$T_{\max tb} = \frac{\sum_1^n P_{i \max} T_{i \max}}{\sum_1^n P_{i \max}} \quad (5 - 7)$$

$$F_{kt} = \frac{I_{j \max}}{j_{kt}} \quad (5 - 8)$$

Trong đó: $I_{j \max}$: Dòng cực đại chạy trên đoạn j

Nếu như tất cả các đoạn đường dây chọn cùng một tiết diện khi đó dòng điện tính toán dùng để chọn tiết diện dây sẽ là:

$$I_t^2 L = I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + I_3^2 l_3 + \dots = \sum_{j=1}^m I_j^2 l_j \quad (5 - 9)$$

Trong đó:

- m : Số lượng các đoạn đường dây trong mạng .
- I_j : dòng điện chạy trên đoạn thứ j .
- l_j : Chiều dài đoạn thứ j .
- L : Tổng chiều dài toàn bộ đường dây.

Từ đó ta có:

$$I_t = \sqrt{\frac{\sum I_j^2 \cdot l_j}{L}} \quad (5 - 10)$$

Tiết diện dây dẫn cần được chọn là:

$$F_{kt} = \frac{I_t}{j_{kt}} \quad (5 - 11)$$

Phương pháp chọn tiết diện dây dẫn F theo mật độ dòng điện kinh tế j_{kt} được dùng với đường dây $U \leq 220KV$. Do j_{kt} được xác định gần đúng, cho nên khi dùng j_{kt} sẽ không cho ta nhận được Z_{\min} .

5.1.2. Lựa chọn tiết diện dây dẫn theo khoảng chia kinh tế.

Ở các cấp điện áp cao $U \geq 330KV$ tiết diện dây dẫn được chọn trên cơ sở so sánh kinh tế - kỹ thuật hàm chi phí tính toán ứng với các tiết diện khác nhau. Phương pháp này được gọi là phương pháp khoảng chia kinh tế.

Để xác định tiết diện theo phương pháp khoảng chia kinh tế, ta thành lập hàm chi phí tính toán Z_i ứng với các tiết diện F_i khác nhau theo dòng điện (công suất truyền tải) chạy trên đường dây.

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})K_i + 3I_{\max}^2 R_i \cdot \tau \cdot c \quad (5 - 12)$$

Trong đó:

- K_i : Vốn đầu tư đường dây ứng với tiết diện F_i

- R_i : điện trở của đường dây ứng với tiết diện F_i .

Theo biểu thức (5 - 12) vẽ đường cong biểu diễn quan hệ Z với F đã cho, trên đồ thị hình 5-2 biểu diễn quan hệ Z với $F_1; F_2; F_3$

Giao điểm của các đường cong, ví dụ tại a xác định giá trị dòng điện chuyển từ tiết diện dây này sang tiết diện dây khác hợp lý về mặt kinh tế (khoảng chia kinh tế). Ví dụ khi dòng điện có giá trị từ I_a đến I_b thì tiết diện F_2 là tiết diện phải tìm. Giá trị dòng điện tại giao điểm các đường cong gọi là I_{kt} kinh tế. Giá trị I_{kt} tại các giao điểm (ví dụ điểm a) có thể xác định theo biểu thức:

$$Z_1 = Z_2 \quad (5 - 13)$$

Trong đó:

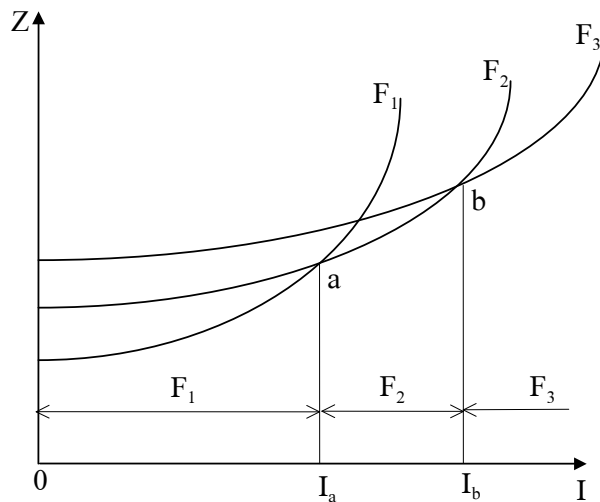
- Z_1 : Chi phí của đường dây ứng với tiết diện F_1
- Z_2 : Chi phí của đường dây ứng với tiết diện F_2

$$Z_1 = (a_{vh} + a_{tc})K_1 + 3I_{\max}^2 R_1 \cdot \tau \cdot c$$

$$Z_2 = (a_{vh} + a_{tc})K_2 + 3I_{\max}^2 R_2 \cdot \tau \cdot c$$

Trong đó:

- $K_1; K_2$: Vốn đầu tư đường dây ứng với $F_1; F_2$.
- $R_1; R_2$: Điện trở đường dây ứng với $F_1; F_2$.



Hình 5-2 : Quan hệ của $Z = f(I)$

Sau khi thay các giá trị $Z_1; Z_2$ vào (5 - 12) ta có được I_{kt} :

$$I_{kt} = \sqrt{\frac{a_{vh} + a_{tc}}{\tau c}} \sqrt{\frac{K_2 - K_1}{3(R_1 - R_2)}} \quad (5 - 14)$$

Sau khi tính được tiết diện F , ta chọn tiết diện tiêu chuẩn gần nhất đối với tiết diện tính toán và tiến hành kiểm tra điều kiện phát nóng, vầng quang và độ bền cơ học của dây dẫn.

Để chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện kín cần xác định sự phân bố công suất theo chiều dài đường dây, sau đó chọn tiết diện dây dẫn theo các phương pháp trên.

VÍ DỤ 5-1: Xác định tiết diện dây nhôm lõi thép của đường dây kép, điện áp 110KV với phụ tải cuối đường dây $S_{pt} = 30 + j10$ MVA, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\max} = 4200$ h.

GIẢI: Dòng điện làm việc lớn nhất của 1 pha trong một mạch của đường dây kép :

$$I_{\max} = \frac{S_{pt}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{30^2 + 10^2} \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 158 A$$

Theo bảng 5-1 đối với dây dẫn AC và $T_{\max} = 4200h$ ta có mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 1,1 A/mm^2$. Tiết diện kinh tế của dây dẫn sẽ là:

$$F_{kt} = \frac{I_{\max}}{j_{kt}} = \frac{158}{1,1} = 144 mm^2$$

Tra bảng chọn tiết diện tiêu chuẩn là dây AC-150. Có $I_{cp} = 445A$.

Khi xảy ra sự cố một đường dây, dòng điện chạy trên đường dây còn lại là:

$$I_{sc} = 2 \times I_{\max} = 2 \times 158A = 316A < I_{cp}$$

Tiết diện dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện phát nóng và không phát sinh vàng quang trên đường dây.

VÍ DỤ 5-2: Xác định tiết diện dây nhôm lõi thép của đường dây cấp điện cho 3 phụ tải, điện áp 110KV, công suất phụ tải (MVA) cho trên hình 5-3. Thời gian sử dụng công suất cực đại của các phụ tải $T_{\max} = 4500h$. (Giả thiết $\cos\phi$ của các phụ tải là như nhau).

GIẢI:

- Công suất chạy trên đoạn đường dây bc (đoạn thứ 3) là:

$$S_3 = S_c = 13,5 \text{ MVA.}$$

- Công suất chạy trên đoạn đường dây ab (đoạn thứ 2) là:

$$S_2 = S_c + S_b = 13,5 + 5,2 = 18,7 \text{ MVA.}$$

- Công suất chạy trên đoạn đường dây Aa (đoạn thứ 1) là:

$$S_1 = S_c + S_b + S_a = 13,5 + 5,2 + 4,8 = 25,5 \text{ MVA.}$$

Dòng điện làm việc trên các đoạn đường dây là:

$$I_3 = \frac{S_3}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{13,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 71 A$$

$$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{18,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 98,3 A$$

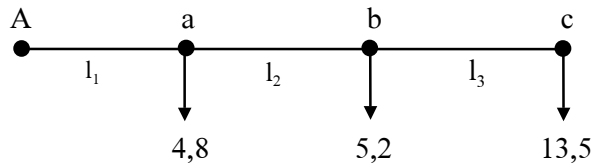
$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{25,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 134 A$$

Mật độ dòng điện kinh tế của dây AC khi $T_{\max} = 4500h$ là $1,1 A/mm^2$.

Tiết diện các đoạn đường dây sẽ là:

$$F_3 = \frac{I_3}{j_{kt}} = \frac{71}{1,1} = 64,5 mm^2$$

$$F_2 = \frac{I_2}{j_{kt}} = \frac{98,3}{1,1} = 89,5 mm^2$$



Hình 5-3

$$F_1 = \frac{I_1}{j_{kt}} = \frac{134}{1,1} = 122 \text{mm}^2$$

Chọn các tiết diện tiêu chuẩn:

$$F_3 = 70 \text{mm}^2 \quad \text{có} \quad I_{cp} = 265 \text{A}$$

$$F_2 = 95 \text{mm}^2 \quad \text{có} \quad I_{cp} = 330 \text{A}$$

$$F_3 = 120 \text{mm}^2 \quad \text{có} \quad I_{cp} = 380 \text{A}$$

Các tiết diện chọn thỏa mãn điều kiện vầng quang và phát nóng.

VÍ DỤ 5-3: Xác định tiết diện dây nhôm lõi thép trong mạng điện kín, điện áp 110KV, công suất phụ tải (MVA), chiều dài (Km) cho trên hình 5-4. Thời gian sử dụng công suất cực đại của các phụ tải $T_{\max} = 4500 \text{h}$.

GIẢI:

- Phân bố công suất trên đoạn

Aa theo chiều dài đường dây là:

$$S_{Aa} = \frac{(33 + j16,5)55 + (22 + j6,6)35}{100} = 25,8 + j11,4 \text{MVA}$$

- Phân bố công suất trên đoạn Ab:

$$\begin{aligned} S_{Ab} &= S_a + S_b - S_{Aa} \\ &= (33 + j16,5) + (22 + j6,6) - (25,8 + j11,4) \\ &= 29,2 + j11,7 \text{MVA} \end{aligned}$$

- Công suất truyền trên đoạn ba là:

$$S_{ba} = S_a - S_{Aa} = (33 + j16,5) - (25,8 + j11,4) = 7,2 + j5,1 \text{MVA}.$$

Từ kết quả tính phân bố công suất ta thấy điểm a là điểm phân công suất toàn phần của mạng điện. Dòng điện chạy trên đoạn đường dây là:

$$I_{Aa} = \frac{\sqrt{25,8^2 + 11,4^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 148 \text{A}$$

$$I_{ab} = \frac{\sqrt{7,2^2 + 5,1^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 46,3 \text{A}$$

$$I_{Ab} = \frac{\sqrt{29,2^2 + 11,7^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 165 \text{A}$$

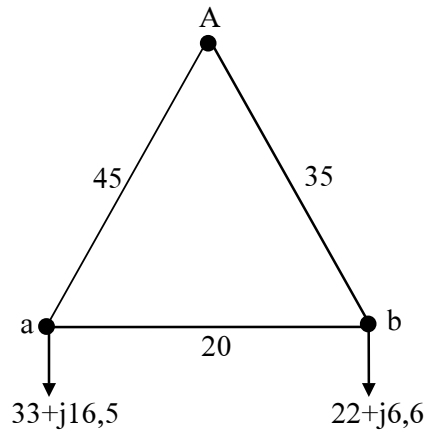
Mật độ dòng điện kinh tế của dây AC khi $T_{\max} = 4500 \text{h}$ là $1,1 \text{A/mm}^2$.

Tiết diện kinh tế của các đoạn đường dây sẽ là:

$$F_{Aa} = \frac{I_{Aa}}{j_{kt}} = \frac{148}{1,1} = 135 \text{mm}^2$$

$$F_{ab} = \frac{I_{ab}}{j_{kt}} = \frac{46,3}{1,1} = 42 \text{mm}^2$$

$$F_{Ab} = \frac{I_{Ab}}{j_{kt}} = \frac{165}{1,1} = 150 \text{mm}^2$$



Hình 5-4

Chọn các tiết diện tiêu chuẩn:

$$F_{Aa} = 150\text{mm}^2 \quad \text{có} \quad I_{cp} = 445 A$$

$$F_{ab} = 70\text{mm}^2 \quad \text{có} \quad I_{cp} = 275 A$$

$$F_{Ab} = 150\text{mm}^2 \quad \text{có} \quad I_{cp} = 445 A$$

Khi xảy ra sự cố trên một trong các đoạn đầu của đường dây, dòng điện chạy trên đoạn còn lại bằng:

$$I_{sc} = \frac{\sqrt{55^2 + 23,1^2}}{\sqrt{3.110}} \cdot 10^3 = 310 A$$

Dòng điện lớn nhất chạy trên đoạn ab sẽ là:

$$I_{ab} = \frac{\sqrt{33^2 + 16,5^2}}{\sqrt{3.110}} \cdot 10^3 = 198 A$$

Các tiết diện chọn thỏa mãn điều kiện văng quang và phát nóng.

§5-2 CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN THEO TỔN THẤT ĐIỆN ÁP CHO PHÉP

Mạng phân phối có nhiều phụ tải phân bố không tập trung, thiết bị điều chỉnh điện áp ít, giải điều chỉnh điện áp của các máy biến áp phân phối nhỏ cho nên việc chọn tiết diện dây dẫn phải quan tâm đến tổn thất điện áp ΔU để đảm bảo chất lượng điện năng. Ở mạng điện phân phối các phụ tải có công suất nhỏ, do đó tiết diện dây nhỏ dẫn đến điện trở R của dây dẫn sẽ lớn, điều đó ảnh hưởng tới tổn thất điện áp. Cho nên có thể thay đổi tiết diện dây dẫn để cải thiện chất lượng điện áp. Tức là giữ cho tổn thất điện áp không vượt quá trị số cho phép ($\Delta U_{tt} \leq \Delta U_{cp}$). Mặt khác dây dẫn của đường dây trên không làm bằng kim loại màu nên trị số điện kháng x_0 của chúng thay đổi rất ít khi tiết diện thay đổi. Trị số điện kháng x_0 thay đổi trong khoảng $x_0 = 0,36-0,42 \Omega/\text{Km}$. Trị số trung bình trong tính toán được lấy trong khoảng $x_0 = 0,38-0,40 \Omega/\text{Km}$.

Do đó tiết diện của mạng địa phương được chọn theo ΔU_{cp} . Giá trị ΔU_{cp} tùy thuộc vào yêu cầu điện áp của từng loại hộ tiêu thụ.

Sau đây chúng ta xét một số phương pháp thường được sử dụng để chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện phân phối theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

5-2-1. Đường dây có một phụ tải.

Xét đường dây mạng phân phối có một phụ tải hình 5-5. Tiết diện dây dẫn được xác định như sau:

$$\text{Từ công thức } \Delta U = \frac{PR + QX}{U_{dm}}$$

$$\text{Đặt : } \Delta U_r = PR/U_{dm} ; \Delta U_x = QX/U_{dm} .$$

Ta có :

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

Mặt khác theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép ta có:

$$\Delta U = \Delta U_r + \Delta U_x = \Delta U_{cp} \quad (5 - 15)$$

Giá trị điện kháng của mạng phân phối như đã nói ở phần trên nằm trong phạm vi $x_0 = 0,38 \div 0,40 \Omega/\text{Km}$.Do đó ta có thể chọn giá trị x_0 trung bình để tính thành phần tổn thất điện áp ΔU_x :

$$\Delta U_x = \frac{Qx_0 L}{U_{dm}}$$

Từ đó thành phần tổn thất điện áp trên điện trở r được xác định theo biểu thức:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x$$

Mặt khác ta có:

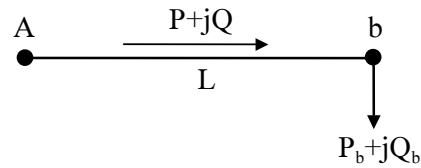
$$\Delta U_r = \frac{Pr_0 L}{U_{dm}} = \frac{PL}{F\gamma U_{dm}}$$

Do đó tiết diện dây dẫn được xác định theo biểu thức:

$$F = \frac{PL}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} \quad (5 - 16)$$

Từ giá trị tiết diện dây dẫn tính theo (5-16), chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn gần nhất. Sau đó tính lại ΔU theo các thông số của dây dẫn đã chọn và tiến hành kiểm tra lại điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$.

Đối với trường hợp đường dây có nhiều phụ tải. Việc chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép ΔU_{cp} cần kết hợp với các điều kiện phụ khác tùy thuộc vào từng loại mạng như: tất cả các đoạn đường dây chọn cùng một tiết diện; tất cả các đoạn đường dây chọn cùng một mật độ dòng điện; chọn tiết diện đường dây theo điều kiện khối lượng kim loại màu nhỏ nhất.



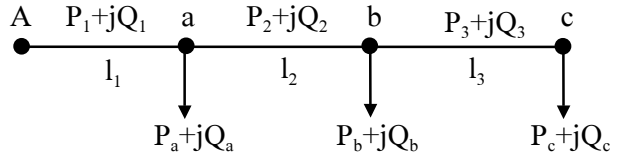
Hình 5-5

5.2.2. Tất cả các đoạn đường dây chọn cùng tiết diện.

Xét đường dây mạng phân phối trên hình 5-6. Tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây cần được chọn theo điều kiện cùng một tiết diện.

Từ công thức tính tổn thất điện áp trong mạng phân phối ta có:

$$\begin{aligned}\Delta U &= \frac{r_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m P_j l_j + \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m Q_j l_j \\ &= \Delta U_r + \Delta U_x\end{aligned}$$



Hình 5-6: Đường dây có nhiều phụ tải

Mặt khác theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép ta có:

$$\Delta U = \Delta U_r + \Delta U_x = \Delta U_{cp}$$

Giá trị điện kháng của mạng phân phối như đã nói ở phần trên nằm trong phạm vi $x_0 = 0,36 \div 0,42 \Omega/\text{Km}$. Do đó ta có thể chọn giá trị x_0 trung bình để tính thành phần tổn thất điện áp ΔU_x :

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m Q_j l_j \quad (5-17)$$

Trong đó:

- Q_j : Công suất phản kháng trên đoạn thứ j
- l_j : Chiều dài đoạn dây thứ j
- m : Số lượng các đoạn đường dây.

Ta có:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x$$

Mặt khác:

$$\Delta U_r = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m P_j l_j = \frac{\sum_{j=1}^m P_j l_j}{F \gamma U_{dm}}$$

Từ đó tiết diện dây được xác định theo biểu thức:

$$F = \frac{1}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} \sum_{j=1}^m P_j l_j \quad (5-18)$$

Từ giá trị tiết diện dây dẫn tính theo (5-18), chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn gần nhất. Sau đó tính lại ΔU theo các thông số của dây dẫn đã chọn và tiến hành kiểm tra lại điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$

Trường hợp đặc biệt khi các phụ tải đều có $\cos \varphi = 1$ lúc đó thành phần $\Delta U_x = 0$, khi đó tiết diện dây dẫn được chọn theo biểu thức:

$$F = \frac{1}{\gamma U_{dm} \Delta U_{cp}} \sum_{j=1}^m P_j l_j \quad \text{hoặc là} \quad F = \frac{1}{\gamma U_{dm} \Delta U_{cp}} \sum_{j=1}^m p_j l_j$$

VÍ DỤ 5-4: Hai phụ tải b và c được cấp điện bằng đường dây trên không điện áp định mức 35KV. Đường dây dùng dây đồng, bố trí trên cột theo mặt phẳng nằm ngang, khoảng cách giữa các pha là $D = 3m$. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 6\%$. Toàn bộ đường dây cùng một tiết diện. Phụ tải tính bằng A, hệ số công suất và chiều dài ghi trên hình 5-7. Xác định tiết diện dây dẫn của đường dây, biết điện trở suất của đồng $\rho_{cu} = 18,8 \Omega \cdot mm^2/km$. ($\gamma_{cu} = 53 m/(\Omega \cdot mm^2)$)

GIẢI: Chọn trị số điện kháng trung bình của của đường dây là $x_0 = 0,4 \Omega/Km$. Giá trị ΔU_x được xác định theo công thức:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j = x_0 \cdot \sqrt{3} \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \sin \varphi_j \cdot L_j$$

Với $\cos \varphi = 0,8$ thì $\sin \varphi = 0,6$

Với $\cos \varphi = 0,7$ thì $\sin \varphi = 0,71$

Thay vào công thức trên ta có:

$$\Delta U_x = x_0 \cdot \sqrt{3} \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \sin \varphi_j \cdot L_j = 0,4 \cdot \sqrt{3} \cdot [(200 \cdot 0,6) \cdot 12 + (70 \cdot 0,71) \cdot 15] = 1520V = 1,52KV$$

Tổn thất điện áp cho phép là:

$$\Delta U_{cp} = 6\% U_{dm} = 0,06 \cdot 35 = 2,1KV$$

Từ đó chúng ta tính được giá trị tổn thất điện áp lớn nhất trên điện trở là:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x = 2,1 - 1,52 = 0,58KV$$

Tiết diện dây dẫn được tính theo công thức:

$$F = \frac{1}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} \sum_{j=1}^m P_j L_j = \frac{\sqrt{3} \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \cos \varphi_j \cdot L_j}{\gamma \cdot \Delta U_r} = \frac{\sqrt{3} \cdot [(200 \cdot 0,8) \cdot 12 + (70 \cdot 0,7) \cdot 15]}{53 \cdot 580} = 149mm^2$$

Chọn dây đồng tiết diện tiêu chuẩn M-150.

Kiểm tra lại kết quả tính toán:

Với dây dẫn M-150 có $r_0 = 0,123 \Omega/Km$; $x_0 = 0,4 \Omega/Km$.

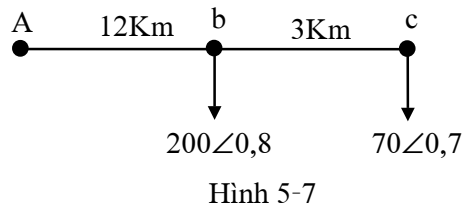
Tổn thất điện áp từ nguồn A đến phụ tải c là:

$$\Delta U_{Ac} = \sqrt{3} \cdot \left[r_0 \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \cos \varphi_j \cdot L_j + x_0 \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \sin \varphi_j \cdot L_j \right]$$

$$= \sqrt{3} \cdot [0,123(200 \cdot 0,8 \cdot 12 + 70 \cdot 0,71 \cdot 15) + 0,4(200 \cdot 0,6 \cdot 12 + 70 \cdot 0,71 \cdot 15)] = 2085V = 2,085KV$$

Ta thấy $\Delta U_{ac} = 2,085KV < \Delta U_{cp} = 2,1KV$.

Vậy dây dẫn M-150 đã chọn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật.

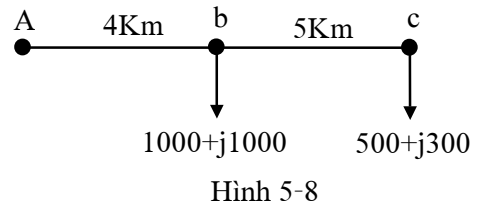


VÍ DỤ 5-5: Hai phụ tải b và c được cấp điện bằng đường dây trên không điện áp định mức 10KV. Đường dây dùng dây nhôm, bố trí trên cột theo các đỉnh của một tam giác đều, khoảng cách giữa các pha là $D = 1\text{m}$. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5\%$. Toàn bộ đường dây chọn cùng một tiết diện. Phụ tải tính bằng KVA, chiều dài (Km) ghi trên hình 5-8. Xác định tiết diện dây dẫn của đường dây, biết điện trở suất của nhôm $\rho_{Al} = 31,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$.

GIẢI: Chọn trị số điện kháng trung bình của của đường dây là $x_0 = 0,38 \Omega/\text{Km}$.

Giá trị ΔU_x được xác định theo công thức:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j$$



Thay vào công thức trên ta có:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j = \frac{0,38 \cdot (1000 \cdot 4 + 300 \cdot 9)}{10} = 255V$$

Tổn thất điện áp cho phép là:

$$\Delta U_{cp} = 5\% U_{dm} = 0,05 \cdot 10 = 500V$$

Từ đó chúng ta tính được giá trị tổn thất điện áp lớn nhất trên điện trở là:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x = 500 - 255 = 245V$$

Tiết diện dây dẫn được tính theo công thức:

$$F = \frac{1}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} \sum_{j=1}^m p_j L_j = \frac{31,5 \cdot [(1000 \cdot 4) + (500 \cdot 9)]}{10 \cdot 245} = 110 \text{mm}^2$$

Chọn dây nhôm tiết diện tiêu chuẩn A-95.

Kiểm tra lại kết quả tính toán:

Với dây dẫn A-95 có $r_0 = 0,33 \Omega/\text{Km}$; $x_0 = 0,35 \Omega/\text{Km}$.

Tổn thất điện áp từ nguồn A đến phụ tải c là:

$$\Delta U_{Ac} = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m p_j L_j + \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j = \frac{0,33 \cdot (1000 \cdot 4 + 500 \cdot 9)}{10} + \frac{0,35 \cdot (1000 \cdot 4 + 300 \cdot 9)}{10} = 515V$$

Ta thấy $\Delta U_{Ac} = 515V > \Delta U_{cp} = 500V$. Nhưng sự sai khác này không lớn (0,15%). Vậy dây dẫn A-95 đã chọn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cũng như kinh tế.

5.2.3. Chọn tiết diện dây dẫn theo mật độ không đổi của dòng điện.

Trong mạng điện phân phối khi thời gian sử dụng công suất cực đại lớn thì tiến hành chọn tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi

trên toàn bộ chiều dài đường dây là hợp lý. Người ta đã chứng minh được rằng: Chọn dây dẫn theo điều kiện này thì tổn thất công suất và điện năng sẽ nhỏ nhất. Còn chọn theo các điều kiện khác thì có thể dẫn đến tổn thất công suất trên đường dây tương đối lớn.

5-2-3-1: Đường dây không phân nhánh.

Xét đường dây mạng phân phối không phân nhánh trên hình 5-9. Tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây cần được chọn theo điều kiện cùng một mật độ dòng điện (Mật độ dòng điện không đổi).

Giống như phần đã trình bày ở trên ta có:

$$\Delta U = \Delta U_r + \Delta U_x = \Delta U_{cp}$$

Giá trị của ΔU_x có thể tính được nếu ta chọn trước một giá trị điện kháng

x_0 nằm trong phạm vi $x_0 = 0,36 \div 0,42 \Omega/\text{Km}$.

Thành phần tổn thất điện áp ΔU_x sẽ là (trong đó chú ý $\sin\varphi_j$ là của đường dây):

$$\Delta U_x = x_0 \cdot \sqrt{3} \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \sin \varphi_j \cdot l_j \tag{5-19}$$

hoặc
$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} (Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + Q_3 l_3)$$

Từ đó ta có : $\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x$

Mặt khác:

$$\Delta U_r = \Delta U_{r1} + \Delta U_{r2} + \Delta U_{r3} = \frac{P_1 l_1}{\gamma F_1 U_{dm}} + \frac{P_2 l_2}{\gamma F_2 U_{dm}} + \frac{P_3 l_3}{\gamma F_3 U_{dm}}$$

Ở đây ΔU_{r1} , ΔU_{r2} và ΔU_{r3} là tổn thất điện áp do P_1, P_2 và P_3 gây ra trên điện trở đoạn đường dây l_1, l_2 và l_3

Ta biết quan hệ giữa công suất và dòng điện theo biểu thức sau:

$$P_i = \sqrt{3} I_i \cos \varphi_i U_{dm}$$

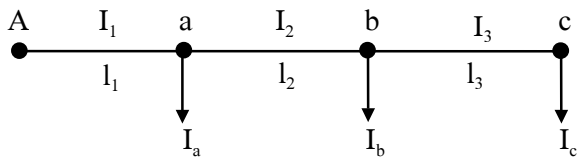
Nên
$$\Delta U_r = \frac{\sqrt{3} I_1 \cos \varphi_1}{F_1 \gamma} l_1 + \frac{\sqrt{3} I_2 \cos \varphi_2}{F_2 \gamma} l_2 + \frac{\sqrt{3} I_3 \cos \varphi_3}{F_3 \gamma} l_3 \tag{5-20}$$

Trong đó $\cos\varphi_1, \cos\varphi_2, \cos\varphi_3$, là hệ số công suất trên các đoạn đường dây 1, 2 và 3.

Chọn dây dẫn theo điều kiện mật độ dòng không đổi ta có:

$$j = \frac{I_1}{F_1} = \frac{I_2}{F_2} = \frac{I_3}{F_3} \tag{5-21}$$

Thay (5-21) vào (5-20) ta có:



Hình 5-9: Đường dây không phân nhánh

$$\Delta U_r = j \frac{\sqrt{3}}{\gamma} (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3)$$

Từ đó rút ra giá trị mật độ dòng điện trên đường dây là:

$$j = \frac{\gamma \Delta U_r}{\sqrt{3} (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3)} \quad (5 - 22)$$

Đối với đường dây có nhiều phụ tải công thức tổng quát là:

$$j = \frac{\gamma \Delta U_r}{\sqrt{3} \sum_1^m l_j \cos \varphi_j} \quad (5 - 23)$$

Trong đó:

- l_i : Chiều dài đoạn đường dây thứ i
- $\cos \varphi_i$: Hệ số $\cos \varphi$ trên đoạn đường dây thứ i

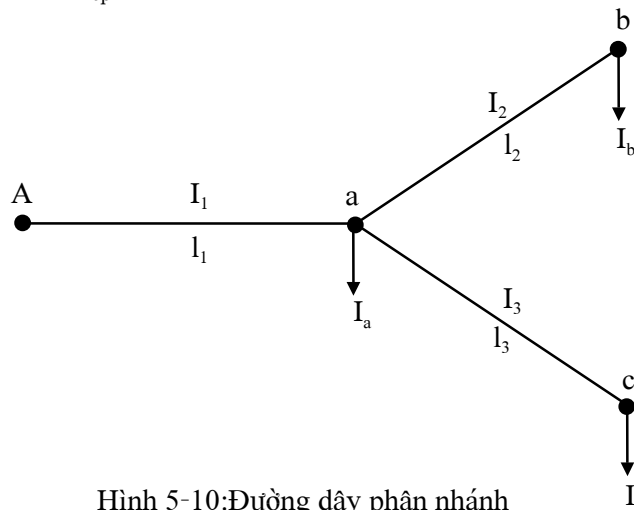
Tiết diện các đoạn đường dây được xác định khi đã xác định được giá trị mật độ dòng điện j theo biểu thức:

$$F_1 = I_1 / j; \quad F_2 = I_2 / j; \quad F_3 = I_3 / j \quad (5 - 24)$$

Từ giá trị tiết diện dây dẫn tính theo (5-24), chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn gần nhất. Sau đó tính lại ΔU theo các thông số của dây dẫn đã chọn và tiến hành kiểm tra lại điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$

5-2-3-2: Đường dây có phân nhánh.

Xét đường dây mạng phân phối có một nhánh chính và 2 đường nhánh rẽ trên hình 5-10. Tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây cần được chọn theo điều kiện cùng một mật độ dòng điện (Mật độ dòng điện không đổi). Giá trị tổn thất điện áp từ nguồn đến điểm xa nhất của các nhánh rẽ đã biết, đó chính là ΔU_{cp} .



Hình 5-10: Đường dây phân nhánh

Phương pháp xác định tiết diện dây được tiến hành như vừa trình bày ở trên. Tức là chúng ta chọn trước giá trị x_0 và tính:

$$\Delta U_x = x_0 \cdot \sqrt{3} \cdot \sum_{j=1}^n i_j \cdot \sin \varphi_j \cdot L_j$$

Khi tính ΔU_x cần chọn nhánh rẽ nào có $\sum l_i \cos \varphi_i$ lớn nhất để tính toán. Sau khi xác định được ΔU_x ta sẽ tính được:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x$$

Dùng công thức (5-23) để xác định j, khi đó ta cần phải chọn đoạn đường dây rẽ nhánh nào có $\sum l_i \cos \varphi_i$ lớn nhất. Mật độ dòng điện tính theo (5-23) cần phải được so sánh với mật độ dòng điện kinh tế j_{kt} .

- Nếu $j < j_{kt}$ thì dùng j để chọn tiết diện dây dẫn, vì nếu dùng j_{kt} thì tổn thất điện áp $\Delta U > \Delta U_{cp}$. mặc dù về mặt kinh tế nó đảm bảo cho ta nhận được hàm chi phí tính toán Z cực tiểu.

- Nếu $j > j_{kt}$ thì dùng j_{kt} để chọn tiết diện dây dẫn, khi đó về mặt kỹ thuật sẽ đảm bảo tổn thất điện áp $\Delta U < \Delta U_{cp}$, còn về mặt kinh tế sẽ đảm bảo cho ta nhận được hàm chi phí tính toán Z cực tiểu.

Từ giá trị tiết diện dây dẫn tính theo (5-24), chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn gần nhất. Sau đó tính lại ΔU theo các thông số của dây dẫn đã chọn và tiến hành kiểm tra lại điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$.

VÍ DỤ 5-6: Hai phụ tải b và c được cấp điện bằng đường dây trên không điện áp định mức 10KV. Đường dây dùng dây nhôm, bố trí trên cột theo các đỉnh của một tam giác đều, khoảng cách giữa các pha là $D = 1m$. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5\%$. Toàn bộ đường dây chọn cùng một mật độ dòng điện. Phụ tải tính bằng KVA, hệ số công suất của phụ tải, chiều dài (Km) ghi trên hình 5-11. Xác định tiết diện dây dẫn của đường dây, biết thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{max} = 3500h$. ($\gamma_{Al} = 31,7 m/(\Omega \cdot mm^2)$)

GIẢI:- Tổn thất điện áp cho phép là:

$$\Delta U_{cp} = 5\% U_{dm} = 0,05 \cdot 10 = 500V$$

- Công suất các phụ tải là:

$$P_b = S_b \cdot \cos \varphi_b = 1000 \cdot 0,7 = 700KW.$$

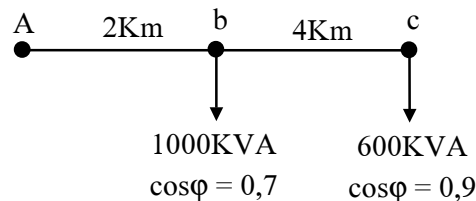
$$Q_b = S_b \cdot \sin \varphi_b = 1000 \cdot 0,71 = 710KVAR$$

$$P_c = S_c \cdot \cos \varphi_c = 600 \cdot 0,9 = 540KW.$$

$$Q_c = S_c \cdot \sin \varphi_c = 600 \cdot 0,435 = 262KVAR.$$

$$S_{Ab} = \sqrt{(P_b + P_c)^2 + (Q_b + Q_c)^2} = \sqrt{(700 + 540)^2 + (710 + 262)^2} = 1576 KVA$$

$$\cos \varphi_{Ab} = \frac{P_b + P_c}{S_{Ab}} = \frac{700 + 540}{1576} = 0,79$$



Hình 5-11

Chọn trị số điện kháng $x_0 = 0,4\Omega/\text{Km}$.

- Giá trị ΔU_x được xác định theo công thức:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j = \frac{0,4}{10} (710,2 + 262,6) = 120V$$

- Thành phần tổn thất điện áp trên điện trở là:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x = 500 - 120 = 380V$$

- Xác định mật độ dòng điện theo công thức:

$$j = \frac{\gamma \cdot \Delta U_r}{\sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^m l_i \cdot \cos \varphi_i} = \frac{31,7380}{\sqrt{3} \cdot (4,0,9 + 2,0,79)} = 1,34A / \text{mm}^2$$

- Với $T_{\max} = 3500h$, dây nhôm tra bảng 5-1 ta có $j_{kt} = 1,1A/\text{mm}^2$.

Ta thấy $j > j_{kt}$ nên ta dùng j_{kt} để tính chọn tiết diện dây dẫn.

- Dòng điện trên đoạn đường dây Ab là:

$$I_{Ab} = \frac{S_{Ab}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1576}{\sqrt{3} \cdot 10} = 91 \text{ A}$$

- Dòng điện trên đoạn đường dây bc là:

$$I_{bc} = \frac{S_{bc}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 34,6 \text{ A}$$

- Tiết diện dây dẫn chọn trên đoạn Ab là:

$$F_{Ab} = \frac{I_{Ab}}{j_{kt}} = \frac{91}{1,1} = 83 \text{ mm}^2$$

Chọn dây dẫn tiêu chuẩn AC-95.

- Tiết diện dây dẫn chọn trên đoạn bc là:

$$F_{bc} = \frac{I_{bc}}{j_{kt}} = \frac{34,6}{1,1} = 31,4 \text{ mm}^2$$

Chọn dây dẫn tiêu chuẩn AC-35.

Trong trường hợp này không cần kiểm tra lại kết quả tính toán, vì tiết diện dây dẫn được chọn theo $j_{kt} < j$ tính toán nên chắc chắn tổn thất điện áp trên đường dây sẽ đảm bảo điều kiện $\Delta U < \Delta U_{cp}$.

5.2.4. Chọn tiết diện dây dẫn theo khối lượng kim loại màu nhỏ nhất.

Trong thực tế có nhiều trường hợp xây dựng đường dây với dây dẫn cùng một tiết diện trên toàn bộ chiều dài sẽ không hợp lý về mặt kinh tế, do chi khối lượng kim loại màu quá lớn. Để đảm bảo tính kinh tế mỗi đoạn đường dây có thể chọn một loại tiết diện khác nhau, nhưng vẫn phải đảm bảo điều kiện tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây nhỏ hơn tổn thất điện áp cho phép.

5-2-4-1. Đường dây không phân nhánh.

Xét đường dây mạng phân phối không phân nhánh trên hình 5-12. Tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây được chọn khác nhau theo điều kiện khối lượng kim loại màu ít nhất, nhưng vẫn phải thỏa mãn điều kiện tổn thất điện áp $\Delta U_{tt} < \Delta U_{cp}$.

Giống như phân đã trình bày ở trên ta có:
 $\Delta U = \Delta U_r + \Delta U_x = \Delta U_{cp}$

Giá trị của ΔU_x có thể tính được nếu ta chọn trước một giá trị điện kháng

x_0 nằm trong phạm vi $x_0 = 0,36 \div 0,42 \Omega/\text{Km}$, và chúng không thay đổi với các trị số tiết diện khác nhau. Từ đó ta xác định được tổn thất trên điện trở của toàn bộ các đoạn đường dây là:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x$$

Thành phần tổn thất điện áp ΔU_r là tổng tổn thất gây nên bởi công suất tác dụng tải trên các đoạn đường dây 1,2,3. Ta có:

$$\Delta U_r = \Delta U_{r1} + \Delta U_{r2} + \Delta U_{r3}$$

Hay có thể viết:

$$\Delta U_r = \Delta U_{r1} + \Delta U_{r2} + \Delta U_{r3} = \frac{P_1 l_1}{\gamma F_1 U_{dm}} + \frac{P_2 l_2}{\gamma F_2 U_{dm}} + \frac{P_3 l_3}{\gamma F_3 U_{dm}} \quad (5 - 25)$$

Tiết diện $F_1; F_2; F_3$ được xác định theo công thức:

$$F_1 = \frac{P_1 l_1}{\gamma U_{dm} \Delta U_{r1}}$$

$$F_2 = \frac{P_2 l_2}{\gamma U_{dm} \Delta U_{r2}}$$

$$F_3 = \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} \Delta U_{r3}} = \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} (\Delta U_r - \Delta U_{r1} - \Delta U_{r2})}$$

Khối lượng kim loại màu dùng cho toàn bộ đường dây là:

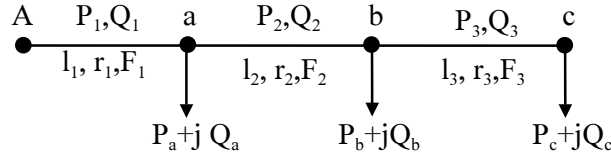
$$V = 3(F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3) = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[\frac{P_1^2 l_1^2}{\Delta U_{r1}} + \frac{P_2^2 l_2^2}{\Delta U_{r2}} + \frac{P_3^2 l_3^2}{(\Delta U_r - \Delta U_{r1} - \Delta U_{r2})} \right]$$

Điều kiện để khối lượng kim loại màu cực tiểu V_{min} là:

$$\frac{\delta V}{\delta \Delta U_{r1}} = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[-\frac{P_1^2 l_1^2}{\Delta U_{r1}^2} + \frac{P_3^2 l_3^2}{(\Delta U_r - \Delta U_{r1} - \Delta U_{r2})^2} \right] = 0$$

$$\frac{\delta V}{\delta \Delta U_{r2}} = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[-\frac{P_2^2 l_2^2}{\Delta U_{r2}^2} + \frac{P_3^2 l_3^2}{(\Delta U_r - \Delta U_{r1} - \Delta U_{r2})^2} \right] = 0$$

Từ hai đẳng thức trên chúng ta rút ra:



Hình 5-12: Đường dây không phân nhánh

$$\frac{P_1 l_1^2}{\Delta U_{r1}^2} = \frac{P_2 l_2^2}{\Delta U_{r2}^2} = \frac{P_3 l_3^2}{\Delta U_{r3}^2} \quad (5 - 26)$$

Biết rằng:

$$\Delta U_{r1} = \frac{P_1 l_1}{\gamma U_{dm} F_1} ; \Delta U_{r2} = \frac{P_2 l_2}{\gamma U_{dm} F_2} ; \Delta U_{r3} = \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} F_3} ;$$

Thay các giá trị ΔU_{r1} , ΔU_{r2} , ΔU_{r3} vào (5 - 26) rút gọn ta có :

$$\frac{F_1^2}{P_1} = \frac{F_2^2}{P_2} = \frac{F_3^2}{P_3} \quad (5 - 27)$$

Từ biểu thức (5-27) có thể viết lại ở dạng tổng quát sau:

$$\frac{\sqrt{P_m}}{F_m} = const$$

Trong đó P_m là công suất truyền tải trên đoạn đường dây tiết diện F_m .

Biểu thức (5 - 27) là điều kiện để chọn tiết diện dây dẫn để có khối lượng kim loại màu nhỏ nhất. Từ điều kiện (5 - 27) cần xác định tiết diện dây ta làm như sau:

Từ biểu thức:

$$\Delta U_r = \Delta U_{r1} + \Delta U_{r2} + \Delta U_{r3} = \frac{P_1 l_1}{\gamma F_1 U_{dm}} + \frac{P_2 l_2}{\gamma F_2 U_{dm}} + \frac{P_3 l_3}{\gamma F_3 U_{dm}}$$

Dựa vào quan hệ của biểu thức (5-27) ta có:

$$F_1 = F_3 \sqrt{\frac{P_1}{P_3}} ; F_2 = F_3 \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} ;$$

Từ đó ta có:

$$\Delta U_r = \frac{P_1 l_1 \sqrt{P_3}}{\gamma U_{dm} F_3 \sqrt{P_1}} + \frac{P_2 l_2 \sqrt{P_3}}{\gamma U_{dm} F_2 \sqrt{P_2}} + \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} F_3}$$

Rút ra:

$$F_3 = \frac{\sqrt{P_3}}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) \quad (5 - 28)$$

$$F_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) \quad (5 - 29)$$

$$F_1 = \frac{\sqrt{P_1}}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) \quad (5 - 30)$$

Công thức tổng quát để xác định tiết diện các đoạn đường dây:

$$F_n = \frac{\sqrt{P_n}}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} \sum_1^m l_m \sqrt{P_m} \quad (5 - 31)$$

Hoặc sau khi xác định được tiết diện đoạn đường dây thứ m (đoạn đường dây cuối cùng). Dựa vào quan hệ của biểu thức (5-27) ta có thể xác định được tiết diện đoạn đường dây thứ n nào đó theo biểu thức sau:

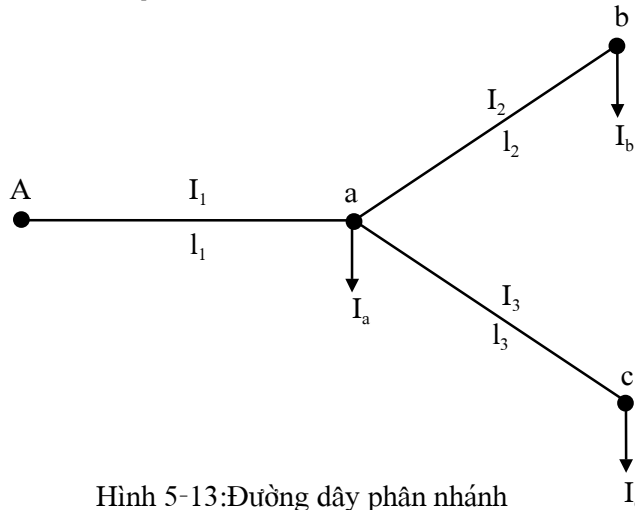
$$F_n = F_m \sqrt{\frac{P_n}{P_m}} \quad (5 - 32)$$

Khi chọn được tiết diện tiêu chuẩn của các đoạn đường dây cần lưu ý: Đoạn đầu đường dây do phải tải công suất lớn nên chọn tiết diện gần nhất so với kết quả tính toán về phía lớn hơn, đoạn cuối đường dây do tải công suất nhỏ nên chọn tiết diện gần nhất so với kết quả tính toán về phía nhỏ hơn.

Từ giá trị tiết diện dây dẫn tính theo (5-31), chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn gần nhất. Sau đó tính lại ΔU theo các thông số của dây dẫn đã chọn và tiến hành kiểm tra lại điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$.

5-2-4-2: Đường dây có phân nhánh.

Xét đường dây mạng phân phối có một nhánh chính và 2 đường nhánh rẽ trên hình 5-13. Giả sử tiết diện dây dẫn của các đoạn đường dây Aa, ab, ac cần được chọn theo điều kiện phí tổn kim loại màu bé nhất là F_1 , F_2 và F_3 . Trị số tổn thất điện áp từ nguồn đến điểm xa nhất của các nhánh rẽ đã biết, đó chính là ΔU_{cp} .



Hình 5-13: Đường dây phân nhánh

Chúng ta chọn trước giá trị x_0 trung bình và tính:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j$$

(chú ý là tính theo con đường nào mà có ΔU_x là lớn nhất.)

Sau khi xác định được ΔU_x ta sẽ tính được:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x$$

Gọi tổn thất điện áp trên điện trở của các đoạn đường dây Aa, ab, ac là ΔU_{r1} , ΔU_{r2} , ΔU_{r3} , từ đó ta có:

$$\Delta U_{r2} = \Delta U_r - \Delta U_{r1}$$

$$\Delta U_{r3} = \Delta U_r - \Delta U_{r1}$$

Hay: $\Delta U_{r2} = \Delta U_{r3} = \Delta U_r - \Delta U_{r1}$

Các tiết diện F_1 ; F_2 ; F_3 được xác định theo công thức (5-16):

$$F_1 = \frac{P_1 l_1}{\gamma U_{dm} \Delta U_{r1}} \quad (5 - 33)$$

$$F_2 = \frac{P_2 l_2}{\gamma U_{dm} \Delta U_{r2}} \quad (5 - 34)$$

$$F_3 = \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} \Delta U_{r3}} \quad (5 - 35)$$

Khối lượng kim loại màu dùng cho đường dây là:

$$V = 3(F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3)$$

hay

$$V = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[\frac{P_1 l_1^2}{\Delta U_{r1}} + \frac{P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2}{(\Delta U_r - \Delta U_{r1})} \right] \quad (5-36)$$

Để có được khối lượng kim loại màu cực tiểu V_{\min} , ta lấy đạo hàm biểu thức (5-36) theo ΔU_{r1} và cho bằng 0, giải ra ta có kết quả:

$$\Delta U_{r1} = \frac{\Delta U_r}{1 + \sqrt{\frac{P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2}{P_1 l_1^2}}} \quad (5 - 37)$$

Thay ΔU_{r1} ở (5 - 37) vào (5 -33) ta xác định được tiết diện F_1 ; chọn tiết diện F_1 tiêu chuẩn và tính ΔU_{r1} theo tiết diện F_1 tiêu chuẩn. Sau đó tính các giá trị $\Delta U_{r2} = \Delta U_{r3} = \Delta U_r - \Delta U_{r1}$.

Thay ΔU_{r2} và ΔU_{r3} vào biểu thức (5 -34); (5 - 35) ta tính được F_2 ; F_3 . Chọn F_2 và F_3 tiêu chuẩn và kiểm tra lại điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$.

Chúng ta cần lưu ý rằng: Nếu các tiết diện F_1, F_2, F_3 tính toán gần sát với tiết diện tiêu chuẩn thì chỉ cần tính toán một lần là đủ. Khi tiết diện đó nằm ở giữa hai tiết diện tiêu chuẩn thì điều kiện để xác định tiết diện dây dẫn theo khối lượng tổn kim loại ít nhất phải tiến hành như sau:

Khi chọn tiết diện F_1 tiêu chuẩn cần phải chọn cả hai giá trị tiết diện lớn hơn và nhỏ hơn trị số tiết diện tính toán. Với hai tiết diện khác nhau đó ta tính được tiết diện F_2, F_3 tương ứng. Chọn tiết diện F_2, F_3 tiêu chuẩn. Sau đó tính ra hai khối lượng kim loại màu khối lượng kim loại màu nào nhỏ hơn thì tiết diện ứng với nó sẽ kinh tế hơn. Tất nhiên chúng phải thỏa mãn điều kiện $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$.

5-2-4-3. Nhận xét ba phương pháp chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép kết hợp với các điều kiện phụ.

- Cả ba phương pháp chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện phân phối vừa trình bày đều dựa trên điều kiện ràng buộc kỹ thuật cho trước về mức độ tổn thất điện áp cho phép.

- Phương pháp toàn bộ đường dây chọn cùng một tiết diện chỉ được thực hiện khi trên đường dây các phụ tải phân bố tương đối gần nhau, mật độ phụ tải tương đối lớn. Ví dụ như mạng điện sinh hoạt, chiếu sáng thành phố, khi đó sẽ thuận lợi cho công tác vận hành và xây lắp lưới điện.

- Phương pháp lựa chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phí tổn kim loại màu ít nhất và phương pháp lựa chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện mật độ dòng điện không đổi thì cần phải có sự so sánh kinh tế - kỹ thuật mới quyết định được. Phương pháp tính toán kinh tế - kỹ thuật được tiến hành như sau:

+ Thành lập và so sánh hàm chi phí tính toán Z của mạng điện theo hai phương pháp chọn dây dẫn khác nhau. Hàm chi phí tính toán được viết như sau:

$$Z = a_{tc}(K_1 + K_2) + Y_{\Sigma}$$

Trong đó:

- Y_{Σ} : Phí tổn vận hành hàng năm của mạng điện bao gồm: Khấu hao vốn đầu tư, phí tổn do tu sửa định kỳ, sự cố, phí tổn phục vụ mạng điện, tổn thất điện năng hàng năm của mạng điện.

- K_1 : Vốn đầu tư xây lắp mạng điện.

- K_2 : Vốn đầu tư lắp đặt thiết bị bù trong mạng điện.

- a_{tc} : Hệ số thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn.

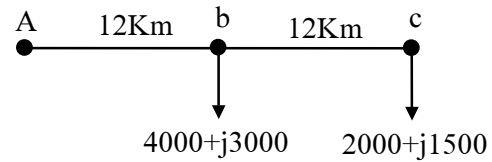
Khi thời gian sử dụng công suất cực đại T_{\max} nhỏ, mật độ phụ tải nhỏ thì những đại lượng để xác định chi phí tính toán Z chủ yếu do tiền khấu hao, sửa chữa, phục vụ mạng điện. Trong trường hợp này chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phí tổn kim loại màu V_{\min} là hợp lý nhất. Ví dụ như những mạng điện cung cấp điện cho nông nghiệp.

Khi thời gian sử dụng công suất cực đại T_{\max} lớn, thì đại lượng có ảnh hưởng lớn đến chi phí tính toán Z , chủ yếu do tiền tổn thất điện năng trong mạng điện. Trong trường hợp này chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện mật độ dòng điện không đổi là hợp lý nhất. Ví dụ như những mạng cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp với mục đích giảm tổn thất điện năng trong mạng điện.

Khi tính chọn tiết diện dây cáp ,ta lấy $x_0 = 0$ vì điện kháng của dây cáp rất nhỏ có thể bỏ qua.Việc tính chọn tiến hành như đã trình bày.

VÍ DỤ 5-7: Hai phụ tải b và c được cấp điện bằng đường dây trên không điện áp định mức 35KV. Đường dây dùng dây nhôm lõi thép, bố trí trên cột theo mặt phẳng nằm ngang, khoảng cách giữa các pha là $D = 3,5m$. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5\%$. Phụ tải tính bằng KVA, chiều dài (Km) ghi trên hình 5-14. Xác định tiết diện dây dẫn của đường dây theo điều kiện phí tổn kim loại màu ít nhất.

GIẢI: Theo yêu cầu các đoạn đường dây của mạng điện sẽ được chọn có tiết diện khác nhau theo điều kiện phí tổn kim loại màu ít nhất.



Hình 5-14

- Tổn thất điện áp cho phép là:

$$\Delta U_{cp} = 5\% U_{dm} = 0,05 \cdot 35KV = 1,75KV = 1750V$$

- Chọn trị số điện kháng $x_0 = 0,4 \Omega/Km$.

- Giá trị ΔU_x được xác định theo công thức:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j = \frac{0,4}{35} (4500 \cdot 12 + 1500 \cdot 12) = 820V$$

- Thành phần tổn thất điện áp trên điện trở là:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x = 1750 - 820 = 930V$$

- Xác định tiết diện dây dẫn đoạn l_2 :

$$F_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma U_{dm} \Delta U_r} (l_1 \cdot \sqrt{P_1} + l_2 \cdot \sqrt{P_2}) = \frac{\sqrt{2000} \cdot 10^3}{31,7 \cdot 35 \cdot 930} (12 \cdot \sqrt{6000} + 12 \cdot \sqrt{2000}) = 64mm^2$$

- Chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn đoạn l_2 (đoạn bc) là: AC-70.

- Xác định tiết diện dây dẫn đoạn l_1 :

$$F_1 = F_2 \cdot \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} = 64 \cdot \sqrt{\frac{6000}{2000}} = 110mm^2$$

- Chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn đoạn l_1 (đoạn Ab) là: AC-120.

- Kiểm tra lại tổn thất điện áp:

Thông số của dây dẫn đã chọn:

Dây AC-70 : $r_0 = 0,46 \Omega/Km$; $x_0 = 0,415 \Omega/Km$.

Dây AC-120 : $r_0 = 0,27 \Omega/Km$; $x_0 = 0,390 \Omega/Km$.

Tổn thất điện áp từ A đến c là:

$$\Delta U = \frac{\sum P \cdot r + \sum Q \cdot x}{U_{dm}}$$

$$= \frac{6000.0,27.12 + 2000.0,46.12}{35} + \frac{4500.0,39.12 + 1500.0,415.12}{35} = 1700V < \Delta U_{cp}$$

Vậy tiết diện dây dẫn được chọn đảm bảo điều kiện $\Delta U < \Delta U_{cp}$.

5-2-5: Chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện kín.

Trong chương 4 chúng ta thấy rằng việc tính toán mạng điện kín tương đối phức tạp. Vì vậy việc chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện kín cũng có nhiều khó khăn như:

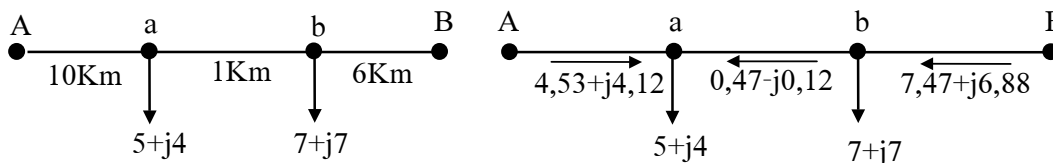
- Khi chưa biết được tiết diện dây dẫn thì ta chưa thể tính được chính xác sự phân bố công suất trên đường dây.
- Ngược lại do chưa biết được tình trạng phân bố công suất trên đường dây nên cũng chưa tính được tiết diện dây dẫn.

Vì vậy trước hết phải sử dụng phương pháp tính gần đúng để xác định trạng thái phân bố công suất trong mạng điện, sau đó mới tính chọn được tiết diện dây dẫn. Sau khi tính được phân bố công suất trong mạng điện ta tính chọn tiết diện dây dẫn theo các phương pháp đã nêu ở phần trên:

- Đối với mạng điện khu vực chọn dây dẫn theo mật độ dòng điện kinh tế.
- Đối với mạng điện phân phối chọn dây dẫn theo tổn thất điện áp cho phép.

Sau khi xác định được tiết diện dây dẫn thì phải tiến hành kiểm tra lại dây dẫn đã chọn theo điều kiện các sự cố nguy hiểm nhất có thể xảy ra trong mạng điện.

VÍ DỤ 5-8: Mạng điện có hai đầu cung cấp điện A và B có điện áp bằng nhau. Cấp điện cho 2 phụ tải, điện áp định mức của mạng 35KV. Công suất phụ tải (MVA), chiều dài (Km) cho trên hình 5-15. Khoảng cách trung bình giữa các pha $D = 3m$. Tổn thất điện áp lúc bình thường là 4%; lúc sự cố là 12%. Xác định tiết diện dây dẫn của đường dây theo điều kiện các dây dẫn chọn cùng một tiết diện. Đường dây sử dụng dây nhôm lõi thép.



Hình 5-15

GIẢI: - Mạng điện phân phối, toàn bộ dây dẫn chọn cùng một tiết diện nên sẽ là mạng điện đồng nhất. Việc xác định phân bố công suất trong mạng được tính theo chiều dài.

Công suất nguồn A cung cấp sẽ là:

$$P_{Aa} = \frac{\sum p_m \cdot l_{mB}}{L_{\Sigma}} = \frac{5 \cdot (1+6) + 7 \cdot 6}{10+1+6} = 4,53 \text{ MW}$$

$$Q_{Aa} = \frac{\sum q_m \cdot l_{mB}}{L_{\Sigma}} = \frac{4 \cdot (1+6) + 7 \cdot 6}{10+1+6} = 4,12 \text{ MVar}$$

Vậy $S_{Aa} = P_{Aa} + jQ_{Aa} = 4,53 + j4,12 \text{ MVA}$.

Công suất nguồn B cung cấp sẽ là:

$$P_{Bb} = \frac{\sum p_m \cdot l_{mA}}{L_{\Sigma}} = \frac{7 \cdot (1+10) + 5 \cdot 10}{10+1+6} = 7,47 \text{ MW}$$

$$Q_{Bb} = \frac{\sum q_m \cdot l_{mA}}{L_{\Sigma}} = \frac{7 \cdot (1+10) + 4 \cdot 6}{10+1+6} = 6,88 \text{ MVar}$$

Vậy $S_{Bb} = P_{Bb} + jQ_{Bb} = 7,47 + j6,88 \text{ MVA}$.

- Công suất trên đoạn ab sẽ là:

$$S_{ba} = (P_{Bb} + jQ_{Bb}) - (P_b + jQ_b) = 0,47 - j0,12 \text{ MVA}$$

Vậy $S_{ba} = P_{ab} + jQ_{ab} = 0,47 - j0,12 \text{ MVA}$.

- Mạng điện có hai điểm phân công suất. Điểm a là điểm phân công suất tác dụng. Điểm b là điểm phân công suất phản kháng.

Chọn $x_0 = 0,4 \Omega/\text{Km}$. Tổn thất điện áp ΔU_x từ A đến a là:

$$\Delta U_x = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{j=1}^m q_j L_j = \frac{0,4 \cdot 4,12 \cdot 10}{35} = 0,47 \text{ KV} = 470 \text{ V}$$

Tổn thất điện áp lúc vận hành bình thường ΔU_{cp} là:

$$\Delta U_{cp} = 0,04 \cdot 35 = 1,4 \text{ KV} = 1400 \text{ V}$$

Tổn thất điện áp ΔU_r từ A đến a là:

$$\Delta U_r = \Delta U_{cp} - \Delta U_x = 1400 - 470 = 930 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn được xác định theo biểu thức:

$$F = \frac{\sum Pl}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_r} = \frac{4,53 \cdot 10}{31,7 \cdot 0,930 \cdot 35} = 44,1 \text{ mm}^2$$

Chọn tiết diện dây tiêu chuẩn AC-50 có các thông số sau::

$$I_{cp} = 220 \text{ A}; r_0 = 0,65 \Omega/\text{Km}; x_0 = 0,432 \Omega/\text{Km}$$

Tổn thất điện áp lúc vận hành bình thường ΔU_{cp} là:

$$\Delta U_{Aa} = \frac{4,53 \cdot 0,65 \cdot 10 + 4,12 \cdot 0,432 \cdot 10}{35} = 1,35 \text{ KV}$$

$$\Delta U_{Aa} \% = \frac{1,35}{35} \cdot 100 = 3,8\% < \Delta U_{cp} \% = 4\%$$

Sự cố nặng nề nhất ứng với trường hợp đứt đoạn đường dây Bb, lúc đó tổn thất điện áp lớn nhất sẽ là:

$$\Delta U_{Aab} = \frac{12.0,65.10 + 11.0,42.10 + 7.0,65.1 + 7.0,432.1}{35} = 3,75KV$$

$$\Delta U_{Aab} \% = \frac{3,75}{35} \cdot 100 = 10,6\% < \Delta U_{cp} \% = 12\%$$

Dòng điện làm việc khi sự cố là:

$$I_{sc} = \frac{\sqrt{(P_a + P_b)^2 + (Q_a + Q_b)^2}}{\sqrt{3.35}} = \frac{\sqrt{(5+7)^2 + (4+7)^2}}{\sqrt{3.35}} = 268A$$

Ta thấy $I_{sc} > I_{cp}$ của dây dẫn AC-50. Do đó ta phải chọn lại dây dẫn có tiết diện tăng thêm một cấp là AC-70. Dây AC-70 có : $I_{cp}=265 A$, do đó ta phải chọn lại dây dẫn có tiết diện tăng thêm một cấp nữa là AC-95 có $I_{cp}=330 A$.

§5-3 CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN THEO ĐIỀU KIỆN PHÁT NÓNG

5-3-1. Khái niệm chung-Nhiệt độ phát nóng cho phép.

Khi có dòng điện chạy trên dây dẫn, dây dẫn bị phát nóng. Nhiệt lượng sinh ra bởi dòng điện có trị số không đổi được xác định theo định luật Jun-Lenx:

$$Q = I^2 \cdot r \cdot t \quad (5-38)$$

Trong đó:

- Q: Nhiệt lượng sinh ra (Ws).
- I: Dòng điện chạy trong dây dẫn (A).
- r: Điện trở của dây dẫn (Ω).
- t: Thời gian dòng điện chạy qua dây dẫn (s).

Một phần nhiệt lượng sinh ra làm tăng nhiệt độ dây dẫn, một phần tỏa ra môi trường xung quanh. Sau một thời gian t đủ lớn nhiệt lượng sinh ra trong dây dẫn cân bằng với nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh. Độ tăng nhiệt độ của dây dẫn θ so với nhiệt độ môi trường xung quanh θ_0 tỷ lệ với nhiệt lượng sinh ra tức là tỷ lệ với bình phương giá trị dòng điện lâu dài chạy qua dây dẫn. Để đảm bảo sự làm việc lâu dài của dây dẫn cần phải xác định giá trị dòng điện mà với giá trị đó nhiệt độ của dây dẫn không được vượt qua chỉ số cho phép. Muốn vậy cần phải biết nhiệt độ phát nóng cho phép của dây dẫn, điều kiện làm mát, nhiệt độ môi trường xung quanh.

Nhiệt độ phát nóng cho phép của dây dẫn trần và thanh dẫn ngoài trời, trong nhà theo tiêu chuẩn là $\theta_{cp} = 70^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ phát nóng cho phép của cáp cách điện bằng cao su theo tiêu chuẩn là $\theta_{cp} = 55^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ phát nóng cho phép làm việc lâu dài của cáp cách điện bằng giấy, giấy tẩm dầu ngoài bọc vỏ chì, nhôm, sắt... phụ thuộc vào điện áp làm việc. Giá trị này được quy định trong các Cataloge, thông thường khi cáp điện áp càng cao thì nhiệt độ cho phép làm việc lâu dài của cáp giảm xuống. Giá trị nhiệt độ cho phép lâu dài của dây dẫn được xác định trên cơ sở đảm bảo trị số điện trở tiếp xúc, độ bền tuổi thọ cách điện. Giá trị dòng điện cho phép được tính ở nhiệt độ tiêu chuẩn tính toán của không khí là 25°C và của đất là 15°C .

5-3-2: Khả năng tải của dây dẫn, thanh dẫn và cáp.

Khả năng tải của dây dẫn được đặc trưng bằng trị số dòng điện cho phép lâu dài xác định theo điều kiện phát nóng ứng với hiệu số nhiệt độ cho phép của dây dẫn θ và nhiệt độ của môi trường θ_0 . Trong quá trình làm việc lâu dài ổn định, nhiệt lượng sản sinh ra trong 1 đơn vị thời gian do dòng điện I chạy trong dây dẫn có điện trở r sẽ bằng nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh. Ta có biểu thức:

$$Q = I^2 \cdot r = k \cdot F \cdot (\theta - \theta_0) \quad (\text{W}) \quad (5-39)$$

Trong đó:

- k : Hệ số tản nhiệt bằng đối lưu và bức xạ, giá trị này bằng nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh từ 1cm^2 mặt ngoài dây dẫn khi hiệu số nhiệt độ dây dẫn với môi trường xung quanh bằng 1°C . ($\text{W}/\text{cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$).
- F : Diện tích mặt ngoài của dây dẫn. (cm^2).
- θ, θ_0 : Nhiệt độ của dây dẫn và nhiệt độ môi trường ($^{\circ}\text{C}$)

Nếu nhiệt độ phát nóng dây dẫn bằng nhiệt độ lâu dài cho phép θ_{cp} và nhiệt độ tính toán của môi trường xung quanh là θ_0 thì từ biểu thức (5-39) giá trị dòng điện cho phép lâu dài của dây dẫn trần đồng nhất được xác định theo biểu thức sau:

$$I_{cp} = \sqrt{\frac{k \cdot F (\theta_{cp} - \theta_0)}{r}} \quad (5-40)$$

Trong đó:

- k : Hệ số tản nhiệt bức xạ và đối lưu
- F : Diện tích mặt ngoài được làm mát của dây dẫn
- θ_{cp} và θ_0 : Nhiệt độ cho phép của dây dẫn và môi trường xung quanh.
- I_{cp} : Dòng điện cho phép.

Đối với dây dẫn trần một sợi có đường kính d , chiều dài l , diện tích làm mát mặt ngoài $F = \pi \cdot d \cdot l$ và điện trở $r = 4 \cdot l / \pi \cdot d^2 \cdot \gamma$ Khi đó công thức (5-40) có dạng :

$$I_{cp} = \sqrt{\frac{k \cdot \pi^2 \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot (\theta_{cp} - \theta_0)}{4}} = \sqrt{k_0 \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot (\theta_{cp} - \theta_0)} \quad (5-41)$$

Trong đó: k_0 là hệ số tỷ lệ

Từ đó chúng ta thấy rằng dòng điện cho phép của dây dẫn trần phụ thuộc vào điện dẫn suất, đường kính dây dẫn. Tuy nhiên nhìn vào công thức ta thấy khi tiết diện dây dẫn tăng lên giá trị dòng điện cho phép tăng chậm hơn, khi đó mật độ dòng điện sẽ giảm xuống. Điều đó được giải thích như sau: Tiết diện dây dẫn tăng tỷ lệ với bình phương đường kính, diện tích bề mặt làm mát tăng tỷ lệ bậc nhất với đường kính. Có thể thành lập các công thức tương tự để xác định dòng điện cho phép của dây bọc và dây cáp.

Trong tính toán mạng điện thực tế, thường sử dụng những bảng cho sẵn trị số dòng điện cho phép của dây dẫn, thanh dẫn, cáp với những vật liệu khác nhau, trong các điều kiện làm việc khác nhau với nhiệt độ cho phép lâu dài θ_{cp} của dây dẫn và nhiệt độ tính toán θ_0 của môi trường xung quanh. Khi đó việc kiểm tra điều kiện phát nóng của dây dẫn, cáp được cho cần thỏa mãn điều kiện:

$$I_{cp} \geq I_{max} \quad (5-42)$$

Trong đó:

- I_{max} : Dòng điện làm việc lớn nhất trên đường dây.
- I_{cp} : Dòng điện cho phép làm việc lâu dài theo điều kiện phát nóng của dây dẫn.

Khi nhiệt độ môi trường khác nhiệt độ tiêu chuẩn thì giá trị dòng điện cho phép của dây dẫn cần được hiệu chỉnh lại theo các hệ số cho ở các bảng tra. Khi đó:

$$I'_{cp} = I_{cp} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (5-43)$$

Ở đây :

- I_{cp} : Dòng điện cho phép của dây dẫn trong bảng.
- K_1 : Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ môi trường.
- K_2 : Hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc số mạch làm việc song song.

Để nhiệt độ dây dẫn không vượt quá trị số cho phép phải đảm bảo điều kiện:

$$I'_{cp} \geq I_{max}$$

Hay

$$I_{cp} \cdot K_1 \cdot K_2 \geq I_{max} \quad (5 - 44)$$

Từ (5 - 44) ta có:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{max}}{K_1 \cdot K_2} \quad (5 - 45)$$

Khi chỉ có 1 đường dây và nhiệt độ bằng nhiệt độ tiêu chuẩn thì $K_1 = K_2 = 1$, biểu thức (5-45) trở về biểu thức (5-42). Dựa vào giá trị dòng điện tính theo (5 - 42), (5 - 45) tra bảng chọn tiết diện tiêu chuẩn theo I_{cp} lớn hơn gần nhất

VÍ DỤ 5-9: Hai đường cáp nhôm 3 pha, vỏ chì, điện áp định mức 6KV đặt trong đất. Khoảng cách giữa các đường cáp bằng 200mm. Nhiệt độ của đất là $+20^{\circ}\text{C}$. Dòng điện làm việc của hai đường dây bằng 250A. Xác định tiết diện cáp theo điều kiện phát nóng.

GIẢI: Hai đường cáp làm việc song song đặt trong đất có nhiệt độ $+20^{\circ}\text{C}$ nên ta có biểu thức tính toán như sau:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{max}}{2 \cdot K_1 \cdot K_2}$$

Trong đó :

- $I_{max} = 250\text{A}$.

- K_1 : Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ tra PL1- . Đối với cáp nhôm, điện áp 6KV, đặt trong đất. Nhiệt độ đất $+20^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ cho phép của cáp bằng $+60^{\circ}\text{C}$. Ta có $K_1 = 0,95$

- K_2 : Hệ số hiệu chỉnh khi có một số cáp làm việc đặt song song, tra bảng B- . Đối với 2 mạch cáp nhôm đặt song song. Ta có $K_2 = 0,92$.

Thay vào biểu thức trên ta có:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{max}}{2 \cdot K_1 \cdot K_2} = \frac{250}{2 \cdot 0,95 \cdot 0,92} = 143\text{A}$$

Tra bảng PL1- Giá trị dòng điện cho phép lớn hơn gần với dòng điện 143A là $I_{cp} = 155\text{A}$ của cáp nhôm 3 pha tiết diện 50mm^2 . Do đó ta chọn hai dây cáp nhôm $3 \times 50\text{mm}^2$.

VÍ DỤ 5-10: Có hai phụ tải điện a và b, công suất mỗi phụ tải là 3000KW, hệ số công suất $\cos\phi = 0,85$, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{max} = 4000\text{h}$. Được cấp điện từ nguồn A điện áp 10KV. Phụ tải a được cung cấp bởi hai đường dây cáp, phụ tải b được cung cấp bởi một đường dây cáp. Ba đường cáp được đặt chung trong đất trong cùng một rãnh. Khoảng

cách giữa các đường cáp bằng 200mm. Cho biết nhiệt độ của đất là $+10^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ không khí trong ống là $+20^{\circ}\text{C}$.

Hãy xác định tiết diện cáp của các đường dây cung cấp cho các phụ tải a và b theo mật độ dòng điện kinh tế và kiểm tra tiết diện dây dẫn đã chọn theo điều kiện phát nóng.

GIẢI:

- Dòng điện phụ tải của đường cáp cung cấp cho phụ tải b là:

$$I_{lv} = I_{\max} = \frac{P_b}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 10,0,85} = 204 \text{ A}$$

Đối với cáp nhôm, $T_{\max} = 4000\text{h}$ tra bảng ta có $j_{kt} = 1,4 \text{ A/mm}^2$

Tiết diện kinh tế của dây cáp cung cấp điện cho phụ tải b là:

$$F_{kt} = \frac{I_{lv}}{j_{kt}} = \frac{204}{1,4} = 146 \text{ mm}^2$$

Theo tiêu chuẩn chọn cáp nhôm tiết diện 150 mm^2 .

Tiến hành kiểm tra lại điều kiện phát nóng của dây dẫn vừa chọn. Khi cáp đặt trong đất, cáp nhôm có tiết diện lõi 150 mm^2 có dòng điện phụ tải cho phép là $I_{cp} = 275 \text{ A}$. Khi hiệu chỉnh theo các điều kiện nhiệt độ và số mạch làm việc song song ta có:

$$I'_{cp} = I_{cp} \cdot K_1 \cdot K_2 = 275 \cdot 1,06 \cdot 0,92 = 265 \text{ A} > I_{lv} = 204 \text{ A}$$

- Dòng điện phụ tải của đường cáp cung cấp cho phụ tải a là:

$$I_{lv} = \frac{I_{\max}}{2} = \frac{P_b}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{3000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,0,85} = 102 \text{ A}$$

Đối với cáp nhôm, $T_{\max} = 4000\text{h}$ tra bảng ta có $j_{kt} = 1,4 \text{ A/mm}^2$

Tiết diện kinh tế của dây cáp cung cấp điện cho phụ tải a là:

$$F_{kt} = \frac{I_{lv}}{j_{kt}} = \frac{102}{1,4} = 73 \text{ mm}^2$$

Theo tiêu chuẩn chọn cáp nhôm tiết diện 70 mm^2 .

Tiến hành kiểm tra lại điều kiện phát nóng của dây dẫn vừa chọn trong chế độ sự cố dòng điện là 204 A . Khi cáp đặt trong đất, cáp nhôm có tiết diện lõi 70 mm^2 có dòng điện phụ tải cho phép là $I_{cp} = 145 \text{ A}$. Khi hiệu chỉnh theo các điều kiện nhiệt độ và số mạch làm việc song song và khả năng quá tải của cáp khi sự cố ($K_{qt} = 1,3$) ta có:

$$I'_{cp} = I_{cp} \cdot K_{qt} \cdot K_1 \cdot K_2 = 145 \cdot 1,3 \cdot 1,06 \cdot 0,92 = 209 \text{ A} > I_{scv} = 204 \text{ A}$$

§5-4 CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN TRONG MẠNG ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN 1000V KẾT HỢP VỚI CÁC THIẾT BỊ BẢO VỆ

Để bảo vệ mạng điện $U < 1000V$ trong những trạng thái không bình thường của dòng điện, thiết bị bảo vệ bố trí trong mạng chủ yếu là cầu chì và Aptomat. Cầu chì và Aptomat được chọn cần phải đảm bảo các điều kiện sau:

a/Sự làm việc an toàn của mạng điện khi có dòng điện làm việc cực đại I_{\max} chạy qua, cũng như khi có dòng điện quá tải ngắn hạn cực đại I_{qt} gây nên bởi các quá trình công nghệ bình thường của các phụ tải.

b/Cắt dòng điện ngắn mạch, dòng điện quá tải lâu dài không cho phép, đồng thời phải cắt nhanh khi có dòng điện không bình thường vượt quá dòng điện cho phép.

c/Cần phải cắt dòng điện ngắn mạch một cách chọn lọc, tức là chỉ cắt phần mạng bị sự cố.

Thời gian làm việc của thiết bị bảo vệ được xác định theo đặc tính bảo vệ của chúng. Đường đặc tính đó là quan hệ giữa thời gian cắt và bội số dòng điện quá tải hoặc là tỷ số dòng điện ngắn mạch với dòng điện định mức. Đường đặc tính của thiết bị bảo vệ được cho sẵn trong các Catalog.

5-4-1. Chọn tiết diện dây dẫn trong mạng bảo vệ bằng cầu chì

5-4-1-1: Chọn cầu chì.

Cầu chì được chọn theo các điều kiện sau:

- Ở chế độ bình thường để dây chảy không chảy:

$$I_c \geq I \quad (5-46)$$

Trong đó :

- I_c : Dòng điện định mức của dây chảy.
- I : Dòng làm việc bình thường.

Khi trong mạch có các động cơ điện thì điều kiện là.

$$I_c \geq \frac{I_{kd}}{\alpha} \quad (5-47)$$

Trong đó :

- α : Hệ số phụ thuộc điều kiện khởi động của động cơ.
 - $\alpha = 2,5$ Khởi động nhẹ
 - $\alpha = 1,6 \div 2$ Khởi động nặng.
- I_{kd} : Dòng điện khởi động của các động cơ.
- $I_{kd} = (1,5 \div 7) I_{dm}$ của động cơ.

Khi đặt cầu chảy ở trong mạng có nhiều phụ tải điều kiện chọn dây chảy là:

$$I_c \geq m \sum_1^n I_i \quad (5 - 48)$$

$$I_c \geq \frac{I_{kdl}}{2,5} + m \sum_1^{n-1} I_i$$

Trong đó:

- I_i : Dòng làm việc của phụ tải thứ i
- I_{kdl} : Dòng khởi động lớn nhất của 1 động cơ.
- m : Hệ số đồng thời $m \leq 1$

Để đảm bảo tính chọn lọc của cầu chì. Dây chảy ở những đoạn đầu chọn lớn hơn dây chảy đường dây phân nhánh từ $1 \div 2$ cấp.

- Khi có ngắn mạch dây chảy phải tác động đủ nhanh nên cần đảm bảo điều kiện:

$$I_n \geq 3I_c \quad (5 - 49)$$

- Đối với mạng sinh hoạt và chiếu sáng để bảo vệ quá tải và ngắn mạch điều kiện chọn dây chảy là:

$$I_c \leq 0,8.I_{cp} \quad (5 - 50)$$

I_{cp} : Dòng điện cho phép của đường dây.

5-4-1-2. Chọn dây dẫn

a) Khi bảo vệ mạng bằng cầu chì, tiết diện dây dẫn và cáp cần được chọn theo điều kiện phát nóng và phối hợp với I_{dm} của dây chảy nghĩa là:

$$\left. \begin{array}{l} I_{cp} \geq I_c \\ I_{cp} \geq \frac{I_c}{\alpha} \end{array} \right\} \quad (5 - 51)$$

α : Là hệ số phụ thuộc vào điều kiện đặt dây dẫn và loại mạng điện.

Mạng điện công nghiệp, động lực trong nhà $\alpha = 3$

Mạng sinh hoạt, chiếu sáng trong nhà $\alpha = 0,8$

5-4-2. Chọn tiết diện dây dẫn trong mạng bảo vệ bằng Aptomat.

5-4-2-1. Chọn Aptomat.

Aptomat được dùng để bảo vệ các đường dây cung cấp cho các phụ tải 3 pha như các động cơ điện 3 pha khỏi bị ngắn mạch và quá tải, tránh được hiện tượng mất pha do bảo vệ bằng cầu chảy. Aptomat được trang bị các bộ bảo vệ nhiệt, bảo vệ điện từ hay kết hợp cả hai loại bảo vệ trên, sẽ tự động cắt mạch điện khi bị quá tải hay ngắn mạch.

Khi mạng được bảo vệ bằng Aptomat có bộ phận bảo vệ nhiệt thì dòng điện khởi động của Aptomat được xác định theo điều kiện:

$$I_{kdn} \geq I_{max} \quad (5 - 52)$$

Trong đó:

- I_{kdn} : Dòng khởi động nhiệt của Aptomat.
- I_{max} : Dòng điện làm việc cực đại của đường dây.

Khi mạng được bảo vệ bằng Aptomat có bộ phận bảo vệ từ thì dòng điện khởi động của Aptomat được chọn theo điều kiện (5-52) và kiểm tra lại theo điều kiện:

$$I_{kdd} \geq 1,25I_{qt} \quad (5 - 53)$$

Trong đó:

- I_{kdd} : Dòng điện khởi động điện từ của Aptomat.
- I_{qt} : Dòng quá tải cực đại của đường dây.
- 1,25 là hệ số dự trữ tính đến sự không chính xác khi điều chỉnh khe hở bảo vệ điện từ của Aptomat.

5-4-2-2: Chọn dây dẫn.

Tiết diện dây dẫn và cáp khi bảo vệ bằng Aptomat được chọn theo điều kiện phát nóng và kiểm tra lại theo điều kiện sau:

- Khi sử dụng Aptomat có bộ bảo vệ nhiệt:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{kdn}}{1,5} \quad (5 - 54)$$

- Khi sử dụng Aptomat có bộ bảo vệ điện từ:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{kdd}}{4,5} \quad (5 - 55)$$

- Đối với mạng điện cung cấp cho phụ tải chiếu sáng, sinh hoạt tiết diện dây dẫn cũng được chọn như trường hợp bảo vệ bằng cầu chì, điều kiện kiểm tra cần phải thỏa mãn:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{kdn}}{0,8} \quad (5 - 56)$$

VÍ DỤ 5-11: Mạng điện điện áp 380/220V như hình 5-16 được cấp điện từ TBA phân xưởng B. Đoạn đường dây l_1 dùng cáp nhôm 4 lõi đặt trong rãnh dọc theo tường phân xưởng. Nhiệt độ không khí trong phân xưởng là 25°C. Tại tủ phân phối PP có đặt hai động cơ loại Đ-1 và 2 động cơ loại Đ-2. Đường dây l_2 cấp điện cho hai động cơ Đ-1 và Đ-2 dùng dây bọc cách điện ruột nhôm đặt trong ống thép. Đoạn đường dây l_3 cấp điện

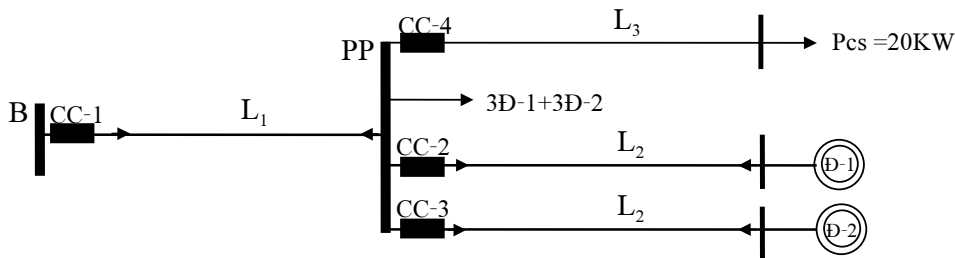
cho phụ tải chiếu sáng có công suất $P_{cs} = 20KW$, hệ số công suất $\cos\phi = 1$, dùng dây bọc đặt trên sứ cách điện gắn trên tường.

Số liệu kỹ thuật của động cơ Đ-1, Đ-2 cho ở bảng sau. Khi tính phụ tải của đoạn đường dây 1 chọn hệ số đồng thời $k_{dt} = 0,8$.

Xác định dòng điện định mức của các dây chảy, Tiết diện dây dẫn và cáp các đoạn của mạng điện theo điều kiện phát nóng cho phép.

Bảng số liệu kỹ thuật của các động cơ điện:

Động cơ	P_{dm} (KW)	$\cos\phi$	Hiệu suất (%)	I_{dm} (A)	Hệ số tải	I_{lv} (A)	Bội số I_{kd}	I_{kd} (A)
Đ-1	14	0,83	87	29,4	0,9	26,5	6,5	192
Đ-2	20	0.86	86	41,4	1	41,4	2	82,8



Hình 5-16

- Đường dây L_1 :Cáp nhôm,võ nhôm đặt trong rãnh dọc tường phân xưởng.
- Đường dây L_2 :Dây bọc ruột nhôm đặt trong ống.
- Đường dây L_3 :Dây bọc ruột nhôm đặt hở trên sứ.

GIẢI:

- Tính toán đường dây L_2 nối đến động cơ Đ-1:

Dòng điện định mức của dây chảy CC-2 theo điều kiện (5-46)

$$I_{dc} \geq I_{max} = 26,5A$$

Theo điều kiện (5-47)

$$I_{dc} \geq \frac{I_{kd}}{2,5} = \frac{192}{2,5} = 76,8A$$

Theo PL3- chọn dây chảy có $I_{dm} = 80A$.

Chọn dây dẫn bọc của đường dây khi 3 dây dẫn một lõi đặt trong ống theo điều kiện sau:

$$I_{cp} \geq I_{\max} = 26,5A$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{3} = \frac{80}{3} = 26,7A$$

Chọn dây dẫn có tiết diện $F = 4\text{mm}^2$, dòng điện cho phép $I_{cp} = 28A$.

- Tính toán đường dây L_2 nối đến động cơ Đ-2:

Dòng điện định mức của dây chảy CC-3 theo điều kiện (5-46)

$$I_{dc} \geq I_{\max} = 41,4A$$

Theo điều kiện (5-47)

$$I_{dc} \geq \frac{I_{qt}}{2,5} = \frac{82,8}{2,5} = 33,1A$$

Theo PL3- chọn dây chảy có $I_{dm} = 60A$.

Chọn dây dẫn bọc của đường dây khi 3 dây dẫn một lõi đặt trong ống theo điều kiện sau:

$$I_{cp} \geq I_{\max} = 41,4A$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{3} = \frac{60}{3} = 20A$$

Chọn dây dẫn có tiết diện $F = 10\text{mm}^2$, dòng điện cho phép $I_{cp} = 47A$.

- Tính toán đường dây L_3 cung cấp cho phụ tải chiếu sáng:

Dòng điện làm việc bình thường của đường dây là:

$$I_{lv} = I_{\max} = \frac{P_{cs}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,4A$$

Dòng điện định mức của dây chảy CC-4 theo điều kiện (5-46)

$$I_{dc} \geq I_{\max} = 30,4A$$

Theo PL3- chọn dây chảy có $I_{dm} = 35A$.

Chọn dây dẫn bọc của đường dây đặt hở theo điều kiện sau:

$$I_{cp} \geq I_{\max} = 30,4A$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{3} = \frac{35}{3} = 11,7A$$

Chọn dây dẫn có tiết diện $F = 4\text{mm}^2$, dòng điện cho phép $I_{cp} = 32A$.

- Tính toán đường dây L_1 từ nguồn B đến tủ phân phối PP:

Dòng điện làm việc bình thường của đường dây là:

$$I_{lv} = I_{\max} = k_{dt} \cdot \sum_1^{n-1} k_t \cdot I_{dm} = 0,8 \cdot (4,26,5 + 4,41,4 + 30,4) = 242A$$

Dòng điện quá tải cực đại ngắn hạn của đường dây là:

$$I_{lv} = I_{\max} = k_{dt} \cdot \sum_1^{n-1} k_t \cdot I_{dm} + k_{kdD-1} = 0,8(3,26,5 + 4,41,4 + 30,4) + 192 = 412A$$

Dòng điện định mức của dây chảy CC-1 theo điều kiện (5-46)

$$I_{dc} \geq I_{\max} = 242 A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{qt}}{2,5} = \frac{412}{2,5} = 165 A$$

Theo PL3- chọn dây chảy có $I_{dm} = 260 A$.

Chọn dây cáp nhôm 4 lõi đặt trong rãnh cáp khi nhiệt độ không khí là $25^{\circ}C$ theo điều kiện sau:

$$I_{cp} \geq I_{\max} = 242 A$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{3} = \frac{260}{3} = 87 A$$

Chọn cáp nhôm 4 lõi có tiết diện $F = 185 \text{mm}^2$, dòng điện cho phép $I_{cp} = 280 A$.

§5-5 CHỌN MÁY BIẾN ÁP

Các máy biến áp trong hệ thống điện có thể phân làm hai loại: máy biến áp có thể làm việc theo chế độ tăng áp và làm việc theo chế độ giảm áp. Ở đây, chỉ nghiên cứu sơ bộ việc chọn máy biến áp giảm áp.

Số lượng máy biến áp đặt tại một trạm nào đó, căn cứ vào yêu cầu đảm bảo cung cấp điện của hộ tiêu thụ :

- Với hộ loại I : Yêu cầu tối thiểu phải đặt hai máy biến áp;
- Với hộ loại II: Số lượng máy biến áp là bao nhiêu : một hoặc hai phải thông qua bài toán kinh tế - kỹ thuật mới quyết định được;
- Với hộ loại III: Do yêu cầu đảm bảo cung cấp điện không cao, cho phép mất điện trong khoảng thời gian nhất định nên chỉ đặt một máy biến áp là đủ.

Về công suất của máy biến áp được chọn phải đảm bảo sao cho trạm biến áp có thể đáp ứng được phụ tải lớn nhất, nghĩa là :

- Đối với trạm chỉ có một máy thì :

$$S_{Bdm} \geq S_{\max} \quad (5.57)$$

- Đối với trạm có n máy thì :

$$S_{Bdm} \geq \frac{S_{\max}}{n} \quad (5-58)$$

Trong đó : S_{Bdm} - Công suất định mức của một máy biến áp.

Công suất định mức của máy biến áp là công suất đảm bảo cho máy làm việc liên tục trong khoảng 20 năm trong điều kiện điện áp định mức và nhiệt độ môi trường định mức. Vì vậy, khi nhiệt độ của môi trường xung

quanh máy là θ khác với nhiệt độ định mức là θ_0 thì phải hiệu chỉnh công suất của máy theo công suất sau đây để đảm bảo tuổi thọ (20 năm) của nó :

$$S'_{dm} = S_{Bdm} \left(1 - \frac{\theta - \theta_0}{100} \right) \quad (5-59)$$

Như đã biết, phụ tải là một hàm biến thiên theo thời gian, tức là không phải lúc nào máy biến áp cũng mang tải S_{max} , vì thế máy biến áp còn có dự trữ cách điện, điều đó sẽ cho phép xét đến khả năng quá tải mà không làm giảm tuổi thọ của máy. Quá tải máy biến áp phân làm hai loại: Quá tải bình thường và quá tải sự cố.

Quá tải bình thường của máy biến áp được xác định căn cứ vào hai qui tắc sau :

- Qui tắc 3%: Khi hệ số điền kín của đồ thị phụ tải hàng ngày giảm 10% so với 100% thì cho phép máy biến áp quá tải 3% về dòng điện.

Máy biến áp có thể tải công suất lớn hơn công suất định mức của nó tùy thuộc vào hệ số điền kín phụ tải ngày đêm xác định theo biểu thức:

$$k_t = 1 + (1 - k_{dk}) \cdot 0,3 \quad (5-60)$$

Trong đó :

- k_t : Hệ số mang tải cho phép của MBA theo qui tắc 3%; $k_t \geq 1$.
- k_{dk} : Hệ số điền kín phụ tải và được tính theo công thức :

$$k_{dk} = \frac{S_{tb}}{S_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot t_i}{24 \cdot S_{max}} \quad (5-61)$$

$$(1 - 90\%) \cdot 0,3 = 3\% .$$

- Qui tắc 1% : Vào mùa hè máy biến áp non tải bao nhiêu phần trăm thì vào mùa đông máy biến áp được phép quá tải bấy nhiêu phần trăm, nhưng không được vượt quá 15%.

Có thể áp dụng đồng thời cả 2 qui tắc trên để xác định khả năng quá tải bình thường của máy biến áp, nhưng tổng công suất quá tải không được vượt quá 30%.

Mặc dù đã xét đến khả năng quá tải bình thường, máy biến áp vẫn còn dự trữ cách điện, và vì vậy có thể sử dụng chúng để xét quá tải sự cố. Trong chế độ sự cố, các máy biến áp dầu làm mát bằng không khí được phép quá tải 40% trong 5 ngày đêm, mỗi ngày không quá 6 giờ. Với điều kiện hệ số điền kín phụ tải $K_{dk} \leq 0,75$.

$$k_{dk} = \frac{S_{tb}}{1,4 \cdot S_{dm}} \leq 0,75 \quad (5-62)$$

Ngoài ra, khi xảy ra sự cố, không phụ thuộc vào hệ số mang tải trước đó và nhiệt độ của môi trường xung quanh, máy biến áp còn được phép quá tải theo bảng sau:

Quá tải(%)	30	60	75	100	200
Thời gian quá tải(phút)	120	45	20	10	1,5

Vậy, với những trạm biến áp có n máy thì khi sự cố một máy, những máy còn lại làm việc với khả năng quá tải sự cố 40% phải truyền tải đủ công suất yêu cầu cho những phụ tải quan trọng không cho phép ngừng cấp điện là S_{sc} , đó là những hộ loại I.

Muốn vậy, công suất của máy biến áp cần được chọn phải thỏa mãn điều kiện :

$$S_{Bdm} \geq \frac{S_{sc}}{1,4.(n-1)} \quad (5-63)$$

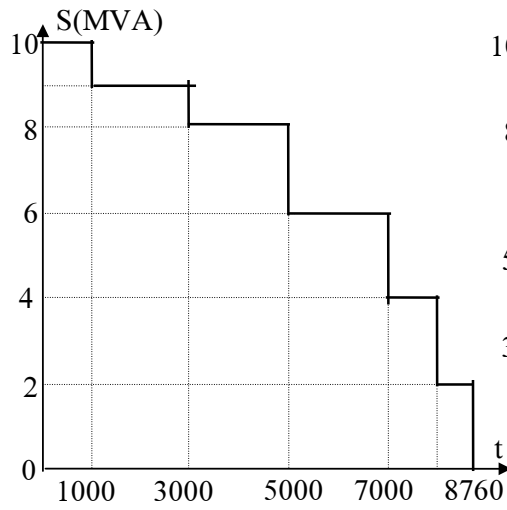
Trong nhiều trường hợp, do có xét đến quá tải bình thường và sự cố mà có thể chọn được máy biến áp có thang công suất nhỏ hơn một cấp. Nhưng cần lưu ý rằng điều vừa nêu này không phải là lúc nào cũng có lợi. Để có lời giải hợp lý đúng, còn phải tiến hành tính toán kinh tế - kỹ thuật so sánh 2 phương án.

VÍ DỤ 5-12: Chọn máy biến áp có điện áp 110/10KV cấp điện cho phụ tải loại III, đồ thị phụ tải năm và ngày đêm như hình 5-17. Cho biết máy biến áp do Liên Xô chế tạo và trạm biến áp nằm ở khu vực có nhiệt độ trung bình hàng năm là $\theta = +24^{\circ}\text{C}$

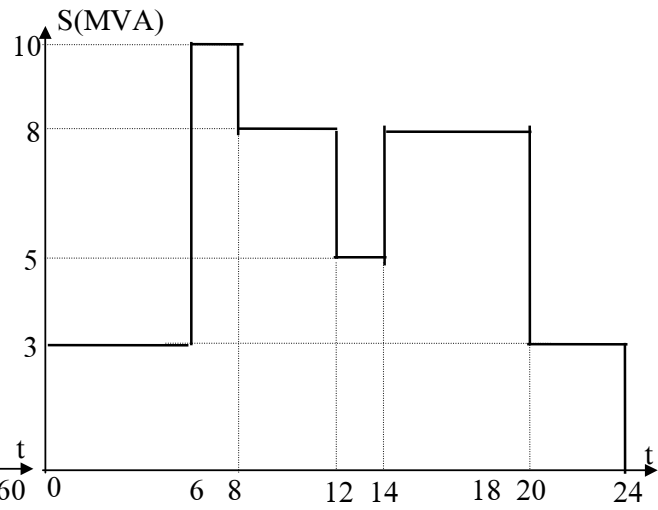
GIẢI: Máy biến áp do Liên Xô chế tạo ở môi trường có nhiệt độ định mức là $\theta_0 = +5^{\circ}\text{C}$. Khi làm việc ở môi trường có nhiệt độ trung bình hàng năm là $\theta = +24^{\circ}\text{C}$ thì phải hiệu chỉnh công suất của máy theo nhiệt độ. Trạm biến áp ở đây chỉ cấp điện cho hộ phụ tải loại III, nên chỉ cần đặt 1 máy.

Theo điều kiện (5-59), công suất của máy biến áp cần chọn là:

$$S'_{dm} = S_{Bdm} \left(1 - \frac{\theta - \theta_0}{100}\right) = S_{Bdm} \left(1 - \frac{24 - 5}{100}\right) = 0,81 S_{Bdm} \geq S_{pt\max} = 10000 \text{KVA}$$



Hình 5-17a: Đồ thị phụ tải năm



Hình 5-17b: Đồ thị phụ tải

$$\text{Nghĩa là : } S_{\text{Bổm}} > \frac{100000}{0,8} = 12350 \text{KVA}$$

Nếu không xét đến quá tải, cần chọn máy biến áp có công suất 16000KVA. Nếu xét đến quá tải bình thường, cần phải xác định hệ số điều chỉnh phụ tải theo đồ thị ngày đêm (hình 5-17b) :

$$k_{dk} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i t_i}{24 S_{\text{max}}} = \frac{10 \cdot 2 + 8 \cdot 10 + 5 \cdot 2 + 3 \cdot 10}{24 \cdot 10} = 0,58$$

Hệ số mang tải cho phép theo qui tắc 3% là :

$$k_t = 1 + (1 - 0,58) \cdot 0,3 = 1,13$$

Mặt khác, từ đồ thị phụ tải hằng năm (hình 5-17a), ta thấy sự chênh lệch phụ tải giữa các mùa khá lớn, nên cho phép quá tải theo qui tắc 1% tới 15%. Khi đó, máy biến áp được phép vận hành với hệ số mang tải :

$$k_t = 1,13 + 0,15 = 1,28$$

Khi xét đến quá tải bình thường, công suất của máy biến áp được xác định như sau :

$$k_t \cdot S'_{\text{Bdm}} = 1,28 \cdot S'_{\text{Bdm}} \geq S_{\text{max}}$$

Nghĩa là :

$$S_{\text{Bdm}} \geq \frac{S_{\text{max}}}{0,81 \cdot k_t} = \frac{10000}{1,28 \cdot 0,81} = 9650 \text{KVA}.$$

Như vậy, có thể chọn máy biến áp có công suất 10 000KVA.

Bây giờ phải tính toán kinh tế - kỹ thuật để so sánh 2 phương án chọn máy biến áp 16 000 hay 10 000KVA.

Máy biến áp 16000 KVA có $\Delta P_0 = 24$ KW, $\Delta P_N = 85$ KW. Dựa vào đồ thị phụ tải năm, xác định tổn thất điện năng trong 1 năm vận hành của máy biến áp là:

$$\Delta A_{16} = 24.8760 + 85 \cdot \left\{ \left(\frac{10}{0,81.16} \right)^2 \cdot 1000 + \left(\frac{9}{0,81.16} \right)^2 \cdot 2000 + \left(\frac{8}{0,81.16} \right)^2 \cdot 2000 + \left(\frac{6}{0,81.16} \right)^2 \cdot 2000 + \left(\frac{4}{0,81.16} \right)^2 \cdot 1000 + \left(\frac{2}{0,81.16} \right)^2 \cdot 760 \right\} = 442.10^3 \text{ KWh.}$$

Máy biến áp 10000 KVA có $\Delta P_0 = 15,5$ KW, $\Delta P_N = 60$ KW. Cũng dựa vào đồ thị phụ tải năm, ta tính được ΔA_{10} trong năm là :

$$\Delta A_{10} = 15,5.8760 + 60 \cdot \left\{ \left(\frac{10}{0,81.10} \right)^2 \cdot 1000 + \left(\frac{9}{0,81.10} \right)^2 \cdot 2000 + \left(\frac{8}{0,81.10} \right)^2 \cdot 2000 + \left(\frac{6}{0,81.10} \right)^2 \cdot 2000 + \left(\frac{4}{0,81.10} \right)^2 \cdot 1000 + \left(\frac{2}{0,81.10} \right)^2 \cdot 760 \right\} = 527.10^3 \text{ KWh.}$$

Giá tiền máy biến áp 16000KVA là $K_{16} = 350.10^3$ đ, máy biến áp 10000KVA là $K_{10} = 280.10^3$ đ; $a_{vh} = 0,1$; $a_{tc} = 0,125$; $c_0 = 0,1$ đ/KWh, thì chi phí tính toán của 2 phương án như sau :

$$Z_{16} = (0,1 + 0,125) \cdot 350.10^3 + 0,1 \cdot 442.10^3 = 123.10^3 \text{ đ}$$

$$Z_{10} = (0,1 + 0,125) \cdot 280.10^3 + 0,1 \cdot 527.10^3 = 115,7.10^3 \text{ đ}$$

Kết quả tính toán cho thấy rằng, nên chọn máy biến áp có công suất 10000KVA là có lợi hơn.

VÍ DỤ 5-13: Có một nhà máy cơ khí có phụ tải tính toán là 1700KVA, trong đó có 60% là phụ tải loại I. Hãy chọn số lượng và công suất của máy biến áp đặt tại trạm biến áp của nhà máy này, điện áp 10/0,4KV.

GIẢI: Ta thấy rằng ở nhà máy cơ khí này là một phụ tải quan trọng, vì có tới 60% công suất là phụ tải loại I. Vậy, trạm biến áp của nó phải đặt 2 máy. Dự định sẽ chọn máy biến áp do Việt Nam sản xuất nên không cần hiệu chỉnh công suất của máy theo nhiệt độ.

Trong điều kiện làm việc bình thường, máy biến áp cần chọn phải có công suất thỏa mãn điều kiện (5-58), tức là :

$$S_{Bdm} \geq \frac{S_{\max}}{n} = \frac{1700}{2} = 850 \text{ KVA.}$$

Khi một máy biến áp bị sự cố thì máy còn lại phải truyền tải một lượng công suất :

$$S_{sc} = 60\% \cdot 1700 = 1020 \text{KVA.}$$

Tức là công suất của nó phải thỏa mãn điều kiện (5-63):

$$S_{Bdm} = \frac{S_{sc}}{1,4 \cdot (n-1)} = \frac{1020}{1,4 \cdot (2-1)} = 730 \text{KVA}$$

Theo thang công suất tiêu chuẩn của các máy biến áp, có thể chọn 2 máy có công suất 750KVA mỗi máy hoặc có thể chọn 2 máy có công suất 1000KVA mỗi máy.

Như vậy, có 2 phương án chọn máy biến áp cho trạm biến áp của nhà máy. Muốn quyết định chọn phương án nào phải qua bài toán so sánh kinh tế - kỹ thuật. Nhưng ở đây thiếu đồ thị phụ tải nên không xét được quá tải bình thường của các máy biến áp và do đó chưa thể có phương án hợp lý cuối cùng. Tuy vậy ở bước sơ bộ, có thể chấp nhận phương án chọn 2 máy biến áp có công suất 1000 KVA mỗi máy.

CHƯƠNG 6

ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG MẠNG ĐIỆN

§6-1 KHÁI NIỆM

Để bảo đảm độ lệch điện áp tại các thiết bị dùng điện nằm trong một giới hạn cho phép, người ta phải thực hiện các biện pháp điều chỉnh điện áp. Độ lệch điện áp sinh ra ở các thiết bị dùng điện là do bởi 2 nguyên nhân chính: Nguyên nhân phát sinh ở bản thân các hộ dùng điện và nguyên nhân phát sinh do sự biến đổi về tình trạng vận hành của HTĐ.

Ở nguyên nhân thứ nhất ta thấy phụ tải P,Q của các hộ dùng điện luôn luôn thay đổi dẫn đến thay đổi tổn thất điện áp và từ đó thay đổi độ lệch điện áp, thay đổi điện áp tại các thiết bị dùng điện. Ví dụ phụ tải về giữa đêm thường chỉ bằng khoảng 40-50 phần trăm phụ tải cực đại, điều đó làm giảm tổn thất điện áp trên các đường dây và làm tăng điện áp tại các hộ dùng điện. Ngược lại vào các giờ cao điểm chiều phụ tải tăng lên cao làm cho tổn thất điện áp tăng lên nhiều kết quả làm cho điện áp tại các hộ dùng điện giảm thấp.

Trong nguyên nhân thứ 2 ta thấy khi phương thức vận hành hệ thống thay đổi sẽ làm thay đổi công suất truyền tải trên đường dây và cuối cùng cũng làm thay đổi tổn thất điện áp trên đường dây và thay đổi điện áp tại hộ dùng điện, ví dụ khi sửa chữa, đại tu một máy phát, một đường dây....

Độ lệch điện áp lớn nhất thường xuất hiện trong các trường hợp sự cố: khi đường dây bị đứt hoặc máy phát lớn nhất bị hỏng.

Độ lệch điện áp cho phép trên cực các thiết bị dùng điện thường qui định như sau:

-Đối với các thiết bị chiếu sáng trong nhà và nhà sản xuất :từ -2,5% đến +5%, ($\Delta I\% = -2,5\% \text{ -- } +5\%$).

-Đối với các động cơ điện không đồng bộ : từ -5 đến +10%, ($\Delta I\% = -5\% \text{ -- } +10\%$).

-Đối với tất cả các trường hợp còn lại : từ -5% đến +5%, ($\Delta I\% = \pm 5\%$).

Như vậy với các thiết bị dùng điện tồn tại các giá trị điện áp yêu cầu (hay các giá trị điện áp cho phép) đó chính là các giá trị điện áp thoả mãn

độ lệch điện áp cho phép ở trong bất cứ chế độ phụ tải nào. Các giá trị điện áp đó tạo thành một dải liên tục điện áp yêu cầu. Ví dụ: Với độ lệch điện áp cho phép $\pm 5\%$ ($\Delta I\% = \pm 5\%$) thì dải điện áp yêu cầu là: $U_{yc} = (0,95-1,05) U_{dm}$, tức là bất cứ điện áp nào nằm trong dải $(0,95-1,05) U_{dm}$ đều đạt yêu cầu. Cụ thể với mạng hạ áp 380 V, nếu độ lệch điện áp cho phép tại một thiết bị dùng điện là 5% thì dải điện áp yêu cầu U_{yc} sẽ là: $1,05 \times 380 = 399 \text{ V} \geq U_{yc} \geq 0,95 \times 380 = 361 \text{ V}$.

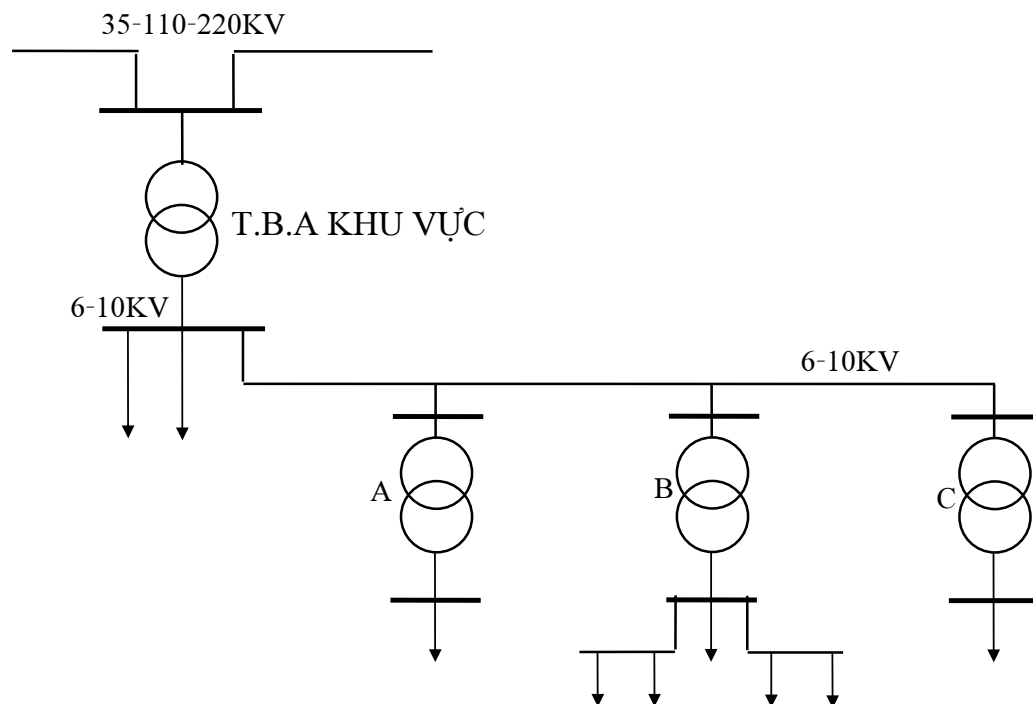
Trong mạng điện có 2 yêu cầu về điều chỉnh điện áp: yêu cầu cao hay yêu cầu khác thường (KT) và yêu cầu thấp hay yêu cầu thường (T). Nên nhớ là các yêu cầu này là yêu cầu tại thanh cái thứ cấp 6-10 kV của trạm biến áp khu vực.

a / Yêu cầu cao (khác thường) :

-Lúc phụ tải cực đại giữ cho thanh cái 6-10 kv cao hơn định mức +5% , tức là $\Delta I\% = +5\%$

-Lúc phụ tải cực tiểu vì tổn thất điện áp bé nên chỉ cần giữ điện áp ở thanh cái thứ cấp của trạm biến áp khu vực bằng điện áp định mức, tức là: $\Delta I\% = 0\%$.

-Lúc sự cố : $\Delta I\% = 0- 5\%$.



Hình 6-1

b/Yêu cầu thường :

-Lúc phụ tải cực đại : $\Delta I\% \geq +2,5\%$.

-Lúc phụ tải cực tiểu: $\Delta I\% \leq +7,5\%$.

-Lúc sự cố : $\Delta I\% \geq -2,5\%$.

Nếu gọi U_2 là điện áp tại hộ dùng điện, U_1 là điện áp của nguồn cung cấp và ΔU là tổn thất điện áp trên đường dây từ nguồn đến hộ dùng điện thì ta có:

$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

Điện áp U_2 phải nằm trong dải điện áp yêu cầu. U_2 phụ thuộc vào:

-Chế độ phụ tải: khi phụ tải thay đổi U_2 cũng thay đổi theo vì lúc đó ΔU thay đổi .

-Điện áp duy trì tại phía nguồn U_1 .

Thông thường với các trạm BA khu vực có các thiết bị điều chỉnh điện áp tốt ở chế độ phụ tải cực đại U_1 được nâng lên, ví dụ nâng lên bằng $1,05 U_{dm}$ khi điều chỉnh cao còn khi phụ tải cực tiểu thì được giảm xuống ví dụ giảm xuống bằng $1,0 U_{dm}$ khi điều chỉnh cao. Còn với các trạm BA phân phối thường không có các thiết bị điều chỉnh tốt thì U_1 thay đổi theo sự thay đổi của phụ tải: khi phụ tải max giảm, khi phụ tải min tăng. Muốn giữ điện áp U_2 tại các hộ dùng điện nằm trong dải điện áp yêu cầu thì cần phải thực hiện các biện pháp điều chỉnh điện áp. Các biện pháp điều chỉnh điện áp thông dụng ở trong mạng điện là:

1.Điều chỉnh điện áp máy phát.

2.Chọn tỷ số biến đổi của máy biến áp MBA thích hợp.

3.Đặt các thiết bị bù ngang có điều chỉnh công suất phản kháng.

4.Đặt các thiết bị bù dọc trên đường dây.

Về địa điểm thực hiện điều chỉnh có thể ở tại nhà máy điện, ở mạng khu vực, ở mạng địa phương hoặc ở ngay các hộ dùng điện.

Sau đây ta sẽ lần lượt xem xét các biện pháp trên.

\$6-2 ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP MÁY PHÁT.

Biện pháp điều chỉnh điện áp mạng điện nhằm thỏa mãn yêu cầu của các hộ tiêu thụ bằng cách điều chỉnh điện áp máy phát thường được áp dụng trong các mạng điện nhỏ chỉ có một máy phát. Lúc này, khi phụ tải lớn ta phải nâng cao điện áp của các máy phát điện lên bằng cách tăng dòng điện kích từ của các máy phát. Ngược lại khi phụ tải nhỏ ta lại hạ thấp điện áp

máy phát xuống bằng cách giảm dòng điện kích từ xuống. Bằng biện pháp đó ta có thể giữ được ở phía phụ tải một giá trị điện áp mong muốn. Khả năng nâng cao điện áp ở thanh cái của nhà máy điện lên cao bao nhiêu lúc phụ tải cực đại là do phụ tải ở gần nhà máy nhất quyết định và ngược lại việc hạ thấp điện áp xuống bao nhiêu lúc phụ tải cực tiểu lại do phụ tải xa nhà máy nhất quyết định. Như vậy việc thay đổi điện áp máy phát lúc vận hành là có giới hạn, vì vậy phương pháp điều chỉnh này như đã nói chỉ thích hợp với các mạng điện nhỏ còn với các mạng điện lớn có công suất truyền tải lớn, có khoảng cách truyền tải xa và có nhiều cấp điện áp khác nhau hoặc ở các HTĐ có nhiều nhà máy điện nối lại với nhau thì vì mức tổn thất điện áp lớn nhất trong các mạng điện đó thường rất lớn (có khi tới 25-30%) trong khi phạm vi điều chỉnh điện áp của máy phát rất hẹp thường chỉ khoảng $\pm 5\%$ nên không thể chỉ đơn thuần dùng biện pháp điều chỉnh điện áp máy phát để điều chỉnh điện áp thỏa mãn yêu cầu về độ lệch điện áp của các hộ tiêu thụ mà có thể phải áp dụng nhiều biện pháp điều chỉnh khác nhau.

§6.3. CHỌN TỶ SỐ BIẾN ĐỔI CỦA MÁY BIẾN ÁP THÍCH HỢP.

6-3-1 Khái niệm.

Ta đã biết tỷ số biến đổi của MBA $K = W_1/W_2 = U_1/U_2$.

Trong đó : W_1, W_2 là số vòng dây của cuộn sơ cấp và thứ cấp; U_1, U_2 là điện áp phía cuộn sơ và cuộn thứ của MBA.

Như vậy điện áp thứ cấp có thể thay đổi được bằng cách thay đổi tỷ số biến đổi K . Vì vậy ở các cuộn dây cao áp của các MBA hai cuộn dây và ở các cuộn dây cao và trung của các MBA ba cuộn dây thì ngoài đầu chính ra còn có các đầu ra phụ tạo thành các đầu phân áp ĐPA, (hình 6.2). Các ĐPA cho phép chọn tỷ số biến áp K một cách có lợi nhất để điều chỉnh được điện áp thỏa mãn yêu cầu.

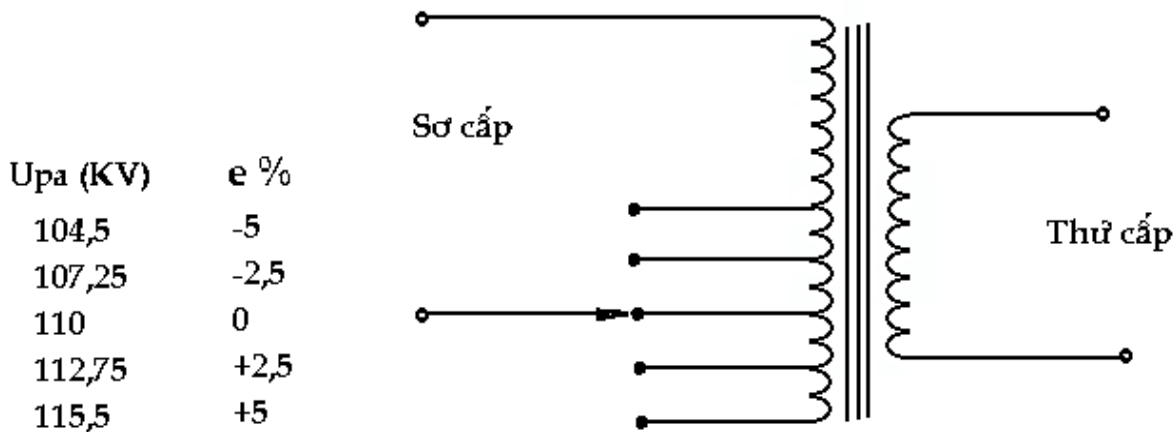
Nếu ta gọi:

U_c là điện áp định mức của cuộn cao áp cuộn chính.

e là độ thay đổi tương đối của tỷ số biến áp của bất kỳ đầu phân áp nào so với đầu chính .

thì điện áp của các đầu phân áp được xác định như sau:

$$U_{pa} = U_c (1+e) \quad KV$$



Hình 6.2

Tương ứng tỷ số biến đổi K của MBA ứng với đầu phân áp này sẽ là:

$$K = \frac{U_c(1+e)}{U_H} = \frac{U_{pa}}{U_H}$$

Trong biện pháp điều chỉnh điện áp bằng cách chọn tỷ số biến đổi của MBA thích hợp ta cần phân biệt 2 loại MBA sau:

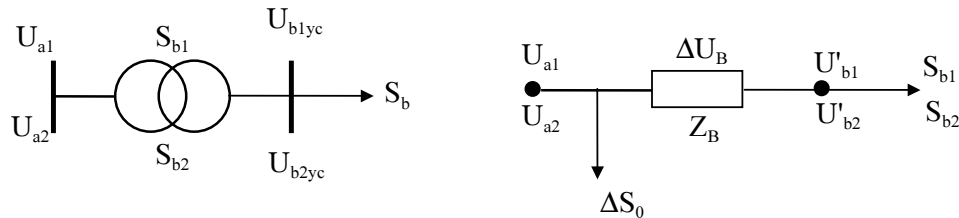
1/MBA điều chỉnh thường: Là loại MBA mà mỗi lần muốn thay đổi ĐPA ta phải cắt điện vì nó không có bộ phận đặc biệt để chuyển đổi ĐPA khi MBA đang mang tải. Việc này làm phức tạp thêm công tác vận hành và điều chỉnh điện áp, vì vậy với các loại MBA này thường đặt một đầu phân áp cố định ít khi phải thay đổi. Để khắc phục nhược điểm của loại MBA này người ta dùng loại MBA điều áp dưới tải.

2/MBA điều áp dưới tải: Là loại MBA mà nhờ có cấu tạo đặc biệt nên có thể thay đổi các ĐPA trong lúc MBA vẫn mang tải mà không cần phải cắt điện ra. Trong các MBA này người ta thường trang bị cả thiết bị tự động thay đổi ĐPA nên rất thuận tiện trong việc điều chỉnh điện áp, tuy nhiên giá thành có cao hơn. Như vậy với loại MBA điều áp dưới tải này ta có thể chọn các ĐPA khác nhau trong các chế độ vận hành khác nhau (khi phụ tải cực đại, cực tiểu, sự cố) để giữ được ở phía phụ tải một giá trị điện áp mong muốn.

Hiện nay các MBA thường được chế tạo với nhiều ĐPA nhất là với các MBA điều áp dưới tải. Các MBA điều áp dưới tải với các cấp điện áp bên cao $U \leq 35$ kV thường có $U_{dm} \pm 2, \pm 6$ hay $\pm 8 \times 1,5\%$ hoặc $\pm 9 \times 1,3\%$, còn với cấp 110 kV thường có $115 \pm 9 \times 1,78\%$ hay $110 \pm 4 \times 2,5\%$ ĐPA. Các MBA thường đa số trường hợp có $U_{dm} \pm 2 \times 2,5\%$ ĐPA (với các cấp điện áp).

6.3.2 Chọn đầu phân áp của MBA giảm áp hai cuộn dây.

Giả sử biết điện áp trên thanh cái cao áp a của trạm biến áp B lúc phụ tải cực đại S_{b1} là U_{a1} và lúc phụ tải cực tiểu S_{b2} là U_{a2} , (hình 6.3a, dùng chỉ số 1 để chỉ trạng thái phụ tải cực đại, chỉ số 2 để chỉ trạng thái phụ tải cực tiểu). Hãy chọn đầu phân áp của MBA B sao cho khi phụ tải cực đại điện áp tại phía thứ cấp phụ tải b đạt được trị số yêu cầu là U_{b1yc} và lúc phụ tải cực tiểu là U_{b2yc}



Hình 6-3

Gọi điện áp thực phía thứ cấp b khi qui về phía cao áp lúc phụ tải cực đại và cực tiểu tương ứng là U'_{b1} , U'_{b2} thì theo sơ đồ thay thế 6.3b ta có thể viết:

$$U'_{b1} = KU_{b1yc} = U_{a1} - \Delta U_{b1}$$

$$U'_{b2} = KU_{b2yc} = U_{a2} - \Delta U_{b2}$$

Trong đó K là tỷ số biến đổi thực tế của MBA và có thể xác định theo biểu thức:

$$K = U_{pa}/U_H = U_C \cdot (1+e)/U_H$$

Điện áp định mức của cuộn hạ áp khi không tải U_H chính là điện áp không tải của MBA mà ta có thể biết được. Thông thường: nếu $U_N \geq 7,5\%$ thì $U_{kt} = 1,1U_{dm}$. Nếu $U_N < 7,5\%$ thì $U_{kt} = 1,05U_{dm}$

$$\text{Vì vậy ta có: } U'_{b1} = (U_{a1} - \Delta U_{b1}) = K \cdot U_{b1yc} = U_{pa1} \cdot U_{b1yc} / U_{kt}$$

$$U'_{b2} = (U_{a2} - \Delta U_{b2}) = K \cdot U_{b2yc} = U_{pa2} \cdot U_{b2yc} / U_{kt}$$

Từ đó ta tính được các đầu phân áp:

$$U_{pa1} = U'_{b1} \cdot U_{kt} / U_{b1yc} = (U_{a1} - \Delta U_{b1}) \cdot U_{kt} / U_{b1yc}$$

$$U_{pa2} = U'_{b2} \cdot U_{kt} / U_{b2yc} = (U_{a2} - \Delta U_{b2}) \cdot U_{kt} / U_{b2yc}$$

Sau khi tính được ĐPA cho chế độ phụ tải cực đại và cực tiểu, ta tính trị số ĐPA trung bình: $U_{patb} = (U_{pa1} + U_{pa2}) / 2$.

Từ đó chọn ĐPA tiêu chuẩn gần nhất. Sau khi đã chọn được ĐPA tiêu chuẩn phải kiểm tra lại xem với ĐPA đã chọn thì điện áp thực tế ở thanh cái thứ cấp ở các chế độ vận hành khác nhau của mạng điện có nằm trong giới hạn cho phép hay không. Với các phụ tải có yêu cầu điều chỉnh cao thì nếu

chọn một ĐPA chung thì thường không thỏa mãn yêu cầu vì vậy lúc này thường phải chọn MBA điều áp dưới tải với các ĐPA riêng.

Ví dụ 6.1 : Một trạm giảm áp đặt 2 MBA 16000/110 có điện áp định mức của mạng phía thứ cấp là 10 kV. Biết:

-Tổng trở của 1 MBA là $Z_b=7,5+j 84$ ôm.

-Phụ tải cực đại trên thanh góp thứ cấp là $S_1= 15+j11,2$ MVA, phụ tải cực tiểu là $S_2 =7,5+j5,6$ MVA. Khi phụ tải cực tiểu cắt 1 MBA và cắt cả thiết bị bù.

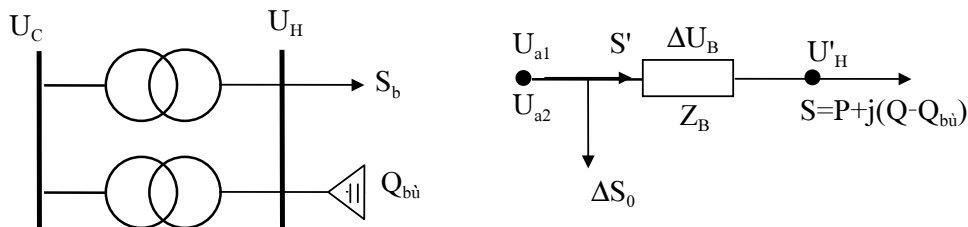
-Điện áp thực trên thanh góp cao áp trong các chế độ phụ tải cực đại, cực tiểu và sự cố có các giá trị tương ứng là : $U_{c1}= 114,72$, $U_{c2}= 110,05$, $U_{c3}=111,05$ KV.

-Phía thanh cái thứ cấp có đặt một thiết bị bù với dung lượng $Q_b= 3$ MVAR.

Hãy chọn ĐPA cho các MBA biết phụ tải thuộc hệ loại I có yêu cầu điều chỉnh điện áp khác thường .

Giải:

Sơ đồ của trạm như hình vẽ.



1/Xác định công suất của trạm trước tổng trở MBA trong các chế độ phụ tải:

-Khi phụ tải cực đại : $S'_1=S_1+\Delta S_{cu1}+j Q_b$.

trong đó ΔS_{cu1} Là tổn thất đồng trong MBA.

$$S'_1=15+ j(11,2 - 3)+ \frac{15^2 + 8,2^2}{110^2} \cdot \frac{7,5}{2} + j \frac{15^2 + 8,2^2}{110^2} \cdot \frac{84}{2} = 15,086+j9,2\text{MVA.}$$

-Khi phụ tải cực tiểu: $S'_2 =S_2+\Delta S_{cu2}$

$$S'_2=7,5+ j5,6+ \frac{7,5^2 + 5,6^2}{110^2} \cdot 7,5+ j \frac{7,5^2 + 5,6^2}{110^2} \cdot 84 = 7,552+j 6,208 \text{ MVA.}$$

-Khi sự cố : phụ tải giống lúc phụ tải cực đại.

2/Tính điện áp phía thứ cấp MBA qui về bên cao áp:

$$\text{-Lúc phụ tải max: } U'_1=114,72- \frac{15,086 \cdot 3,75 + 9,2 \cdot 42}{114,72} =111,02 \text{ KV}$$

-Lúc phụ tải min: $U'_2=110,05-\frac{7,552.7,5+6,208.84}{110,05} = 104,95 \text{ KV}$

-Lúc sự cố: $U'_3=111,05-\frac{15,086.3,75+9,242}{111,05} =107,1 \text{ KV}$

3/Tính chọn các ĐPA:

Phụ tải yêu cầu điều chỉnh khác thường nên:

-Lúc phụ tải cực đại: $U_{yc1}= 10+ 5\% .10 =10,5 \text{ KV.}$

-Lúc phụ tải cực tiểu: $U_{yc2}=10+0\%.10 =10 \text{ KV.}$

-Lúc sự cố: $U_{yc3}=10-10,5 \text{ KV.}$

Tính điện áp của các ĐPA:

$U_{pa1}= 111,02.11/10,5 =116,3 \text{ KV.}$

$U_{pa2}=104,95.11/10 =115,4 \text{ KV.}$

$U_{pa3}=107,1.11/10,25=114,9 \text{ KV.}$

Ta chọn các ĐPA tiêu chuẩn của MBA điều áp dưới tải loại $110\pm 9x1,78\%$ là $U_{patc1}=117,05 \text{ KV}$ (đầu +1), $U_{patc2}=115 \text{ KV}$ (đầu 0), $U_{patc3}=115 \text{ KV}$ (đầu 0).

Thử lại:

-Khi phụ tải max $U_{H1}= 111,02.11/117,05=10,43 \text{ KV.}$ $\Delta I\% =4,3\%\approx 5\%.$

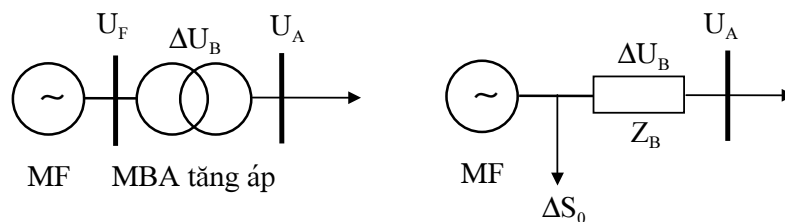
-Khi phụ tải min $U_{H2}= 104,95.11/115 =10,04 \text{ KV.}$ $\Delta I\% =0,4\%\approx 0\%$

-Khi sự cố $U_{H3}= 107,1.11/115 =10,24 \text{ KV.}$ $\Delta I\% =2,4\%.$

Vậy ĐPA 115,5 KV chọn thoả mãn yêu cầu.

6.3.3 Chọn đầu phân áp của MBA tăng.

Giả sử ta có một trạm biến áp tăng và sơ đồ thay thế như trên hình 6.4. Bây giờ ta lại giả sử điện áp yêu cầu phía cao áp của MBA tăng là U_A trong khi điện áp làm việc lúc này của máy phát là U_F và tổn thất điện áp trong MBA là ΔU_B .



Hình 6-4

Ta thấy:

-Khi MBA không tải và điện áp máy phát bằng định mức $U_F= U_{FDm}$ thì điện áp thực phía cao áp sẽ bằng điện áp của đầu phân áp: $U'_B=U_{pa}$

-khi MBA có tải và điện áp máy phát bằng định mức $U_F = U_{Fdm}$ thì điện áp thực phía cao áp sẽ là : $U_B = U_{pa} - \Delta U_B$

-khi MBA có tải và điện áp máy phát khác định mức $U_F \neq U_{Fdm}$ thì điện áp thực phía cao áp sẽ là : $U_A \neq U_B$

Từ đó ta có thể viết: $U_F / U_{Fdm} = U_A / U_B = U_A / (U_{pa} - \Delta U_B)$

và tính được ĐPA cho các chế độ phụ tải cực đại, cực tiểu để khi có tải điện áp phía cao áp thoả mãn và điện áp máy phát không vượt ra khỏi giới hạn cho phép .Cụ thể:

-Với phụ tải cực tiểu : $U_{pa2} = U_{Fdm} \cdot U_{A2} / U_{F2} + \Delta U_{B2}$

-Với phụ tải cực đại: $U_{pa1} = U_{Fdm} \cdot U_{A1} / U_{F1} + \Delta U_{B1}$

Đầu phân áp trung bình là: $U_{patb} = (U_{pa1} + U_{pa2}) / 2$.

Căn cứ vào ĐPA trung bình này ta chọn ĐPA tiêu chuẩn gần nhất. Cuối cùng kiểm tra lại với ĐPA tiêu chuẩn đã chọn và điện áp thực cần phải có bên cao áp là U_{A1} và U_{A2} thì máy phát phải vận hành với điện áp U_{F1} và U_{F2} bằng bao nhiêu và có vượt quá khả năng thay đổi điện áp của máy phát không .

Ví dụ 6.2 : Một trạm biến áp tăng của một nhà máy điện đặt 2 MBA tăng 60000/121 có tổng trở $Z_B = 1,01 + j23,2$ ôm. Phụ tải cực đại, cực tiểu trên thanh góp cao áp của nhà máy có các giá trị tương ứng là: $S_1 = 61,82 + j28,01$ MVA và $S_2 = 25,35 + j11,21$ MVA.

Điện áp yêu cầu trên thanh góp cao áp trong các chế độ phụ tải cực đại, cực tiểu có các giá trị tương ứng là: $U_{c1} = 120,96$ và $U_{c2} = 111,69$ KV.

Khi phụ tải cực đại cho vận hành 2 MBA và điện áp trên đầu cực máy phát $U_{F1} = 1,05 U_{Fdm}$. Khi phụ tải cực tiểu cắt bớt 1 MBA và điện áp trên đầu cực máy phát $U_{F2} = 0,95 U_{Fdm}$. Biết điện áp định mức của máy phát là $U_{Fdm} = 10,5$ KV và khả năng thay đổi điện áp của máy phát là $\pm 5\% U_{Fdm}$. Hãy chọn ĐPA hợp lý cho các MBA.

Giải:

Tổn thất điện áp trong trạm BA lúc phụ tải max và min là:

$$U_{b1} = \frac{P_1 \cdot R_{b1} + Q_1 \cdot X_{b1}}{U_{C1}} = \frac{61,82 \cdot 0,5 + 28,01 \cdot 11,6}{120,96} = 2,95 \text{ KV}$$

$$U_{b2} = \frac{P_2 \cdot R_{b2} + Q_2 \cdot X_{b2}}{U_{C2}} = \frac{25,35 \cdot 1,01 + 11,21 \cdot 23,2}{111,69} = 2,55 \text{ KV}$$

Tính các ĐPA:

-Lúc phụ tải max:

$$U_{pa1} = \frac{\cdot U_{Fdm}}{U_{F1}} U_{C1} + U_{b1} = \frac{\cdot U_{Fdm}}{1,05 \cdot U_{Fdm}} \cdot 120,96 + 2,95 = 117,95 \text{ KV}$$

-Lúc phụ tải min:

$$U_{pa2} = \frac{\cdot U_{Fdm}}{U_{F2}} \cdot U_{C2} + U_{b2} = \frac{\cdot U_{Fdm}}{0,95 U_{Fdm}} 111,69 + 2,55 = 120,15 \text{ KV.}$$

$$\text{Đầu phân áp trung bình là: } U_{patb} = \frac{117,95 + 120,15}{2} = 119,05 \text{ KV.}$$

MBA tăng có $121 \pm 2 \times 2,5\%$ đầu phân áp, ở đây ta chọn ĐPA tiêu chuẩn $-2,5\%$ là đầu 117,98 KV.

Kiểm tra lại:

-lúc phụ tải max :

$$U_{F1} = U_{Fdm} \cdot \frac{\cdot U_{c1}}{U_{pa} - \Delta U_{b1}} = 10,5 \cdot \frac{120,96}{117,98 - 2,95} = 10,9 \text{ KV}$$

$$\text{Độ lệch } \Delta I\% = \frac{10,9 - 10,5}{10,5} \cdot 100 = 3,8\% < 5\%$$

-Lúc phụ tải min :

$$U_{F2} = U_{Fdm} \cdot \frac{\cdot U_{c2}}{U_{pa} - \Delta U_{b2}} = 10,5 \cdot \frac{111,69}{117,98 - 2,55} = 10,2 \text{ KV}$$

$$\text{Độ lệch } \Delta I\% = \frac{10,2 - 10,5}{10,5} \cdot 100 = -2,76\% > -5\%$$

Vậy các ĐPA chọn là thoả mãn.

§6-4 ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP BẰNG BÙ NGANG CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG.

6.4.1 Khái niệm.

Từ công thức : $\Delta U = (P \cdot R + Q \cdot X) / U$

Ta thấy có thể thay đổi công suất P, Q để điều chỉnh điện áp thay đổi U nhưng vì công suất tác dụng P chỉ do các nhà máy điện phát ra và truyền đi nhiều hay ít là do hộ tiêu thụ quyết định ,không thể thay đổi tùy ý được còn công suất phản kháng Q chuyên chở trên đường dây ta có thể thay đổi được vì ngoài máy phát còn có các thiết bị khác có thể phát Q nhất là ở mạng khu vực nơi thường có $X > R$ nên việc thay đổi Q để điều chỉnh điện áp lại càng thuận lợi.

Thay đổi Q chuyên chở trên mạng điện có thể thực hiện được bằng cách:

-Phân bố lại công suất phản kháng phát ra giữa các nhà máy điện trong hệ thống

-Đặt thêm các thiết bị phát ra công suất phản kháng ngoài máy phát như máy bù đồng bộ MBDB, tụ điện tĩnh TĐT gọi là các thiết bị bù.

MBDB là một loại động cơ điện đồng bộ làm việc ở chế độ không tải. Nếu động cơ làm việc ở chế độ quá kích thích thì nó sẽ phát ra Q, ngược lại ở chế độ non kích thích thì máy bù đồng bộ sẽ tiêu thụ Q nhưng lúc này khả năng tiêu thụ Q của nó chỉ bằng 0,5 dung lượng định mức.

Một số ưu khuyết điểm của máy bù đồng bộ và tụ điện tĩnh trong chức năng điều chỉnh điện áp.

1/MBDB vừa có tác dụng phát ra Q làm tăng điện áp tại phụ tải vừa có thể tiêu thụ Q làm giảm điện áp nên phạm vi điều chỉnh điện áp của nó rộng hơn TĐT.

2/MBDB không chịu ảnh hưởng của điện áp mạng điện trong việc sản xuất ra Q chỉ phụ thuộc chủ yếu vào dòng kích từ, trái lại với TĐT thì công suất phản kháng Q mà nó phát ra lại phụ thuộc nhiều vào điện áp. Khi điện áp mạng điện giảm xuống thì lượng Q mà TĐT phát ra giảm xuống còn khi điện áp tăng thì lượng Q của TĐT phát ra lại tăng lên làm giảm hiệu quả điều chỉnh điện áp của TĐT.

3/Sử dụng MBDB thì việc điều chỉnh điện áp sẽ rất bằng phẳng và chính xác còn sử dụng TĐT thì việc điều chỉnh điện áp sẽ không trơn, không bằng phẳng.

4/MBDB tiêu thụ khá nhiều công suất tác dụng (1,3-5%) so với TĐT (0,5%), ngoài ra việc vận hành TĐT cũng dễ dàng hơn so với MBDB vì TĐT không có phần quay.

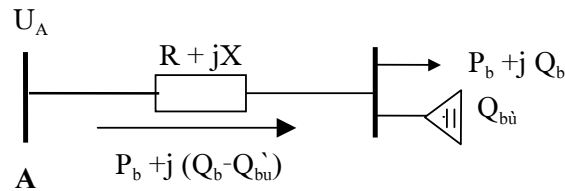
5/Về phạm vi ứng dụng: Do các MBDB chỉ chế tạo với các cấp điện áp từ 10 kv trở xuống còn TĐT có thể làm việc với các cấp điện áp bất kỳ bằng cách ghép nối tiếp nhiều tụ điện lại với nhau. Mặt khác giá của 1MVAR của MBDB thay đổi theo công suất của nó nên người ta thường chế tạo MBDB với công suất khá lớn ($Q_{dm} \geq 5000\text{KVAR}$).

Tóm lại với những ưu khuyết điểm trên, MBDB chỉ được sử dụng trong những trường hợp thật cần thiết còn TĐT thường được sử dụng rộng rãi hơn trong việc điều chỉnh điện áp.

6.4.2 Xác định công suất của TĐT và MBĐB để điều chỉnh điện áp.

Giả sử có một mạng điện như hình vẽ 6.5 có một phụ tải tính toán tại b là $S_b = P_b - j Q_b$. Giả thiết rằng với điện áp U_A ở đầu đường dây thì điện áp U_b nhận được ở cuối đường dây không thoả mãn yêu cầu của phụ tải và cần phải thay đổi đến trị số U_{byc} . Vấn đề đặt ra là muốn điều chỉnh để U_b thành U_{byc} thì phải đặt TĐT hay MBĐB với dung lượng là bao nhiêu.

Ta xét trường hợp đơn giản nhất với giả thiết gần đúng là không xét tới thành phần ngang trục của véc tơ điện áp giáng. Như vậy sau khi đã bù đạt yêu cầu với một dung lượng cần bù là Q_{bu} ta có thể viết:



Hình 6.5

$$U_A = U_{byc} + \Delta U = U_{byc} + (P_b \cdot R + (Q_b - Q_{bu}) \cdot X) / U_{byc}$$

$$\text{Vậy công suất phải bù là: } Q_{bu} = (U_{byc} \cdot (U_{byc} - U_A) + (P_b \cdot R + Q_b \cdot X)) / X$$

Nhưng thông thường điện áp đầu đường dây U_A chưa biết mà chỉ biết điện áp U_b ở cuối đường dây vì vậy ta có thể tiến hành tính toán tiếp như sau:

$$\text{- Khi chưa đặt thiết bị bù ta có: } U_A = U_b + (P_b \cdot R + Q_b \cdot X) / U_b$$

$$\text{- Khi có thiết bị bù: } U_A = U_{byc} + (P_b \cdot R + (Q_b - Q_{bu}) \cdot X) / U_{byc}$$

Vì điện áp đầu đường dây trước và sau khi bù bằng U_A không đổi nên ta từ đó ta có:

$$Q_{bu} \cdot X / U_{byc} = (U_{byc} - U_b) + (P_b \cdot R + Q_b \cdot X) / U_{byc} - (P_b \cdot R + Q_b \cdot X) / U_b$$

Điện áp U_b và U_{byc} khác nhau không nhiều nên một cách gần đúng ta có:

$$(P_b \cdot R + Q_b \cdot X) / U_{byc} \cong (P_b \cdot R + Q_b \cdot X) / U_b$$

$$\text{Nên } Q_{bu} \cdot X / U_{byc} = U_{byc} - U_b$$

Vì vậy ta được:

$$Q_{bu} = ((U_{byc} - U_b) \cdot U_{byc}) / X$$

Nếu dùng công thức này thì dung lượng bù tính ra được sẽ lớn hơn yêu cầu với sai số khoảng 5-15%. Khi tính toán bù cho các mạng điện điện áp 35-110 kV có thể sử dụng công thức này.

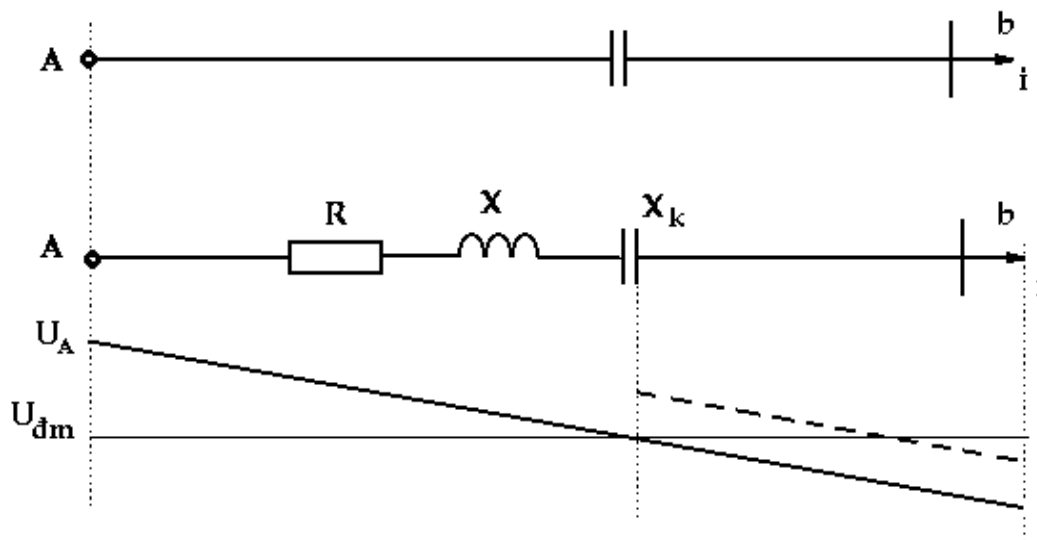
§6-5 ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP BẰNG BIỆN PHÁP BÙ DỌC.

Từ công thức : $\Delta U = (P.R+Q.X)/U$.

Ta thấy có thể điều chỉnh điện áp (thay đổi ΔU) bằng cách thay đổi tổng trở R, X của mạng điện. Có thể thay đổi R, X bằng cách:

1/Thay đổi số đường dây hay MBA làm việc song song, nhưng số đường dây và MBA làm việc song song nhiều hay ít là do điều kiện bảo đảm độ tin cậy cung cấp điện cho các hộ phụ tải quyết định (Hộ loại 1,2 hay 3). Nếu tăng số đường dây hay MBA làm việc song song để giảm ΔU thì không hợp lý về kinh tế. Mặt khác khi đã có các đường dây đã làm việc song song mà cắt bớt chúng đi trong tình trạng phụ tải cực tiểu để điều chỉnh điện áp (tăng, giảm điện áp) thì cũng không hợp lý vì nó làm tăng các tổn thất trong mạng điện và giảm độ tin cậy cung cấp điện. Còn việc giảm số MBA làm việc song song lúc phụ tải min để điều chỉnh điện áp thường hợp lý hơn vì lúc đó có thể giảm và MBA làm việc tương đối bảo đảm nên độ tin cậy CCD của các hộ tiêu thụ không bị giảm nhiều.

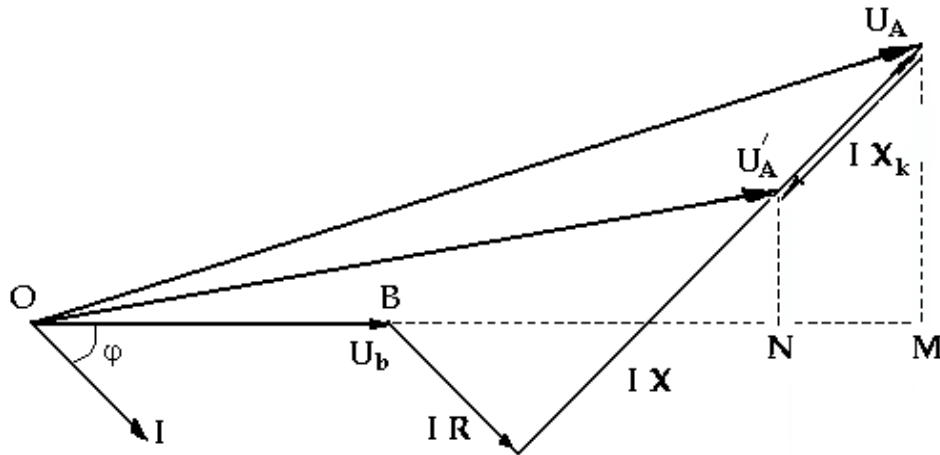
2/Biện pháp thứ 2 là đặt tụ điện mắc nối tiếp trên đường dây cho cả 3 pha, biện pháp này thường có tên gọi là bù dọc bằng tụ điện tĩnh và được ứng dụng tương đối rộng rãi. Ta xét biện pháp này.



Hình 6.6

Tại những đường dây trên không có tiết diện lớn, người ta thường bù dọc bằng tụ điện tĩnh. Nếu điện kháng của đường dây trước lúc chưa bù là X thì sau lúc đặt bộ tụ điện có điện kháng là X_k (h 6.6) thì điện kháng toàn

bộ đường dây sẽ giảm xuống còn $X-X_k$ và tổn thất điện áp trên đường dây cũng giảm xuống:



Hình 6.7

$$\Delta U = P.R + Q(X - X_k)/U.$$

Nhìn vào đồ thị véc tơ (h. 6.7) ta cũng thấy rõ: lúc chưa bù dọc thì tổn thất điện áp trên đường dây là đoạn BM, còn lúc có bù dọc giảm xuống và chỉ bằng đoạn BN. Nếu chọn dung lượng bù dọc thích hợp ta có thể có $X - X_k = 0$ và lúc đó ΔU hoàn toàn do điện trở R của đường dây quyết định.

$$\text{Khi chưa có bù dọc thì là: } \Delta U_1 = (P.R + QX)/U$$

Khi có bù dọc với điện kháng bù là X_k thì tổn thất điện áp sẽ là:

$$\Delta U_2 = (P.R + Q(X - X_k))/U.$$

Vậy khi có bù dọc thì tổn thất điện áp giảm đi một lượng là:

$$\Delta U_g = \Delta U_1 - \Delta U_2 = Q \cdot X_k / U \quad \text{hay tính theo phần trăm:}$$

$$\Delta U_g \% = Q(X_k) \cdot 100 / U^2.$$

$$\text{Gọi } K_c = X_k / X \text{ là độ bù ta có: } \Delta U_g \% = (K_c \cdot Q \cdot X) \cdot 100 / U^2.$$

Mà $Q = P \cdot \text{tg}\varphi$ và nếu $P[\text{kW}]$, $U[\text{kV}]$, $l[\text{km}]$, $x_0[\text{ôm/km}]$ thì ta có:

$$\Delta U_g \% = (K_c \cdot P \cdot \text{tg}\varphi \cdot x_0 \cdot l) \cdot 100 / U^2.$$

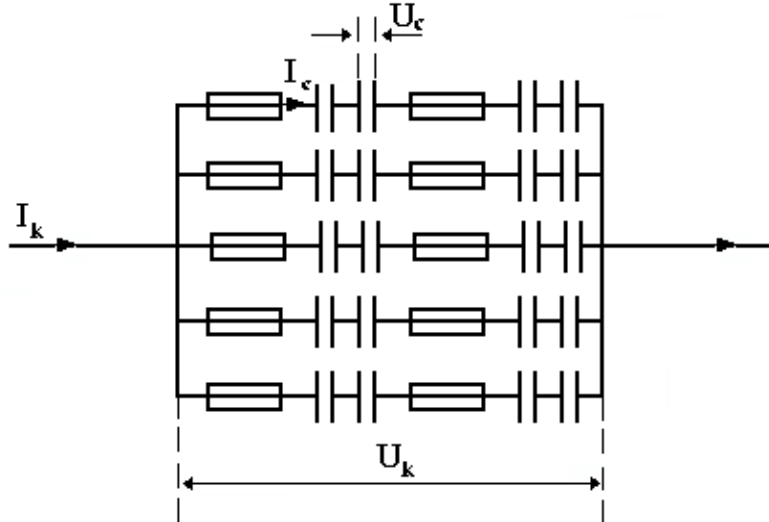
Nhận xét:

- Khi $\cos\varphi$ của phụ tải tương đối thấp ($\leq 0,8$) thì bù dọc mới có lợi. Trị số càng lớn thì hiệu quả bù dọc càng ít, nếu $\cos\varphi = 1$ thì việc bù dọc không có hiệu quả.

- Độ bù K_c càng lớn thì hiệu quả càng lớn.

Chọn số lượng và dung lượng tụ điện bù dọc.

Số lượng tụ điện đặt nhiều hay ít là tùy theo yêu cầu điều chỉnh điện áp, vào dòng điện đi trên đường dây I và vào loại tụ điện con tiêu chuẩn mà ta chọn. Trong một bộ tụ điện có điện kháng X_k thường có nhiều tụ điện con mắc nối tiếp và song song với nhau (hình 6.8).



Hình 6.8

Quá trình tính toán để chọn tụ điện bù dọc như sau:

1/Tính dòng điện đi qua bộ tụ điện I_k . Đó chính là dòng điện tải trên đường dây:

$$I_k = I = S / \sqrt{3} \cdot U_{dm}$$

Ở đây : S là công suất tải trên đường dây và U_{dm} là điện áp định mức của mạng điện.

2/Tính dung kháng của bộ tụ điện: $X_k = K_c \cdot X = K_c \cdot x_0 \cdot l$ hay tính X_k từ các biểu thức :

$$\Delta U_g = \Delta U_1 - \Delta U_2 = Q \cdot X_k / U$$

$$\text{hoặc } \Delta U_{cp} = P \cdot R + Q(X - X_k) / U.$$

Đơn vị: Nếu $U, \Delta U$ [KV], P [MW], Q [MVAR], X [ôm], thì X_k [ôm].

3/Tính điện áp đặt lên bộ tụ điện: $U_k = I_k \cdot X_k$.

4/Tính số nhánh tụ điện song song: $m = I_k / I_c$.

trong đó $I_c = Q_c / U_c$ là dòng điện của các tụ điện con tiêu chuẩn có dung lượng là Q_c và điện áp là U_c mà ta chọn. (Nếu Q_c [KVAR], U_c [KV] thì I_c [A]).

5/Chọn số tụ điện con nối tiếp trong một nhánh: $n = U_k / U_c$, hay từ $X_k = n \cdot X_c / m$ ta có: $n = m \cdot X_k / X_c$.

Trong đó $X_c = U_c / I_c = U_c^2 / Q_c$ là dung kháng của tụ điện con.

6/Tính số tụ điện trong toàn bộ 3 pha và kiểm tra lại tổn thất điện áp.

-Số tụ điện dùng trong tất cả 3 pha là: $M= 3.n.m$ và dung lượng của bộ tụ điện là $Q_k = M.Q_c$.

-Điện kháng thực tế của bộ tụ điện sau khi chọn là: $X_k = n.X_c/m$.

-Kiểm tra lại tổn thất điện áp thực tế ΔU theo yêu cầu điều chỉnh điện áp theo các công thức đã biết.

Việc chọn vị trí đặt tụ điện cũng cần phải phân tích và cân nhắc kỹ. Nên đặt ở đầu, ở giữa hay cuối đường dây là phụ thuộc vào vị trí các phụ tải trên đường dây và yêu cầu điều chỉnh điện áp ở từng phụ tải.

Ví dụ 6.3 :

Chọn bộ tụ điện để nối vào đường dây truyền tải có các số liệu sau: Điện áp định mức của mạng $U_{dm} = 10 \text{ KV}$; điện áp ở hộ tiêu thụ khi chưa có bù dọc $U_1 = 9,6 \text{ KV}$, điện áp yêu cầu khi bù $U_{yc} = 10,5 \text{ KV}$. Độ nâng điện áp sau khi đặt tụ $\Delta U_g = 10,5 - 9,6 = 0,9 \text{ KV}$. Công suất tác dụng trên đường dây truyền tải cấp cho hộ tiêu thụ 400 KW , hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$.

GIẢI:

1. Tính dòng qua bộ tụ điện:

$$I_k = P_2 / \sqrt{3} U_{dm} \cdot \cos \varphi = 400 / 10 \cdot 0,8 = 29 \text{ A.}$$

2. Từ $\Delta U_g = Q_2 \cdot X_k / U$ ta có $X_k = \Delta U_g \cdot U / Q_2$.

Ở đây $Q_2 = P_2 \cdot \tan \varphi = 400 \cdot 0,75 = 300 \text{ KVAR}$.

$$X_k = 900 \cdot 10 \cdot 10^3 / 300 \cdot 10^3 = 30 \text{ ôm.}$$

3. Tính số nhánh tụ điện nối song song : m .

Từ việc chọn các tụ điện con KΠM-1-50-1 để ghép lại thành bộ tụ điện, ta có dòng điện qua từng tụ điện con là : $I_c = Q_c / U_c = 50 \cdot 10^3 / 10^3 = 50 \text{ A}$.

Vậy $m = 29 / 50 = 0,6$, ta lấy tròn $m = 1$.

4. Chọn số tụ điện mắc nối tiếp trong một nhánh:

$$n = m \cdot X_k / X_c = 1 \cdot 30 / 20 \approx 1.$$

Trong đó điện kháng của một tụ điện con $X_c = \frac{U_c^2}{Q_c} = 10^6 / 50 \cdot 10^3 = 20 \text{ ôm}$.

$$\text{Hay } n = U_k / U_c = 900 / 1000 \approx 1.$$

5. Tính tổng số tụ điện con trong cả 3 pha và dung lượng của nó :

$$M = 3 \cdot m \cdot n = 3.$$

Dung lượng tổng của bộ tụ điện :

$$Q_k = M \cdot Q_c = 3 \cdot 50 \text{ KVAR} = 150 \text{ KVAR.}$$

$$\text{Điện kháng: } X_{kthực} = n \cdot X_c / X_m = 20 \text{ ôm .}$$

Độ tăng điện áp thực tế sau khi nối bộ tụ điện vào là:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_k \cdot X_k = \sqrt{3} \cdot 29 \cdot 20 = 955 \text{ V} \approx 1 \text{ KV}$$

§6-6 CÁC BIỆN PHÁP ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP Ở HỘ TIÊU THỤ.

Hộ tiêu thụ ở đây được hiểu là tập hợp một nhóm các thiết bị tiêu thụ điện như các nhà máy, xí nghiệp công nghiệp.

Khi thực hiện các biện pháp điều chỉnh điện áp trong mạng điện như đã trình bày ở các phần trước mà điện áp tại các hộ tiêu thụ vẫn chưa đạt yêu cầu thì ta có thể thực hiện thêm các biện pháp điều chỉnh điện áp ở ngay tại các hộ tiêu thụ trong đó có những biện pháp giống các biện pháp điều chỉnh ở mạng điện mà ta đã xét như bù dọc, bù ngang, thay đổi ĐPA của các MBA. Ngoài ra tại các hộ tiêu thụ ta có thể sử dụng thêm các biện pháp điều chỉnh khác như san bằng đồ thị phụ tải của các hộ tiêu thụ; đóng cắt các MBA, các đường dây đang làm việc song song.

Để điều chỉnh và duy trì điện áp thoả mãn yêu cầu của hộ tiêu thụ cần phải biết đầy đủ các số liệu về phụ tải, về điện áp, về các thông số của mạng cung cấp cũng như bản thân các hộ tiêu thụ. Thông thường người ta phải kết hợp việc điều chỉnh điện áp ở mạng cung cấp với việc điều chỉnh điện áp ngay tại hộ tiêu thụ. Ta lần lượt xét một số biện pháp điều chỉnh điện áp ở hộ tiêu thụ.

1/Cắt một trong hai MBA làm việc song song ở chế độ phụ tải cực tiểu.

Các trạm biến áp của các hộ tiêu thụ có thể có 2 hay nhiều MBA làm việc song song và việc đóng cắt các MBA ở trạm là thường theo chỉ tiêu giảm tổn thất điện năng. Tuy vậy có thể kết hợp để điều chỉnh điện áp, ví dụ khi phụ tải giảm ta có thể cắt bớt một MBA vừa để giảm tổn thất điện năng vừa tăng tổn thất điện áp (vì tổng trở của mạng tăng) làm cho điện áp tại hộ tiêu thụ giảm xuống. Tuy nhiên lúc này khi cắt đi một MBA thì độ tin cậy của mạng giảm vì vậy biện pháp này thường chỉ sử dụng tại các trạm biến áp của các hộ tiêu thụ (ở mạng phân phối) và thường ít sử dụng ở các mạng cung cấp.

2/Đóng cắt các đường dây làm việc song song.

Nội dung của phương pháp này cũng như những ưu khuyết điểm của nó hoàn toàn giống phương pháp đóng cắt các MBA làm việc song

song, tuy nhiên ở đây cần lưu ý là độ tin cậy của đường dây thường thấp hơn của MBA nên biện pháp này ít được sử dụng.

3/San bằng đồ thị phụ tải của hộ tiêu thụ.

Như ta đã biết, giá trị điện áp tại các hộ tiêu thụ (HTT) phụ thuộc nhiều vào phương thức vận hành của HTĐ và vào sự thay đổi phụ tải của toàn hệ thống nói chung và của từng HTT nói riêng. Đồ thị phụ tải của các HTT do nhiều nguyên nhân (như do quá trình công nghệ, do việc tổ chức, sắp xếp sản xuất không thật hợp lý..) nên nhiều khi không thật bằng phẳng (giờ cao điểm công suất S quá lớn, giờ thấp điểm công suất lại quá bé) làm cho giá trị điện áp tại HTT thay đổi lớn, nhiều khi vượt quá trị số cho phép. Vì vậy trong trường hợp này để điều chỉnh điện áp ta có thể áp dụng biện pháp san bằng đồ thị phụ tải của HTT bằng cách phân bố phụ tải hợp lý theo thời gian ngày đêm của bản thân HTT cũng như giữa các HTT với nhau như bố trí các xí nghiệp làm việc 3 ca, chuyển các HTT hoặc các thiết bị có công suất lớn làm việc vào các giờ thấp điểm ban đêm.

§6-7 CÁC THIẾT BỊ BỔ TRỢ ĐIỆN ÁP.

Các thiết bị bổ trợ điện áp dùng để tạo nên một điện áp bổ sung vào đường dây (tăng hoặc giảm) để tác động trực tiếp lên điện áp của HTT. Tùy theo từng loại thiết bị bổ trợ mà các điện áp bổ sung này (hay sức điện động phụ) có thể cùng chiều, ngược chiều hoặc lệch đi một góc nào đó so với điện áp cơ bản cần điều chỉnh. Ta lần lượt xét một số thiết bị bổ trợ chủ yếu sau:

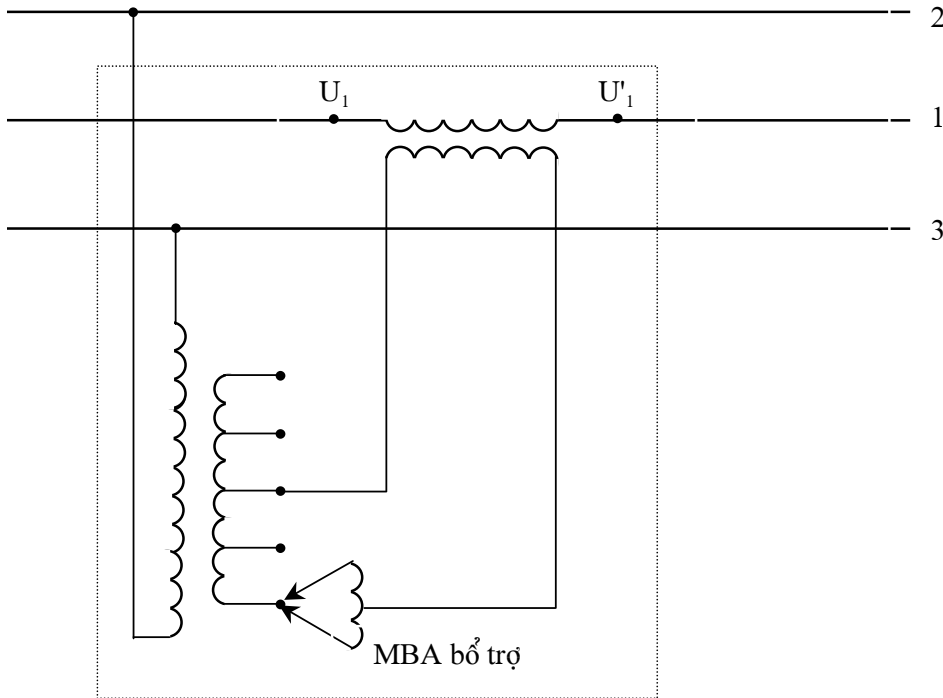
6.7.1. Máy biến áp tự ngẫu điều chỉnh.

Để điều chỉnh điện áp tại các HTT ta có thể dùng MBA tự ngẫu một hay ba pha có cuộn dây di động.

Việc di chuyển cuộn dây được thực hiện bằng tay hoặc bằng truyền động động cơ và điều chỉnh điện áp được thực hiện dưới tải trong giới hạn từ 10 tới 100 .Các MBA loại này thường chế tạo với công suất nhỏ (10-100KVA) và có dải điều chỉnh khá rộng. Biện pháp điều chỉnh này thường chỉ được áp dụng nhiều để điều chỉnh điện áp trực tiếp tại các HTT mà ít dùng trong mạng phân phối.

6.7.2 Máy biến áp bổ trợ.

Máy biến áp bổ trợ dùng để điều chỉnh điện áp gồm có 2 thiết bị độc lập là: MBA nối tiếp có cuộn dây sơ cấp mắc nối tiếp với đường dây và MBA điều chỉnh chuyên dụng hoặc MBA tự ngẫu. Sơ đồ nối MBA bổ trợ như hình 6.10.



Hình: 6-10

Điện áp trên đường dây U'_1 khác với điện áp của mạng cung cấp U_1 một giá trị sức điện động phụ thêm U_p của MBA nối tiếp:

$$U'_1 = U_1 + U_p.$$

Tùy theo sơ đồ nối khác nhau của MBA chuyên dụng mà MBA bổ trợ cho phép nhận được một sức điện động phụ thêm lệch pha bao nhiêu với điện áp cung cấp U_1 . Thông thường góc lệch pha bằng 0 (trùng pha) hoặc 30, 60, 90 độ.

Các MBA tạo nên sức điện động phụ thêm U_p trùng pha với điện áp cung cấp U_1 thì được gọi là MBA bổ trợ "điều chỉnh dọc", còn các MBA bổ trợ tạo nên điện áp phụ có góc lệch pha với điện áp chính một góc nào đó thì được gọi là MBA bổ trợ có "điều chỉnh ngang". Ngoài ra do có thể đảo chiều được nên MBA bổ trợ có thể điều chỉnh được điện áp theo hướng tăng hoặc giảm.

MBA bổ trợ được đặc trưng bởi "công suất tải qua" tức là công suất tải theo đường dây mà cuộn dây nối tiếp của MBA nối vào và "công suất tự dùng" của bản thân thiết bị.

Công suất tự dùng S_m có quan hệ với công suất tải qua S theo biểu thức:

$$S_m = n \cdot \Delta U_{dc} \cdot S / 100.$$

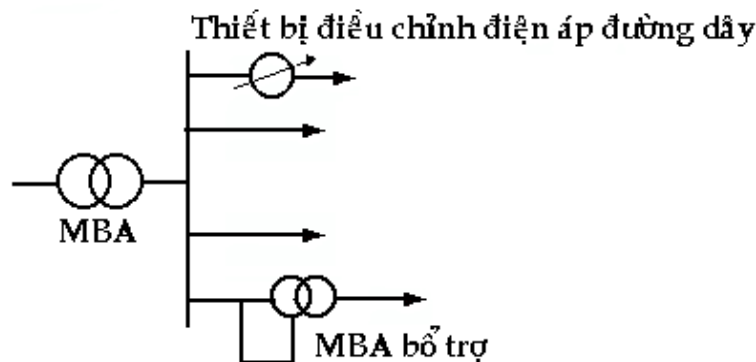
Trong đó: n là số nấc điều chỉnh của MBA điều chỉnh chuyên dụng.

ΔU_{dc} là tỷ lệ phần trăm thay đổi điện áp của mỗi nấc.

Tổn thất công suất tác dụng trong MBA bổ trợ thường không lớn, khoảng (0,5-2)%.

6.7.3. Thiết bị điều chỉnh điện áp đường dây.

Một trong các thiết bị bổ trợ điện áp ba pha cho phép điều chỉnh điện áp trên các đường dây hình tia là các thiết bị điều chỉnh điện áp đường dây (hình 6.11). Thiết bị này thường được nối nối tiếp vào các đường dây 6-110 KV và có công suất (tải qua) từ 400 KVA đến hàng chục MVA.



Hình 6.11

Thiết bị điều chỉnh điện áp đường dây có thể điều chỉnh điện áp dưới tải trong giới hạn $\pm 15\%$. Thiết bị điều chỉnh này thường gồm có: MBA điều chỉnh tự ngẫu mà cuộn dây nối tiếp 1 của nó được nối nối tiếp với đường dây như thế nào để đầu nối X của nó được nối với điện áp vào (chưa được điều chỉnh), còn đầu A nối với phía điện áp ra (đã được điều chỉnh). Cuộn dây kích thích 2 được cung cấp điện từ cuộn dây của MBA tự ngẫu 3, đầu a của cuộn dây này được nối với đường dây ở phía điện áp ra.

CHƯƠNG 7

TỐI ƯU HOÁ CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA MẠNG ĐIỆN.

§7-1 KHÁI NIỆM.

Mạng điện phải được thiết kế và vận hành một cách kinh tế nhất tức là có chi phí tính toán Z bé nhất. Muốn đạt được điều đó thì một yếu tố quan trọng là phải tìm mọi cách để giảm tổn thất công suất và tổn thất điện năng. Trong HTĐ tổn thất công suất có thể đạt tới 15% hoặc lớn hơn và tương ứng sẽ có một lượng tổn thất điện năng lớn. Vì vậy vấn đề giảm tổn thất công suất và điện năng có một ý nghĩa rất lớn vì:

-Giảm được tổn thất công suất thì giảm được vốn đầu tư để xây dựng nguồn điện (nhà máy điện)vì không phải tăng công suất của NMD để phát lượng công suất tổn thất đó.

-Giảm được tổn thất điện năng thì giảm được lượng nhiên liệu tiêu hao,giảm được giá thành sản xuất điện năng.

Các biện pháp chủ yếu để giảm tổn thất công suất và điện năng thường được áp dụng trong mạng điện là:

- 1/Nâng cao hệ số công suất($\cos \varphi$) của phụ tải.
 - 2/Phân phối công suất phản kháng trong HTĐ một cách hợp lý nhất (bù kinh tế).
 - 3/Nâng cao điện áp của mạng điện.
 - 4/Vận hành kinh tế các trạm biến áp.
 - 5/Tối ưu hoá chế độ mạng điện không đồng nhất.
 - 6/Lựa chọn sơ đồ nối dây hợp lý.
 - 7/Các biện pháp quản lý,tổ chức.
- Sau đây ta sẽ lần lượt xét một số biện pháp chính .

§7-2 NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT CỦA PHỤ TẢI.

Ta nhận thấy: $\Delta P = (S/U)^2 \cdot R = (P/U \cdot \cos \varphi)^2 \cdot R$

Vì vậy muốn giảm tổn thất công suất ta phải nâng cao hệ số công suất của phụ tải .Trong HTĐ các phụ tải là các động cơ không đồng bộ(KĐB) chiếm một tỷ lệ lớn .Hệ số công suất của động cơ KĐB phụ thuộc vào công suất, tốc độ và vào hệ số phụ tải của động cơ.

Công suất phản kháng mà các động cơ KĐB tiêu thụ có thể xác định theo biểu thức:

$$Q_t = Q_{kt} + (Q_{dm} - Q_{kt}) \cdot (K_{pt})^2$$

Trong đó $K_{pt} = P/P_{dm}$ là hệ số phụ tải của động cơ.

Vì ngay khi không tải Q_{kt} đã chiếm tới (60-70)% Q_{dm} nên khi K_{pt} giảm thì Q_t cũng giảm xuống và ngược lại. Vì vậy để giảm ta phải tìm mọi biện pháp để nâng cao hệ số $\cos\phi$. Các biện pháp chính để nâng cao $\cos\phi$ của phụ tải là:

a/ Thay các động cơ công suất lớn bằng các động cơ có công suất bé hơn phù hợp với công suất thực tế của máy công tác vì như vậy tăng được hệ số phụ tải của động cơ. Thực nghiệm và tính toán thấy rằng khi $K_{pt} < 0,45$ thì việc thay động cơ hoàn toàn có lợi, khi $K_{pt} > 0,7$ thì không nên thay còn khi $K_{pt} = 0,45-0,7$ thì cần so sánh mới quyết định được.

b/ Đổi cách đấu dây quấn động cơ từ Δ sang Y.

Ta biết công suất phản kháng không tải Q_{kt} của động cơ phụ thuộc vào bình phương điện áp vì vậy muốn giảm Q_{kt} ta có thể giảm điện áp đặt vào động cơ bằng biện pháp đổi cách đấu dây của động cơ từ Δ sang Y. Khi đổi như vậy thì điện áp đặt vào mỗi cuộn dây của động cơ sẽ giảm đi $\sqrt{3}$ lần vì vậy cần kiểm tra lại để khi chuyển đổi động cơ không bị quá tải. Thực tế cho thấy khi $K_{pt} < 0,4$ thì việc chuyển đổi như vậy là có lợi.

c/ Ngoài các biện pháp nêu trên, để nâng cao $\cos\phi$ người ta còn có thể sử dụng các biện pháp khác nữa như nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ, thay các động cơ điện không đồng bộ bằng các động cơ điện đồng bộ....

\$7-3 BÙ KINH TẾ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG TRONG MẠNG ĐIỆN.

Để giảm tổn thất công suất và điện năng trong HTĐ người ta có thể :

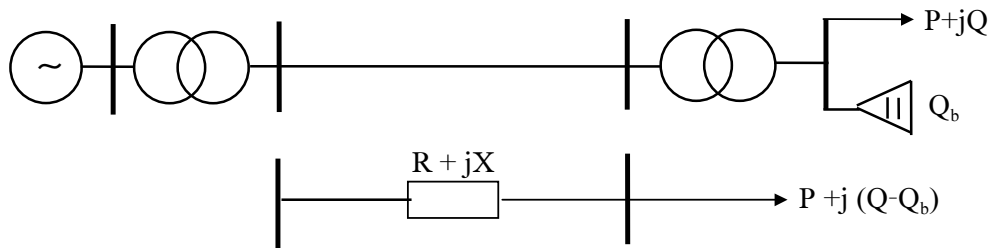
- Phân phối công suất tác dụng và phản kháng trong HTĐ một cách hợp lý nhất.

- Giảm công suất phản kháng truyền tải trên đường dây bằng biện pháp đặt các thiết bị bù (bù kinh tế).

Trong phần này ta xét kỹ biện pháp thứ hai là biện pháp bù kinh tế.

7.3.1 Khái niệm.

Nhận thấy rằng phần lớn phụ tải của mạng điện là các động cơ KĐB và các MBA có thấp (tiêu thụ nhiều Q) nên trên các đường dây của mạng điện phải chuyên chở một lượng công suất phản kháng Q lớn làm tăng các tổn thất công suất và tổn thất điện năng (vì $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$).



Hình 7-1

Như vậy muốn giảm ΔP , ΔA ta phải giảm lượng Q chuyên chở trên đường dây bằng cách đặt các thiết bị phát công suất phản kháng Q (gọi là thiết bị bù) ngay tại phụ tải (hình 7.1)

Giả thiết trước khi chưa đặt thiết bị bù, lượng công suất phản kháng truyền tải trên đường dây là Q thì tổn thất công suất là:

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$$

Sau khi đặt thiết bị bù với dung lượng là Q_b thì tổn thất giảm xuống chỉ còn là :

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q - Q_b)^2}{U^2} \cdot R < \Delta P_1 \quad \text{do đó giảm được tổn thất công suất và}$$

tổn thất điện năng.

Thông thường trong HTĐ $\cos \varphi$ phải được nâng lên trị số 0,9-0,95 (tăng $\cos \varphi > 0,95$ cũng không nên vì lúc đó ΔP chủ yếu xác định là do P chứ không phải Q vì vậy nâng cao lên nữa chỉ tốn Q_b mà ít giảm được $\Delta P, \Delta A$). Khi giảm được Q chuyên chở trong mạng điện thì $\cos \varphi$ của mạng điện (đường dây) được nâng cao. Hiệu quả của việc nâng cao $\cos \varphi$ của mạng điện là :

- Giảm được ΔP , ΔA (như đã phân tích).
- Có thể giảm được công suất của các MBA (vì giảm lượng công suất phản kháng truyền qua MBA).

Trong HTĐ hai loại thiết bị bù được sử dụng phổ biến nhất là tụ điện tĩnh (TĐT) và máy bù đồng bộ (MBĐB) tuy nhiên TĐT được sử dụng nhiều hơn vì những nguyên nhân sau :

-Tổn thất công suất tác dụng trong MBĐB lớn hơn nhiều so với TĐT: Ở MBĐB tổn thất công suất tác dụng trong một đơn vị bù là (1,3-5)% còn ở TĐT chỉ khoảng 0,5%.

-Sử dụng, vận hành TĐT dễ dàng, linh hoạt hơn nhiều so với MBĐB vì ở TĐT không có bộ phận quay như ở MBĐB. Khi bị hư hỏng từng bộ phận, TĐT vẫn có thể làm việc được trong lúc đó nếu MBĐB bị hư hỏng thì sẽ mất hết dung lượng bù. Ngoài ra TĐT có thể làm việc trong mạng điện với cấp điện áp bất kỳ còn MBĐB chỉ làm việc với một số cấp điện áp nhất định. Cũng cần chú ý rằng giá 1KVAR của TĐT ít phụ thuộc vào công suất đặt và có thể coi là không đổi còn giá 1KVAR của MBĐB lại phụ thuộc nhiều vào dung lượng của nó (công suất càng lớn giá càng rẻ).

7.3.2 Xác định dung lượng bù tối ưu (dung lượng bù kinh tế).

Khi đặt thiết bị bù để giảm Q ta sẽ giảm được ΔP do đó giảm được phí tổn do tổn thất điện năng nhưng mặt khác khi đặt thiết bị bù ta cũng phải tốn một khoản tiền để mua, lắp đặt, vận hành thiết bị bù đó. Việc đặt thiết bị bù sẽ có lợi nếu như số tiền tiết kiệm được do giảm tổn thất điện năng khi đặt thiết bị bù lớn hơn số tiền chi phí để đặt thiết bị bù hay nói cách khác dung lượng thiết bị bù (TĐT) lắp đặt hợp lý nhất về mặt kinh tế là dung lượng bảo đảm chi phí tính toán hàng năm Z bé nhất.

Gọi Z là chi phí tính toán toàn bộ trong một năm khi đặt bộ tụ điện tĩnh có dung lượng là Q_b tại mạng điện có một phụ tải $S = P + jQ$. Giả thiết rằng công suất TĐT không thay đổi trong suốt năm. Phí tổn Z bao gồm 3 phần :

1/Phí tổn do đặt tụ điện :

$$Z_1 = (a_{vh} + a_{tc})K_b = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot K_b^* \cdot Q_b.$$

Trong đó :

a_{vh} là hệ số vận hành của TĐT, thường lấy $a_{vh} = 0,1$.

a_{tc} là hệ số tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư (VĐT), $a_{tc} = 1/T_{tc}$, T_{tc} thường lấy 8 năm nên $a_{tc} = 0,125$.

K_b^* là giá tiền đầu tư cho một đơn vị dung lượng tụ điện (đ/KVAR).

2/Phí tổn về tổn thất điện năng do bản thân TĐT tiêu thụ .

$$Z_2 = C_0 \cdot \Delta A_b = C_0 \cdot \Delta P_b^* \cdot T = C_0 \cdot \Delta P_b^* \cdot Q_b \cdot T$$

Trong đó : C_0 là giá tiền 1kWh tổn thất điện năng.

ΔP_b^* là tổn thất công suất tác dụng trong một đơn vị dung lượng bù, với TĐT lấy $\Delta P_b^* = 0,005$.

T là thời gian TĐT làm việc. Nếu đặt TĐT tại trạm biến áp khu vực thì $T = 8760$ giờ/năm, còn nếu đặt tại các xí nghiệp thì $T = 2500-7000$ giờ/năm (2500 tương ứng với chế độ làm việc một ca, 7000 giờ ứng với xí nghiệp làm việc 3 ca).

3/Phí tổn về tổn thất điện năng trong mạng điện sau khi có đặt TĐT:

$$Z_3 = C_0 \cdot \Delta A = C_0 \Delta P \tau = C_0 \cdot \frac{(Q - Q_b)^2}{U^2} \tau \cdot R$$

(Ở đây ta không xét tới thành phần tổn thất điện năng do công suất tác dụng gây nên vì thành phần đó gần như không đổi đối với các phương án bù khác nhau).

Trong đó :

- Q là phụ tải phản kháng cực đại.

- R là điện trở của mạch tải điện (từ nguồn cung cấp đến vị trí đặt TĐT)

- τ là thời gian tổn thất công suất lớn nhất.

Vậy phí tổn tính toán tổng của mạng điện sau khi đặt TĐT là :

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 = (a_{vh} + a_{tc}) K_b^* Q_b + C_0 \cdot \Delta P_b^* \cdot Q_b \cdot T + \frac{C_0 (Q - Q_b)^2}{U^2} R \tau \quad (7.1)$$

Để xác định được công suất TĐT ứng với phí tổn tính toán bé nhất ta lấy đạo hàm của Z tổng theo Q_b và cho bằng không.

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_b} = (a_{vh} + a_{tc}) K_b^* + C_0 \cdot \Delta P_b^* \cdot T - \frac{2 C_0 (Q - Q_b)}{U^2} \cdot R \cdot \tau$$

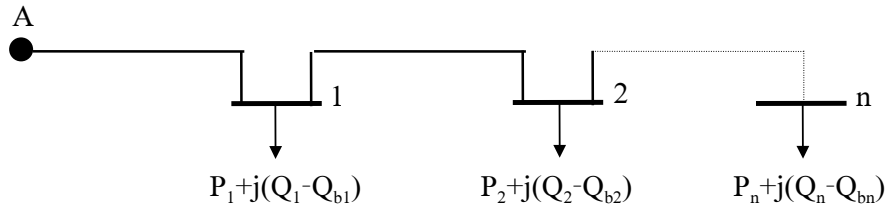
Từ đó :

$$Q_b = Q - \frac{U^2 [(a_{vh} + a_{tc}) K_b^* + C_0 T \Delta P_b^*]}{2 C_0 R \tau}$$

Trong công thức này nếu Q tính bằng MVAR, ΔP_b^* bằng đồng/MVAR, C_0 bằng đồng/MWh, U bằng KV thì Q_b sẽ bằng MVAR.

Chú ý: Việc tính bù kinh tế phải tiến hành cho từng nhánh độc lập. Nếu nhánh có nhiều phụ tải thì phương pháp tính toán cũng tương tự. Trong trường hợp này phí tổn tính toán Z tổng sẽ là hàm số của công suất các tụ điện $Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}$ đặt ở các hộ tiêu thụ khác nhau (hình 7.2). Để xác định được dung lượng bù kinh tế ở từng hộ tiêu thụ ta phải lấy đạo hàm của Z tổng theo các Q_{bi} ($i = 1 - n$) và cho mỗi đạo hàm bằng không. Số phương

trình cân có bằng số công suất chưa biết của bộ tụ điện. Với hệ phương trình đó ta tìm được các dung lượng cần bù Q_{bi} . Nếu Q_{bk} tại hộ k nào đó giải ra được là âm chứng tỏ việc đặt tụ điện tại hộ k đó là không hợp lý về mặt kinh tế, vì vậy ta thay Q_{bk} đó bằng không ở các phương trình $\frac{\partial Z}{\partial Q_{bi}} = 0$ và giải lại hệ phương trình một lần nữa.



Hình 7-2

Với các mạng điện kín, để xác định dung lượng bù kinh tế trước hết cần xác định sự phân bố công suất phản kháng trong mạng điện kín đó (sau khi đã có đặt các thiết bị bù tại các phụ tải), có thể tính gần đúng theo điện trở R . Sau đó lập hàm chi phí tính toán Z và tiến hành tương tự như các trường hợp trên.

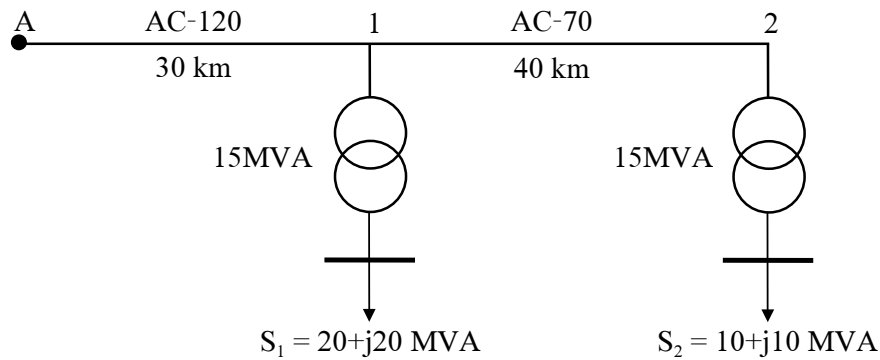
Ví dụ 7.1 :

Mạng điện 110 KV cung cấp điện cho 2 phụ tải bằng đường dây liên thông và 2 trạm biến áp 110/11 KV, các số liệu về phụ tải và về mạng điện cho trên hình vẽ dưới. Xác định dung lượng bù kinh tế tại thanh cái 10 KV trạm 1 và 2 biết thời gian tổn thất công suất lớn nhất của các phụ tải đều bằng 4500 giờ.

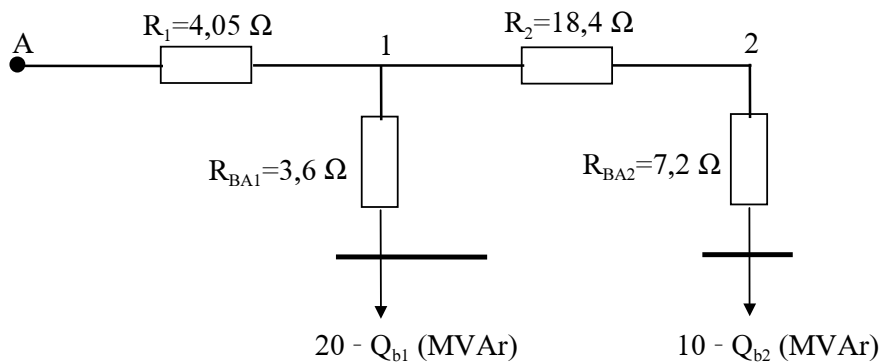
Giải :

Từ các số liệu của đường dây và máy biến áp ta tính được tổng trở của các phần tử của mạng điện và trên sơ đồ thay thế b chỉ ghi những số liệu cần thiết phục vụ cho bài toán bù. Giả sử tụ điện vận hành suốt năm $T=8760$ giờ và $K_b^* = 70\text{đ/KVAR}$; $a_{tc} = a_{vh} = 0,1$; $\Delta P_b^* = 0,005$; $C_0 = 0,1\text{đ/KWh}$. Hàm chi phí tính toán của mạng điện sau khi đặt thiết bị bù với dung lượng Q_{b1} , Q_{b2} là:

$$Z(Q_{b1}, Q_{b2}) = Z_1 + Z_2 + Z_3 = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot K_b^* \cdot (Q_{b1} + Q_{b2}) + C_0 \cdot \Delta P_b^* \cdot (Q_{b1} + Q_{b2}) \cdot T + \frac{C_0 \tau}{U^2} \left[(Q_2 - Q_{b2})^2 \cdot (R_2 + R_{B2}) + (Q_1 - Q_{b1})^2 R_{B1} + (Q_1 + Q_2 - Q_{b1} - Q_{b2})^2 \cdot R_1 \right]$$



a) Sơ đồ nguyên lý



b) Sơ đồ thay thế tính toán

$$Z = (0,1 + 0,1) \cdot 70 \cdot (Q_{b1} + Q_{b2}) + 0,1 \cdot 0,005 \cdot 8760 (Q_{b1} + Q_{b2}) + \frac{0,1 \cdot 4500}{10^3 \cdot 110^2} \left[(10 \cdot 10^3 - Q_{b2})^2 \cdot 25,6 + (20 \cdot 10^3 - Q_{b1})^2 \cdot 3,6 + (30 \cdot 10^3 - Q_{b1} - Q_{b2})^2 \cdot 4,05 \right]$$

Lần lượt lấy đạo hàm Z và cho bằng không ta có :

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 14 + 4,38 + 2,7 \cdot 10^{-5} \left[-7,2(20 \cdot 10^3 - Q_{b1}) - 8,1(30 \cdot 10^3 - Q_{b1} - Q_{b2}) \right] = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 14 + 4,38 + 2,7 \cdot 10^{-5} \left[-51,2(10 \cdot 10^3 - Q_{b2}) - 8,1(30 \cdot 10^3 - Q_{b1} - Q_{b2}) \right] = 0$$

Rút gọn lại ta được hai phương trình sau :

$$15,2Q_{b1} + 8Q_{b2} = -1,36 \cdot 10^5$$

$$8Q_{b1} + 51,2Q_{b2} = 2,32 \cdot 10^5$$

Giải hệ phương trình trên ta nhận được : $Q_{b1} = -12500 \text{ KVAR}$; $Q_{b2} = 2250 \text{ KVAR}$

Vì $Q_{b1} < 0$ nên tại hộ phụ tải 1 không cần đặt thiết bị bù, ta loại bỏ phương trình thứ nhất ($\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0$) và chỉ giữ lại phương trình thứ 2 của hệ

phương trình trên trong đó đã cho $Q_{b1} = 0$:

$$51,2 Q_{b2} = 2,32 \cdot 10^5 .$$

Từ đó ta tìm được dung lượng bù kinh tế tại thanh cái 10 KV của hộ thứ 2 là : $Q_{b2} = 4500 \text{ KVA}$

Hệ số công suất trước và sau khi bù bằng :

$$\cos \varphi_2 = \frac{10}{\sqrt{10^2 + 10^2}} = 0,71$$

$$\cos \varphi_2' = \frac{10}{\sqrt{10^2 + 5,5^2}} = 0,875$$

7.3.3 Bù công suất phản kháng trong mạng phân phối.

Trong các mạng phân phối thường đã biết được công suất tổng cần bù cho toàn mạng Q_b (do tính toán từ mạng cung cấp). Vì vậy trong các mạng điện phân phối bài toán được đặt ra là cần phải phân phối tổng đó giữa các phụ tải sao cho tối ưu nhất tức là có chi phí tính toán Z bé nhất. Vì ở đây tổng Q_b đã biết nên trong việc lập hàm Z để tìm sự phân bố tối ưu ta chỉ quan tâm đến chi phí do tổn thất điện năng sau khi đặt thiết bị bù Z_3 thôi. Mặt khác $Z_3 = C \cdot \Delta A = C \cdot \Delta P \cdot \tau$ nên có thể nói cực tiểu của Z_3 chính là cực tiểu của ΔP .

Như vậy hàm mục tiêu có dạng :

$$\min Z = \min Z_3 = \min \Delta P = \min \Delta P(Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}) \quad (7.2)$$

Trong đó Q_{bi} là công suất bù đặt tại các phụ tải i , ($i = 1-n$).

Các ràng buộc là :

$$\sum_1^n Q_{bi} = Q_{b\Sigma} \quad (7.3)$$

$$Q_{bi} \geq 0 \quad (7.4)$$

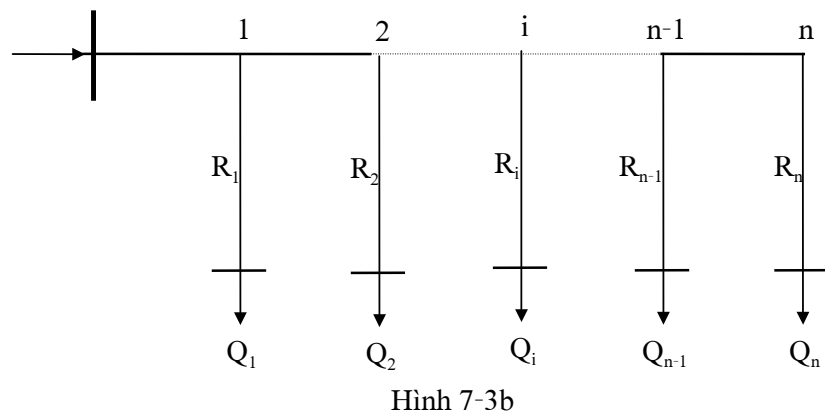
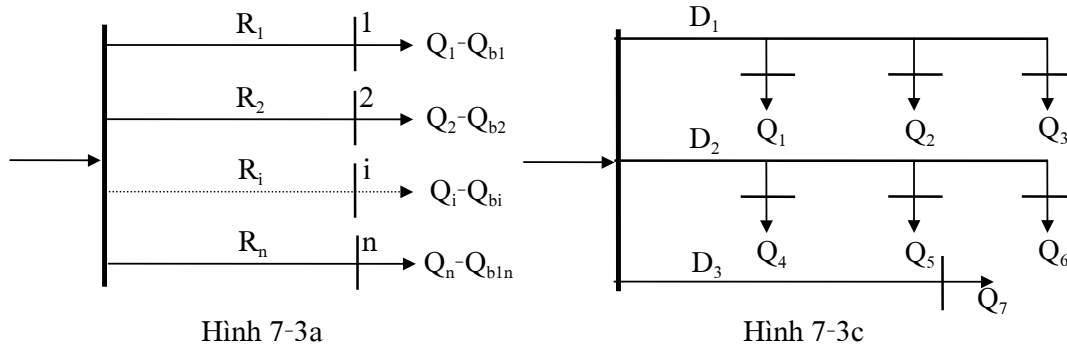
$$U_{imin} \leq U_i \leq U_{imax} \quad (7.5)$$

$$Q_{bi} \leq Q_{imax} \quad (7.6)$$

Điều kiện (7.3) có nghĩa là công suất của các thiết bị bù phải bằng công suất tổng đã cho. Hạn chế (7.4) chỉ ra rằng công suất của các thiết bị bù không âm, còn ràng buộc (7.5) dùng để kiểm tra điện áp các nút. Điều kiện (7.6) được đưa vào, nếu như không cho phép quá bù công suất phản kháng ở nút đã cho.

Để giải bài toán trên cần sử dụng các phương pháp qui hoạch phi tuyến, nhưng đối với các mạng hình tia đơn giản có thể giải bài toán này theo phương pháp sau :

Giả thiết cần phân phối công suất tổng các thiết bị bù cho các nút của mạng phân phối như ở hình vẽ 7.3 a.



Nếu mạng chỉ có 2 đường dây hình tia thì tổn thất công suất tác dụng do phụ tải phản kháng gây ra là :

$$\Delta P = \frac{1}{U_{dm}^2} [(Q_1 - Q_{b1})^2 . R_1 + (Q_2 - Q_{b2})^2 . R_2] \quad (7.7)$$

Ở đây : Q_1, Q_2 là phụ tải phản kháng của hộ tiêu thụ 1 và 2 ; Q_{b1}, Q_{b2} là công suất cần tìm của các thiết bị bù ở nút 1 và 2 ; R_1, R_2 là điện trở của các đường dây 1 và 2.

Từ điều kiện :

$$Q_{b1} + Q_{b2} = Q_{b\Sigma} \quad (7.8)$$

ta có : $Q_{b2} = Q_{b\Sigma} - Q_{b1}$

$$\text{Cho nên : } \Delta P = \frac{1}{U_{dm}^2} [(Q_1 - Q_{b1})^2 . R_1 + (Q_2 - Q_{b\Sigma} + Q_{b1})^2 . R_2]$$

Công suất bù tối ưu tìm được từ phương trình :

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{b1}} = \frac{2}{U_{dm}^2} \left[-(Q_1 - Q_{b1})R_1 + (Q_2 - Q_{b\Sigma} + Q_{b1})R_2 \right]$$

Do đó :

$$\left[(Q_1 - Q_{b1})R_1 \right] = \left[(Q_2 - Q_{b2})R_2 \right]$$

$$\text{Sau khi biến đổi nhận được : } \frac{Q_1 - Q_{b1}}{Q_2 - Q_{b2}} + 1 = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

hay qui đồng rồi nhân 2 vế với $1/R_2$ ta có :

$$\frac{Q_1 + Q_2 - Q_{b1} - Q_{b2}}{(Q_2 - Q_{b2})R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$\text{Đặt } Q_1 + Q_2 = Q \quad (7.9)$$

$$\text{và biết rằng: } Q_{b1} + Q_{b2} = Q_{b\Sigma}$$

$$\text{do đó : } = \frac{Q - Q_{b\Sigma}}{(Q_2 - Q_{b2})R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_{td}}$$

$$\text{Vì vậy: } (Q_1 - Q_{b1})R_1 = (Q_2 - Q_{b2})R_2 = (Q - Q_{b\Sigma})R_{td} \quad (7.10)$$

Với mạng điện gồm n nhánh đường dây hình tia (hình 7.3a) ta có quan hệ sau :

$$(Q_1 - Q_{b1})R_1 = (Q_2 - Q_{b2})R_2 = \dots = (Q_n - Q_{bn})R_n = (Q - Q_{b\Sigma})R_{td} \quad (7.11)$$

trong đó :

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (7.12)$$

Công suất bù tối ưu tại các nút của mạng điện được xác định theo :

$$Q_{b1} = Q_1 - (Q - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_1}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - (Q - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_2} \quad (7.13)$$

.....

$$Q_{bn} = Q_n - (Q - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_n}$$

Nếu công suất bù ở một nút i nào đó có giá trị âm ($Q_{bi} < 0$) có nghĩa là không cần đặt thiết bị bù tại nút i đó, cho nên cần tính lại điện trở tương đương khi không có nhánh i và xác định lại công suất các thiết bị bù.

Phương pháp khảo sát ở trên cũng có thể áp dụng để giải bài toán phân phối hợp lý các thiết bị bù trong mạng chính có các nhánh (hình 7.3 b). Trong trường hợp này điện trở tương đương đối với mỗi nút của mạng được xác định như sau :

$$R_{td} = R_n$$

$$\frac{1}{R_{td(n-1)}} = \frac{1}{R_{n-1}} + \frac{1}{R_{(n-1)n} + R_n}$$

$$\frac{1}{R_{tdi}} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_{i(i+1)} + R_{td(i+1)}} \quad (7.14)$$

$$\frac{1}{R_{td1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{12} + R_{td2}}$$

Từ phương trình (7.11) đối với nút 1 có thể viết :

$$(Q_1 - Q_{b1})R_1 = (Q - Q_{b\Sigma})R_{td1}$$

trong đó : $Q = \sum_1^n Q_i$

Đối với nút 2:

$$(Q_2 - Q_{b2})R_2 = [(Q - Q_1) - (Q_{b\Sigma} - Q_{b1})]R_{td} = (Q'_1 - Q'_{b1})R_{td2} \quad (7.16)$$

Đối với nút i:

$$(Q_i - Q_{bi})R_i = (Q'_{i-1} - Q'_{b(i-1)})R_{tdi} \quad (7.17)$$

ở đây Q_i là phụ tải nối vào cuối đường dây có điện trở và đi ra từ nút i

$Q'_{(i-1)}$ là phụ tải nối sau nút (i-1) của mạng điện chính.

$Q'_{b(i-1)}$ là công suất thiết bị bù để phân phối sau nút (i-1).

R_{tdi} là điện trở tương đương ở nút i.

Từ đó công suất tối ưu của các thiết bị bù được xác định theo công thức :

$$Q_{b1} = Q_1 - (Q - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td1}}{R_1}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - (Q'_1 - Q'_{b1}) \frac{R_{td2}}{R_2} \quad (7.18).$$

$$Q_{bi} = Q_i - (Q'_{(i-1)} - Q'_{b(i-1)}) \frac{R_{tdi}}{R_i}$$

Trường hợp riêng khi: $R_1 = R_2 = \dots = R_n = 0$

Nghĩa là các phụ tải nối trực tiếp vào đường dây chính thì sự phân bố kinh tế các thiết bị bù được xác định như sau : trước hết cần bù hoàn toàn công suất Q_n ở nút xa nhất, sau đó nếu $Q_{b\Sigma} > Q_{bn}$ tiến hành bù công suất nút thứ n-1 và vân vân.

Phương pháp trên cũng có thể dùng để giải gần đúng bài toán phân phối thiết bị bù trong mạng điện hỗn hợp (hình 7.3c). Để xác định điện trở tương đương của đường dây chính D1 có các nhánh cần áp dụng công thức (7.14) còn với đường dây chính D2 không có nhánh có thể xác định điện trở

tương đương từ quan hệ tương đương về tổn thất công suất theo công thức sau :

$$R_{td2} = \frac{Q_3^2 R_{23} + (Q_3 + Q_2)^2 R_{12} + (Q_3 + Q_2 + Q_1)^2 R_{01}}{(Q_3 + Q_2 + Q_1)^2}$$

Điện trở tương đương đối với các đường dây chính có số phụ tải lớn hơn 3 được xác định tương tự.

Sau khi đã tính được điện trở tương đương của các đường dây chính, bài toán chuyển sang phân phối các thiết bị bù giữa các đường dây hình tia như đã biết.

§7-4 VẬN HÀNH KINH TẾ CÁC TRẠM BIẾN ÁP.

Trong một trạm biến áp có thể có nhiều máy biến áp làm việc song song với nhau (do yêu cầu về độ tin cậy cung cấp điện hay do yêu cầu về độ lớn của phụ tải), mặt khác ta lại biết phụ tải của các trạm biến áp lại luôn luôn thay đổi, vì vậy một vấn đề được đặt ra là phải vận hành (đóng cắt) các MBA trong trạm như thế nào cho kinh tế nhất, tức là để có tổn thất công suất bé nhất.

Xét các trường hợp sau :

7.4.1 Trạm có các MBA hoàn toàn giống nhau làm việc song song.

Giả sử khi công suất của toàn trạm là S , công suất định mức của mỗi MBA là S_{dm} và tổn thất ngắn mạch và không tải tương ứng là ΔP_N , ΔP_0 .

Nếu công suất của trạm là S mà cho vận hành n máy biến áp song song thì tổn thất công suất trong toàn trạm là;

$$\Delta P_n = n\Delta P_0 + n\Delta P_{cu} = n\Delta P_0 + n\Delta P_N \left(\frac{S}{nS_{dm}} \right)^2 = n\Delta P_0 + \frac{1}{n}\Delta P_N \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

Nếu vẫn là tải của toàn trạm là S mà ta cho vận hành $(n-1)$ MBA thì tổn thất công suất trong toàn trạm là:

$$\Delta P_{n-1} = (n-1)\Delta P_0 + \frac{1}{n-1}\Delta P_N \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2$$

Nếu như tổn thất công suất ΔP của trạm lúc vận hành $(n-1)$ máy biến áp nhỏ hơn tổn thất công suất khi vận hành n máy biến áp thì ta nên cho vận hành $(n-1)$ máy biến áp (tức là cắt một MBA). Hay nói cách khác điều kiện để cắt đi một máy biến áp là:

$$\Delta P_{n-1} < \Delta P_n.$$

Tức là :

$$(n-1)\Delta P_0 + \frac{1}{n-1}\Delta P_N \left(\frac{S}{S_{dm}}\right)^2 < n\Delta P_0 + \frac{1}{n}\Delta P_N \left(\frac{S}{S_{dm}}\right)^2$$

Từ đó:

$$S < S_{gh} = \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_0}{\Delta P_N}} \cdot S_{dm}$$

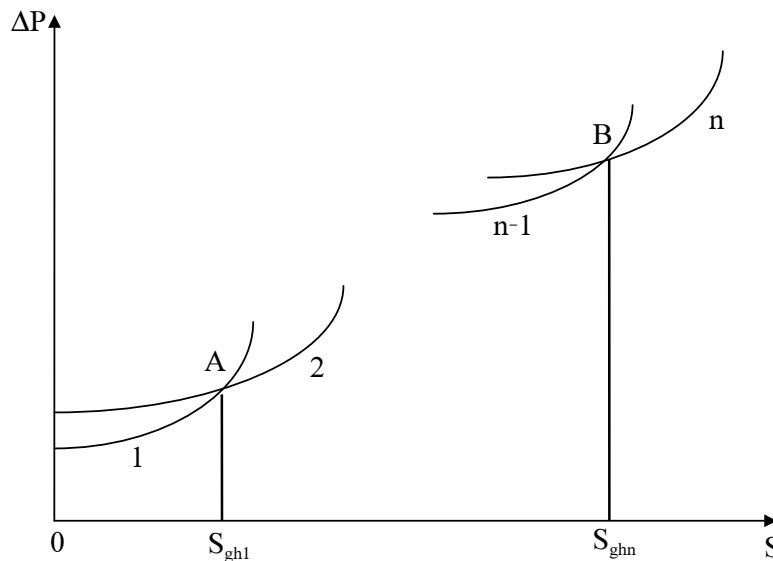
Vậy :

Khi công suất của trạm $S > S_{gh}$ nên cho n máy biến áp làm việc song song.

Khi công suất của trạm $S = S_{gh}$ có thể cho n hay $n-1$ máy làm việc.

Khi công suất của trạm $S < S_{gh}$ nên cho $n-1$ máy làm việc.

Chú ý là ta cũng có thể sử dụng các đường cong tổn thất $\Delta P = f(S)$ để xây dựng các đồ thị cho trạm biến áp có nhiều MBA làm việc song song, từ đó cũng xác định chế độ vận hành tối ưu cho các trạm biến áp (để có ΔP min).



Hình 7-4

Ví dụ trên hình 7.4 tại điểm A ta có công suất giới hạn S_{gh1} để chuyển từ 1 sang 2 MBA làm việc hay ngược lại. Khi :

$S < S_{gh1}$ cần cho 1 máy làm việc.

$S > S_{gh1}$ cần cho 2 máy làm việc song song.

Tương tự tại điểm B ta có công suất giới hạn S_{ghn} để chuyển từ vận hành n sang $n-1$ máy và ngược lại.

7.4.2 Khi trạm có các MBA có các công suất khác nhau làm việc song song.

Nếu trạm có các MBA khác nhau vận hành song song (điều kiện?) thì cũng lý luận tương tự như trường hợp trạm có các MBA hoàn toàn giống nhau làm việc song song ta cũng có :

-Khi trạm có n máy làm việc song song :

$$\Delta P_n = \Delta P_{01} + \Delta P_{02} + \dots + \Delta P_{0n} + \Delta P_{N1} \left(\frac{S_1}{S_{dmi1}} \right)^2 + \Delta P_{N2} \left(\frac{S_2}{S_{dmi2}} \right)^2 + \dots + \Delta P_{Nn} \left(\frac{S_n}{S_{dmi n}} \right)^2$$

Trong đó S_i ($i=1-n$) là phụ tải của máy biến áp thứ i .

S_{dmi} là công suất định mức của MBA thứ i .

Biết rằng khi các MBA khác nhau làm việc song song mà có điện áp ngắn mạch bằng nhau thì các phụ tải S_i của mỗi máy nhận được sẽ tỷ lệ thuận với công suất định mức của nó nghĩa là :

$$S_i = S \frac{S_{dmi}}{\sum_1^n S_{dmi}}$$

trong đó S là phụ tải của toàn trạm ($S = \sum_{i=1}^n S_i$). Vì vậy ta có tổn thất

công suất trong toàn trạm khi có n máy biến áp làm việc song song là :

$$\Delta P_n = \sum_1^n \Delta P_{0i} + \Delta P_{N1} \left(\frac{S}{\sum_1^n S_{dmi}} \right)^2 + \Delta P_{N2} \left(\frac{S}{\sum_1^n S_{dmi}} \right)^2 + \Delta P_{Nn} \left(\frac{S}{\sum_1^n S_{dmi}} \right)^2$$

Hay ngắn gọn hơn :

$$\Delta P_n = \sum_1^n \Delta P_{0i} + \left(\frac{S}{\sum_1^n S_{dmi}} \right)^2 \sum_1^n \Delta P_{Ni}$$

-Khi cắt 1 máy biến áp trạm còn lại n-1 MBA làm việc song song thì

$$\text{tổn thất trong trạm là : } \Delta P_{n-1} = \sum_1^{n-1} \Delta P_{0i} + \left(\frac{S}{\sum_1^{n-1} S_{dmi}} \right)^2 \sum_1^{n-1} \Delta P_{Ni}$$

Việc cắt 1 máy sẽ có lợi khi : $\Delta P_{(n-1)} < \Delta P_n$. Từ đó ta xác định được công suất của trạm để chuyển từ n sang (n-1) máy là :

$$S < S_{gh} = \sqrt{\frac{\Delta P_{0n} \left(\sum_1^n S_{dm} \right)^2 \left(\sum_1^{n-1} S_{dm} \right)^2}{\left(\sum_1^{n-1} \Delta P_N \right) \left(\sum_1^n S_{dm} \right)^2 - \left(\sum_1^n \Delta P_N \right) \left(\sum_1^{n-1} S_{dm} \right)^2}}$$

§7.5 NÂNG CAO ĐIỆN ÁP CỦA MẠNG ĐIỆN.

Từ công thức : $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$

ta thấy có thể giảm tổn thất công suất ΔP bằng cách :

-Nâng cao điện áp định mức của mạng điện (khi thiết kế) ,tức là chuyển từ một cấp điện áp thấp lên một cấp định mức khác cao hơn,ở đây cần lưu ý rằng khi tăng điện áp định mức lên thì giảm được các tổn thất ΔP , ΔA nhưng có thể phải tăng chi phí rất lớn nên cần phải tính toán ,cân nhắc kỹ càng và việc này được thực hiện chủ yếu trong giai đoạn thiết kế.

-Nâng cao điện áp vận hành của mạng điện. Trong phương pháp này ta duy trì một điện áp vận hành của mạng điện ở một mức tương đối cao có thể (so với giá trị định mức).Về nguyên tắc điện áp vận hành càng cao càng tốt ,tuy nhiên mức điện áp được nâng lên đó không được vượt quá trị số điện áp vận hành cho phép lớn nhất đối với mỗi cấp điện áp (thường $\leq 1,15U_{dm}$ với các cấp điện áp ≤ 220 KV và $\leq 1,05 U_{dm}$ với các cấp điện áp > 220 KV) vì nếu vượt quá các trị số cho phép đó thì các thiết bị có thể bị hư hỏng hoặc tuổi thọ của chúng sẽ bị giảm xuống đáng kể.

Muốn nâng cao điện áp vận hành của mạng điện ta có thể sử dụng các biện pháp như :

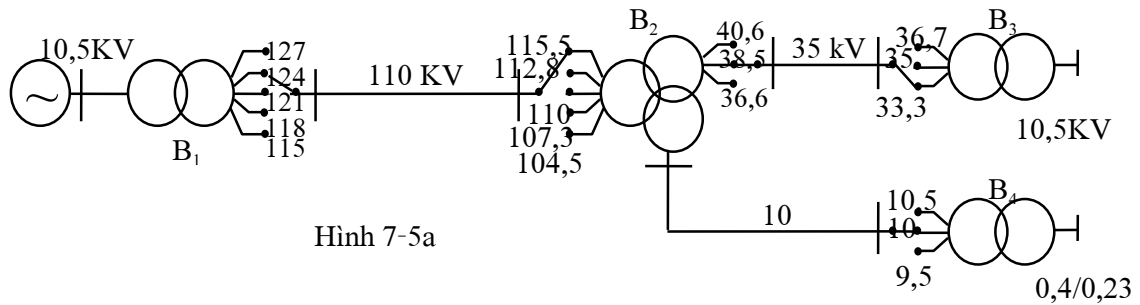
- Thay đổi đầu phân áp của các máy biến áp.
- Nâng cao điện áp của các máy phát điện.

Biện pháp thứ nhất thường được sử dụng nhiều nên ta xét một ví dụ cụ thể về việc áp dụng phương pháp này.

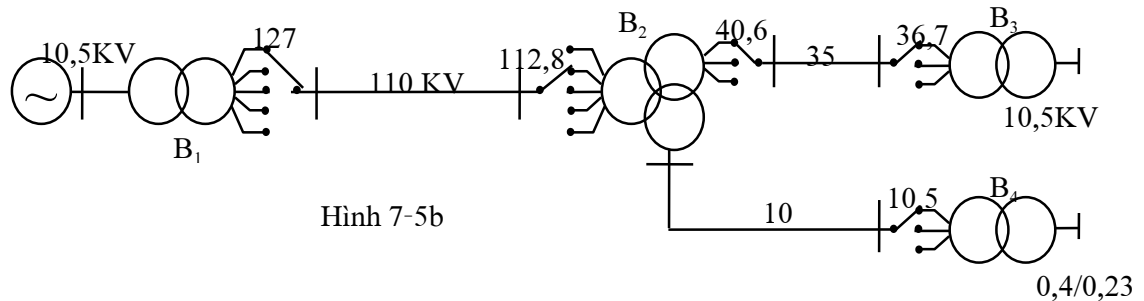
Giả thiết có một mạng điện như hình vẽ 7.5a sau .Cần thay đổi một số đầu phân áp của các MBA tăng và giảm nhằm mục đích :

- Nâng mức điện áp ở đường dây 110 KV lên 2,5 %.
- Nâng mức điện áp ở đường dây 35 KV lên 10 %.
- Nâng mức điện áp ở đường dây 10 KV lên 5 %.

nhưng phải giữ điện áp ở thanh cái hạ áp của hai trạm B3 và B4 không đổi.



Hình 7-5a



Hình 7-5b

Trên hình 7.5a đã chỉ rõ các đầu phân áp của tất cả các MBA tăng và giảm ở các cấp điện áp 110 KV, 35 KV và 10 KV.

Muốn đạt được yêu cầu nâng cao điện áp vận hành trên ta lần lượt thay đổi các đầu phân áp như sau (hình 7.5b):

-Tại máy biến áp B1 ta chuyển từ đầu phân áp 124 KV sang đầu phân áp 127 KV, như vậy điện áp phía đường dây 110 KV được nâng lên 2,5 %.

-Tại bên cao áp B2 ta chuyển đầu phân áp từ 115,6 KV xuống đầu 112,8 KV việc này sẽ làm cho điện áp phía đường dây 35 và 10 KV được nâng lên 2,5%. Như vậy việc chuyển đầu phân áp của cả 2 MBA B1 và B2 đã nâng điện áp phía đường dây 35 và 10 KV tổng cộng lên 5%. Như thế muốn cho điện áp ở đường dây 35 KV nâng cao lên 10 % thì ta chỉ việc chuyển đầu phân áp 38,5 KV (ở cuộn trung áp của MBA B2) sang đầu 40,6 KV (tăng thêm 5% nữa). Muốn bảo đảm điện áp trên thanh cái hạ áp của máy biến áp B3 không đổi thì tại B3 ta chuyển từ đầu phân áp 33,3 KV sang đầu 36,7 KV. Tương tự để bảo đảm điện áp trên thanh cái hạ áp của không đổi thì tại B4 ta chuyển từ đầu 10 KV sang đầu 10,5 KV.

Từ ví dụ trên ta cũng thấy được rằng: Tăng mức điện áp ở một đường dây không những có ảnh hưởng tới tổn thất công suất của chính đường dây đó mà còn ảnh hưởng tới cả tổn thất công suất của các đường dây khác. Ví dụ tăng mức điện áp của đường dây 35 KV sẽ giảm bớt được tổn thất công suất của chính đường dây đó, đồng thời công suất chuyển chở qua đường dây 110 KV do đó cũng giảm bớt đi và như vậy chính tổn thất công suất của đường dây 110 KV cũng sẽ được giảm bớt.

Tóm lại việc lựa chọn đầu phân áp của các máy biến áp có thể kết hợp vừa để điều chỉnh điện áp vừa để nâng cao điện áp vận hành của mạng nhằm giảm các tổn thất.

§7.6 TỐI ƯU HOÁ CHẾ ĐỘ MẠNG ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG NHẤT.

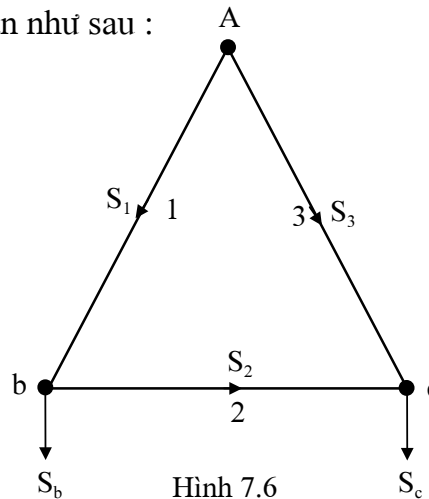
Mạng điện đồng nhất, như ta đã biết là mạng điện có tỷ số X/R trên các đoạn không đổi, khái niệm mạng điện đồng nhất thường gắn liền với các mạng điện kín. Trong các mạng điện đồng nhất thì sự phân bố công suất tự nhiên trùng với sự phân bố công suất kinh tế.

7.6.1 Sự phân bố kinh tế công suất trong mạng điện kín.

Giả sử có một mạng điện kín như ở hình vẽ 7.6, ta xác định được sự phân bố công suất tự nhiên trên các đoạn như sau :

$$S_1 = \frac{S_b(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3) + S_c \hat{Z}_3}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3}$$

$$S_3 = \frac{S_c(\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2) + S_b \hat{Z}_1}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3}$$



Hình 7.6

Đó là sự phân bố công suất tự nhiên và với những mạng điện kín không đồng nhất thì sự phân bố tự nhiên đó khác với sự phân bố kinh tế. Ở đây ta hiểu sự phân bố kinh tế công suất là sự phân bố công suất mà trong đó tổn thất công suất tác dụng trong mạng điện là nhỏ nhất.

Trước hết ta chứng minh là mạng điện đồng nhất có tổn thất công suất tác dụng bé nhất.

Với mạng điện kín trên hình 7.6 ta có tổn thất công suất tác dụng trong toàn mạng là :

$$\Delta P = \left(\frac{S_1}{U}\right)^2 R_1 + \left(\frac{S_2}{U}\right)^2 R_2 + \left(\frac{S_3}{U}\right)^2 R_3$$

Mà $P_2 = P_1 - P_b$, $Q_2 = Q_1 - Q_b$, $P_3 = P_b + P_c - P_1$, $Q_3 = Q_b + Q_c - Q_1$ nên:

$$\Delta P = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} R_1 + \frac{(P_1 - P_b)^2 + (Q_1 - Q_b)^2}{U^2} R_2 + \frac{(P_b + P_c - P_1)^2 + (Q_b + Q_c - Q_1)^2}{U^2} R_3$$

Để tìm sự phân bố công suất trong mạng sao cho tổn thất công suất tác dụng là nhỏ nhất(min) ta lấy đạo hàm bậc nhất của ΔP theo P_1 và Q_1 và cho bằng không :

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial P_1} = \frac{2P_1}{U^2} R_1 + \frac{2(P_1 - P_b)}{U^2} R_2 - \frac{2(P_b + P_c - P_1)}{U^2} R_3$$

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_1} = \frac{2Q_1}{U^2} R_1 + \frac{2(Q_1 - Q_b)}{U^2} R_2 - \frac{2(Q_b + Q_c - Q_1)}{U^2} R_3$$

Giải ra ta có :

$$P_{1kt} = \frac{P_b(R_2 + R_3) + P_c R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$Q_{1kt} = \frac{Q_b(R_2 + R_3) + Q_c R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Vậy :

$$S_{1kt} = P_{1kt} + jQ_{1kt}$$

Đó là điều kiện phân bố kinh tế của công suất trong mạng điện kín trên .Rõ ràng nếu đường dây của mạng điện là thuần điện trở hoặc là mạng điện đồng nhất(có tỷ số X/R không đổi) thì sự phân bố công suất tự nhiên mới trùng với sự phân bố công suất kinh tế.

Trong các mạng điện không đồng nhất, để chuyển sự phân bố công suất tự nhiên sang phân bố kinh tế(có ΔP min) thì trong mạch vòng kín cần phải có thêm một sức điện động phụ. Sức điện động phụ đó sẽ tạo ra một công suất cân bằng S_{cb} có trị số bằng hiệu số của công suất khi phân bố kinh tế và khi phân bố tự nhiên :

$$S_{cb} = S_{1kt} - S_1$$

7.6.2 Các biện pháp tối ưu hoá chế độ mạng điện không đồng nhất.

Để tối ưu hoá chế độ mạng điện không đồng nhất tức là chuyển sự phân bố công suất tự nhiên(theo tổng trở) thành phân bố kinh tế công suất (theo điện trở) có thể áp dụng một số biện pháp chính như sau:

7.6.2.1 Chọn thông số máy biến áp điều chỉnh dọc-ngang.

Nếu tổng trở của mạch vòng kín là $Z = R + jX$ thì để tạo ra nguồn công suất cân bằng $S_{cb} = S_{1kt} - S_1$ thì cần có một sức điện động là :

$$E_{cb} = \frac{S_{cb} Z}{U_{dm}} = \frac{(P_{cb} - jQ_{cb})(R + jX)}{U_{dm}} = \frac{P_{cb} R + X Q_{cb} + j(X P_{cb} - R Q_{cb})}{U_{dm}} = E'_{cb} \pm jE''_{cb}$$

E'_{cb} là thành phần cùng pha với điện áp của mạng điện nên được gọi là sức điện động dọc và được tính như sau :

$$E'_{cb} = \frac{P_{cb} R + X Q_{cb}}{U_{dm}}$$

E''_{cb} là thành phần lệch pha với điện áp của mạng điện một góc +90 độ hay -90 độ nên được gọi là sức điện động ngang và được tính như sau :

$$E''_{cb} = \frac{(X P_{cb} - R Q_{cb})}{U_{dm}}$$

Theo các giá trị của E'_{cb} và E''_{cb} ta cũng có thể tìm được trị số nguồn công suất cân bằng :

$$P_{cb} = \frac{(E'_{cb} R + E''_{cb} X) U_{dm}}{R^2 + X^2}$$

$$Q_{cb} = \frac{(E'_{cb} X - E''_{cb} R) U_{dm}}{R^2 + X^2}$$

Với các mạng điện có điện áp 110 KV có $X \gg R$ nên một cách gần đúng ta có thể viết :

$$P_{cb} = \frac{E''_{cb} U_{dm}}{X}$$

$$Q_{cb} = \frac{E'_{cb} U_{dm}}{X}$$

Từ đó ta thấy rằng với các mạng điện khu vực đó thì thành phần sức điện động dọc chủ yếu để phân bố lại công suất phản kháng tải trên đường dây và thành phần sức điện động ngang chủ yếu phân bố lại công suất tác dụng tải trên đường dây.

Sức điện động dọc phụ có thể có được nhờ sự không cân bằng hệ số biến đổi của các MBA đấu trong mạch vòng kín (hình 7.7) và được xác định theo công thức :

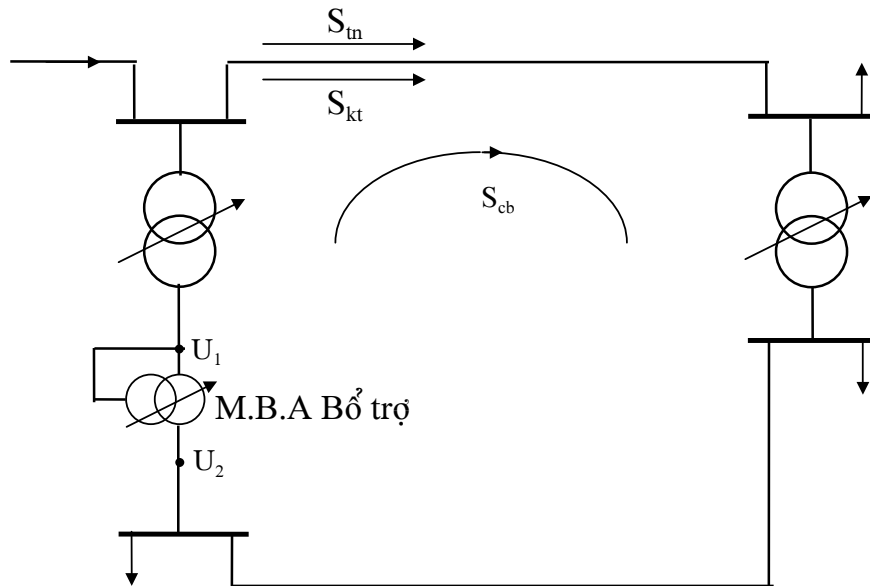
$$E'_{cb} = U_{dm} \left(1 - \prod_1^n K_i \right)$$

Ở đây K_i là hệ số biến áp của nhánh thứ i trong mạch vòng;

n là số nhánh trong mạch vòng.

Để tạo ra sức điện động ngang phụ thì cần phải đặt máy biến áp bổ trợ có điều chỉnh ngang. Nguyên lý nối dây và đồ thị véc tơ của MBA bổ trợ điều chỉnh ngang như ở hình 6.10. Ở pha 1 đặt thêm sức điện động phụ lệch pha 90^0 với điện áp U_1 của cuộn dây của MBA chính. Thay đổi vị trí của bộ phận đổi nối N ta có thể đặt vào các sức điện động phụ ngang vượt trước

hay chậm sau. Vị trí đặt MBA bổ trợ thường chọn tại đoạn đường dây nào có công suất tải bé nhất để bảo đảm tính kinh tế.

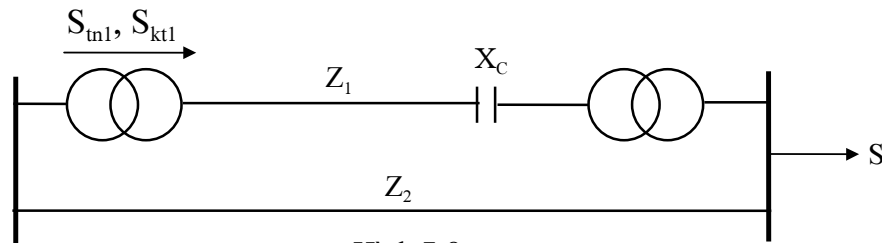


Hình 7-7

7.6.2.2. Chọn thông số thiết bị bù dọc cho mạng không đồng nhất.

Bù dọc là một trong các biện pháp tối ưu hoá mạng điện không đồng nhất vì nó giảm sự không đồng nhất của mạng điện vì vậy đưa sự phân bố công suất tự nhiên về gần với sự phân bố kinh tế.

Để giảm sự không đồng nhất trong mạng điện ta có thể bù dọc điện dung trong các nhánh có điện cảm lớn hoặc bù dọc điện cảm đối với các nhánh có điện cảm nhỏ. bù dọc điện dung được ứng dụng rộng rãi trong thực tế.



Hình 7-8

Nếu như mạng điện kín có hai nhánh (hình 7.8) thì các thông số cần thiết của tụ bù dọc có thể tìm được bằng phương pháp cân bằng công suất khi phân bố tự nhiên (đã có bù dọc) và khi phân bố kinh tế :

$$S_{kt1} = S_{tn1}$$

Để mạng điện là đồng nhất thì: $\frac{X_2}{R_2} = \frac{X_1 - X_c}{R_1}$.

Từ đó điện kháng bù dọc bằng :

$$X_c = X_1 - \frac{R_1}{R_2} X_2$$

Trong đó R_1 , R_2 , X_1 , X_2 là điện trở tác dụng và phản kháng của các đường dây 1 và 2 ; X_c là điện kháng bù dọc.

Khi số nhánh trong mạch vòng lớn hơn hai, bù dọc trong một số trường hợp có thể không bảo đảm chính xác đồng thời sự phân bố kinh tế công suất tác dụng và phản kháng. Trong trường hợp này cần phải chọn điện kháng tụ bù dọc sao cho đạt được sự phân bố tối ưu công suất tác dụng, còn sự phân phối lại công suất phản kháng được thực hiện nhờ sức điện động dọc. Sức điện động này được tạo ra khi thay đổi đầu phân áp các MBA ở trong mạch vòng.

Điện kháng cần thiết của tụ bù dọc trong nhánh j có thể xác định theo công thức :

$$X_{cj} = \frac{1}{P_{ktj}} \sum_{i=1}^n P_{kti} X_i$$

trong đó P_{ktj} , P_{kti} là công suất tác dụng khi phân bố kinh tế trong nhánh j và i;

n là số nhánh trong mạch vòng;

X_i là điện kháng của nhánh i.

7.6.2.3. Tối ưu hoá chế độ mạng điện bằng phương pháp cắt hở mạch vòng.

Phương pháp cắt hở mạch vòng trong các mạng điện kín cũng nhằm mục đích làm cho sự phân bố công suất tự nhiên gần với sự phân bố kinh tế. Để tìm được điểm cắt hở hợp lý, trước hết cần xác định sự phân bố kinh tế công suất của mạng điện kín và như vậy tìm được điểm phân công suất. Tại điểm phân công suất đó ta tách mạng điện kín thành hai mạng hở và rõ ràng là sự phân bố công suất ở hai mạng điện hở đó sẽ rất gần với sự phân bố kinh tế công suất trong mạng điện kín. Tuy nhiên khi áp dụng phương pháp cắt hở mạch vòng này thì độ tin cậy cung cấp điện của các phụ tải bị giảm xuống, để khắc phục nhược điểm này tại các điểm chia cắt mạng điện cần phải đặt các thiết bị tự động đóng mạch khi bất cứ một đường dây nào bị mất điện.

CHƯƠNG 8

**CÂN BẰNG VÀ DỰ TRỮ CÔNG SUẤT
TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN**

§8.1 KHÁI NIỆM.

Nhiệm vụ quan trọng trong việc thiết kế và vận hành HTĐ là phải cung cấp điện một cách an toàn, liên tục cho các hộ dùng điện một lượng điện năng bảo đảm chất lượng với giá thành hợp lý.

Hai chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng điện năng của HTĐ là tần số f của dòng điện và điện áp U trên cực của các thiết bị dùng điện. Các chỉ tiêu chất lượng điện năng đó (f, U) lại liên quan chặt chẽ với sự cân bằng công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q trong HTĐ. Mỗi mức cân bằng công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q trong HTĐ xác định một giá trị của tần số và điện áp. Khi sự cân bằng đó bị phá hoại thì tần số và điện áp sẽ biến đổi theo cho đến khi xác lập sự cân bằng mới ứng với các giá trị xác lập mới của tần số và điện áp. Quá trình biến đổi của công suất và các chỉ tiêu chất lượng điện năng khi sự cân bằng công suất bị phá hoại xảy ra rất phức tạp vì giữa chúng có quan hệ tương hỗ. Vì thế để giải quyết các vấn đề thực tế người ta phải đưa ra những điều kiện lý tưởng hoá làm đơn giản bài toán. Những điều kiện đó là : Sự thay đổi cân bằng công suất tác dụng P ảnh hưởng chủ yếu đến tần số, còn sự cân bằng công suất phản kháng Q ảnh hưởng chủ yếu đến điện áp. Công suất tác dụng P được xem là đủ khi tần số trong HTĐ bằng giá trị định mức. Khi thiếu công suất tác dụng tần số sẽ giảm và ngược lại. Công suất phản kháng Q được xem là đủ khi điện áp ở các nút phụ tải nằm trong giới hạn cho phép. Khi thiếu công suất phản kháng điện áp sẽ giảm thấp và ngược lại.

Sự cân bằng công suất tác dụng P có tính chất toàn hệ thống còn sự cân bằng công suất phản kháng Q vừa có tính chất toàn hệ thống vừa có tính chất cục bộ. Vì vậy nếu như tần số thay đổi giống nhau trong toàn hệ thống thì sự thay đổi điện áp lại phụ thuộc rất nhiều vào khoảng cách về điện giữa vị trí xét với nguồn làm thay đổi cân bằng công suất phản kháng.

§8.2 CÂN BẰNG VÀ DỰ TRỮ CÔNG SUẤT TÁC DỤNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN.

Đặc điểm quan trọng của việc sản xuất và tiêu thụ điện năng là tại mỗi thời điểm bất kỳ số lượng điện năng phát ra bởi các máy phát điện phải bằng tổng lượng điện năng của phụ tải hệ thống yêu cầu kể cả tổn thất.

Sự cân bằng công suất tác dụng trong HTĐ có thể được biểu diễn bằng biểu thức sau :

$$\Sigma P_F = m\Sigma P_{pt} + \Sigma \Delta P_{md} + \Sigma P_{td} + \Sigma P_{dt}$$

trong đó :

ΣP_F : là tổng công suất tác dụng phát ra bởi các nhà máy điện trong hệ thống. Ở đây là tổng công suất tác dụng cực đại mà các nhà máy điện thực tế có thể phát ra. Nếu nhà máy điện làm việc không hạn chế thì công suất đó bằng công suất định mức của nó. Nếu vì một nguyên nhân nào đó mà công suất phát ra của nhà máy điện bị hạn chế (như hơi của lò không đủ, lượng nước ở nhà máy thủy điện bị giảm...) thì chỉ là trị số công suất có thể phát ra được của nhà máy điện đó mà thôi.

$m\Sigma P_{pt}$: là tổng phụ tải tác dụng của các hộ tiêu thụ trong hệ thống có xét đến hệ số đồng thời. Việc xác định công suất cần thiết của hệ thống được tiến hành theo tổng phụ tải cực đại của các hộ tiêu thụ. Với phụ tải này tổn thất công suất trong mạng và phụ tải tự dùng của các nhà máy điện sẽ đạt giá trị cực đại.

$\Sigma \Delta P_{md}$: là tổng tổn thất công suất tác dụng trên các đường dây và trong các MBA của mạng điện. Tổn thất công suất tác dụng này phụ thuộc vào số lượng MBA và độ dài đường dây của mạng điện và thường lấy bằng (5-15)% tổng phụ tải của hệ thống :

$$\Sigma \Delta P_{md} = (5-15)\% \Sigma P_{pt}$$

ΣP_{td} : là tổng phụ tải tác dụng tự dùng của các nhà máy điện trong hệ thống (các động cơ cấp nước, nghiền than, vận chuyển than...). Phụ tải tự dùng của các nhà máy điện phụ thuộc vào loại nhà máy :

- Với các nhà máy nhiệt điện thì : $\Sigma P_{td} = (5-10)\% (\Sigma P_{pt} + \Sigma \Delta P_{md})$

- Với các nhà máy thủy điện : $\Sigma P_{td} = (1-2)\% (\Sigma P_{pt} + \Sigma \Delta P_{md})$

ΣP_{dt} : là tổng công suất dự trữ của hệ thống. Để giữ được tần số và điện áp trong HTĐ ở một giới hạn cho phép và để bảo đảm cung cấp điện một cách liên tục, an toàn cho các phụ tải thì trong HTĐ cần phải có nguồn dự trữ về công suất tác dụng và phản kháng. Vì nếu không có nguồn dự trữ đó

thì có thể xảy ra trường hợp các hộ tiêu thụ bị mất điện (như khi sửa chữa hoặc sự cố một tổ máy phát...) gây thiệt hại về kinh tế. Vì vậy HTĐ không những phải bảo đảm cung cấp đủ cho các phụ tải lúc cực đại mà còn phải có thêm một lượng dự trữ nữa.

Công suất dự trữ thường gồm có 4 phần : dự trữ sự cố, dự trữ tu sửa, dự trữ phụ tải và dự trữ phát triển.

Dự trữ sự cố để đề phòng các trường hợp các thiết bị bị hư hỏng hoặc bị sự cố. Dự trữ sự cố thường lấy bằng công suất của một tổ máy lớn nhất trong hệ thống.

Dự trữ phụ tải để bổ sung cho phụ tải đỉnh nhọn tức là cho trường hợp phụ tải tăng lên bất ngờ mà biểu đồ phụ tải dự kiến chưa xét tới.

Dự trữ phát triển để đáp ứng yêu cầu phát triển của phụ tải trong tương lai (5-15 năm sau).

Công suất dự trữ của hệ thống thường lấy bằng :

$$\Sigma P_{dt} = (10-15)\% (\Sigma P_{pt} + \Sigma \Delta P_{md})$$

Dung lượng dự trữ cũng thường được chọn với tiêu chuẩn lớn hơn dung lượng của tổ máy phát lớn nhất của hệ thống, có như thế mới bảo đảm không phải cắt bớt phụ tải khi tổ máy phát lớn nhất của hệ thống bị sự cố hay sửa chữa phải ngừng làm việc. Tuy nhiên đối với các hệ thống mới xây dựng, nếu sự phát triển của nó sau này còn rất rộng và các tổ máy của nó phần lớn đều được chọn với một dung lượng lớn thì không nhất thiết phải theo qui định trên, nghĩa là công suất dự trữ không nhất thiết phải lớn hơn công suất của một tổ máy phát lớn nhất trong hệ thống. Có như thế ta mới tránh được tình trạng công suất phát so với phụ tải quá lớn khiến cho hệ số sử dụng trong thời gian đầu quá thấp.

Công suất dự trữ trong hệ thống có thể chia ra 2 loại là dự trữ nóng và dự trữ nguội. Dự trữ nguội (lạnh) là trường hợp các máy phát dự trữ bình thường không làm việc, chúng chỉ làm việc khi tiến hành sửa chữa định kỳ hay khi sự cố một tổ máy phát. Còn dự trữ nóng là trường hợp các máy phát dự trữ bình thường quay nhưng không mang tải hoặc non tải.

Sau khi dùng biểu thức trên để cân bằng công suất tác dụng, nếu thấy nguồn không đủ cung cấp cho phụ tải thì ta phải có kế hoạch phát triển thêm nguồn, còn nếu thấy thừa công suất phát thì phải phát triển thêm phụ tải.

§8.3 CÂN BẰNG VÀ DỰ TRỮ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN.

Công suất phản kháng phát ra từ các máy phát điện và từ các thiết bị bù trong HTĐ tại mỗi thời điểm bất kỳ phải bằng công suất phản kháng tiêu thụ của các phụ tải và tổn thất công suất phản kháng trong HTĐ. Sự cân bằng công suất phản kháng trong HTĐ có thể được biểu diễn bằng biểu thức sau :

$$\Sigma Q_F + \Sigma Q_{\text{bù}} = m \Sigma Q_{\text{pt}} + \Sigma \Delta Q_B + \Sigma \Delta Q_d + \Sigma Q_{\text{td}} + \Sigma Q_{\text{dt}} - \Sigma Q_C$$

Trong đó là tổng công suất phản kháng phát ra bởi các máy phát điện trong HTĐ.

$$\Sigma Q_F = \Sigma P_F \text{tg}\varphi_F.$$

trị số $\text{tg}\varphi_F'$ được tính từ hệ số $\cos\varphi$ của máy phát lúc làm việc ở chế độ định mức.

$\Sigma Q_{\text{bù}}$ là tổng công suất phản kháng phát ra bởi các thiết bị bù trong HTĐ (tụ điện tĩnh, máy bù đồng bộ...).

$m \Sigma Q_{\text{pt}}$ là tổng phụ tải phản kháng của HTĐ có xét đến hệ số đồng thời m . Ở đây cần chú ý rằng thời điểm phụ tải phản kháng cực đại có thể không trùng với thời điểm phụ tải tác dụng cực đại.

Việc xác định công suất phản kháng cực đại cần thiết trong HTĐ được tiến hành trong thời kỳ phụ tải phản kháng cực đại .

$$\Sigma Q_{\text{pt}} = \Sigma P_{\text{pt}} \text{tg}\varphi_{\text{pt}}.$$

$\Sigma \Delta Q_B$ là tổng tổn thất công suất phản kháng trong các MBA của HTĐ . Với mỗi cấp biến áp thì trị số tổn thất này có thể lấy trung bình bằng 10% S_{pt} và nếu có n cấp biến áp thì :

$$\Sigma \Delta Q_B = n \cdot \Delta Q_B^* \cdot \Sigma S_{\text{pt}}$$

Trong đó ΔQ_B^* là tổn thất công suất phản kháng của một cấp biến áp : $\Delta Q_B^* = 10\% \Sigma S_{\text{pt}}$ hay cũng có thể lấy $\Delta Q_B^* = (15-20) \% \Sigma Q_{\text{pt}}$, nếu có 2 cấp biến áp thì $\Sigma \Delta Q_B^* = 20\% \Sigma S_{\text{pt}}$

$\Sigma \Delta Q_d$ là tổng tổn thất công suất phản kháng trên các đoạn đường dây của mạng điện.

Trong HTĐ tổn thất công suất phản kháng lớn hơn nhiều tổn thất công suất tác dụng trong đó tổn thất công suất phản kháng trong máy biến áp là chủ yếu, tổn thất công suất phản kháng trên đường dây ít hơn nhiều so với tổn thất công suất phản kháng trong các máy biến áp ($\Sigma \Delta Q_d < \Sigma \Delta Q_B$) . Kết quả nghiên cứu thấy rằng với đường dây cao áp 110 KV mà dùng dây AC-

120 hay AC-150 thì $\Sigma\Delta Q_d$ xấp xỉ bằng tổng công suất phản kháng phát ra bởi các đường dây cao áp : $\Sigma\Delta Q_d \approx \Sigma Q_C$.Nếu tiết diện lớn hơn thì $\Sigma\Delta Q_d < \Sigma Q_C$ và ngược lại.Vì vậy lúc cân bằng sơ bộ có thể coi : $\Sigma\Delta Q_d \approx \Sigma Q_C$.

ΣQ_{td} : là tổng công suất phản kháng tự dùng của các nhà máy điện trong HTĐ.

$$\Sigma Q_{td} = \Sigma P_{td} \text{tg}\varphi_{td}.$$

Trong đó $\text{tg}\varphi_{td}$ được tính theo hệ số $\cos\varphi$ của các động cơ tự dùng trong nhà máy điện.

ΣQ_{dt} : là tổng công suất phản kháng dự trữ của HTĐ và có thể lấy bằng :

$$\Sigma Q_{dt} = (5-10) \% \Sigma Q_{pt}$$

$$\text{hay : } \Sigma Q_{dt} = (7-8) \% (\Sigma\Delta Q_{md} + \Sigma Q_{pt})$$

$$\text{Trong đó : } \Sigma\Delta Q_{md} = \Sigma\Delta Q_B + \Sigma\Delta Q_d$$

Tại các nhà máy điện thường có dự trữ về công suất tác dụng nên do đó có dự trữ về công suất phản kháng ,nhưng vì trong mạng điện thường tổn thất công suất phản kháng lớn hơn nhiều tổn thất công suất tác dụng nên ngay cả khi các máy phát điện đã được lựa chọn theo sự cân bằng công suất tác dụng thì trong HTĐ vẫn sẽ có sự thiếu hụt công suất phản kháng.Sự thiếu hụt công suất phản kháng trong HTĐ sẽ ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện năng, làm xấu tình trạng làm việc của các hộ dùng điện và nếu thiếu nhiều công suất phản kháng có thể dẫn đến làm ngừng sự truyền động điện của các máy công cụ của các xí nghiệp.Để giải quyết việc thiếu hụt công suất phản kháng ,nếu chế tạo các máy phát điện có $\cos\varphi$ thấp ,tức là các máy phát có trị số công suất phản kháng phát ra lớn thì sẽ không có lợi. Vì vậy để giải quyết sự thiếu hụt công suất phản kháng trong HTĐ (nếu có) và đảm bảo sự cân bằng công suất phản kháng thì hợp lý hơn cả là phải đặt các thiết bị phát ra công suất phản kháng (thiết bị bù) tại các hộ tiêu thụ điện để cùng với các máy phát điện phát ra công suất phản kháng đủ cung cấp cho các hộ tiêu thụ.

8.4.BÙ KỸ THUẬT TRONG MẠNG ĐIỆN.

8.4.1 Nội dung bài toán bù kỹ thuật.

Sau khi cân bằng công suất phản kháng trong mạng điện ,ta xác định được trị số công suất phản kháng còn thiếu do các máy phát phát ra không đủ (khi $\Sigma Q_{bù} > 0$). Vấn đề đặt ra là phải đặt thêm các thiết bị bù để phát ra

lượng công suất phản kháng bị thiếu hụt đó. Bù trong trường hợp này được gọi là bù cưỡng bức hay là bù kỹ thuật. Khi cần phải đặt thêm thiết bị bù để phát ra một lượng công suất phản kháng là $\Sigma Q_{bù}$ đó thì vấn đề cần quan tâm là phải phân bố các thiết bị bù đó tại các hộ tiêu thụ nào với dung lượng là bao nhiêu cho có lợi nhất, hợp lý nhất về mặt kinh tế .

Để bảo đảm các chỉ tiêu kinh tế thì việc đặt các thiết bị bù trong mạng điện phải thỏa mãn điều kiện chi phí tính toán Z là bé nhất.

8.4.2 Phân bố công suất bù cưỡng bức trong mạng điện.

Trên cơ sở bài toán bù kinh tế ta tiến hành thành lập bài toán bù kỹ thuật. Để thành lập biểu thức chi phí tính toán Z trong toàn mạng, ở đây ta chỉ cần quan tâm tới chi phí do tổn thất điện năng trên đường dây và máy biến áp sau khi mạng có đặt thiết bị bù (Z_3), còn các chi phí về đặt thiết bị bù (Z_1) và chi phí về tổn thất điện năng trong bản thân thiết bị bù (Z_2) ta không cần chú ý tới vì các chi phí đó sẽ như nhau đối với tất cả các phương án phân phối các thiết bị bù khác nhau .

Lúc này ta có : $Z_3 = \Delta A.C = \Delta P_M.C. \tau$

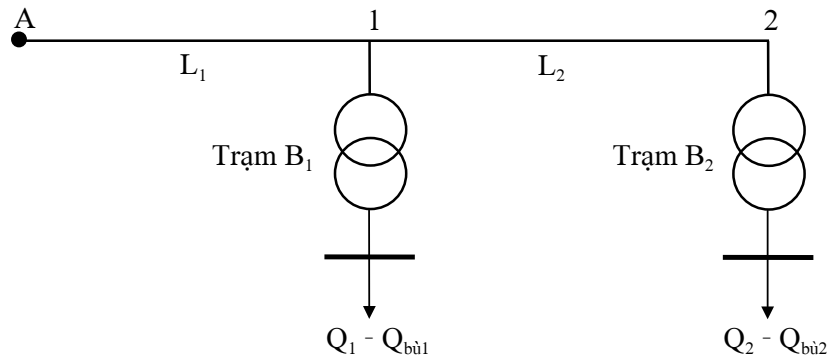
Biết rằng khi có đặt thiết bị bù tại phụ tải thì tổn thất công suất trên đường dây sẽ là :

$$\Delta P_M = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{(Q - Q_b)^2}{U^2} R$$

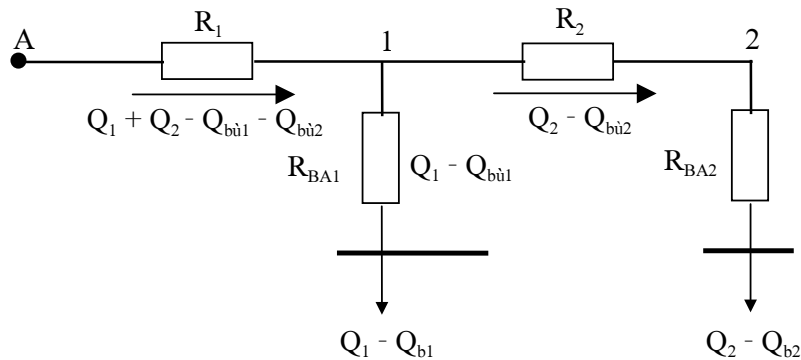
Thành phần $\frac{P^2}{U^2} R$ có thể coi là không thay đổi trong các phương án đặt các thiết bị bù khác nhau nên trong biểu thức để so sánh về tổn thất điện năng của các phương án khác nhau ta chỉ xét thành phần còn lại thôi. Sau đó ta cũng lấy đạo hàm $\frac{\partial Z_3}{\partial Q_i} = 0$ và cho bằng không ($i = 1 - (n-1)$) và cùng

với ràng buộc $\Sigma Q_b = \Sigma Q_{bk}$, ($k = 1 - n$) ta sẽ tìm được các giá trị công suất phản kháng cần bù tại các phụ tải Q_{bi} .

Ví dụ xét bù kỹ thuật cho mạng điện hình 8-1. Giả sử tổng dung lượng cần bù kỹ thuật là ΣQ_b , phụ tải phản kháng tại điểm 1 là Q_1 , tại điểm 2 là Q_2 . Điện trở đoạn đường dây 1 (từ A đến 1) là R_1 , đoạn 2 (từ 1 đến 2) là R_2 , của MBA 1 là R_{B1} , của MBA 2 là R_{B2} . Hãy tìm sự phân bố công suất bù kỹ thuật giữa 2 phụ tải .



Hình 8-1a: Sơ đồ nguyên lý



Hình 8-1b: Sơ đồ thay thế tính toán

Ta có sơ đồ thay thế như ở hình 8-1b, trong đó cũng như ở bù kinh tế ta chỉ xét đến điện trở của đường dây và MBA. Giả sử ta đặt các thiết bị bù ở phía thứ cấp MBA và tại phụ tải 1 ta đặt thiết bị bù có dung lượng là Q_{b1} và tại phụ tải 2 là Q_{b2} thì ta sẽ có :

$$\Sigma Q_b = Q_{b1} + Q_{b2}$$

Trong đó đã biết, ta cần xác định Q_{b1} và Q_{b2} để mạng có chi phí tính toán Z là bé nhất.

Phí tổn tính toán do tổn thất điện năng trong mạng điện sau khi đã phân phối thiết bị bù Q_{b1} , Q_{b2} là:

$$\begin{aligned} Z_3 &= \Delta A \cdot C = \Delta P_M \cdot C \cdot \tau \\ &= \frac{C \tau}{U^2} \left[(Q_2 - Q_{b2})^2 \cdot (R_2 + R_{B2}) + (Q_1 - Q_{b1})^2 R_{B1} + (Q_1 + Q_2 - \Sigma Q_b)^2 R_1 \right] \end{aligned}$$

Thay $Q_{b1} = \Sigma Q_b - Q_{b2}$ vào ta có :

$$Z_3 = \frac{C \tau}{U^2} \left[(Q_2 - Q_{b2})^2 \cdot (R_2 + R_{B2}) + (Q_1 - \Sigma Q_b + Q_{b2})^2 R_{B1} + (Q_1 + Q_2 - \Sigma Q_b)^2 R_1 \right]$$

Sau đó lấy đạo hàm của Z_3 theo Q_{b2} rồi cho bằng không :

$$\frac{\partial Z_3}{\partial Q_{b2}} = 0$$

Giải ra ta có giá trị Q_{b2} . Từ đó cùng với điều kiện $\Sigma Q_b = Q_{b1} + Q_{b2}$ ta sẽ xác định được Q_{b1} .

Chú ý :

1/ Vì lượng công suất phản kháng cân bù cho toàn mạng ΣQ_b đã biết nên hàm chi phí tính toán Z_3 phải lập cho tổng tất cả các nhánh của mạng điện (khác với ở bù kinh tế hàm Z chỉ lập cho từng nhánh riêng rẽ)

2/ Nếu tại một số phụ tải nào đó có $Q_{bi} < 0$ thì ở các phụ tải đó không cần bù cưỡng bức (cho $Q_{bi} = 0$), vì vậy lập lại hàm cho các nhánh còn lại rồi tiến hành giải lại.