

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA ĐÀ NẴNG



GIÁO TRÌNH MẠNG ĐIỆN

ĐÀ NẴNG 2010

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: $U \geq 330\text{KV}$. Truyền tải điện năng giữa các khu vực, liên lạc giữa các hệ thống điện với nhau.

* Mạng cung cấp : $U \geq 110\text{KV}$. 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 : $U \leq 35\text{KV}$. 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:

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

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:

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

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 $K_{\text{dt}}, K_{\text{t}} \leq 1$ 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 ($P_{\text{đ}}$) được xem như là công suất định mức ($P_{\text{đm}}$) 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:

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

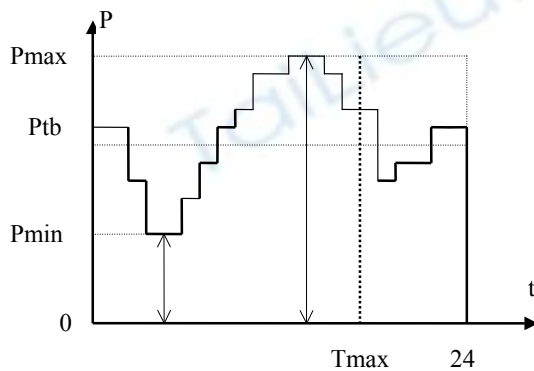
hoặc là: $P_{\max} = K_{nc} \cdot \sum P_d \quad (1-5)$

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

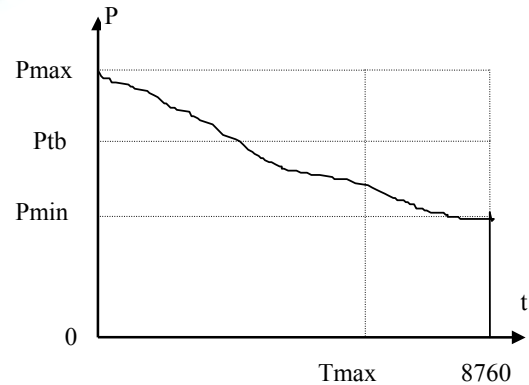
$$K_{nc} = \frac{k_{dt} k_t}{\eta_{tb}} \quad (1-6)$$

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.

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

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 $2000 \div 4000$ 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 $4000 \div 7000$ 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 II. (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 $t^0 = 20^\circ\text{C}$ 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 $t^0 \neq 20^\circ\text{C}$ thì:

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

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

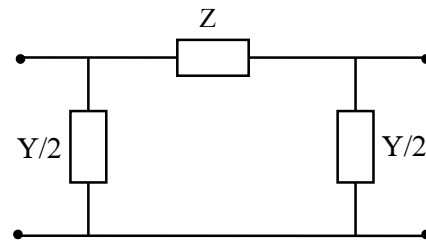
r_0 : Điện trở ở nhiệt độ tiêu chuẩn.

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

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



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:

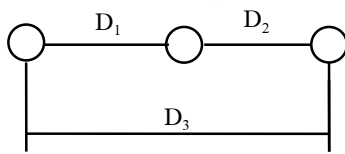
$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{tb}}{R} + 0,016 (\Omega / Km) \quad (2 - 5).$$

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

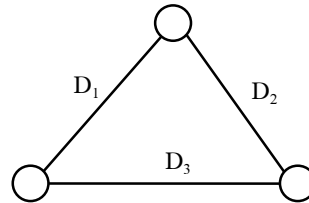
$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} \quad (2 - 6).$$

* 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:

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

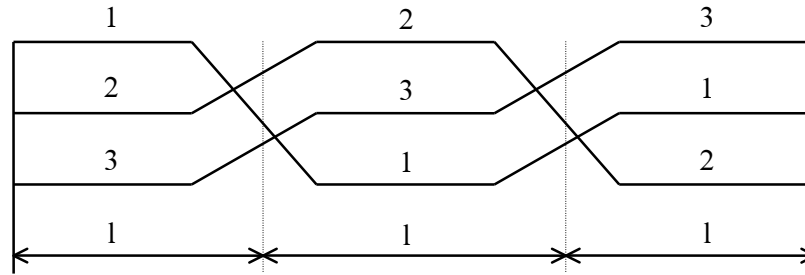
$$\text{Trong đó : } x'_0 = 0,144 \lg \frac{D_{tb}}{R} \quad ; \quad x''_0 = 12500 \mu = 0,016.$$

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 vầng quang điện. Vầng quang phụ thuộc: điện áp, tiết diện dây dẫn, điều kiện khí quyển. Vầng 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 vầng 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 vầng 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 dịch. 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 cấp $U \geq 20\text{KV}$ 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 :

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

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

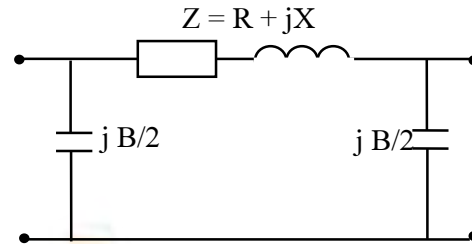
$$b_0 = 2,74.10^{-6} 1/\Omega.\text{Km};$$

Từ đó ta tính được các tham số của đường dây:

$$R = r_0.l = 0,21.100 = 21 \Omega.$$

$$X = x_0.l = 0,41.100 = 41 \Omega.$$

$$B = b_0.l = 2,74.10^{-6} .100 = 274.10^{-6} 1/\Omega.$$



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:

$$R_{dt} = \sqrt[3]{3.R_t \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^{(3-1)}} = \sqrt[3]{R_t \cdot a^{(3-1)}} = \sqrt[3]{15,1.400^2} = 134 \text{ mm}.$$

Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha:

$$D_{tb} = 1,26.D = 1,26.12 = 15,1\text{m} = 15100\text{mm}.$$

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:

$$b_0 = \frac{7,85.10^{-6}}{\lg \frac{D_{tb}}{R_{tb}}} = \frac{7,85.10^{-6}}{\lg \frac{15100}{134}} = 3,68.10^{-6} \frac{1}{\Omega.\text{Km}}$$

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 :

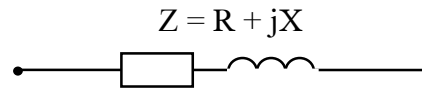
$$r_0 = 1,84 \text{ } \Omega/\text{Km};$$

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

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.



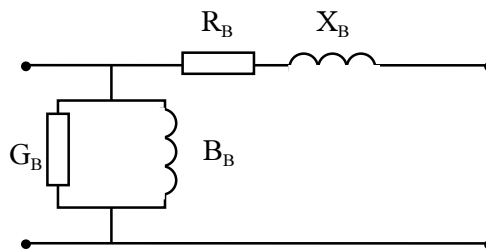
Hình: 2 - 6

§ 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} .

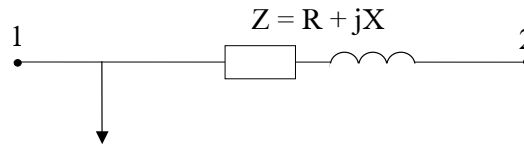
Mặt khác: $\Delta Q_0 = U^2 \cdot B_b \quad (2 - 27)$

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

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} , ΔP_0 , $I_0\%$, ΔP_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:

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

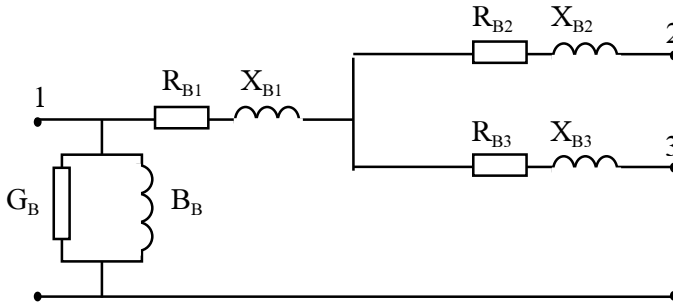
$$\Delta P_{n2} = 0,5(\Delta P_{n12} + \Delta P_{n23} - \Delta P_{n13})$$

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

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:

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

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

Từ đó ta có:

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:

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

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

Do đó tổng dẫn máy biến áp là:

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

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:

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

§ 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