

**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:  $U \geq 330KV$ . 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:

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

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:

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

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:

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

Trong đó:-  $\sum P_{th}$ : 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  $K_{dt}, K_t \leq 1$  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 ( $\eta_{tb}$ ) theo công thức:

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

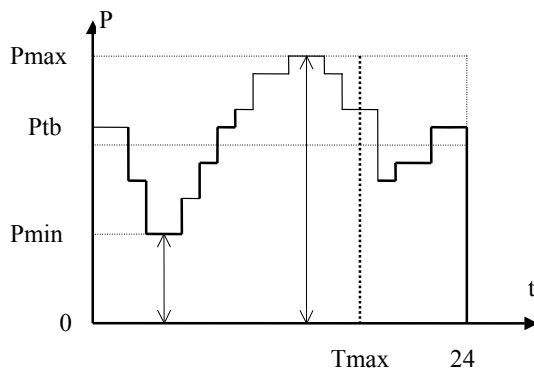
hoặc là:  $P_{\max} = K_{nc} \cdot \sum P_d \quad (1-5)$

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

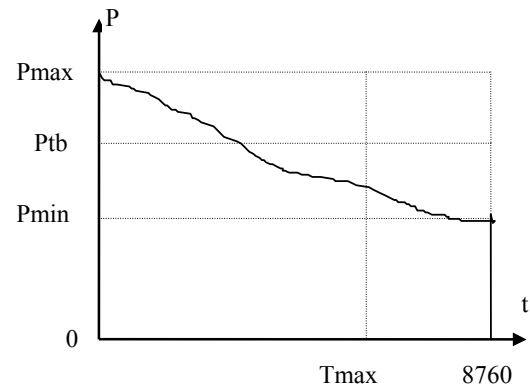
$$K_{nc} = \frac{k_{dt} k_t}{\eta_{tb}} \quad (1-6)$$

### ***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  $\Pi$ . (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 :  $\rho$  - 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 ( $\text{mm}^2$ ).

Khi  $t^0 \neq 20^0\text{C}$  thì:

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

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

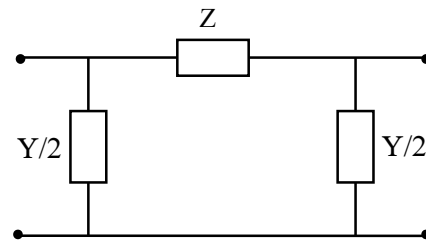
$r_0$  : Điện trở ở nhiệt độ tiêu chuẩn.

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