

## Mục lục

Mục lục.....	1
Chương I : Những vấn đề chung về hệ thống cung cấp điện .....	3
1.1. Khái niệm về hệ thống điện .....	3
1.2. Phân loại hộ dùng điện xí nghiệp.....	5
1.3. Các hộ tiêu thụ điện điển hình .....	6
1.4. Các chỉ tiêu kỹ thuật trong cung cấp điện xí nghiệp.....	6
1.5. Một số ký hiệu thường dùng.....	8
CHƯƠNG II: PHỤ TẢI ĐIỆN.....	9
2.1. Đặc tính của phụ tải điện .....	9
2.2. Các phương pháp xác định phụ tải tính toán .....	15
2.3. Phụ tải tính toán của toàn xí nghiệp:.....	28
2.4. Dự báo phụ tải.....	29
CHƯƠNG III : CƠ SỞ TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG CUNG CẤP ĐIỆN XÍ NGHIỆP .....	35
3.1. Mục đích - yêu cầu.....	35
3.2. So sánh kinh tế – kỹ thuật hai phương án.....	35
3.3. Hàm mục tiêu – chi phí tính toán hàng năm.....	37
3.4. Tính toán kinh tế kỹ thuật khi cải tạo.....	38
CHƯƠNG IV : SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP .....	40
4.1. Các yêu cầu chung với sơ đồ cung cấp điện.....	40
4.2. Sơ đồ cung cấp điện của xí nghiệp:.....	42
4.3. Trạm biến áp .....	49
4.3. Vận hành kinh tế trạm biến áp.....	55
4.4. Đo lường và kiểm tra trạm biến áp .....	57
4.5. Lựa chọn cấp điện áp cho hệ thống cung cấp điện xí nghiệp.....	58
CHƯƠNG V : TÍNH TOÁN ĐIỆN TRONG MẠNG.....	63
5.1. Sơ đồ thay thế mạng điện .....	63
5.2. Tính tổn thất công suất và điện năng trong mạng điện .....	69
5.3. Tính tổn thất điện áp trong mạng điện .....	78
5.4. Tính toán mạng điện kín.....	84
CHƯƠNG VI : XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN DÂY DẪN TRONG MẠNG ĐIỆN.....	93
6.1 Khái niệm chung.....	93
6.2. Lựa chọn tiết diện dây trên không và cáp theo điều kiện phát nóng.....	93
6.3. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo điều kiện phát nóng do dòng ngắn mạch (điều kiện ngắn hạn).....	96
6.4. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo tổn thất điện áp cho phép.....	96
6.4. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo chỉ tiêu kinh tế.....	101
CHƯƠNG VII : BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG.....	104
7.1. Khái niệm chung và ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất .....	104
7.2. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất: .....	106
7.3. Bù công suất phản kháng.....	109
7.4. Xác định dung lượng bù kinh tế tại các hộ tiêu thụ .....	110
7.5. Phân phối thiết bị bù trong mạng điện xí nghiệp.....	113
CHƯƠNG VIII: TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH .....	120
8.1. Khái niệm chung .....	120
8.2. Những chỉ dẫn chung để thực hiện tính toán:.....	124
8.3. Quá trình quá độ trong mạch ba pha đơn giản.....	132
8.4. Các phương pháp thực tế tính toán dòng ngắn mạch.....	139
Chương IX: LỰA CHỌN THIẾT BỊ ĐIỆN.....	144
9.1. Khái niệm chung.....	144

9.2. Lựa chọn thiết bị và các tham số theo điều kiện làm việc lâu dài .....	144
9.3. Kiểm tra các thiết bị điện.....	146
9.4. Lựa chọn các phần tử của mạng điện .....	148
<b>CHƯƠNG X: BẢO VỆ RƠ LE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA .....</b>	<b>158</b>
10.1. Ý nghĩa của bảo vệ Rơ-le .....	158
10.2. Các hình thức bảo vệ trong hệ thống cung cấp điện .....	159
10.3. Bảo vệ các phần tử cơ bản của hệ thống cung cấp điện .....	168
10.4. Tự động hoá trong hệ thống cung cấp điện .....	170
<b>Chương XI: NỔ ĐẤT VÀ CHỐNG SÉT .....</b>	<b>171</b>
11.1. Khái niệm về nổ đất .....	171
11.2. Cách thực hiện và tính toán trang bị nổ đất .....	174
<b>Chương XII: CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP .....</b>	<b>185</b>
12.1 Khái niệm chung .....	185
12.2. Các đại lượng kỹ thuật cơ bản trong chiếu sáng .....	186
12.3. Thiết kế chiếu sáng.....	190
Các tài liệu tham khảo.....	199

# Chương I : NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

## 1.1. Khái niệm về hệ thống điện

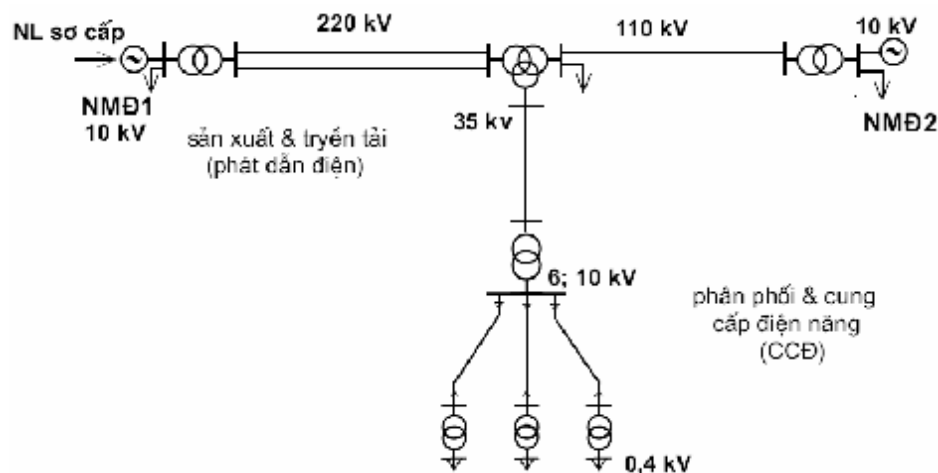
Ngày nay khi nói đến hệ thống năng lượng, thông thường người ta thường hình dung nó là hệ thống điện, đó không phải là hiện tượng ngẫu nhiên mà nó chính là bản chất của vấn đề. Lý do là ở chỗ năng lượng điện đã có ưu thế trong sản xuất, khai thác và truyền tải, cho nên hầu như toàn bộ năng lượng đang khai thác được trong tự nhiên người ta đều chuyển đổi nó thành điện năng trước khi sử dụng nó. Từ đó hình thành một hệ thống điện nhằm truyền tải, phân phối và cung cấp điện năng đến từng hộ sử dụng điện.

*Một số ưu điểm của điện năng*

- + Dễ chuyển hoá thành các dạng năng lượng khác thông qua các thiết bị có hiệu suất cao (quang năng, nhiệt năng, hoá năng, cơ năng...).
- + Dễ dàng truyền tải và truyền tải với hiệu suất khá cao.
- + Không có sẵn trong tự nhiên, các dạng năng lượng khác đều được khai thác rồi chuyển hoá thành điện năng. Ở nơi sử dụng điện năng lại dễ dàng chuyển thành các dạng năng lượng khác.

Ngày nay phần lớn năng lượng tự nhiên khác được khai thác ngay tại chỗ rồi được đổi thành điện năng (ví dụ: nhà máy nhiệt điện thường được xây dựng tại nơi gần nguồn nhiên liệu hóa thạch như than, dầu mỏ, khí đốt; nhà máy thủy điện gần nguồn thế năng của dòng nước...). Đó cũng chính là lý do xuất hiện hệ thống truyền tải, phân phối và cung cấp điện năng mà thường gọi là hệ thống điện.

*Định nghĩa:* Hệ thống điện bao gồm các khâu sản xuất ra điện năng; khâu truyền tải; phân phối và cung cấp điện năng đến tận các hộ dùng điện.



### **Hình 1.1** - Mô hình hệ thống điện

*Định nghĩa:* Hệ thống cung cấp điện chỉ bao gồm các khâu truyền tải; phân phối và cung cấp điện năng đến các hộ tiêu thụ điện.

*Vài nét đặc trưng của năng lượng điện:*

- Khác với hầu hết các sản phẩm khác, điện năng được sản xuất ra không tích trữ được (trừ vài trường hợp đặc biệt nhưng với công suất nhỏ như pin, acqui..). Do đó tại mọi thời điểm luôn luôn phải đảm bảo cân bằng giữa lượng điện năng được sản xuất ra và tiêu thụ có kể đến tổn thất trong khâu truyền tải. Điều này cần phải được đặc biệt chú ý trong các khâu thiết kế, qui hoạch, vận hành và điều độ hệ thống điện, nhằm giữ vững chất lượng điện (điện áp U và tần số f).

- Các quá trình về điện xảy ra rất nhanh, chẳng hạn sóng điện từ lan truyền trong dây dẫn với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng 300.000.000 km/s (quá trình ngắn mạch, sóng sét lan truyền lan truyền trên đường dây và thiết bị). Tốc độ đóng cắt của các thiết bị bảo vệ ... đều phải xảy ra trong vòng nhỏ hơn 1/10 giây, điều này rất quan trọng trong thiết kế thiết kế, hiệu chỉnh các thiết bị bảo vệ.

- Công nghiệp điện lực có quan hệ chặt chẽ đến nhiều ngành kinh tế quốc dân (luyện kim, hoá chất, khai thác mỏ, cơ khí, công nghiệp dệt...) và là một trong những động lực tăng năng suất lao động tạo nên sự phát triển nhịp nhàng trong cấu trúc kinh tế.

Với những đặc điểm kể trên, có những quyết định hợp lý trong mức độ điện khí hoá đối với các ngành kinh tế, các vùng lãnh thổ khác nhau đóng vai trò hết sức quan trọng. Bên cạnh đó, mức độ xây dựng nguồn điện, mạng lưới truyền tải, phân phối cũng phải được tính toán hợp lý nhằm đáp ứng sự phát triển cân đối, tránh được những thiệt hại kinh tế quốc dân do phải hạn chế nhu cầu của các hộ dùng điện.

Nhằm giải quyết các vấn đề kỹ thuật trong việc thiết kế hệ thống cung cấp điện xí nghiệp nói chung và hệ thống điện nói riêng, với mỗi công trình phải xây dựng nhiều phương án khác nhau. Một phương án cung cấp điện được gọi là hợp lý phải kết hợp hài hoà một loạt các yêu cầu như:

+ Tính kinh tế (vốn đầu tư nhỏ).

+ Độ tin cậy (xác suất mất điện nhỏ).

+ An toàn và tiện lợi cho việc vận hành thiết bị.

+ Phải đảm bảo được chất lượng điện năng trong phạm vi cho phép.

Như vậy lời giải tối ưu khi thiết kế hệ thống điện phải nhận được từ quan điểm hệ thống, không tách khỏi kế hoạch phát triển năng lượng của vùng, miền, phải được phối hợp ngay trong những vấn đề cụ thể như: chọn sơ đồ nối dây của lưới điện, mức tổn thất điện áp.

Việc lựa chọn phương án cung cấp điện phải kết hợp với việc lựa chọn vị trí, công suất của nhà máy điện hoặc trạm biến áp khu vực.

Phải quan tâm đến đặc điểm công nghệ của xí nghiệp, xem xét sự phát triển của xí nghiệp trong kế hoạch tổng thể (xây dựng, kiến trúc.....).

Vì vậy các dự án về thiết kế cung cấp điện xí nghiệp, thường được đưa ra đồng thời với các dự án về xây dựng, kiến trúc, cấp thoát nước v.v... và được duyệt bởi một cơ quan trung tâm. Ở đây có sự phối các mặt trên quan điểm hệ thống và tối ưu tổng thể.

## **1.2. Phân loại hệ dùng điện xí nghiệp**

Các hệ dùng điện trong các xí nghiệp được phân chia thành nhiều loại tùy theo các cách phân chia khác nhau. Việc phân loại hệ tiêu thụ điện nhằm tới mục đích đảm bảo cung cấp điện theo yêu cầu của từng loại hệ phụ tải.

### **1.2.1. Theo điện áp và tần số**

- Hệ dùng điện 3 pha  $U_{dm} < 1000 \text{ V}$  ;  $f_{dm} = 50 \text{ Hz}$ .
- Hệ dùng điện 3 pha  $U_{dm} > 1000 \text{ V}$  ;  $f_{dm} = 50 \text{ Hz}$ .
- Hệ dùng điện 1 pha  $U_{dm} < 1000 \text{ V}$  ;  $f_{dm} = 50 \text{ Hz}$ .
- Hệ dùng điện làm việc với tần số  $\neq 50 \text{ Hz}$ .
- Hệ dùng điện một chiều.

### **1.2.2. Theo chế độ làm việc**

- Dài hạn: phụ tải không thay đổi hoặc ít thay đổi, làm việc dài hạn mà nhiệt độ không vượt quá giá trị cho phép (VD: Bơm; quạt gió, khí nén...).
- Ngắn hạn: thời gian làm việc không đủ dài để nhiệt độ thiết bị đạt giá trị qui định (ví dụ: các động cơ truyền động cơ cấu phụ của máy cắt gọt kim loại, động cơ đóng mở van thiết bị thủy lực).
- Ngắn hạn lặp lại: các thời kỳ làm việc ngắn xen lẫn với thời kỳ nghỉ, chế độ này được đặc trưng bởi tỷ số giữa thời gian đóng điện và thời gian toàn chu trình sản xuất.

### **1.2.3. Theo mức độ tin cậy cung cấp điện**

Tùy theo tầm quan trọng trong nền kinh tế và xã hội, các hệ tiêu thụ điện được cấp điện với mức độ tin cậy khác nhau và phân thành 3 loại.

#### **a) Hệ loại I**

Loại hệ mà khi sự cố ngừng cấp điện sẽ gây ra những thiệt hại lớn về kinh tế, đe dọa đến tính mạng con người, hoặc ảnh hưởng có hại lớn về chính trị – gây những thiệt hại do rối loạn qui trình công nghệ. Hệ loại I phải được cấp điện từ 2 nguồn độc lập trở lên. Xác suất ngừng cấp điện rất nhỏ, thời gian ngừng cấp

điện thường chỉ được phép bằng thời gian tự động đóng thiết bị dự trữ (ví dụ: xí nghiệp luyện kim, hoá chất lớn...)

#### *b) Hộ loại II*

Loại hộ tuy có tầm quan trọng lớn nhưng khi ngừng cấp điện chỉ dẫn đến thiệt hại về kinh tế do hư hỏng sản phẩm, ngừng trệ sản xuất, lãng phí lao động v.v... Hộ loại II được cấp điện từ 1 hoặc 2 nguồn – thời gian ngừng cấp điện cho phép bằng thời gian để đóng thiết bị dự trữ bằng tay (ví dụ: xí nghiệp cơ khí, dệt, công nghiệp nhẹ, công nghiệp địa phương...)

#### *c) Hộ loại III*

Loại hộ có mức độ tin cậy thấp hơn, gồm các hộ không nằm trong hộ loại 1 và 2. Cho phép ngừng cấp điện trong thời gian sửa chữa, thay thế phần tử sự cố nhưng không quá một ngày đêm. Hộ loại III thường được cấp điện bằng một nguồn.

### **1.3. Các hộ tiêu thụ điện điển hình**

- Các thiết bị động lực công nghiệp.
- Các thiết bị chiếu sáng (thường là thiết bị một pha, đồ thị phụ tải bằng phẳng,  $\cos\varphi = 0,6 \div 1,0$ )
- Các thiết bị biến đổi.
- Các động cơ truyền động máy gia công.
- Lò và các thiết bị gia nhiệt.
- Thiết bị hàn.

(Dải công suất; dạng đồ thị phụ tải ; dải  $U_{dm}$  ;  $f_{dm}$  ;  $\cos\varphi$  ; đặc tính phụ tải; thuộc hộ tiêu thụ loại 1; 2 hoặc 3.....).

### **1.4. Các chỉ tiêu kỹ thuật trong cung cấp điện xí nghiệp**

Chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện được đánh giá bằng chất lượng điện năng cung cấp, thông qua 3 chỉ tiêu cơ bản: điện áp  $U$ ; tần số  $f$  và tính liên tục cấp điện.

- *Tính liên tục cung cấp điện:* hệ thống cung cấp điện phải đảm bảo được việc cấp điện liên tục theo yêu cầu của phụ tải (yêu cầu của các hộ loại I, II và III).

Chỉ tiêu này thường được cụ thể hoá bằng xác suất làm việc tin cậy của hệ thống cung cấp điện. Trên cơ sở tiêu chí này người ta phân các hộ tiêu thụ thành 3 loại hộ và trong thiết kế cần phải quán triệt để có được phương án cung cấp điện hợp lý.

- *Tần số:* độ lệch tần số cho phép được quy định là  $\pm 0,5$  Hz.

Để đảm bảo tần số của hệ thống điện được ổn định công suất tiêu thụ phải nhỏ hơn công suất của hệ thống. Như vậy ở các xí nghiệp lớn khi phụ tải gia tăng

thường phải đặt thêm thiết bị tự động đóng thêm máy phát điện dự trữ của xí nghiệp hoặc thiết bị bảo vệ loại bỏ phụ tải theo tần số.

- *Điện áp*: Độ lệch điện áp cho phép so với điện áp định mức được qui định (ở chế độ làm việc bình thường) như sau:

+ Mạng động lực:  $\Delta U\% = \pm 5\% U_{dm}$

+ Mạng chiếu sáng:  $\Delta U\% = \pm 2,5\% U_{dm}$

Trường hợp mở máy động cơ hoặc mạng điện đang trong tình trạng sự cố thì độ lệch điện áp cho phép có thể tới  $(-10 \div 20\%)U_{dm}$ . Tuy nhiên vì phụ tải điện luôn thay đổi nên giá trị điện áp lại khác nhau ở các nút của phụ tải, dẫn đến điều chỉnh điện áp là một vấn đề rất phức tạp.

Để có những biện pháp hiệu quả điều chỉnh điện áp, cần mô tả sự diễn biến của điện áp không những theo độ lệch so với giá trị định mức, mà còn phải thể hiện được mức độ kéo dài. Khi đó chỉ tiêu đánh giá mức độ chất lượng điện áp là giá trị tích phân.

$$\int_0^T \frac{U(t) - U_{dm}}{U_{dm}} dt$$

Trong đó:  $U(t)$  - giá trị điện áp tại nút khảo sát ở thời điểm  $t$

$T$  - khoảng thời gian khảo sát

$U_{dm}$  - giá trị định mức của mạng
























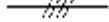










Độ lệch điện áp so với giá trị yêu cầu (hoặc định mức) được mô tả như một đại lượng ngẫu nhiên có phân bố chuẩn, và một trong những mục tiêu quan trọng của điều chỉnh điện áp là: sao cho giá trị xác suất để trong suốt khoảng thời gian khảo sát  $T$ , độ lệch điện áp nằm trong phạm vi cho phép, đạt cực đại.

Ngoài ra khi nghiên cứu chất lượng điện năng cần xét đến hành vi kinh tế, nghĩa là phải xét đến thiệt hại kinh tế do mất điện, chất lượng điện năng xấu. Chẳng hạn khi điện áp thấp hơn định mức, hiệu suất máy giảm, sản xuất kém, tuổi thọ động cơ thấp hơn định mức, sản phẩm kém chất lượng, tuổi thọ động cơ giảm v.v.. Từ đây xác định được giá trị điện áp tối ưu.

Mặt khác khi nghiên cứu chất lượng điện năng trên quan điểm hiệu sử dụng điện, nghĩa là điều chỉnh điện áp và đồ thị phụ tải sao cho tổng số điện năng sử dụng với điện áp cho phép là cực đại.

Những vấn đề nêu trên cần có những nghiên cứu tỉ mỉ dựa trên những thông kê có hệ thống về phân phối điện áp tại các nút, suất thiệt hại kinh tế do chất lượng điện năng xấu.

## 1.5. Một số ký hiệu thường dùng

Máy phát điện hoặc nhà máy điện		Tủ chiếu sáng cục bộ	
Động cơ điện		Khởi động từ	
Máy biến áp 2 dây quấn		Đèn sợi đốt	
Máy biến áp 3 dây quấn		Đèn huỳnh quang	
Máy biến áp điều chỉnh dưới tải		Công tắc điện	
Kháng điện		Ô cảm điện	
Máy biến dòng điện		Dây dẫn điện	
Máy cắt điện		Dây cáp điện	
Cầu chì		Thanh dẫn (thanh cái)	
Aptomát		Dây dẫn tần số $\neq 50$ Hz	
Cầu dao cách ly		Dây dẫn mạng hai dây	
Máy cắt phụ tải		Dây dẫn mạng 4 dây	
Tụ điện bù		Đường dây điện áp $U \leq 36$ V	
Tủ điều khiển		Đường dây mạng động lực 1 chiều	
Tủ phân phối		Chống sét ống	
Tủ phân phối động lực		Chống sét van	
Tủ chiếu sáng làm việc		Cầu chì tự rơi	



## CHƯƠNG II: PHỤ TẢI ĐIỆN

Thực tế trong xí nghiệp có rất nhiều loại máy khác nhau, với các công nghệ khác nhau; đồng thời trình độ sử dụng chúng cũng rất khác nhau và với nhiều yếu tố khác dẫn tới sự tiêu thụ công suất của các thiết bị điện không bao giờ bằng công suất định mức của chúng và luôn luôn thay đổi. Chính vì lý do đó phụ tải điện, đại lượng đo bằng tổng công suất tiêu thụ của các thiết bị điện trong một thời điểm, là một đại lượng biến đổi và xác định được phụ tải điện gặp rất nhiều khó khăn. Nhưng phụ tải điện lại là một thông số quan trọng để lựa chọn các thiết bị của hệ thống điện.

Phụ tải điện là một hàm của nhiều yếu tố theo thời gian  $P(t)$ , và vì vậy chúng không tuân thủ theo một qui luật nhất định.

Công suất mà ta xác định được bằng cách tính toán gọi là phụ tải tính toán  $P_{tt}$ . Nếu xác định phụ tải tính toán nhỏ hơn phụ tải thực tế thường dẫn đến các sự cố hoặc làm giảm tuổi thọ các thiết bị, là nguy cơ tiềm ẩn cho các sự cố tai nạn sau này. Nếu xác định phụ tải tính toán lớn hơn phụ tải thực tế sẽ gây lãng phí do các thiết bị không được khai thác, sử dụng hết công suất.

Trước tầm quan trọng đối với việc xác định đúng phụ tải, đã có rất nhiều công trình nghiên cứu nhằm xác định được phụ tải tính toán sát nhất với phụ tải thực tế và đã có nhiều phương pháp được áp dụng. Các phương pháp xác định phụ tải được chia thành hai nhóm:

+ Nhóm phương pháp dựa trên kinh nghiệm vận hành, thiết kế và được tổng kết lại bằng các hệ số tính toán (đặc điểm của nhóm phương pháp này là: thuận lợi nhất cho việc tính toán, nhanh chóng đạt kết quả, nhưng thường cho kết quả kém chính xác).

+ Nhóm phương pháp dựa trên cơ sở của lý thuyết xác suất và thống kê (có ưu điểm cho kết quả khá chính xác, song cách tính lại rất phức tạp).

### 2.1. Đặc tính của phụ tải điện

#### 2.1.1. Các đặc trưng của phụ tải điện

Mỗi phụ tải có các đặc trưng riêng và các chỉ tiêu xác định điều kiện làm việc của mình mà khi cấp điện cần phải được thoả mãn hoặc chú ý tới.

##### a) Công suất định mức

Công suất định mức là thông số đặc trưng chính của phụ tải điện, thường được ghi trên nhãn của máy hoặc cho trong lý lịch máy.

Đơn vị đo của công suất định mức thường là kW hoặc kVA. Với một động cơ điện  $P_{dm}$  chính là công suất cơ trên trục cơ của nó.

$$P_d = \frac{P_{dm}}{h_{dm}}$$

Trong đó:  $\eta_{dm}$  - hiệu suất định mức của động cơ thường lấy là  $0,8 \div 0,85$  (với động cơ không đồng bộ không tải).

Tuy vậy với các động cơ công suất nhỏ và nếu không cần chính xác lắm thì có thể lấy  $P_d \approx P_{dm}$ .

Chú ý:

+ Với các thiết bị nung chảy công suất lớn, các thiết bị hàn thì công suất định mức chính là công suất định mức của máy biến áp, thường là (kVA).

+ Thiết bị ở chế độ ngắn hạn lặp lại, khi tính phụ tải tính toán phải qui đổi về chế độ làm việc dài hạn (tức phải qui về chế độ làm việc có hệ số tiếp điện tương đối).

Động cơ  $P'_{dm} = P_{dm} \cdot \sqrt{e_{dm}}$

Biến áp  $P'_{dm} = S_{dm} \cdot \cos j \cdot \sqrt{e_{dm}}$

Trong đó:  $P'_{dm}$  - công suất định mức đã qui đổi về  $\varepsilon_{dm}\%$

$S_{dm}$ ;  $P_{dm}$ ;  $\cos \varphi$ ;  $\varepsilon_{dm}\%$  - các tham số định mức ở lý lịch máy của thiết bị.

#### b) Điện áp định mức

Điện áp định mức  $U_{dm}$  của phụ tải phải phù hợp với điện áp của mạng điện. Trong xí nghiệp có nhiều thiết bị khác nhau nên cũng có nhiều cấp điện áp định mức của lưới điện.

+ Điện áp một pha: 12; 36 V sử dụng cho mạng chiếu sáng cục bộ hoặc các nơi nguy hiểm.

+ Điện áp ba pha: 127/220; 220/380; 380/660V cung cấp cho phần lớn các thiết bị của xí nghiệp (cấp 220/380V được dùng rộng rãi nhất).

+ Cấp 3; 6; 10 kV: dùng cung cấp cho các lò nung chảy; các động cơ công suất lớn.

Ngoài ra còn có cấp 35, 110 kV dùng để truyền tải hoặc cung cấp điện cho các thiết bị đặc biệt (công suất cực lớn). Với thiết bị chiếu sáng yêu cầu chặt chẽ hơn nên để thích ứng với việc sử dụng ở các vị trí khác nhau trong lưới. Thiết bị chiếu sáng thường được thiết kế nhiều loại khác nhau trong cùng một cấp điện áp định mức. Ví dụ ở mạng 110 V có các loại bóng đèn 100; 110; 115; 120; 127 V.

#### c) Tần số:

Do qui trình công nghệ và sự đa dạng của thiết bị trong xí nghiệp nên các thiết bị được sử dụng với dòng điện với tần số rất khác nhau từ  $f = 0$  Hz (thiết bị một chiều) đến các thiết bị có tần số hàng triệu Hz (thiết bị cao tần). Tuy nhiên

chúng vẫn chỉ được cấp điện từ lưới có tần số định mức 50 (hoặc 60 Hz) thông qua các máy biến tần.

*Chú ý:* Các động cơ thiết kế ở tần số định mức 60 Hz vẫn có thể sử dụng được ở lưới có tần số định mức 50 Hz với điều kiện điện áp cấp cho động cơ phải giảm đi theo tỷ lệ của tần số (ví dụ: động cơ ở lưới 60 Hz muốn làm việc ở lưới có tần số 50 Hz thì điện áp trước đó của nó phải là  $450 \div 460$  V).

### **2.1.2. Đồ thị phụ tải**

Đồ thị phụ tải là đặc trưng cho sự tiêu dùng năng lượng điện của các thiết bị riêng lẻ, của nhóm thiết bị, của phân xưởng hoặc của toàn bộ xí nghiệp. Đồ thị phụ tải là tài liệu quan trọng trong thiết và vận hành hệ thống cung cấp điện.

#### *a) Phân loại:*

Đồ thị phụ tải có nhiều cách phân loại khác nhau:

- Theo đại lượng đo

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

- Theo thời gian khảo sát

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

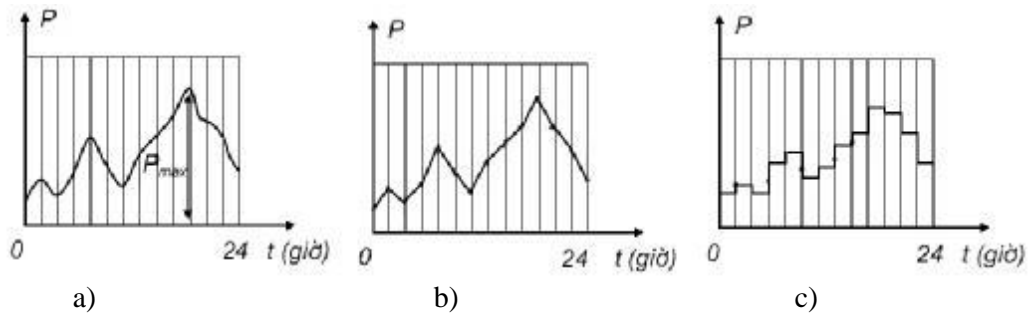
- Đồ thị phụ tải của thiết bị riêng lẻ ký hiệu:  $p(t)$ ;  $q(t)$ ;  $i(t)$ ..

- Của nhóm thiết bị  $P(t)$ ;  $Q(t)$ ;  $I(t)$ .

#### *b) Các loại đồ thị phụ tải thường dùng:*

- Đồ thị phụ tải hàng ngày: (của nhóm thiết bị trong phân xưởng hoặc của xí nghiệp). Đồ thị phụ tải ngày thường được xét với chu kỳ thời gian là một ngày đêm (24 giờ) và có thể xác định theo 3 cách.

- + Bằng dụng cụ đo tự động ghi lại (hình 1.2a)
- + Do nhân viên trực ghi lại sau những giờ nhất định (hình 1.2b).
- + Biểu diễn theo bậc thang, ghi lại giá trị trung bình trong những khoảng nhất định (hình 1.2c).



Hình 2.1 - Đồ thị phụ tải ngày

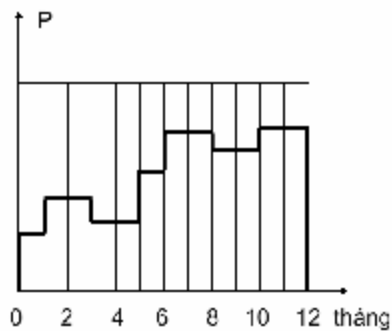
+ Đồ thị phụ tải hàng ngày cho ta biết tình trạng làm việc của thiết bị để từ đó sắp xếp lại qui trình vận hành hợp lý nhất, nó còn làm căn cứ để tính chọn thiết bị, tính điện năng tiêu thụ...

+ Các thông số đặc trưng của đồ thị phụ tải hàng ngày:

Phụ tải cực đại	$P_{\max} ; Q_{\max}$
Hệ số công suất cực đại	$\cos\varphi_{\max} , \operatorname{tg}j_{\max} = \frac{Q_{\max}}{P_{\max}}$
Điện năng trong một ngày đêm	$A \text{ (kWh)}; A_R \text{ (kVArh)}$
Hệ số công suất trung bình	$\cos\varphi_{\text{tb}} , \operatorname{tg}j_{\text{tb}} = \frac{A_R}{A}$
Hệ số điền kín của đồ thị phụ tải	$k_{\text{dk}} = \frac{A}{24.P_{\max}} ; k_{\text{dk.R}} = \frac{A_R}{24.Q_{\max}}$

- Đồ thị phụ tải hàng năm gồm hai loại: đồ thị phụ tải hàng tháng và đồ thị phụ tải theo bậc thang

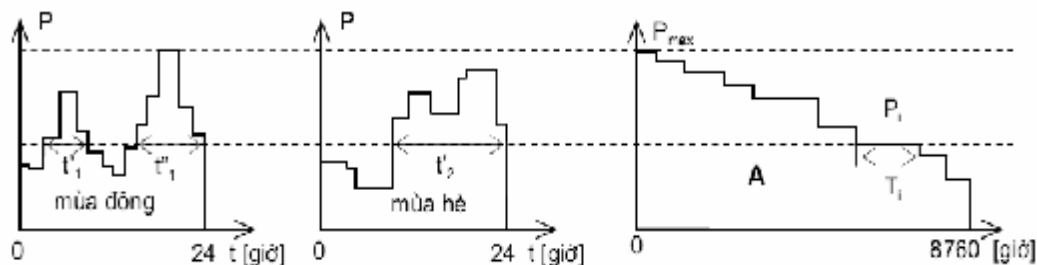
+ Đồ thị phụ tải hàng tháng: được xây dựng theo phụ tải trung bình của từng tháng của xí nghiệp trong một năm làm việc.



Hình 2.2 - Đồ thị phụ tải hàng tháng

Đồ thị phụ tải hàng tháng cho ta biết nhịp độ sản xuất của xí nghiệp. Từ đó có thể đề ra lịch vận hành sửa chữa các thiết bị điện một cách hợp lý nhất, nhằm đáp ứng các yêu cầu của sản xuất (ví dụ: vào tháng 3,4 → sửa chữa vừa và lớn, còn ở những tháng cuối năm chỉ sửa chữa nhỏ và thay các thiết bị).

+ Đồ thị phụ tải theo bậc thang: xây dựng trên cơ sở của đồ thị phụ tải ngày đêm điển hình (thường chọn 1 ngày điển hình vào mùa đông và vào mùa hạ)



Hình 2.3 - Đồ thị phụ tải bậc thang

Gọi:  $n_1$  – số ngày mùa đông trong năm

$n_2$  – số ngày mùa hè trong năm

$$T_i = (t'_1 + t''_1)n_1 + t'_2 n_2$$

Các thông số đặc trưng của đồ thị phụ tải năm:

Điện năng tác dụng và phản kháng tiêu thụ trong một năm làm việc  $A$  (kWh/năm) và  $A_R$  (kVArh/năm)

Các giá trị này được xác định bằng diện tích bao bởi đường đồ thị phụ tải và trục thời gian

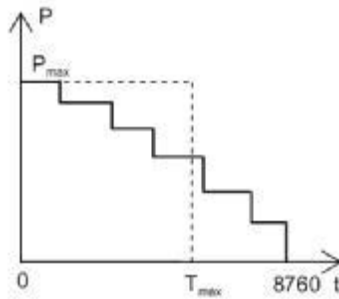
Thời gian sử dụng công suất cực đại  $T_{\max} = \frac{A}{P_{\max}}$  ;  $T_{\max.R} = \frac{A_R}{Q_{\max}}$

Hệ số công suất trung bình  $\cos\varphi_{tb}$  ;  $\operatorname{tg}j_{tb} = \frac{A_R}{A}$

Hệ số điền kín đồ thị phụ tải  $k_{dk} = \frac{A}{8760.P_{\max}}$  ;  $k_{dk.R} = \frac{A_R}{8760.Q_{\max}}$

Khái niệm về thời gian sử dụng công suất lớn nhất và thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất ( $T_{\max}$  và  $\tau$ ):

*Định nghĩa  $T_{\max}$* : Nếu giả thiết rằng ta luôn luôn sử dụng công suất cực đại thì thời gian cần thiết ( $T_{\max}$ ) để cho phụ tải đó tiêu thụ được lượng điện năng do phụ tải thực tế tiêu thụ trong một năm làm việc.  $T_{\max}$  gọi là thời gian sử dụng công suất lớn nhất.

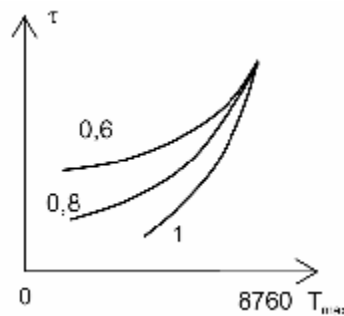


Hình 2.4 - Quan hệ giữa  $T_{\max}$  và đồ thị phụ tải bậc thang

Đặc điểm:

- + Thời gian sử dụng công suất lớn nhất ( $T_{\max}$ ) ứng với mỗi xí nghiệp khác nhau sẽ có giá trị khác nhau.
- + Trị số này ( $T_{\max}$ ) có thể tra ở sổ tay thiết kế.
- + Qua thống kê có thể đưa ra  $T_{\max}$  điển hình của một số xí nghiệp.
- + Với các giá trị  $T_{\max}$  lớn thì đồ thị phụ tải càng bằng phẳng.
- + Ngược lại với các giá trị  $T_{\max}$  nhỏ thì đồ thị phụ tải ít bằng phẳng hơn.

*Định nghĩa  $\tau$* : Giả thiết ta luôn luôn vận hành với tổn thất công suất lớn nhất thì thời gian cần thiết  $\tau$  để gây ra được lượng điện năng tổn thất bằng lượng điện năng tổn thất do phụ tải thực tế gây ra trong một năm làm việc, gọi là thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất.



Hình 2.5 - Giá trị của  $\tau$  ứng với các loại hệ số công suất

Các hệ số  $\tau$  và  $T_{\max}$  thường không bao giờ bằng nhau, tuy nhiên chúng lại có quan hệ rất gắn bó, nhưng lại không tỷ lệ tuyến tính vì  $\Delta P$  không chỉ xuất hiện lúc có tải, mà ngay cả lúc không tải cũng vẫn có tổn thất. Trên đồ thị là quan hệ giữa  $\tau$  và  $T_{\max}$  theo các giá trị  $\cos \varphi$  khác nhau.

### 2.1.3. Chế độ làm việc của phụ tải và qui đổi phụ tải

#### a) Chế độ làm việc của phụ tải

*Chế độ dài hạn*: Chế độ trong đó nhiệt độ của thiết bị tăng đến giá trị xác lập và là hằng số không phụ thuộc vào sự biến đổi của công suất trong khoảng thời

gian bằng 3 lần hằng số thời gian phát nóng của dây quấn. Phụ tải có thể làm việc với đồ thị bằng phẳng với công suất không đổi trong thời gian làm việc hoặc đồ thị phụ tải không thay đổi trong thời gian làm việc.

*Chế độ làm việc ngắn hạn:* Trong đó nhiệt độ của thiết bị tăng lên đến giá trị nào đó trong thời gian làm việc, rồi lại giảm xuống bằng nhiệt độ môi trường xung quanh trong thời gian nghỉ.

*Chế độ ngắn hạn lặp lại:* Trong đó nhiệt độ của thiết bị tăng lên trong thời gian làm việc nhưng chưa đạt giá trị cho phép và lại giảm xuống trong thời gian nghỉ, nhưng chưa giảm xuống nhiệt độ của môi trường xung quanh. Chế độ ngắn hạn lặp lại đặc trưng bằng hệ số đóng điện  $\varepsilon\%$

$$\varepsilon\% = \frac{t_d}{t_0 + t_d} 100 = \frac{t_d}{T_C} 100$$

Trong đó :  $t_d$  – thời gian đóng điện của thiết bị  
 $t_0$  – thời gian nghỉ  
 $T_C$  – là một chu kỳ công tác và phải nhỏ hơn 10 phút

*b) Qui đổi phụ tải 1 pha về 3 pha:*

Trong hệ thống cung cấp điện, tất cả các thiết bị cung cấp điện từ nguồn đến các đường dây tuyến tải đều là thiết bị ba pha, trong khi các thiết bị dùng điện lại có cả thiết bị 1 pha. Các thiết bị này có thể đấu vào điện áp pha hoặc điện áp dây do đó khi tính phụ tải cần phải được qui đổi về 3 pha.

- Khi có 1 thiết bị đấu vào điện áp pha thì công suất tương đương sang 3 pha:

$$P_{\text{đm td}} = 3.P_{\text{đm pha}}$$

Trong đó :  $P_{\text{đm td}}$  - công suất định mức tương đương (sang 3 pha).

$P_{\text{đm pha}}$  - công suất định mức của phụ tải một pha.

- Khi có 1 phụ tải 1 pha đấu vào điện áp dây.

$$P_{\text{đm td}} = \sqrt{3} P_{\text{đm pha}}$$

- Khi có nhiều phụ tải 1 pha đấu vào nhiều điện áp dây và pha khác nhau:

$$P_{\text{đm td}} = 3.P_{\text{đm pha.max}}$$

Để tính toán cho trường hợp này, trước tiên phải qui đổi các thiết bị 1 pha đấu vào điện áp dây về điện áp pha. Sau đó sẽ xác định được công suất cực đại của một pha nào đó ( $P_{\text{đm pha.max}}$ )

## 2.2. Các phương pháp xác định phụ tải tính toán

### 2.2.1. Khái niệm về phụ tải tính toán

*Khái niệm :* Phụ tải tính toán là phụ tải không có thực mà chúng ta cần phải tính ra để từ đó làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế, lựa chọn thiết bị hệ thống cung cấp điện. Thực tế có hai loại phụ tải tính toán :

- + Phụ tải tính toán theo phát nóng cho phép.
- + Phụ tải tính toán theo điều kiện tổn thất.

a) *Phụ tải tính toán theo phát nóng*

*Định nghĩa:* Phụ tải tính toán theo phát nóng là phụ tải giả thiết lâu dài không đổi, tương đương với phụ tải thực tế (biến thiên) về hiệu quả nhiệt lớn nhất”.

+ Trong thực tế thường dùng phụ tải tính toán tác dụng  $P_{tt}$  vì nó đặc trưng cho quá trình sinh công, thuận tiện cho việc đo đạc vận hành.

$$P_{tt} = \sqrt{3}U_{dm}I_{tt} \cos j_{tt}$$

Trong tính toán có thể cho phép lấy gần đúng  $\cos\varphi_{tt} = \cos\varphi_{tb}$ .

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

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

Trong đó:

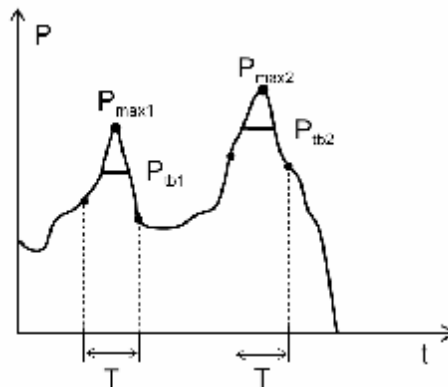
$$P_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$$

$$P_{qp} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt}$$

Trong đó: T - thời gian khảo sát

P(t) - phụ tải thực tế

+ Sự phát nóng của dây dẫn là kết quả của sự tác dụng của phụ tải trong thời gian T. Người ta nhận thấy rằng giá trị trung bình của phụ tải trong thời gian này  $P_T$  đặc trưng cho sự phát nóng của dây dẫn chính xác hơn so với công suất cực đại tức thời  $P_{max}$  trong khoảng thời gian đó. Chính vì thế phụ tải tính toán  $P_{tt}$  được xác định bằng giá trị cực đại trong các giá trị trung bình trong khoảng thời gian T. Khi đó khoảng thời gian này xê dịch trên toàn bộ đồ thị phụ tải đã cho.



Hình 2.6 - Phụ tải đỉnh nhọn



+ Tồn tại một khoảng thời gian tối ưu mà phụ tải trung bình lấy trong thời gian đó đặc trưng chính xác nhất cho sự thay đổi phát nóng của dây dẫn trong khoảng đó.

$$T_{tb} = 3T_0$$

Trong đó :  $T_0$  – hằng số thời gian phát nóng của dây dẫn vì sau khoảng thời gian này trị số phát nóng đạt tới 95% trị số xác lập

+ Trong thực tế T thường được lấy là 30 phút, gần bằng 3 lần hằng số thời gian phát nóng của các loại dây dẫn có tiết diện trung bình và nhỏ → Nếu hằng số thời gian phát nóng của dây dẫn lớn hơn so với 10 phút thì công suất cực đại 30 phút phải qui đổi ra công suất cực đại với khoảng thời gian dài hơn. Bên cạnh  $P_{tt}$  còn có  $Q_{tt}$ ;  $S_{tt}$  và  $I_{tt}$ .

### *b) Phụ tải tính toán theo điều kiện tổn thất cho phép*

$P_{tt}$  theo điều kiện tổn thất cho phép (phụ tải đỉnh nhọn  $P_{đn}$ ;  $Q_{đn}$ ;  $S_{đn}$ ;  $I_{đn}$ ) - là phụ tải cực đại xuất hiện trong thời gian ngắn (1÷2 giây). Phụ tải đỉnh nhọn gây ra tổn thất điện áp lớn nhất trong mạng điện và các điều kiện làm việc nặng nề nhất cho mạng, trong khi cần phải đảm bảo các yêu cầu của sản xuất.

Ví dụ : tại thời điểm khởi động của động cơ chính là thời điểm xuất hiện phụ tải đỉnh nhọn, tổn thất điện áp do phụ tải gây ra sẽ ảnh hưởng đến chất lượng các mối hàn, độ ổn định của ánh sáng điện.

+ Đối với phụ tải đang vận hành có thể có được bằng cách đo đạc, còn trong thiết kế có thể xác định gần đúng căn cứ vào các giá trị đặc trưng của các phụ tải đã có và đã được đo đạc thống kê trong quá trình lâu dài.

### **2.2.2. Các phương pháp xác định phụ tải tính toán**

- Tuỳ thuộc vào vị trí của phụ tải, giai đoạn thiết kế mà người ta dùng phương pháp chính xác hoặc phương pháp đơn giản tính  $P_{tt}$ . Khi xác định  $P_{tt}$  cần lưu ý một số vấn đề:

+ Đồ thị phụ tải luôn luôn thay đổi theo thời gian, tăng lên và bằng phẳng hơn theo mức hoàn thiện kỹ thuật sản xuất (hệ số điền kín phụ tải tăng lên dần).

+ Việc hoàn thiện quá trình sản xuất (tự động hoá và cơ giới hoá) sẽ làm tăng lượng điện năng tiêu thụ của xí nghiệp do đó khi thiết kế hệ thống cung cấp điện phải tính đến sự phát triển tương lai của xí nghiệp, phải lấy mức của phụ tải xí nghiệp 10 năm sau.

- Các phương pháp xác định phụ tải tính toán và phạm vi sử dụng:

+ Theo công suất trung bình và hệ số cực đại: còn gọi là phương pháp biểu đồ hay phương pháp số thiết bị điện hiệu quả - thường dùng cho mạng điện phân xưởng điện áp đến 1000 V và mạng cao hơn, mạng toàn xí nghiệp.

- + Theo công suất trung bình và độ lệch của phụ tải khỏi giá trị trung bình: đây là phương pháp thống kê - dùng cho mạng điện phân xưởng điện áp đến 1000V
  - + Theo công suất trung bình và hệ số hình dạng của đồ thị phụ tải: dùng cho mạng điện từ trạm biến áp phân xưởng cho đến mạng toàn xí nghiệp.
  - + Theo công suất đặt và hệ số nhu cầu (cần dùng): dùng để tính toán sơ bộ, ngoài ra còn 2 phương pháp khác.
  - + Theo suất chi phí điện năng trên đơn vị sản phẩm
  - + Theo suất phụ tải trên đơn vị diện tích sản xuất
- Hai phương pháp cuối chỉ dùng cho tính toán sơ bộ.

### 2.2.3. Xác định phụ tải tính toán theo công suất trung bình và hệ số cực đại

Theo phương pháp này phụ tải tính toán của nhóm thiết bị:

$$P_{tt} = k_m P_{tb} = k_m k_{sd} P_{dm}$$

Trong đó:  $P_{tb}$  - công suất trung bình của phụ tải trong ca mang tải lớn nhất.

$P_{dm}$  - công suất định mức của phụ tải (tổng  $P_{dm}$  của nhóm)

$k_{sd}$  - hệ số sử dụng công suất tác dụng (của nhóm)

$k_m$  - hệ số cực đại công suất tác dụng với khoảng thời gian trung bình  $T = 30$  phút (với  $P_{tt}$  và  $k_m$  khi không có ký hiệu đặc biệt được hiểu là tính với  $T = 30$  phút).

a) Hệ số sử dụng công suất ( $k_{sd}$ ):

*Khái niệm:* là tỉ số giữa công suất trung bình và công suất định mức. Hệ số sử dụng được định nghĩa cho cả Q; I. Với thiết bị đơn lẻ kí hiệu bằng chữ nhỏ còn với nhóm thiết bị được kí hiệu bằng chữ in hoa.

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

Đối với nhóm thiết bị

$$k_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{dm,i} k_{sd,i}}{\sum_{i=1}^n P_{dm,i}}$$

Có thể xác định theo điện năng tiêu thụ

$$k_{sd} = \frac{A}{A_R}$$

Trong đó:  $A$  - điện năng tiêu thụ trong 1 ca theo đồ thị phụ tải.

$A_R$  - điện năng tiêu thụ định mức.

Tương tự ta có:

$$k_{sdq} = \frac{q_{tb}}{q_{dm}} ; k_{sdq} = \frac{Q_{tb}}{Q_{dm}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_{dm,i} k_{sdq,i}}{\sum_{i=1}^n q_{dm,i}}$$

$$k_{sdi} = \frac{i_{tb}}{i_{dm}} ; k_{sdi} = \frac{I_{tb}}{I_{dm}} = \frac{\sum_{i=1}^n i_{dm,i} k_{sdi}}{\sum_{i=1}^n i_{dm,i}}$$

+ Hệ số sử dụng các thiết bị riêng lẻ và các nhóm thiết bị đặc trưng được xây dựng theo các số liệu thống kê trong thời gian dài và được cho trong các cẩm nang kỹ thuật.

*b) Số thiết bị dùng điện có hiệu quả ( $n_{hq}$ )*

*Định nghĩa:* Số thiết bị dùng điện hiệu quả là số thiết bị điện giả thiết có cùng công suất, cùng chế độ làm việc mà chúng gây ra một phụ tải tính toán, bằng phụ tải tính toán của nhóm, có đồ thị phụ tải không giống nhau về công suất và chế độ làm việc.

Công thức đầy đủ để tính số thiết bị dùng điện hiệu quả của nhóm có n thiết bị:

$$n_{hq} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n p_{dm,i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (p_{dm,i})^2}$$

Trong đó :  $p_{dm,i}$  - công suất định mức của thiết bị thứ i trong nhóm.

n - tổng số thiết bị trong nhóm.

+ Nếu công suất định mức của tất cả các thiết bị dùng điện đều bằng nhau lúc này  $n = n_{hq}$ .

+ Với số thiết bị lớn sử dụng công thức trên không thuận lợi thì có thể sử dụng công thức gần đúng với sai số  $\pm 20\%$ .

Các trường hợp riêng để tính nhanh  $n_{hq}$

+ Khi  $\frac{P_{dm,max}}{P_{dm,min}} \leq 3$  và  $K_{sd} \geq 0,4$  Thì số thiết bị hiệu quả sẽ lấy bằng số thiết bị

thực tế của nhóm:  $n_{hq} = n$

+ Khi trong nhóm có  $n_1$  thiết bị dùng điện có tổng công suất định mức nhỏ hơn hoặc bằng 5 % tổng công suất định mức của toàn nhóm

$$\sum_{i=1}^{n_1} p_{dm,i} \leq \frac{5}{100} \sum_{i=1}^n p_{dm,i} \rightarrow n_{hq} = n - n_1$$

Ví dụ: Xác định số thiết bị hiệu quả của nhóm có chế độ làm việc dài hạn có số lượng và công suất như sau:

Số thiết bị	Công suất (kW)
10	0,6
5	4,5
6	7
5	10
2	14

Hệ số sử dụng của toàn nhóm  $K_{sd} = 0,5$

Giải :

+ Tính bằng công thức đầy đủ:

$$n_{hq} = \frac{(10 \cdot 0,6 + 5 \cdot 4,5 + 6 \cdot 7 + 5 \cdot 10 + 2 \cdot 14)^2}{10 \cdot 0,6^2 + 5 \cdot 4,5^2 + 6 \cdot 7^2 + 5 \cdot 10^2 + 2 \cdot 14^2} = 20$$

+ Tính gần đúng: vì nhóm có 10 thiết bị rất nhỏ (0,6 kW)

$$10 \cdot 0,6 = 6 \text{ kW} < \sum p_{dm.i} 5\% = 148,5 \cdot 5\% = 7,4$$

$$\rightarrow n_{hq} = n - n_l = 28 - 10 = 18$$

Kết quả này sai số 10% so với cách tính bằng công thức đầy đủ.

+ Khi  $m > 3$  và  $K_{sd} \geq 0,2$  (với  $m = \frac{P_{dm.max}}{P_{dm.min}}$ )

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

Chú ý: nếu tính ra  $n_{hq} > n$ , thì chọn  $n_{hq} = n$

Ví dụ: Nhóm có các thiết bị làm việc dài hạn. Hãy xác định số thiết bị hiệu quả của nhóm;  $K_{sd} = 0,4$ .

Số thiết bị	Công suất (kW)
4	20
5	10
6	4
5	7
4	4,5
25	2,8
20	1

Ta có  $m = \frac{20}{1} = 20 > 3$ ;  $K_{sd} = 0,4 > 0,2$

$$n_{hq} = \frac{2 \sum_{i=1}^n p_{dm.i}}{P_{dm.max}} = \frac{2 \cdot (4 \cdot 20 + 5 \cdot 10 + 6 \cdot 4 + 4 \cdot 4,5 + 25 \cdot 2,8 + 20 \cdot 1)}{20} = \frac{524}{20} = 26$$

+ Khi không có khả năng sử dụng các phương pháp đơn giản: thì phải sử dụng các đường cong hoặc bảng tra. Bảng và đường cong được xây dựng quan hệ số thiết bị hiệu quả tương đối theo  $n^*$  và  $p^*$

$$n_{hq}^* = f(n^*; p^*)$$

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

Trong đó:  $n_{hq}^* = \frac{n_{hq}}{n}$

$$n^* = \frac{n_1}{n}$$

$$p^* = \frac{P_{dm1}}{P_{dm}}$$

Trong đó :  $n_1$  - số thiết bị có công suất lớn hơn 1/2 công suất của thiết bị có công suất lớn nhất trong nhóm.

$P_{dm1}$  - tổng công suất của  $n_1$  thiết bị.

$P_{dm}$  - tổng công suất định mức của tất cả thiết bị

Ví dụ: Xác định số thiết bị hiệu quả của nhóm. Nhóm có  $K_{sd} = 0,1$

Số thiết bị	Công suất (kW)
4	10
5	7
4	4,5
5	2,8
20	1

Giải:

Ta có  $m = 10/1 = 10$  với  $m = 10$  ;  $K_{sd} = 0,1$  nên không áp dụng được cách gần đúng.

$$n = 5 + 4 + 5 + 4 + 20 = 38$$

$$P_{dm} = 4 \cdot 10 + 5 \cdot 7 + 4 \cdot 4,5 + 5 \cdot 2,8 + 20 \cdot 1 = 127 \text{ kW}$$

Thiết bị có công suất lớn nhất là 10 kW 1/2. 10 = 5 kW

$$n_1 = 4 + 5 = 9$$

$$P_{dm1} = 4 \cdot 10 + 5 \cdot 7 = 75 \text{ kW}$$

$$n^* = \frac{n_1}{n} = \frac{9}{38}$$

$$p^* = \frac{P_{dm1}}{P_{dm}} = \frac{75}{127}$$

Từ  $n^*$  và  $p^*$  tra bảng ta tìm được  $n_{hq}^* = 0,59$

$$n_{hq} = 38 \cdot 0,59 = 21$$

+ Đối với nhóm thiết bị một pha đầu vào mạng 3 pha: thì số thiết bị hiệu quả có thể xác định 1 cách đơn giản theo công thức sau:

$$n_{hq} = \frac{2 \sum_{i=1}^n p_{dm,i}}{3 \cdot p_{dm,max}} \quad (2-40)$$

Trong đó :  $\sum_{i=1}^n p_{dm,i}$  - tổng công suất của thiết bị một pha tại nút tính toán

$p_{dm,max}$  - công suất định mức của thiết bị 1 pha lớn nhất

c) *Hệ số cực đại ( $k_m$ )*

Hệ số cực đại là tỉ số giữa công suất tính toán và công suất trung bình.

$$k_m = \frac{P_{tt}}{P_{tb}} \quad \text{hoặc} \quad K_m = \frac{P_{tt}}{P_{tb}}$$

Trong đó :  $k_m$  và  $K_m$  với từng thiết bị và với nhóm thiết bị.

Công suất trung bình có thể tính theo công thức sau:

$$P_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = \frac{A}{T}$$

Trong đó : T - thời gian khảo sát lấy bằng độ dài của ca mang tải lớn nhất.

Tương tự ta có hệ số cực đại với dòng điện:

$$K_{m,i} = \frac{I_{tt}}{I_{tb}}$$

+ Hệ số cực đại liên quan đến 2 đại lượng quan trọng của đồ thị phụ tải là  $P_{tt}$  và  $P_{tb}$ . Trị số của nó phụ thuộc vào số thiết bị dùng điện hiệu quả  $n_{hq}$  và nhiều hệ số khác đặc trưng cho chế độ tiêu thụ của nhóm. Thực tế có nhiều phương pháp xác định  $k_m$  của nhiều tác giả khác nhau.

+ Trong thực tế thường  $k_m$  được xây dựng theo quan hệ của  $n_{hq}$  và  $k_{sd}$  dưới dạng đường cong hoặc dạng bảng tra  $\rightarrow k_m = f(n_{hq}; k_{sd})$ .

+ Cần nhớ rằng  $k_m$  tra được trong các bảng tra thường chỉ tương ứng với thời gian tính toán là 30 phút. Trường hợp khi tính  $P_{tt}$  với  $T > 30$  phút (với thiết bị lớn) thì  $k_m$  sẽ phải tính qui đổi lại theo công thức:

$$k_{m,T} = 1 + \frac{k_m}{\sqrt{2T}}$$

Trong đó :  $k_m$  - tra được trong bảng ( $T = 30$  phút).

$T > 30$  phút

d) *Phụ tải tính toán phản kháng của nhóm thiết bị ( $Q_{tt}$ )*

Thường chỉ được tính gần đúng như sau:

+ Khi  $n_{hq} \leq 10$

$$Q_{tt} = 1,1 Q_{tb}$$

+ Khi  $n_{hq} > 10$

$$Q_{tt} = Q_{tb}$$

Trong đó :  $Q_{tb}$  - là công suất trung bình của nhóm phụ tải trong ca mang tải lớn nhất.

$$Q_{tb} = K_{sdq} \cdot Q_{dm} \text{ hoặc } Q_{tb} = P_{tb} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{tb}$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{tb} \text{ được tính theo } \cos j_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{dm,i} \cos j_i}{\sum_{i=1}^n P_{dm,i}}$$

e) Những trường hợp riêng dùng phương pháp đơn giản để tính  $P_{tt}$

+ Khi  $n_{hq} < 4 \rightarrow$  trường hợp này không tra được  $k_m$  theo đường cong

$$+ \text{ Nếu } n \leq 3 \rightarrow P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{dm,i}$$

$$Q_{tt} = \sum_{i=1}^n q_{dm,i} = \sum_{i=1}^n P_{dm,i} \cdot \operatorname{tg} j_i$$

$$+ \text{ Nếu } n > 3 \rightarrow P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{dm,i} \cdot k_{t,i}$$

$$Q_{tt} = \sum_{i=1}^n q_{dm,i} \cdot k_{tq,i}$$

Trong đó :  $k_{t,i}$  và  $k_{tq,i}$  - hệ số tải tác dụng và hệ số tải phản kháng.

+ Khi không có số liệu cụ thể lấy gần đúng với thiết bị có chế độ làm việc dài hạn  $k_t = 0,9$ ;  $\cos\varphi_{dm} = 0,8$ ; còn đối với thiết bị ngắn hạn lặp lại  $k_t = 0,7$ ;  $\cos\varphi_{dm} = 0,7$ .

+ Với nhóm thiết bị làm việc dài hạn, có đồ thị phụ tải bằng phẳng, ít thay đổi (ví dụ: lò điện trở, quạt gió, trạm khí nén, trạm bơm...)  $K_{sd} \geq 0,6$ ;  $K_{dk} \geq 0,9$  (hệ số điền kín đồ thị phụ tải)  $\rightarrow$  có thể lấy  $K_m = 1$

$$P_{tt} = P_{tb}; Q_{tt} = Q_{tb}$$

f) Phụ tải tính toán của các thiết bị một pha

+ Nếu nhóm thiết bị một pha phân bố đều trên các pha thì phụ tải tính toán của chúng có thể tính toán như đối với thiết bị 3 pha có công suất tương đương. Chú ý trong đó  $n_{hq}$  của nhóm thiết bị được xác định theo công thức (2.40)

+ Nhóm thiết bị một pha có  $n > 3$  có đồ thị phụ tải thay đổi có chế độ làm việc giống nhau (cùng  $K_{sd}$  và  $\cos\varphi$ ) đấu vào điện áp dây và pha, phân bố không đều trên các pha thì phụ tải tính toán tương đương xác định theo công thức:

$$P_{tt.td} = 3P_{tb.1pha} K_m = 3K_{sd} K_m P_{dm.1pha} \quad (2.48)$$

Khi  $n_{hq} \leq 10$

$$\begin{aligned} Q_{tt.td} &= 3Q_{tb.1pha} 1,1 = 3,3K_{sd} Q_{dm.1pha} \\ &= 3,3K_{sd} P_{dm.1pha} tgj \end{aligned} \quad (2.49)$$

Khi  $n_{hq} > 10$

$$\begin{aligned} Q_{tt.td} &= 3Q_{tb.1pha} = 3K_{sd} Q_{dm.1pha} \\ &= 3K_{sd} P_{dm.1pha} tgj \end{aligned} \quad (2.49)$$

Trong đó:  $P_{tb.1pha}$ ;  $Q_{tb.1pha}$  - phụ tải trung bình trong pha mang tải lớn nhất của pha có phụ tải lớn nhất.

+ Nhóm thiết bị một pha  $n > 3$  có đồ thị phụ tải thay đổi, có chế độ làm việc khác nhau, đầu vào điện áp pha và điện áp dây. Trước tiên cần tính phụ tải trung bình trong ca mang tải lớn nhất

Tính cho pha A:

$$\begin{aligned} P_{tb(A)} &= K_{sd} P_{dmAB} p(AB)A + K_{sd} P_{dmAC} p(AC)A + K_{sd} P_{dmAO} \\ Q_{tb(A)} &= K_{sdq} Q_{dmAB} q(AB)A + K_{sdq} Q_{dmAC} q(AC)A + K_{sdq} Q_{dmAO} \end{aligned}$$

Trong đó:  $K_{sd}$ ;  $K_{sdq}$  - hệ số sử dụng công suất tác dụng và phản kháng của thiết bị một pha có chế độ làm việc khác nhau.

$p(AB)A$ ;  $p(AC)A$ ;  $q(AB)A$ ;  $q(AC)A$  - hệ số qui đổi công suất của TB một pha khi mắc vào điện áp dây và qui về pha A.

Tương tự như trên chúng ta sẽ xác định được phụ tải trung bình của các pha còn lại (pha B và C) → ta có phụ tải trung bình của pha lớn nhất → Từ đó xác định được phụ tải trung bình tương đương 3 pha:

$$\begin{aligned} P_{tb.td} &= 3P_{tb.1pha} \\ Q_{tb.td} &= 3Q_{tb.1pha} \end{aligned} \quad (\text{pha có tải lớn nhất})$$

Sau đó :

$$P_{tb.td} = K_m P_{tb} t_d$$

$Q_{tb.td}$  Tính theo (2.49); (2.50)

Để tra được  $K_m$  sẽ lấy  $K_{sd}$  của pha mang tải lớn nhất theo công thức sau:

$$K_{sd} = \frac{P_{tb.1pha}}{\frac{P_{dm1} + P_{dm2} + P_{dm0}}{2}}$$

Trong đó:  $P_{dm0}$  - tổng công suất định mức của phụ tải 1 pha đầu vào điện áp pha (của pha mang tải lớn nhất).



$P_{dm1}$  ;  $P_{dm2}$  - tổng công suất định mức của các thiết bị 1 pha đấu giữa pha mang tải lớn nhất và 2 pha còn lại.

+ Nếu nhóm thiết bị một pha có đồ thị phụ tải bằng phẳng (ví dụ - chiếu sáng, các lò điện trở 1 pha ...) có thể xem  $K_m = 1$

$$P_{tt.td} = P_{tb.td} ; Q_{tt.td} = Q_{tb.td} \quad (2.54)$$

g) Phụ tải tính toán của nút hệ thống cung cấp điện: (tủ phân phối, đường dây chính, trạm biến áp, trạm phân phối điện áp < 1000 V).

Nút phụ tải này cung cấp cho n nhóm phụ tải.

$$P_{tt} = K_m \sum_{i=1}^n P_{tb.i} \quad (2.55)$$

Khi  $n_{hq} \leq 10$

$$Q_{tt} = 1,1 \sum_{i=1}^n q_{tb.i} \quad (2.56)$$

$n_{hq} > 10$

$$Q_{tt} = \sum_{i=1}^n q_{tb.i}$$

Trong đó:  $P_{tb.i} = \sum_{i=1}^k p_{dm.i} k_{sd.i} \quad (2.57)$

$$Q_{tb.i} = \sum_{i=1}^k q_{dm.i} k_{sd.i} \quad (2.58)$$

k - số thiết bị trong nhóm thứ i

n - số nhóm thiết bị đấu vào nút.

$n_{hq}$  - số thiết bị hiệu quả của toàn bộ thiết bị đấu vào nút.

$K_m$  - hệ số cực đại của nút. Để tra được  $K_m$  cần biết hệ số sử dụng của nút

$$k_{sd.i} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{tb.i}}{\sum_{i=1}^n P_{dm.i}} \quad (2.59)$$

+ Nếu trong nút phụ tải có n nhóm thiết bị có đồ thị phụ tải thay đổi và m nhóm có đồ thị phụ tải bằng phẳng.

$$P_{tt} = K_m \sum_{i=1}^n P_{tb.i} + \sum_{j=1}^m P_{tb.j} \quad (2.60)$$

Khi  $n_{hq} \leq 10$

$$Q_{tt} = 1,1 \sum_{i=1}^n Q_{tb.i} + \sum_{j=1}^m Q_{tb.j}$$

Khi  $n_{hq} > 10$

$$Q_{tt} = \sum_{i=1}^n Q_{tb,i} + \sum_{j=1}^m Q_{tb,j}$$

Chú ý:

+ Trong nút có các nhóm thiết bị một pha, các nhóm này được thay thế bằng các nhóm thiết bị 3 pha đương đương.

+ Khi trong phân xưởng có các thiết bị dự trữ (máy biến áp hàn, thiết bị làm việc ngắn hạn như: bơm tiêu nước, động cơ đóng các van nước...) thì không cần tính công suất của chúng vào phụ tải trung bình của cả nhóm, nhưng các tủ động lực, đường dây cấp điện cho chúng vẫn cần có dự trữ thích hợp.

+ Trong các nhóm thiết bị trên có xét đến các các phụ tải chiếu sáng và công suất của các thiết bị bù (thiết bị bù có dấu “-“ trong các nhóm).

#### 2.2.4. Xác định phụ tải tính toán theo công suất trung bình và hệ số hình dạng

Theo phương pháp này

$$P_{tt} = K_{hd,p} P_{tb} \quad (2.70)$$

$$Q_{tt} = K_{hd,q} Q_{tb}$$

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

Trong đó:  $K_{hd,p}$  và  $K_{hd,q}$  - hệ số hình dạng của đồ thị phụ tải tác dụng và phản kháng, được tính như sau:

$$k_{hd,p} = \frac{P_{qp}}{P_{tb}}; \quad K_{hd,p} = \frac{P_{qp}}{P_{tb}} \quad (2.71)$$

$$k_{hd,q} = \frac{Q_{qp}}{Q_{tb}}; \quad K_{hd,q} = \frac{Q_{qp}}{Q_{tb}} \quad (2.72)$$

Trong đó:  $P_{qp}$ ;  $Q_{qp}$  - phụ tải trung bình bình phương (tức là bình phương của đồ thị phụ tải rồi mới lấy trung bình).

Hệ số hình dạng có thể xác định trong vận hành theo chỉ số của đồng hồ đo điện.

$$K_{hd,p} = \sqrt{m} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\Delta A_{pi})^2}}{A_p} \quad (2.73)$$

Trong đó:  $A_p$  - điện năng tác dụng tiêu thụ 1 ngày đêm.

$\Delta A_{pi}$  - điện năng tác dụng tiêu thụ trong khoảng  $\Delta T = T/m$

$T$  - thời gian khảo sát, thường lấy là 1 ngày đêm.

$m$  - khoảng chia của đồ thị phụ tải ( $\Delta T = 1$  giờ).

Hệ số hình dạng có giá trị nằm trong khoảng  $1,1 \div 1,2$

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

+ Phụ tải tính toán của nhóm thiết bị có chế độ làm việc giống nhau (cùng  $k_{sd}$ )

$$P_{tt} = K_{nc} P_d \quad (2.74)$$

(có thể lấy  $P_d = P_{dm}$ )

$$Q_{tt} = P_{tt} \operatorname{tg} j$$

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

Trong đó:  $K_{nc}$  - hệ số nhu cầu của nhóm thiết bị.

$\cos \varphi$  - hệ số công suất của nhóm (vì giả thiết là toàn bộ nhóm là có chế độ làm việc như nhau và cùng chung một hệ số  $\cos \varphi$ ).

+ Nếu nhóm có nhiều thiết bị với  $\cos \varphi$  khá khác nhau, để tính  $Q_{tt}$  người ta có thể sử dụng hệ số  $\cos \varphi$  trung bình của nhóm:

$$\cos j_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{dm,i} \cos j_i}{\sum_{i=1}^n P_{dm,i}}$$

+ Nếu nhóm có nhiều thiết bị có hệ số nhu cầu khá khác nhau:

$$K_{nc.tb} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{dm,i} k_{nc,i}}{\sum_{i=1}^n P_{dm,i}} \quad (2.75)$$

+ Phụ tải tính toán ở một nút nào đó của hệ thống cung cấp điện (phân xưởng, xí nghiệp) bằng cách tổng hợp các phụ tải tính toán của các nhóm nối vào nút có tính đến hệ số đồng thời.

$$S_{tt} = K_{dt} \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n P_{tt,i} \right)^2 + \left( \sum_{i=1}^n Q_{tt,i} \right)^2}$$

Trong đó:  $K_{dt}$  - hệ số đồng thời có giá trị (0,85 ÷ 1)

### 2.2.6. Xác định phụ tải tính toán theo xuất chi phí điện năng trên đơn vị sản phẩm và tổng sản lượng

+ Biết suất chi phí điện năng cho đơn vị sản phẩm  $a_0$  (kWh)

+ Biết  $M$  tổng sản phẩm cần sản xuất ra trong khoảng thời gian khảo sát  $T$  (ca, năm) → có thể tính được phụ tải tác dụng trung bình của phân xưởng, xí nghiệp

$$P_{tb} = \frac{M \cdot a_0}{T} \quad (2.76)$$

Sau đó lựa chọn hệ số cực đại tương ứng với xí nghiệp hoặc phân xưởng

$$P_{tt} = K_m P_{tb}$$

Trường hợp  $T = 1$  năm (8760 giờ)

$$P_{tb} = P_{\max} = \frac{M.a_0}{T_{\max}} \quad (2.77)$$

### 2.2.7. Xác định phụ tải tính toán theo xuất phụ tải trên đơn vị diện tích sản xuất

Theo phương pháp này:

$$P_{tt} = p_0 \cdot F \quad (2.78)$$

Trong đó:  $p_0$  - suất phụ tải tính toán trên 1 m<sup>2</sup> diện tích sản xuất (kW/m<sup>2</sup>)

$F$  - diện tích sản xuất đặt thiết bị (m<sup>2</sup>)

Phương pháp này chỉ dùng để tính toán sơ bộ.

### 2.2.8. Xác định phụ tải đỉnh nhọn

Đây là phụ tải lớn nhất xuất hiện trong thời gian ngắn 1 ÷ 2 giây, thường xuất hiện khi khởi động các động cơ.

+ Với nhóm thiết bị: phụ tải đỉnh nhọn xuất hiện khi thiết bị có dòng mở máy lớn nhất trong nhóm làm việc (đóng điện).

$$I_{dn} = I_{kd(max)} + (I_{tt.nhom} - k_{sd} I_{dm(max)}) \quad (2.79)$$

Trong đó:  $I_{kd(max)}$  - dòng khởi động của động cơ có dòng khởi động lớn nhất trong nhóm máy

$$I_{kd} = k_{mm} I_{dm}$$

$I_{tt}$  - dòng điện tính toán của nhóm

$I_{dm(max)}$  - dòng định mức của động cơ đang khởi động

$k_{mm}$  - hệ số mở máy của thiết bị

+ Động cơ không đồng bộ:  $k_{mm} = (5 \div 7)$

+ Động cơ rôto dây quấn:  $k_{mm} = 2,5$

+ Lò điện, máy biến áp:  $k_{mm} = 1,6$

+ Với một thiết bị:

$$I_{dm} = I_{kd} = k_m I_{dm} \quad (2.80)$$

## 2.3. Phụ tải tính toán của toàn xí nghiệp:

Nguyên tắc:

+  $P_{ttXN}$  phải được tính từ các thiết bị điện ngược trở về phía nguồn.

+ Phải kể đến tổn thất trên đường dây và trong máy biến áp.

+  $P_{ttXN}$  cần phải kể đến dự kiến phát triển trong 5 ÷ 10 năm tới.

Điểm 1: điểm trực tiếp cấp điện đến các thiết bị dùng điện, tại đây cần xác định chế độ làm việc của từng thiết bị (xác định  $k_t$ ;  $\varepsilon\%$ ;  $k_{sd}$ ;  $\cos\phi$  ...).

Điểm 2: Với nhóm thiết bị làm việc ở chế độ khác nhau thì xác định  $P_{tt}$  bằng phương pháp số thiết bị hiệu quả.

$$P_{tt} = K_m \cdot P_{tb}$$

$$S_2 = P_2 + jQ_2$$

Điểm 3: Sẽ bằng phụ tải điểm 2 công thêm phần tổn thất đường dây hạ áp.

$$S_3 = S_2 + \Delta S_{dd}$$

Điểm 4: Điểm tổng hạ áp của các trạm biến áp phân xưởng. Tại đây phụ tải tính toán có thể tính bằng phương pháp hệ số nhu cầu hoặc tổng hợp các phụ tải tại các điểm 4.

$$S_4 = k_{dt} \left( \sum_{i=1}^n P_{3i} + j \sum_{i=1}^n Q_{3i} \right)$$

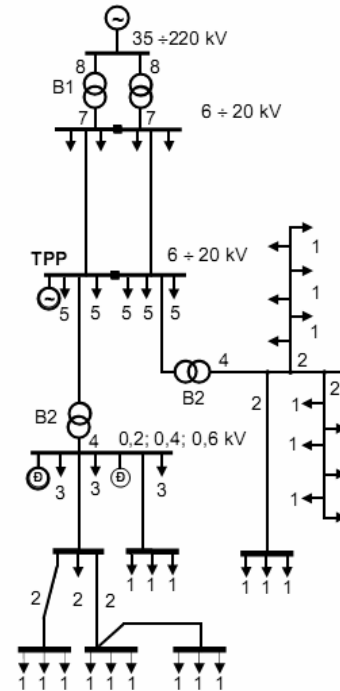
$K_{dt}$  - hệ số đồng thời (xét tới sự đồng thời đạt giá trị cực đại) cho thể chọn trong khoảng từ  $0,85 \div 1$ .

Điểm 5:  $S_5 = S_4 + \Delta S_{B2}$

Điểm 6:  $S_6 = S_5 + \Delta S_{dd}$

Điểm 7:  $S_7 = k_{dt} \left( \sum_{i=1}^n P_{6i} + j \sum_{i=1}^n Q_{6i} \right)$

Điểm 8:  $S_8 = S_7 + \Delta S_{B1}$



Hình 2.7 - Sơ đồ cấp điện xí nghiệp

Chú ý:  $S_8$  chưa phải là phụ tải của xí nghiệp. Vì khi tính phụ tải XN còn phải kể đến sự phát triển của XN (5 ÷ 10 năm) sau

$$S_{XN} = S_8 + \Delta S_{XN}$$

Để xác định được  $\Delta S_{XN}$  phải dự báo tăng trưởng phụ tải

## 2.4. Dự báo phụ tải

Trong quá trình sản xuất, phụ tải của xí nghiệp phát triển không ngừng. Để đáp ứng liên tục nhu cầu dùng điện, cần phải biết trước được nhu cầu điện trong nhiều năm trước mắt của xí nghiệp. Để dự trù công suất và điện năng của hệ thống cần phải lập kế hoạch phát triển hệ thống cung cấp điện xí nghiệp hay dự báo phụ tải.

Có nhiều phương pháp dự báo nhất là phương pháp ngoại suy; phương pháp chuyên gia; phương pháp mô hình hoá. Dưới đây chỉ xét tới phương pháp ngoại suy.

*Nội dung:* phương pháp ngoại suy là xây dựng qui luật phát triển của phụ tải điện trong quá khứ căn cứ vào số liệu thống kê trong thời gian đủ dài. Sau đó

kéo dài qui luật đó vào tương lai, (trên cơ sở giả thiết rằng qui luật phát triển phụ tải điện trong tương lai).

Phương pháp ngoại suy gồm 2 phương pháp nhỏ: phương pháp hàm phát triển và phương pháp hàm tương quan.

### 2.4.1. Phương pháp hàm phát triển:

Nội dung của phương pháp này là xây dựng qui luật phát triển của phụ tải theo thời gian trong quá khứ. Qui luật này được biểu diễn dưới dạng.

$$P(t) = f(t)$$

Trong đó :  $P(t)$  - phụ tải điện tại  $t$ .

$f(t)$  - hàm xác định  $P(t)$ .

Sự phát triển của phụ tải theo thời gian là một quá trình ngẫu nhiên vì thế giữa phụ tải điện và thời gian không có quan hệ hàm, mà là quan hệ tương quan do đó hàm  $f(t)$  là hàm tương quan. Hai dạng thông dụng nhất của  $f(t)$  dùng trong dự báo là hàm tuyến tính và hàm mũ.

$$P(t) = a + b(t) \quad (2.82)$$

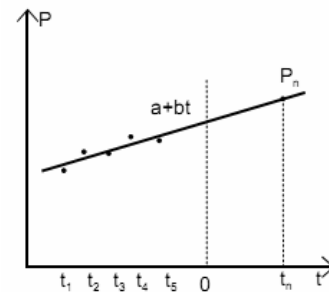
$$P(t) = a.e^{bt}$$

hoặc:

$$P(t) = P_0 .(1+\alpha)^t \quad (2.83)$$

Tại thời điểm bắt đầu khảo sát  $t_0 = 0$

Trong hình 2.8, qui luật phát triển ngẫu nhiên của phụ tải trong quá khứ ( $t < 0$ ) được thay bằng đường thẳng  $a + bt$ . Muốn biết phụ tải năm  $t_n$  (tương lai) sẽ tính được  $P(t_n)$ .



Hình 2.8 - Đồ thị phát triển phụ tải

Vấn đề đặt ra ở đây là khi nào cho phép sử dụng hàm tuyến tính và nếu dùng được hàm tuyến tính thì các hệ số  $a$  và  $b$  xác định như thế nào?

Theo lý thuyết xác suất mối quan hệ tuyến tính giữa phụ tải và thời gian được đánh giá bởi hệ số tương quan:

$$r_{pt} = \frac{\sum (P_i - \bar{P})(t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum (P_i - \bar{P})^2 + \sum (t_i - \bar{t})^2}} \quad (2.84)$$

Trong đó:  $P_i$  - giá trị của phụ tải tại thời điểm  $t_i$  quan sát được trong quá khứ.

$\bar{P}$  - giá trị trung bình của tất cả các  $P_i$

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{n} \quad (i=0 \dots n-1)$$

$\bar{t}$  - giá trị trung bình của tất cả các  $t_i$

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} \quad (i=0 \dots n-1)$$

$n$  - số giá trị thống kê được trong quá khứ. Thời gian  $t$  thường lấy đơn vị là năm và giá trị thống kê được bắt đầu thường kí hiệu là năm thứ 0, tức  $t_0 = 0$ ;  $t_1 = 1$ ;  $t_n = n$  và ta có:

$$\bar{t} = \frac{(0+1+2+\dots+n-1)}{n}$$

- Giá trị  $r_{pt}$  càng gần 1 bao nhiêu thì quan hệ tuyến tính giữa  $P$  và  $t$  càng chặt chẽ, và việc sử dụng hàm  $a + bt$  để dự báo càng chính xác.

Kinh nghiệm dự báo cho thấy rằng  $r_{pt} \geq 0,75$  thì có thể sử dụng biểu thức 2.82 vào dự báo.

Khi  $r_{tp} < 0,7$  thì không thể sử dụng hàm tuyến tính được vì sai số sẽ khá lớn. Lúc này phải chọn một dạng khác thích hợp của hàm phát triển để dự báo.

Để xác định các hệ số  $a$  và  $b$  thường người ta sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu:

*Nội dung:* phương pháp bình phương tối thiểu là trên cơ sở các số liệu thống kê đã có ta xây dựng hàm:  $P(t) = a + bt$  (2.85).

Sao cho tổng độ lệch bình phương giữa các giá trị  $P_i$  theo số liệu thống kê và giá trị tương ứng theo (2.85) là nhỏ nhất.

$$e = \sum_{i=1}^{n-1} (P_i - a - bt_i)^2 \rightarrow \min \quad (2.86)$$

Để tìm được  $a, b$  thoả mãn (2.86) lấy đạo hàm theo  $a; b$  và cho bằng 0.

$$\frac{\partial e}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^{n-1} (P_i - a - bt_i) = 0$$

$$\frac{\partial e}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^{n-1} (P_i - a - bt_i)t_i = 0$$

Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n-1} (P_i - a - bt_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^{n-1} (P_i - a - bt_i)t_i = 0 \end{cases} \quad (2.87)$$

Giải hệ (2.87) ta được:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} P_i t_i - n \cdot \bar{P} \cdot \bar{t}}{\sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - n \cdot \bar{t}^2} \quad (2.88)$$

$$a = \frac{\bar{P} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - \bar{t} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} P_i t_i}{\sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - n \cdot \bar{t}^2} \quad (2.89)$$

Từ đó ta có thể viết hệ số tương quan (2.84) thành một dạng khác:

$$r_{pt} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} P_i t_i - n \cdot \bar{P} \cdot \bar{t}}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - n \cdot \bar{t}^2 \right) \left( \sum_{i=1}^{n-1} P_i^2 - n \cdot \bar{P}^2 \right)}} \quad (2.90)$$

Sai số dự báo:

$$s \left( 1 + \frac{1}{n} + \frac{(q - \bar{t})^2}{\sum (t_i - \bar{t})^2} \right) \% \quad (2.91)$$

Trong đó:  $s = \sqrt{D}$  mà  $D = \frac{\sum (P_i - \bar{P})}{n}$

$\theta$  - Thời gian ở tương lai cần dự báo phụ tải

+ Khi  $r_{pt} < 0,7$  hàm phát triển dạng tuyến tính không thể sử dụng để dự báo được. Khi đó ta có thể xét đến hàm mũ:

$$P(t) = a \cdot e^{bt} \quad (2.92)$$

$$P(t) = P_0 (1 + \alpha)^t \quad (2.93)$$

Để có thể sử dụng các công thức của quan hệ tuyến tính đã nêu trên chúng ta tuyến tính hoá (2.92) và (2.93)  $\rightarrow$  log hoá ta có:

$$\log P(t) = \log a + \log e \cdot bt \quad (2.94)$$

$$\log P(t) = \log P_0 + \log (1 + \alpha) \quad (2.95)$$

Trong đó:  $P_0$  - công suất ở năm gốc  $t = 0$

$\alpha$  - hệ số tăng hàng năm

Như vậy cả 2 biểu thức (2.94); (2.95) đều có thể đưa về dạng tổng quát.

$$Y = A + B \cdot t \quad (2.96)$$

Và có thể sử dụng các biểu thức của tương quan tuyến tính. Trước tiên xác định hệ số tương quan  $r_{Yt}$

$$r_{Yt} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Y_i t_i - n \cdot \bar{Y} \cdot \bar{t}}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - n \cdot \bar{t}^2 \right) \left( \sum_{i=1}^{n-1} Y_i^2 - n \cdot \bar{Y}^2 \right)}} \quad (2.97)$$

Nếu  $r_{Yt} \geq 0,75$  thì ta có thể dự báo theo hàm mũ, lúc đó ta có:



$$A = \frac{\bar{Y} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - \bar{t} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} t_i Y_i}{\sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - n \cdot \bar{t}^2} \quad (2.98)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Y_i t_i - n \cdot \bar{Y} \cdot \bar{t}}{\sum_{i=1}^{n-1} t_i^2 - n \cdot \bar{t}^2} \quad (2.99)$$

Sau khi tính được A; B theo công thức trên với cơ số của log = 10

$$P_0 = 10^A$$

$$\alpha = 10^B - 1$$

#### 2.4.2. Phương pháp hàm tương quan

Trong phương pháp này phụ tải được dự báo một cách gián tiếp qua quan hệ tương quan giữa nó và các đại lượng khác. Các đại lượng này có nhịp độ phát triển đều đặn mà có thể dự báo chính xác bằng các phương pháp trực tiếp. Ví dụ: Tổng thu nhập quốc dân, dân số, tổng sản lượng của xí nghiệp. Như vậy theo phương pháp hàm tương quan, người ta phải dự báo một đại lượng khác, rồi từ đó qui ra phụ tải điện căn cứ vào quan hệ tương quan giữa 2 đại lượng này với phụ tải điện.

Quan hệ tương quan giữa 2 đại lượng phụ tải P và một đại lượng Y khác có thể là tuyến tính và cũng có thể là phi tuyến. Để đánh giá quan hệ tương quan tuyến tính, ta xét hệ số tương quan:

$$r_{PY} = \frac{\sum (P_i - \bar{P})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (P_i - \bar{P})^2 + \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Nếu  $r_{PY} \geq 0,75$  thì có thể dùng quan hệ tương quan tuyến tính, ta có đường hồi quy P thay Y

$$P - \bar{P} = r_{PY} = r_{PY} \frac{S_Y}{S_P} (Y - \bar{Y})$$

Trong đó:  $S_Y$  và  $S_P$  là sai số trung bình bình phương của P và Y

$$S_Y^2 = \frac{1}{n} \sum (Y - \bar{Y})^2 ; \quad S_P^2 = \frac{1}{n} \sum (P - \bar{P})^2$$

Theo quan hệ này, ứng với các giá trị số của Y ta tính ra được phụ tải P. Quan hệ tương quan tuyến tính được đánh giá bằng tỷ số tương quan.

$$h^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (P_i - \bar{P})^2}{\sum_{i=1}^{n-1} (P_i - \bar{P})^2}$$

Trong đó : m - Số miền phân nhánh giá trị của phụ tải

$v_j$  - Số điểm rơi vào phân nhánh j.

$$P_j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{P_i}{n_i} - \text{giá trị trung bình của phụ tải trong nhóm.}$$

$\bar{P}$  - Giá trị trung bình của tổng quát.

Khi có tương quan tuyến tính thì  $\eta = r_{PY}$  còn khi có tương quan không tuyến tính :

$$h^2 > r_{PY}$$

Hàm tương quan không tuyến tính giữa P và Y có thể có các dạng:

$$P = e^{(a_0 + a_1 x)}$$

$$P = a_0 + a_1 \ln x$$

$$P = a_0 x^{a_1}$$

$$P = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

Các hệ số của hàm tương quan được xây dựng theo phương pháp bình phương tối thiểu. Dự báo phụ tải bằng phương pháp ngoại suy có nhiều ưu điểm dễ tính toán, kết quả có thể tin cậy được vì nó phản ánh một cách khách quan quy luật phát triển của phụ tải.

Tuy vậy phương pháp ngoại suy cũng có những nhược điểm rất cơ bản. Nó chỉ phản ánh được qui luật phát triển bên ngoài, về mặt lượng của tình trạng tăng trưởng phụ tải điện, nó không phản ánh được quá trình phát triển bên trong và mặt chất của phụ tải.

Do đó bằng phương pháp ngoại suy không thể hiện được những đột biến, các bước ngoặt cũng như giới hạn của sự phát triển của phụ tải điện. Mặt khác dự báo phụ tải bằng phương pháp ngoại suy chỉ cho sự phát triển tổng thể của phụ tải chứ không dự báo được sự phân bố không gian của phụ tải điện.. Vì thế đòi hỏi người làm công tác dự báo phụ tải điện phải nắm được qui luật phát triển của phụ tải, phải biết đánh giá và sử dụng các giá trị phụ tải đã dự báo được bằng phương pháp ngoại suy

## CHƯƠNG III : CƠ SỞ TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG CUNG CẤP ĐIỆN XÍ NGHIỆP

### 3.1. Mục đích - yêu cầu

#### *Mục đích*

Tính toán kinh tế - kỹ thuật cho phép chọn được phương án cấp điện tốt nhất cho một công trình, vừa đảm bảo yêu cầu kỹ thuật lại hợp lý về mặt kinh tế.

#### *Yêu cầu*

Các phương án được so sánh phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật cơ bản (chỉ cần đạt được một số yêu cầu kỹ thuật cơ bản mà thôi, vì chẳng thể có các phương án cùng hoàn toàn giống nhau về kỹ thuật) bước tiếp theo tiến hành so sánh về kinh tế.

Quyết định chọn hương án còn phải dựa trên nhiều yếu tố khác:

- Đường lối phát triển công nghiệp.
- Tổng vốn đầu tư của nhà nước có thể cung cấp.
- Tốc độ và qui mô phát triển, tình hình cung cấp vật tư thiết bị, trình độ thi công, vận hành của cán bộ và công nhân, cùng một số yêu cầu đặc biệt khác về chính trị quốc phòng.

### 3.2. So sánh kinh tế – kỹ thuật hai phương án

#### 3.2.1. Tổng vốn đầu tư

Chỉ kể đến những thành phần cơ bản:

$$K = K_{\text{trạm}} + K_{\text{dd}} + K_{\text{xd}} \quad (3.1)$$

Trong đó:  $K_{\text{trạm}}$  - vốn đầu về trạm (trạm biến áp, phân phối, tiền mua tủ phân phối, máy biến áp và các thiết bị...)

$K_{\text{dd}}$  - tiền cột, xà, thi công tuyến dây.

$K_{\text{xd}}$  - vốn xây dựng (vỏ trạm, hào cáp và các công trình phụ trợ...)

#### 3.2.2. Chi phí vận hành năm

Chi phí vận hành năm được định nghĩa là số tiền cần thiết để đảm bảo cho hệ thống cung cấp điện vận hành được trong một năm.

$$Y = Y_{\Delta A} + Y_{\text{kh}} + Y_{\text{cn}} + Y_{\text{phu}} \quad (3.2)$$

Trong đó:  $Y_{\Delta A}$  - chi phí về tổn thất điện năng trong năm.

$$Y_{\Delta A} = \Delta A \cdot \beta$$

$\Delta A$  - tổn thất điện năng (kWh/năm)

$\beta$  - giá điện năng tổn thất (đ/kWh)

$Y_{kh}$  - chi phí khấu hao (thường tính theo % của vốn, phụ thuộc vào tuổi thọ của thiết bị và công trình)

$$Y_{kh} = a_{kh} \cdot K \quad (a_{kh} = 0,1 \text{ đối với thiết bị, } a_{kh} = 0,03 \text{ đối với đường dây})$$

$Y_{cn}$  - chi phí về lương công nhân vận hành.

$Y_{phu}$  - chi phí phụ, dầu mỡ (dầu BA); sửa chữa định kỳ.

Hai thành phần này khá nhỏ và ít thay đổi giữa các phương án nên trong khi so sánh khi không cần độ chính xác cao có thể bỏ qua.

$$Y = \Delta A \cdot b + a_{vh} K$$

Trong đó:  $a_{vh}$  - hệ số vận hành gồm hệ số khấu hao và các tỷ lệ khác (chi phí phụ, lương)

### 3.2.3. So sánh khi có hai phương án

$K_1$ ;  $Y_1$  là vốn đầu tư và chi phí vận hành năm của phương án 1

$K_2$ ;  $Y_2$  là vốn đầu tư và chi phí vận hành năm của phương án 2

So sánh giữa hai phương án 1 và 2 xảy ra hai trường hợp:

Trường hợp 1:  $K_1 < K_2$

$$Y_1 < Y_2$$

Trường hợp này thường ít xảy ra, nếu có thì không cần xét mà có thể lựa chọn ngay phương án 1

Trường hợp 2:  $K_1 < K_2$

$$Y_1 > Y_2$$

Nếu dùng phương án 2 sẽ cần một lượng vốn nhiều hơn

+ Mức chênh vốn là:

$$\Delta K = K_2 - K_1 \text{ (đ)}$$

+ Mức tiết kiệm được chi phí hàng năm là:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2 \text{ (đ/năm)}$$

+ Thời gian thu hồi mức chênh vốn (nếu sử dụng PA 2) là:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta Y} = \frac{K_2 - K_1}{Y_1 - Y_2} \quad (3.3)$$

T - còn gọi là thời gian thu hồi chênh lệch vốn đầu tư phụ

Nếu T nhỏ, phương án 2 có lợi.

T lớn chưa xác định được phương án nào tốt hơn do có sự chênh lệch quá lớn, vì thế để xác định phương án tốt hơn phải phân tích tỉ mỉ, theo hoàn cảnh kinh tế, trên cơ sở đó người ta thiết lập được  $T_{tc} = f(\text{nhiều yếu tố, tốc độ đổi mới kỹ thuật của ngành, triển vọng phát triển, khả năng cung cấp vốn của nhà nước})$ .  $T_{tc}$  được qui định riêng cho từng ngành kinh tế, từng vùng lãnh thổ (từng nước)

ở các thời đoạn kinh tế nhất định. Ở Liên xô cũ  $T_{tc} = 7$  năm, ở Việt nam hiện nay  $T_{tc} = 5$  năm.

Căn cứ vào  $T_{tc}$  thì cách chọn phương án sẽ được tiết hành như sau:

+ Nếu  $T = T_{tc}$  người ta nói rằng cả hai phương án như nhau về kinh tế.

+ Nếu  $T > T_{tc}$  phương án có vốn đầu tư nhỏ hơn nên được chọn.

+ Nếu  $T < T_{tc}$  phương án có vốn đầu tư lớn hơn nên được chọn.

### 3.3. Hàm mục tiêu – chi phí tính toán hàng năm

Trong trường hợp có nhiều phương án được so sánh, tất nhiên có thể tiến hành so sánh từng cặp một, và cuối cùng tìm ra được phương án tốt nhất. Tuy nhiên cách làm đó mất khá nhiều thời gian. Để khắc phục, người ta đưa ra một công cụ tổng quát hơn cho việc so sánh các phương án, được gọi là hàm chi phí tính toán hàng năm.

Như đã biết ở phần trên:

Nếu  $\frac{K_2 - K_1}{Y_1 - Y_2} < T_{tc} \rightarrow$  chọn phương án 1

Vì  $T_{tc} > 0$  nên ta có thể biến đổi như sau:

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

Gọi  $\frac{1}{T_{tc}} = a_{tc}$  - là hệ số thu hồi vốn đầu tư phụ tiêu chuẩn.

Đặt  $Z_1 = a_{tc} \cdot K_1 + Y_1$ ;  $Z_2 = a_{tc} \cdot K_2 + Y_2$  được gọi là hàm chi phí tính toán hàng năm của phương án. Từ đây thấy rằng phương án nào có hàm  $Z$  nhỏ hơn sẽ là phương án tối ưu.

Tổng quát ta có thể viết:

$$Y_i = a_{vh} \cdot K_i + Y_{\Delta Ai}$$

Trong đó :  $a_{vh}$  - gọi là hệ số vận hành (bao gồm các chi phí khấu hao, tu sửa, bảo quản, trả lương... tính theo tỷ lệ vốn đầu tư).

$Y_{\Delta Ai}$  - chi phí về tổn thất điện năng của phương án thứ  $i$ .

Dạng tổng quát của hàm  $Z$ :

$$Z_i = (a_{tc} + a_{vh})K_i + Y_{\Delta Ai}$$

$Z_i$  được gọi là hàm mục tiêu khi tính toán kinh tế kỹ thuật

*Các trường hợp riêng khi sử dụng hàm  $Z_i$*

- Khi có xét đến độ tin cậy cấp điện của phương án thì hàm  $Z_i$  sẽ có dạng:

$$Z_i = (a_{tc} + a_{vh})K_i + Y_{\Delta Ai} + H_i$$

Trong đó:  $H_i$  - giá trị trung bình của thiệt hại kinh tế hàng năm do mất điện khi dùng phương án thứ  $i$ . Giá trị này bao gồm các khoản sau:

- + Tiền hao hụt sản phẩm do mất điện.
- + Tiền hư hỏng sản phẩm do mất điện.
- + Tiền hư hỏng thiết bị sản xuất do mất điện.
- + Thiệt hại do mất điện làm rối loạn quá trình công nghệ.
- + Tiền trả lương cho công nhân không làm việc trong thời gian mất điện.

Trong thực tế có những phương án cấp điện khác nhau ứng với tổng sản phẩm khác nhau. Trong trường hợp đó chỉ tiêu để lựa chọn phương án phải là cực tiểu suất chi phí tính toán hàng năm trên một đơn vị sản phẩm. Gọi  $N$  - tổng số sản phẩm hàng năm của xí nghiệp trong trạng thái vận hành bình thường.

$$z = \frac{Z}{N}$$

- Khi có xét tới yếu tố thời gian: (các phương án được đầu tư trong nhiều năm). Khi đó chi phí tính toán  $Z$  có thể viết qui đổi về năm đầu tiên như sau:

$$Z = a_{tc} \sum_{t=1}^{T-1} K_t (1 + a_{tc})^{T-t} + \sum_{t=1}^T (Y_t - Y_{t-1})(1 + a_{tc})^{t-1}$$

Trong đó:  $a_{tc}$  - còn được gọi là hệ số qui đổi định mức chi phí ở các thời điểm khác nhau có tính đến ứ đọng vốn trong công trình chưa hoàn thành.

$T$  - toàn bộ thời gian tính toán (năm).

$K_t$  - vốn đầu tư đặt vào năm thứ  $(t+1)$ .

$Y_t$  - phí tổn vận hành trong năm thứ  $t$ . Với giả thiết rằng  $Y_0$  (năm thứ nhất chưa vận hành nên  $Y_0 = 0$ ).

### 3.4. Tính toán kinh tế kỹ thuật khi cải tạo

Bài toán khi cải tạo thường đặt ra là chúng ta đang đứng giữa việc quyết định chọn xem có nên đại tu cải tạo thiết bị (thiết bị lớn như máy phát, động cơ...), hoặc thay thế chúng bằng một thiết bị mới có tính năng gần tương đương. Để giải quyết vấn đề này trước tiên chúng ta cần xét các yếu tố kinh tế liên quan:

- + Vốn đầu tư cho thiết bị mới, hoặc sửa chữa phục hồi thiết bị cũ
- + Tiền bán thiết bị cũ không dùng đến nữa
- + Phí tổn vận hành của cả hai phương án

Với phương án sử dụng thiết bị cũ:

$$Z_c = a_{ct} \cdot \Delta K_c + Y_c ()$$

Trong đó:  $\Delta K_c$  - chi phí đầu tư sửa chữa thiết bị cũ.

$Y_c$  - phí vận hành hàng năm khi sử dụng thiết bị cũ (sau phục hồi).

Với phương án thay thiết bị mới:

$$Z_m = a_{tc} \cdot (K_m - K_{th}) + Y_m \quad ()$$

Trong đó:  $K_m$  - vốn đầu tư mua thiết bị mới để thay thế.

$K_{th}$  - tiền thu hồi do sử dụng thiết bị cũ vào việc khác.

$Y_m$  - phí vận hành hàng năm đối với phương án dùng thiết bị mới.

Từ () & () ta cũng có thể tính được thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ khi dùng phương án thay mới thiết bị.

$$T = \frac{K_m - K_{th} - \Delta K_c}{Y_c - Y_m}$$

Nếu  $T < T_{tc}$  nghĩa là  $Z_m < Z_c$  nên chọn phương án thay mới.

Trường hợp  $T > T_{tc}$  việc quyết định chọn phương án thay mới còn phụ thuộc vào mức độ khác nhau giữa  $Z$  và vào những ưu thế kỹ thuật của thiết bị mới.

## CHƯƠNG IV : SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

### 4.1. Các yêu cầu chung với sơ đồ cung cấp điện

#### 4.1.1. Đặc điểm

Trong thực tế, các xí nghiệp rất đa dạng được phân theo các loại:

+ Xí nghiệp lớn: 75 ÷ 100 MW.

+ Xí nghiệp trung: 5 ÷ 75 MW.

+ Xí nghiệp nhỏ: 5 MW.

Khi thiết kế cần lưu ý các yếu tố riêng của từng xí nghiệp, như điều kiện khí hậu địa hình, các thiết bị đặc biệt đòi hỏi độ tin cậy cung cấp điện cao, đặc điểm của qui trình công nghệ và để đảm bảo cấp điện an toàn thì sơ đồ cung cấp điện phải có cấu trúc hợp lý.

+ Giảm số mạch vòng và tổn thất, các nguồn cấp điện phải được đặt gần các thiết bị dùng điện.

+ Phần lớn các xí nghiệp hiện được cấp điện từ mạng của hệ thống điện khu vực (quốc gia).

+ Việc xây dựng các nguồn cung cấp tự dùng cho xí nghiệp chỉ nên được thực hiện cho một số trường hợp đặc biệt như:

- Các hộ ở xa hệ thống năng lượng, không có liên hệ với hệ thống hoặc khi hệ thống không đủ công suất (liên hợp gang thép, hoá chất ...).

- Khi có đòi hỏi cao về tính liên tục cấp điện, lúc này nguồn tự dùng đóng vai trò của nguồn dự phòng.

- Do quá trình công nghệ cần dùng một lượng lớn nhiệt năng, hơi nước nóng trường hợp này thường xây dựng nhà máy nhiệt điện vừa để cung cấp hơi vừa để cấp điện và hỗ trợ hệ thống điện.

#### 4.1.2. Yêu cầu với sơ đồ cung cấp điện

Đối với mỗi xí nghiệp, việc lựa chọn sơ đồ phải dựa vào 3 yêu cầu: độ tin cậy, tính kinh tế và an toàn cấp điện.

##### a) Độ tin cậy cấp điện

Sơ đồ phải đảm bảo tin cậy cấp điện theo yêu cầu của phụ tải, do đó căn cứ vào loại hộ tiêu thụ có thể chọn sơ đồ và nguồn cấp điện.

- Hộ loại I: phải có 2 nguồn cấp điện, sơ đồ phải đảm bảo cho hộ tiêu thụ không được mất điện, hoặc chỉ được gián đoạn trong 1 thời gian cắt đủ cho các thiết bị tự động đóng nguồn dự phòng.

- Hộ loại II: được cấp bằng một hoặc hai nguồn điện. Việc lựa chọn số nguồn cấp điện phải dựa trên sự thiệt hại kinh tế do ngừng cấp điện.



- Hộ loại III: chỉ cần cấp điện từ một nguồn.

*b) An toàn cấp điện*

Sơ đồ cung cấp điện phải đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người vận hành trong mọi trạng thái vận hành.

Ngoài ra còn phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật như đơn giản, thuật tiện vận hành, có tính linh hoạt cao trong xử lý sự cố, có biện pháp tự động hoá.

*c) Tính kinh tế*

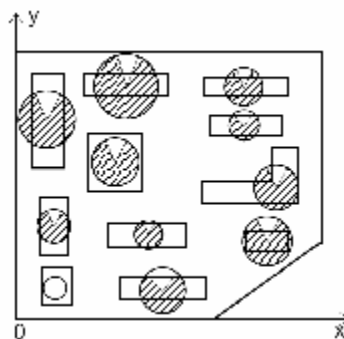
Sơ đồ phải có chỉ tiêu kinh tế hợp lý nhất về vốn đầu tư và chi phí vận hành như vậy phải được lựa chọn tối ưu.

**4.1.3. Biểu đồ phụ tải**

Phân bố hợp lý các trạm biến áp trong xí nghiệp rất cần thiết cho việc xây dựng sơ đồ cung cấp điện, nhằm đạt được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật cao, đảm bảo chi phí hàng năm là nhỏ nhất.

Để xác định được vị trí hợp lý của trạm biến áp, trạm phân phối trên tổng mặt bằng người ta xây dựng biểu đồ phụ tải:

Biểu đồ phụ tải là một vòng tròn có diện tích bằng phụ tải tính toán của phân xưởng theo một tỷ lệ tùy chọn:



Hình 4.1 - Biểu đồ phụ tải

$$S_i = p \cdot R_i^2 m \rightarrow R_i = \sqrt{\frac{S_i}{p \cdot m}}$$

Trong đó:  $S_i$  - phụ tải tính toán của phân xưởng  $i$  (kVA)

$m$  - tỷ lệ xích tùy chọn (kVA/cm<sup>2</sup> ; mm<sup>2</sup>)

+ Mỗi phân xưởng có một biểu đồ phụ tải, tâm trùng với tâm phụ tải. Gần đúng có thể lấy bằng tâm hình học của phân xưởng.

+ Các trạm biến áp phân xưởng phải đặt ở đúng hoặc gần tâm phụ tải để giảm độ dài mạng và giảm tổn thất.

+ Biểu đồ phụ tải cho ta biết sự phân bố, cơ cấu phụ tải.

#### 4.1.4. Xác định tâm qui ước của phụ tải điện

Có nhiều phương pháp xác định. Được dùng phổ biến nhất hiện nay là: “phương pháp dựa theo quan điểm cơ học lý thuyết”.

Theo phương pháp này nếu trong phân xưởng có phụ tải phân bố đều trên diện tích nhà xưởng, thì tâm phụ tải có thể lấy trùng với tâm hình học của phân xưởng.

Trường hợp phụ tải phân bố không đều tâm phụ tải của phân xưởng được xác định giống như trọng tâm của một khối vật thể. Lúc đó trọng tâm phụ tải là điểm  $M(x_0, y_0, z_0)$  có các tọa độ sau:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i x_i}{\sum_{i=1}^n S_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i y_i}{\sum_{i=1}^n S_i}; \quad z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i z_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

Trong đó:  $S_i$  - phụ tải của phân xưởng thứ  $i$ .

$x_i, y_i, z_i$  - tọa độ của phụ tải thứ  $i$  theo một hệ trục tọa độ tùy chọn.

+ Tọa độ  $z_i$  chỉ được xét khi phân xưởng là nhà cao tầng. Thực tế có thể bỏ qua nếu:  $l \geq 1,5 h$  ( $h$  - chiều cao nhà;  $l$  - khoảng cách từ tâm phụ tải phân xưởng đến tâm phụ tải).

Khi có xét tới thời gian làm việc của các hộ phụ tải:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i x_i T_i}{\sum_{i=1}^n S_i T_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i y_i T_i}{\sum_{i=1}^n S_i T_i}$$

Trong đó:  $T_i$  - thời gian làm việc của phụ tải thứ  $i$

#### 4.2. Sơ đồ cung cấp điện của xí nghiệp:

Sơ đồ cung cấp điện xí nghiệp được chia làm 2 loại: Sơ đồ cấp điện bên ngoài, sơ đồ cấp điện bên trong.

Sơ đồ cấp điện bên ngoài: một phần của hệ thống cấp điện từ trạm khu vực (đường dây 35 ÷ 220 kV) đến trạm biến áp chính hoặc trạm phân phối trung tâm của xí nghiệp.

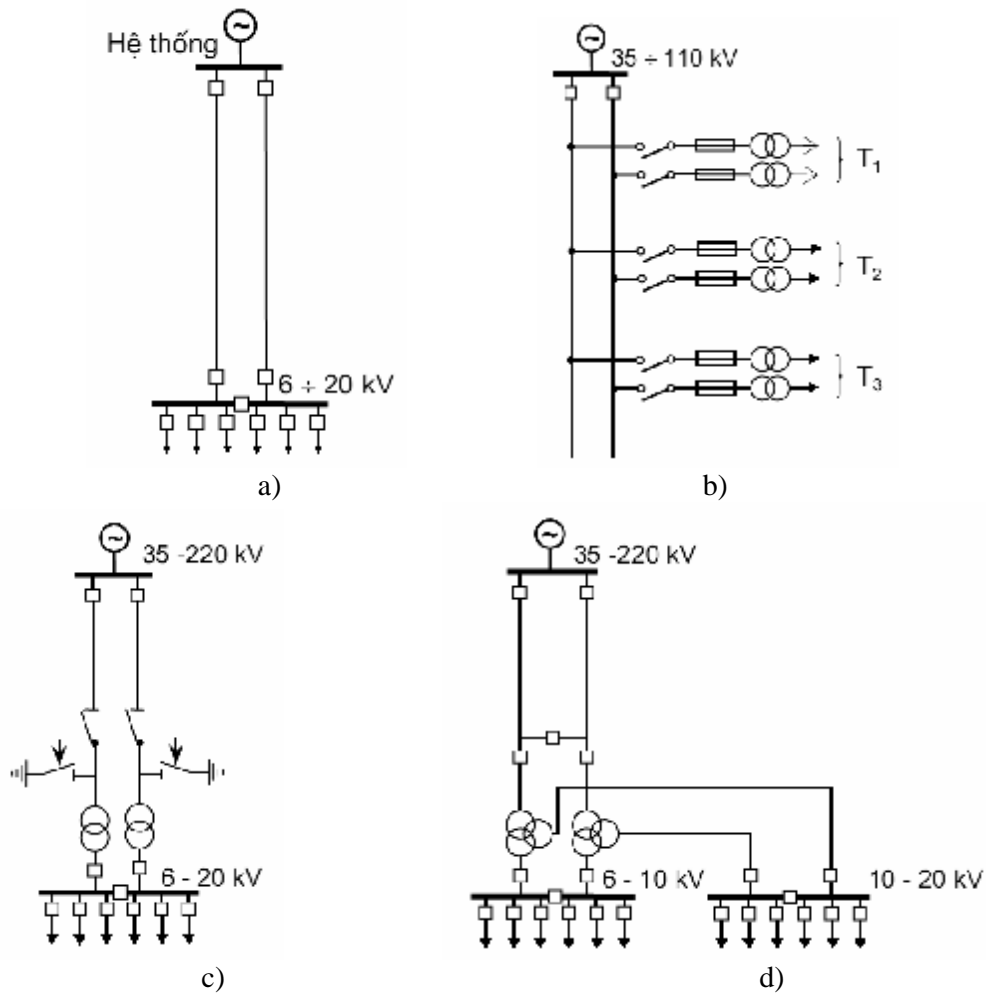
Sơ đồ cấp điện bên trong: từ trạm biến áp chính đến trạm phân xưởng.

##### 4.2.1. Sơ đồ cấp điện bên ngoài xí nghiệp

- Đối với xí nghiệp không có nhà máy điện tự dùng:

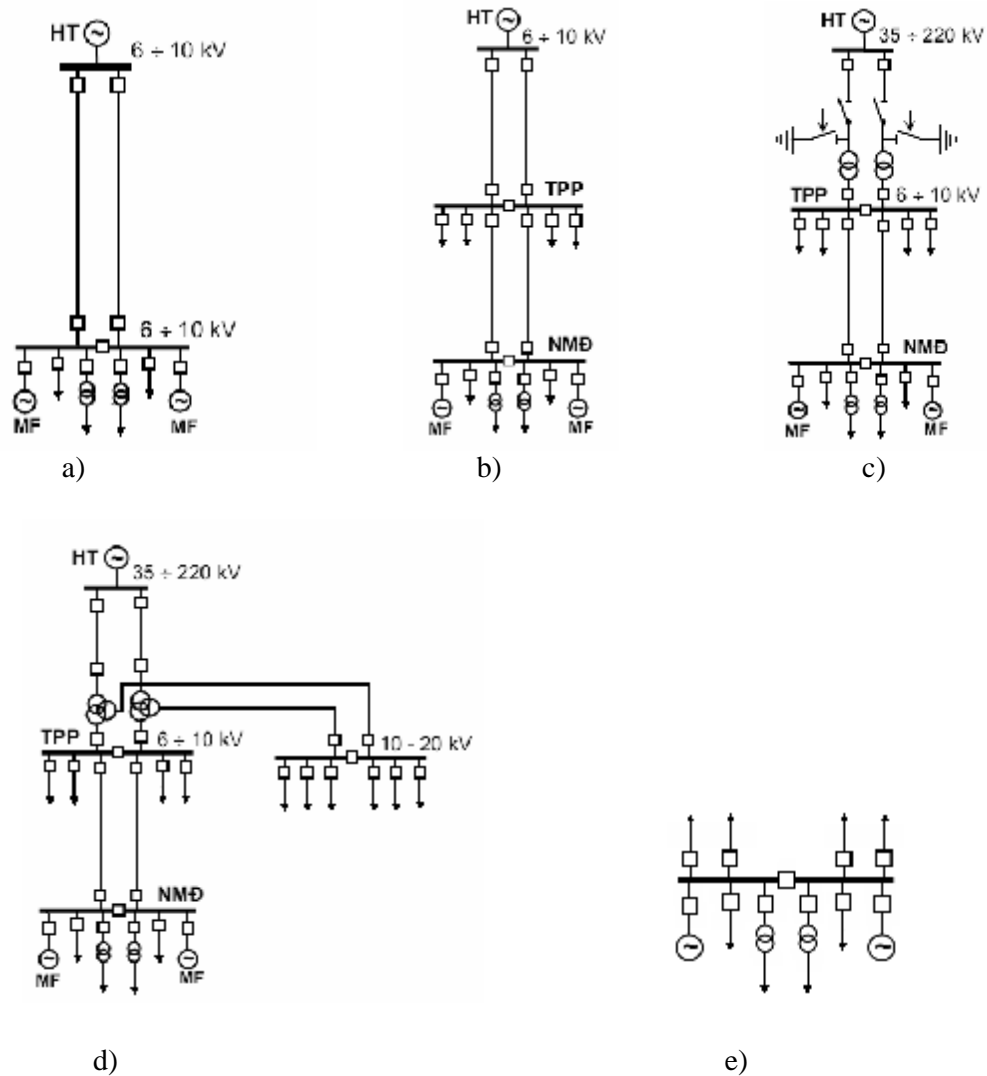
+ Sơ đồ lấy điện trực tiếp từ hệ thống - sử dụng khi cấp điện áp của mạng điện cung cấp bên ngoài trùng với cấp điện áp bên trong xí nghiệp. Sơ đồ cấp điện thường được dùng cho các xí nghiệp nhỏ hoặc ở gần hệ thống (Hình a)

- + Sơ đồ dẫn sâu, không có trạm phân phối trung tâm, các trạm biến áp phân xưởng nhận điện trực tiếp từ đường dây cung cấp ( $35 \div 110$  kV) hạ xuống 0,4 kV (Hình b)
- + Sơ đồ có trạm biến áp trung tâm biến đổi điện áp  $35 \div 220$  kV xuống một cấp ( $6-10$  kV) sau đó phân phối cho các trạm phân xưởng. Sơ đồ này thường dùng cho các xí nghiệp có phụ tải tập trung, công suất lớn và ở xa hệ thống (Hình c)
- + Sơ đồ có trạm biến áp trung tâm sử dụng loại biến áp 3 dây quấn, có 2 trạm phân phối thường được dùng cho các xí nghiệp lớn, xí nghiệp có nhu cầu 2 cấp điện áp trung áp (hình d)



**Hình 4.2** - Sơ đồ cấp điện đối với xí nghiệp không có nguồn tự dùng

- Với các xí nghiệp có nhà máy nhiệt điện tự dùng:
  - + Các sơ đồ đối với trường hợp nhà máy nhiệt điện được xây dựng đúng tại trọng tâm phụ tải của xí nghiệp (hình a - d)
  - + Sơ đồ với xí nghiệp chỉ có nhà máy nhiệt điện tự dùng (không liên hệ với hệ thống) hình e.



**Hình 4.3** - Sơ đồ cấp điện của các xí nghiệp có nhà máy nhiệt điện tự dùng

#### 4.2.2. Sơ đồ cấp điện bên trong xí nghiệp

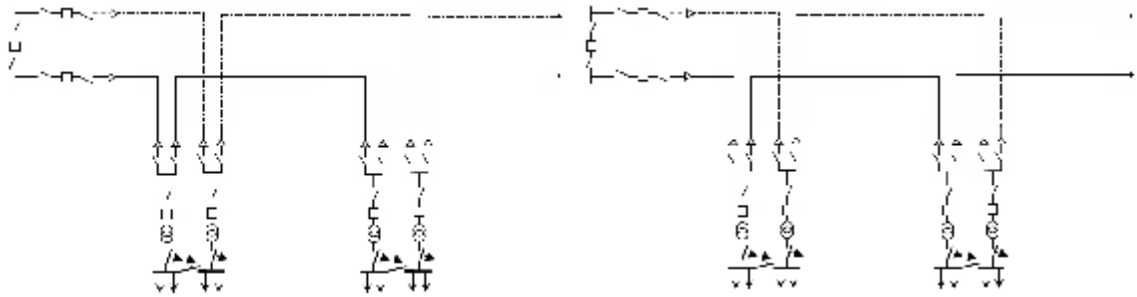
Sơ đồ bên trong xí nghiệp là phần đường dây cấp điện từ trạm phân phối trung tâm đến các trạm biến áp phân xưởng. Đặc điểm của sơ đồ này là có tổng độ dài đường dây lớn, số lượng các thiết bị nhiều do đó cần phải đồng thời giải quyết các vấn đề về độ tin cậy và giá thành. Có 3 kiểu sơ đồ thường dùng.

Sơ đồ hình tia: là sơ đồ mà điện năng được cung cấp trực tiếp đến thẳng các trạm biến áp phân xưởng (nguồn là từ các trạm phân phối hoặc các trạm biến áp trung tâm).

Sơ đồ đường dây chính: (sơ đồ liên thông) - được dùng khi số hộ tiêu thụ quá nhiều, phân bố rải rác. Mỗi đường dây trục chính có thể nối vào 5 ÷ 6 trạm, có

tổng công suất không quá  $5000 \div 6000$  kVA. Để nâng cao độ tin cậy người ta dùng sơ đồ đường dây chính lộ kép.

Sơ đồ hỗn hợp: phối hợp cả 2 hình thức trên



Hình 4.4 - Sơ đồ hỗn hợp

### 4.2.3. Sơ đồ mạng điện phân xưởng

Mạng phân xưởng thông thường có cấp điện áp  $U_{dm} < 1000V$ , với đặc điểm có số lượng thiết bị lớn, gần nhau, Cần chú ý:

- + Đảm bảo độ tin cậy theo hộ phụ tải
- + Thuận tiện vận hành.
- + Chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật tối ưu.
- + Cho phép sử dụng phương pháp lắp đặt nhanh.

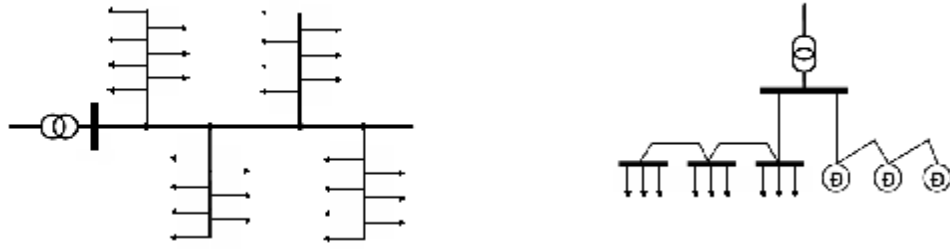
Mạng phân xưởng thường sử dụng cả hai loại sơ đồ hình tia và sơ đồ đường dây chính: (trong phân xưởng thông thường có hai loại mạng tách biệt: mạng động lực và mạng chiếu sáng).

- *Sơ đồ hình tia*: thường được dùng để cung cấp cho các nhóm động cơ công suất nhỏ nằm ở vị trí khác nhau của phân xưởng, đồng thời cũng để cung cấp cho các thiết bị công suất lớn



Hình 4.5 - Sơ đồ cấp điện hình tia  
a) Cho phụ tải phân tán; b) Cho phụ tải tập trung

- *Sơ đồ đường dây chính*: khác với sơ đồ hình tia là từ mỗi mạch của sơ đồ cung cấp cho một số thiết bị nằm trên đường đi của nó nên tiết kiệm được dây dẫn. Ngoài ra còn sử dụng sơ đồ đường dây chính bằng thanh dẫn.



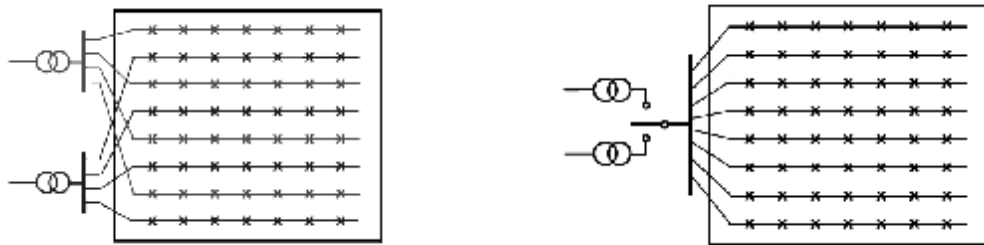
Hình 4.6 - Sơ đồ cấp điện đường dây chính

Nhận xét: Sơ đồ cấp điện bằng đường dây chính có những đặc điểm sau

- + Độ tin cậy kém hơn, giá thành rẻ hơn mạng hình tia.
- + Cho phép lắp đặt nhanh số hộ dùng điện mới.
- + Có dòng ngắn mạch lớn hơn so với sơ đồ hình tia

- Mạng chiếu sáng trong phân xưởng:

+ Chiếu sáng làm việc: đảm bảo độ sáng cần thiết ở nơi làm việc và trên phạm vi toàn phân xưởng. Bản thân mạng chiếu sáng làm việc lại có 3 loại (chiếu sáng chung, chiếu sáng cục bộ và chiếu sáng hỗn hợp). Nguồn của mạng chiếu sáng làm việc thường được lấy chung từ trạm biến áp động lực hoặc có thể được cung cấp từ máy biến áp chuyên dụng chiếu sáng riêng



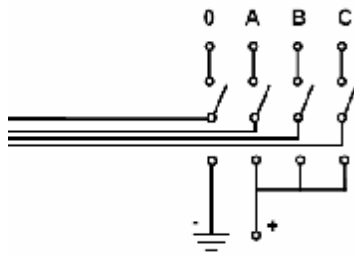
Hình 4.7 - Sơ đồ mạng chiếu sáng trong phân xưởng

+ Chiếu sáng sự cố: Đảm bảo đủ độ sáng tối thiểu, khi nguồn chính bị mất, hỏng. Chiếu sáng sự cố phải đảm bảo được cho nhân viên vận hành an toàn, thao tác khi sự cố và rút khỏi nơi nguy hiểm khi nguồn chính bị mất điện. Nguồn của mạng chiếu sáng sự cố thường được cung cấp độc lập. trường hợp thất đặc biệt (khi mất ánh sáng có thể nguy hiểm do cháy, nổ....) phải được cung cấp từ các nguồn độc lập:

- + Bộ ác qui
- + Máy biến áp cung cấp từ hệ thống độc lập.
- + Các máy phát riêng.
- + Phân xưởng không được phép ngừng chiếu sáng thì có thể sử dụng sơ đồ chiếu sáng được cung cấp từ 2 máy biến áp chuyên dụng và bố trí đèn xen kẽ

nhau các đường dây lấy từ 2 máy biến áp. Hoặc dùng sơ đồ có chuyển nguồn tự động.

+ Trường hợp yêu cầu cao (để phòng mất điện phía cao áp) người ta sử dụng bộ chuyển đổi đặc biệt để đóng mạch chiếu sáng vào nguồn 1 chiều (lấy từ bộ acqui) xem hình 4.7.



Hình 4.7 - Chuyển đổi cấp nguồn cho mạng chiếu sáng sự cố

*Tính toán mạng chiếu sáng:*

Phụ tải chiếu sáng thông thường là thuần trở (trừ đèn huỳnh quang) nên có hệ số công suất  $\cos\varphi = 1$ . Đường dây chính mạng chiếu sáng là loại 4 dây, ít gặp loại 3 dây. Đường dây mạng phân phối chiếu sáng thường là 2 dây. Điện áp của mạng chiếu sáng là 127/220 V.

Tiết diện dây dẫn mạng chiếu sáng thường được tính theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép sau đó kiểm tra lại theo phát nóng cho phép

$$\Delta U = \frac{P_{tt}}{U_{dm}} R = \frac{P_{tt}}{U_{dm}} r \frac{l}{F} = \frac{P_{tt}}{U_{dm}} \frac{l}{g \cdot F}$$

$$F = \frac{P_{tt} l}{g \cdot U_{dm} \Delta U}$$

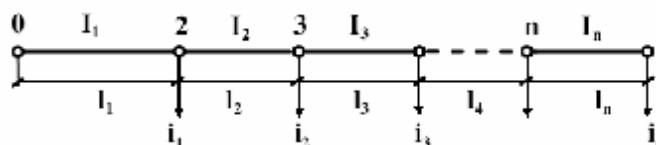
$$F = \frac{\sqrt{3} I_{tt} l}{g \Delta U_{cp}}$$

Trong đó:  $P_{tt}$  ;  $I_{tt}$  - công suất và dòng điện tính toán

$l$  - độ dài đường dây chính

$\rho$  - điện dẫn suất của vật liệu làm dây

$$\Delta U = \Delta U_{cp}$$



Hình 4.8 - Tính toán mạng chiếu sáng

Mạng phân phối 2 dây:

$$F = \frac{2}{g\Delta U} I_i l_i$$

Trong đó:  $I_i$  - dòng điện trên các đoạn

$l_i$  - khoảng cách giữa các phụ tải

Để đơn giản tính toán có thể dùng công thức tổng quát. Đặt  $\sum M$  hoặc  $P.t = M$

$$F = \frac{M}{C.\Delta U}$$

Trong đó :  $M$  - moment phụ tải (kWm).

$C$  - hệ số tính đến điện áp của mạng và vật liệu làm dây

$\Delta U$  (%)  $\leq 2,5$  %.

Trường hợp cần tính mạng chiếu sáng phân nhánh, để đảm bảo cho lượng chi phí kim loại màu là nhỏ nhất, tiết diện được tính theo công thức:

$$F = \frac{\sum M - \alpha \sum m}{C.\Delta U}$$

Trong đó :  $F$  - tiết diện dây dẫn phần mạng đã cho.

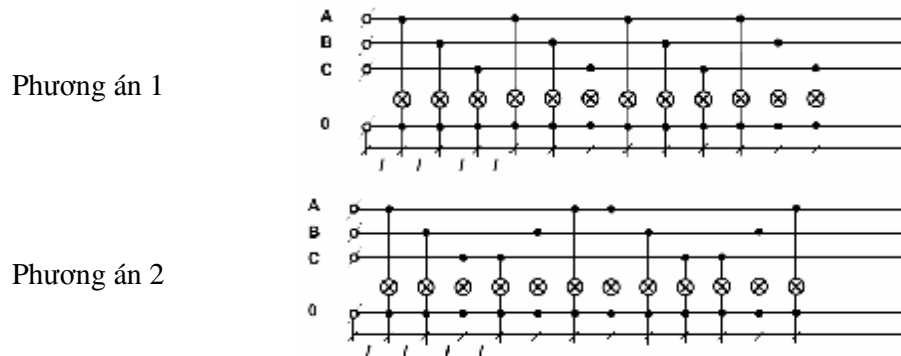
$\sum M$  - tổng moment của phần mạng đang nghiên cứu và phần mạng tiếp sau (theo hướng đi của dòng điện) có số lượng dây dẫn trên mạch bằng số dây trên đoạn tính toán (kWm).

$\sum m$  - tổng moment của tất cả các nhánh được cung cấp (kWm) .

$\alpha$  - hệ số qui đổi moment phụ tải của mạch nhánh có số dây dẫn khác số dây phần mạng khảo sát, hệ số phụ thuộc vào số dây trên mạch chính và mạch nhánh (tra bảng).

+ Phương pháp tính toán mạng đèn huỳnh quang giống như phương pháp tính toán mạng động lực (có  $P$  và cả  $Q$ ).

+ Khi chiếu sáng ngoài trời cần chú ý cách bố trí đèn vào các pha sao cho tồn thất điện áp ở các pha bằng nhau. Ví dụ có 2 cách bố trí đèn như HV



Hình 4.9 - Các phương án bố trí đèn trong mạng chiếu sáng



Phương án 1 với 12 đèn, mỗi đèn có công suất P, vậy tổn thất của các phương án như sau:

Phương án I:

$$\sum M_A = P.1 + P.4.1 + P.7.1 + P.10.1 = 22.P.1$$

$$\sum M_B = P.2.1 + P.5.1 + P.8.1 + P.11.1 = 26.P.1$$

$$\sum M_C = P.3.1 + P.6.1 + P.9.1 + P.12.1 = 22.P.1$$

Nếu gọi  $\Delta U_A$  (tổn thất điện áp trên pha A)  $\rightarrow \Delta U_B = 1,18\Delta U_A$ ;  $\Delta U_C = 1,36\Delta U_A$

Phương án II:

$$\sum M_A = P.1 + P.6.1 + P.7.1 + P.12.1 = 26.P.1$$

$$\sum M_B = P.2.1 + P.5.1 + P.8.1 + P.11.1 = 26.P.1$$

$$\sum M_C = P.3.1 + P.4.1 + P.9.1 + P.10.1 = 26.P.1$$

$$\Delta U_A = \Delta U_B = \Delta U_C$$

### 4.3. Trạm biến áp

#### 4.3.1. Phân loại và vị trí đặt trạm

a) Phân loại:

Theo nhiệm vụ:

- Trạm biến áp: Biến đổi điện áp, thường từ cao  $\rightarrow$  thấp
- + Trạm trung gian (trạm biến áp trung tâm): có điện áp 35 ÷ 220 kV
- + Trạm phân xưởng: biến đổi từ 6 ÷ 10(35) kV xuống 0,6 kV, 0,4 kV.
- Trạm phân phối: Chỉ phân phối điện năng trong cùng cấp điện áp.
- Trạm đổi điện: Thực hiện chỉnh lưu hoặc biến đổi tần số từ  $f_{dm} = 50$  Hz sang tần số khác.

Theo nhiệm vụ:

- Trạm biến áp ngoài phân xưởng: (cách 10 ÷ 30 m) dùng cho các phân xưởng dễ cháy, nổ và có phụ tải phân tán.
  - Trạm kê phân xưởng: thuận tiện và kinh tế.
  - Trạm trong phân xưởng: dùng khi phụ tải lớn, tập trung. Ưu điểm gần tâm phụ tải, giảm tổn thất, nhưng có nhược điểm phòng cháy, nổ, thông gió kém.
- Ngoài ra còn có các loại trạm khác: trạm treo, trạm kiốt, trạm bệt ...

b) Vị trí đặt trạm

- Nguyên tắc chung
- + Gần tâm phụ tải.
- + Không ảnh hưởng đi lại và sản xuất.
- + Điều kiện thông gió, phòng cháy, nổ tốt, tránh bụi, hơi hoá chất.

+ Với các xí nghiệp lớn, phụ tải tập trung thành những vùng rõ rệt thì phải xác định tâm phụ tải của từng vùng riêng biệt, xí nghiệp sẽ có nhiều trạm biến áp chính đặt tại các tâm đó.

#### **4.3.2. Lựa chọn số lượng, dung lượng máy biến áp cho trạm**

##### *a) Số lượng máy biến áp*

Kinh nghiệm thiết kế vận hành cho thấy mỗi trạm chỉ nên đặt 1 máy là tốt nhất. Khi cần thiết có thể đặt 2 máy, nhưng không nên đặt nhiều hơn 2 máy.

+ Trạm 1 máy: loại trạm này tiết kiệm diện tích đất, vận hành đơn giản, chi phí vận hành  $C_{tt}$  nhỏ nhất, nhưng không đảm bảo được độ tin cậy cung cấp điện như trạm 2 máy.

+ Trạm 2 máy: thường có lợi về kinh tế hơn trạm 3 máy.

+ Trạm 3 máy: chỉ được dùng vào trường hợp đặc biệt.

Việc quyết định chọn số lượng máy biến áp, thường được dựa vào yêu cầu của phụ tải:

Hộ loại I: được cấp từ 2 nguồn độc lập (có thể lấy nguồn từ 2 trạm gần nhất mỗi trạm đó chỉ cần 1 máy). Nếu hộ loại I nhận điện từ một trạm biến áp, thì trạm đó cần phải có 2 máy và mỗi máy đầu vào 1 phân đoạn riêng, giữa các phân đoạn phải có thiết bị đóng tự động.

Hộ loại II: cũng cần có nguồn dự phòng có thể đóng tự động hoặc bằng tay. Hộ loại II nhận điện từ chỉ một trạm thì trạm đó cũng cần phải có 2 máy hoặc có một máy đang vận hành và máy khác để dự phòng nguội.

Hộ loại III: trạm chỉ cần 1 máy.

Tuy nhiên cũng có thể đặt 2 máy với các lý do khác nhau như: công suất máy bị hạn chế, điều kiện vận chuyển và lắp đặt khó (không đủ không gian để đặt máy lớn). Hoặc đồ thị phụ tải quá chênh lệch ( $k_{dk} \leq 0,45$  lý do vận hành), hoặc để hạn chế dòng ngắn mạch. Trạm 3 máy chỉ được dùng vào những trường hợp đặc biệt.

##### *b) Chọn dung lượng máy biến áp*

Về lý thuyết nên chọn theo chi phí vận hành nhỏ nhất là hợp lý nhất, tuy nhiên còn khá nhiều yếu tố khác ảnh hưởng đến chọn dung lượng máy BA như: trị số phụ tải,  $\cos\phi$ , mức bằng phẳng của đồ thị phụ tải. Một số điểm cần lưu ý khi chọn dung lượng máy.

+ Dây công suất máy biến áp

+ Hiệu chỉnh nhiệt độ

+ Khả năng quá tải của máy

+ Phụ tải tính toán

+ Tham khảo số liệu dung lượng biến áp theo điều kiện tổn thất kim loại mầu ít nhất.

#### - Dây công suất

Máy biến áp chỉ được sản xuất theo những cỡ tiêu chuẩn. Việc chọn đúng công suất không chỉ đảm bảo an toàn cấp điện, tuổi thọ mà còn ảnh hưởng đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của sơ đồ cung cấp điện.

Dãy công suất của máy biến áp: 50, 100, 180, 320, 560, 750, 1000, 1800, 3200, 5600 kVA

Chú ý: Trong cùng một xí nghiệp nên chọn cùng một cỡ công suất vì  $P_{tt}$  khác nhau (không nên vượt quá 2-3 chủng loại) điều này thuận tiện cho thay thế, sửa chữa, dự trữ trong kho.

Máy biến áp phân xưởng nên chọn có công suất từ 1000 kVA trở lại, từ đó chiều dài mạng hạ áp ngắn lại dẫn đến giảm tổn thất.

#### - Hiệu chỉnh nhiệt độ

Dung lượng  $S_{dm}$  của máy biến áp là công suất mà nó có thể tải liên tục trong suốt thời gian phục vụ (khoảng 20 năm) với điều kiện nhiệt độ môi trường định mức. Các máy có xuất xứ nước ngoài (châu Âu) được chế tạo với nhiệt độ khác với môi trường ở nước ta.

Ví dụ máy biến áp do Liên Xô chế tạo được qui định:

+ Nhiệt độ trung bình hàng năm:  $\theta_{tb} = + 5^{\circ}\text{C}$

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

Chính vì lí do này mà dung lượng máy biến áp cần được hiệu chỉnh theo môi trường lắp đặt thực tế

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

Trong đó:  $\theta_{tb}$  - nhiệt độ trung bình nơi lắp đặt.

$S_{dm}$  - dung lượng định mức máy biến áp theo thiết kế.

$S'_{dm}$  - dung lượng định mức đã hiệu chỉnh.

Ngoài ra còn phải hiệu chỉnh theo nhiệt độ cực đại của môi trường xung quanh.

Khi  $\theta_{cd} > 35^{\circ}\text{C}$ , công suất của máy phải giảm đi 1% cho mỗi độ tăng thêm cho đến  $\theta_{cd} = 45^{\circ}\text{C}$ . Nếu  $\theta_{cd} > 45^{\circ}\text{C}$  máy phải được làm mát nhân tạo.

#### - Quá tải máy biến áp

Trong vận hành thực tế vì phụ tải luôn thay đổi nên máy biến áp thường mang tải không bằng dung lượng định mức, bên cạnh đó mức độ già hoá cách điện được bù trừ nhau ở máy theo phụ tải. Vì vậy trong vận hành có thể xét tới khả năng cho phép máy làm việc lớn hơn định mức (một lượng nào đó). Nghĩa là

cho phép máy làm việc quá tải nhưng sao cho thời hạn phục vụ không nhỏ hơn 20 ÷ 25 năm, từ đó xây dựng được qui tắc tính quá tải:

+ Quá tải bình thường của máy biến áp (dài hạn).

+ Quá tải sự cố của máy biến áp (ngắn hạn).

- Khả năng quá tải máy biến áp lúc bình thường

Máy biến áp có thể được vận hành quá tải trong điều kiện dài hạn, mức độ quá tải có thể xác định theo qui tắc đường cong:

“Mức độ quá tải bình thường cho phép tùy thuộc vào hệ số điền kín của phụ tải hàng ngày”  $k_{qt} = f(k_{dk}, t)$

Đường cong quá tải máy biến áp theo phương pháp này được xây dựng theo quan hệ giữa hệ số quá tải  $k_{qt}$  và thời gian quá tải hàng ngày (xem hình 4.10)

Hệ số quá tải

$$k_{qt} = \frac{I_{cd}}{I_{dm}}$$

Từ đó xác định được phụ tải cực đại cho phép.

$$I_{cd} = k_{qt} \cdot I_{dm}$$

$$S_{cd} = k_{qt} \cdot S_{dm}$$

Qui tắc 1%: “Nếu so sánh phụ tải bình thường một ngày đêm của máy với dung lượng định mức, thì ứng với mỗi phần trăm non tải trong những tháng mùa hạ, máy được phép quá tải 1% trong những tháng mùa đông, nhưng tổng cộng không được quá 15 %”.

Qui tắc 3%: “Trong điều kiện nhiệt độ không khí xung quanh không vượt quá +35°C. Hệ số phụ tải của máy giảm đi 10 % so với định mức thì được phép quá tải 3%”

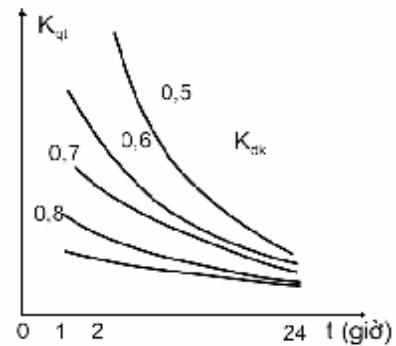
Có thể áp dụng đồng thời cả 2 qui tắc để tính quá tải nhưng cần phải đảm bảo giới hạn sau:

+ Với máy biến áp ngoài trời không vượt quá 30%.

+ Với máy biến áp đặt trong nhà không vượt quá 20%.

+ Khả năng quá tải sự cố: quá tải sự cố của máy không phụ thuộc vào điều kiện nhiệt độ xung quanh và trị số phụ tải trước khi quá tải. Thông số này được nhà máy chế tạo qui định, có thể tra trong các bảng.

Khi không có số liệu tra, có thể áp dụng nguyên tắc sau để tính quá tải sự cố cho bất kỳ máy nào:



Hình 4.10 - Đường cong quá tải máy biến áp

“Trong trường hợp trước lúc sự cố máy tải không quá 93% công suất định mức của nó, thì có thể cho phép quá tải 40% trong vòng 5 ngày đêm với điều kiện thời gian quá tải trong mỗi ngày không quá 6 giờ”

- *Chọn dung lượng máy biến áp theo phụ tải tính toán*

Mặc dù  $S_{tt}$  là phụ tải lớn nhất nhưng thực tế không phải lúc nào hộ tiêu thụ cũng sử dụng công suất như vậy, nên dung lượng chọn theo  $S_{tt}$  không nên chọn quá lớn.

Ngoài ra còn phải chú ý đến công suất dự trữ khi xảy ra sự cố ở một máy (dành cho trạm có 2 máy). Những máy còn lại phải đảm bảo cung cấp được lượng công suất cần thiết theo yêu cầu của phụ tải.

+ Trong điều kiện bình thường:

$$\text{Trạm 1 máy: } S_{đm} \geq S_{tt}$$

$$\text{Trạm n máy: } n.S_{đm} \geq S_{tt}$$

Trong đó:  $S_{đm}$  - dung lượng định mức đã hiệu chỉnh nhiệt độ của máy biến áp  
 $S_{tt}$  - Công suất tính toán của trạm

Trường hợp cần thiết có thể xét thêm quá tải lúc bình thường, như vậy có thể cho phép chọn được máy có dung lượng giảm đi nhằm tiết kiệm vốn đầu tư.

+ Trường hợp sự cố 1 máy: xét trạm từ 2 máy trở lên hoặc đứt một đường dây

$$\text{Trạm 2 máy: } k_{qt}.S_{đm} \geq S_{sc}$$

$$\text{Trạm n máy: } (n-1).k_{qt}.S_{đm} \geq S_{sc}$$

Trong đó:  $S_{sc}$  - phụ tải mà trạm vẫn cần phải được cung cấp khi có sự cố  
 $k_{qt}$  - hệ số quá tải sự cố, khi không có số liệu có thể lấy  $k_{qt} = 1,4$  với điều kiện hệ số tải trước sự cố không quá 93 % và không tải quá 3 ngày, mỗi ngày không quá 6 giờ.

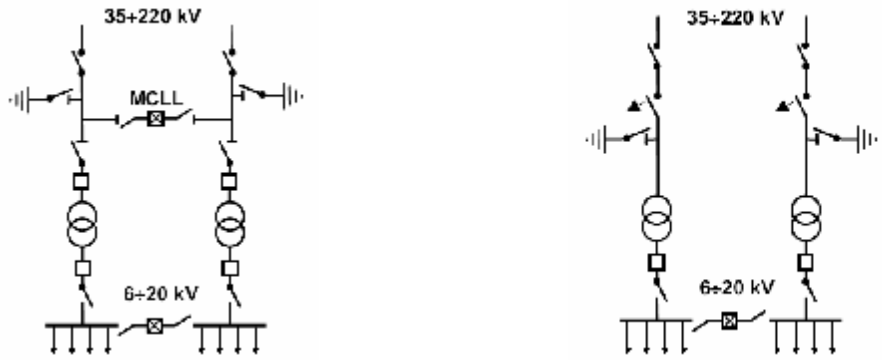
### **4.3.3. Sơ đồ trạm biến áp**

#### *a) Sơ đồ trạm biến áp chính*

Việc lựa chọn phụ thuộc vào đường dây cung cấp từ nguồn và số đường dây ra, số lượng và công suất máy, loại thiết bị đóng cắt

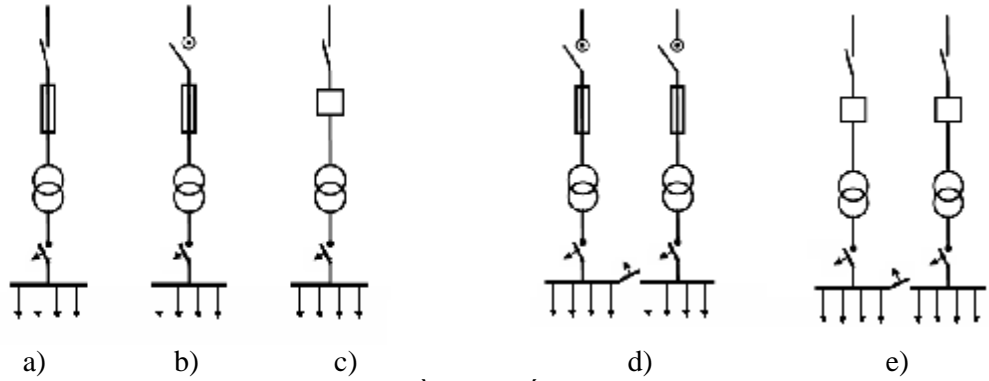
- Độ tin cậy cao dùng cho hộ yêu cầu cao về cấp điện. Máy cắt liên lạc chỉ dùng khi trạm được cung cấp từ đường dây trực chính song song.

- Phía cao áp chỉ đặt hệ thống dao cách ly, dao ngắt mạch tự động - ưu điểm rẻ tiền



Hình 4.11 - Sơ đồ trạm biến áp chính

*b) Sơ đồ trạm biến áp phân xưởng*



Hình 4.12 - Sơ đồ trạm biến áp phân xưởng

Sơ đồ đơn giản nhất (hình a): phía cao áp chỉ có cầu dao cách ly và cầu chì. Cầu dao cách ly chỉ cho phép cắt dòng không tải máy biến áp đến 750 kVA (ở cấp 10 kV). Tại sơ đồ (hình b) dao cách ly được thay thế bằng máy cắt phụ tải (cho phép đóng cắt ngay cả khi máy biến áp đang mang tải).

Để tăng cường đảm bảo cấp điện, dùng cho các trạm có công suất lớn, hoặc những trạm có nhu cầu đóng cắt máy biến áp thường xuyên, trang bị thêm máy cắt điện (hình c).

Sơ đồ trạm dùng cho các phân xưởng thuộc hệ loại 2, 1 (hình d, e). Trong sơ đồ hai máy biến áp được cung cấp từ đường dây trực chính lộ kép, hoặc từ hai đường dây khác nhau tới.

Chú ý: + Khi dùng sơ đồ dẫn sâu (35-110 kV) người ta thường thay thế các máy cắt của sơ đồ e) bằng hệ thống dao cách ly, dao nối đất tự động để giảm vốn đầu tư.

+ Phía hạ áp của các trạm phân xưởng các sơ đồ đều dùng aptomat hoặc cầu chì hạ áp. Với trạm 2 máy, phân đoạn hạ áp thường được thiết kế để làm việc riêng rẽ. Khi có sự cố aptomat liên lạc sẽ tự động đóng phân đoạn của máy sự cố sang máy bên kia.

### 4.3. Vận hành kinh tế trạm biến áp

+ Căn cứ vào qui trình qui phạm đề ra những qui định thích hợp như: Thao tác thường xuyên và định kỳ. Sửa chữa kịp thời, ngăn ngừa sự cố phát triển.

+ Ngoài ra còn vấn đề nữa đáng quan tâm trong vận hành đó là cho máy BA tải bao nhiêu? thì đạt hiệu quả kinh tế cao nhất → “Vấn đề vận hành kinh tế trạm BA” → chỉ thực hiện với các trạm có từ 2 máy trở lên. Xuất phát từ phương trình tổn thất trong trạm và phần mạng sau trạm:

$$\Delta P'_{ba} = \Delta P'_0 + \Delta P'_N \left( \frac{S}{S_{dm.ba}} \right)^2$$

Trong đó:  $\Delta P'_0 = \Delta P_0 + k\Delta Q_0$  - tổn thất không tải qui dẫn của trạm

$\Delta P_0$  - tổn thất không tải của máy biến áp trong trạm

$k.\Delta Q_0$  - tổn thất không tải của các phần tử khác của hệ thống (phụ thuộc vào lượng công suất phản kháng)

$k$  - hệ số qui đổi (hệ số tổn thất công suất tác dụng do phải truyền tải công suất phản kháng gây ra).

$\Delta P'_N = \Delta P_N + k\Delta Q_N$  - tổn thất ngắn mạch qui dẫn của trạm.

$\Delta P_N$  - tổn thất ngắn mạch (trong dây quấn máy biến áp).

$\Delta Q_N$  - tổn thất ngắn mạch của các phần tử khác trong hệ thống.

$S$  - công suất của phụ tải (công suất truyền tải thực tế của trạm).

$S_{dm.ba}$  - dung lượng định mức của máy biến áp.

Đối với trạm có  $n$  máy:

$$\Delta P'_{ba} = n.\Delta P'_0 + \frac{1}{n} \Delta P'_N \left( \frac{S}{S_{dm.ba}} \right)^2$$

Đối với trạm có  $n+1$  máy:

$$\Delta P'_{ba} = (n+1).\Delta P'_0 + \frac{1}{n+1} \Delta P'_N \left( \frac{S}{S_{dm.ba}} \right)^2$$

Như vậy giữa tổn thất và công suất có quan hệ  $\Delta P'_{ba} = a + b.S^2$

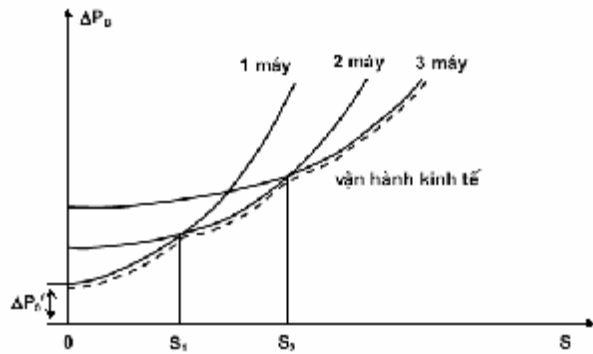
Trên cơ sở quan hệ giữa tổn thất và công suất trong máy biến áp, ta xây dựng được các đường đồ thị tổn thất trong trạm biến áp ứng với từng chế độ vận hành một máy, hai máy và ba máy song song như trong hình 4.13.

Dựa vào đồ thị ta có thể thấy :

Khi  $S < S_1 \rightarrow$  vận hành 1 máy sẽ kinh tế.

$S_1 < S < S_2 \rightarrow$  vận hành 2 máy sẽ kinh tế.

$S > S_2 \rightarrow$  vận hành 3 máy sẽ kinh tế.



Hình 4.13 - Tổn thất trong trạm biến áp với các chế độ làm việc

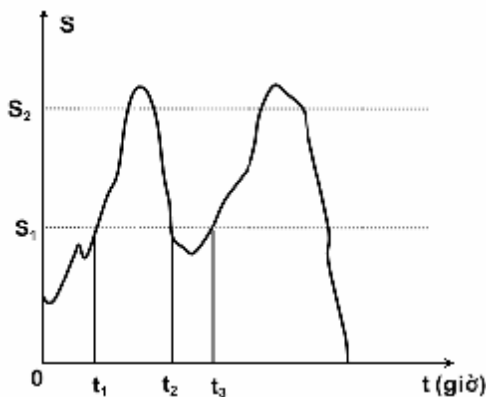
Vậy ta có thể tính được giá trị công suất, mà tại đó có thể đưa thêm một máy vào làm việc song song, tức là từ vận hành  $n$  sang  $(n+1)$  máy bằng cách cho tổn thất ứng với  $n$  và  $(n+1)$  máy bằng nhau.

$$S = S_{dm} \sqrt{\frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N} n(n+1)}$$

Khi tính sơ bộ có thể xác định trị số gần đúng theo tổn thất công suất trong trạm không kể đến các phần tử khác trên mạng.

$$S = S_{dm} \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_N} n(n+1)}$$

+ Trong thực tế  $S(t)$  thay đổi khá nhiều trong vòng ngày đêm nên theo quan điểm vận hành kinh tế ta có thể thực hiện như sau:



Hình 4.14 - Đồ thị phụ tải thực tế và vận hành kinh tế trạm biến áp

Từ  $0 \rightarrow t_1$  vận hành 1 máy

$t_1 \rightarrow t_2$  vận hành 2 máy

$t_2 \rightarrow t_3$  vận hành 1 máy

+ Phương thức vận hành như vậy không cho phép vì việc đóng cắt luôn luôn sẽ giảm tuổi thọ các máy biến áp.



+ Trong trường hợp đó cần sắp xếp lại, bố trí các máy làm việc sao cho đồ thị phụ tải bằng phẳng hơn và chỉ sau khi đã tiến hành điều chỉnh phụ tải mới có thể vận hành được.

+ Phương thức vận hành như trên là đơn giản, tuy nhiên lại chưa hoàn toàn chính xác, vì yêu cầu là vận hành sao cho tổn thất điện năng trong trạm biến áp là nhỏ nhất (vì  $\Delta A$  không chỉ phụ thuộc vào  $\Delta P$  mà còn phụ thuộc vào thời gian và chế độ vận hành của máy). Tổn thất điện năng  $\Delta A$  hàng năm tính bằng biểu thức.

$$\Delta A = \Delta P'_0 \cdot t + \Delta P'_N \left( \frac{S_{tt}}{S_{dm}} \right)^2 t$$

Trong đó:  $t$  - thời gian đóng máy vào lưới.

$\tau$  - thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất.  $\tau = f(T_{max}, \cos\phi_{tb})$

Như vậy ứng với mỗi chế độ làm việc của máy biến áp (làm việc 1 ca, 2 ca, 3 ca) ta sẽ có trị số  $t$  và  $\tau$  coi như không đổi, sau khi lấy đạo hàm của hàm  $\Delta A = f(S)$  và cho bằng không.

$$\frac{\partial \Delta A}{\partial S} = 0$$

Từ đó tính được dung lượng tối ưu  $S_{tur}$  khi ( $\Delta A \rightarrow \min$ )

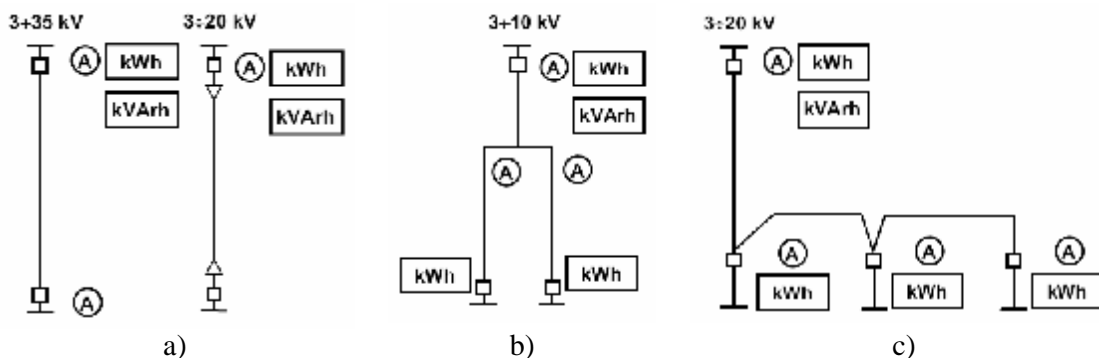
#### 4.4. Đo lường và kiểm tra trạm biến áp

Các dụng cụ đo lường và kiểm tra trong các trạm biến áp và trạm phân phối trung tâm của xí nghiệp công nghiệp được đặt ra để theo dõi các chế độ làm việc của các trang thiết bị điện và xác định trạng thái của nó.

Các thiết bị đo lường và kiểm tra phải đặt sao cho các nhân viên vận hành, trực có thể theo dõi các chỉ số của chúng một cách dễ dàng.

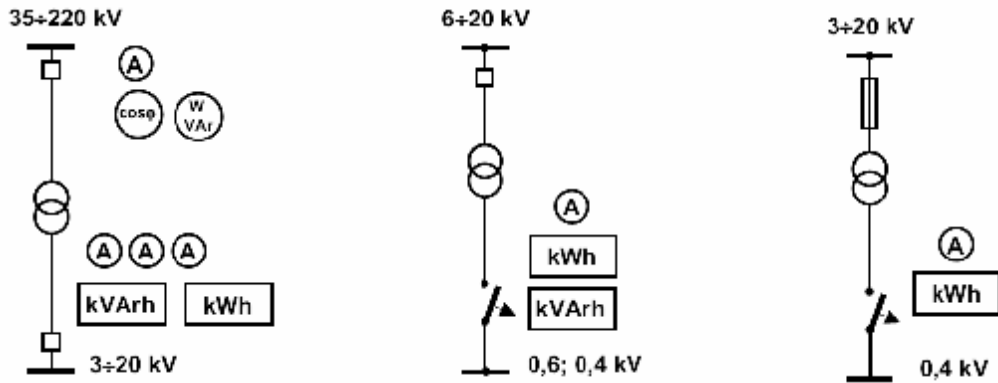
Các dụng cụ đo lường và kiểm tra đường dây và trạm được đặt theo một số mẫu như sau:

Với đường dây:



Hình 4.15 - Đo lường đường dây cấp điện

Với các trạm:



Hình 4.16 - Đo lường và kiểm tra trạm biến áp

## 4.5. Lựa chọn cấp điện áp cho hệ thống cung cấp điện xí nghiệp

### 4.5.1. Các cấp điện áp dùng trong hệ thống

- Theo chức năng chia 2 loại:

+ Điện áp cung cấp trực tiếp cho thiết bị.

+ Điện áp truyền tải điện năng đến xí nghiệp và các phân xưởng.

- Điện áp cấp đến thiết bị:

+ Thiết bị động lực: 127/220; 220/380; 380/660 V.

+ Các động cơ công suất lớn 6 ÷ 10 kV.

+ Thiết bị công nghệ khác: công suất đến 10 MVA cấp qua máy biến áp 6 ÷ 20 kV, công suất 15 ÷ 45 MVA cấp qua máy biến áp 35 ÷ 110 kV.

+ Thiết bị chiếu sáng 220; 110; 30; 12 V.

- Điện áp truyền tải phân phối: Từ nguồn (hệ thống) đến xí nghiệp (trạm biến áp trung tâm, trạm phân phối)

+ Miền Bắc: (220); 110; 35; 22; 10; 6; 0,4; 0,2 kV.

+ Miền Nam: (220), 66; 31,5; 13,2; 6,6; 0,2 kV.

### 4.5.2. Lựa chọn điện áp tối ưu cho hệ thống cung cấp điện (lưới phân phối)

Việc lựa chọn điện áp cho xí nghiệp có ý nghĩa kinh tế rất lớn, do đó phải được so sánh kinh tế - kỹ thuật từ nhiều phương án. Trước tiên các phương án về điện áp cho xí nghiệp được đưa ra, sau đó tính hàm chi phí tính toán của chúng.

$$Z_{tt} = (a_{vh} + a_{tc}).K + C_{\Delta\Delta} \quad (4.1)$$

Trong đó: K - vốn cho đường dây, thiết bị đóng cắt, đo lường bảo vệ, thiết bị bù...

So sánh và tìm ra  $Z_{min}$  từ đó xác định phương án được chọn. Với cách làm như vậy ta tìm được ngay cấp điện áp tối ưu nằm trong dãy điện áp tiêu chuẩn.

- + Ngoài ra trong thực tế nhiều khi cần biết được điện áp tối ưu ngoài dãy qui chuẩn (trường hợp làm qui hoạch định hướng phát triển).
- + Cấp điện áp này có thể xác định được bằng cách xây dựng hàm liên tục của chi phí tính toán theo điện áp.

$$Z_{tt} = f(U) \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial U} = 0$$

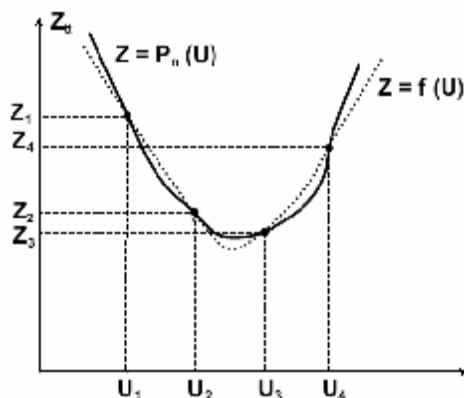
Từ đó xác định được cấp điện áp tối ưu ( $U_{tt}$ ) ứng với  $Z_{min}$

Trong thực tế không thể thiết lập (4.2) một cách trực tiếp được bởi vì dãy điện áp tiêu chuẩn là rời rạc, hơn nữa chỉ ở những cấp điện áp đó mới tìm được hàm  $Z$  (vì nó liên quan đến giá thiết bị). Như vậy chỉ có một số điểm rời rạc của hàm  $Z_{tt} = f(U)$ .

Trên cơ sở đó ta dùng phương pháp gần đúng xây dựng hàm chi phí tính toán theo điện áp  $Z_{tt} = P_n(U)$  sao cho hàm này gần đúng nhất với  $Z_{tt} = f(U)$ . Sau đó mọi bài toán đều thực hiện trên  $Z_{tt} = P_n(U)$  mà ta coi chính là  $Z_{tt} = f(U)$  với một sai số nào đó. Việc tìm ra  $Z_{tt} = P_n(U)$  thường sử dụng phương pháp nội suy

#### 4.5.3. Xây dựng điện áp tối ưu ngoài tiêu chuẩn bằng phương pháp nội suy

Nội dung: Trong một khoảng xác định nào đó của hàm  $Z = f(U)$  được thay thế bằng hàm  $P_n(U)$  sao cho tại mọi điểm nhất định của  $U_i$  thì  $P_n(U_i) = f(U_i)$ .



Các điểm đó được gọi là các nút nội suy. Hàm  $P_n(U)$  có thể cho tùy ý, xong để đơn giản và dễ thực hiện các phép tính. Người ta thường chọn hàm  $P_n(U)$  là một đa thức bậc cao. Sau đó để tìm được  $U_{tt}$  người ta giải hàm  $Z_n(U)$  để tìm ra  $Z_{min}$ .

- + Để xây dựng đường cong  $P_n(U)$  thường người ta sử dụng tiêu chuẩn gần đúng: Đường cong  $Z_{tt} = P_n(U)$  đi qua những điểm đã cho trước. Số điểm đã biết trước càng nhiều thì  $P_n(U)$  càng gần  $f(U)$ . Nhưng điện áp tiêu chuẩn không

nhiều và các nghiên cứu về phương pháp nội suy trong tính chọn điện áp đã đi đến kết luận là trong trường hợp sử dụng 3 điểm đã cho hay 4 điểm thì kết quả vẫn gần giống nhau. Tất nhiên về mặt tính toán thì dùng 3 điểm sẽ đơn giản đi nhiều.

Dưới đây giới thiệu 2 phương pháp nội suy

*Phương pháp nội suy La-grang:*

Cho trước 3 điểm  $(Z_{tt1}; U_1)$ ,  $(Z_{tt2}; U_2)$  và  $(Z_{tt3}; U_3)$  gọi là các nút nội suy. Đường  $P_n(U)$  có dạng thức nội suy gọi là đa giác nội suy Lagrang:

$$Z_{tt}(U) = P_n(U) = C_1 \cdot U^2 + C_2 \cdot U + C_3 \quad (4.4)$$

Từ điều kiện để  $Z(U) = P_n(U)$  đi qua các điểm đã cho ta có hệ phương trình.

$$\begin{cases} C_1 U_1^2 + C_2 U_1 + C_3 = Z_{tt1} \\ C_1 U_2^2 + C_2 U_2 + C_3 = Z_{tt2} \\ C_1 U_3^2 + C_2 U_3 + C_3 = Z_{tt3} \end{cases} \quad (4.5)$$

Giải hệ (4.5) sẽ tìm được các hệ số của  $P_n(U)$ . Nhưng để tìm trực tiếp nghiệm tổng quát người ta đưa thêm 1 phương trình:

$$\begin{cases} C_1 U_1^2 + C_2 U_1 + C_3 = Z_{tt1} \\ C_1 U_2^2 + C_2 U_2 + C_3 = Z_{tt2} \\ C_1 U_3^2 + C_2 U_3 + C_3 = Z_{tt3} \\ C_1 U^2 + C_2 U + C_3 = Z_{tt}(U) \end{cases} \quad (4.7)$$

Hệ phương trình (4.7) là đồng nhất để có nghiệm duy nhất đòi hỏi định thức của nó phải bằng không.

$$\begin{vmatrix} U_1^2 & U_1 & 1 & Z_1 \\ U_2^2 & U_2 & 1 & Z_2 \\ U_3^2 & U_3 & 1 & Z_3 \\ U^2 & U & 1 & Z \end{vmatrix} = 0 \quad (4.8)$$

Tại đây coi 1 cũng là ẩn số cùng với  $C_1, C_2, C_3$ . Khai triển (4.8) theo  $Z(U)$  ta được:

$$Z(U) = F_1(U) \cdot Z_1 + F_2(U) \cdot Z_2 + F_3(U) \cdot Z_3 \quad (4.9)$$

Trong đó:  $F_1(U) = \frac{1}{A}(U - U_2)(U - U_3)$  và  $A = (U_1 - U_2)(U_1 - U_3)$

$F_2(U) = \frac{1}{B}(U - U_1)(U - U_3)$  và  $A = (U_2 - U_1)(U_2 - U_3)$

$F_3(U) = \frac{1}{C}(U - U_1)(U - U_2)$  và  $A = (U_3 - U_1)(U_3 - U_2)$

Để tìm  $U_{tu}$  tức là cho  $Z(U) \rightarrow \min$ , biến đổi phương trình (4.9) về dạng sau :

$$Z(U) = \frac{Z_1}{A(U^2 - U(U_2 + U_3) + U_2 U_3)} + \\ + \frac{Z_2}{B(U^2 - U(U_1 + U_3) + U_1 U_3)} + \frac{Z_3}{C(U^2 - U(U_1 + U_2) - U_1 U_2)}$$

Lấy đạo hàm theo  $U$  và cho bằng không

$$\frac{dZ(U)}{dU} = \frac{Z_1}{A}(2U - (U_2 + U_3)) + \frac{Z_2}{B}(2U - (U_1 + U_3)) + \frac{Z_3}{C}(2U - (U_1 + U_2)) = 0$$

Giải PT trên ta được:

$$U_{tu} = \frac{\frac{Z_1}{A}(U_2 + U_3) + \frac{Z_2}{B}(U_1 + U_3) + \frac{Z_3}{C}(U_1 + U_2)}{2\left(\frac{Z_1}{A} + \frac{Z_2}{B} + \frac{Z_3}{C}\right)} U$$

*Phương pháp nội suy Niu-Ton*

Đa thức nội suy có dạng

$$Z(U) = Z_1 + A_1(U - U_1) + B_1(U - U_1)(U - U_2) \\ = Z_1 + A_1(U - U_1) + B_1(U_2 - U)(U_1 + U_2) + U_1 U_2 \quad (4.13)$$

$A_1$  và  $B_1$  được tính theo điều kiện  $Z(U)$  đi qua các điểm đã cho ta sẽ tìm được

$$A_1 = \frac{Z_2 - Z_1}{U_2 - U_1}; \quad B_1 = \frac{(Z_3 - Z_2)(U_2 - U_1) - (Z_2 - Z_1)(U_3 - U_1)}{(U_2 - U_1)(U_3 - U_2)(U_3 - U_1)}$$

Trong đó :  $Z_1, Z_2, Z_3, U_1, U_2, U_3$  - các điểm nội suy đã cho. Lấy đạo hàm (4.13) theo  $U$  và cho bằng không:

$$\frac{dZ(U)}{dU} = A_1 + 2B_1 U - B_1(U_1 - U_2) = 0 \\ U_{tu} = \frac{U_1 + U_2}{2} + \frac{A_1}{2B_1}$$

Một số công thức kinh nghiệm để tính điện áp tối ưu theo quan hệ  $(P, I, U)$

Cộng hòa Dân chủ Đức:

$$U = 3\sqrt{S + 1,5I}$$

Trong đó :  $U$  (kV) - điện áp truyền tải.

$S$  (MVA) - công suất truyền tải

$l$  (km) - khoảng cách cần truyền tải

Hoa kỳ:

Stila:  $U = 4,34\sqrt{1+16.P}$

Nicogoca :  $U = 16^4\sqrt{P.l}$

Trong đó : U (kV) - điện áp truyền tải.

P (MW) - công suất truyền tải

l (km) - khoảng cách cần truyền tải

Thuy Điện:

$$U = 17\sqrt{\frac{1}{16} + P}$$

Trong đó: U (kV) - điện áp truyền tải.

P (MW) - công suất truyền tải

l (km) - khoảng cách cần truyền tải

## CHƯƠNG V : TÍNH TOÁN ĐIỆN TRONG MẠNG

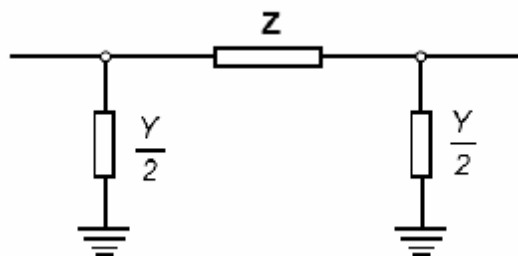
Mục đích của tính toán điện là xác định điện áp tại tất cả các nút, dòng và công suất trên mọi nhánh của mạng (bài toán giải mạch điện), từ đó xác định tổn thất công suất, điện năng trong tất cả các phần tử của mạng điện, lựa chọn tiết diện dây dẫn, thiết bị điện, điều chỉnh điện áp, bù công suất phản kháng ...

### 5.1. Sơ đồ thay thế mạng điện

Mạng điện gồm hai loại phần tử cơ bản tạo thành (đường dây và máy biến áp), tuy nhiên trong thực tế có rất nhiều phần tử cùng loại tham gia vào quá trình năng lượng trong mạch do đó mạng điện cần phải được mô hình hóa bằng các mô hình toán nhằm thuận lợi cho tính toán chế độ mạng điện. Mô hình toán học của mạng điện còn được gọi là sơ đồ thay thế của mạng.

#### 5.1.1. Sơ đồ thay thế đường dây trên không và cáp:

Đặc điểm: mạng xí nghiệp được cung cấp bằng đường dây điện áp trung bình và thấp, chiều dài không lớn lắm do đó trong tính toán để đơn giản có thể coi hiệu ứng mặt ngoài và hiệu ứng ở gần là không đáng kể, điện trở của dây dẫn lấy bằng điện trở do dòng điện chiều. Để mô tả các quá trình năng lượng xảy ra lúc truyền tải người ta thường hay sử dụng sơ đồ thay thế hình II.



Hình 5.1 - Sơ đồ thay thế hình II

$Z$  - tổng trở đường dây: phản ánh tổn thất công suất tác dụng và công suất phản kháng trên đường dây.

$Y$  - tổng dẫn đường dây: phản ánh lượng năng lượng bị tổn thất dọc theo tuyến dây (thông số dài) đó là lượng tổn thất rò qua sứ hoặc cách điện và vàng quang điện.

$$Y = G + jB$$

Trong đó:  $G$ ;  $B$  - điện dẫn tác dụng và điện dẫn phản kháng.

$G$  - đặc trưng cho tổn thất công suất tác dụng do dòng dò cách điện (qua sứ hoặc cách điện),

B - phản ánh hiện tượng vầng quang điện, đặc trưng cho lượng công suất phản kháng sinh ra bởi điện dung giữa dây dẫn với nhau và giữa chúng với đất.

Ta có:

$$Z = R + jX = (r_0 + jx_0).l$$

$$Y = G + jB = (g_0 + jb_0).l$$

Trong đó:  $r_0$  ;  $x_0$  - điện trở tác dụng và phản kháng trên 1 đơn vị chiều dài dây ( $\Omega/\text{km}$ ).

$g_0$  ;  $b_0$  - điện dẫn tác dụng và phản kháng trên một đơn vị chiều dài dây ( $\text{km}/\Omega$ ).

### *Điện trở tác dụng*

Điện trở trên một đơn vị chiều dài  $r_0$  có thể tra bảng tương ứng với nhiệt độ tiêu chuẩn là  $20^\circ\text{C}$ . Thực tế phải được hiệu chỉnh nếu nhiệt độ môi trường nơi lắp đặt khác  $20^\circ\text{C}$

$$r_{0t} = r_0 (1 + \alpha(t - 20))$$

Trong đó:  $r_0$  - trị số tra bảng

$\alpha = 0,004$  khi vật liệu làm dây là kim loại màu

$\alpha = 0,0045$  khi dây dẫn làm bằng thép

Giá trị  $r_0$  có thể tính theo vật liệu và kích cỡ dây.

$$r_0 = \frac{r}{F}$$

Trong đó:  $F$  ( $\text{mm}^2$ ) - tiết diện dây dẫn

$\rho$  ( $\text{mm}^2\Omega/\text{km}$ ) - điện trở suất của vật liệu làm dây

$$\rho_{\text{Al}} = 31,5 (\Omega\text{mm}^2/\text{km})$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 18,8 (\Omega\text{mm}^2/\text{km})$$

Đối với dây dẫn bằng thép, giá trị  $r_0$  không chỉ phụ thuộc vào tiết diện mà còn phụ thuộc vào dòng điện chạy trong dây, do đó không thể tính được bằng các công thức cụ thể mà phải tra theo bảng hoặc đường cong.

### *Cảm kháng:*

Theo nguyên lý kỹ thuật điện thì điện kháng trên 1 đơn vị chiều dài  $x_0$  - xác định 1 pha của đường dây tải điện 3 pha:

$$x_0 = w \left( 4,6 \log \frac{2D_{\text{tb}}}{d} + 0,5m \right) 10^{-4} (\Omega/\text{km}).$$

Trong đó:  $\omega = 2\pi f$  - tần số góc của dòng điện xoay chiều

$D_{\text{tb}}$  (mm) - khoảng cách trung bình hình học giữa các dây

$d$  (mm) - đường kính dây dẫn

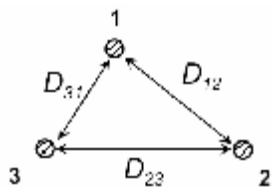


$\mu$  - hệ số dẫn từ tương đối của vật liệu làm dây. Với kim loại màu khi tải dòng xoay chiều tần số 50 Hz thì:  $\mu = 1$

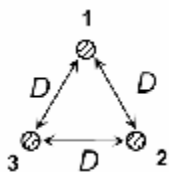
Thay số ta có:

$$x_0 = 0,144 \log \frac{2D_{tb}}{d} + 0,016 \text{ (}\Omega/\text{km)}.$$

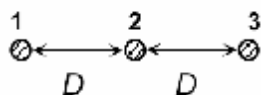
Cách xác định khoảng cách trung bình hình học giữa các pha  $D_{tb}$ :



$$D = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$$



$$D = \sqrt[3]{D \cdot D \cdot D} = D$$



$$D = \sqrt[3]{D \cdot D \cdot 2D} = 1,26D$$

Đối với dây dẫn làm bằng thép có độ dẫn từ  $\mu \gg 1$  và biến thiên theo cường độ từ trường  $\mu = f(I)$ , khi đó  $x_0$  gồm 2 thành phần và được xác định:

$$x_0 = x'_0 + x''_0$$

- Thành phần cảm kháng gây bởi hồ cảm giữa các dây

$$x'_0 = 0,144 \log \frac{2D_{tb}}{d}$$

- Thành phần cảm kháng liên quan đến tự cảm bên trong dây dẫn

$$x''_0 = 2p \cdot f \cdot 0,5m \cdot 10^{-4}$$

Giá trị  $x''_0$  thường được tra theo bảng hoặc đường cong.

*Điện dẫn đường dây Y:*

Do mạng điện xí nghiệp có điện áp không cao nên lượng điện năng tổn thất do rò qua sứ và điện môi (với cáp) là rất nhỏ và có thể bỏ qua (bỏ qua G). Tổn thất này chỉ đáng kể với đường dây có điện áp  $U \geq 220$  kV. Như vậy trong thành phần của tổng dẫn chỉ còn B.

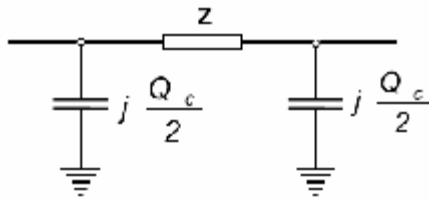
Điện dẫn phản kháng của 1 km đường dây (phụ thuộc vào đường kính dây, khoảng cách giữa các pha) xác định bằng biểu thức sau:

$$b_0 = \frac{7,58}{\log \frac{2D_{tb}}{d}} 10^{-6} \quad (1/\Omega km).$$

Trong thực tế  $b_0$  được tính sẵn trong các bảng tra (theo  $F$ ,  $D_{tb}$ ). Riêng với đường cáp  $b_0$  còn phụ thuộc vào cách điện do đó buộc phải tra trong các tài liệu riêng. Từ tham số này ta xác định được lượng công suất phản kháng phát sinh ra do dung dẫn của đường dây như sau:

$$Q_C = U^2 b_0 l = U^2 B$$

Thực tế người ta chỉ quan tâm đến  $b_0$  và  $Q_C$  khi điện áp mạng  $U > 20$  kV và mạng cáp hoặc mạng đường dây trên không có điện áp  $U > 35$  kV  
Sơ đồ thay thế của đường dây trên không lúc này sẽ như hình 5.3 :



Hình 5.3 - Sơ đồ thay thế đường dây không có điện dẫn tác dụng

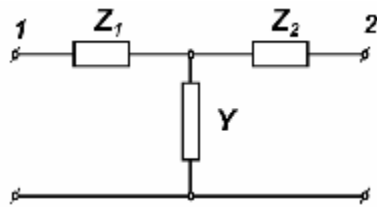
### 5.1.2. Sơ đồ thay thế máy biến áp

Khi làm việc máy biến áp gây ra những tổn thất sau:

- + Tổn thất do hiệu ứng Jun, và từ thông rò qua cuộn sơ cấp, thứ cấp
- + Tổn thất do dòng Phu-cô gây ra trong lõi thép...
- + Tổn thất trong dây quấn

a) Sơ đồ thay thế máy biến áp hai dây quấn

- Sơ đồ hình T:



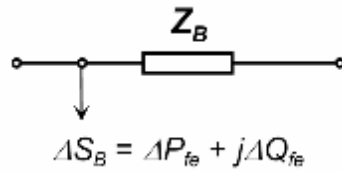
Hình 5.4 - Sơ đồ hình T

$Z_1$  - phản ánh tổn thất công suất dây cuộn sơ cấp

$Z_2$  - phản ánh tổn thất công suất dây cuộn thứ cấp, còn gọi là tổng trở thứ cấp quy về sơ cấp

- Sơ đồ hình  $\Gamma$ :

Trong tính toán hệ thống điện thường sử dụng loại sơ đồ này nhiều hơn. Trong đó các lượng tổn thất không thay đổi (thay đổi ít) được mô tả như một phụ tải nối trực tiếp như hình .



Hình 5.5 - Sơ đồ hình  $\Gamma$

Trong đó:

$$Z = Z_1 + Z_2' = (r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2')$$

$$= r_{BA} + jx_{BA}$$

Để xác định các thông số của sơ đồ thay thế ta dựa vào các thông số cho trước của máy biến áp bao gồm:

+  $\Delta P_{Cu}$  hay  $\Delta P_N$  - tổn thất công suất tác dụng trên dây cuộn với mức tải định mức, thu được qua thí nghiệm ngắn mạch máy biến áp.

+  $\Delta P_{Fe}$  hay  $\Delta P_0$  - tổn thất công suất tác dụng trong lõi thép, còn gọi là tổn thất không tải của máy biến áp (thu được từ thí nghiệm không tải).

+  $u_N\%$  - điện áp ngắn mạch % so với  $U_{dm}$ .

+  $I_0\%$  - dòng không tải % so với  $I_{dm}$ .

Từ những thông số này xác định được các thông số của sơ đồ thay thế:

$$\Delta P_N = 3.I_{dm}^2 r_{BA}$$

$$U_{dm}^2 \Delta P_N = 3.I_{dm}^2 U_{dm}^2 r_{BA}$$

$$\rightarrow r_{BA} = \frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2} 10^3$$

$$u_N \% = \frac{u_N}{\frac{U_{dm}}{\sqrt{3}}} 100 = \frac{I_{dm} Z_{BA}}{\frac{U_{dm}}{\sqrt{3}}} 100$$

Thực tế vì  $x_{BA} \gg r_{BA}$  nên gần đúng có thể lấy  $x_B \approx z_B$  lúc đó ta có:

$$x_{BA} = \frac{u_N \% U_{dm}}{\sqrt{3} I_{dm} 100} = \frac{u_N \% U_{dm}^2}{S_{dm}} 10$$

+ Trường hợp máy biến áp có công suất nhỏ  $S_{dm} < 1000$  kVA thì  $r_{BA}$  là đáng kể khi đó ta có:

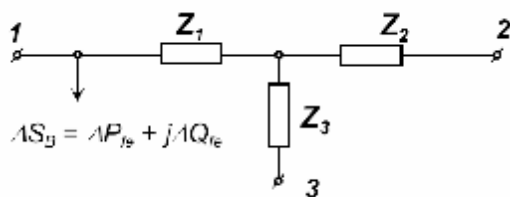
$$x_{BA} = \sqrt{z_{BA}^2 - r_{BA}^2} = \sqrt{\left(\frac{u_N \% U_{dm}^2}{S_{dm}} 10\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2} 10^3\right)^2}$$

Tính  $\Delta Q_{fe}$ : căn cứ vào  $I_0\%$  (từ thí nghiệm không tải),  $S_0$  - gọi là công suất không tải  $S_0 = \Delta P_0 + j\Delta Q_0$

Thực tế vì  $\Delta Q_0 \gg \Delta P_0$  nên có thể lấy:

$$\Delta Q_0 = S_0 = \frac{I_0 \% S_{dm}}{100}$$

b) Sơ đồ thay thế máy biến áp ba dây quấn



$Z_1 ; Z_2 ; Z_3$  - Tổng trở các dây quấn đã qui đổi về cùng 1 cấp điện áp

Hình 5.6 - Sơ đồ máy biến áp 3 dây quấn

Với máy 3 dây quấn nhà chế tạo thường cho trước các thông số sau:  $S_{dm}$ ;  $U_{1dm}$ ;  $U_{2dm}$ ;  $U_{3dm}$ ;  $I_0\%$ ;  $\Delta P_0$ . Ngoài ra tham số ngắn mạch lại cho như sau:

+  $\Delta P_{12}$ ;  $U_{12}$  - tổn thất ngắn mạch và điện áp ngắn mạch.

Trong đó  $\Delta P_{12}$  có được khi cho cuộn 2 ngắn mạch, cuộn 3 để hở mạch, đặt điện áp vào cuộn 1 sao cho dòng điện trong cuộn 1 và 2 bằng định mức.

Khi đó ta có:

$$\begin{cases} \Delta P_{12} = \Delta P_1 + \Delta P_2 \\ U_{12} = U_1 + U_2 \end{cases} \quad (3.10)$$

Tương tự ta có:  $\Delta P_{13}$ ;  $U_{13}$  (ngắn mạch cuộn 3, đặt vào cuộn 2 một điện áp...).

$$\begin{cases} \Delta P_{23} = \Delta P_2 + \Delta P_3 \\ U_{23} = U_2 + U_3 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\begin{cases} \Delta P_{13} = \Delta P_1 + \Delta P_3 \\ U_{13} = U_1 + U_3 \end{cases} \quad (3.12)$$

Giải hệ phương trình (3.10); (3.11); (3.12)

$$\begin{cases} \Delta P_1 = \frac{1}{2}(\Delta P_{12} + \Delta P_{23} + \Delta P_{13}) \\ \Delta P_2 = \Delta P_{12} - \Delta P_1 \\ \Delta P_3 = \Delta P_{13} - \Delta P_1 \end{cases} \quad (3.13)$$

$$\begin{cases} U_1 = \frac{1}{2}(U_{12} + U_{23} + U_{13}) \\ U_2 = U_{12} - U_1 \\ U_3 = U_{13} - U_1 \end{cases} \quad (3.14)$$

Sau khi đã có tổn thất ngắn mạch và điện áp ngắn mạch riêng cho từng dây quấn thì việc xác định tổng trở của từng dây quấn có thể sử dụng công thức như của máy biến áp 2 dây quấn.

## 5.2. Tính tổn thất công suất và điện năng trong mạng điện

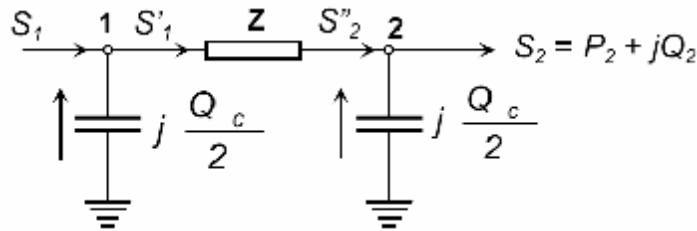
### 5.2.1. Tổn thất công suất trên đường dây

a) Với đường dây cung cấp:

Trong tính toán đường dây tải điện, người ta sử dụng sơ đồ thay thế hình  $\Pi$  (đối với mạng 110 kV, đôi khi ngay cả với mạng 220 kV người ta thường bỏ qua phần điện dẫn tác dụng của đường dây. Tức là trên sơ đồ chỉ còn lại thành phần điện dẫn phản kháng  $Y = jB$  do dung dẫn của đường dây và thường được thay thế bằng phụ tải phản kháng  $-jQ_c$ .

Chú ý:  $\Delta S = 3 \cdot I_{dm}^2 Z_{BA}$  mà  $I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$

$$\Delta S = \frac{S_{dm}^2}{U_{dm}^2} Z_{BA}$$



Hình 5.7 - Tổn thất công suất trên đường dây

+ Công suất cuối đường dây:

$$S_2'' = S_2 - j \frac{Q_{C2}}{2} = P_2 + j(Q_2 + \frac{Q_{C2}}{2})$$

+ Tổn thất công suất có thể xác định theo công suất ở cuối đường dây:

$$\Delta S = \Delta P + j\Delta Q = \left( \frac{S_2''}{U_2} \right)^2 Z_{BA} = \left( \frac{S_2''}{U_2} \right)^2 r_{BA} + j \left( \frac{S_2''}{U_2} \right)^2 x_{BA}$$

+ Công suất ở đầu đường dây:

$$S_1' = S_2'' + \Delta S$$

+ Tổn thất công suất có thể xác định theo công suất chạy ở đầu đường dây:

$$\Delta S = \Delta P + j\Delta Q = \left( \frac{S_1'}{U_1} \right)^2 Z_{BA} = \left( \frac{S_1'}{U_1} \right)^2 r_{BA} + j \left( \frac{S_1'}{U_1} \right)^2 x_{BA}$$

+ Khi đó công suất chạy ở cuối đường dây sẽ là:

$$S_2'' = S_1' - \Delta S$$

+ Công suất đi vào đường dây sẽ là:

$$S = S_1' - j \frac{Q_{Cl}}{2}$$

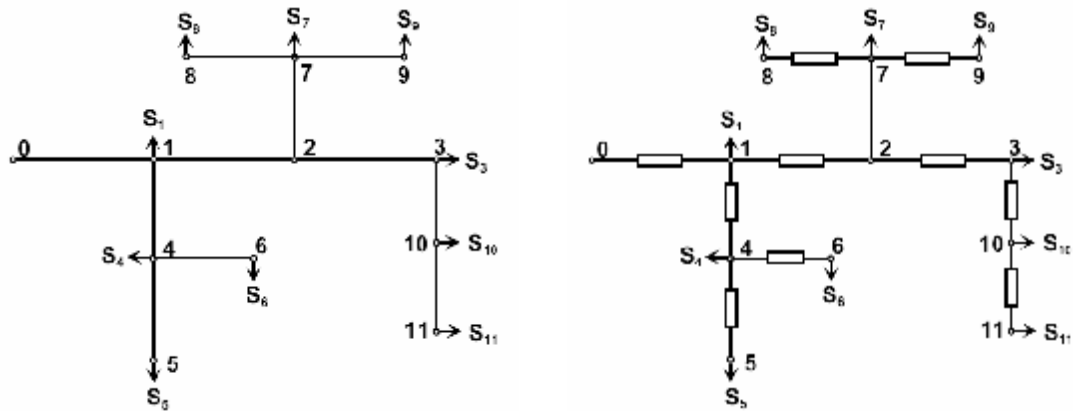
Trong đó phụ tải phản kháng của đường dây có thể tính theo điện dẫn phản kháng theo công thức sau:

$$\frac{Q_{Cl}}{2} = U_1^2 \frac{B}{2}$$

$$\frac{Q_{Cl}}{2} = U_2^2 \frac{B}{2}$$

b) Đường dây mạng phân phối:

Đối với đường dây mạng phân phối (6; 10 kV) có thể bỏ qua Y trên sơ đồ. Hơn nữa trong tính toán tổn thất công suất lại có thể bỏ qua sự chênh lệch điện áp giữa các điểm đầu và cuối đường dây, nghĩa là coi  $U_2 = U_1 = U_{dm}$ . Đồng thời bỏ qua sự chênh lệch dòng công suất giữa điểm đầu và điểm cuối đường dây. Có nghĩa là coi  $S' = S'' = S_1 = S_2 \rightarrow$  Điều này cho phép xác định dễ dàng luồng công suất chạy trên các đoạn dây của mạng phân phối.



Hình 5.8 - Tổn thất công suất trong mạng phân phối

+ Công suất chạy trên đoạn 0-1, 2-3:

$$S_{01} = \sum S_i$$

$$S_{23} = S_3 + S_{10} + S_{11}$$

Như vậy để tính tổn thất công suất trong một phần tử nào đó của mạng phân phối nằm giữa nút  $i$  và  $j$  ta có thể tính:

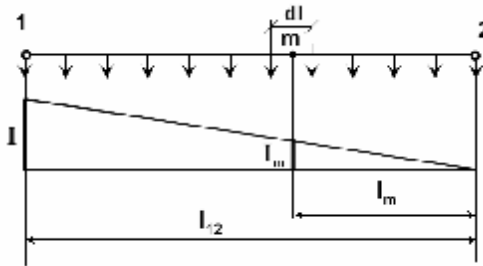
$$\Delta S_{ij} = \Delta P_{ij} + j \Delta Q_{ij} = \left( \frac{S_{ij}}{U_{dm}} \right)^2 r_{ij} + j \left( \frac{S_{ij}}{U_{dm}} \right)^2 x_{ij}$$

c) Đường dây có phụ tải phân bố đều:

Trong thực tế thường gặp loại mạng phân phối có thể xem như có phụ tải phân bố đều. Đó là các mạng thành phố, mạng điện sinh hoạt ở khu vực tập thể, hoặc

mạng phân xưởng có kết cấu thanh dẫn.

Để tính toán mạng này người ta giả thiết dòng điện biến thiên dọc dây theo luật đường thẳng và dây dẫn có tiết diện không đổi



Hình 5.9 - Tổn thất công suất trên đường dây phụ tải phân bố đều

+ Tại điểm m nào đó của mạng, ta có dòng điện tại điểm đó là  $I_m$  (Xét tam giác vuông đồng dạng  $\rightarrow$  sẽ tính được  $I_m$ )

$$I_m = I \frac{l_m}{l_{12}}$$

Gọi  $d\Delta P$  là tổn thất công suất trong vi phân chiều dài  $dl$  tại điểm m

$$d\Delta P = 3 \cdot I_m^2 dr$$

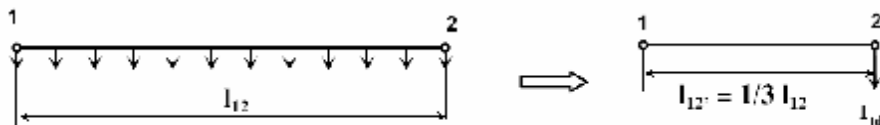
Trong đó:  $dr = r_0 dl$

$$d\Delta P = 3 \cdot I_m^2 r_0 dl = 3 \left( I \frac{l_m}{l_{12}} \right)^2 r_0 dl$$

$$\Delta P = \int_0^{l_{12}} 3 \left( I \frac{l_m}{l_{12}} \right)^2 r_0 dl = \int_0^{l_{12}} \frac{3r_0 I^2}{l_{12}^2} l_m^2 dl = l_{12} r_0 I^2 = I^2 R_{12}$$

Ta thấy rằng  $\Delta P$  đúng bằng  $1/3$  tổn thất công suất khi phụ tải  $I$  đặt ở cuối đường dây ( $\Delta P = 3 \cdot I^2 R_{12}$ )

+ Nguyên tắc: “ Để xác định tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều ta thường chuyển về sơ đồ phụ tải tập trung tương đương. Trong đó phụ tải tập trung tương đương bằng tổng tất cả phụ tải và được đặt ở khoảng cách tương đương bằng  $1/3$  khoảng cách của sơ đồ thực tế”.



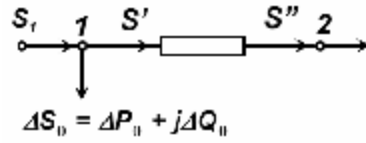
Hình 5.10 - Thay thế phụ tải phân bố đều bằng phụ tải tập trung

Trong đó:  $I_{td} = \Sigma i = i_0 \cdot l_{12}$

### 5.2.2. Tổn thất công suất trong máy biến áp

Khác với đường dây, khi máy biến áp làm việc, ngoài tổn thất công suất trên 2 dây quấn sơ và thứ cấp, còn một lượng tổn thất nữa trong lõi thép của máy biến áp. Để tính toán thông thường người ta thường sử dụng sơ đồ thay thế:

a. Máy biến áp 2 dây quấn



Hình 5.11 - Tổn thất công suất trong máy biến áp

Tổn thất công suất trên 2 dây quấn (tức trên tổng trở  $Z_B$ ).

$$\Delta S_N = \Delta P_N + j\Delta Q_N = \left(\frac{S''}{U_2}\right)^2 r_{BA} + j\left(\frac{S''}{U_2}\right)^2 x_{BA}$$

Trong đó:  $S'' = S_2$  - công suất của phụ tải.

Toàn bộ tổn thất công suất trong máy biến áp sẽ là:

$$\Delta S_{BA} = \Delta S_0 + \Delta S_N = \left[ \Delta P_0 + \left(\frac{S''}{U_2}\right)^2 r_{BA} \right] + j \left[ \Delta Q_0 + \left(\frac{S''}{U_2}\right)^2 x_{BA} \right] \quad (5-15)$$

+ Từ đây ta thấy rằng công suất đầu vào máy biến áp là:

$$S_1 = S' + \Delta S_0 = S_2 + \Delta S_{BA}$$

+ Trong thực tế người ta có thể xác định tổn thất công suất trên dây quấn của máy biến áp bằng những thông số cho trước. Xuất phát từ công thức tính  $R_B$  và  $X_B$  ta có:

$$r_{BA} = \frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2} ; \quad z_{BA} = \frac{u_N \% U_{dm}^2}{S_{dm}}$$

$$x_{BA} = \sqrt{z_{BA}^2 - r_{BA}^2}$$

$$x_{BA} = \sqrt{\left(\frac{u_N \% U_{dm}^2}{S_{dm}}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2}\right)^2} = \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \sqrt{(u_N \% S_{dm})^2 - (\Delta P_N)^2}$$

Thay  $R_B$  ;  $X_B$  vào (5.15) và coi  $U_2 = U_{dm}$  (lấy gần đúng).

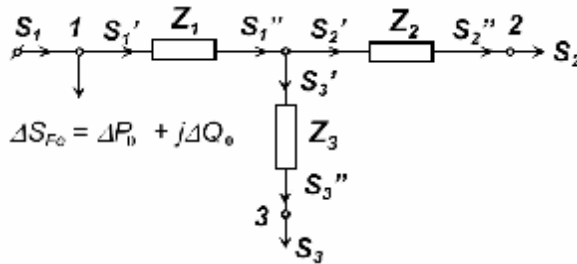
$$\Delta S_{BA} = \left[ \Delta P_0 + \Delta P_N \left(\frac{S''}{U_{dm}}\right)^2 \right] + j \left[ \Delta Q_0 + \Delta Q_N \left(\frac{S''}{U_{dm}}\right)^2 \right]$$



Chú ý: Trong công thức trên tổng trở và điện áp phải được quy về cùng một cấp điện áp. Trong nhiều trường hợp khi chưa biết  $U_2$  người ta vẫn có thể lấy  $U_2 = U_{dm}$ .

*b. Với máy biến áp 3 dây quấn*

Tính toán hoàn toàn tương tự như ở máy biến áp 2 dây quấn (phần tổn thất trong dây cuộn của từng dây quấn)



Hình 5.12 - Tổn thất trong máy biến áp 3 dây quấn

+ Công thức tổng quát cho việc xác định tổn thất công suất trên các dây quấn

$$\Delta S_i = \left( \frac{S_i''}{U_{dm,i}} \right) (r_i + jx_i)$$

+ Tổn thất công suất toàn bộ máy biến áp

$$\Delta S_{BA} = \Delta S_0 + \sum_{i=1}^3 \Delta S_i$$

+ Công suất đầu vào

$$S_1 = S_1' + \Delta S_0 = S_2 + S_3 + \Delta S_{BA}$$

**5.2.3. Tổn thất điện năng trong mạng điện**

Tổn thất điện năng là đặc thù của tổn thất công suất, tuy nhiên người ta chỉ quan tâm đến công suất tác dụng  $\Delta P$ , vì  $\Delta A = \Delta P.t$

+ Nếu trong thời gian  $t$  phụ tải điện không thay đổi, thì công suất là hằng số và tổn thất điện năng sẽ được tính như sau:

$$\Delta A = \Delta P.t$$

+ Nhưng thực tế phụ tải lại biến thiên liên tục theo thời gian nên để xác định tổn thất điện năng  $\Delta A$  phải lấy tích phân hàm  $\Delta P$  trong suốt thời gian khảo sát.

$$\Delta A = \int_0^t \Delta P.dt = 3.R \int_0^t I^2(t).dt$$

+ Vì phụ tải  $I(t)$  biến thiên không tuân theo một dạng hàm nào, do đó không thể xác định được tổn thất điện năng theo công thức trên. Để tính tổn thất điện năng người ta sử dụng hai hệ số kinh nghiệm  $T_{max}$  và  $\tau$ .

Thực tế thì đường cong phụ tải (tiêu thụ) và đường cong tổn thất không bao giờ lại hoàn toàn trùng nhau, tuy nhiên giữa  $T_{\max}$  và  $\tau$  lại có quan hệ khá khăng khít với nhau  $\tau = f(T_{\max}; \cos\varphi)$ . Quan hệ giữa  $T_{\max}$  và  $\tau$  thường cho dưới dạng bảng tra hoặc đường cong.

+ Trong trường hợp không có bảng tra hoặc đường cong chúng ta có thể sử dụng công thức gần đúng để tính được  $\tau$  theo  $T_{\max}$  như sau:

$$t = (0,124 + T_{\max} 10^{-4})^2 8760$$

a. *Tổn thất điện năng trên đường dây*

+ Với đường dây có nhiều phụ tải với  $\cos\varphi$  và  $T_{\max}$  khá khác nhau

$$\Delta A = \sum_{i=1}^n \Delta P_{\max.i} t_i$$

+ Khi  $\cos\varphi$  và  $T_{\max}$  của phụ tải khác nhau ít có thể tính  $\Delta A$  từ  $\Delta P_{\max}$  và  $\tau_{tb} \rightarrow$  từ  $\cos\varphi_{tb}$  và  $T_{\max.tb}$

$$\cos j_{tb} = \frac{\sum S_i \cos j_i}{\sum S_i}$$

$$T_{\max.tb} = \frac{\sum P_{\max.i} T_{\max.i}}{\sum P_{\max.i}}$$

b. *Tổn thất điện năng trong máy biến áp*

Tổn thất điện năng trong máy biến áp tính tương tự như đối với đường dây. Chú ý trong máy có 2 phần tổn thất  $\Delta P_0$  không thay đổi theo phụ tải;  $\Delta P_{Cu}$  - thay đổi theo phụ tải.

+ Tổn thất điện năng trong trạm biến áp trong 1 năm (khi không biết đồ thị phụ tải):

$$\Delta A = \Delta P_0 8760 + \Delta P_{Cu.max} t$$

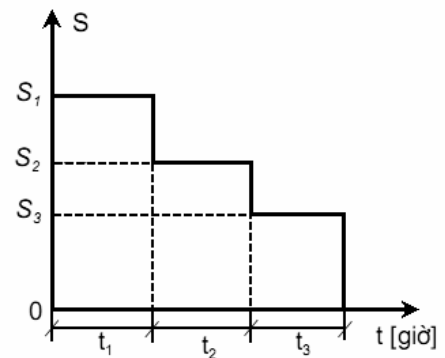
+ Nếu có đồ thị phụ tải theo bậc thang (hình 5.13). Trong đó phụ tải bằng hằng số tại mỗi đoạn  $t_i$ . Thì tổn thất điện năng của trạm trong 1 năm:

$$\Delta A = \Delta P_0 8760 + \sum_{i=1}^n \Delta P_{Cu.i} t_i$$

+ Trường hợp trạm có nhiều máy vận hành song song, có tham số giống nhau:

Khi không có đồ thị phụ tải:

$$\Delta A = n.\Delta P_0.8760 + n.\Delta P_{Cu.max} t$$



Hình 5.13 - Đồ thị phụ tải bậc thang

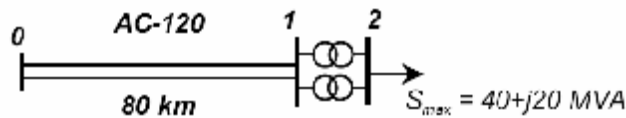
Khi biết đồ thị phụ tải:

$$\Delta A = \Delta P_0 (n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n) + \Delta P_N \left[ \left( \frac{S_1}{n_1 S_{dm}} \right)^2 n_1 t_1 + \left( \frac{S_n}{n_n S_{dm}} \right)^2 n_n t_n \right]$$

Dạng tổng quát cho trạm có n máy:

$$\Delta A = \Delta P_0 \sum_{i=1}^n n_i t_i + \Delta P_N \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n_i} \left( \frac{S_i}{S_{dm}} \right)^2$$

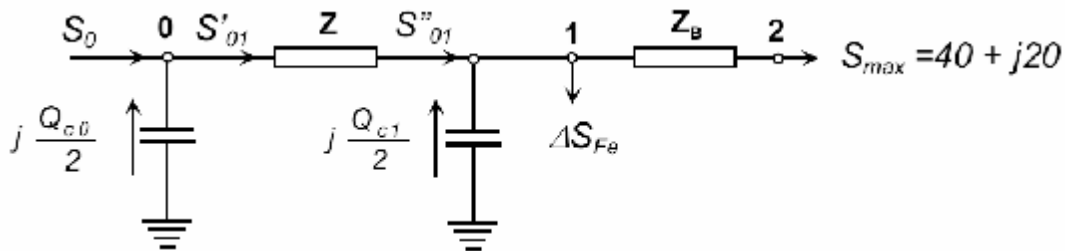
Ví dụ 1: Cho mạng cung cấp như (HV). Biết  $U_{dm} = 110$  kV. Hãy xác định công suất nguồn cung cấp cho mạng (công suất đầu vào của mạng)?



Đường dây là AC-120;  $D_{tb} = 4$  m ; chiều dài 80 km. Trạm có 2 máy biến áp có tham số như sau:  $S_{dm} = 31,5$  MVA;  $\Delta P_0 = 86$  kW;  $\Delta P_N = 200$  kW;  $u_N\% = 10,5$ ;  $i_0\% = 2,7$ . Biết  $U_0 = 116,7$  kV;  $U_1 = 109,3$  kV;  $U_2 = 10,5$  kV.

Giải:

Sơ đồ thay thế:



+ Xác định các thông số của sơ đồ thay thế:

Thông số máy biến áp:

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

Do trạm có 2 máy nên

$$\Delta P_0 = 2.86 = 172(\text{kVA}) = 0,172(\text{MVA})$$

$$\Delta Q_0 = 2 \frac{I_0\% S_{dm}}{100} = 2 \frac{2,7.31,5}{100} = 1,7(\text{MVA})$$

$$r_{BA} = \frac{1}{2} \frac{\Delta P_N U_{dm}^2}{S_{dm}^2} 10^3 = \frac{200.110^2}{2.(31,5.10^3)^2} 10^3 = 1,22(\Omega)$$

$$x_{BA} = \frac{1}{2} \frac{u_N\% U_{dm}^2}{S_{dm}} = \frac{10,5.110^2}{2.31,5.10^3} = 20,16(\Omega)$$

Thông số đường dây:

Dây AC-120 và  $D_{tb} = 4$  m tra bảng ta được :

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

$$x_0 = 0,408 \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

$$b_0 = 2,79 \cdot 10^{-6} \text{ (1/}\Omega \cdot \text{km)}.$$

Vì đường dây là lộ kép ta có:

$$R_{01} = \frac{1}{2} r_0 l = \frac{1}{2} 0,27 \cdot 80 = 10,8(\Omega)$$

$$X_{01} = \frac{1}{2} x_0 l = \frac{1}{2} 0,408 \cdot 80 = 16,32(\Omega)$$

Tính điện dung của đường dây:

$$\frac{Q_{c0}}{2} = 2 \cdot U_0^2 \frac{B}{2} = U_0^2 b_0 l = 116,7^2 \cdot 2,79 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 3,03(\text{MVA})$$

$$\frac{Q_{c1}}{2} = 2 \cdot U_1^2 \frac{B}{2} = U_1^2 b_0 l = 109,3^2 \cdot 2,79 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 2,66(\text{MVA})$$

Tính tổn thất công suất trong dây cuộn của máy biến áp theo  $S_{\max}$  tức là phải lấy theo điện áp tại điểm 2 (trong phần trên  $R_{BA}$  và  $X_{BA}$  được tính theo điện áp sơ cấp) do đó điện áp điểm 2 cần phải được qui đổi về phía cao áp.

$$U'_2 = k \cdot U_2 = \frac{110}{11} 10,5 = 105(\text{kV})$$

Trong đó :  $k$  - tỉ số biến áp được tính theo điện áp trung bình định mức.

Để tính được tổn thất công suất trên đường dây đoạn 01 cần phải xác định được công suất ở cuối đường dây  $S_1''$

$$S_1'' = S_{\max} + \Delta S_0 + \Delta S_{Cu} - \frac{Q_{c1}}{2}$$

$$\Delta S_{Cu} = \left( \frac{S_{\max}}{U_2} \right)^2 r_{BA} + j \left( \frac{S_{\max}}{U_2} \right)^2 x_{BA} = \frac{40^2 + 20^2}{105^2} 1,22 + j \frac{40^2 + 20^2}{105^2} 20,16$$

$$S_{01}'' = (40 + j20) + (0,172 + j1,7) + \frac{40^2 + 20^2}{105^2} 1,22 + j \frac{40^2 + 20^2}{105^2} 20,16 - j2,66$$

$$S_{01}'' = 40,4 + j22,7$$

+ Công suất đầu vào đường dây:  $S_0$  chính là công suất cần cung cấp cho mạng

$$S_0 = S_{01}'' + \Delta S_{01} - \frac{Q_{c0}}{2}$$

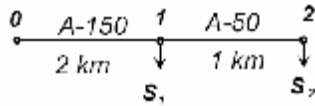
$$\Delta S_{01} = \left( \frac{S_{01}''}{U_1} \right)^2 (R_{01} + jX_{01}) = \frac{40,4^2 + 22,7^2}{109,3^2} (10,8 + j16,32)$$

$$S_0 = (40,4 + j22,7) + \frac{40,4^2 + 22,7^2}{109,3^2} (10,8 + j16,32) - j3,03$$

$$S_0 = 42,34 + j22,6(\text{MVA})$$

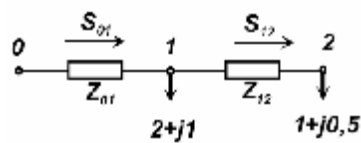
Ví dụ 2:

Hãy xác định tổn thất điện năng trong một năm của mạng phân phối 10 kV .



Tính theo  $\Delta A\%$ .

Giải: Vì là lưới phân phối nên ta có sơ đồ thay thế như sau:



+ Để tính được tổn thất điện năng của lưới. Trước tiên ta phải xác định được  $\Delta P_{\max}$  của lưới. Cần chú ý rằng  $\Delta A$  chỉ liên quan đến  $\Delta P$  mà thôi

Tra bảng: A-150  $\rightarrow r_0 = 0,21 \Omega/\text{km}$

A-50  $\rightarrow r_0 = 0,63 \Omega/\text{km}$

+ Tổn thất công suất cực đại trong mạng:

$$\Delta P_{\max} = \Delta P_{01} + \Delta P_{12} = \left( \frac{S_{01}}{U_{\text{dm}}} \right)^2 R_{01} + \left( \frac{S_{12}}{U_{\text{dm}}} \right)^2 R_{12}$$

$$S_{01} = S_{\max 1} + S_{\max 2} = 2 + j1 + 1 + j0,5 = 3 + j1,5$$

$$S_{12} = S_{\max 2} = 1 + j0,5$$

$$S_{01} = \sqrt{3^2 + 1,5^2}$$

$$S_{12} = \sqrt{1^2 + 0,5^2}$$

$$\Delta P_{\max} = \left( \frac{3^2 + 1,5^2}{10^2} \right) 0,21 \cdot 2 \cdot 10^6 + \left( \frac{1^2 + 0,5^2}{10^2} \right) 0,63 \cdot 1 \cdot 10^6 = 55,1(\text{kW})$$

+ Tổn thất điện năng trong 1 năm:

$$\Delta A = \Delta P_{\max} \cdot t$$

Cả 2 đoạn đều có cùng  $\cos\phi$  và  $T_{\max} = 2700 \text{ h}$ , tra bảng ta được  $\tau = 1500 \text{ h}$

$$\Delta A = 55,1 \cdot 1500 = 82500 \text{ kWh}$$

+ Điện năng các hộ nhận từ lưới trong một năm:

$$A = P_{\max} T_{\max} = (2000 + 1000) \cdot 2700 = 8100000 \text{ (kWh)}$$

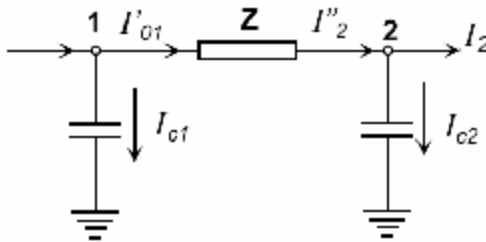
+ Tổn thất điện năng tính theo %:

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

### 5.3. Tính tổn thất điện áp trong mạng điện

#### 5.3.1. Tổn thất điện áp trên đường dây cung cấp

Xác định tổn thất điện áp có thể dùng phương pháp đồ thị hoặc phương pháp giải tích. Xét đường dây 110; hoặc 220 kV (ở cấp điện áp này có thể bỏ qua điện dẫn tác dụng) sơ đồ thay thế có dạng.

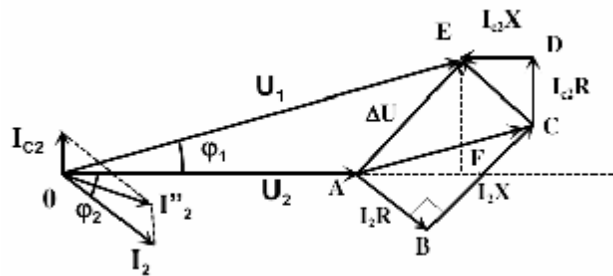


Hình 5.14 - Tổn thất điện áp trên đường dây

+ Giả thiết: biết  $U_2$ ,  $I_2$  và các thông số của đường dây  $Z = R + jX$  bằng phương pháp đồ thị ta có thể xác định được điện áp  $U$  ở đầu nguồn, điều đó cũng có nghĩa là ta sẽ xác định được tổn thất điện áp trên đường dây

a) Phương pháp đồ thị:

Trình tự các bước xây dựng đồ thị vectơ



Hình 5.15 - Đồ thị vectơ

+ Từ O dựng đoạn  $OA = U_2$  (tìm điểm A).

+ Từ O dựng  $I_2$ ;  $I_{c2}$ ;  $I''_2$  (biết  $\varphi_2$ ;  $I_{c2} \perp U_2$ ) cả 3 dòng điện này đều gây nên các điện áp rơi trên R và X (chú ý: các thành phần điện áp rơi trên R sẽ trùng pha với I, còn trên X sẽ  $\perp$  với I)

+ Dựng đồ thị vectơ:

Từ A xây dựng các đoạn thẳng:

$AB = I_2 R$  song song với  $I_2$

$BC = I_2 X$  vuông góc với  $I_2 \rightarrow \Delta U_{I_2} = AC$  (điện áp rơi do dòng  $I_2$  gây trên Z)

Từ C ta tiếp tục xây dựng các đoạn thẳng: (các thành phần điện áp rơi do  $I_{c2}$  gây nên trên Z).

$CD = I_{c2}R$  song song với  $I_{c2}$

$DE = I_{c2}X$  vuông góc với  $I_{c2} \rightarrow \Delta U_{I_{c2}} = CE$

$\Delta U_{I_2}$  - điện áp rơi trên Z do  $I_2$  gây ra

$\Delta U_{I_{c2}}$  - điện áp rơi trên Z do  $I_{c2}$  gây ra

$$\rightarrow \Delta U = \Delta U_{I_2} + \Delta U_{I_{c2}}$$

$$U_1 = U_2 + \Delta U = U_2 + \Delta U_{I_2} + \Delta U_{I_{c2}}$$

Đoạn AE chính là  $\Delta U$ , còn OE chính là  $U_1 = U_2 + \Delta U$

Như vậy với  $U_2$  biết trước cùng các dòng  $I_2$ ;  $I_{c2}$  ta đã xác định được  $U_1 \rightarrow$  lúc đó tổn thất điện áp trên đường dây sẽ chính là:

$$|U_1| - |U_2| = DU$$

Nếu chiếu  $\Delta U$  trên trục thực (trùng với  $U_2$ ) và trục ảo (vuông góc với  $U_2$ ) được 2 thành phần:

+ Thành phần dọc trục của điện áp rơi:

$$\Delta U = \overline{AF} = I_2 R \cos j_2 + I_2 X \sin j_2 - I_{c2} X$$

+ Thành phần ngang trục của điện áp rơi:

$$dU = \overline{FE} = I_{c2} R + I_2 X \cos j_2 - I_2 R \sin j_2$$

+ Trong phần lớn các trường hợp, để phán đoán sự làm việc của hệ thống điện không cần biết trị số điện áp rơi. Sự làm việc của các phụ tải điện chỉ phụ thuộc vào điện áp đặt vào nó, mà không phụ thuộc vào pha của nó. Sự lệch pha của các vectơ điện áp đầu và cuối đường dây (góc  $\varphi_1$ ) chỉ có giá trị khảo sát các vấn đề ổn định làm việc của hệ thống điện. Cho nên ở đây chỉ cần xác định hiệu đại số của điện áp đầu và cuối đường dây (sự chênh điện áp hiệu dụng ở đầu và cuối đường dây).

+ Khi biết  $U_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $I_2$  và các thông số của đường dây ta có thể xác định được  $U_2$  từ đó tính được  $DU$ . Phương pháp đồ thị đòi hỏi phải vẽ chính xác, đúng tỷ lệ tuy nhiên kết quả sẽ kém chính xác.

*b) Phương pháp giải tích tính tổn thất điện áp:*

Trong phương pháp này thông thường người ta hay tính toán theo phụ tải ở cuối đường dây  $I_2'$ . Và nếu mạng ngắn thường bỏ qua  $I_{c2}$ . và trong tính toán thường sử dụng điện áp dây nên ta có thể viết lại các thành phần điện áp rơi:

$$\Delta U = \Delta U + j dU$$

$$\Delta U = \sqrt{3}(I_2'' R \cos j_2 + I_2'' X \sin j_2)$$

$$dU = \sqrt{3}(I_2'' X \cos j_2 - I_2'' R \sin j_2)$$

+ Vì phụ tải thường cho dưới dạng công suất (nhân 2 vế với  $\frac{U_2}{U_2}$ )

$$\Delta U = \frac{P_2'' R + Q_2'' X}{U_2}$$

$$dU = \frac{P_2'' X - Q_2'' R}{U_2}$$

+ Điện áp đầu đường dây có thể được xác định thông qua biểu thức sau:

$$\vec{U}_1 = \vec{U}_2 + \Delta \vec{U}$$

Từ đồ thị véc tơ:  $U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + (dU)^2}$

$$DU = U_1 - U_2$$

+ Tương tự nếu biết  $U_1, I_1' (P_1', Q_1')$  ta cũng xác định được  $\Delta U$ :

$$\Delta U = \frac{P_1' R + Q_1' X}{U_1} + j \frac{P_1' X - Q_1' R}{U_1}$$

Điện áp cuối nguồn:

$$\vec{U}_2 = \vec{U}_1 - \Delta \vec{U}$$

$$U_1 - U_2 = DU$$

### 5.3.2. Tổn thất điện áp trên đường dây mạng phân phối (6 ÷ 20 kV)

#### a. Đặc điểm chung của mạng phân phối

+ Có điện áp thấp và đường dây ngắn nên có thể bỏ qua tổng dẫn của sơ đồ thay thế.

+ Tổn thất công suất nhỏ có thể bỏ qua trong tính toán (coi không có sự chênh lệch công suất đầu và cuối đường dây).

+ Sự chênh lệch điện áp giữa các điểm nút không đáng kể, có thể dùng điện áp định mức để tính.

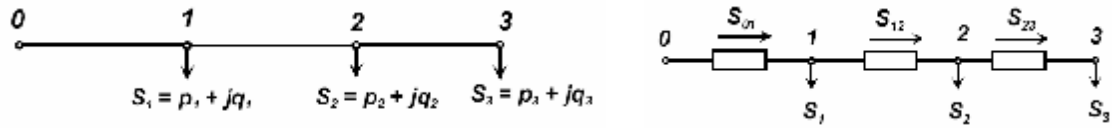
+ Thành phần ngang trục của điện áp rơi rất nhỏ có thể bỏ qua.

Với những giả thiết như vậy việc tính tổn thất điện áp mạng phân phối trở nên khá đơn giản:  $DU = \Delta U$ .

#### b. Tính tổn thất điện áp cho đường dây có nhiều phụ tải tập trung:

+ Xét mạng phân phối cung cấp cho ba phụ tải tập trung như hình 5.16





Hình 5.16 - Sơ đồ cấp điện và sơ đồ thay thế mạng phân phối

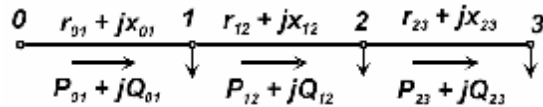
+ Công suất trên các đoạn:

$$S_{01} = S_1 + S_2 + S_3 = (p_1 + p_2 + p_3) + j(q_1 + q_2 + q_3)$$

$$S_{12} = S_2 + S_3 = (p_2 + p_3) + j(q_2 + q_3)$$

$$S_{23} = S_3 = p_3 + jq_3$$

Tính  $\Delta U$  theo công suất chạy trên các đoạn:



$$\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{23} = \frac{P_{01}r_{01} + Q_{01}x_{01}}{U_{dm}} + \frac{P_{12}r_{12} + Q_{12}x_{12}}{U_{dm}} + \frac{P_{23}r_{23} + Q_{23}x_{23}}{U_{dm}}$$

Tổng quát cho mạng có n phụ tải:

$$\Delta U = \frac{\sum P_{ij}r_{ij} + \sum Q_{ij}x_{ij}}{U_{dm}}$$

Trong đó:  $\Delta U$  - (V).

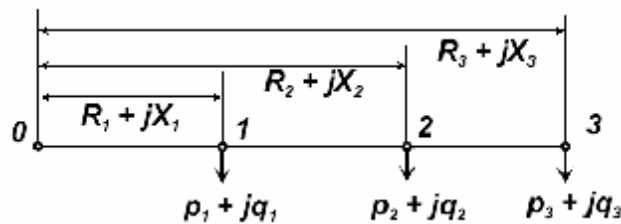
$P_{ij}$ ;  $Q_{ij}$  - (kW); (kVAr).

$U_{dm}$  - (kV).

$R_{ij}$ ;  $x_{ij}$  - ( $\Omega$ ).

Tính  $\Delta U$  theo công suất của từng phụ tải:

+ Vì coi mạng là tuyến tính nên chúng ta có thể sử dụng nguyên tắc xếp chồng. Tức là tổn thất điện áp đến điểm cuối cùng của mạng (điểm 3) bằng tổng tổn thất điện áp gây ra bởi 3 phụ tải trên các đoạn từ phụ tải đến đầu nguồn:



$$\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{02} + \Delta U_{03} = \frac{p_1R_1 + q_1X_1}{U_{dm}} + \frac{p_2R_2 + q_2X_2}{U_{dm}} + \frac{p_3R_3 + q_3X_3}{U_{dm}}$$

Tổng quát cho mạng có n phụ tải:

$$\Delta U = \frac{\sum p_i R_i + \sum q_i X_i}{U_{dm}}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{dm}} 100 = \frac{1}{10U_{dm}^2} \sum (p_i R_i + q_i X_i)$$

Trong đó:  $p_i$ ;  $q_i$  - phụ tải tác dụng và phản kháng (kW); (kVAr).

$R_i$ ;  $X_i$  - điện trở và điện kháng từ phụ tải i về nguồn ( $\Omega$ ).

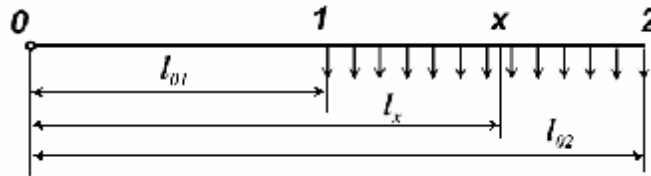
*Chú ý:* Biểu thức tổng quát trên chỉ được dùng để tính tổn thất điện áp từ nguồn đến điểm cuối cùng của lưới. Khi áp dụng để tính  $\Delta U$  từ nguồn đến một điểm bất kỳ sẽ dẫn đến sai.

c. Tính  $\Delta U$  khi đường dây có phụ tải phân bố đều:

- Đường dây bỏ qua điện kháng: ở những trường hợp sau:

+ Đường dây cung cấp cho phụ tải có  $\cos\varphi = 1$

+ Mạng hạ áp  $r_0 \gg x_0$



Hình 5.17 - Tổn thất trên đường dây phụ tải phân bố đều

Gọi  $p_0$  - công suất phân bố đều trên 1 đơn vị chiều dài.

Tại điểm x cách nguồn khoảng  $l_x$ .

Trên vi phân chiều dài  $dl$  có một lượng công suất là  $dp = p_0 dl$ .

Công suất này gây ra trên đoạn  $l_x$  một tổn thất điện áp:

$$d\Delta U = \frac{r_0 l_x dp}{U_{dm}} = \frac{r_0 p_0 l_x dl}{U_{dm}}$$

Tổn thất trên toàn bộ đoạn dây:

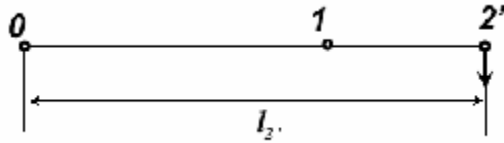
$$\Delta U_{12} = \int_{l_{01}}^{l_{02}} d\Delta U = \int_{l_{01}}^{l_{02}} \frac{r_0 p_0 l_x dl}{U_{dm}} = \frac{r_0 p_0}{U_{dm}} \frac{l_{01}^2 - l_{02}^2}{2} = \frac{r_0 p_0}{U_{dm}} \frac{l_{01} + l_{02}}{2} (l_{01} - l_{02})$$

$$p_0 (l_{01} - l_{02}) = p_0 l_{12} = P$$

$$\frac{l_{01} + l_{02}}{2} = l'_2 \rightarrow 2' \text{ chính là điểm giữa của đoạn 1-2.}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{r_0 P l'_2}{U_{dm}} = \frac{P R'_2}{U_{dm}}$$

+ Sơ đồ thay thế tương đương :

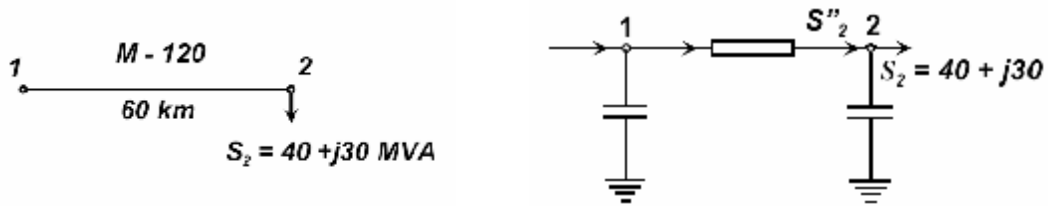


Trong đó:  $l_{12'} = \frac{l_{12}}{2}$

+ Từ sơ đồ thay thế tương đương, tính tổn thất điện áp cho phụ tải phân bố đều tương tự như đối với một phụ tải tập trung với  $P = \sum p_i$ , đặt cách xa nguồn

khoảng  $l_2' = l_{01} + \frac{1}{2}l_{12}$

Ví dụ 3: Cho một đường dây cung cấp như hình vẽ. Chiều dài đường dây là 60 km;  $D_{tb} = 5m$ , cung cấp điện cho một khu công nghiệp có phụ tải cho trên sơ đồ. Biết  $U_2 = 110$  kV. Hãy xác định  $U_1$  và góc lệch giữa chúng.



Giải:

Với dây M – 120 ( $D_{tb} = 5$  m) tra bảng:

$$r_0 = 0,158 \Omega/\text{km}.$$

$$x_0 = 0,426 \Omega/\text{km}.$$

$$b_0 = 2,75 \cdot 10^{-6} \text{ 1}/\Omega.\text{km}$$

$$\frac{Q_{c2}}{2} = U_2^2 \frac{B}{2} = 110^2 \frac{2,75 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{2} = 1(\text{MVAr})$$

$$R_{12} = r_0 \cdot 60 = 0,158 \cdot 60 = 9,48(\Omega)$$

$$X_{12} = x_0 \cdot 60 = 0,426 \cdot 60 = 25,6(\Omega)$$

$$S_2'' = S_2 - j \frac{Q_{c2}}{2} = 40 + j30 - j1 = 40 + j29(\text{MVAr})$$

Điện áp rơi:

$$\overline{\Delta U} = \Delta U + j dU = \frac{P_2'' R_{12} + Q_2'' X_{12}}{U_2} + j \frac{P_2'' X_{12} - Q_2'' R_{12}}{U_2}$$

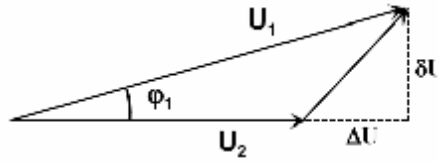
$$\overline{\Delta U} = \frac{40 \cdot 9,48 + 29 \cdot 25,6}{110} + j \frac{40 \cdot 25,6 + 29 \cdot 9,48}{110} = 10 + j6,8(\text{kV})$$

Điện áp đầu nguồn:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + (dU)^2} = \sqrt{(110 + 10)^2 + 6,8^2} = 120,9(\text{kV})$$

Nếu bỏ qua  $\delta U$  thì ta có  $U_1 = U_2 + \Delta U = 110 + 10 = 120$  (kV)

+ Xác định góc lệch giữa  $\vec{U}_1, \vec{U}_2$



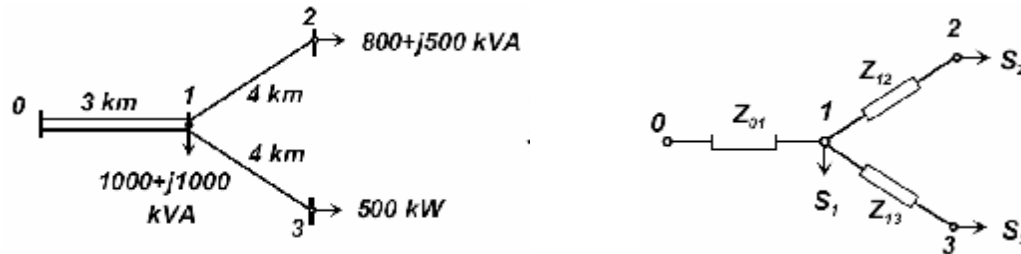
$$\operatorname{tg} j = \frac{dU}{U_2 + \Delta U} = \frac{6,8}{110 + 10} = 0,0567$$

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 10 \text{ (kV)}$$

$$\varphi = 3^\circ 15'$$

Ví dụ 4: Cho mạng điện phân phối như hình vẽ.

Dây dẫn trong mạng A-50;  $D_{tb} = 1$  m;  $U_{dm} = 10$  kV. Hãy xác định  $\Delta U_{\max} =$



Hình 5.18 - Sơ đồ mạng điện phân phối và sơ đồ thay thế

Tra bảng: A-50  $\rightarrow r_0 = 0,63 \Omega/\text{km}$ ;  $x_0 = 0,355 \Omega/\text{km}$

$$Z_{01} = \frac{1}{2}(0,63 \cdot 3 + j0,355 \cdot 3) = 0,945 + j0,522$$

$$Z_{12} = Z_{13} = 0,63 \cdot 4 + j0,355 \cdot 4 = 2,53 + j1,42$$

Điểm 2 sẽ có  $\Delta U_{\max}$  (vì  $Z_{12} = Z_{13}$  nhưng  $S_3 < S_2$ )

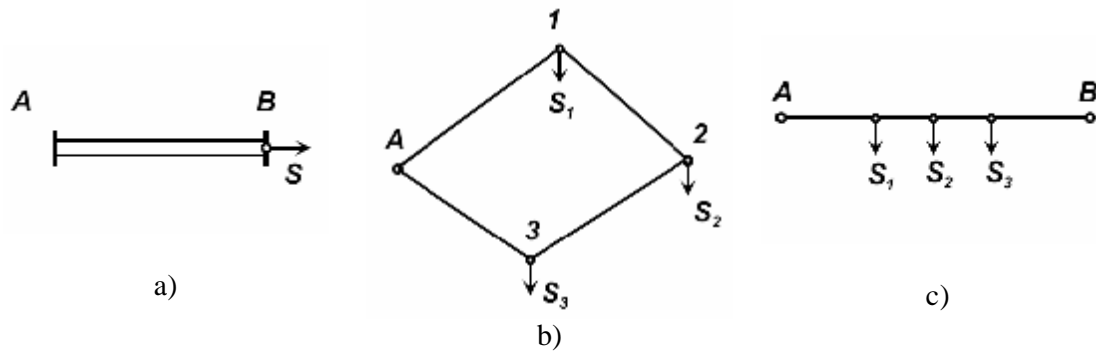
$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3)R_{01} + (Q_1 + Q_2 + Q_3)X_{01}}{U_{dm}} + \frac{P_2 R_{12} + Q_2 X_{12}}{U_{dm}}$$

Thay các tham số với  $U_{dm} = 10$  kV tính được  $\Delta U_{\max} = 571$ (V)

## 5.4. Tính toán mạng điện kín

### 5.4.1. Khái niệm chung

Để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện người ta thường sử dụng mạng điện kín, loại mạng điện ở đó mỗi hộ dùng điện được cung cấp ít nhất từ 2 phía. Mạng điện kín đơn giản nhất là đường dây kép cấp điện cho một phụ tải. Ngoài ra mạng điện kín có thể là mạng vòng do một nguồn cung cấp hoặc mạch đường dây chính có 2 nguồn cung cấp.



Hình 5.19 - Mạng điện kín  
 a) Đường dây mạch kép; b) Mạch vòng; c) Hai nguồn cung cấp

Ưu điểm:

- Tăng cường tính liên tục cung cấp điện (vì mỗi hộ được 2 nguồn cung cấp), thường dùng cho các hộ phụ tải loại 1.
- Trong vận hành bình thường tổn thất nhỏ hơn trong mạng hở.

Nhược điểm:

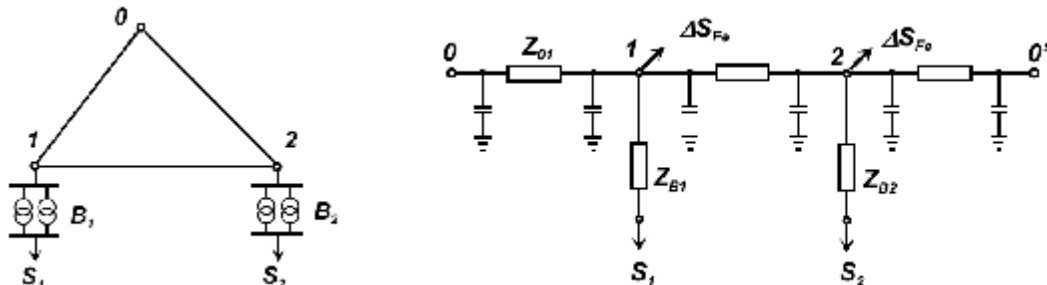
- Khi sự cố, chẳng hạn đứt một nhánh ở đầu nguồn, mạng trở thành hở, tổn thất công suất và điện áp đều lớn, có thể vượt quá giá trị cho phép.
- Thực hiện bảo vệ cho mạng kín có phần phức tạp hơn so với mạng hở, thường phải dùng bảo vệ có hướng hoặc bảo vệ có khoảng cách.
- Tính toán mạng điện kín phức tạp hơn mạng hở.

#### 5.4.2. Xác định công suất trên các nhánh - Điểm phân công suất:

Tính toán mạng điện kín là 1 vấn đề phức tạp. Ở đây ta chỉ xét mạng điện kín đơn giản nhất, nghĩa là mạng chỉ có 1 mạch vòng hoặc mạng đường dây chính có 2 nguồn cung cấp. Trước hết phải xác định phân bố công suất trên các đoạn đường dây của mạng kín. Ta dùng phương pháp gần đúng với giả thiết sau:

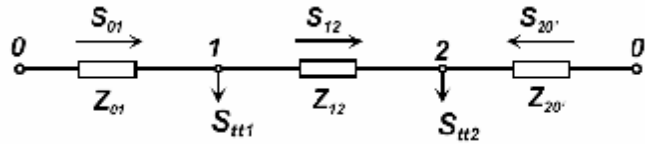
- Bỏ qua tổn thất công suất trong các đoạn.
- Bỏ qua tổn thất điện áp, coi điện áp mọi điểm của mạch vòng bằng điện áp định mức.
- Phụ tải tại các nút là phụ tải tính toán.

Ví dụ: cho mạng điện như hình 5.20.



Hình 5.20 - Sơ đồ mạng kín và sơ đồ thay thế

Từ sơ đồ thay thế ta có sơ đồ tính toán như hình (5.21)



Hình 5.21 - Sơ đồ tính toán mạng điện kín

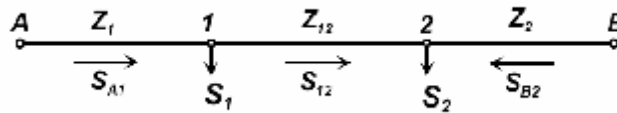
Tại nút 1 ta có

$$S_{tt1} = S_1 + \Delta S_{BA1} - j \frac{Q_{c01}}{2} - j \frac{Q_{c12}}{2}$$

Tại nút 2 ta có

$$S_{tt2} = S_2 + \Delta S_{BA2} - j \frac{Q_{c12}}{2} - j \frac{Q_{c20'}}{2}$$

Trên sơ đồ tính toán ta thấy các phụ tải  $S_{tt1}$  và  $S_{tt2}$  được cấp từ 2 nguồn O và O', và để có cách tính tổng quát nhất ta chọn một sơ đồ có 2 nguồn cung cấp như trên hình 5.22



Hình 5.22 - Sơ đồ tính toán mạng điện có hai nguồn cấp

Trong đó:  $S_1$ ;  $S_2$  - là phụ tải tính toán kể cả tổn thất công suất trong máy BA. Giả thiết  $S_1$ ;  $S_2$  là trị số lớn nhất. Biết  $Z_1$ ;  $Z_2$ ;  $Z_{12}$ ;  $U_A$ ;  $U_B$  ( $U_A \neq U_B$ )  $\rightarrow$  Cần phải xác định công suất trên các nhánh  $S_{A1}$ ;  $S_{B2}$ ;  $S_{12}$  cùng chiều của chúng trên sơ đồ.

Chiều của  $S_{A1}$  và  $S_{B2}$  là rõ ràng còn chiều  $S_{12}$  ta tạm qui ước như trên hình. Chúng ta có thể viết phương trình biểu diễn điện áp rơi từ nguồn A đến B (theo định luật Kirchoff 2, với chiều giả thiết)

$$\dot{U}_A - \dot{U}_B = \sqrt{3}(I_{A1}Z_1 + I_{12}Z_{12} - I_{B2}Z_2) \quad (5.)$$

Thay dòng điện nhánh bằng các dòng phụ tải  $I_1$ ;  $I_2$

$$I_{12} = I_{A1} - I_1$$

$$I_{B2} = I_2 - I_{12} = I_2 + I_1 - I_{A1}$$

Thay vào phương trình (5.)

$$\begin{aligned} \dot{U}_A - \dot{U}_B &= \sqrt{3}(I_{A1}Z_1 + (I_{A1} - I_1)Z_{12} - (I_2 + I_1 - I_{A1})Z_2) \\ &= \sqrt{3}[I_{A1}(Z_1 + Z_2 + Z_{12}) - I_1(Z_{12} + Z_2) - I_2Z_2] \end{aligned}$$

Đặt :

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma} &= Z_1 + Z_2 + Z_{12} \\
Z_{1B} &= Z_{12} + Z_2 \\
Z_{2B} &= Z_2 \\
\dot{U}_A - \dot{U}_B &= \sqrt{3}(I_{A1}Z_{\Sigma} - I_1Z_{1B} - I_2Z_{2B}) \\
I_{A1} &= \frac{I_1Z_{1B} + I_2Z_{2B}}{Z_{\Sigma}} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}} \quad (5.)
\end{aligned}$$

Từ (5. ) ta thấy dòng trên đoạn A - 1 gồm có 2 thành phần:

- + Thành phần chủ yếu phụ thuộc vào phụ tải 1 và 2 cùng tổng trở trong mạch.
- + Thành phần thứ 2 gọi là thành phần dòng điện cân bằng chỉ phụ thuộc vào độ lệch điện áp giữa A và B ( $U_A - U_B$ ) và tổng trở của mạch, mà không phụ thuộc vào phụ tải.
- + Mạng điện xí nghiệp hay mạng điện địa phương thường có các điện áp 2 nguồn bằng nhau  $U_A = U_B$  lúc đó:

$$I_{A1} = \frac{I_1Z_{1B} + I_2Z_{2B}}{Z_{\Sigma}}$$

Từ (5. ) cho ta rút ra qui tắc xác định dòng điện đi từ nguồn ra như sau:

“Lấy tích các dòng điện phụ tải với cánh tay đòn (tính bằng tổng trở  $Z_{iB}$  từ phụ tải tương ứng đến nguồn bên kia và chia cho tổng trở giữa hai nguồn”. Tương tự ta có:

$$I_{B2} = \frac{I_2Z_{2A} + I_1Z_{1A}}{Z_{\Sigma}}$$

Trong đó  $Z_{1A} = Z_1$  và  $Z_{2A} = Z_1 + Z_{12}$

Chú ý:

- + Ngoài ra cần thử lại:

$$I_{A1} + I_{B2} = I_1 + I_2$$

- + Trong thực tế phụ tải thường cho dưới dạng công suất:

$$S_1 = P_1 + jQ_1 ; S_2 = P_2 + jQ_2$$

Từ (5. ) nhân cả 2 vế với  $\sqrt{3}U_{dm}$

$$S_{A1} = \frac{S_1Z_{1B} + S_2Z_{2B}}{Z_{\Sigma}}$$

- + Tổng quát cho mạng kín có n phụ tải giữa 2 nguồn A; B

$$S_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i Z_{iB}}{Z_{\Sigma}} \quad (5.5)$$

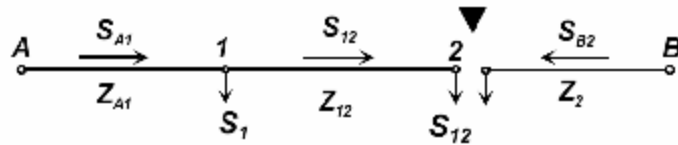
+ Sau khi xác định được công suất đi ra từ 2 nguồn A; B là  $S_{A1}$  và  $S_{B2}$  có thể tìm được công suất trên các nhánh ở giữa. Chiều của  $S_{12}$  (trên hình vẽ) là giả thiết và ở trường hợp này ta có  $S_{12}$

$$S_{12} = S_{A1} - S_1$$

Nếu  $S_{12}$  tính ra có trị số dương nghĩa là chiều chọn trên hình vẽ là đúng với chiều thực. Còn ngược lại (nếu  $S_{12}$  mang dấu âm) thì  $S_{12}$  có chiều ngược lại với chiều đã chọn.

+ Điểm phân công suất: sau khi xác định được chiều thực và trị số của  $S_{12}$  ta có điểm phân công suất. Vì công suất toàn phần  $S$  bao gồm cả công suất tác dụng  $P$  và công suất phản kháng  $Q$ . Nên điểm phân công suất trong mạng điện kín có thể là duy nhất hoặc cũng có thể là riêng rẽ. Nghĩa là tồn tại cả điểm phân công suất tác dụng (ký hiệu là  $\blacktriangledown$ ) và có cả điểm phân công suất phản kháng (ký hiệu là  $\nabla$ ).

+ Sau khi xác định được điểm phân công suất trong mạng kín có thể tách thành 2 mạng hở và việc tính toán sẽ được tiến hành thuận lợi hơn. (HV) trong hình vẽ giả thiết điểm 2 là điểm phân công suất  $\rightarrow$  ta sẽ có 2 mạng hở.



Hình 5.23 - Điểm phân công suất và hai mạng hở

### 5.4.3. Các trường hợp riêng về phân bố công suất trong mạng điện kín

+ Mạng điện kín chỉ kể đến điện trở tác dụng ( $x_0 = 0$ ) đó là các mạng có tiết diện dây nhỏ, điện áp thấp, mạng cấp dưới 10 kV lúc đó (5.4) có thể viết:

$$S_{A1} = P_{A1} + jQ_{A1} = \frac{(P_1 + jQ_1)R_{1B} + (P_2 + jQ_2)R_{2B}}{Z_{\Sigma}}$$

Hoặc có thể viết:

$$P_{A1} = \frac{P_1 R_{1B} + P_2 R_{2B}}{Z_{\Sigma}}$$

$$Q_{A1} = \frac{Q_1 R_{1B} + Q_2 R_{2B}}{Z_{\Sigma}}$$

+ Mạng đồng nhất: là mạng mà ở các nhánh đều có tỷ số  $x_0/r_0 = \text{const}$ . Từ (5.5) ta có:



$$S_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i Z_{iB}}{Z_{\Sigma}}$$

$$Z_{iB} = (r_0 + jx_0)L_{iB} = \left(1 + j\frac{x_0}{r_0}\right)r_0 L_{iB} = \left(1 + j\frac{x_0}{r_0}\right)R_{iB}$$

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Z_{iB} = \sum_{i=1}^n \left(1 + j\frac{x_0}{r_0}\right)r_0 L_{iB} = \left(1 + j\frac{x_0}{r_0}\right)r_0 \sum_{i=1}^n L_{iB}$$

$$= \left(1 + j\frac{x_0}{r_0}\right)r_0 L_{\Sigma} = \left(1 + j\frac{x_0}{r_0}\right)R_{\Sigma}$$

$$S_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i R_{iB}}{R_{\Sigma}} \quad (5.5)$$

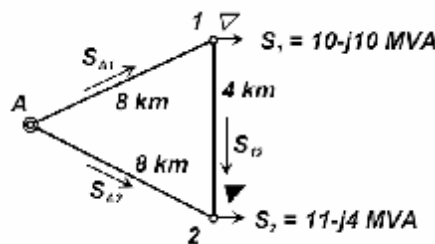
Nghĩa là công suất phân bố theo điện trở tác dụng của mạng. Mạng đồng nhất không nhất thiết phải có tiết diện đồng nhất mà chỉ cần có  $x_0/r_0 = \text{const}$ .

+ Mạng có cùng tiết diện:  $r_0 = \text{const}$ . thông thường thì  $x_0 = \text{const}$

$$S_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i Z_{iB}}{Z_{\Sigma}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i (r_0 + jx_0)L_{iB}}{(r_0 + jx_0)L_{\Sigma}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i L_{iB}}{L_{\Sigma}}$$

Như vậy công suất phân bố theo chiều dài

Ví dụ 1: Nguồn A cấp điện cho 2 phụ tải  $S_1$ ;  $S_2$  theo mạng kín toàn bộ đường dây là AC-120; dây dẫn bố trí trên mặt phẳng ngang,  $D_{tb} = 3,5$  m;  $U_{dm} = 35$  kV. Hãy xác định điểm phân công suất.



Giải: Vì mạng đồng nhất (cùng tiết diện)

$$P_{A1} = \frac{P_1 L_{12A} + P_2 L_{2A}}{L_{\Sigma}} = \frac{10(4+8) + 11 \cdot 8}{8+4+8} = 10,4(\text{MW})$$

$$Q_{A1} = \frac{Q_1 L_{12A} + Q_2 L_{2A}}{L_{\Sigma}} = \frac{-10(4+8) - 4 \cdot 8}{8+4+8} = -7,6(\text{MVar})$$

$$S_{A1} = P_{A1} + jQ_{A1} = 10,4 - j7,6(\text{MVA})$$

$$P_{A2} = \frac{P_2 R_{21A} + P_1 R_{1A}}{L_{\Sigma}} = \frac{11(4+8) + 10.8}{8+4+8} = 10,6(\text{MW})$$

$$Q_{A2} = \frac{Q_2 L_{21A} + Q_1 L_{1A}}{L_{\Sigma}} = \frac{-4(4+8) - 10.8}{8+4+8} = -6,4(\text{MVar})$$

$$S_{A2} = P_{A2} + jQ_{A2} = 10,6 - j6,4(\text{MVA})$$

Tính  $S_{12}$  Giả thiết có chiều như hình vẽ.

$$S_{12} = S_{A1} - S_1 = 10,4 - j7,6 - (10 - j10) = 0,4 + j2,4$$

+ Như vậy trên đoạn 1- 2 ta có  $P_{12}$  đi từ điểm 1  $\rightarrow$  2, còn  $Q_{12}$  từ điểm 2  $\rightarrow$  1

Vậy ta có 2 điểm phân công suất:

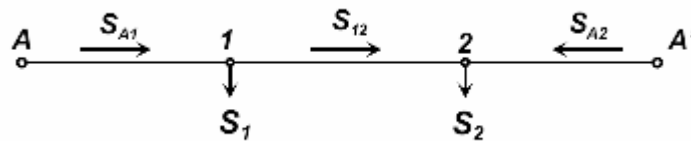
- Điểm 2 là điểm phân công suất tác dụng  $\blacktriangledown$

- Điểm 1 là điểm phân công suất phản kháng  $\nabla$

#### 5.4.4. Xác định tổn thất điện áp trong mạng điện kín

Đối với mạng điện kín cần xác định  $\Delta U$  trong trường hợp bình thường và lúc sự cố (trường hợp đứt một phía)

a. Trường hợp vận hành bình thường



Hình 5.24 - Tổn thất điện áp trong mạng kín

+ Lúc vận hành bình thường cần xác định tổn thất điện áp lớn nhất  $\Delta U_{\max}$  từ nguồn đến điểm phân công suất (tức điểm có điện áp thấp nhất). Trong mạng điện kín điểm phân công suất chung cho (P & Q) là điểm nhận công suất từ 2 phía  $\rightarrow$  nên điểm đó là trung nhất, có nghĩa là có điện áp thấp nhất.

Tóm lại trong mạng điện kín muốn xác định  $\Delta U_{\max}$  lúc bình thường sẽ phải tiến hành các bước sau:

- Xác định công suất trên các nhánh  $S_{A1}$ ;  $S_{A2}$ ;  $S_{12}$ .

- Xác định điểm phân công suất. Nếu điểm đó là duy nhất cho P & Q thì điểm đó có điện áp thấp nhất trong mạng.

- Nếu điện áp ở hai nguồn bằng nhau ( $U_A = U_B$ ) thì  $\Delta U_{\max}$  tính bằng tổn thất điện áp từ điểm A đến điểm phân công suất trên hình 5.24 (giả thiết điểm 2 là điểm phân công suất chung cho cả P và Q).

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{A12} = \Delta U_{A2}$$

$$\Delta U_{\max} = \frac{P_{A2}R_{A2} + Q_{A2}X_{A2}}{U_{dm}} = \frac{P_{A1}R_{A1} + Q_{A1}X_{A1}}{U_{dm}} + \frac{P_{12}R_{12} + Q_{12}X_{12}}{U_{dm}}$$

- Trường hợp điểm phân công suất tác dụng và phản kháng không trùng nhau, như vậy chưa rõ điểm nào sẽ có điện áp thấp hơn, lúc này phải tính  $\Delta U$  từ nguồn đến cả 2 điểm, sau đó so sánh rồi chọn được điểm có  $\Delta U$  lớn hơn.

Để minh họa cho trường hợp này ta xét ví dụ 1 ở phần trên, điểm phân công suất tác dụng (1) và điểm phân công suất phản kháng (2) là khác nhau. Như vậy cần xác định  $\Delta U_{\max}$  lúc bình thường:

Tra bảng AC-120 ta có  $r_0 = 0,27 \Omega/\text{km}$  và  $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$ . Vì mạng có 2 điểm phân công suất nên ta phải tính tổn thất điện áp từ nguồn đến cả 2 điểm.

$$\Delta U_{A1} = \frac{P_{A1}R_{A1} + Q_{A1}X_{A1}}{U_{dm}} = \frac{10,4.0,27.8 + 7,6.0,4.8}{35} = 1,345(\text{kV})$$

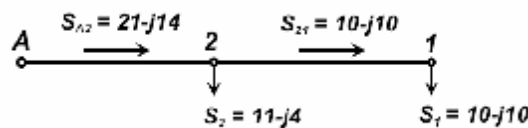
$$\Delta U_{A2} = \frac{P_{A2}R_{A2} + Q_{A2}X_{A2}}{U_{dm}} = \frac{10,6.0,27.8 + 6,4.0,4.8}{35} = 1,245(\text{kV})$$

Vậy  $\Delta U_{\max} = 1,345 \text{ kV}$  và điểm có điện áp thấp nhất là điểm 1.

### b. Trường hợp sự cố

Trong mạng điện kín ngoài  $\Delta U_{\max}$  lúc vận hành bình thường còn phải xác định  $\Delta U_{\max}$  lúc sự cố. Thường là trường hợp đứt dây trong mạng điện kín, lúc đó mạng trở thành hở, phụ tải lớn nhất phải cấp điện từ một nguồn, do đó phải xét sự cố trên đoạn nào nguy hiểm nhất. Trong trường hợp cụ thể có thể thấy ngay đứt đoạn nào nguy hiểm hơn.

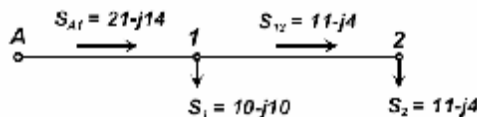
- Xét khi đứt đoạn A-1: (đang vận hành với phụ tải lớn nhất lúc đó lưới trở thành hở)



$$\Delta U_{A1} = \frac{P_{A2}R_{A2} + Q_{A2}X_{A2}}{U_{dm}} + \frac{P_{21}R_{21} + Q_{21}X_{21}}{U_{dm}}$$

$$= \frac{21.0,27.8 + 14.0,4.8}{35} + \frac{10.0,20.4 + 10.0,4.4}{35} = 3,35(\text{kV})$$

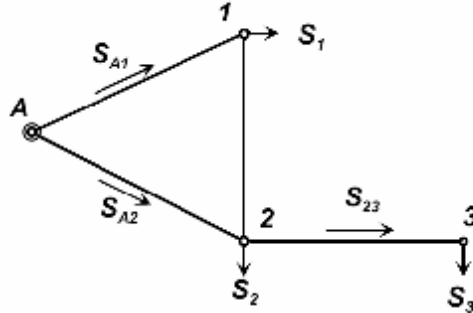
- Xét khi đứt đoạn A-2: mạng có dạng



$$\begin{aligned} \Delta U_{A2} &= \frac{P_{A1}R_{A1} + Q_{A1}X_{A1}}{U_{dm}} + \frac{P_{12}R_{12} + Q_{12}X_{12}}{U_{dm}} \\ &= \frac{21.0,27.8 + 14.0,4.8}{35} + \frac{11.0,27.4 + 4.0,4.4}{35} = 3,1(\text{kV}) \end{aligned}$$

Vậy  $\Delta U_{\max \text{ sự cố}} = 3,35 \text{ (kV)}$

c) Trường hợp mạng có rẽ nhánh (HV):



Hình 5.25 - Mạng điện kín có rẽ nhánh

Muốn xác định  $\Delta U_{\max}$  phải tiến hành các bước sau:

- + Xác định phân bố công suất lúc bình thường (tìm  $S_{A1}$ ;  $S_{A2}$ ;  $S_{12}$  và  $S_{23}$ ). Trong khi tính toán nhập  $S_3$  vào nút 2.
- + Xác định điểm phân công suất ở đây có thể là điểm 1 hoặc 2 hoặc cả 2.
- + Nếu điểm 2 là điểm phân công suất thì tính từ  $A \rightarrow 2 \rightarrow 3$  sẽ có  $\Delta U_{\max}$ .
- + Nếu điểm 1 là điểm phân công suất thì tính  $\Delta U_{A1}$  và  $\Delta U_{A23}$  rồi so sánh.
- + Trường hợp sự cố: Giả sử đứt đoạn A-2 lúc đó  $\Delta U_{\max \text{ sự cố}} = \Delta U_{A123}$ , điều này cũng vẫn chưa khẳng định được đó là tổn thất điện áp lớn nhất khi sự cố, vì điều đó có thể thấy được khi chúng ta giả thiết đứt đoạn A-1 lúc đó tổn thất điện áp lớn nhất sẽ phải được so sánh giữa  $\Delta U_{A21}$  và  $\Delta U_{A23}$  mới có thể khẳng định được.

## CHƯƠNG VI : XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN DÂY DẪN TRONG MẠNG ĐIỆN

### 6.1 Khái niệm chung

Tiết diện dây dẫn và lõi cáp phải được lựa chọn nhằm đảm bảo sự làm việc an toàn, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật và kinh tế của mạng. Các yêu cầu kỹ thuật ảnh hưởng đến việc chọn tiết diện dây là:

- Phát nóng do dòng điện làm việc lâu dài (dài hạn).
- Phát nóng do dòng ngắn mạch (ngắn hạn).
- Tổn thất điện áp trong dây dẫn và cáp trong trạng thái làm việc bình thường và sự cố.
- Độ bền cơ học của dây dẫn và an toàn.
- Vàng quang điện.

Với 5 điều kiện trên ta xác định được 5 tiết diện, tiết diện dây dẫn nào bé nhất trong chúng sẽ là tiết diện cần lựa chọn thoả mãn điều kiện kỹ thuật. Tuy nhiên có những điều kiện kỹ thuật thuộc phạm vi an toàn do đó dây dẫn sau khi đã được lựa chọn theo các điều kiện khác vẫn cần phải chú ý đến điều kiện riêng của từng loại dây dẫn, vị trí và môi trường nơi sử dụng để có thể lựa chọn được đơn giản và chính xác hơn. Ví dụ:

- + Yếu tố vàng quang điện và độ bền cơ học chỉ được chú ý khi chọn tiết diện dây dẫn trên không .
- + Điều kiện phát nóng do dòng ngắn mạch chỉ được chú ý khi chọn cáp.
- + Để đảm bảo độ bền cơ học người ta qui định tiết diện dây tối thiểu cho từng loại dây ứng với cấp đường dây (vật liệu làm dây, loại hộ dùng điện, địa hình mà dây đi qua...).
- + Yếu tố vàng quang điện chỉ được đề cập tới khi điện áp đường dây từ 110 kV trở lên. Để ngăn ngừa hoặc làm giảm tổn thất vàng quang điện người ta cũng qui định đường kính dây dẫn tối thiểu ứng với cấp điện áp khác nhau.

Ví dụ: với cấp      110 kV thì  $d > 9,9 \text{ mm} \rightarrow$  tương ứng  $70 \text{ mm}^2$   
                         220 kV thì  $d > 21,5 \text{ mm} \rightarrow$  tương ứng  $120 \text{ mm}^2$

- + Ngoài yếu tố kỹ thuật và an toàn tiết diện dây dẫn còn được lựa chọn theo các điều kiện kinh tế để sao cho hàm chi phí tính toán  $Z_{tt}$  là nhỏ nhất. Phần dưới sẽ trình bày một số phương pháp chính.

### 6.2. Lựa chọn tiết diện dây trên không và cáp theo điều kiện phát nóng

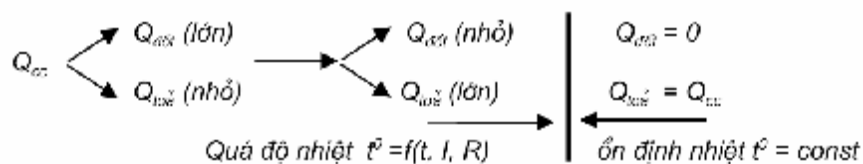
#### 6.2.1. Sự phát nóng khi có dòng điện chạy qua

Khi có dòng điện chạy qua, do tác động của dòng điện, hiệu ứng Jun, vật dẫn sẽ nóng lên. Nếu nhiệt độ quá cao sẽ làm giảm độ bền cơ học, giảm tuổi thọ hoặc phá hỏng các đặc tính cách điện của các chất cách điện xung quanh dây bọc (lõi cáp). Vì vậy để hạn chế phát nóng quá mức người ta qui định nhiệt độ phát nóng lâu dài cho phép tương ứng với từng loại dây là: 70°C với thanh trong và dây dẫn trên không; 55°C với cáp bọc cao su, 80°C với cáp điện có điện áp đến 3 kV và 65°C với cáp 6 kV, 60°C với cáp 10 kV...

Từ đó có thể xác định được dòng điện làm việc lâu dài cho phép.

Quá trình phát nóng vật dẫn như sau:

Năng lượng dùng để phát nóng tính bằng:  $Q = \Delta P.t = I^2 R.t$ . Như vậy lúc đầu nhiệt độ của thiết bị sẽ nóng lên không ngừng. Tuy nhiên ngoài quá trình đốt nóng còn có quá trình tỏa nhiệt (phụ thuộc vào mức chênh nhiệt độ của dây). Sự chênh nhiệt độ của vật dẫn càng lớn thì quá trình tỏa nhiệt càng mạnh. Vì vậy nếu  $I = \text{const}$ , nhiệt độ của dây dẫn sẽ dừng lại ở một mức nào đó (sau thời gian ổn định nhiệt) khi đó  $Q_{cc} = Q_{tỏa} \rightarrow$  cân bằng nhiệt



Hình 6.1 - Sự phát nóng và tỏa nhiệt của thiết bị điện

Như vậy sự phát nóng do dòng điện làm việc dài hạn gây ra, được tính khi đã cân bằng nhiệt. Nhiệt lượng sản ra trong một đơn vị thời gian do dòng điện trong dây có điện trở tác dụng  $R$  bằng lượng nhiệt tỏa ra môi trường xung quanh trong thời gian đó: (lúc này không xét tới yếu tố thời gian nữa).

$$Q = I^2 R = K.S.(q - q_0)$$

Trong đó:

$K$  - hệ số tỏa nhiệt (phụ thuộc môi trường xung quanh).

$S$  - diện tích mặt ngoài dây dẫn (diện tích tỏa nhiệt).

$\theta; \theta_0$  - nhiệt độ dây dẫn và nhiệt độ môi trường xung quanh.

Nếu không chế để  $\theta = \theta_{cp}$ , qui định ứng với từng loại dây cụ thể ( $R = r \frac{1}{S}$ ) và nếu qui định cụ thể về  $\theta_0$ , về điều kiện làm mát cụ thể thì:

$$I_{cp} = \sqrt{\frac{K.S.(q_{cp} - q_0)}{R}} \quad (6.1)$$

Từ (6.1) cho ta thấy rằng có thể tính sẵn được  $I_{cp}$  với từng loại dây cụ thể nếu ta qui định chi tiết về  $S$ ;  $R(F)$ ;  $\theta_{cp}$ ;  $K$ ;  $\theta_0$  ứng với các điều kiện cụ thể này ta tính được  $I_{cp} \rightarrow$  Lập bảng  $I_{cp} = f(F; \text{loại dây; các điều kiện tiêu chuẩn})$ . Cần chú ý rằng nhiệt độ không khí xung quanh (tính trung bình) thường lấy bằng  $+25^\circ\text{C}$ ; trong đất thường lấy là  $+15^\circ\text{C}$ .

### 6.2.2. Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng

Thực chất là chúng ta sẽ chọn loại dây có sẵn với  $F_{tc}$  và  $I_{cp}$  sao cho khi lắp đặt vào với dòng thực tế thì nhiệt độ của nó sẽ không vượt quá nhiệt độ cho phép (thực tế ít biết được  $\theta_{cp}$  mà thường chỉ biết được  $I_{cp}$ )  $\rightarrow$  vậy để chọn dây ta có:

$$I_{lv.max} \leq I_{cp} K_1 K_2 \quad (6.2)$$

Trong đó:  $I_{lv.max}$  - dòng điện cực đại lâu dài đi trong dây dẫn.

$I_{cp}$  - dòng cho phép tra bảng (theo điều kiện tiêu chuẩn).

$K_1$ ;  $K_2$  - các hệ số hiệu chỉnh ( $K_1$  - chú ý đến nhiệt độ môi trường xung quanh khác tiêu chuẩn,  $K_2$  - hệ số xét tới điều kiện làm mát (toả nhiệt) khác tiêu chuẩn (phụ thuộc vào số lượng các đường cáp cạnh nhau).

Riêng với đường cáp và dây dẫn  $U_{dm} \leq 1$  kV được bảo vệ bằng cầu chì hoặc Aptomat, cần chú ý hiện tượng sau: Khi quá tải không lớn lắm ( $K_{qt} < 2$ ) thì sau một thời gian khá lâu thiết bị bảo vệ chưa cắt, dây dẫn bị phát nóng mạnh, làm cách điện mau chóng bị lão hóa, điều đó không cho phép. Vì vậy để thoả mãn điều kiện phát nóng, dây dẫn và cáp chọn không những chỉ cần đảm bảo (6.2) mà còn phải phối hợp với thiết bị bảo vệ theo những điều kiện sau:

+ Khi mạng được bảo vệ bằng cầu chì:

$$I_{cp} \geq \frac{I_{dm.cc}}{\alpha} \quad (6.3)$$

Trong đó:  $I_{dm.cc}$  - dòng điện định mức của dây chảy cầu chì.

$\alpha$  - hệ số phụ thuộc điều kiện đặt và quản lý mạng điện ( $\alpha = 3$  đối với mạng điện động lực,  $\alpha = 0,8$  với mạng sinh hoạt, chiếu sáng)

+ Khi mạng được bảo vệ bằng Aptomat:

$$\text{Aptomat có mạch cắt nhiệt} \quad I_{cp} \geq \frac{I_{kd.nhiệt}}{1,5} \quad (6.4)$$

$$\text{Aptomat có mạch cắt điện từ} \quad I_{cp} \geq \frac{I_{kd.dientu}}{4,5}$$

Với mạng chiếu sáng được bảo vệ bằng aptomat.

$$I_{cp} \geq \frac{I_{kd.nhiệt}}{0,8} \quad (6.5)$$

### 6.3. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo điều kiện phát nóng do dòng ngắn mạch (điều kiện ngắn hạn)

Tiết diện cáp cần phải được lựa chọn sao cho cáp chịu được phát nóng với nhiệt độ khá cao do dòng ngắn mạch gây ra (trong thời gian ngắn, thời gian tồn tại dòng ngắn mạch cho đến lúc nó được cắt ra). Khi ấy người ta gọi là tiết diện ổn định nhiệt, tức tiết diện thoả mãn điều kiện ổn định nhiệt. Tiết diện ổn định nhiệt xác định theo biểu thức sau:

$$F = a \cdot I_{\infty} \cdot \sqrt{t} \quad (6.6)$$

Trong đó:  $I_{\infty}$  - trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch ở thời gian xác lập.

$t$  - thời gian tính toán, tức thời gian dòng ngắn mạch có thể đi qua cáp, trị số  $t$  tra theo đồ thị  $t = f(\beta'')$  với  $\beta'' = I''/I_{\infty}$

$I''$  - trị số ban đầu của thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch (dòng ngắn mạch siêu quá độ ban đầu).

$\alpha$  - Hệ số xác định bởi nhiệt độ phát nóng giới hạn cho phép của lõi cáp và vật liệu làm cáp (tra bảng).

Chú ý: khi lập bảng  $\alpha$  người ta tính để khi xảy ra ngắn mạch nhiệt độ của cáp không vượt quá mức cho phép (đây là mức cho phép ngắn hạn thường là  $250^{\circ}\text{C}$ ). Tuy nhiên khi làm việc, có nhiều lúc cáp non tải, vì vậy để lựa chọn tiết diện ổn định nhiệt thường lấy tiết diện tiêu chuẩn bé hơn tiết diện tính toán chứ không lấy tiết diện lớn.

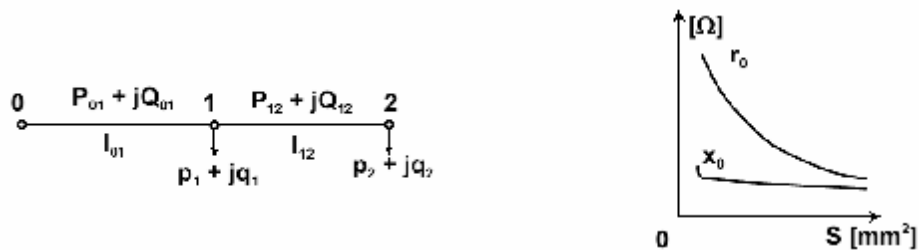
### 6.4. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo tổn thất điện áp cho phép

Đối với mạng 35 kV trở xuống, tiết diện dây dẫn và cáp thường bé, điện trở lớn, vì vậy tiết diện dây dẫn ở mạng này ảnh hưởng rõ rệt đến tổn thất điện áp.

Mạng phân phối yêu cầu chất lượng điện áp cao mà khả năng điều chỉnh điện áp lại hạn chế. Vì vậy cần chọn tiết diện dây dẫn sao cho tổn thất điện áp không vượt quá mức cho phép. Nghĩa là căn cứ vào  $\Delta U_{cp}$  để chọn dây dẫn.

#### 6.4.1. Khi toàn bộ đường dây cùng tiết diện

Phương pháp này dùng cho những đường dây có chiều dài không lớn lắm mà số phụ tải lại nhiều. Xét trường hợp như hình dưới



Phương trình biểu diễn  $\Delta U$ :



$$\Delta U = \frac{\sum P_{ij} R_{ij} + \sum P_{ij} R_{ij}}{U_{dm}} = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum P_{ij} l_{ij} + \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_{ij} l_{ij}$$

$$\Delta U = \Delta U' + \Delta U''$$

Trong đó:  $\Delta U'$  - thành phần tổn thất do điện trở tác dụng R gây ra

$\Delta U''$  - thành phần tổn thất do điện kháng X gây ra.

Chú ý: Từ đặc điểm của đường dây, điện kháng của đường dây bằng kim loại mầu (cung cấp điện áp) ít thay đổi theo tiết diện, thường chúng chỉ dao động trong phạm vi  $x_0 \approx 0,3 \div 0,45 \Omega/\text{km}$ , do đó phương pháp chọn theo  $\Delta U_{cp}$  được thiết lập như sau:

+ Chọn trước  $x_0$  (trị số trung bình của  $x_0 \approx 0,35 \div 0,4$ ) hoặc với cấp  $x_0 = 0,07 \Omega/\text{km}$ , tiếp theo sau đó xác định  $\Delta U''$  theo công thức sau:

$$\Delta U'' = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_{ij} l_{ij} \quad (6.8)$$

+ Bước tiếp theo từ  $\Delta U_{cp}$  (đã biết trước)  $\rightarrow$  ta sẽ xác định được  $\Delta U'$

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U''$$

Nếu ta chọn trước loại dây (loại vật liệu làm dây)

$$r_0 = \frac{1}{g.F}$$

với  $g = \frac{1}{r}$  - điện dẫn suất của vật liệu làm dây

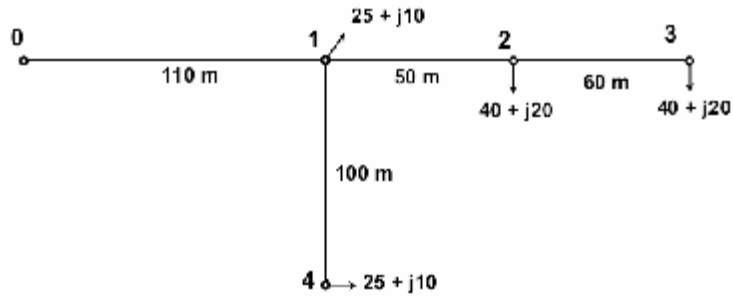
$$\Delta U' = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum P_{ij} l_{ij} = \frac{1}{g.F.U_{dm}} \sum P_{ij} l_{ij}$$

$$F = \frac{\sum P_{ij} l_{ij}}{g.\Delta U'.U_{dm}} \quad (6.9)$$

Căn cứ vào (6.9) chọn được tiết diện dây tiêu chuẩn gần nhất. Sau đó theo số liệu của loại dây thực  $x_0$ ;  $r_0$  tính lại  $\Delta U$  theo thông số thực rồi so sánh với  $\Delta U_{cp}$ . Nếu không đạt tăng tiết diện lên 1 cấp. Dưới đây tóm tắt trình tự chọn dây theo phương pháp này:

Chọn  $x_0$  bất kỳ trong phạm vi từ 0,3 đến 0,4  $\Omega/\text{km}$   $\rightarrow$  tính  $\Delta U''$  (theo 6.8)  $\rightarrow$  tính  $\Delta U'$   $\rightarrow$  tính F theo (6.9)  $\rightarrow$  chọn  $F_{tc}$   $\rightarrow$   $x_0$  và  $r_0$   $\rightarrow$  kiểm tra lại  $\Delta U$  thực tế (so với  $\Delta U_{cp}$ ). Nếu chưa đạt tăng 1 cấp tiết diện.

+ Trường hợp mạng có phân nhánh:



Hình 6.3 - Mạch điện có phân nhánh

Các phụ tải trong hình 6.3 là (kVA). Đoạn 0-3 là đường dây trục có cùng tiết diện, còn các đoạn khác có thể dùng tiết diện khác. Cách giải quyết bài toán này cụ thể như sau: Tiết diện đoạn 0-3 được xác định căn cứ vào  $\Delta U_{cp}$  (tham số này là biết trước) và các công thức (6.8); (6.9). Sau đó tính tổn thất điện áp thực tế trên đoạn 01. Từ đây xác định được tổn thất điện áp cho phép đoạn rẽ nhánh 1-4

$$\Delta U_{cp1-4} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{0-1}$$

Sau đó áp dụng (6.8) và (6.9) sẽ xác định được tiết diện của nhánh 1-4

Ví dụ: với các số liệu thực tế cho trên hình 6.3:  $U_{dm} = 380V$ ,  $D_{tb} = 600$  mm, mạng dùng loại dây nhôm;  $\Delta U_{cp} = 7\%$ .

Giải:

Đoạn 0-3 chọn cùng tiết diện, đoạn 1-4 có tiết diện khác.

Chọn  $x_0 = 0,35 \Omega/km$

$$\Delta U_{0-3}'' = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_{ij} l_{ij} = \frac{0,35}{0,38} (60.0,11 + 40.0,05 + 20.0,06) = 9(V)$$

$$\Delta U_{0-3}' = \Delta U_{cp} - \Delta U_{0-3}'' = \frac{7}{100} 380 - 9 = 17,6(V)$$

$$F = \frac{\sum P_{ij} l_{ij}}{g \cdot \Delta U' \cdot U_{dm}} = \frac{10^3}{31,7.0,38.17,6} (130.0,11 + 80.0,05 + 40.0,06) = 96,7(mm^2)$$

Tra bảng chọn dây dẫn tiêu chuẩn A-95 có ( $r_0 = 0,33$ ;  $x_0 = 0,303 \Omega/km$ )

+ Kiểm tra lại tổn thất điện áp:

$$\Delta U_{03} = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum P_{ij} l_{ij} + \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_{ij} l_{ij} = 25,8(V)$$

Ta thấy  $\Delta U_{cp}\% = 7$

$$\Delta U_{cp} = 7 \times \frac{380}{100} = 26,6(V)$$

$$\Delta U_{03} \leq \Delta U_{cp}$$

+ Chọn tiết diện nhánh 1-4 :

Tính tổn thất thực tế trên đoạn 0-1

$$\Delta U_{0-1} = \frac{P_{01} r_0 l_{01}}{U_{dm}} + \frac{Q_{01} x_0 l_{01}}{U_{dm}} = \frac{130.0,33.0,11}{0,38} + \frac{60.0,303.0,11}{0,38} = 17,6(V)$$

Tổn thất điện áp cho phép trên đoạn 1-4

$$\Delta U_{cp14} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{01} = 26,6 - 17,6 = 9 V$$

Tính  $\Delta U''_{14} \rightarrow$  chọn  $x_0 = 0,35$

$$\Delta U''_{14} = \frac{10.0,35.0,1}{0,38} = 0,9(V)$$

Mặt khác:  $\Delta U_{cp14} = \Delta U'_{14} + \Delta U''_{14} \rightarrow \Delta U'_{14} = 9 - 0,9 = 8,1 V$

Tính tiết diện đoạn 1-4

$$F_{14} = \frac{\sum P_{14} l_{14}}{g \cdot \Delta U'_{14} \cdot U_{dm}} = \frac{25.0,1.10^3}{31,7.0,38.8,1} = 25,4(mm^2)$$

Chọn dây dẫn tiêu chuẩn A-25 có ( $r_0 = 1,27$  ;  $x_0 = 0,345 \Omega/km$ )

Kiểm tra tổn thất điện áp thực tế tại đoạn 1-4

$$\Delta U_{14} = \frac{25.1,27.0,1}{0,38} + \frac{10.0,35.0,1}{0,38} = 9(V)$$

Nhận thấy rằng  $\Delta U_{14} \approx \Delta U_{cp14} = 9 V$

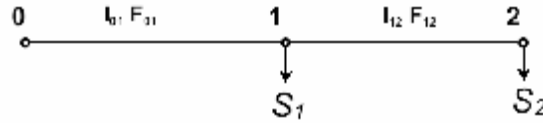
+ Tất nhiên tiết diện A-95 và A-25 đã chọn còn cần phải kiểm tra lại theo điều kiện phát nóng cho phép và độ bền cơ sau đó mới khẳng định được.

#### **6.4.2. Xác định tiết diện dây dẫn khi đường dây dùng tiết diện khác nhau:**

Trong mạng phân phối có độ dài lớn, cấp điện cho một số ít phụ tải, nếu dùng đường dây cùng tiết diện sẽ không hợp lý, có thể làm tổn thất nhiều kim loại màu, gây tổn thất công suất và điện năng.

Trường hợp này nếu là mạng công nghiệp đặc trưng bởi số giờ sử dụng công suất cực đại lớn ( $T_{max}$  lớn) thì kinh tế nhất tiết diện dây phải được chọn theo phương pháp mật độ dòng điện không đổi (các giáo trình chuyên môn đã chứng minh được rằng, cùng một chi phí kim loại màu đã cho, điều kiện mật độ dòng điện không đổi sẽ tương ứng với tổn thất công suất và điện năng là bé nhất). Chọn như vậy vừa đảm bảo được mức  $\Delta U_{cp}$  vừa làm cho  $\Delta P$ ;  $\Delta A$  là nhỏ nhất. Nếu là mạng nông nghiệp ( $T_{max}$  nhỏ) thì kinh tế nhất là chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện đảm bảo lượng kim loại màu là nhỏ nhất nhưng vẫn đảm bảo  $\Delta U_{cp}$ .

- Phương pháp lựa chọn tiết diện dây theo mật độ dòng điện không đổi:



Giả thiết cho biết  $\Delta U_{cp}$  của mạng:

$$\Delta U_{cp} = \Delta U' + \Delta U''$$

Chọn giá trị  $x_0$

$$\Delta U'' = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_{ij} l_{ij}$$

(Mặc dù tiết diện các đoạn này không bằng nhau nhưng vì  $x_0$  ít thay đổi theo tiết diện):

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = \frac{P_{01} l_{01}}{g \cdot F_{01} U_{dm}} + \frac{P_{12} l_{12}}{g \cdot F_{12} U_{dm}}$$

$$\text{Do } R = r \frac{1}{F} = \frac{1}{g \cdot F} \text{ và } P = \sqrt{3} U \cdot I \cdot \cos j$$

$$\Delta U' = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{01} l_{01} \cos j_{01}}{g \cdot F_{01}} + \frac{\sqrt{3} \cdot I_{12} l_{12} \cos j_{12}}{g \cdot F_{12}}$$

Với mật độ dòng điện không đổi:  $J = \frac{I_{01}}{F_{01}} = \frac{I_{12}}{F_{12}} = \dots$

$$\Delta U' = \frac{\sqrt{3}}{g} J (I_{01} \cos j_{01} + I_{12} \cos j_{12})$$

$$J = \frac{\Delta U' g}{\sqrt{3} (I_{01} \cos j_{01} + I_{12} \cos j_{12})}$$

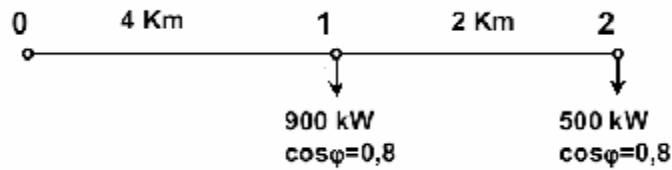
Tổng quát cho lưới có n phụ tải:

$$J = \frac{\Delta U' g}{\sqrt{3} \sum I_{ij} \cos j_{ij}} \quad (6.10)$$

Từ (6.10) ta sẽ dễ dàng tính được tiết diện trên các đoạn:

$$F_{01} = \frac{I_{01}}{J}; F_{12} = \frac{I_{12}}{J} \dots$$

Ví dụ 6.1: Cho đường dây 10 kV cung cấp điện cho 2 xí nghiệp (hình 6.5). Biết  $T_{max} = 3800$  giờ;  $\Delta U_{cp} = 5\%$ . Đường dây dự kiến là dây nhôm với khoảng cách trung bình hình học  $D_{tb} = 1$  m. Hãy xác định tiết diện dây dẫn.



Hình 6.5

Giải: Xác định dòng trên các nhánh:

$$I_{01} = \frac{P_{01}}{\sqrt{3}U \cos j_{01}} = \frac{900 + 500}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,8} = 101(\text{A})$$

$$I_{12} = \frac{P_{12}}{\sqrt{3}U \cos j_{12}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,8} = 36(\text{A})$$

Lấy  $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$  Tính  $\Delta U''$

$$\begin{aligned} \Delta U'' &= \sqrt{3}x_0 \sum I_{ij} l_{ij} \sin j_{ij} \\ &= \sqrt{3} \cdot 0,35 (101 \cdot 4 \cdot 0,6 + 36 \cdot 0,35 \cdot 2) = 172(\text{V}) \end{aligned}$$

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 500 - 172 = 328(\text{V})$$

Tính mật độ dòng điện không đổi:

$$J = \frac{\Delta U' g}{\sqrt{3} \sum I_{ij} \cos j_{ij}} = \frac{328 \cdot 31,7}{\sqrt{3} (4 + 2) \cdot 0,8} = 1,25(\text{A}/\text{mm}^2)$$

Từ  $T_{\max} = 3800 \text{ h}$  và dây nhôm tra được  $J_{kt} = 1,1 \text{ A}/\text{mm}^2$

Vì  $J_{kt} < J$  nên tiết diện dây xác định theo  $J_{kt}$ .

$$F_{01} = \frac{I_{01}}{J} = \frac{101}{1,1} = 92(\text{mm}^2)$$

Chọn dây A-95, dòng điện cho phép là  $I_{cp} = 325 \text{ A}$

$$F_{12} = \frac{I_{12}}{J} = \frac{36}{1,1} = 33(\text{mm}^2)$$

Chọn dây A- 35 có  $I_{cp} = 170 \text{ A}$

Tổn thất điện áp trên đường dây không cần kiểm tra lại vì  $J_{kt} < J$

#### 6.4. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo chỉ tiêu kinh tế

Ở mạng điện cung cấp thường có tiết diện lớn, tức điện trở nhỏ. Việc tăng tiết diện lên không làm tổn thất điện áp giảm đi nhiều. Mặt khác khả năng điều chỉnh điện áp ở mạng cung cấp lại khá lớn (dùng BA điều áp dưới tải, giảm Q trên đường dây, điều chỉnh nguồn cung cấp...) và đồng thời có  $T_{\max}$  lớn. Vì vậy ở mạng cung cấp (phân phối) tốt nhất là tiết diện dây dẫn được chọn theo chỉ

tiêu kinh tế, tức chúng ta phải xây dựng được hàm chi phí tính toán theo tiết diện của đường dây. Viết phương trình hàm chi phí tính toán:

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})V + 3.I_{\max}^2 R t.C$$

Ta có thể biểu diễn tương quan của vốn đầu tư với tiết diện như sau:

$$V = (v_0 + b.F)l$$

Trong đó:  $v_0$  - vốn đầu tư xây dựng 1 km đường dây thành phần không liên quan đến tiết diện (chi phí thăm dò, vạch tuyến đường, mua sứ, cột..) (đ/km)

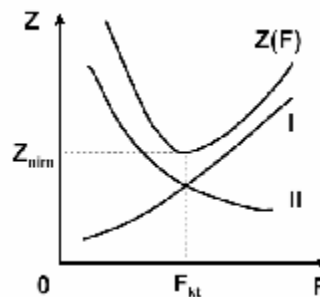
$b$  - giá thành 1 km đường dây với tiết diện 1 mm<sup>2</sup> (đ/mm<sup>2</sup>km).

$F$  - tiết diện dây (mm<sup>2</sup>).

$l$  - chiều dài đường dây (km).

Trong thành phần thứ 2 của hàm  $Z$ . Ta có thể phân tích  $R = r \frac{l}{F}$  cuối cùng ta viết được  $Z = f(F)$ , gồm 2 phần:

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})(v_0 + b.F)l + \frac{3.I_{\max}^2 . r . l . t . C}{F}$$



I → tỉ lệ thuận với F

II → tỉ lệ nghịch với F

$$\frac{\partial Z}{\partial F} = 0 \rightarrow Z_{\min} \rightarrow F_{kt}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial F} = (a_{vh} + a_{tc})b.l + \frac{3.I_{\max}^2 . r . l . t . C}{F^2} = 0$$

$$F_{kt} = I_{\max} \sqrt{\frac{3.r.l.t.C}{(a_{vh} + a_{tc})b.l}}$$

Mật độ dòng điện lúc này gọi là mật độ dòng kinh tế

$$J_{kt} = \frac{I_{\max}}{F_{kt}}$$

$J_{kt}$  - mật độ dòng điện kinh tế, là số ampe lớn nhất chạy qua 1 đơn vị tiết diện kinh tế của dây dẫn:

$$J_{kt} = \sqrt{\frac{(a_{vh} + a_{tc})b.l}{3.r.l.t.C}} \quad (6.13)$$

Từ (6.13) ta nhận thấy rằng  $J_{kt}$  không phụ thuộc vào điện áp của mạng điện nhưng nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố (như giá nguyên vật liệu, giá điện năng, chi phí về thi công, loại dây, tính chất công việc của phụ tải...). Tóm lại  $J_{kt}$  phụ thuộc vào tình trạng phát triển kinh tế - kỹ thuật trong từng giai đoạn và chính sách kinh tế của từng nước. tuy vậy ứng với từng nước, hoặc từng vùng lãnh thổ kinh tế cụ thể thì vẫn có thể xác định được các thông số vừa nêu trên. Chính vì lý do đó  $J_{kt}$  trong thực tế được tính sẵn cho một số loại đường dây với tính chất phụ tải khác nhau. Tức là người dùng sẽ tra bảng  $J_{kt} = f(T_{max}; \text{loại dây})$ . Như vậy theo phương pháp này  $J_{kt}$  được xác định theo (6.13) hoặc tra bảng → sau đó tiết diện dây xác định theo công thức sau

$$F = \frac{I_{max}}{J_{kt}} \quad (6.14)$$

Dựa vào trị số  $F$  vừa tính được theo (6.14) ta sẽ chọn  $F_{tc}$  gần nhất. Tất nhiên sau đó cần phải kiểm tra lại theo những điều kiện kỹ thuật (phát nóng cho phép; tổn thất điện áp cho phép...)

## CHƯƠNG VII : BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

### 7.1. Khái niệm chung và ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất

Nhu cầu dùng điện ngày một cao do đó phải tận dụng hết các khả năng của các nhà máy điện. Về mặt sử dụng phải hết sức tiết kiệm, sử dụng hợp lý thiết bị điện, giảm tổn thất điện năng đến mức nhỏ nhất, phần đầu để 1 kWh điện năng ngày càng làm ra nhiều sản phẩm. Toàn bộ hệ thống cung cấp điện có 10÷15% năng lượng điện bị tổn thất qua khâu truyền tải và phân phối, trong đó mạng xí nghiệp chiếm khoảng 60% lượng tổn thất đó.

Vì vậy việc sử dụng hợp lý và khai thác hiệu quả thiết bị điện có thể đem lại những lợi ích to lớn.

#### 7.1.1. Bản chất của hệ số công suất

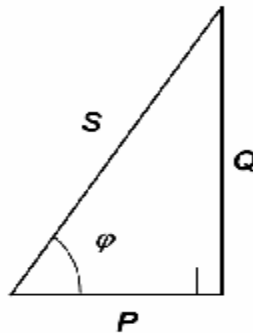
Trong mạng điện tồn tại hai loại công suất:

+ Công suất tác dụng  $P$  đặc trưng cho sự sinh ra công, liên quan đến quá trình động lực. Gây ra môment qua cho các động cơ. Một phần nhỏ bù vào các tổn hao do phát nóng dây dẫn, lõi thép... Tại nguồn  $P$  trực tiếp liên quan đến tiêu hao năng lượng đầu vào. Công suất tác dụng  $P$  đặc trưng cho quá trình chuyển hoá năng lượng.

+ Công suất phản kháng  $Q$  ngược lại không sinh ra công. Nó đặc trưng cho quá trình tích phóng năng lượng giữa nguồn và tải, Nó liên quan đến quá trình từ hoá lõi thép máy biến áp, động cơ, gây biến đổi từ thông để tạo ra sđđ phía thứ cấp. Nó đặc trưng cho khâu tổn thất từ thông tản trong mạng. Ở nguồn nó liên quan đến sđđ của máy phát (liên quan đến dòng kích từ máy phát).

Như vậy để chuyển hoá được  $P$  cần phải có hiện diện của  $Q$ . Giữa công suất tác dụng  $P$  và công suất phản kháng  $Q$  lại liên hệ trực tiếp với nhau, mà đặc trưng cho mối quan hệ đó là hệ số công suất.

Các đại lượng  $P$ ;  $Q$ ;  $S$ ;  $\cos\varphi$  liên hệ với nhau bằng tam giác công suất.



Hình 7.1 - Tam giác công suất



Công suất toàn phần S đặc trưng cho công suất thiết kế của thiết bị điện, việc tăng giảm P, Q không tùy tiện được. Vậy cùng một công suất S (cố định) nếu  $\cos\phi$  càng lớn (tức  $\phi$  càng nhỏ) tức là công suất tác dụng càng lớn, lúc đó người ta nói thiết bị được khai thác tốt hơn. Như vậy với từng thiết bị nếu  $\cos\phi$  càng lớn tức thiết bị đòi hỏi lượng công suất phản kháng Q càng ít. Đứng về phương diện truyền tải nếu lượng Q (đòi hỏi từ nguồn) càng giảm thì sẽ giảm lượng tổn thất. Vì vậy thực chất của việc nâng cao hệ số  $\cos\phi$  cũng đồng nghĩa với việc giảm đòi hỏi về Q ở các hộ phụ tải.

### 7.1.2. Ý nghĩa của việc nâng cao hệ số $\cos\phi$

- Giảm tổn thất công suất và điện năng trên tất cả các phần tử (đường dây và máy biến áp)

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)}$$

Như vậy nếu Q giảm  $\rightarrow \Delta P_{(Q)}$  sẽ giảm  $\rightarrow \Delta P$  cũng sẽ giảm  $\rightarrow \Delta A$  giảm.

- Làm giảm tổn thất điện áp trong các phần tử của mạng:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)}$$

- Tăng khả năng truyền tải của các phần tử:

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}.U}$$

Trong khi công suất tác dụng là một đại lượng xác định công suất đã làm ra hay năng lượng đã truyền tải đi trong 1 đơn vị thời gian, thì công suất S và Q không xác định công đã làm hay năng lượng đã truyền tải đi trong 1 đơn vị thời gian (Quá trình trao đổi công suất phản kháng giữa máy phát điện và hộ tiêu thụ là một quá trình giao động. Mỗi chu kỳ p(t) đổi chiều 4 lần, giá trị trung bình trong 1/2 chu kỳ là bằng không). Nhưng tương tự như khái niệm của công suất tác dụng, trong kỹ thuật điện năng ta cũng qui ước cho công suất phản kháng ý nghĩa tương tự và coi nó là công suất phát ra, tiêu thụ hoặc tuyến tải một đại lượng qui ước gọi là năng lượng phản kháng  $W_p \rightarrow Q = wp / t$  (VArh).

Như vậy trong mạng điện ta sẽ coi những phụ tải cảm kháng với  $Q > 0$  là một phụ tải tiêu thụ công suất phản kháng. Còn những phụ tải dung kháng với  $Q < 0$  là nguồn phát ra công suất phản kháng. Trong mạng xí nghiệp công suất phản kháng phân bổ như sau:

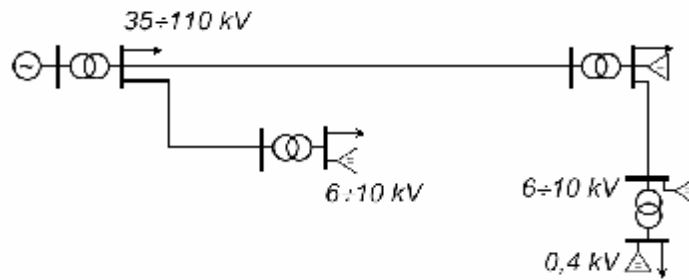
60 ÷ 65 % ở các động cơ không đồng bộ.

20 ÷ 25 % ở các máy biến áp.

10 ÷ 20 % ở các thiết bị khác.

Như vậy ta thấy rằng phụ tải công nghiệp đều mang tính chất điện cảm (tức là tiêu thụ công suất phản kháng). Xuất phát từ bản chất của công suất phản kháng như vậy ta thấy rằng có thể tạo ra công suất phản kháng trong mạng điện mà không đòi hỏi tiêu tốn năng lượng của động cơ sơ cấp, quay máy phát.

Vậy để tránh phải truyền tải một lượng Q khá lớn trên đường dây người ta đặt gần các hộ tiêu thụ những máy sinh ra Q (tụ hoặc máy bù đồng bộ). Việc làm như vậy gọi là bù công suất phản kháng ví dụ một sơ đồ cấp điện có đặt thiết bị bù:



Hình 7.2 - Sơ đồ cấp điện có thiết bị bù

+ Các phụ tải là các đại lượng biến đổi liên tục theo thời gian nên trị số của  $\cos\varphi$  cũng biến động theo thời gian. Trong tính toán thường dùng trị số trung bình của  $\cos\varphi$

$$\cos j_{tb} = \cos \left( \arctg \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q(t)dt}{\int_{t_1}^{t_2} P(t)dt} \right) = \cos \left( \arctg \frac{Q_{tb}}{P_{tb}} \right)$$

Trong đó :  $Q_{tb}$  ;  $P_{tb}$  có thể xác định được bằng đồng hồ đo điện năng.

$$P_{tb} = \frac{A}{t_2 - t_1}; Q_{tb} = \frac{A_R}{t_2 - t_1}$$

Các xí nghiệp của ta có  $\cos\varphi_{tb}$  còn khá thấp chỉ vào khoảng  $0,5 \div 0,6$  cần phải phấn đấu để  $\cos\varphi = 0,9$ . Một số nước tiên tiến  $\cos\varphi$  có thể đạt tới  $0,92 \div 0,95$ .

## 7.2. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất:

Thực chất của việc nâng cao hệ số công suất là nhằm giảm lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây của mạng. Để làm điều này tồn tại 2 phương pháp.

+ Nâng cao hệ số  $\cos\varphi$  tự nhiên: (biện pháp tự nhiên) đây là nhóm phương pháp bằng cách vận hành hợp lý các thiết bị dùng điện nhằm giảm lượng Q đòi hỏi từ nguồn.

+ Nâng cao hệ số công suất bằng cách đặt thiết bị bù: (không yêu cầu giảm lượng Q đòi hỏi từ thiết bị dùng điện mà cung cấp công suất phản kháng Q tại

các hộ dùng điện nhằm giảm lượng Q phải truyền tải trên đường dây). Phương pháp này chỉ thực hiện sau khi đã thực hiện biện pháp thứ nhất mà chưa đạt được kết quả thì mới thực hiện việc bù.

### 7.2.1. Nhóm các phương pháp tự nhiên

- Thay những động cơ không đồng bộ làm việc non tải bằng những động cơ có công suất nhỏ hơn:

Khi làm việc bình thường động cơ tiêu thụ 1 lượng công suất phản kháng:

$$Q = Q_{kt} + \Delta Q_{dm} k_{pt}^2$$

Công suất phản kháng khi không tải (chiếm tỷ lệ 60 ÷ 70 % so với  $Q_{dm}$ ) và có thể xác định theo công thức:

$$Q_{kt} \approx \sqrt{3} U_{dm} I_{kt}$$

Trong đó:  $I_{kt}$  - dòng điện không tải của động cơ.

$k_{pt}$  - hệ số mang tải của động cơ

$$k_{pt} = \frac{P}{P_{dm}}$$

$\Delta Q_{dm}$  - lượng gia tăng công suất phản kháng khi động cơ mang tải định mức so với khi không tải.

$$\Delta Q_{dm} = Q_{dm} - Q_{kt} \approx \frac{P_{dm}}{h_{dm}} \operatorname{tg} j_{dm} - \sqrt{3} U_{dm} I_{kt}$$

Trong đó:  $\eta_{dm}$  - hiệu suất của động cơ khi mang tải định mức.

$$\cos j = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{Q_{kt} + \Delta Q_{dm} k_{pt}^2}{k_{pt} P_{dm}} \right)^2}}$$

Do đó ta thấy rằng  $k_{pt}$  giảm  $\rightarrow \cos \varphi$  cũng sẽ giảm.

Ví dụ: Một động cơ có:

$$\cos \varphi = 0,8 \text{ khi } k_{pt} = 1$$

$$\cos \varphi = 0,65 \text{ khi } k_{pt} = 0,5$$

$$\cos \varphi = 0,51 \text{ khi } k_{pt} = 0,3$$

Chú ý: Khi có động cơ không đồng bộ làm việc non tải phải dựa vào mức độ tải để quyết định việc thay thế. Kinh nghiệm vận hành cho thấy rằng:

$k_{pt} < 0,45$  việc thay thế bao giờ cũng có lợi.

$k_{pt} > 0,7$  việc thay thế sẽ không có lợi.

$0,45 < k_{pt} < 0,7$  việc có tiến hành thay thế phải dựa trên việc so sánh kinh tế cụ thể mới quyết định được.

Ngoài ra khi tiến hành thay thế các động cơ còn cần phải đảm bảo các điều kiện kỹ thuật, tức đảm bảo nhiệt độ của động cơ phải không lớn hơn nhiệt độ cho phép và các điều kiện khác về mở máy và làm việc ổn định.

- Giảm điện áp đặt vào động cơ thường xuyên làm việc non tải:

Biện pháp này thực hiện khi không có điều kiện thay thế động cơ công suất nhỏ hơn. Ta biết rằng công suất phản kháng đòi hỏi từ động cơ không đồng bộ có thể viết dưới biểu thức sau:

$$Q = k \frac{U^2}{m} f.V$$

Trong đó : k - hằng số

U - điện áp đặt vào động cơ

$\mu$  - hệ số dẫn từ của mạch từ

f - tần số dòng điện

V - thể tích mạch từ

Để giảm điện áp trong thực tế thường tiến hành những cách sau:

+ Đổi nối dây quấn stato từ đấu  $\Delta \rightarrow Y$

+ Thay đổi cách phân nhóm dây cuộn stato.

+ Thay đổi đầu phân áp của máy biến áp hạ áp.

Chú ý: Kinh nghiệm cho thấy rằng biện pháp này chỉ thực hiện tốt đối với các động cơ có điện áp  $U < 1000$  V và  $k_{pt} < 0,3 \div 0,4$ . Bên cạnh đó khi đổi cách nối dây  $\Delta \rightarrow Y$ , điện áp sẽ giảm 3 lần, dòng điện tăng 3 lần nhưng mômen sẽ giảm đi 3 lần, do đó phải kiểm tra điều kiện quá tải và khởi động sau đó.

- Hạn chế động cơ không đồng bộ chạy không tải hoặc non tải:

Đa số các động cơ máy công cụ khi làm việc có nhiều thời gian chạy không tải xen lẫn giữa thời gian mang tải. Nhiều khi thời gian chạy không tải chiếm tới 50-60 % thời gian làm việc. Nếu thời gian động cơ chạy không tải được cắt ra sẽ tránh được tổn thất. Tuy nhiên trong quá trình đóng cắt động cơ cũng sinh ra tổn hao mở máy. Thực tế vận hành thấy nếu  $t_0$  (thời gian chạy không tải) của động cơ lớn hơn 10 giây thì việc cắt khởi mạng có lợi.

Biện pháp này có 2 hướng:

+ Vận động công nhân thao tác hợp lý để hạn chế đến mức thấp nhất thời gian chạy không tải, thay đổi qui trình thao tác nhằm hạn chế  $t_0$ .

+ Đặt bộ hạn chế chạy không tải.

- Dùng động cơ đồng bộ thay cho động cơ không đồng bộ:

Tại những nơi qui trình công nghệ cho phép, máy có công suất lớn và không yêu cầu điều chỉnh tốc độ như máy bơm, quạt gió, máy nén khí... việc thay thế sẽ có ưu điểm.

- + Hệ số công suất cao hơn, khi cần có thể làm việc ở chế độ quá kích từ để trở thành máy bù công suất phản kháng, góp phần sự ổn định của hệ thống.
- + Mômen quay tỷ lệ với bậc nhất của điện áp → ít ảnh hưởng đến dao động điện áp. Khi tần số nguồn thay đổi, tốc độ quay không phụ thuộc vào phụ tải nên năng suất làm việc cao.
- + Khuyết điểm: cấu tạo phức tạp, giá thành cao, số lượng mới chỉ chiếm 20% tổng số động cơ. Nhờ những tiến bộ mới nên có nhiều xu hướng sử dụng ngày càng nhiều.

Ngoài ra còn một số biện pháp khác như nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ, thay thế máy biến áp non tải, vận hành kinh tế trạm biến áp (đặt nhiều máy cho một trạm), áp dụng các qui trình công nghệ mới nhằm giảm giờ máy chạy không tải hoặc tiết kiệm điện năng.

### **7.3. Bù công suất phản kháng**

Công việc này chỉ được tiến hành sau khi tiến hành các biện pháp tự nhiên để nâng cao  $\cos\varphi$  rồi mà vẫn chưa đạt được yêu cầu.

#### *a) Thiết bị bù*

Thông thường người ta sử dụng hai loại thiết bị bù chính là tụ điện tĩnh và máy bù đồng bộ. Hai loại thiết bị này có những ưu nhược điểm gần như trái ngược nhau:

Máy bù đồng bộ: thực chất là loại động cơ đồng bộ chạy không tải có một số đặc điểm sau:

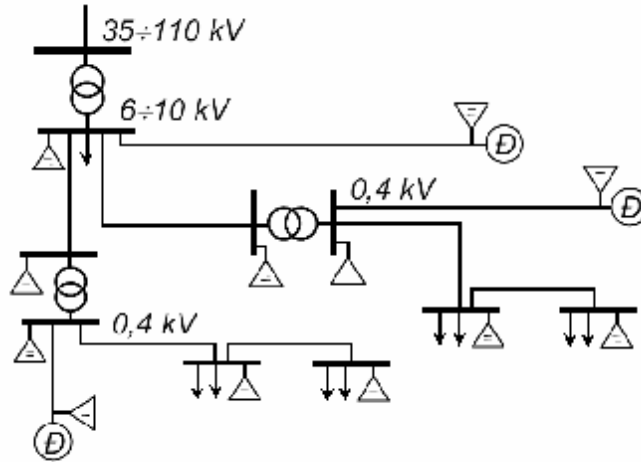
- Có khả năng phát và tiêu thụ được công suất phản kháng.
- Công suất phản kháng phát ra không phụ thuộc vào điện áp đặt vào nó, mà chủ yếu là phụ thuộc vào dòng kích từ (có thể điều chỉnh được dễ dàng).
- Lắp đặt vận hành phức tạp, dễ gây sự cố (vì có bộ phận quay).
- Máy bù đồng bộ tiêu thụ một lượng công suất tác dụng khá lớn khoảng  $0,015 \div 0,02$  kW/kVAr.
- Giá tiền đơn vị công suất phản kháng phát ra thay đổi theo dung lượng. Nếu dung lượng nhỏ thì sẽ đắt. Vì vậy chỉ được sản xuất ra với dung lượng lớn 5 MVar trở lên.

Tụ điện tĩnh: có ưu nhược điểm gần như trái ngược với máy bù đồng bộ.

- Giá tiền cho một đơn vị công suất phản kháng phát ra hầu như không thay đổi theo dung lượng. Điều này thuận tiện cho việc chia nhỏ ra nhiều nhóm nhỏ đặt sâu về phía phụ tải.
- Tiêu thụ rất ít công suất tác dụng khoảng  $0,003 - 0,005$  kW/kVAr.
- Vận hành lắp đặt đơn giản, ít gây ra sự cố.

- Công suất phản kháng phát ra phụ thuộc vào điện áp đặt vào tụ.
  - Chỉ phát ra công suất phản kháng và không có khả năng điều chỉnh.
- Vậy ở mạng điện xí nghiệp chỉ nên sử dụng tụ điện tĩnh, còn máy bù đồng bộ chỉ được dùng ở phía hạ áp (6-10 kV) của các trạm trung gian.

*b. Vị trí đặt thiết bị bù trong xí nghiệp*



Hình 7.3 - Vị trí đặt thiết bị bù

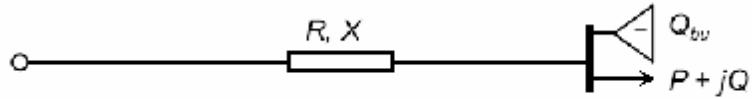
+ Đặt tập trung: đặt ở thanh cái hạ áp trạm biến áp phân xưởng (0,4 kV) hoặc thanh cái trạm biến áp trung tâm (6-10 kV), ưu điểm dễ quản lý vận hành, giảm vốn đầu tư.

+ Đặt phân tán: thiết bị bù được phân nhỏ thành từng nhóm đặt tại các tủ động lực trong phân xưởng. Trường hợp động cơ công suất lớn, tiêu thụ nhiều Q có thể đặt ngay tại các động cơ đó.

Khi đặt thiết bị bù tại điểm nào đó thì sẽ giảm được lượng tổn thất  $\Delta P$  và  $\Delta A$  do đó phải truyền tải Q. Tuy nhiên việc đặt thiết bị bù ở phía hạ áp không phải lúc nào cũng có lợi, bởi giá tiền 1 kVAr tụ hạ áp thường đắt gấp 2 lần 1 kVAr tụ ở 6-10 kV. Ngay cả việc phân nhỏ dung lượng bù để đặt theo nhóm riêng lẻ cũng không phải luôn luôn có lợi, bởi vì lúc đó có làm giảm thêm được  $\Delta A$  nhiều hơn, tuy nhiên làm tăng chi phí lắp đặt, quản lý và vận hành.

**7.4. Xác định dung lượng bù kinh tế tại các hộ tiêu thụ**

Chúng ta đều biết khi đặt thiết bị bù sẽ giảm được tổn thất điện năng  $\Delta A$ . Tuy nhiên cũng tiêu tốn một lượng vốn, đồng thời các thiết bị bù cũng gây nên một lượng tổn thất  $\Delta P$  ngay trong ở thiết bị và cần chi phí vận hành. Vậy thì sẽ đặt một dung lượng nào đó là hợp lý ? Để giải quyết vấn đề này chúng ta phải thiết lập được quan hệ của  $Q_{bù}$  với  $Z_{tt}$  từ đó tìm  $Q_{bù}$  để  $Z_{tt}$  tối thiểu, ta gọi dung lượng đó là  $Q_{bù}$  kinh tế hoặc tối ưu.



Hình 7.4

Tổng chi phí vận hành gồm 3 thành phần cơ bản:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$Z_1$  - thành phần chi phí liên quan đến vốn đầu tư

$$Z_1 = (a_{vh} + a_{tc})k_0 Q_{bù}$$

Trong đó:  $a_{vh}$  - hệ số vận hành (khấu hao)

$a_{tc}$  - hệ số hiệu quả kinh tế của việc thu hồi vốn đầu tư

$k_0$  - giá tiền đơn vị công suất đặt thiết bị bù (đ/1kVAr)

$Q_{bù}$  - dung lượng bù (mà chúng ta đang cần tìm) (kVAr)

$Z_2$  - thành phần liên quan đến tổn thất điện năng do thiết bị bù

$$Z_2 = \Delta P_0 Q_{bù} T.C$$

Trong đó:  $\Delta P_0$  - suất tổn hao công suất trong thiết bị bù (kW/1kVAr)

T - thời gian làm việc của thiết bị bù (thời gian đóng tụ vào lưới)

C - giá tiền điện năng tổn thất (đ/kWh).

$Z_3$  - thành phần tổn thất điện năng trong hệ thống (sau bù)

$$Z_3 = \frac{(Q - Q_{bù})^2}{U^2} R.t.C$$

Trong đó: R - điện trở của mạng

U - điện áp của mạng.

Q - công suất phản kháng yêu cầu của hộ tiêu thụ.

$\tau$  - Thời gian tổn thất công suất cực đại.

Như vậy ta đã xây dựng được  $Z = f(Q_{bù})$

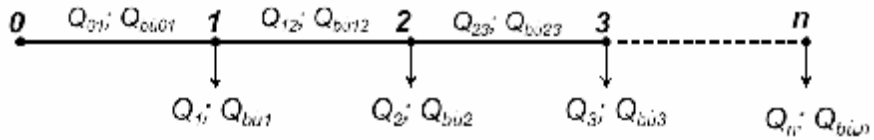
$$Z = (a_{vh} + a_{tc})k_0 Q_{bù} + \Delta P_0 Q_{bù} T.C + \frac{(Q - Q_{bù})^2}{U^2} R.t.C$$

Tối thiểu hóa hàm chi phí ta có được giá trị công suất phản kháng  $Q_{kt}$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{bù}} = (a_{vh} + a_{tc})k_0 + \Delta P_0 T.C + 2 \frac{(Q - Q_{bù})}{U^2} R.t.C = 0$$

$$Q_{bù.kt} = Q + \frac{(a_{vh} + a_{tc})k_0 + \Delta P_0 T.C}{2R.t.C} U^2$$

Tương tự ta có thể lập biểu thức hàm chi phí tính toán và tìm dung lượng bù kinh tế cho mạng đường dây chính cung cấp cho một số hộ phụ tải.



Hình 7.5 - Phân phối dung lượng bù cho mạng cung cấp

Lúc đó ta có

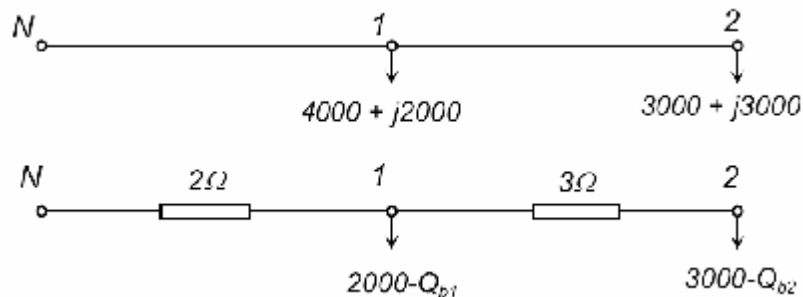
$$Z = (a_{vh} + a_{tc})k_0(Q_{bù.1} + Q_{bù.2} + \dots) + \Delta P_0(Q_{bù.1} + Q_{bù.2} + \dots)T.C + \frac{t.C}{U^2} \sum R_{ij}(Q_{ij} - Q_{bù.ij})^2$$

$$Z = f(Q_{bù1}; Q_{bù2}; \dots\dots\dots).$$

Để tìm được dung lượng bù kinh tế đặt tại từng hộ tiêu thụ ta lần lượt lấy đạo hàm riêng của chi phí tính toán theo  $Q_{bù1}; Q_{bù2} \dots$  và cho bằng không. Giải hệ phương trình đó ta tìm được dung lượng bù kinh tế đặt ở các điểm khác nhau.

Trị số  $Q_{bù}$  tìm được có giá trị âm chứng tỏ việc đặt tụ điện bù tại hộ đó là không kinh tế, ta thay  $Q_{bù} = 0$  ở những phương trình còn lại và giải hệ (n-1) phương trình đó một lần nữa.

Ví dụ 9-2: Hai xí nghiệp công nghiệp 1 và 2 được cung cấp điện từ N theo hình 7.6 Giả sử đã tính được điện trở các đoạn đường dây 10 kV là 2 và 3  $\Omega$ . Hãy xác định dung lượng bù kinh tế tại thanh cái 10 kV của các xí nghiệp



Hình 7.6

Tại mỗi xí nghiệp 1; 2 ta đặt  $Q_{b1}; Q_{b2}$  sau đó thành lập hàm chi phí tính toán theo biến số đó:

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})k_0(Q_{b1} + Q_{b2}) + \Delta P_0(Q_{b1} + Q_{b2})T.C + \frac{t.C}{U^2} R_{12}(Q_2 - Q_{b2})^2 + \frac{t.C}{U^2} R_{N1}(Q_2 + Q_1 - Q_{b1} - Q_{b2})^2$$

Đạo hàm Z theo  $Q_{b1}$  và  $Q_{b2}$  rồi cho bằng không.



$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = (a_{vh} + a_{tc})k_0 + \Delta P_0 T.C - 2 \frac{(Q_1 + Q_2 - Q_{b1} - Q_{b2})}{U^2} R_{N1} \cdot t.C = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = (a_{vh} + a_{tc})k_0 + \Delta P_0 T.C - 2 \frac{(Q_2 - Q_{b2})}{U^2} R_{12} \cdot t.C -$$

$$- 2 \frac{(Q_1 + Q_2 - Q_{b1} - Q_{b2})}{U^2} R_{N1} \cdot t.C = 0$$

Nếu lấy  $k_0 = 70 \text{ đ/kVAr}$  ;  $\Delta P_0 = 0,005 \text{ kW/kVAr}$ ;  $a_{vh} = 0,1$  ;  $a_{tc} = 0,125$ ;  $C = 0,1 \text{ đ/kWh}$  ;  $\tau = 2500 \text{ h}$ .

Giải hệ phương trình trên được:

$$Q_{b1} = - 200 \text{ kVAr}$$

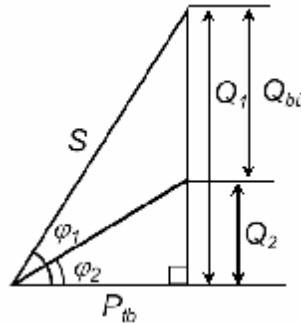
$$Q_{b2} = 3000 \text{ kVAr}$$

Vì  $Q_{b1} < 0$  chứng tỏ không nên đặt thiết bị bù tại xí nghiệp 1 thay  $Q_{b1} = 0$  vào phương trình thứ hai, cuối cùng giải ra được  $Q_{b2} = 2900 \text{ kVAr}$ .

Vậy muốn mạng điện trên vận hành kinh tế chỉ nên đặt thiết bị bù tại xí nghiệp 2 với dung lượng  $2900 \text{ kVAr}$ .

### 7.5. Phân phối thiết bị bù trong mạng điện xí nghiệp

Công suất thiết bị bù đặt tại xí nghiệp tìm được bằng cách giải bài toán bù kinh tế như trên thông thường không được chấp nhận, vì như vậy có thể dẫn đến  $\cos\varphi$  của xí nghiệp chỉ cần đạt tới 0,7 hoặc thấp hơn. Và như thế xí nghiệp vẫn cần một lượng  $Q$  khá lớn yêu cầu từ lưới điện dẫn tới những tổn thất to lớn vì vậy thông thường người ta sẽ tiết hành bù để nâng hệ số công suất từ một giá trị nào đó lên một mức theo yêu cầu. Từ hình 7.7 có thể xác định được  $Q_{bù}$ .



Hình 7.7

$$Q_{bù} = P_{tb} (tgj_1 - tgj_2)$$

Trong đó:  $P_{tb}$  - công suất tác dụng trung bình của hộ tiêu thụ.

$tg\varphi_1$  tương ứng với  $\cos\varphi_1$  hệ số trước khi bù.

$tg\varphi_2$  tương ứng với  $\cos\varphi_2$  hệ số cần đạt tới, thường đòi với các xí nghiệp cần phải bù để đạt được hệ số  $\cos\varphi$  qui định (0,85 ÷ 0,9).

Vấn đề đặt ra là nên phân phối và đặt tổng dung lượng bù vừa tính ở đâu? và bao nhiêu để có lợi nhất cho xí nghiệp.

Về nguyên tắc chúng ta cũng có thể đặt tại một số điểm thông thường như thanh cái hạ áp của các trạm biến áp trung tâm, thanh cái cao áp và hạ áp của các trạm biến áp phân xưởng hoặc ở một số động cơ công suất lớn rồi thiết lập  $Z(Q_{b1}; Q_{b2}; \dots Q_{bn})$ . Tìm cực trị của hàm  $Z$  với ràng buộc:

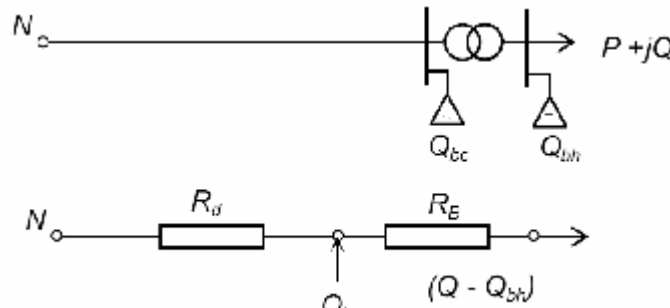
$$\sum_{i=1}^n Q_{b,i} = Q_{bù}$$

Trong đó:  $Q_{bù}$  - tổng dung lượng bù xác định theo công thức trên.

Trên thực tế kích cỡ của bài toán này sẽ có kích thước khá lớn, đặc biệt là các xí nghiệp cỡ trung và lớn, vì trong các xí nghiệp này sẽ cùng một lúc tồn tại nhiều cấp điện áp khác nhau, mà giá trung bình 1 kVAr tụ bù ở các cấp điện áp khác nhau lại khác nhau khá nhiều. Vì vậy người ta thường chia nhỏ ra làm 2 bước: trước hết tìm dung lượng bù đặt ở phía cao và hạ áp, sau đó đem phân phối dung lượng bù tìm được cho mạng cao và hạ áp.

### 7.5.1. Xác định dung lượng bù hợp lý ở phía cao hạ áp của trạm biến áp

Xét mạng điện như hình 7.8



Hình 7.8

Trong đó:  $Q_{bc}$ ;  $Q_{bh}$  - dung lượng bù đặt tại thanh cái cao áp và hạ áp.

$R_d$ ;  $R_{BA}$  - điện trở đường dây và biến áp qui về cùng cấp điện áp.

Thực tế giá 1 kVAr tụ bù ở phía hạ áp (0,4 kV) thường đắt hơn 1 kVAr tụ ở phía 6-10 kV từ 2 đến 2,5 lần, bài toán đặt ra là với lượng  $Q_{bù}$  biết trước chúng ta phải phân bổ hợp lý về phía cao, hạ áp (tức xác định được dung lượng bù kinh tế). Như vậy ràng buộc của bài toán này sẽ là:

$$Q_{bc} + Q_{bh} = Q_{bù}$$

Để làm được điều này ta tiến hành thiết lập hàm  $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$  với các biến là  $Q_{bc}$  và  $Q_{bh}$  với ràng buộc như trên, đồng thời với đặc thù của bài toán này (chỉ phân phối 1 lượng  $Q_{bù}$  cố định), nên có thể bỏ qua không xét đến thành phần  $Z_2$  (thành phần liên quan đến tổn thất bên trong của tụ).

Nếu gọi  $k_c$  và  $k_h$  - giá tiền 1 kVAr tụ bù ở phía cao và hạ của trạm.  
 Lúc đó ta có:

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})k_0(Q_{bc}k_c + Q_{bh}k_h) + \frac{R_{BA} \cdot T \cdot C}{U^2}(Q - Q_{bh})^2$$

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})k_0((Q_{bù} - Q_{bh})k_c + Q_{bh}k_h) + \frac{R_{BA} \cdot T \cdot C}{U^2}(Q - Q_{bh})^2$$

Trong đó: T - thời gian đóng điện cho tụ

Lấy đạo hàm Z theo  $Q_{bh}$  rồi cho bằng không ta có:

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{bh}} = (a_{vh} + a_{tc})(k_h - k_c) - 2 \frac{R_{BA} \cdot T \cdot C}{U^2}(Q - Q_{bh}) = 0$$

Từ đó ta tìm được:

$$Q_{bh.tu} = Q - \frac{(a_{vh} + a_{tc})(k_h - k_c)}{2R_{BA}TC}U^2$$

Trong đó:  $k = k_h - k_c$  (mức chênh giá 1 kVAr tụ) (đ/kVAr).

Q,  $Q_{bh}$  (kVAr)

U (kV)

Thì ta có:

$$Q_{bh.tu} = Q - \frac{(a_{vh} + a_{tc})k}{2R_{BA}TC}U^2 10^3$$

$$Q_{bc.tu} = Q_{bù} - Q_{bh.tu}$$

Khi cần xét đến điều kiện đặt thiết bị bù sâu hơn về phía hạ áp mà không phải chỉ đặt ở thanh cái tổng hạ áp của trạm ta có thể tham khảo công thức theo tác giả Lipkin như sau:

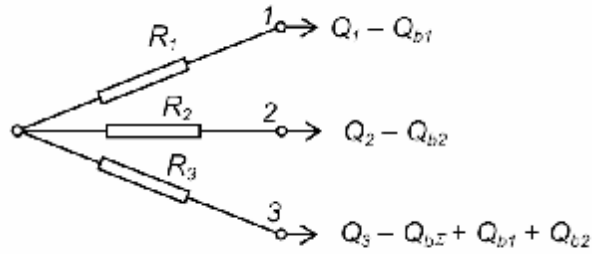
Trong đó:  $\lambda$  - hệ số phụ thuộc vào dạng trạm và mạng ( $\lambda = 0,8$  trạm bên trong phân xưởng,  $\lambda = 0,6$  mạng là thanh dẫn).

### 7.5.2. Phân phối dung lượng bù trong mạch cùng cấp điện áp

Sau khi tìm được dung lượng bù hợp lý phía cao, hạ áp cần phân phối dung lượng đó cho các địa điểm cần thiết trong mạng (cùng cấp điện áp). Lúc đó ta chỉ cần thiết lập  $Z(Q_{b1}; Q_{b2} \dots)$  với ràng buộc  $Q_{bù} = \sum Q_{bi}$

Bài toán phân phối này có đặc điểm là thành phần  $Z_1$  và  $Z_2$  (chi phí liên quan đến vốn đầu tư và tổn thất bên trong các bộ tụ) có thể được bỏ qua vì chỉ phân phối với lượng Q tổng cố định, và lại trong cùng một cấp điện áp nên  $Z_2$  cũng sẽ không đổi trong mọi trường hợp. Tuy nhiên trong một số trường hợp đặc biệt hay gặp như mạng hình tia và mạng nối liên thông chúng ta có thể áp dụng những công thức chung.

a) **Mạng hình tia**



Hình 7.9 - Phân phối dung lượng bù ở mạng hình tia

Xét mạng điện như hình 7.9. Giả thiết ta cần phân phối một lượng  $Q_{bù}$  về các hộ 1; 2 và 3 biết trước kết cấu lưới (hình tia) cùng các phụ tải  $Q_1$ ;  $Q_2$  và  $Q_3$ .

Hàm chi phí tính toán viết trong trường hợp này như sau:

$$Z = \frac{CT}{U^2} \left( (Q_1 - Q_{b1})^2 R_1 + (Q_2 - Q_{b2})^2 R_2 + (Q_3 - Q_{b3} + Q_{b1} + Q_{b2})^2 R_3 \right)$$

Ta lấy đạo hàm theo  $Q_{b1}$  và  $Q_{b2}$  rồi cho bằng không

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = \frac{CT}{U^2} (2(Q_1 - Q_{b1})R_1 + 2(Q_3 - Q_{b3} + Q_{b1} + Q_{b2})R_3) = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = \frac{CT}{U^2} (2(Q_2 - Q_{b2})R_2 + 2(Q_3 - Q_{b3} + Q_{b1} + Q_{b2})R_3) = 0$$

Ta nhận thấy:

$$(Q_1 - Q_{b1})R_1 = (Q_2 - Q_{b2})R_2 = (Q_3 - Q_{b3})R_3 = H = \text{const}$$

$$Q_1 - Q_{b1} = \frac{H}{R_1}$$

$$Q_2 - Q_{b2} = \frac{H}{R_2}$$

$$Q_3 - Q_{b3} = \frac{H}{R_3}$$

Cộng đẳng thức ta có:

$$(Q_1 + Q_2 + Q_3) - (Q_{b3} + Q_{b2} + Q_{b1}) = H \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$(Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma})R_{td} = H$$

Trong đó:  $R_{td}$  - điện trở tương đương của  $R_1$ ;  $R_2$  và  $R_3$  mắc song song.

Rút ra dạng tổng quát:

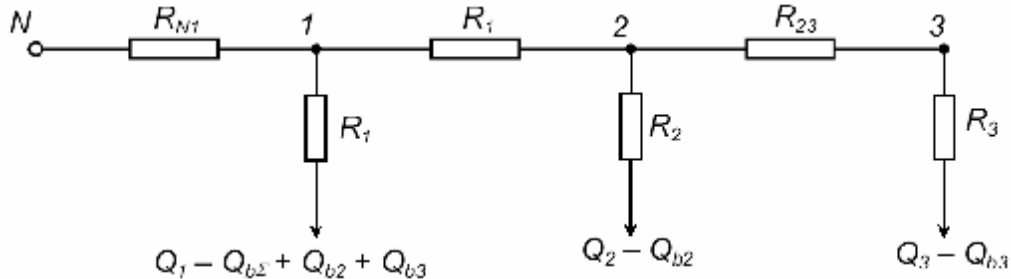
$$(Q_i - Q_{b,i})R_i = (Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma})R_{td}$$

Vậy dung lượng bù tại nhánh thứ  $i$  bất kỳ của lưới hình tia là:

$$Q_{b,i} = Q_i - (Q_\Sigma - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_i}$$

### Mạng liên thông

Xét mạng liên thông như hình 7.10



Hình 7.10

Từ hình vẽ ta có:

$$Z = \frac{CT}{U^2} \left( (Q_3 - Q_{b3})^2 (R_3 + R_{23}) + (Q_2 - Q_{b2})^2 R_2 + (Q_2 + Q_3 - Q_{b2} - Q_{b3})^2 R_{12} \right) + \frac{CT}{U^2} \left( (Q_3 - Q_{b\Sigma} + Q_{b1} + Q_{b2})^2 R_1 + (Q_\Sigma - Q_{b\Sigma})^2 R_{N1} \right)$$

Lần lượt lấy đạo hàm của  $Z$  theo  $Q_{bi}$  và cho bằng không, ta nhận được công thức tổng quát như sau:

$$Q_{b,m} = Q_m - \left( \sum_{i=m}^n Q_i - \sum_{i=m}^n Q_{b,i} \right) \frac{R_{td,m}}{R_m}$$

Trong đó:  $Q_{bm}$  - dung lượng bù đặt tại vị trí  $Q_m$ .

$$\sum_{i=m}^n Q_i - \text{tổng công suất phản kháng kể từ phụ tải } Q_m \rightarrow Q_n$$

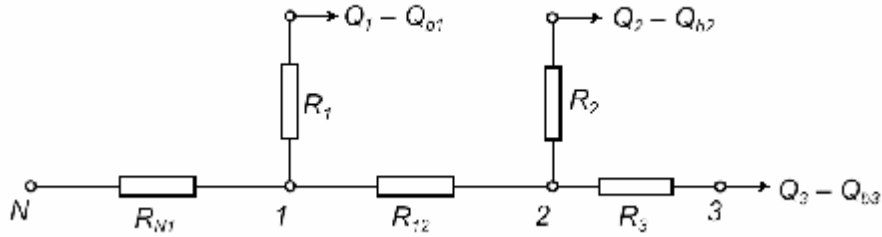
$$\sum_{i=m}^n Q_{b,i} - \text{tổng dung lượng cần bù từ phụ tải } Q_m \rightarrow Q_n$$

$R_m$  - điện trở nhánh  $m$ .

$R_{tdm}$  - điện trở tương đương giữa nhánh  $m$  và phần mạng còn lại từ nút  $m$  đến  $n$ .

Ví dụ 7-4:

Hãy phân phối dung lượng bù  $Q_{b\Sigma} = 300$  kVAr cho mạng điện hạ áp (HV.) với  $R_1 = R_2 = 0,04 \Omega$ ;  $R_{12} = 0,02 \Omega$ ;  $Q_1 = 200$  kVAr;  $Q_2 = 100$  kVAr;  $Q_3 = 200$  kVAr.



Hình 7.11

Bài giải:

Trước tiên tính các điện trở tương đương:

$$R_{td2} = R_2 \text{ song song } R_3 \rightarrow R_{td2} = \frac{0,04 \cdot 0,04}{0,04 + 0,04} = 0,02 \Omega.$$

$R_{td1}$  mạch giữa  $R_1$  với  $R_{12} + R_{td2}$

$$\rightarrow R_{td1} = \frac{R_1 (R_{12} + R_{td2})}{R_1 + R_{12} + R_{td2}} = \frac{0,04(0,02 + 0,02)}{0,04 + 0,02 + 0,02} = 0,02 \Omega$$

Áp dụng công thức:

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= Q_1 - ((Q_1 + Q_2 + Q_3) - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td1}}{R_1} \\ &= 200 - (500 - 300) \frac{0,02}{0,04} = 100 \text{ (kVAr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{b2} &= Q_2 - ((Q_2 + Q_3) - (Q_{b\Sigma} - Q_{b1})) \frac{R_{td2}}{R_2} \\ &= 100 - (300 - (300 - 100)) \frac{0,02}{0,04} = 50 \text{ (kVAr)} \end{aligned}$$

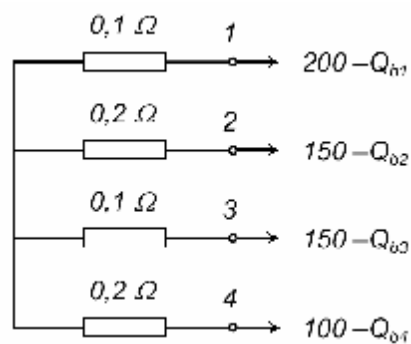
$$\begin{aligned} Q_{b3} &= Q_3 - ((Q_2 + Q_3) - (Q_{b\Sigma} - Q_{b1})) \frac{R_{td2}}{R_3} \\ &= 200 - (300 - (300 - 100)) \frac{0,02}{0,04} = 150 \text{ (kVAr)} \end{aligned}$$

hoặc ta cũng có thể suy ra ngay:

$$\begin{aligned} Q_{b3} &= Q_{b\Sigma} - (Q_{b1} + Q_{b2}) \\ Q_{b3} &= 300 - (100 + 50) = 150 \text{ kVAr} \end{aligned}$$

Ví dụ: 7-5:

Hãy phân phối dung lượng bù  $Q_{b\Sigma} = 300$  kVAr cho mạng điện hạ áp  $U = 380$  V như hình 7.12. Điện trở các nhánh cho như hình vẽ. Phụ tải các hộ cho bằng kVAr.



Hình 7.12

Giải:

Điện trở tương đương của 4 nhánh

$$R_{td} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,1}} = \frac{1}{30}$$

$$Q_{\Sigma} = 200 + 150 + 150 + 100 = 600 \text{ kVAr}$$

Áp dụng công thức:

$$Q_{b1} = Q_1 - (Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_1} = 200 - (600 - 300) \frac{1}{30 \cdot 0,1} = 100 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - (Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_2} = 150 - (600 - 300) \frac{1}{30 \cdot 0,2} = 100 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b3} = Q_3 - (Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_3} = 150 - (600 - 300) \frac{1}{30 \cdot 0,1} = 50 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b4} = Q_4 - (Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_4} = 100 - (600 - 300) \frac{1}{30 \cdot 0,2} = 50 \text{ kVAr}$$

## CHƯƠNG VIII: TÍNH TOÁN DÒNG NGẮN MẠCH

### 8.1. Khái niệm chung

Ngắn mạch là sự chạm chập giữa các pha với nhau hoặc giữa các pha với đất hay dây trung tính. Mạng có trung tính không trực tiếp nối đất (hoặc nối đất qua thiết bị bù) khi có trạm đất một pha thì dòng điện ngắn mạch là dòng điện điện dung của các pha đối với đất tạo nên.

Khi xuất hiện ngắn mạch tổng trở của mạch trong hệ thống giảm xuống rất thấp (mức độ giảm phụ thuộc vào vị trí của điểm ngắn mạch trong hệ thống). Do đó dòng ngắn mạch trong các nhánh riêng lẻ của hệ thống tăng lên so với các dòng điện ở chế độ làm việc bình thường, gây nên giảm áp trong hệ thống (sự giảm này càng nhiều khi càng gần vị trí ngắn mạch).

Thông thường ở vị trí ngắn mạch có một điện trở quá độ nào đó (điện trở hồ quang, điện trở của các phần tử ngang theo đường đi của dòng điện từ pha này tới pha khác hoặc từ pha tới đất), Trong nhiều trường hợp điện trở này có trị số rất nhỏ mà thực tế có thể bỏ qua được. Những loại ngắn mạch như vậy gọi là ngắn mạch có tính chất kim loại (ngắn mạch trực tiếp). Dòng ngắn mạch có tính chất kim loại lớn hơn khi có điện trở quá độ. Vì vậy khi cần tìm giá trị lớn nhất có thể của dòng ngắn mạch ta coi rằng điểm ngắn mạch không có điện trở quá độ.

#### 8.1.1. Nguyên nhân và hậu quả của ngắn mạch

Nguyên nhân: chủ yếu là do cách điện bị hư hỏng, ngoài ra còn một số nguyên nhân khác như:

- + Sét đánh trực tiếp
- + Quá điện áp nội bộ
- + Cách điện bị già cỗi (do thời gian sử dụng quá lớn)
- + Trông mon, bảo dưỡng thiết bị không chu đáo
- + Các nguyên nhân cơ học trực tiếp như đào đất chạm phải dây cáp, thả diều, chim đậu, cây đổ ... hoặc do thao tác sai của nhân viên vận hành

Hậu quả:

- + Làm dòng điện tăng dẫn đến phát nóng cục bộ tại nơi có dòng ngắn mạch đi qua
- + Gây hiệu ứng cơ giữa các dây dẫn, dòng xung kích  $i_{xk}$  lớn có thể làm hỏng các khí cụ điện, vỡ sứ
- + Khi có ngắn mạch điện áp  $U$  giảm xuống thấp, động cơ ngừng quay dẫn đến ngừng trệ hoặc hỏng sản phẩm, cháy động cơ, không khởi động được



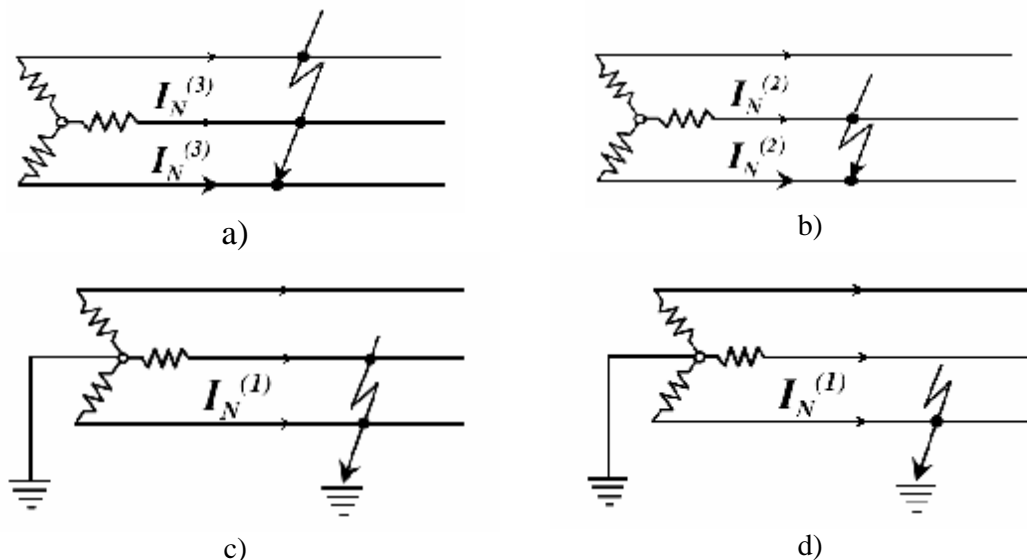
- + Có thể phá hoại sự ổn định của hệ thống điện.
- + Ngắn mạch hai pha hoặc một pha chạm đất còn gây ra dòng thứ tự không làm nhiễu loạn đường dây thông tin và tín hiệu đường sắt ở gần.
- + Cung cấp điện bị gián đoạn

Biện pháp hạn chế:

- + Dùng sơ đồ nối dây hợp lý, đơn giản, rõ ràng ít gây nhầm lẫn.
- + Khi có sự cố chỉ có phần tử sự cố bị cắt, các phần tử khác vẫn phải được làm việc bình thường.
- + Các thiết bị và bộ phận có dòng ngắn mạch đi qua phải được chọn để có khả năng chịu được tác dụng nhiệt và cơ của dòng ngắn mạch
- + Dùng các biện pháp hạn chế dòng ngắn mạch (dùng kháng điện).
- + Dùng các thiết bị tự động và biện pháp bảo vệ ngắn mạch và quá điện áp.

### 8.1.2. Phân loại các dạng ngắn mạch

- Ngắn mạch ba pha: kí hiệu  $N^{(3)}$ , xác suất chỉ chiếm 5%
- Ngắn mạch hai pha: kí hiệu  $N^{(2)}$ , xác suất chỉ chiếm 10%
- Ngắn mạch một pha: kí hiệu  $N^{(1)}$ , xác suất chiếm tới 65%
- Ngắn mạch hai pha chạm đất: kí hiệu  $N^{(1,1)}$ , xác suất chiếm 20%



Hình 8.1 - Ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện  
a) Ngắn mạch ba pha    b) Ngắn mạch hai pha    c) Ngắn mạch một pha  
d) Ngắn mạch hai pha chạm đất

Nhận xét:

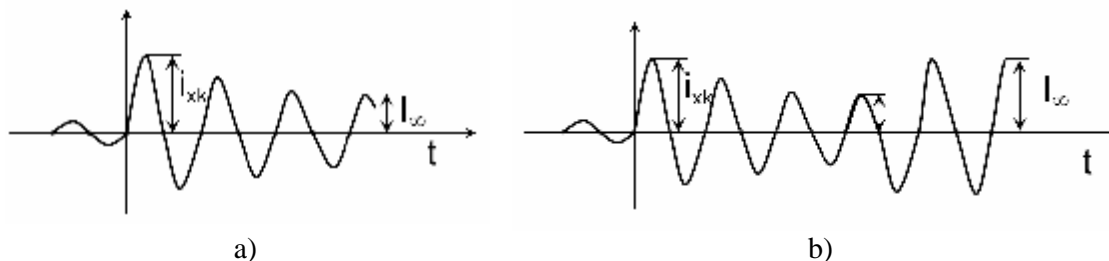
- + Ngắn mạch ba pha là ngắn mạch đối xứng.
- + Các dạng ngắn mạch khác là không đối xứng.
- + Ngắn mạch ba pha chỉ xảy ra với xác suất nhỏ (5%). Tuy nhiên việc nghiên cứu nó lại vẫn rất cần thiết, vì đó là dạng ngắn mạch đối xứng. Các dạng ngắn

mạch khác đều có thể dùng phương pháp thành phần không đối xứng để đưa về dạng ngắn mạch ba pha.

Trong thời gian ngắn mạch kể từ lúc xảy ra cho tới khi cắt được phần tử bị hỏng. Trong mạch điện xảy ra một quá trình quá độ phức tạp, mang tính chất của các dao động điện từ, liên quan đến sự biến thiên của điện áp, dòng điện, từ thông và những dao động cơ-điện, liên qua đến biến thiên công suất, mômen quay, mômem cản...

Khi nghiên cứu ngắn mạch nếu đứng trên quan điểm điện từ của quá trình quá độ để khảo sát hiện tượng. Ngược lại khi nghiên cứu ổn định người ta lại đứng trên quan điểm điện cơ. Việc tách thành 2 quá trình như trên là để việc nghiên cứu và tính toán thực hiện được đơn giản. Để có lời giải chính xác, sau khi nghiên cứu riêng rẽ cần phải tổng hợp lại và nhiều lúc theo quan điểm nghiên cứu riêng rẽ mà yêu cầu của các vấn đề lại mâu thuẫn nhau.

Ví dụ muốn giảm dòng ngắn mạch thì kết luận rằng cần phải giảm dòng kích từ của máy phát. Nhưng yêu cầu về ổn định của hệ thống điện lại không cho phép làm như vậy mà trái lại phải làm tăng dòng điện kích từ. Trên hình 8.2 biểu diễn đặc tính biến thiên của dòng ngắn mạch lúc không có và có bộ tự động điều chỉnh kích từ.



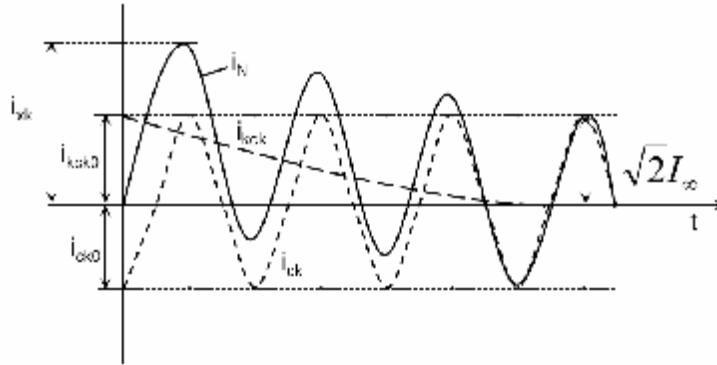
Hình 8.2 - Dạng dòng điện ngắn mạch  
a) Có bộ tự động điều chỉnh kích từ    b) Không có bộ tự động điều chỉnh kích từ

Từ hình 8.2 ta thấy rằng từ một trị số nào đó lúc trước ngắn mạch  $i_0$  tăng rất nhanh, khoảng 0,01 giây (sau 1/2 chu kỳ) sẽ đạt tới giá trị  $i_{xk}$ . Tiếp đó quá trình quá độ chuyển dần sang trạng thái xác lập  $I_{\infty}$ . Lúc có TĐK thì  $I_{\infty}$  là bé nhất so với trị số dòng điện lúc trước đó, còn khi có bộ TĐK thì dòng xác lập có trị số lớn hơn và thậm trí có trị số lớn hơn cả trị số ở những thời điểm trước đó.

Dòng ngắn mạch có thể phân thành hai thành phần. Thành phần chu kỳ và thành phần không chu kỳ (tắt dần). Thành phần  $i_{ck}$  là giống nhau trong cả ba pha, còn thành phần tắt dần  $i_{td}$  lại khác nhau trên mỗi pha và biến đổi theo thời điểm bắt đầu ngắn mạch. Thông thường thành phần chu kỳ được xác định theo trị số lớn nhất có thể.

Khi tính toán ngắn mạch người ta thường coi nguồn cung cấp cho điểm ngắn mạch là:

- + Các máy phát thủy điện và nhiệt điện.
- + Các động cơ và máy bù đồng bộ.
- + Các động cơ không đồng bộ chỉ được xét tới ở thời điểm ban đầu và chỉ tính đến trong các trường hợp khi chúng ở gần hoặc được mắc trực tiếp tại điểm ngắn mạch



Hình 8.3 - Dạng sóng của dòng điện ngắn mạch

Tại thời điểm  $t = 0$

$$i_0 = i_{ck0} + i_{kck0}$$

Trường hợp đặc biệt  $i_0 = 0$  tức  $i_{ck0} = i_{kck0}$  (thời điểm xảy ra ngắn mạch đúng vào lúc dòng điện đi qua điểm 0).

Nội dung tính toán ngắn mạch:

Tính toán ngắn mạch nhằm xác định các đại lượng sau:

$I''$  - giá trị ban đầu của thành phần chu kỳ, gọi là dòng ngắn mạch siêu quá độ.

$i_{xk}$  - dòng điện xung kích (trị số cực đại của dòng ngắn mạch toàn phần).

Giá trị này cần thiết cho việc chọn thiết bị, thanh góp, sứ.. (kiểm tra ổn định động của thiết bị).

$I_{xk}$  - giá trị hiệu dụng của dòng xung kích (tức giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch toàn phần trong chu kỳ đầu). dùng vào việc kiểm tra thiết bị điện về ổn định lực điện động ở chu kỳ đầu.

$I_{0,2}$  - trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ sau 0,2 giây  $\rightarrow$  kiểm tra khả năng cắt của máy cắt.

$I_{\infty}$  - trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ lúc ổn định (lúc  $t = \infty$ ) dùng để kiểm tra ổn định nhiệt của các thiết bị, thanh cái, sứ xuyên ...

$S_{0,2}$  - công suất ngan mạch ở thời điểm  $t = 0,2$  giây, dùng để kiểm tra khả năng cắt của máy cắt.

$t_N$  - Thời gian xảy ra ngắn mạch:

$$t_N = t_{bv} + t_{MC}$$

Trong đó:  $t_{bv}$  - thời gian tác động của thiết bị bảo vệ.

$t_{MC}$  - thời gian làm việc của máy cắt.

$t_{qd}$  - thời gian qui đổi. Là khoảng thời gian cần thiết để dòng ngắn mạch xác lập phát ra một lượng nhiệt đúng bằng lượng nhiệt do dòng ngắn mạch thực tế gây ra trong thời gian  $t_N$ .

$$t_{qd} = t_{qdck} + t_{qdkck}$$

Trong đó:  $t_{qdck}$  - thời gian qui đổi của thành phần chu kỳ.

$t_{qdkck}$  - thời gian qui đổi của thành phần không chu kỳ.

Xác định  $t_{qdck}$  :

+ Khi  $t_N < 5$  giây,  $t_{qdck}$  được xác định theo đường cong  $t_{qdck} = f(\beta'')$ .

Trong đó  $\beta'' = I''/I_\infty$ .

+ Khi  $t_N > 5$  giây,  $t_{qdck} = t_{qdck5} + (t_N - 5)$ .

Xác định  $t_{qdkck}$  :

+ Khi  $t_N \geq 1,5.T \rightarrow t_{qdkck} \cong 0,005.(\beta'')^2$

+ Khi  $t_N < 1,5.T \rightarrow t_{qdkck} = T. (\beta'')^2.(1 - e^{-2t/T})$ .

Trong đó: T - hằng số thời gian.  $T = \frac{X}{314.R}$

+ Khi  $t_N > 20.T$  hoặc  $t_N > 20$  giây giá trị của  $t_{qdkck}$  có thể bỏ qua.

## 8.2. Những chỉ dẫn chung để thực hiện tính toán:

### 8.2.1. Những giả thiết cơ bản

Tính toán chính xác  $I_N$  là một vấn đề rất khó khăn, nhất là đối với sơ đồ phức tạp, có nhiều nguồn cung cấp, do đó để giải quyết một bài toán thực tế không đòi hỏi độ chính xác cao lắm có thể sử dụng những phương pháp tính toán thực dụng, gần đúng, nhằm giảm bớt sự phức tạp và đơn giản trong thực hiện.

Trong tính toán người ta đưa ra những giả thiết cơ bản sau:

- 1 - Trong quá trình ngắn mạch s.d.đ. của các máy điện coi như trùng pha với nhau, nghĩa là không xét tới dao động công suất của các máy phát.
- 2 - Không xét tới sự bão hoà của các mạch từ, nghĩa là cho phép coi mạch là tuyến tính và có thể sử dụng nguyên tắc xếp chồng.
- 3 - Bỏ qua dòng điện từ hoá của các máy biến áp.
- 4 - Coi hệ thống là ba pha đối xứng.
- 5 - Không xét đến điện dung trừ khi có đường dây cao áp tải điện đi cực xa.
- 6 - Chỉ xét tới điện trở tác dụng nếu  $r_\Sigma \geq 0,3.x_\Sigma$ . Trong trường hợp đó  $r_\Sigma$  và  $x_\Sigma$  là điện trở và điện kháng đẳng trị từ nguồn đến điểm ngắn mạch
- 7 - Phụ tải xét gần đúng và được thay thế bằng tổng trở cố định tập trung, và tập trung tại một nút chung.

8 - Sức điện động của tất cả các nguồn ở xa điểm ngắn mạch ( $x_{tt} > 3$ ) được coi như không đổi.

### 8.2.2. Hệ đơn vị tương đối

Khi tính toán ngắn mạch tất cả các đại lượng có thể dùng trong hệ đơn vị có tên hoặc trong hệ đơn vị tương đối. Trong thực tế người ta thường dùng hệ đơn vị tương đối nhằm tính toán nhanh chóng, đơn giản và thuận tiện.

Để biểu diễn tất cả các đại lượng trong hệ đơn vị tương đối cần phải chọn những đại lượng cơ bản khác có thể tính ra được dựa trên các biểu thức liên quan. Các đại lượng S; U, I; và x hoặc r có liên quan như sau:

$$S = \sqrt{3}U.I$$

$$x = \frac{U}{\sqrt{3}I}$$

Như vậy nếu chọn 2 đại lượng làm cơ bản thì các đại lượng khác có thể xác định được theo chúng.

Thông thường người ta hay chọn S và U làm các lượng cơ bản.

Công suất cơ bản:  $S_{cb}$  là công suất ba pha và công suất cơ bản thường chọn là 100, 1000 kVA, hoặc chọn bằng công suất định mức của máy phát điện hoặc của tất cả các máy phát điện tham gia trong hệ thống. Mục đích là để tính toán được đơn giản.

Điện áp cơ bản:  $U_{cb}$  thường được chọn bằng  $U_{dm}$  tại cấp điện áp tính toán.

+ Dây điện áp định mức trung bình: 0,23; 0,4; 0,529; 0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 22; 37; 115; 230 (kV)

Nhưng cũng có trường hợp phải lấy điện áp thực (định mức) của phần tử đặt tại cấp đó.

Ví dụ cuộn kháng điện 10 kV làm việc ở cấp 6 kV thì lúc đó lấy  $U_{dm} = 10$  kV chứ không phải lấy bằng  $U_{tb} = 6,3$  kV.

Mặt khác vì lúc tính toán các tỉ số biến đổi của máy biến áp. người ta thường dùng điện áp trung bình nên tránh được việc tính đổi phiền phức các điện kháng, điện trở thuộc các cấp điện áp khác nhau.

Dòng điện cơ bản:  $I_{cb}$  được xác định theo  $S_{cb}$  và  $U_{cb}$

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}}$$

Điện kháng cơ bản:  $x_{cb}$

$$x_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}I_{cb}} = \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}$$

Các đại lượng cơ bản trên có thể biểu diễn trong hệ đơn vị tương đối theo công thức sau:

$$E_{*cb} = \frac{E}{U_{cb}} \quad (8.1)$$

$$U_{*cb} = \frac{U}{U_{cb}} \quad (8.1')$$

$$I_{*cb} = \frac{I}{I_{cb}} \quad (8.2)$$

$$S_{*cb} = \frac{S}{S_{cb}} \quad (8.3)$$

$$X_{*cb} = \frac{x}{x_{cb}} = x \frac{\sqrt{3}I_{cb}}{U_{cb}} = x \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \quad (8.4)$$

Trong đó:  $U_{cb}$  (kV) - điện áp dây, xác định theo điện áp định mức trung bình.  
 $x$  ( $\Omega$ ) - điện kháng trên một pha.

$I_{cb}$  (kA) - dòng điện cơ bản.

$S_{cb}$  (kVA) hoặc (MVA) - công suất cơ bản.

Điện áp ngắn mạch của máy biến áp  $u_N\%$ ; điện kháng của cuộn kháng điện  $x_k\%$  và các điện kháng quá độ của máy phát và động cơ  $x''_{mf}$  và  $x''_{dc}$  thường được cho trước trong hệ đơn vị tương đối (hoặc %) trong hệ định mức  $\rightarrow$  Để tiến hành tính toán cần chuyển về hệ đơn vị tương đối theo các lượng đã chọn (tức chuyển về hệ đơn vị cơ bản).

Sức điện động và điện kháng tương đối ở hệ định mức:

$$E_{*dm} = \frac{E}{U_{dm}} \quad (8.5)$$

$$X_{*dm} = \frac{x}{x_{dm}} = x \frac{\sqrt{3}I_{dm}}{U_{dm}} = x \frac{S_{dm}}{U_{dm}^2} \quad (8.6)$$

Trong tính toán ngắn mạch phải chuyển về hệ tương đối cơ bản:

$$E_{*cb} = \frac{E}{U_{cb}} = E_{*dm} \frac{U_{dm}}{U_{cb}} \quad (8.7)$$

$$X_{*cb} = \frac{x}{x_{cb}} = \frac{x_{*dm} \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}}}{\frac{U_{cb}}{\sqrt{3}I_{cb}}} = x_{*dm} \frac{U_{dm}}{U_{cb}} \frac{I_{cb}}{I_{dm}} \quad (8.8)$$

hoặc

$$X_{*cb} = X_{*dm} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \frac{U_{dm}^2}{U_{cb}^2} \quad (8.9)$$

Nếu chọn  $U_{cb}=U_{dm}$  thì  $E_{*cb} = E_{*dm}$   
 $X_{*cb} = X_{*dm}$

### 8.2.3. Xác định trở kháng của các phần tử của hệ thống cung cấp điện

a) Điện kháng của máy phát, máy bù đồng bộ và động cơ không đồng bộ

Thông thường nhà chế tạo cho biết điện kháng siêu quá độ dọc trục. Đây chính là điện kháng tương đối với các lượng cơ bản là định mức  $x_{d(dm)}''$

Ta có:

$$x_{d(dm)}'' = \frac{x_d''}{X_{dm}} = \frac{x_d''}{\frac{U_{dm}^2}{S_{dm}}}$$

Trong hệ đơn vị có tên:

$$x_d'' = x_{d(dm)}'' \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \quad (8.10)$$

Trong hệ đơn vị cơ bản:

$$\text{Từ (8.4)} \rightarrow x_{d*(cb)}'' = \frac{x_d''}{X_{cb}} = x_d'' \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = x_{d(dm)}'' \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Nếu chọn  $U_{cb} = U_{dm}$  thì  $E_{*cb} = E_{*dm}$

$$x_{d*(cb)}'' = x_{d(dm)}'' \frac{S_{cb}}{S_{dm}}$$

Trong đó:  $S_{dm}$  [MVA];  $U_{dm}$  [kV] - công suất định mức và điện áp định mức của máy phát.

$S_{cb}$  [MVA];  $U_{cb}$  [kV] – công suất và điện áp cơ bản đã chọn.

Nếu giá trị  $x_{d*(cb)}''$  chưa biết được thì có thể sử dụng các giá trị trung bình của điện kháng siêu quá độ của nguồn cung cấp cho trong bảng (7.2). Bỏ qua điện trở tác dụng của cuộn dây máy phát điện, máy bù đồng bộ và động cơ.

b) Trở kháng của các máy biến áp

Đối với máy biến áp 2 cuộn dây, nhà chế tạo thường cho biết trị số điện áp ngắn mạch  $u_{N\%}$  là trị số điện áp tương đối tính trong hệ định mức. Với các máy biến áp lớn  $S_{dm} \geq 630 \div 750$  kVA (một cách gần đúng có thể bỏ qua điện trở tác dụng). Một cách gần đúng ta có:  $u_{*Ndm} \approx x_{B*dm}$

Từ  $u_{N\%}$  có thể dễ dàng tính được điện kháng của máy biến áp trong hệ đơn vị có tên hoặc tương đối với các lượng cơ bản:

Trong hệ đơn vị có tên:

$$x_B = \frac{u_{N\%}}{100} \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}}$$

Từ thí nghiệm ngắn mạch

$$u_{N,p} = I_{dm} Z_B$$

$$u_N = \sqrt{3} I_{dm} Z_B$$

$$u_N \% = \frac{u_N}{U_{dm}} 100 = \frac{\sqrt{3} I_{dm} Z_B}{U_{dm}} 100$$

$$x_B \approx Z_B = \frac{u_{N\%} U_{dm}}{\sqrt{3} I_{dm} 100} = \frac{u_{N\%} U_{dm}}{\sqrt{3} \cdot 100 \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} U_{dm}}} = \frac{u_{N\%} U_{dm}^2}{100 S_{dm}}$$

Trong hệ đơn vị tương đối theo cơ bản

$$x_{*B(cb)} = \frac{x_B}{x_{cb}} = \frac{\frac{u_{N\%} U_{dm}^2}{100 S_{dm}}}{\frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}} = \frac{u_{N\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \left( \frac{U_{dm}}{U_{cb}} \right)^2$$

Thông thường  $U_{dm} = U_{cb}$

$$x_{*B(cb)} = \frac{u_{N\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \quad (12)$$

Trong đó:  $S_{dm}$  [MVA];  $U_{dm}$  [kV];  $S_{cb}$  [MVA];  $U_{cb}$  [kV].

Với các máy biến áp công suất nhỏ:  $S_{dm} < 630$  kVA để tính chính xác cần xét đến cả điện trở tác dụng lúc đó ta có:

Trong hệ đơn vị có tên:

$$r_B = \frac{\Delta P_N U_{dm}^2 100}{S_{dm}^2} \quad (\Omega) \quad (8.13)$$

$$x_B = \frac{u_X \% U_{dm}^2 10}{S_{dm}} \quad (\Omega) \quad (8.14)$$

Trong đó:  $u_{X\%} = \sqrt{u_{N\%}^2 - u_{R\%}^2} \quad (8.15)$

$\Delta P_N$  [kW] - tổn thất ngắn mạch của máy biến áp.

$U_{dm}$  [kV] - điện áp định mức của biến áp.

$S_{dm}$  [kVA] - dung lượng định mức của máy biến áp.

$u_{X\%}$  - thành phần phản kháng của điện áp ngắn mạch.

$u_{R\%}$  - thành phần tác dụng của điện áp ngắn mạch.



$$u_{R\%} = \frac{\Delta P_N}{S_{dm}} 100 \quad (8.16)$$

$u_{R\%}$ ;  $u_{X\%}$ ;  $u_{N\%}$  - trị số tương đối của điện trở, điện kháng và tổng trở của biến áp với các lượng cơ bản là định mức.

Trong hệ đơn vị có tên ta có:

$$\begin{aligned} X_{*B(cb)} &= \frac{u_{X\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \left( \frac{U_{dm}}{U_{cb}} \right)^2 \\ r_{*B(cb)} &= \frac{u_{R\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \left( \frac{U_{dm}}{U_{cb}} \right)^2 \end{aligned} \quad (8.17)$$

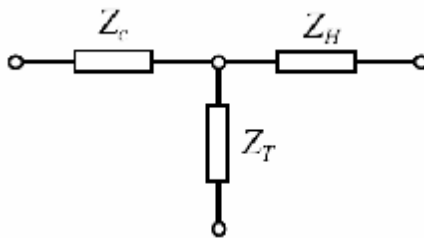
Tính gần đúng:

$$\begin{aligned} X_{*B(cb)} &= \frac{u_{X\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \\ r_{*B(cb)} &= \frac{u_{R\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dm}} \end{aligned}$$

Ngoài ra nếu tra bảng có  $r_B$  và  $X_B$  ở hệ đơn vị có tên thì cũng có thể đổi ra hệ cơ bản:

$$\begin{aligned} X_{B*(cb)} &= X_B \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \\ r_{B*(cb)} &= r_B \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \end{aligned}$$

Đối với máy biến áp ba cuộn dây, nhà máy sản xuất thường cho điện áp ngắn mạch tương đối trong hệ định mức giữa các cuộn dây điện áp cao - trung (C-T); cao - hạ (C-H) và giữa cuộn trung - hạ (T-H).



Hình 9.3 - Mạch điện thay thế máy biến áp ba pha

$$\begin{aligned} u_{NC-H\%} &\cong \Delta P_{NC-H} \\ u_{NC-T\%} &\cong \Delta P_{NC-T} \\ u_{NT-H\%} &\cong \Delta P_{NT-H} \end{aligned}$$

Điện áp  $u_{NC-H}$  có được khi để cuộn T hở mạch; cuộn H ngắn mạch. Đặt điện áp U vào cuộn cao áp và nâng dần cho đến khi dòng điện trong cuộn C và H đạt giá trị định mức. Lúc đó ta có được giá trị  $\Delta P_{NC-T}$ . Chính vì vậy ta có thể viết:

$$u_{NC-H\%} = u_{NC\%} + u_{NH\%}$$

$$\Delta P_{NC-H} = \Delta P_{NC} + \Delta P_{NH}$$

Ta cũng có tương tự cho các trường hợp khác. Và từ đó ta có thể xác định được điện áp ngắn mạch của từng cuộn dây CAO, TRUNG, HẠ của máy biến áp theo các đại lượng mà nhà chế tạo cho trước như sau:

$$u_{NC\%} = \frac{1}{2} (u_{NC-H\%} + u_{NC-T\%} + u_{NT-H\%})$$

$$u_{NT\%} = \frac{1}{2} (u_{NC-T\%} + u_{NT-H\%} + u_{NC-H\%}) \quad (8.21)$$

$$u_{NH\%} = \frac{1}{2} (u_{NC-H\%} + u_{NT-H\%} + u_{NC-T\%})$$

Sau khi tính được điện áp ngắn mạch % của các dây quấn theo hệ định mức tương tự như máy biến áp 2 dây quấn, ta sẽ tính được điện kháng của các dây quấn qui về các điều kiện cơ bản như sau:

Tính chính xác:

$$X_{*B(cb)C} = \frac{u_{NC\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dmC}} \left( \frac{U_{dmC}}{U_{cb}} \right)^2$$

$$X_{*B(cb)T} = \frac{u_{NT\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dmT}} \left( \frac{U_{dmT}}{U_{cb}} \right)^2$$

$$X_{*B(cb)H} = \frac{u_{NH\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dmH}} \left( \frac{U_{dmH}}{U_{cb}} \right)^2$$

Tính gần đúng

$$X_{*B(cb)C} = \frac{u_{NC\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dmC}}$$

$$X_{*B(cb)T} = \frac{u_{NT\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dmT}}$$

$$X_{*B(cb)H} = \frac{u_{NH\%}}{100} \frac{S_{cb}}{S_{dmH}}$$

Trong đó:  $S_{dmC}$  ;  $S_{dmT}$  ;  $S_{dmH}$  - công suất định mức của các cuộn cao, trung và hạ áp của biến áp.

Để xác định điện trở của các cuộn dây ta phải tính được tổn thất công suất ngắn mạch của từng cuộn dây theo các lượng cho trước  $\Delta P_{NC-T}$  ;  $\Delta P_{NC-H}$  ;  $\Delta P_{NT-H}$ .

$$\Delta P_{NC} = \frac{1}{2} (\Delta P_{NC-H} + \Delta P_{NC-T} - \Delta P_{NT-H})$$

$$\Delta P_{NT} = \frac{1}{2} (\Delta P_{NC-T} + \Delta P_{NT-H} - \Delta P_{NC-H})$$

$$\Delta P_{NH} = \frac{1}{2} (\Delta P_{NC-H} + \Delta P_{NT-H} - \Delta P_{NC-T})$$

Điện trở của các cuộn dây qui đổi về các điều kiện cơ bản là:

Tính gần đúng:

$$r_{*B(cb)C} = \Delta P_{NC} \frac{S_{cb}}{S_{dmC}}$$

$$r_{*B(cb)T} = \Delta P_{NT} \frac{S_{cb}}{S_{dmT}}$$

$$r_{*B(cb)H} = \Delta P_{NH} \frac{S_{cb}}{S_{dmH}}$$

c) Điện kháng của cuộn điện kháng (cuộn kháng điện) :

Nhà chế tạo thường cho trị số điện kháng tương đối trong hệ định mức  $x_{K\%}$ . Qui đổi về hệ cơ bản sẽ có:

Tính chính xác:

$$x_{K(cb)} = \frac{x_{K\%}}{100} \frac{I_{cb}}{I_{dm}} \frac{U_{dm}}{U_{cb}}$$

Tính gần đúng:

$$x_{K(cb)} = \frac{x_{K\%}}{100} \frac{I_{cb}}{I_{dm}}$$

Cần chú ý là nếu điện kháng có điện áp cao hơn cấp điện áp tại nơi đặt nó, thì lúc tính vẫn phải dùng điện áp của nó để tính (Ví dụ đặt kháng điện 10 kV vào cấp điện áp 6 kV. Lúc tính toán ta vẫn phải dùng  $U_{dm} = 10$  kV vì điện kháng  $x_{K\%}$  được cho trong hệ định mức với  $U_{dm} = 10$  kV).

Trong hệ đơn vị có tên điện kháng của cuộn kháng điện là:

$$x_{K\%} = \frac{x_K}{x_{dm}} 100 = \frac{x_K}{\frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}}} 100 \Rightarrow x_K = \frac{x_{K\%}}{100} \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}}$$

d) Đường dây trên không và cáp:

Hệ đơn vị có tên:

$$x_{dd} = x_0 \cdot l$$

$$r_{dd} = r_0.l$$

Hệ đơn vị tương đối:

$$x_{*dd(cb)} = x_0.l \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$r_{*dd(cb)} = r_0.l \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$x_0$ ;  $r_0$  - có thể tra bảng [ $\Omega/km$ ] hoặc có thể tính:

$$r_0 = \frac{r}{F} = \frac{100}{g.F} \quad [\Omega/km]$$

Trong đó:  $r$  [ $km/\Omega mm^2$ ] ( $r = 53$  dây bằng đồng;  $r = 32$  dây bằng nhôm;  $r = 10$  dây thép).

$$F [mm^2]$$

$x_0$  có thể lấy gần đúng

$$x_0 \approx 0,4 \text{ (lưới } 6 \div 10 \text{ kV), với cáp } x_0 \approx 0,08 \text{ } [\Omega/km]$$

$$x_0 \approx 0,3 \text{ (lưới đến } 1 \text{ kV) Với cáp } x_0 \approx 0,07 \text{ } [\Omega/km]$$

$$x_0 \approx 0,12 \text{ (lưới } 35 \text{ kV)}$$

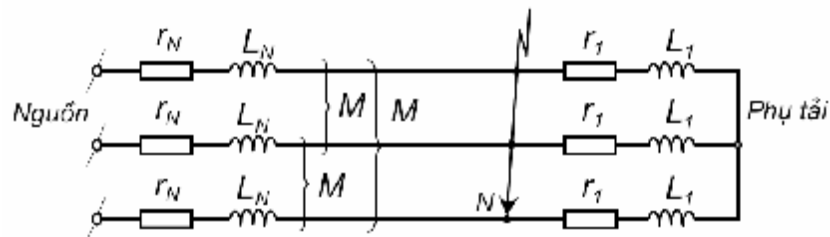
e) Các thành phần khác:

Ngoài các thành phần kể trên khi tính toán ngắn mạch ở mạng hạ áp còn phải kể tới điện trở tác dụng và điện kháng của 1 số thành phần khác như: cuộn sơ cấp của các máy biến dòng, cuộn dòng điện của Aptômát, điện trở và điện kháng của thanh cái, điện trở tiếp xúc của cầu dao, aptomát..

### 8.3. Quá trình quá độ trong mạch ba pha đơn giản

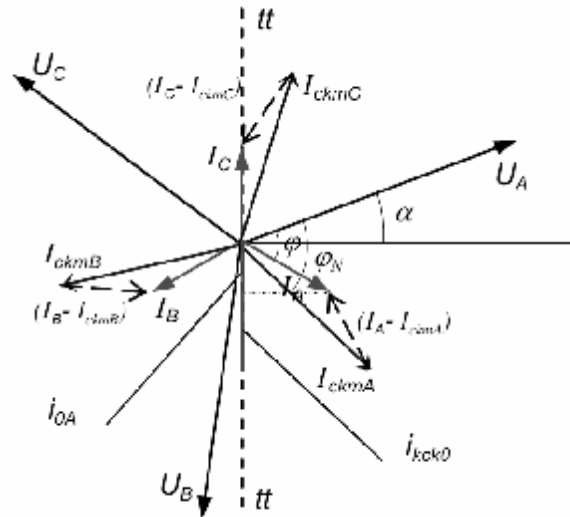
#### 8.3.1. Ngắn mạch ba pha trong mạng điện

Đây là dạng ngắn mạch đối xứng, điện trở và điện cảm tập trung được cung cấp từ một nguồn có công suất vô cùng lớn (điện kháng của nguồn bằng không, điện áp biến đổi với tần số cố định và biên độ là không đổi).



Hình 8.4 - Ngắn mạch ba pha

Trong mạch giả thiết rằng một phần của nó có hồ cảm phần còn lại không có. Khi xảy ra ngắn mạch tại điểm N. Mạch điện phân thành 2 phần (phần có nguồn và phần không có nguồn).



Hình 8.5 - Đồ thị véc tơ dòng và áp

Giả thiết trước lúc ngắn mạch ta có đồ thị véc tơ điện áp và dòng điện các pha như hình 8.5. Trục  $tt$  thẳng đứng là trục thời gian, ta coi tại đó là thời điểm đang xét (tức thời điểm xảy ra ngắn mạch).

Các đại lượng tức thời riêng được xác định bởi hình chiếu của các vectơ của nó trên trục  $tt$ .

$\alpha$  - Góc lệch pha giữa  $U_A$  với trục hoành, đặc trưng cho thời điểm ban đầu của điện áp (góc pha đầu của điện áp).

Sau ngắn mạch tại điểm N mạch phân thành 2 phần (phần không nguồn & phần có nguồn).

a) Phần không có nguồn

Phần này có điện trở  $r_1$  và điện cảm  $L_1$ . Dòng điện trong phần này chỉ được duy trì cho tới khi năng lượng từ trường tích lũy trong điện cảm  $L_1$  chưa chuyển hết thành nhiệt năng và bị dập tắt bởi điện trở  $r_1$ .

Phương trình vi phân cân bằng điện áp trong mỗi pha của phần này có dạng:

$$0 = i.r_1 + L_1 \frac{di}{dt} \quad (31)$$

Giải phương trình (31) ta có dạng

$$i = C.e^{-\frac{t}{T_{td}}}$$

Trong đó:  $C$  - hằng số tích phân xác định theo điều kiện ban đầu (khi  $t=0$  thời điểm bắt đầu ngắn mạch).

Lúc này:

$$i = i_0$$

$$e^{-\frac{t}{T_{td}}} = 1$$

$$i_0 = C$$

Vì vậy ta có:

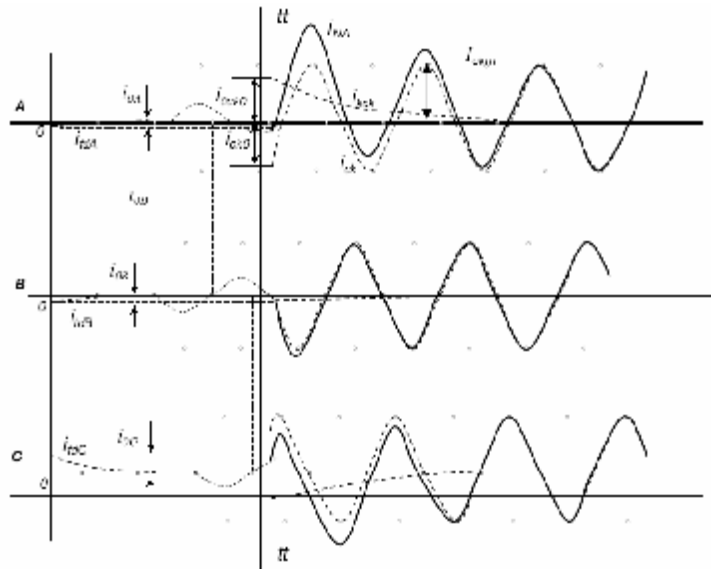
$$i_{td} = i_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_{td}}}$$

Điều này chứng tỏ ở đây chỉ có thành phần dòng điện tự do. Thành phần này tắt dần theo hằng số thời gian  $T_{td}$ .

$$T_{td} = \frac{L_1}{r_1} = \frac{x_1}{\omega \cdot r_1}$$

Nhận xét:

- + Giá trị ban đầu của dòng điện tự do trong mỗi pha bằng giá trị tức thời trước đó của dòng điện, do mạch có tính chất điện cảm, không có sự thay đổi đột biến của dòng.
- + Nói chung các dòng điện tự do trong các pha là khác nhau mặc dù sự tắt dần của chúng xảy ra cùng một hằng số thời gian.
- + Dòng điện tự do có thể không có trong pha nào đó nếu như thời điểm xảy ra ngắn mạch dòng điện trước đó của pha ấy đi qua trị số không. Khi đó dòng điện tự do của hai pha còn lại bằng nhau về giá trị nhưng ngược chiều nhau.



Hình 8.6

Trên hình 8.6 biểu diễn các giá trị tức thời trong các pha ở phần không nguồn của mạch khi xảy ra ngắn mạch ở thời điểm  $t$  ứng với vị trí của đồ thị vectơ.

*b) Phần có nguồn*

Ở đây ngoài dòng điện tự do sẽ có thêm dòng điện cưỡng bức mới. Giá trị của dòng cưỡng bức lớn hơn dòng điện lúc trước và sự lệch pha của nó nói chung cũng khác trước. Ta giả thiết rằng các vectơ  $I_{ckA}$ ;  $I_{ckB}$ ;  $I_{ckC}$  phù hợp với chế độ xác lập mới của phần mạch có nguồn (khi đã xảy ra ngắn mạch).

Phương trình vi phân cân bằng trong mỗi pha. Ví dụ pha A có dạng:

$$u_A = i_A r_N + L_N \frac{di_A}{dt} + M \frac{di_B}{dt} + M \frac{di_C}{dt} \quad (34)$$

Vì mạch đối xứng  $i_B + i_C = -i_A$  nên biểu thức (34) có thể viết gọn hơn

$$u = i r_N + L_N \frac{di}{dt} \quad (35)$$

Trong đó:  $L_N = (L - M)$  - điện cảm tổng của pha (tức điện cảm có kể tới hồ cảm của 2 pha còn lại).

Giải phương trình (35) ta được:

$$i = \frac{U_m}{Z_N} \sin(\omega t - \alpha - \varphi_N) + C.e^{-\frac{t}{T_{kck}}} \quad (36)$$

Trong đó:  $Z_N$  - tổng trở của phần mạch có nguồn (tổng trở ngắn mạch).

$\varphi_N$  - Là góc pha của điện áp và dòng ngắn mạch.

$T_{kck}$  - Là hằng số thời gian của mạch ngắn mạch được xác định như sau:

$$T_{kck} = \frac{L_N}{r_N} = \frac{x_N}{\omega r_N} \quad [\text{giây}]$$

Phần thứ nhất của biểu thức (36) là thành phần dòng điện chu kỳ, dòng điện này chính là dòng điện cưỡng bức với biên độ không đổi:

$$I_{ck.m} = \frac{U_m}{Z_N}$$

Phần thứ hai của biểu thức (36) là thành phần dòng điện tự do (tắt dần), còn gọi là thành phần dòng điện không chu kỳ. Hằng số tích phân C được xác định theo điều kiện ban đầu tại thời điểm  $t = 0$

$$i_{(t=0)} = i_0 = i_{ck0} + C = I_{ck.m} \sin(\alpha - \varphi_N) + C$$

Mặt khác trước lúc ngắn mạch  $i_0 = I_m \sin(\alpha - \varphi)$ . Cho nên ta có thể viết:

$$C = i_0 - i_{ck0} = I_m \sin(\alpha - \varphi) - I_{ck.m} \sin(\alpha - \varphi_N) = i_{kck0}$$

Vậy tại  $t = 0$

$$i_0 = i_{ck0} + i_{kck0}$$

Trong đó:  $i_0$  - trị số tức thời của  $i$  tại  $t = 0$

$i_{ck0}$  - trị số tức thời của  $i_{ck}$  tại  $t = 0$

$i_{kck0}$  - thành phần không chu kỳ tại  $t = 0$

$$i = i_{ck} + i_{kck} = I_{ck.m} \sin(\omega t - a - j_N) + i_{kck0} \cdot e^{-\frac{t}{T_{kck}}}$$

Nhận xét:

+ Do các dòng  $i_{ck0}$ ;  $i_0$  là hình chiếu của các vectơ  $I_{ck.m}$  và  $I_m$  trên trục thời gian nên dòng  $i_{kck0}$  cũng có thể coi như là hình chiếu của  $(I_m - I_{ck.m})$  trên trục đó. Giá trị ban đầu của thành phần tự do (tắt dần) có thể thay đổi từ giá trị lớn nhất có thể khi vectơ  $(I_m - I_{ck.m})$  song song với trục thời gian tt. Và bằng không khi nó vuông góc với trục tt.

+ Giá trị lớn nhất của thành phần không chu kỳ càng lớn thì sự dịch chuyển của đường cong dòng điện toàn phần so với trục thời gian lại càng lớn.

+ Giá trị lớn nhất của thành phần không chu kỳ ( $i_{kck0}$ ) được xác định không chỉ phụ thuộc vào góc pha khi xảy ra ngắn mạch mà còn phụ thuộc vào chế độ phụ tải trước lúc ngắn mạch. Ví dụ trước đó (lúc ngắn mạch) nếu trong mạch không có dòng điện thì giá trị của  $i_{kck0}$  có thể đạt tới giá trị của thành phần chu kỳ. Hoặc giá trị của  $i_{kck0}$  sẽ có giá trị cực đại khi mạch điện trước đó có tính chất điện dung, rồi đến mạch không có tải và bé nhất khi mạch có tính điện cảm.

+ Trong tính toán thường coi mạch điện khi ngắn mạch là không có tải  $i_{kck0}$  có thể đạt tới giá trị cực đại, tuy nhiên tại thời điểm  $t = 0$  nó còn phụ thuộc cả vào  $\alpha$  nữa. Khi không có tải tức  $I_m = 0$  vậy  $i_{kck0} = -I_{ck.m} \sin(\alpha - \varphi_N)$ . Vì vậy ta có thể viết  $i_N$  theo  $\alpha$  và  $t$ .

$$i_N = I_{ck.m} \left( \sin(\omega t + a - j_N) - \sin(a - j_N) \cdot e^{-\frac{t}{T_{kck}}} \right) = f(a, t)$$

Để khảo sát cực trị của  $i_N$  ta lấy đạo hàm và cho bằng không

$$\frac{\partial i_N}{\partial t} = \omega \cos(\omega t + a - j_N) + \frac{1}{T_{kck}} \sin(a - j_N) \cdot e^{-\frac{t}{T_{kck}}} = 0$$

$$\frac{\partial i_N}{\partial a} = \cos(\omega t + a - j_N) - \cos(a - j_N) \cdot e^{-\frac{t}{T_{kck}}} = 0$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được

$$\operatorname{tg}(a - j_N) = -\omega \cdot T_{kck} = -\frac{X_N}{r_N}$$

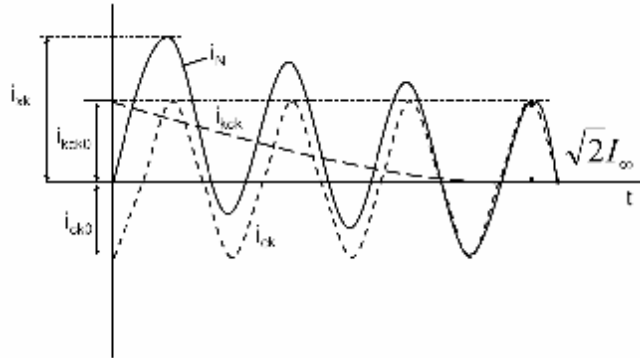
Bên cạnh đó ta có:

$$\operatorname{tg}(-j_N) = -\frac{X_N}{r_N}$$

Nên :  $\operatorname{tg}(a - j_N) = \operatorname{tg}(-j_N) \rightarrow a - j_N = -j_N \rightarrow a = 0$



+ Như vậy trong mạch có r và L. Cực đại của giá trị dòng điện toàn phần tức thời sẽ xảy ra khi  $\alpha = 0$  (tức nếu khi ngắn mạch trị số điện áp của nguồn qua trị số không). Thực tế trong tính toán người ta cần phải xác định được giá trị tức thời cực đại của dòng ngắn mạch toàn phần. Giá trị này được gọi là dòng ngắn mạch xung kích  $i_{xk}$  thường được xác định bằng giá trị của thành phần không chu kỳ lớn nhất (hình 9.4) và coi rằng nó xảy ra ở gần quá nửa chu kỳ đầu (tức là quãng chừng 0,001 giây sau khi xuất hiện ngắn mạch với  $f = 50\text{Hz}$ ).



Hình 9.4

Dòng điện xung kích được biểu diễn dưới dạng

$$i_{xk} = I_{ck.m} + I_{ck.m} e^{-\frac{0,01}{T_{kck}}} = \left( 1 + e^{-\frac{1}{T_{kck}}} \right) I_{ck.m}$$

$$i_{xk} = k_{xk} I_{ck.m}$$

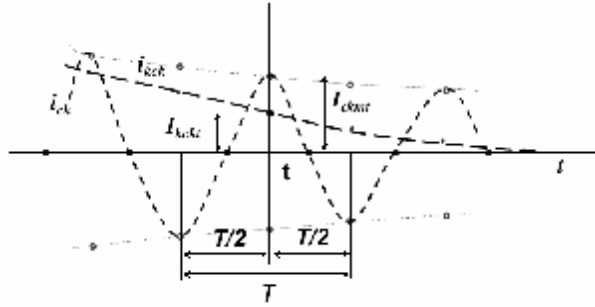
$k_{xk}$  - hệ số xung kích ( $1 < k_{xk} < 2$ )

### 8.3.2. Các giá trị thực của dòng ngắn mạch toàn phần và các thành phần

+ Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch tại thời điểm t xác định theo:

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} i^2 dt} \quad (41)$$

Sự phụ thuộc của  $i = f(t)$  rất phức tạp. Vì vậy để tính được  $I_t$  ta coi trong chu kỳ khảo sát cả hai thành phần dòng ngắn mạch đều là không đổi, tức là biên độ của thành phần chu kỳ và không chu kỳ không thay đổi và bằng giá trị của chúng tại thời điểm t đã cho (hình 9.5)



Hình 9.5

+ Giá trị thực của thành phần chu kỳ ở thời điểm đang xét t.

$$I_{ck.t} = \frac{I_{ck.mt}}{\sqrt{2}}$$

+ Giá trị thực của thành phần không chu kỳ trong 1 chu kỳ lấy bằng giá trị tức thời ở thời điểm giữa của chu kỳ đã cho.

$$I_{kck.t} = i_{kck.t}$$

+ Giá trị thực của dòng ngắn mạch toàn phần ở thời điểm đó sẽ là:

$$I_t = \sqrt{I_{ck.t}^2 + I_{kck.t}^2}$$

+ Giá trị lớn nhất của dòng ngắn mạch toàn phần  $I_{xk}$  (giá trị hiệu dụng) xảy ra ở sau chu kỳ đầu tiên của quá trình quá độ. Với điều kiện  $i_{kck0} = I_{ck.m}$  giá trị của nó được xác định theo:

$$I_{xk} = \sqrt{I_{ck.t}^2 + I_{kck}^2}$$

Với điều kiện  $i_{kck0} \approx I_{ck.m}$  ở  $t \approx 0,02$  s

+ Trị số hiệu dụng của thành phần không chu kỳ  $I_{kck}$  được lấy bằng giá trị của  $i_{kck}$  tại thời điểm xảy ra  $i_{xk}$  nên ta có:

$$I_{kck} = i_{xk} - I_{ck.m} = \left( \frac{i_{xk}}{I_{ck.m}} - 1 \right) I_{ck.m}$$

Ta biết rằng

$$i_{xk} = k_{xk} \cdot I_{ck.m} \rightarrow k_{xk} = \frac{i_{xk}}{I_{ck.m}}$$

$$I_{kck} = (k_{xk} - 1) \sqrt{2} \cdot I_{ck}$$

Thay vào biểu thức trên ta có:

$$I_{xk} = \sqrt{I_{ck}^2 + \left( (k_{xk} - 1) \sqrt{2} I_{ck} \right)^2}$$

$$I_{xk} = \left( 1 + 2(k_{xk} - 1)^2 \right) I_{ck}$$

Đặt  $K_{xk} = \frac{I_{xk}}{I_{ck}}$  ta có  $1 < K_{xk} < \sqrt{3}$

## 8.4. Các phương pháp thực tế tính toán dòng ngắn mạch

### 8.4.1. Sơ đồ thay thế tính toán

Trong sơ đồ tính toán tất cả các mạch điện có liên hệ từ được thay thế bằng mạch liên hệ điện. Đưa tất cả các nguồn tham gia cung cấp cho điểm ngắn mạch và toàn bộ điện kháng của các phần tử mà dòng ngắn mạch tính toán chạy qua. Khi trong sơ đồ có máy biến áp phải qui đổi các phần tử và sức điện động của các cấp biến đổi khác nhau của sơ đồ về cấp nào đó được chọn làm cơ sở. Việc tính toán sẽ đơn giản đi nếu chọn cấp tính toán dòng ngắn mạch làm cơ sở.

Giả thiết mạch điện có một vài cấp biến đổi điện áp nối với cấp chọn làm cơ sở bằng một chuỗi máy biến áp mắc liên tiếp. Khi tính toán trong hệ đơn vị có tên việc qui đổi sức điện động (điện áp), dòng điện và tổng trở về cấp làm cơ sở được thực hiện bằng công thức sau:

$$\overset{\circ}{E}_0 = (k_1.k_2\dots.k_n)E \quad (8.46)$$

$$\overset{\circ}{U}_0 = (k_1.k_2\dots.k_n)U \quad (8.47)$$

$$\overset{\circ}{I}_0 = \frac{1}{k_1.k_2\dots.k_n}I \quad (8.48)$$

$$\overset{\circ}{x}_0 = (k_1.k_2\dots.k_n)x \quad (8.49)$$

Trong đó:  $\overset{\circ}{E}_0, \overset{\circ}{U}_0, \overset{\circ}{I}_0, \overset{\circ}{x}_0$  - các đại lượng qui đổi.

$k_1; k_2 ; \dots.k_n$  - hệ số biến đổi của tất cả các máy biến áp có trên đường đi giữa mạch được qui đổi và cấp cơ sở được chọn và được xác định theo chiều từ cấp chọn làm cơ sở tới cấp mà các phần tử cần qui đổi.

Thực tế tính toán các điện áp định mức thực của mỗi cấp biến đổi được thay thế bằng điện áp định mức trung bình  $U_{tb}$  của các cấp mà nó có liên hệ. Còn hệ số biến đổi chung của các máy biến áp nối liên tiếp sẽ bằng tỉ số các  $U_{tb}$  ở hai đầu biên.

Do đó khi tính gần đúng các biểu thức tính toán có dạng:

$$\overset{\circ}{E} = \frac{U_{tb}}{U_{tbcs}}E \quad (8.50)$$

$$\overset{\circ}{U} = \frac{U_{tb}}{U_{tbcs}}U \quad (8.51)$$

$$\overset{\circ}{I} = \frac{U_{tb}}{U_{tbcs}}I \quad (8.52)$$

$$\frac{\overset{\circ}{E}}{\overset{\circ}{X}} = \frac{U_{tb}}{U_{tbcs}} X \quad (8.53)$$

Trong đó:  $U_{tb}$  - điện áp trung bình của cấp tiến hành tính toán.

$U_{tbcs}$  - điện áp trung bình của cấp chọn làm cơ sở.

Khi tính toán trong hệ đơn vị tương đối trước hết cần chọn  $S_{cb}$  và  $U_{cb}$  của một cấp của sơ đồ. Các đại lượng cơ bản của các cấp khác được xác định theo công thức:

$$\overset{\circ}{U}_{cb} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \dots k_n} U_{cb} \quad (8.54)$$

$$\overset{\circ}{I}_{cb} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \dots k_n} I_{cb} \quad (8.55)$$

$$\overset{\circ}{I}_{cb} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \dots k_n} \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} U_{cb}} \quad (8.56)$$

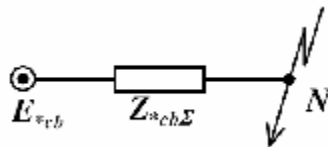
Việc qui đổi sức điện động (điện áp); dòng điện; tổng trở về cấp cơ sở (tính trong hệ đơn vị tương đối cơ sở) được tiến hành theo các công thức nêu trước đây (2) – (4). Trong đó thay các  $U_{cbtb}$  và  $I_{cbtb}$  bằng các giá trị đã được qui đổi về cấp cơ sở:

$$E_{*cb} = \frac{E}{\overset{\circ}{U}_{cb}} ; U_{*cb} = \frac{U}{\overset{\circ}{U}_{cb}} ; S_{*cb} = \frac{S}{\overset{\circ}{S}_{cb}}$$

$$I_{*cb} = \frac{I}{\overset{\circ}{I}_{cb}} = \frac{I \sqrt{3} \overset{\circ}{U}_{cb}}{S_{cb}} ; X_{*cb} = \frac{X \sqrt{3} \overset{\circ}{I}_{cb}}{\overset{\circ}{U}_{cb}} = X \frac{S_{cb}}{\overset{\circ}{U}_{cb}}$$

Sau khi đã thành lập sơ đồ tính toán đối với điểm ngắn mạch đã cho. Việc tính toán quá trình quá độ có thể được tiến hành theo các phương pháp khác nhau.

Phương pháp đơn giản nhất: là thay tất cả các nguồn phát sđđ bằng đơn vị và biến đổi sơ đồ thay thế vào sơ đồ thay thế dạng đơn giản nhất - sơ đồ chỉ có 1 tổng trở  $Z_{*cb\Sigma}$  (trong hệ đơn vị tương đối cơ bản) và 1 nguồn có sức điện động  $E_{*cb} = 1$



Hình 9.6

Dòng điện siêu quá độ ban đầu tại chỗ ngắn mạch (giá trị hiệu dụng của nửa chu kỳ đầu tiên của thành phần chu kỳ) được xác định theo:

Trong hệ đơn vị tương đối:

$$I''_{*N(cb)0} = \frac{1}{Z_{*cb\Sigma}} \quad (8.57)$$

Trong hệ đơn vị có tên:

$$I''_{*N0} = \frac{\overset{\circ}{I}_{cb}}{Z_{*cb\Sigma}} \quad (8.58)$$

#### 8.4.2. Phương pháp đường cong tính toán

##### a) Giới thiệu chung

Phương pháp dùng để tính toán quá trình quá độ khi ngắn mạch ba pha đưa vào sử dụng các đường cong tính toán, được xây dựng đối với các máy phát thủy điện và nhiệt điện có TĐK, và không có TĐK.

Các đường cong tính toán biểu diễn sự phụ thuộc của bộ số dòng ngắn mạch vào điện kháng tính toán của mạch ngắn mạch  $k_{tt} = f(x_{*tt})$  đối với các thời điểm khác nhau kể từ khi xuất hiện ngắn mạch.

Đường cong tính toán được xây dựng với giả thiết sau:

+ Các máy phát trước khi xuất hiện ngắn mạch làm việc với phụ tải định mức đối xứng và  $\cos\varphi = 0,8$ .

+ Các điện kháng siêu quá độ dọc trục như nhau ( $x''_d = x''_q$ ).

+ Ngắn mạch ba pha đối xứng và được cung cấp từ một phía.

Các điện kháng tính toán của mạch ngắn mạch được xác định theo công thức:

$$x_{*tt} = x_{*cb\Sigma} \frac{S_{dm\Sigma}}{S_{cb}}$$

Trong đó:  $x_{*cb\Sigma}$  - điện kháng tổng của mạch kể từ nguồn cung cấp tới chỗ ngắn mạch trong hệ đơn vị tương đối cơ bản.

$S_{dm\Sigma}$  - công suất các nguồn cung cấp cho chỗ ngắn mạch (MVA)

$S_{cb}$  - công suất cơ bản (MVA)

Nếu công suất cơ bản được chọn bằng công suất định mức của các nguồn cung cấp thì điện kháng tổng chính là điện kháng tính toán:

$$x_{*tt} = c_{*cb\Sigma} \quad (8.60)$$

Bộ số thành phần dòng điện ngắn mạch chu kỳ được xác định theo các đường cong tính toán (HV) phụ thuộc vào điện kháng tính toán kể từ thời điểm xảy ra ngắn mạch.

$$I_{*ckt} = f(x_{*tt}, t)$$

Thành phần dòng ngắn mạch chu kỳ đối với thời điểm  $t$  được xác định theo công thức:

$$I_t = I_{*ckt} \cdot I_{dm\Sigma}$$

Trong đó:  $I_{*ckt}$  - tra theo đường cong

$I_{dm\Sigma}$  - dòng định mức tổng các nguồn cung cấp, có thể xác định theo biểu thức:

$$I_{dm\Sigma} = \frac{S_{dm\Sigma}}{\sqrt{3}U_{dm,ht}}$$

Trong đó:  $U_{dm,ht}$  - điện áp định mức của hệ thống tại điểm ngắn mạch.

$S_{dm\Sigma}$  - công suất định mức tổng các nguồn cung cấp.

Trong các trường hợp sau có thể tính toán đơn giản mà không cần sử dụng công thức tính toán

- Điện kháng tính toán lớn:  $x_{*tt} > 3$  (8.63)

Coi như ngắn mạch xảy ra ở xa nguồn nên để xác định thành phần dòng ngắn mạch chu kỳ đối với mọi thời điểm ta sử dụng công thức:

$$I_N = \frac{I_{dm\Sigma}}{x_{*tt}} \quad (8.64)$$

- Khi xác định giá trị hiệu dụng của nửa chu kỳ đầu tiên của thành phần dòng ngắn mạch chu kỳ của các máy phát tuốc bin hơi việc tính toán được tiến hành theo công thức (với các giá trị bất kỳ của  $x_{*tt}$ ).

$$I_{N0} = \frac{I_{dm\Sigma}}{x_{*tt}} \quad (8.65)$$

Với các tuốc bin nước không sử dụng được (8.65) vì cho kết quả không chính xác.

Giá trị tức thời cực đại của dòng ngắn mạch toàn phần bằng dòng xung kích.

$$i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N0} \quad (8.66)$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch toàn phần  $I_t$  ở thời điểm bất kỳ.

$$I_t = \sqrt{I_{ckt}^2 + I_{kckt}^2} \quad (8.67)$$

Trong đó:  $I_{ckt}$  - giá trị hiệu dụng của thành phần chu kỳ (tra đường cong)

$I_{kckt}$  - giá trị hiệu dụng của thành phần không chu kỳ ở cùng 1 thời điểm, được xác định theo biểu thức :

$$I_{kckt} = \sqrt{2} I_{N0} e^{-\frac{t}{T_{kck}}} \quad (8.68)$$

$T_{kck} =$

$r$

$x$

$\cdot 314$

- hằng số thời gian tắt dần. [giây].

Khi  $t \geq 2T_{kck} \rightarrow$  có thể coi  $I_t$   
 $= I_{ckt}$

## Chương IX: LỰA CHỌN THIẾT BỊ ĐIỆN

### 9.1. Khái niệm chung

Các thiết bị điện, sứ và các trang thiết bị truyền dẫn điện trong điều kiện vận hành làm việc ở 3 chế độ cơ bản: chế độ làm việc dài hạn, chế độ quá tải (đối với một số thiết bị phụ tải tăng cao tới 1,4 lần định mức) và cuối cùng là chế độ ngắn mạch. Ngoài ra trong chương này không xét tới chế độ không đối xứng.

Ở chế độ làm việc lâu dài sự làm việc tin cậy của các thiết bị, sứ và các trang thiết bị dẫn điện được đảm bảo bằng cách lựa chọn chúng đúng theo điện áp định mức và dòng điện định mức. Ở chế độ quá tải sự làm việc của thiết bị được đảm bảo bằng cách hạn chế giá trị và thời gian tăng điện áp hay dòng điện ở một giới hạn nào đó phù hợp với mức dự về độ bền của chúng.

Ở chế độ ngắn mạch sự làm việc tin cậy của thiết bị, sứ và các phần tử dẫn điện được đảm bảo bằng cách lựa chọn các tham số của các tham số của chúng phù hợp với các điều kiện ổn định nhiệt và ổn định lực điện động.

Khi chọn các thiết bị và các tham số của phần tử dẫn điện cần phải chú ý tới hình thức lắp đặt và vị trí lắp đặt (trong nhà, ngoài trời, nhiệt độ, độ ẩm... của môi trường xung quanh và độ cao lắp đặt các thiết bị so với mặt nước biển).

Khi thành lập sơ đồ để tính toán dòng điện ngắn mạch đối với thiết bị ta phải chọn chế độ sao cho khi đó thiết bị làm việc trong các điều kiện thực tế nặng nề nhất (tức với điểm ngắn mạch chọn phải có được dòng ngắn mạch lớn nhất đi qua thiết bị).

Ngoài ra các thiết bị lựa chọn cần phải thoả mãn các yêu cầu hợp lý về kinh tế.

### 9.2. Lựa chọn thiết bị và các tham số theo điều kiện làm việc lâu dài

#### 9.2.1. Chọn theo điện áp định mức

Điện áp định mức của thiết bị cho trên nhãn máy phù hợp với mức cách điện của nó và có một mức dự nào đó về độ bền, cho phép làm việc lâu dài ở điện áp cao hơn định mức 10 ÷ 15 % (gọi là điện áp làm việc cực đại của thiết bị). Vì độ lệch điện áp trong điều kiện làm việc bình thường không vượt quá 10 ÷ 15 % định mức nên khi lựa chọn theo điều kiện điện áp cần phải thoả mãn điều kiện sau:

$$U_{dm.m} \leq U_{dm.tb} \quad (1)$$

Trong đó:  $U_{dm.m}$  - điện áp định mức của mạng mà thiết bị mắc vào.

$U_{dm.tb}$  - điện áp định mức của thiết bị do nhà máy chế tạo cho trong lý lịch, hoặc ghi trên nhãn máy. Thực tế vận hành điện áp lưới dao động nên ta có:

$$U_{dm.tb} + \Delta U_{dm.tb} \leq U_{dm.m} + \Delta U_m \quad (2)$$



Trong đó:  $\Delta U_{\text{đm}} -$  độ tăng điện áp cho phép của thiết bị  
 $\Delta U_{\text{m}} -$  độ lệch điện áp có thể có của mạng khi làm việc so với  
định mức trong điều kiện vận hành.

Mức tăng điện áp cho phép của một số thiết bị:

STT	Thiết bị	Mức tăng ( $U_{\text{đm}})$
1	Cáp điện	1,1
2	Sứ	1,15
3	Dao cách ly	1,15
4	Máy cắt điện	1,15
5	Chống sét	1,25
6	Điện kháng	1,1
7	Biến dòng điện	1,1
8	Biến áp đo lường	1,1
9	Cầu chì	1,1

### 9.2.2. Chọn theo dòng điện định mức

Dòng điện định mức  $I_{\text{đm}}$  là dòng điện có thể chạy qua thiết bị trong thời gian lâu dài ở nhiệt độ định mức của môi trường. Lúc đó nhiệt độ của phần tử bị đốt nóng nhất của thiết bị không vượt quá giá trị cho phép lâu dài.

Việc chọn đúng theo dòng định mức đảm bảo không xảy ra quá đốt nóng nguy hiểm cho các phần tử của thiết bị khi làm việc lâu dài ở chế độ định mức. Dòng điện làm việc cực đại của mạng  $I_{\text{lv,max}}$  trong thời gian  $t \geq 3T$  không được vượt quá dòng định mức của thiết bị.

$$I_{\text{lv,max}} \leq I_{\text{đm.tb}} \quad (3)$$

Dòng điện làm việc cực đại xuất hiện khi:

- + Mạch các đường dây làm việc song song khi cắt đi 1 đường dây.
- + Mạch máy biến áp khi sử dụng khả năng quá tải của chúng.
- + Các đường cáp không dự trữ khi sử dụng khả năng quá tải của chúng.
- + Các máy phát điện, khi làm việc với công suất định mức và điện áp giảm 5% so với định mức.

Nhiệt độ môi trường xung quanh thiết bị thường lấy  $35^{\circ}\text{C}$ . Khi nhiệt độ ở nơi lắp đặt lớn hơn khi đó cần hiệu chỉnh lại dòng định mức.

$$I_q = I_{\text{đm.tb}} \sqrt{\frac{q_{\text{cp}} - q_{\text{kk}}}{q_{\text{cp}} - 35}}$$

Trong đó:  $\theta_{\text{cp}}$  - nhiệt độ lớn nhất cho phép của thiết bị

$\theta_{\text{kk}}$  - nhiệt độ không khí nơi lắp đặt

Trường hợp  $\theta_{kk} < 35^\circ\text{C}$  thì dòng cho phép có thể lớn  $I_{dm}$ . Cứ mỗi độ giảm của môi trường xung quanh so với  $35^\circ\text{C}$  thì cho phép tăng dòng điện lớn hơn là  $0,005 \cdot I_{dm}$  nhưng tổng cộng không được vượt quá  $0,2 \cdot I_{dm}$ .

### 9.3. Kiểm tra các thiết bị điện

Các thiết bị điện và các trang bị dẫn điện được chọn theo các điều kiện định mức cần phải kiểm tra về ổn định nhiệt và ổn định lực điện động khi có ngắn mạch. Đối với các thiết bị đóng cắt ngoài các điều kiện trên còn phải kiểm tra cả khả năng cắt với các dòng ngắn mạch

#### 9.3.1. Kiểm tra ổn định lực điện động

Ổn định điện động phải được kiểm tra với dòng ngắn mạch lớn nhất (có thể là ngắn mạch 3 pha hoặc ngắn mạch 1 pha).

- Việc thiết bị được lắp đặt với độ cao tương đối so với mặt nước biển dẫn tới sự giảm điện áp cho phép.

- Mức tăng điện áp so với điện áp định mức vừa nêu trên chỉ cho phép khi thiết bị được lắp đặt ở độ cao dưới 1000 m so với mặt nước biển.

Nếu độ cao nơi lắp đặt cao hơn phải giảm bớt không được quá  $U_{dm}$

+ Mạng có trung tính cách đất 1 ÷ 35 kV ngắn mạch 3 pha là lớn nhất.

+ Mạng 110 -220 và lớn hơn với trung tính trực tiếp nối đất dạng ngắn mạch lớn nhất có thể là 3 pha, nhưng cũng có thể là ngắn mạch 1 pha, tùy thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch. Khi kiểm tra ổn định lực điện động với thiết bị phải thỏa mãn điều kiện:

$$i_{dm.ôđđ} \geq i_{xk.tt}$$

Trong đó:  $i_{dm.ôđđ}$  - biên độ của dòng điện cực đại cho phép đặc trưng cho sự ổn định động của thiết bị

$i_{xktt}$  - biên độ của dòng ngắn mạch xung kích

#### 9.3.2. Kiểm tra ổn định nhiệt

Dây dẫn và các thiết bị khi ngắn mạch không được phát nóng quá nhiệt độ cực đại theo các tiêu chuẩn qui định đối với đốt nóng ngắn hạn khi có dòng ngắn mạch chạy qua. Phải thỏa mãn 1 trong 3 điều kiện:

$$I_{dm.ôđđ}^2 t_{dm.ôđđ} \geq B_N \quad (1)$$

$$I_{dm.ôđđ}^2 t_{dm.ôđđ} \geq I_{\infty}^2 t_{gt} \quad (2)$$

$$I_{dm.ôđđ}^2 \geq I_{\infty}^2 \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{ôđđ}}} \quad (3)$$

Trong đó:  $I_{dm.ôđđ}$  - dòng ổn định nhiệt định mức để cho thiết bị có thể duy trì được trong khoảng thời gian  $t_{dm.ôđđ}$  (số liệu do nhà máy chế tạo cung cấp).

$B_N$  - trị số xung nhiệt đặc trưng cho nhiệt lượng phát sinh trong thiết bị trong thời gian tác động của dòng ngắn mạch, xác định theo tính toán.

$I_\infty$  - dòng ngắn mạch xác lập trong mạch của thiết bị được chọn, xác định theo tính toán.

$t_{gt}$  - thời gian tác động qui đổi (giả thiết) của dòng ngắn mạch, xác định theo tính toán. Khi kiểm tra ổn định nhiệt, thời gian tác động tính toán của dòng ngắn mạch được xác định bằng tổng thời gian tác động của bảo vệ chính đặt ở máy gần chỗ sự cố và thời gian tác động toàn phần của máy cắt đó.

Trong các lý lịch máy nhà chế tạo cho biết giá trị  $I_{dm.ởdn}$  đối với thời gian 5 hay 10 giây. Từ đó để kiểm tra các thiết bị cần phải xác định các giá trị của các đại lượng  $B_N$ ;  $t_{gt}$ ,  $I_\infty$ .

Việc xác định chính xác trị số xung nhiệt của dòng ngắn mạch bằng giải tích.

$$B_N = \int_0^t i_N^2 dt \quad (5)$$

Trị số  $B_N$  - Xác định theo (s) gặp nhiều khó khăn vì  $i_N$  trong quá trình quá độ là biến đổi theo các qui luật rất phức tạp. Giá trị của  $B_N$  có thể xác định được một cách gần đúng nếu biết trị số của dòng ngắn mạch ở một vài thời điểm của quá trình quá độ. Với các máy phát nhỏ hơn 150 MW. Giá trị  $B_N$  có thể xác định gần đúng nhờ các đường cong tính toán:

Trình tự:

- Nhờ đường cong ta có thể xác định được thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch tại các thời điểm (kể từ  $t = 0 \rightarrow$  đến  $t = t_c$  (thời điểm dòng ngắn mạch được cắt)  $I_0$  ( $I''$ );  $I_{01}$ ;  $I_{02}$ ;  $I_{03}$ ; ....  $I_t$ . Với thời điểm đầu tiên phải tính đến cả thành phần không chu kỳ, tức phải tính với giá trị hiệu dụng lớn nhất của dòng ngắn mạch toàn phần.

$$I_{xk} = k_{xk} I''$$

- Với mỗi đoạn (khoảng thời gian) ta xác định được giá trị bình phương của dòng quân phương.

$$I_{qp1}^2 = \frac{I_{xk}^2 + I_{01}^2}{2} ; \quad I_{qp2}^2 = \frac{I_{01}^2 + I_{02}^2}{2} \dots$$

- Giá trị  $B_N$  được tính theo công thức:

$$B_N = \sum_{i=1}^n I_{qp,i}^2 \Delta t_i$$

Trong đó:  $I_{qp,i}$  - dòng quân phương ở khoảng thời gian thứ  $i$

$\Delta t_i$  - độ dài của khoảng thời gian thứ  $i$

n - số khoảng thời gian.

- Khi ngắn mạch ở xa nguồn, thành phần dòng chu kỳ coi như không đổi, và với  $t \geq 0,2$  giây thì  $B_N$  tính theo công thức sau:

$$B_N \approx I''^2 (t + T_a)$$

Trong đó:  $T_a$  - thời gian tắt dần của thành phần không chu kỳ, thường lấy bằng  $T_a = 0,05$  giây.

### 9.3.3. Thời gian giả thiết

Thời gian giả thiết  $t_{gt}$  là thời gian cần thiết để dòng ngắn mạch ổn định gây nên được một hiệu ứng nhiệt đúng như dòng ngắn mạch thực tế biến thiên gây ra trong thời gian thực tế  $t_c$ .

$$t_{gt} = t_{gt.ck} + t_{gt.kck}$$

Trong đó:  $t_{gt.ck}$  - thời gian giả thiết với thành phần chu kỳ.

$t_{gt.kck}$  - thời gian giả thiết với thành phần không chu kỳ.

Thời gian giả thiết chu kỳ  $t_{gt.ck}$  - thường được xác định theo thời gian thực  $t_c$  và tỷ số giữa dòng siêu quá độ ban đầu và dòng ngắn mạch ổn định

$$b'' = \frac{I''}{I_\infty} \quad (\text{tức } t_{gt.ck} = f(t_c, \beta''))$$

Khi coi nguồn có công suất vô cùng lớn:  $t_{gt.ck} = t_c$

Thời gian giả thiết không chu kỳ  $t_{gt.kck}$  được xác định gần đúng theo:

$$t_{gt.kck} \approx 0,005 \cdot b''^2$$

Khi  $t_c > 1$  giây  $\rightarrow t_{gt.kck} = 0$  (có thể bỏ qua)

## 9.4. Lựa chọn các phần tử của mạng điện

### 9.4.1. Máy cắt điện

a. Nhiệm vụ

Máy cắt là thiết bị dùng đóng cắt dòng điện phụ tải và dòng ngắn mạch ở mạng cao áp ( $>1000$  V). Máy cắt làm việc tin cậy, giá thành cao được dùng ở những nơi quan trọng. Có thể được phân loại theo nhiều cách:

- Theo phương pháp dập hồ quang:

+ Máy cắt ít dầu, nhiều dầu

+ Máy cắt không khí, khí nén.

+ Máy cắt chân không, tự sinh khí...

- Theo tốc độ cắt: MC nhanh; vừa; chậm.

- Theo hoàn cảnh làm việc: trong nhà, ngoài trời hoặc điều kiện đặc biệt.

Việc chọn máy cắt phải đảm bảo các điều kiện về  $U_{dm}$ ,  $I_{dm}$  về kiểu loại, về hình thức lắp đặt phù hợp các chỉ tiêu kỹ thuật.

*b. Các điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt*

Đại lượng chọn & kiểm tra	Ký hiệu	Điều kiện chọn & kiểm tra
1. Điện áp định mức (kV)	$U_{dm.MC}$	$U_{dm.MC} \geq U_{dm.m}$
2. Dòng điện định mức (A)	$I_{dm.MC}$	$I_{dm.MC} \geq I_{tt} (I_{lv,max})$
3. Dòng cắt định mức (kA)	$I_{dm.cắt}$	$I_{dm.cắt} \geq I''$
4. Công suất cắt định mức	$S_{dm.cắt}$	$S_{dm.cắt} \geq S''_N$
5. Dòng điện ổn định lực điện động	$i_{dm.ôdd}$	$i_{dm.ôdd} \geq i_{xktt}$
6. Dòng ổn định nhiệt trong thời gian $t_{ôdn}$	$I_{dm.ôdn}$	$I_{dm.ôdn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{ôdd}}}$

**9.4.2. Chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải**

*a. Nhiệm vụ*

Máy cắt phụ tải là thiết bị đơn giản và rẻ tiền hơn máy cắt. Nó gồm hai bộ phận hợp thành, bộ phận đóng cắt (điều khiển bằng tay) và cầu chì. Vì bộ phận dập hồ quang đơn giản nên chỉ đóng cắt được dòng điện phụ tải, không cắt được dòng điện ngắn mạch. Để cắt dòng ngắn mạch, trong máy cắt phụ tải người ta dùng cầu chì. Cầu chì có thể chọn với giá trị khác nhau, ví dụ: 100; 200; ...400A. Thiết bị được tính với giá trị dòng điện định mức của cầu chì. Do có cấu tạo đơn giản và rẻ tiền, nhưng không làm việc chắc chắn bằng máy cắt. Nên chỉ được sử dụng ở nơi không quan trọng (trạm phân xưởng) và mới chỉ được chế tạo ở cấp điện áp trung áp.

*b. Các điều kiện chọn và kiểm tra*

Lựa chọn giống như máy cắt theo các mục 1, 2, 5 và 6. Riêng các mục 3, 4 có thể dùng để kiểm tra cầu chì.

**9.4.3. Chọn và kiểm tra dao cách ly**

*a. Nhiệm vụ*

Dao cách ly có nhiệm vụ cách ly các bộ phận hoặc thiết bị cần sửa chữa ra khỏi mạng đang có điện áp để tiến hành sửa chữa, bảo dưỡng. Cầu dao cách ly có thể tạo ra một khoảng cách trông thấy, khiến cho công nhân sửa chữa an tâm khi làm việc. Vì vậy ở nơi cần sửa chữa luôn nên đặt cầu dao cách ly ngoài các thiết bị đóng cắt khác.

Cầu dao cách ly không có bộ phận dập hồ quang nên nó không cắt được dòng điện phụ tải, vì vậy chỉ được phép cắt dòng điện không tải của các máy biến áp với điều kiện là công suất của các máy đó không vượt quá những giới hạn qui định tùy theo cấp điện áp định mức của máy. Ví dụ: Cấp 10 kV dao cách ly được phép cắt dòng không tải của biến áp tới 750 kVA. Cấp 35 kV có thể cắt

dòng không tải của máy biến áp tới 2000 kVA.... Cầu dao cách ly được chế tạo ở tất cả các cấp điện áp.

- Theo vị trí đặt có thể chia ra: loại trong nhà, loại ngoài trời.
- Theo số pha có thể có loại 1 pha, loại 3 pha.
- Theo cách thao tác: loại thao tác bằng tay, loại thao tác bằng điện.

#### *b. Các điều kiện chọn và kiểm tra*

Các điều kiện ở bảng 1 các điều kiện: 1; 2; 5; 6.

### **9.4.4. Chọn và kiểm tra cầu chì**

#### *a. Nhiệm vụ*

Cầu chì là thiết bị bảo vệ ngắn mạch cắt nhanh ( $t_{\text{cắt}} = 0,008$  s). Có cấu tạo đơn giản rẻ tiền, kích thước nhỏ, được dùng phổ biến. Do đặc tính làm việc không ổn định nên chọn không đúng thì làm việc không chính xác.

Cấu tạo: có 2 phần vỏ và dây chảy. Trong vỏ có các bộ phận dập hồ quang được chế tạo theo nhiều kiểu loại, trong nhà, ngoài trời..).

+ Đường dây có nhiều cấp bảo vệ phải chú ý đảm bảo điều kiện cắt chọn lọc (cầu chì cấp trên phải làm việc sau cầu chì cấp dưới).

+ Tùy theo phụ tải chọn dây chảy thích hợp. Vì với một vỏ cầu chì có thể lắp được nhiều cấp dây chảy khác nhau, nên khi chọn cầu chì phải đảm bảo:

$$I_{\text{dc}} \leq I_{\text{vỏ}}$$

Trong đó :  $I_{\text{vỏ}}$  - dòng định mức của các bộ phận dẫn điện gắn trên vỏ cầu chì (đầu tiếp xúc).

Cầu chì không những phải chịu được dòng điện định mức của mạng mà còn phải chịu được các dòng đỉnh nhọn khi đang cắt máy biến áp không tải hoặc khi đóng cắt tụ vào mạng, khi mở máy các động cơ...

$$I_{\text{dc}} \geq \frac{I_{\text{đn}}}{\alpha}$$

$$I_{\text{dc1}} < I_{\text{dc2}} < I_{\text{dc3}} \dots$$

Hệ số  $\alpha$  được đưa vào biểu thức nhằm chọn được  $I_{\text{dc}}$  nhỏ nhất mà vẫn đảm bảo làm việc bình thường, tin cậy, đảm bảo độ nhạy.

$\alpha$  - được chọn theo tình hình cụ thể của phụ tải và phụ thuộc vào tình hình mang tải của nó. Nếu lúc khởi động động cơ đang mang tải nặng nề, thì quá độ khởi động sẽ tồn tại lâu hơn  $\rightarrow$  hệ số này cần chọn nhỏ đi. Cụ thể qui định như sau đối với hệ số  $\alpha$ :

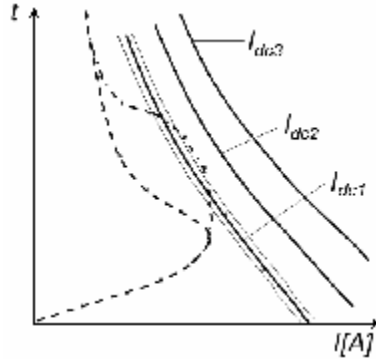
$\alpha = 2,5$  Với các động cơ không đồng bộ mở máy không tải.

$\alpha = 1,6 \div 2$  Với động cơ mở máy có tải.

$\alpha = 1,6$  Với động cơ mở máy nặng nề, với máy biến áp hàn...

Với các phụ tải không có dòng đỉnh nhọn xuất hiện (mạng chiếu sáng). Thì do đặc tính của cầu chì không ổn định, nên để đảm bảo cầu chì tồn tại lâu dài, không bị chảy cầu chì phía được chọn

$$I_{dc} = 1,3I_{dm} \text{ (} I_{dm} \text{ - dòng định mức lâu dài của mạng)}$$



Hình 9.1 - Đặc tính bảo vệ của cầu chì  $I_{cd} = 1,3 I_{dm}$

*b. Các điều kiện chọn và kiểm tra cầu chì*

Đại lượng chọn & kiểm tra	Ký hiệu	Điều kiện chọn & kiểm tra
1. Điện áp định mức (kV)	$U_{dm.CC}$	$U_{dm.CC} \geq U_{dm.m}$
2. Dòng điện định mức dây chảy (A)	$I_{dc}$	$I_{dm.tb} \leq I_{dc} \leq I_{v0}$
3. Điều kiện mở máy		$I_{dc} \geq \frac{I_{dn}}{a}$
4. Điều kiện cắt chọn lọc		$I_{dc1} > I_{dc2}$
5. Công suất cắt định mức hoặc dòng cắt định mức	$S_{dm.cắt}$ $I_{dm.cắt}$	$S_{dm.cắt} \geq S''_N$ $I_{dm.cắt} \geq I''_N$

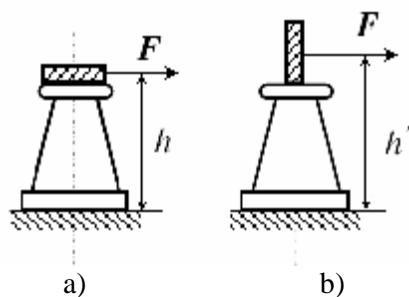
**9.4.5. Lựa chọn và kiểm tra sứ cách điện**

*a. Nhiệm vụ*

Sứ vừa có tác dụng làm giá đỡ các bộ phận mang điện vừa làm vật cách điện giữa các bộ phận đó với đất.

Vì vậy sứ phải có đủ độ bền chịu đựng được lực điện động do dòng ngắn mạch gây ra, đồng thời phải chịu được điện áp của mạng, kể cả lúc quá điện áp. Thông thường có 2 loại chính: Sứ đỡ và sứ xuyên tường.

+ Sứ đỡ: được chọn và kiểm tra về tác động phá hủy do dòng ngắn mạch xung kích. Dạng trọng tải xấu nhất đối với sứ là trọng tải tạo lên mômen uốn lớn nhất



Hình 9.2

Cách đặt các thanh dẫn trên sứ.

Lực  $F$  tác dụng uốn sứ và  $h$  là cánh tay đòn của lực  $F$ .

+ Khi kéo và nén sứ có ứng lực phá hoại lớn hơn nhiều khi uốn. Đối với các loại sứ do Liên xô chế tạo ứng lực phá hỏng cho các loại sản xuất:

Loại A - 350 kg

Loại B - 750 kg

Loại B - 1250 kg

Loại  $\Gamma$  - 2000 kg

Để sứ làm việc an toàn với các lực, người ta qui định

$$F_{cp} = 0,6F_{ph}$$

Trong đó:  $F_{cp}$  - ứng lực cho phép tác động lên sứ.

$F_{ph}$  - lực phá hỏng.

0,6 - hệ số dự trữ.

+ Sứ xuyên: được chọn và kiểm tra về tác dụng lực điện động và tác dụng nhiệt của dòng ngắn mạch đối với phần dẫn điện của sứ.

+ Các sứ đầu ra đường dây: các sứ này được chọn và kiểm tra tương tự như sứ xuyên.

+ Khi chọn sứ cần kiểm tra các điều kiện lắp đặt thanh dẫn trên đỉnh sứ. Khi thanh dẫn đặt như hình 9.2b phải hiệu chỉnh lực cho phép:

$$F'_{cp} = F_{cp} \frac{h}{h'} = F_{cp} k_h$$

Trong đó:  $k_h = \frac{h}{h'}$  - hệ số hiệu chỉnh

$F'_{cp}$  - lực cho phép hiệu chỉnh  $F'_{cp} < F_{cp}$

*b. Các điều kiện chọn và kiểm tra sứ*

Đại lượng chọn & kiểm tra	Ký hiệu	Điều kiện chọn & kiểm tra
---------------------------	---------	---------------------------



1. Điện áp định mức (kV)	$U_{\text{đm.sứ}}$	$U_{\text{đm.sứ}} \geq U_{\text{đm.m}}$
2. Dòng điện định mức (sứ xuyên và sứ ra đầu đường dây) (A)	$I_{\text{đm.sứ}}$	$I_{\text{đm.sứ}} \geq I_{\text{lv.max}}$
3. Lực cho phép trên đỉnh sứ	$F_{\text{cp}}$	$F_{\text{cp}} > F_{\text{tt}}$
4. Dòng ổn định nhiệt cho phép (sứ xuyên và đầu đường dây)	$I_{\text{đm.ổn}}$	$I_{\text{đm.ổn}} \geq I_{\infty}$

Lực tính toán  $F_{\text{tt}}$  là lực điện động do dòng ngắn mạch 3 pha gây ra

$$F_{\text{tt}} = 1,76i_{\text{xk}}^2 \frac{l}{a} 10^{-2}$$

Trong đó:  $i_{\text{xk}}$  - trị số biên độ của dòng xung kích  
 $l$  - khoảng cách giữa hai sứ liên tiếp trên 1 pha  
 $a$  - khoảng cách giữa hai pha

#### 9.4.6. Chọn và kiểm tra máy biến dòng

##### a. Nhiệm vụ

Máy biến dòng (BI) dùng để cung cấp dòng điện cho các mạch đo lường và bảo vệ. Phía thứ cấp của máy biến dòng nối với các dây quấn dòng điện của dụng cụ đo và của row-le. Các dây quấn này có điện trở rất bé, vì vậy trong trạng thái vận hành bình thường phía thứ cấp của máy biến dòng hầu như bị ngắn mạch. Dòng điện định mức thứ cấp  $I_2$  của BI được qui định là 5A (để tiện cho việc tiêu chuẩn hoá thiết bị đo lường).

Để bảo đảm an toàn cho vận hành phía thứ cấp của BI phải được nối đất.

+ Chọn BI ngoài các điều kiện chung  $U_{\text{đm}}$  và  $I_{\text{đm}}$  phải chú ý đến cấp chính xác và kiểu loại.

+ Để đảm bảo cho BI làm việc ở cấp chính xác yêu cầu cần phải thoả mãn điều kiện sau:

$$S_{2\text{đm}} \geq S_{\text{tt}} \quad (1)$$

Trong đó:  $S_{2\text{đm}}$  - phụ tải cho phép định mức của cuộn thứ cấp của BI.

$S_{\text{tt}}$  - phụ tải tính toán của cuộn thứ cấp của BI ở chế độ làm việc định mức.

Ta có:

$$\begin{aligned} S_{2\text{đm}} &= I_{2\text{đm}}^2 Z_{2\text{đm}} = \sum S_{\text{cd}} + S_{\text{cp}} + S_{\text{tx}} \\ &= I_{2\text{đm}}^2 \sum r_{\text{cd}} + I_{2\text{đm}}^2 r_{\text{cp}} + I_{2\text{đm}}^2 r_{\text{tx}} \end{aligned}$$

Trong đó:  $I_{2\text{đm}}^2$  - dòng điện định mức thứ cấp

$Z_{2\text{đm}}$  - tổng trở cho phép của mạch ngoài

$\sum r_{cd}$  - điện trở tổng của các cuộn dây của các dụng cụ đo và rơ-le mắc nối tiếp trong mạch.

$r_{cf}$  - điện trở cho phép của dây nối.

$r_{tx}$  - điện trở tiếp xúc của các tiếp xúc (trong tính toán thường lấy bằng 0,1  $\Omega$ ).

$$Z_{2dm} = \sum r_{cd} + r_{cp} + r_{tx}$$

vì  $\sum r_{cd}$  và  $r_{tx}$  được xem như không đổi đối với một mạch đã thiết kế, do đó điện trở dây nối cho phép  $r_{cp}$  được tính bằng biểu thức trên thì điện trở thực tế hay tiết diện các dây dẫn nối nhỏ nhất phải là:

$$F_{min} = r \frac{l_{tt}}{r_{cp}}$$

Trong đó:  $\rho$  - điện dẫn suất của dây dẫn nối.

$l_{tt}$  - chiều dài tính toán của dây dẫn nối.

+ Tiết diện dây tiêu chuẩn được chọn không nhỏ hơn  $F_{min}$  (đồng thời tiết diện đó cũng không được nhỏ hơn tiết diện qui định theo độ bền cơ học dây nhôm  $F_{min} = 2,5 \text{ mm}^2$ ; dây đồng  $F_{min} = 1,5 \text{ mm}^2$ ).

#### b. Điều kiện chọn và kiểm tra máy biến dòng bao gồm

Đại lượng chọn & kiểm tra	Ký hiệu	Điều kiện chọn & kiểm tra
1. Dòng điện định mức (A)	$I_{dm.BI}$	$I_{dm.BI} \geq I_{dm.tb}$
2. Điện áp định mức	$U_{dm.BI}$	$U_{dm.BI} \geq U_{dm.m}$
3. Phụ tải thứ cấp	$S_{2dm}$	$S_{2dm} \geq S_{2tt}$
4. Ổn định lực điện động	$k_{odd}$	$k_{odd} \geq \frac{i_{xktt}}{\sqrt{2}I_{dm.tb}}$
5. Lực cho phép trên đầu sứ BI	$F_{cp}$	$F_{cp} > 0,88 \cdot 10^{-2} \frac{i_{xk}^2 l}{a}$
6. Bội số ổn định nhiệt		$k_{od.n} \geq \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{gt}}}{I_{dm.BI} \sqrt{t_{dm.odd}}}$

Trong đó:  $k_{odd}$  - bội số dòng điện ổn định động, trị số này nhà máy cho sẵn

a - khoảng cách giữa các pha.

l - khoảng cách từ máy biến dòng tới sứ đỡ gần nhất.

$k_{odn}$  - bội số ổn định nhiệt (trị số này do nhà chế tạo cho trước).

#### 9.4.7. Chọn và kiểm tra máy biến áp đo lường: BU hoặc TU

### a. Khái niệm

Biến áp đo lường (BU) dùng để cấp điện cho các dụng cụ đo và rơ-le. Để tiêu chuẩn hoá các loại dụng cụ đo và rơ-le, người ta qui định điện áp định mức của thứ cấp của BU là  $U_{2dm} = 100V$ . Với nhiệm vụ trên, BU vừa có tác dụng cấp điện cho mạch đo lường và bảo vệ, lại vừa có tác dụng ngăn cách các dụng cụ đo và rơ-le tiếp xúc với điện áp cao. Để đảm bảo an toàn cho người vận hành phía thứ cấp của BU luôn luôn được nối đất.

### b. Phân loại

- Theo phương pháp làm mát: loại có dầu; loại khô dầu
- Theo số pha: loại 1 pha; loại 3 pha; loại 3 pha năm trụ.

Biến áp đo lường BU được chọn theo  $U_{dm}$ ; cấp chính xác và sơ đồ nối dây.

### c. Các điều kiện chọn và kiểm tra BU

Đại lượng chọn & kiểm tra	Ký hiệu	Điều kiện chọn & kiểm tra
1. Điện áp định mức sơ cấp	$U_{dm.BU}$	$U_{dm.BU} \geq U_{dm.m}$
2. Kiểu và sơ đồ nối dây		phụ thuộc vào việc sử dụng
3. Phụ tải pha $S_{2dm}$ (kVA)	$S_{2dm}$	$S_{2tt} \leq S_{2dm}$
4. Sai số	N	$N \leq N_{cp}$

Chú ý: công suất định mức của máy biến áp là: công suất của tất cả 3 pha (với máy biến áp nối theo sơ đồ sao). Bằng 2 lần công suất của máy biến áp một pha đối với các máy biến điện áp một pha nối theo sơ đồ tam giác hở.

+ Tuỳ theo cách đấu dây của phụ tải mà công suất trên cá pha tính khác nhau (theo bảng 8-7).

+ Tiết diện của dây dẫn và cáp cc cho mạch điện áp của các công tơ, phải chọn sao cho tổn thất điện áp trong mạch không vượt quá 0,5 % điện áp định mức.

+ Việc kiểm tra về ổn định lực điện động và ổn định nhiệt với BU là không cần thiết.

+ Nếu cần kiểm tra cách điện của lưới 6, 10 kV, người ta thường dùng loại BU ba pha năm trụ với cách nối Y/Y<sub>0</sub>/Δ (tam giác hở). Phía thứ cấp của BU có 2 dây quấn đấu sao và tam giác hở. Khi xảy ra ngắn mạch không đối xứng (1 hoặc 2 pha) ở 2 đầu dây cuộn tam giác hở xuất hiện điện áp, nhờ đó có thể kiểm tra cách điện của mạng.

## 9.4.8. Lựa chọn thanh dẫn điện

### a. Nhiệm vụ

Thanh cái thường được dùng trong các xí nghiệp luyện kim đen và màu, các xí nghiệp hoá chất và một số xí nghiệp khác (nơi mà mật độ phụ tải cao). So với cáp, thanh dẫn có những ưu điểm: Độ tin cậy lớn; khả năng lắp đặt nhanh, dễ quan sát kiểm tra khi vận hành. Tất nhiên việc quyết định chọn phương án cấp điện theo mạng cáp hay thanh dẫn phải dựa trên việc so sánh kinh tế - kỹ thuật. Tiết diện thanh dẫn được lựa chọn theo chỉ tiêu kinh tế, theo phát nóng hoặc theo tổn thất điện áp cho phép, sau đó phải kiểm tra ổn định nhiệt và ổn định lực điện động khi ngắn mạch hoặc khi khởi động động cơ lớn.

*b. Lựa chọn thanh dẫn theo điều kiện phát nóng*

$$I_{lv.max} \leq k_1 k_2 k_3 I_{cp}$$

Trong đó:  $I_{lv.max}$  - dòng điện làm việc lâu dài đi qua thanh dẫn.

$I_{cp}$  - dòng điện cho phép khi nhiệt độ môi trường xung quanh +25°C (tra bảng)

$k_1$  - hệ số hiệu chỉnh khi thanh nằm ngang  $k_1 = 0,95$ .

$k_2$  - hệ số hiệu chỉnh khi sử dụng thanh dẫn nhiều cực.

$k_3$  - hệ số hiệu chỉnh khi nhiệt độ môi trường xung quanh  $\neq 25^\circ\text{C}$ .

*c. Lựa chọn thanh dẫn theo tổn thất điện áp cho phép*

Điều kiện này chủ yếu cho các thanh dẫn làm bằng thép, vì tổn thất khi đó khá lớn.

Biết rằng tổn thất điện áp trong thanh dẫn thép có thể viết:

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}(r \cdot \cos j + (x' + x'') \sin j) \cdot I \cdot l}{U_{dm}} 100 = k \cdot I \cdot l$$

Trong đó:  $I$  - dòng điện phụ tải.

$l$  - chiều dài thanh dẫn.

$r$ ;  $x'$ ;  $x''$  - điện trở, điện kháng ngoài và điện kháng trong của một đơn vị chiều dài thanh dẫn thép ( $\Omega/\text{km}$ ).

$$k = \frac{\sqrt{3}(r \cdot \cos j + (x' + x'') \sin j)}{U_{dm}} 100 - \text{hệ số đã được tính sẵn ứng}$$

với các loại thanh thép kích thước khác nhau và  $\cos\varphi$  khác nhau.

*Trình tự tính tiết diện thanh thép*

Bước 1- Tính trị số  $k = \frac{\Delta U\%}{I \cdot l}$

Bước 2 - Căn cứ theo trị số  $k$  và  $\cos\varphi$  của phụ tải tra sổ tay và tìm được trị số  $k_1$  gần nhất và nhỏ hơn. Tương ứng với  $k_1$  bảng cho kích thước và  $I'$  (dòng điện cho phép) nào đó của thanh dẫn. Nếu trị số đúng bằng  $I$  phụ tải thì kích thước

tra được chính là kích thước cần tìm. Trường hợp nếu  $I' \neq I''$ , thì căn cứ vào kích thước vừa tra được và  $\cos\phi$  để tiếp tục ta sẽ tìm được  $k_2$  và  $I''$ .

Bước 3 - Tính lại trị số k theo biểu thức:

$$k = k_1 - (k_1 - k_2) \frac{I - I'}{I' - I''}$$

Bước 4 - Kiểm tra lại  $\Delta U\% \leq \Delta U_{cp}\%$

Trong đó  $\Delta U\% = k.I.I$

*c. Kiểm tra thanh dẫn theo điều kiện ổn định động do dòng ngắn mạch*

Khi xảy ra ngắn mạch trong thanh dẫn đặt gần nhau sẽ xuất hiện hiệu ứng lực làm cho thanh dẫn bị uốn cong. Như vậy yêu cầu ứng lực đó phải nhỏ hơn hay bằng lực uốn cho phép của thanh dẫn.

$$F_{tt} \leq F_{cp}$$

$$F_{tt} = 1,76i_{xk}^2 \frac{1}{a} 10^{-2} \text{ (kg) - ứng lực tính toán}$$

$$F_{cp} = \frac{10.s_{cp} W}{l} \text{ (kg) - ứng lực cho phép khi thanh dẫn chịu uốn}$$

Trong đó:  $\sigma_{cp}$  - ứng lực cho phép của vật liệu làm thanh dẫn (kG/cm<sup>2</sup>).  
W - mômen chống uốn của thanh dẫn.

Vậy:

$$1,76i_{xk}^2 \frac{1}{a} 10^{-2} \leq \frac{10.s_{cp} W}{l}$$

$$W \geq 1,76i_{xk}^2 \frac{l^2}{a s_{cp}} 10^{-3}$$

*d. Kiểm tra thanh dẫn theo ổn định nhiệt: tương tự như lõi cáp*

$$F = a.I_{\infty} \cdot \sqrt{t}$$

Trong đó:  $\alpha$  - tra bảng =f( nhiệt độ giới hạn, vật liệu..)

*9.4.9. Chọn và kiểm tra kháng điện*

Kháng điện dùng vào việc hạn chế dòng ngắn mạch, việc lựa chọn được tiến hành theo các điều kiện lâu dài (theo  $U_{dm}$  và  $I_{dm}$ ) và giá trị điện kháng  $x_K\%$  cần để hạn chế dòng ngắn mạch ở mức nào đó ta muốn. Sau cùng cùng cần phải kiểm tra ổn định lực điện động và ổn định nhiệt.

## CHƯƠNG X: BẢO VỆ RƠ LE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

### 10.1. Ý nghĩa của bảo vệ Rơ-le

Hệ thống cung cấp điện gồm nhiều phần tử và phân bố trên phạm vi không gian rộng. Vậy trong quá trình vận hành có nhiều sự cố xảy ra như: quá điện áp do sét đánh; quá dòng điện do xảy ra ngắn mạch, tần số dòng điện giảm thấp do hệ thống quá tải... Để nhanh chóng loại trừ các phần tử đó ra khỏi hệ thống người ta thường đặt các thiết bị bảo vệ rơ-le và tự động hoá.

*Mục đích bảo vệ rơ-le:*

- + Nhanh chóng loại trừ phần tử sự cố để đảm bảo cho hệ thống cung cấp điện làm việc an toàn.
- + Báo tín hiệu cho nhân viên vận hành biết về tình trạng làm việc không bình thường để kịp thời xử lý: (quá tải, sụt áp; giảm điện trở cách điện..).
- + Phối hợp với các thiết bị tự động hoá để thực hiện các phương thức vận hành như: tự động đóng lặp lại; tự động dòng dự trữ; tự động sa thải phụ tải theo tần số...

*Bốn yêu cầu cơ bản:*

- Tác động nhanh: Nhằm giảm phạm vi sự cố, rút ngắn thời gian sự cố. Trường hợp tình trạng làm việc không bình thường cho phép tác động có trì hoãn thời gian.
- Chọn lọc: Mục đích của bảo vệ là loại trừ phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống. Vì vậy tác động phải có chọn lọc, chính xác, nếu không có thể dẫn tới hậu quả ngoài ý muốn (chẳng hạn như sự cố ở phạm vi hẹp, thì bảo vệ lại cắt một phạm vi rộng. Hoặc sự cố ở cuối đường dây lại cắt ở đầu đường dây).
- Tin cậy: Khi xảy ra sự cố thiết bị bảo vệ phải đảm bảo làm việc chắc chắn, không được tác động trước hoặc sau trị số chỉnh định.
- Nhạy: Độ nhạy của bảo vệ: “phản ánh khả năng phản ứng của nó với mọi mức độ của sự cố”. Độ nhạy của thiết bị bảo vệ rơ-le được biểu thị bằng tỉ số giữa dòng ngắn mạch nhỏ nhất với dòng chỉnh định sơ cấp.

$$k_{nh} = \frac{I_{N.min}}{I_{l.cd}}$$

Trị số này được qui định cụ thể với các bảo vệ khác nhau. Các thiết bị, bảo vệ rơ-le thường phối hợp với các thiết bị tự động hoá nhằm nâng cao độ tin cậy cấp điện. Nâng cao năng suất lao động và cải thiện điều kiện làm việc của nhân viên vận hành. Vấn đề tự động hoá trong hệ thống cung cấp điện phải được đặt

ra trên cơ sở xem xét toàn diện và cân nhắc nhiều mặt như: chọn sơ đồ nối dây, chọn thiết bị điện, hình thức bảo vệ, trình độ của nhân viên vận hành.

## 10.2. Các hình thức bảo vệ trong hệ thống cung cấp điện

Thường dùng các loại sau:

**Bảo vệ dòng điện cực đại:** có thời gian duy trì, dùng để bảo vệ quá tải và làm bảo vệ dự phòng cho các loại bảo vệ khác.

**Bảo vệ cắt nhanh:** cũng là loại bảo vệ dòng điện cực đại nhưng tác động nhanh (không có thời gian duy trì). Dùng để bảo vệ ngắn mạch.

**Bảo vệ so lệch:** là loại bảo vệ dòng điện cực đại không có thời gian duy trì để bảo vệ tình trạng ngắn mạch (bảo vệ 1 phần tử nhất định).

**Báo tín hiệu:** báo tình trạng cách điện của mạng.

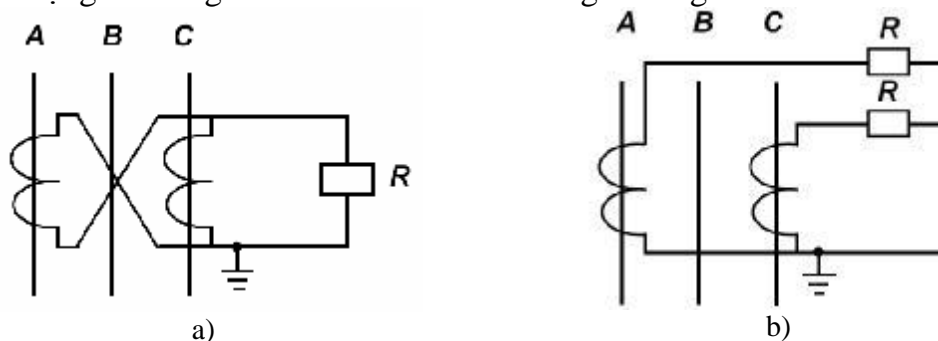
### 10.2.1. Các loại role – sơ đồ nối role với máy biến dòng

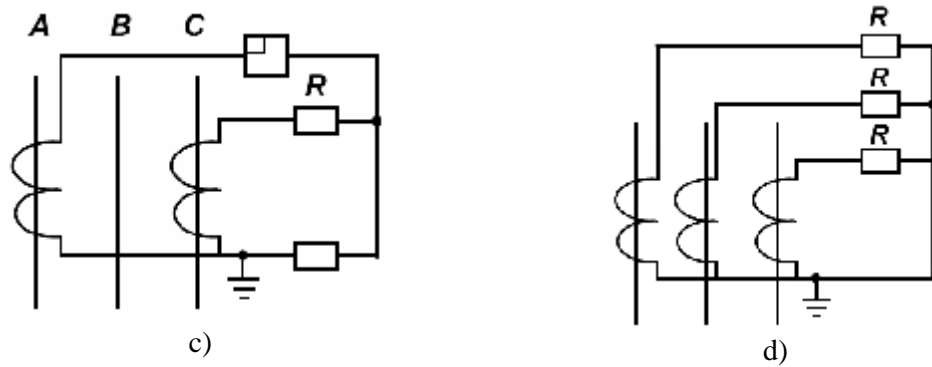
#### a. Các loại role

- + Theo dòng điện tác động: role 1 chiều, xoay chiều.
- + Theo tham số tác động: role dòng điện, điện áp, công suất và tổng trở.
- + Theo nguyên tắc làm việc: điện từ, cảm ứng, bán dẫn, số.
- + Theo nguyên tắc tác động: tác động trực tiếp, gián tiếp (role tác động trực tiếp nối vào mạng có dòng phụ tải, ví dụ: role nhiệt bảo vệ động cơ, phần tử nhiệt của Aptômát, nhược điểm là  $\Delta A$  trong role tương đối lớn, chỉ dùng ở mạng hạ áp hoặc ít quan trọng). Phần lớn role trong hệ thống điện là loại gián tiếp và được chế tạo để chịu được  $U_{dm} = 100V$  và dòng điện lớn nhất là 5 A (mắc qua BU hoặc BI).

#### b. Sơ đồ nối role vào BI

- + Với mạng có trung điểm cách đất có thể dùng 1 trong 4 sơ đồ sau:





Hình 10.1 - Sơ đồ nối rơ le

a) Sơ đồ số 8, b) Sơ đồ Sơ đồ sao không hoàn toàn; c) Sơ đồ phát triển từ b; d) Sơ đồ sao hoàn toàn

Sơ đồ a: còn gọi là sơ đồ nối BI theo hình số 8. Thường được dùng phổ biến nhất vì cần ít rơle nhất. Hệ số sơ đồ ở chế độ đối xứng được tính như sau: còn có tên sơ đồ hình số 8 hoặc sơ đồ hiệu dòng điện.

$$k_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}} = \sqrt{3} \rightarrow I_R = \frac{I_A}{n_{BI}} - \frac{I_B}{n_{BI}}$$

+ Như vậy dòng chạy trong rơle lớn hơn trong biến dòng làm tăng độ nhạy của bảo vệ.

+ Nhược điểm: Độ nhạy nhỏ trong trường hợp ngắn mạch xảy ra giữa pha không đặt BI và pha khác. Và bé hơn so với trường hợp ngắn mạch ở 2 pha có đặt BI (thường dùng cho loại ngắn mạch 3 pha).

Sơ đồ b: Sơ đồ hình sao không hoàn toàn: ở chế độ đối xứng và ngắn mạch 3 pha

$$k_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}} = 1$$

+ Dùng để bảo vệ ngắn mạch giữa các pha.

+ Để phản ánh dòng ngắn mạch ở pha không có BI và tăng độ nhạy của bảo vệ, người ta đặt thêm 1 rơle trên dây dẫn về. Dòng điện trong rơle này bằng tổng 2 vectơ dòng ở 2 pha kia, đó cũng chính là sơ đồ c.

Sơ đồ d: Sơ đồ hình sao hoàn toàn: ở chế độ đối xứng của mạng.

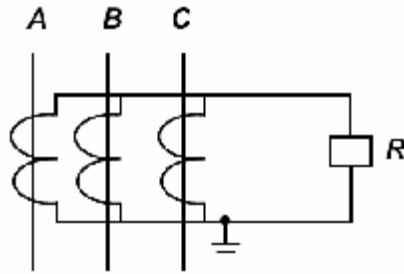
$$k_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}} = 1$$

Ưu điểm: phản ánh được đầy đủ trạng thái ngắn mạch đối xứng và không đối xứng.

Nhược điểm: tốn nhiều BI và Rơle.

Sơ đồ nối BI thành bộ lọc dòng thứ tự không:





$$I_R = 3.I_0$$

$I_0$  – thành phần dòng điện thứ tự không.

Dùng để bảo vệ ngắn mạch 1 pha hoặc 2 pha chạm đất.

### c) Nguồn thao tác

Thường là nguồn cung cấp cho mạch bảo vệ rơle mạch tự động hoá và tín hiệu: có thể là nguồn một chiều hoặc xoay chiều.

Nguồn một chiều: thường cung cấp từ các bộ acqui 24 ÷ 220 V. Ưu điểm không phụ thuộc vào trạng thái của mạng, có độ tin cậy cao. Nhược điểm là vốn đầu tư lớn và bảo quản khó.

Nguồn xoay chiều: lấy từ mạng thông qua BU và BI. Ưu điểm vốn đầu tư nhỏ, nhưng phụ thuộc vào tình trạng làm việc của mạng, loại này ít được sử dụng.

## 10.2.2. Bảo vệ dòng điện cực đại

### a. Nguyên tắc:

Bảo vệ dòng điện cực đại làm việc theo sự tăng của dòng điện khi nó vượt quá giá trị chỉnh định cho trước. Nó phản ứng theo dòng điện khác với dòng điện trong chế độ bình thường như: dòng quá tải, dòng chạm đất, dòng ngắn mạch.

+ Bảo vệ dòng điện cực đại có bộ phận duy trì thời gian

“Thiết bị bảo vệ chỉ tác động khi có dòng điện vượt quá giá trị chỉnh định và tồn tại quá thời gian duy trì đã được đặt trước”. Loại bảo vệ này thường được dùng để bảo vệ quá tải và bảo vệ dự phòng cho các hình thức bảo vệ khác (như bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ so lệch..)

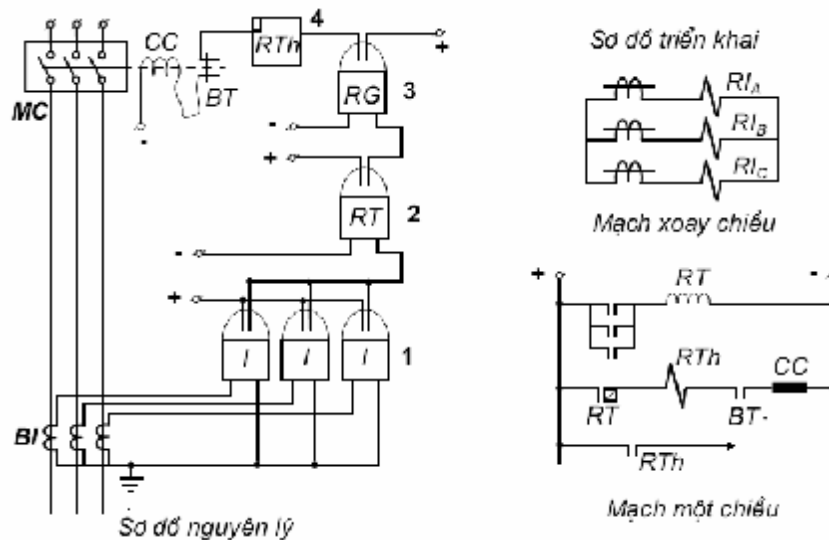
+ Bảo vệ cắt nhanh không có thời gian duy trì: (hoặc có thời gian nhưng thời gian rất ngắn).

Tính chọn lọc của chúng được đảm bảo bằng cách chỉ tác động khi có dòng điện chạy qua lớn hơn dòng ngm. khi xảy ra sự cố ở 1 số điểm đã cho nào đó của mạng trong phạm vi bảo vệ của nó, hoặc theo thời gian duy trì. Có hai loại thời gian duy trì từ đó hình thành 2 hình thức bảo vệ: đó là:

+ Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì độc lập (thời gian duy trì không phụ thuộc vào dòng điện qua bảo vệ).

+ Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì phụ thuộc (thời gian duy trì phụ thuộc vào dòng điện).

a) Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì độc lập:



Hình 10.3 - Sơ đồ mạch bảo vệ dòng cực đại

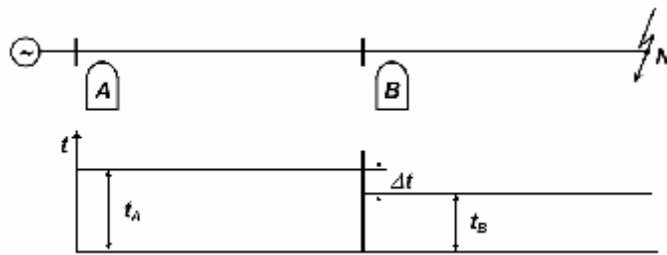
+ Các phần tử cơ bản của bảo vệ dòng cực đại:

- 1 - Các rơle dòng điện (xoay chiều) tác động khi xuất hiện dòng ngắn mạch (I).
- 2 - Rơle thời gian duy trì (RT) .
- 3 - Rơ le trung gian làm tăng công suất và tiếp điểm (RG).
- 4 - Rơ le tín hiệu (báo cho biết bảo vệ đã tác động) (RTh).
- 5 - Bộ tiếp điểm chuyển động máy cắt (BT). dùng để ngắt mạch cuộn cắt vì tiếp điểm của rơle trung gian không được thiết kế để cắt mạch đó (BT) phải ngắt mạch trước khi rơle trung gian trở về.

+ Nguyên lý hoạt động:

Khi I trong mạch tăng tới ngưỡng chỉnh định  $I_{cd2}$  thì rơle I tác động đóng tiếp điểm thường mở của nó, cấp nguồn cho rơle thời gian RT. Sau một thời gian bằng thời gian chỉnh định, tiếp điểm thường mở đóng chậm của nó cung cấp nguồn cho rơle trung gian RG, tiếp điểm của nó đóng mạch cuộn hút CC và máy cắt được cắt ra, đồng thời lúc đó Rơle tín hiệu RTh cũng báo tín hiệu là máy cắt đã tác động.

Chú ý: Vì dòng sự cố chạy từ nguồn đến chỗ sự cố qua hàng loạt các phần tử không bị sự cố nên để đảm bảo tính chọn lọc trên cùng một đường dây có nhiều đoạn được đặt loại bảo vệ này và phải chỉnh định thời gian của các loại bảo vệ này cho phù hợp.



Hình 10.4

$$\Delta t = t_A - t_B \approx 0,5 \text{ s}$$

$$t_A = t_B + 0,05 \text{ s}$$

+ Nếu đường dây có nhiều cấp bảo vệ dòng cực đại, thời gian cắt của cấp ở gần nguồn sẽ lớn hơn, đây chính là nhược điểm của loại bảo vệ này.

+ Khi có sự cố dòng điện, tại A & B đều tác động. Khi sự cố được cắt ra, thì rơle dòng điện A phải trở về vị trí ban đầu (không tác động) để tránh cắt đoạn không bị sự cố. Dòng điện trở về của bảo vệ  $I_{tv}$  “ là dòng điện mà với nó bảo vệ phải về vị trí ban đầu”

$$I_{tv} > I_{\text{phụ tải}}$$

$I_{\text{phụ tải}}$  - dòng phụ tải sau ngắn mạch, dòng này thường lớn hơn dòng phụ tải lúc trước (vì lúc ngắn mạch U giảm, các động cơ bị hãm do đó sau ngắn mạch chúng lại phải tự khởi động).

$$I_{\text{phụ tải}} \geq I_{lv \text{ max}}$$

Vậy để rơle không bị tác động trở lại

$$I_{tv} \geq k_{kd} \cdot I_{lv \text{ max}}$$

( $k_{kd}$  - hệ số xét tới ảnh hưởng của dòng khởi động). Tóm lại  $I_{tv}$  trong tính toán còn phải kể đến các sai số có thể có về giá trị:

$$I_{tv} = k_{dt} k_{kd} I_{lv \text{ max}}$$

Trong đó:  $k_{dt}$  - hệ số dự trữ tính đến sai số về giá trị dòng trở về của rơle, thường lấy bằng 1,1 ÷ 1,2.

+ Hệ số trở về: “ là tỷ số giữa dòng điện trở về và dòng khởi động của rơle bảo vệ”

$$k_{tr} = \frac{I_{tv}}{I_{kd.BV}}$$

Trong đó:  $I_{kd.BV}$  - dòng khởi động của bảo vệ hay còn gọi là dòng chỉnh định sơ cấp.

+ Dòng chỉnh định sơ cấp:

$$I_{kd.BV} = \frac{I_{tv}}{k_{tv}} = \frac{k_{dt} k_{kd} I_{lv.max}}{k_{tv}}$$

+ Dòng chỉnh định thứ cấp của Role: (dòng thực qua role).

$$I_{cd2} = \frac{I_{kd.BV}}{n_{BI}} k_{sd} = \frac{k_{dt} k_{kd} I_{lv.max}}{k_{tv} n_{BI}} k_{sd}$$

Trong đó:  $n_{BI}$  - tỉ số biến đổi của máy biến dòng.

$k_{sd}$  - hệ số sơ đồ.

+ Độ nhạy của bảo vệ:

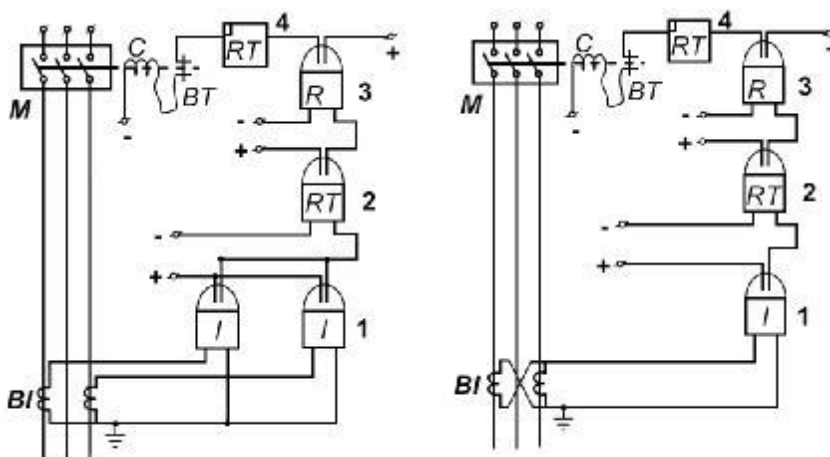
$$k_{nh} = \frac{I_{N.min}}{I_{kd.BV}}$$

Với bảo vệ đường dây  $k_{nh} \geq 1,5$ .

+ Đặc điểm: Sơ đồ như trên bảo vệ được tất cả các dạng ngắn mạch (trừ ngắn mạch 1 pha trong mạng có điểm trung tính cách đất hoặc chỉ nối đất qua cuộn dập hồ quang). Vì vậy trong mạng có trung tính cách đất, dòng chạm đất một pha có giá trị nhỏ cho nên bảo vệ dòng điện cực đại chỉ cần phản ứng khi có ngắn mạch giữa các pha và thường được thực hiện bằng sơ đồ BI nối hình số 8 hoặc BI nối sao không hoàn toàn (HV).

+ Trong 2 sơ đồ trên khi có chạm đất 1 pha sẽ dùng bảo vệ riêng tác động theo dòng điện thứ tự không.

+ Sơ đồ 1 role có độ nhạy không giống nhau với các dạng ngm. khác nhau (dòng điện chạy trong các role phụ thuộc vào các dạng ngm.).



Hình 10.5

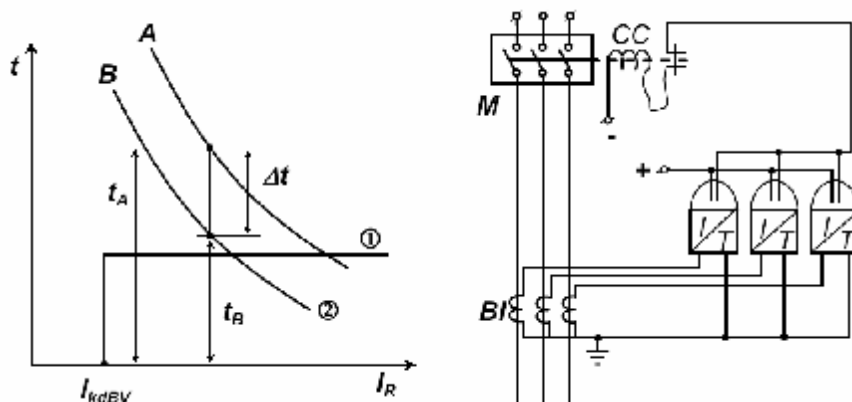
+ Sơ đồ một role kém nhạy hơn sơ đồ 2 role (khi ngắn mạch giữa các pha AB hoặc BC). Ở chế độ bình thường dòng chạy trong role (sơ đồ 1 role) lớn hơn 3 lần dòng điện chạy trong sơ đồ 2 role.

+ Ưu điểm của sơ đồ 1 role là đơn giản, ít role dùng để bảo vệ biến áp nối Y/Δ.

*b) Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian trì hoãn độc lập*

Thường sử dụng role dòng điện kiểu cảm ứng. Do role cảm ứng đồng thời làm nhiệm vụ RI ; RT và RTh ... Đồng thời tiếp điểm của nó tương đối lớn nên không cần role RG.

Đặc tính thời gian phụ thuộc vào dòng điện chạy trong role (thời gian tác động của role phụ thuộc và tỉ lệ nghịch với dòng điện chạy qua nó) → Dòng điện sự cố càng lớn thì thời gian tác động càng nhanh → Hạn chế được tác hại của dòng sự cố (ưu điểm).



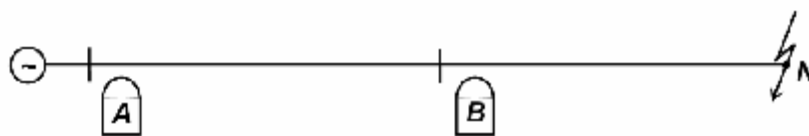
Hình 10.6

1. Đường đặc tính của role thời gian duy trì độc lập.
2. Đường đặc tính của role thời gian duy trì phụ thuộc.

+ Sơ đồ:

- Sơ đồ đơn giản, độ tin cậy cao (ưu điểm).
- Nhược điểm làm việc không chính xác so với role điện từ.

Để đảm bảo tính chọn lọc, chúng ta phải chỉnh định đặc tính thời gian của thiết bị bảo vệ liên nhau sao cho thời gian tác động của TB bảo vệ cấp trên lớn hơn thời gian tác động của bảo vệ cấp dưới một lượng  $\Delta t$ .



Hình 10.7

**10.2.3. Bảo vệ dòng điện cắt nhanh**

Với mục đích nhanh chóng loại trừ dòng ngắn mạch, nên bảo vệ này được chỉnh định theo dòng điện ngắn mạch lớn nhất ở cuối vùng bảo vệ. Thiết bị bảo

vệ sẽ tác động nhanh không có thời gian duy trì. Dòng chỉnh định được tính như sau:

+ Dòng chỉnh định sơ cấp:

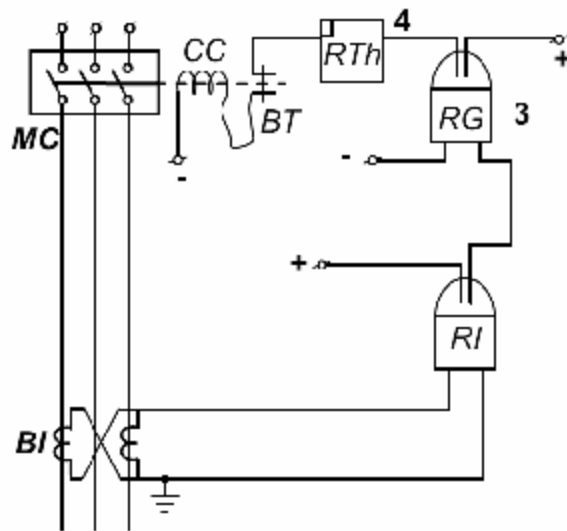
$$I_{cd1} = k_{dt} I_{lv.max}$$

+ Dòng chỉnh định thứ cấp:

$$I_{cd2} = \frac{k_{dt} I_{N.max}}{n_{BI}} k_{sd}$$

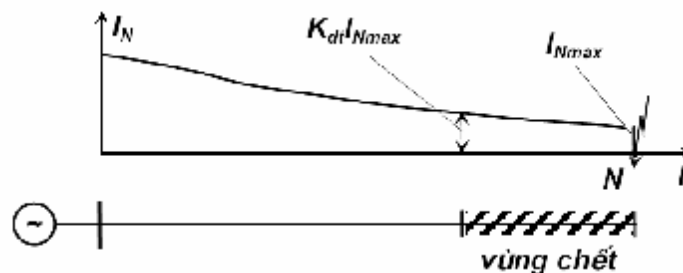
Trong đó:  $k_{dt} = 1,1 \div 1,2$  hệ số dự trữ

$I_{N.max}$  - dòng ngắn mạch lớn nhất ở cuối đường dây



Hình 10.8

Chú ý: Bảo vệ cắt nhanh không làm việc khi sự cố xảy ra ngoài vùng bảo vệ của nó. Vì thế công thức tính dòng chỉnh định không cần xét tới hệ số trở về của Role.



Hình 10.9

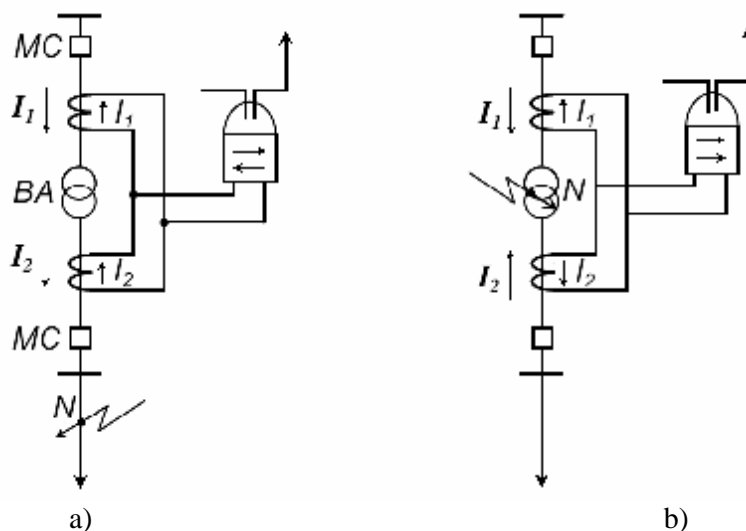
+ Để tránh tác động nhầm nên dòng chỉnh định sơ cấp lấy  $I_{N.max} \cdot k_{dt}$  sao cho có một phần ở cuối vùng bảo vệ (khoảng 20%) không được bảo vệ còn gọi là vùng chết (hình 10.9).

+ bảo vệ cắt nhanh có ưu điểm bảo vệ được bộ phận quan trọng. Nhược điểm của nó là để lại vùng chết (vùng không được bảo vệ). Vì vậy người ta thường đặt thêm các loại bảo vệ khác (BV dòng cực đại có thời gian duy trì) để làm bảo vệ dự trữ cho bảo vệ cắt nhanh. Thời gian tác động của bảo vệ cắt nhanh hầu như chỉ phụ thuộc vào thời gian tác động của bản thân role dòng điện và role trung gian. Thời gian này thường vào khoảng  $0,04 \div 0,06$  s.

Chú ý, trên đường dây có bảo vệ điện áp bằng chống sét ống, các loại TB này có thời gian làm việc trong khoảng  $0,01 \div 0,02$  s. Khi có nhiều cấp bảo vệ thì thời gian tác động của chống sét ống có thể đạt tới  $0,04 \div 0,06$  s  $\rightarrow$  gây ra ngã mạch tạm thời có thể dẫn tới tác động nhầm đối với các loại bảo vệ cắt nhanh. Trong trường hợp như vậy, người ta dùng loại role trung gian tác động chậm hơn vào khoảng  $0,06 \div 0,08$  s.

#### 10.2.4. Bảo vệ so lệch dọc

Đây cũng là loại bảo vệ cắt nhanh, dựa trên sự chênh lệch về cường độ và pha của dòng điện ở đầu và cuối (đường dây) vùng bảo vệ. Thường được dùng để bảo vệ máy biến áp, máy phát điện, động cơ công suất lớn, ít dùng để bảo vệ đường dây.



Hình 10.10 - Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lệch dọc

- + Vùng bảo vệ là máy biến áp.
- + Biến dòng BI được đặt ở 2 đầu của máy biến áp phản ánh dòng điện chạy trong bảo vệ.
- + Các dây quấn của BI được nối sao cho dòng điện trong role bằng hiệu dòng điện chạy trong máy biến dòng.

$$I_R = I_1 + I_2$$

Trong trường hợp bình thường hoặc ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ (hình 10.10a). Ta có  $I_1 = I_2$  và cùng pha nên hiệu của chúng bằng không ( $I_R = 0$ ), role không tác động.

Khi xảy ra ngắn mạch, trong vùng bảo vệ (hình 10.10b) do dòng điện trong 2 biến dòng ngược chiều nhau nên dòng điện chạy trong role  $I_R = I_1 + I_2 > 0$  (khi 2 phía máy biến áp đều có nguồn). Hoặc  $I_R = I_1 > 0$  (khi biến áp chỉ có 1 nguồn). Lúc này role tác động để MC cắt biến áp ra khỏi nguồn.

Trạng thái làm việc bình thường hoặc khi ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ, yêu cầu bảo vệ không làm việc. Có nghĩa là phải đảm bảo dòng thứ cấp của các máy biến dòng  $I_1 = I_2$  cả về giá trị và góc pha. Các dòng sơ cấp  $I_1$  và  $I_2$  khác nhau về cường độ (do tỉ số biến đổi của BA gây ra). Vậy để có  $I_1 = I_2$  để  $I_R = 0$  ta phải chọn máy biến dòng phù hợp với tổ đấu dây của máy biến áp. Việc cân bằng dòng điện thứ cấp của máy biến dòng như trên thường gặp nhiều khó khăn do các máy BI thường được chế tạo sẵn theo tiêu chuẩn nhất định. Nên rất khó khăn đảm bảo được  $I_R = 0$ . Trong nhiều trường hợp người ta phải dùng thêm các biến áp tự ngẫu hoặc BI bảo hoà mắc vào phía trước role dòng điện làm sơ đồ thêm phức tạp.

So với bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ so lệch có ưu điểm là không để lại vùng chết nhưng sơ đồ phức tạp, tốn nhiều thiết bị nên chỉ được dùng ở nơi quan trọng.

Đối với những đường dây điện áp cao làm việc song song, hoặc biến áp và động cơ có công suất lớn (quan trọng), người ta còn dùng bảo vệ so lệch ngang dựa trên cơ sở so sánh dòng điện giữa các đường dây làm việc song song với nhau.

### **10.3. Bảo vệ các phần tử cơ bản của hệ thống cung cấp điện**

#### **10.3.1. Bảo vệ đường dây**

- Mạng  $U < 1000$  V

+ Cầu chì để bảo vệ ngắn mạch

+ Aptômat để bảo vệ ngm và quá tải.

Chú ý: để đảm bảo tính chọn lọc thì cầu chì cấp trên phải đảm bảo lon hơn cầu chì cấp dưới ít nhất là 1 cấp.

- Mạng  $6 \div 10$  kV

+ Bảo vệ quá tải dùng BV dòng cực đại có thời gian duy trì độc lập.

+ Bảo vệ ngắn mạch dùng bảo vệ cắt nhanh.

+ Để tránh chạm đất 1 pha dùng thiết bị kiểm tra cách điện để báo tín hiệu (BA 3 pha năm trụ) hoặc dùng bảo vệ dòng thứ tự không.

- Mạng  $\geq 110$  kV: là mạng có trung tính trực tiếp nối đất nên dòng ngắn mạch 1 pha là rất lớn:



- + Dùng bảo vệ cắt nhanh để BV ngắn mạch các dạng 1, 2, 3 pha .
- + Bảo vệ quá tải dùng BV dòng cực đại có thời gian duy trì độc lập.

### **10.3.2. Bảo vệ máy biến áp**

Với máy biến áp cần phải bảo vệ để tránh các tình trạng làm việc không bình thường và sự cố sau:

- + Quá tải.
- + Dầu BA giảm xuống dưới mức qui định.
- + Ngắn mạch giữa các pha ở trong hoặc ở đầu ra của máy BA.
- + Ngắn mạch giữa các vòng dây trong cùng một pha.
- + Ngắn mạch trạm đất.

Không phải với bất cứ máy biến áp nào cũng được trang bị đầy đủ các loại hình bảo vệ, mà tùy theo nhu cầu cũng như mức độ quan trọng và giá thành của BA mà người ta quyết định chọn cho phù hợp.

- + Với máy  $S_{dm} \leq 320$  kVA ( $U \leq 10$  kV) dùng cầu chì để bảo vệ ngắn mạch.
- +  $S_{dm} < 320$  kVA thường dùng BV dòng cực đại có thời gian duy trì để bảo vệ quá tải, và BV cắt nhanh để BV ngắn mạch.
- +  $S_{dm} \geq 1000$  kVA . Có thể thay BV cắt nhanh bằng BV so lệch dọc, với các BA này người ta qui định phải đặt role hơi để bảo vệ các dạng ngắn mạch trong. Với biến áp  $S \geq 560$  kVA đặt trong nhà, nơi dễ cháy cũng phải đặt role hơi.

### **10.3.3. Bảo vệ động cơ:**

Các dạng sự cố trong động cơ là:

- + Ngắn mạch giữa các pha.
- + Ngắn mạch các vòng dây trong cùng 1 pha.
- + Ngắn mạch chạm đất.
- + Quá tải, sụt áp.

$U < 1000$  V thường dùng Aptômát để bảo vệ ngắn mạch và quá tải, loại công suất nhỏ dùng cầu chì. Có thể dùng công tắc tơ để đóng cắt – bảo vệ sụt áp – role nhiệt để bảo vệ quá tải, cầu chì bảo vệ ngắn mạch.

$U > 1000$  V → công suất lớn thường dùng bảo vệ cắt nhanh, BV so lệch dọc để BV quá tải. Để BV quá tải thường dùng BV dòng cực đại có t.

- Để tránh tình trạng ĐC làm việc khi mất 1 pha → thường đặt BV mất pha.
- Bảo vệ sụt áp ở ĐC được chỉnh định căn cứ vào điện áp tự khởi động của nó, thường được chỉnh định bằng 70 ữ 80 %  $U_{dm}$  . Thời gian tác động 6 ữ 10 s.

### **10.3.4. Bảo vệ tụ bù:**

- + Bảo vệ ngắn mạch thường dùng cầu chì.
- + Với nhóm tụ dung lượng lớn  $Q_b > 400$  kVAr thường dùng máy cắt để đóng cắt. Trường hợp này ngoài cầu chì đặt ở từng pha còn có thiết bị BV dòng cực đại có thời gian duy trì đặt chung cho cả nhóm.

#### **10.4. Tự động hoá trong hệ thống cung cấp điện**

Mục đích:

- + Nâng cao độ tin cậy cấp điện
- + Đơn giản sơ đồ nối dây.
- + Nâng cao năng suất lao động và chất lượng sản phẩm.

Các biện pháp tự động hoá thường dùng:

- + Tự động đóng lập lại TĐL.
- + Tự động đóng dự trữ.
- + Tự động điều chỉnh điện áp.
- + Tự động khởi động ĐC.
- + Tự động sa thải phụ tải theo tần số hoặc dòng điện.

## Chương XI: NỐI ĐẤT VÀ CHỐNG SÉT

### 11.1. Khái niệm về nối đất

#### 11.1.1. Một số khái niệm cơ bản

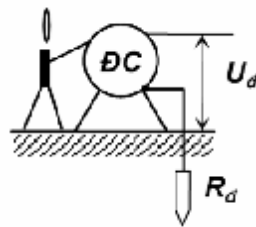
##### a. Dòng điện đi qua cơ thể người

Dòng điện đi qua cơ thể con người gây nên những tác hại nguy hiểm: gây bỏng; giật; trường hợp nặng có thể gây chết người. Về trị số, dòng điện từ 10 mA trở lên là nguy hiểm và từ 50 mA trở lên thường dẫn đến tai nạn chết người. Điện trở cơ thể con người thay đổi trong giới hạn rất rộng, phụ thuộc vào tình trạng của da, diện tích tiếp xúc với điện cực, vị trí điện cực đặt vào người, thời gian dòng điện chạy qua, điện áp giữa các điện cực và nhiều yếu tố khác. Khi điện trở của người nhỏ (khoảng  $800 \div 1000 \Omega$ ) chỉ cần 1 điện áp  $40 \div 50 \text{ V}$  cũng đủ gây nguy hiểm cho tính mạng con người.

Người bị tai nạn về điện trước hết là do chạm phải những phần tử mang điện, bình thường có điện áp. Để ngăn ngừa hiện tượng này, cần đặt những rào đặc biệt ngăn cách con người với các bộ phận mang điện đó.

Nhưng người bị tai nạn về điện cũng có thể là do chạm phải các bộ phận của thiết bị điện bình thường không mang điện nhưng lại có điện áp khi cách điện bị hỏng (như sứ cách điện, vỏ động cơ điện, các giá thép đặt thiết bị điện ...).

Trong trường hợp này, để đảm bảo an toàn, có thể thực hiện bằng cách nối đất tất cả những bộ phận bình thường không mang điện, nhưng khi cách điện hỏng có thể có điện áp.



Hình 11.1 - Chạm vào thiết bị rò điện

Khi có nối đất, qua chỗ cách điện chọc thủng và thiết bị nối đất sẽ có dòng điện ngắn mạch một pha với đất và điện áp đối với đất của vỏ thiết bị bằng:

$$U_d = I_d \cdot R_d$$

Trong đó:  $I_d$  - dòng điện 1 pha chạm đất.

$R_d$  - điện trở nối đất của thiết bị nối đất

Trường hợp người chạm phải thiết bị có điện áp, dòng điện qua người xác định theo biểu thức:

$$\frac{I_{ng}}{I_d} = \frac{R_d}{R_{ng}}$$

Bởi  $R_d \ll R_{ng}$  nên  $I_{ng} \ll I_d$ .

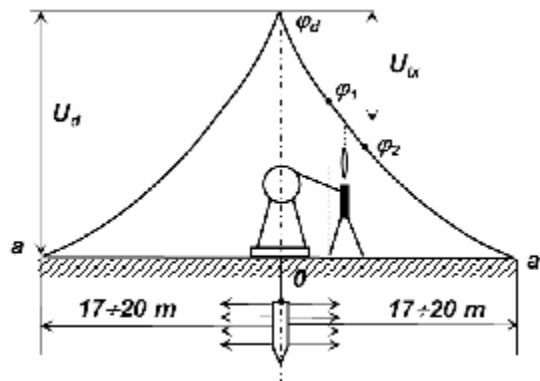
Tuy nhiên nếu  $I_d$  khá lớn thì dòng qua người vẫn là nguy hiểm:

$$I_{ng} = \frac{R_d}{R_{ng}} I_d \quad (2)$$

Từ (2) nhận thấy rằng nếu thực hiện nối đất để có  $R_d$  đủ nhỏ  $\rightarrow$  có thể đảm bảo cho dòng  $I_{ng}$  qua người không nguy hiểm nữa.

*b. Điện trở đất*

Trang bị nối đất bao gồm điện cực nối đất và các dây dẫn nối các điện cực trực tiếp dưới đất. Ngoài ra dây dẫn nối giữa các bộ phận cần nối với hệ thống nối đất (gồm điện cực + thanh dẫn nối đặt trong đất).



Hình 11.2 - Nối đất

Khi dòng ngắn mạch xuất hiện do cách điện của thiết bị hỏng. Dòng ngắn mạch  $I_N$  sẽ qua vỏ thiết bị theo dây nối đất xuống điện cực và chạy tản vào trong đất (Hình 11.2). Trên hình vẽ ta thấy đường cong phân bố điện thế trên mặt đất. Mặt đất tại chỗ đặt điện cực (điểm 0) có điện thế cao nhất ( $\varphi_d$ ) càng xa điện cực điện thế càng giảm dần và tại điểm  $a$  &  $a'$  cách khoảng  $15 \div 20$  m thì điện thế nhỏ tới mức không đáng kể và được coi bằng không.

Định nghĩa: Điện trở nối đất là điện trở của khối đất nằm giữa điện cực và mặt có điện thế bằng không”.

Nếu bỏ qua điện trở nhỏ của dây dẫn nối và điện cực thì điện trở đất được xác định theo biểu thức:

$$R_d = \frac{U_d}{I_d}$$

Trong đó:  $U_d$  - điện áp của trang bị nối đất.

$I_d$  - dòng ngắn mạch (dòng điện trong đất).

### c. Điện áp tiếp xúc

Nếu tay người tiếp xúc với vỏ thiết bị (bị hỏng cách điện) thì điện áp tiếp xúc nghĩa là điện áp giữa tay và chân người bằng:

$$U_{tx} = j_d - j_1$$

Trong đó:  $\varphi_d$  - Điện thế lớn nhất tại điểm 0.

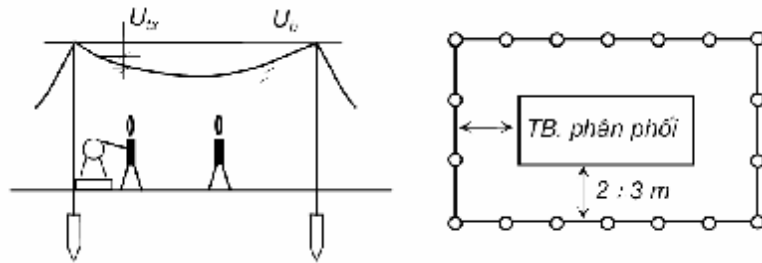
$\varphi_1$  - Điện thế tại chỗ người đứng.

### d. Điện áp bước

Khi người đến gần thiết bị hỏng cách điện thì điện áp giữa 2 chân (giả thiết 2 chân không cùng 1 điểm) sẽ có 2 điện thế khác nhau  $\rightarrow$  tạo thành điện áp gọi là điện áp bước.

$$U_b = j_1 - j_2$$

Để tăng an toàn, tránh  $U_{tx}$  và  $U_b$  lớn nguy hiểm đến con người, người ta sẽ dùng các hình thức nối đất phức tạp với sự bố trí thích hợp các điện cực trên diện tích đặt thiết bị điện và mạch vòng xung quanh thiết bị.



Hình 11.3 - Nối đất cho thiết bị điện

Thực hiện nối đất ở mạng hạ áp:

Trong các mạng 4 dây 380/220V, có điểm trung tính trực tiếp nối đất thì vỏ thiết bị có thể được nối trung tính (vì trung tính đã được nối đất). Phương án chỉ được phép dùng nếu tất cả các phụ tải đều là thiết bị ba pha, khi đó  $U_0 = 0$ . (hoặc lưới không có nhiều thiết bị 1 pha). Tuy vậy không phải lúc nào cũng an toàn vì nếu mất trung tính từ trạm các thiết bị vẫn có thể làm việc bình thường

(phương án này chỉ có ưu điểm là rẻ và dễ thực hiện). Khi có yêu cầu cao về an toàn người ta sử dụng hệ thống nối đất riêng cho các thiết bị, hoặc hệ thống nối đất lập lại (tức là dây trung tính ngoài việc nối đất ở trạm rồi lại cần phải nối đất thêm cả ở phân xưởng hoặc tại thiết bị).

*Yêu cầu nối đất trong phân xưởng, các trạm biến áp, phân phối:*

Tất cả các đế máy, vỏ máy điện, các bộ truyền động của thiết bị điện, khung sắt, bảng phân phối, bảng điều khiển, các kết cấu kim loại của thiết bị phân phối trong nhà và ngoài trời, hàng rào kim loại ngăn cách phần mang điện, vỏ đầu cáp, các thiết bị chống sét, cột sắt của đường dây tải điện, của sắt các trạm biến áp, trạm phân xưởng...

*Không yêu cầu nối đất:*

Đối với các thiết bị xoay chiều điện áp  $\leq 280$  V hoặc một chiều  $\leq 440$  V nếu được đặt trong nhà và ở nơi khô ráo.

Các thiết bị điện áp 127 V xoay chiều và 110 V một chiều đặt trong nhà không cần phải nối đất. Trừ trường hợp ở những nơi có khả năng dễ nổ hoặc cháy.

## **11.2. Cách thực hiện và tính toán trang bị nối đất**

### **11.2.1. Khái niệm chung**

Trong thực tế thường tồn tại 2 hình thức nối đất là nối đất nhân tạo và nối đất tự nhiên.

Nối đất tự nhiên: là hình thức nối đất tận dụng các công trình ngầm hiện có, như các ống dẫn bằng kim loại (trừ các ống dẫn nhiên liệu lỏng và khí dễ cháy) đặt trong đất. Các kết cấu bằng kim loại của nhà, các công trình xây dựng có nối với đất, các vỏ cáp bọc kim loại của cáp đặt trong đất .v.v...

Khi xây dựng trang bị nối đất trước hết phải sử dụng các vật nối đất tự nhiên có sẵn, điện trở nối đất của các vật tự nhiên xác định bằng cách đo tại chỗ hoặc lấy theo tài liệu thực tế.

Nối đất nhân tạo: thường được thực hiện bằng các cọc thép (dạng ống, dạng thanh, hoặc thép góc) dài từ 2 ÷ 3 m và được chôn sâu dưới đất.

Thông thường các điện cực nối đất được đóng sâu xuống đất sao cho đầu trên của chúng cách mặt đất khoảng 0,5 ÷ 0,7 m. Nhờ vậy sẽ giảm được sự thay đổi điện trở nối đất theo thời tiết.

Các điện cực nối đất hay các cọc được nối với nhau bằng cách hàn với các thanh thép nối (dạng dẹt hoặc tròn) đặt ở độ sâu 0,5 – 0,7 m.

Khi không có điều kiện đóng điện cực xuống sâu (Ví dụ ở các vùng đất đá...) người ta dùng các thanh thép dẹt hoặc tròn đặt nằm ngang ở độ sâu 0,7 – 1,5 m.

Để chống ăn mòn các ống thép đặt trong đất phải có bề dày không nhỏ hơn 3,5 mm. Các thanh thép dẹt, thép góc không được nhỏ hơn 4 mm. Tiết diện nhỏ nhất cho phép theo điều kiện này là 48 mm<sup>2</sup>.

Dây nối đất cần có tiết diện thoả mãn độ bền cơ khí, ổn định nhiệt và chịu được dòng cho phép lâu dài, nó không được phép bé hơn 1/3 tiết diện của dây dẫn các pha. Thông thường người ta hay dùng thép tiết diện 120 mm<sup>2</sup>, dây nhôm 35 mm<sup>2</sup>; dây đồng 25 mm<sup>2</sup>.

Điện trở của trang bị nối đất không được lớn hơn trị số qui định trong qui phạm.

Đối với mạng  $U_{dm} \geq 110$  kV: là mạng có trung tính trực tiếp nối đất hoặc nối đất qua 1 điện trở nhỏ. Khi xảy ra ngắn mạch bảo vệ role tương ứng sẽ tác động cắt bộ phận hư hỏng của thiết bị. Vì vậy sự xuất hiện điện thế trên trang bị nối đất khi ngắn mạch chạm đất có tính chất tạm thời.

Vì xác suất xảy ra ngắn mạch chạm đất đồng thời với việc người tiếp xúc với vỏ thiết bị có điện áp  $U_d = I_d \cdot R_d$  là rất nhỏ nên qui phạm không qui định điện áp cho phép lớn nhất mà chỉ đòi hỏi ở bất kỳ thời gian nào trong năm, điện trở của trang bị nối đất cũng phải thoả mãn

$$R_d \leq 0,5\Omega$$

Khi dòng điện chạm đất lớn, điện áp đối với trang bị nối đất mặc dù chỉ trong thời gian ngắn có thể đạt trị số rất lớn. Ví dụ khi  $I_d = 3000$  A mà  $R_d = 0,5 \Omega$  thì  $U = 1500$  V. Vì vậy để nâng cao an toàn cho người phục vụ cần phải tự động cắt ngm. với thời gian nhỏ nhất, đồng thời đảm bảo trị số điện áp tiếp xúc và điện áp bước nhỏ nhất có thể. Cần thực hiện nối đất theo mạch vòng và dùng các biện pháp bảo vệ phục vụ cho người vận hành như ủng cách điện và ghế cách điện.

Trong lưới có dòng chạm đất lớn buộc phải có nối đất nhân tạo trong mọi trường hợp không phụ thuộc vào nối đất tự nhiên, đồng thời điện trở nối đất nhân tạo không được lớn hơn 1  $\Omega$ .

Với lưới trung áp  $U_{dm} > 1000$ V: là lưới có dòng chạm đất nhỏ, tức mạng có điểm trung tính không nối đất, hoặc nối đất qua cuộn dây dập hồ quang  $\rightarrow$  thường bảo vệ role không tác động cắt bộ phận của thiết bị có chạm đất 1 pha. Vì vậy chạm đất 1 pha có thể kéo dài  $U_d$  trên thiết bị chạm đất cũng tồn tại lâu hơn  $\rightarrow$  làm tăng xác suất người tiếp xúc với những phần tử của thiết bị đó. Vì vậy qui phạm qui định rằng điện trở của trang bị nối đất tại mọi thời điểm bất kỳ trong năm không được vượt quá qui định.

Khi dùng trang bị nối đất chung có cả lưới trên và dưới 1000 V thì:

$$R_d \leq \frac{125}{I_d} \quad (4)$$

Khi dùng riêng (chỉ dùng cho thiết bị có điện áp >1000 V) thì:

$$R_d \leq \frac{125}{I_d} \quad (5)$$

Trong đó: 125 và 250 là điện áp cho phép lớn nhất của trang bị nối đất.

$I_d$  - dòng chạm đất 1 pha lớn nhất.

+ Trong cả hai trường hợp, điện trở nối đất không được vượt quá 10  $\Omega$ .

$$R_d \leq 10 \Omega$$

Lưới  $U_{dm} < 1000$  V: điện trở nối đất tại mọi thời điểm trong năm không vượt quá 4  $\Omega$  (riêng đối với thiết bị nhỏ khi tổng công suất của máy phát và trạm biến áp không vượt quá 100 kVA, cho phép  $R_d$  đến 10  $\Omega$ ).

+ Nối đất lặp lại của dây trung tính trong mạng 380/220 V phải có  $R_d < 10 \Omega$

+ Nếu tại điểm nào đó có nhiều thiết bị phân phối với điện áp khác nhau đặt trên cùng khu đất, nếu thực hiện nối đất chung. Thì điện trở nối đất phải thỏa mãn yêu cầu của trang bị nối đất nào đòi hỏi có  $R_d$  nhỏ nhất.

Đối với đường dây trên không:

$U_{dm} \geq 35$  kV cần nối đất tất cả các cột bê tông, cột thép.

$U_{dm} < 35$  kV thì chỉ cần nối đất các cột ở gần nơi dân cư.

Cần phải nối đất cho tất cả các cột bê tông, cột thép, cột gỗ của tất cả các loại đường dây ở mọi cấp điện áp khi trên cột đó có đặt bảo vệ chống sét hay dây chống sét. Điện trở nối đất cho phép của cột phụ thuộc vào điện trở suất của đất lấy 10 ÷ 30  $\Omega$ .

+ Trên các đường dây 3 pha 4 dây, điện áp 380/220 V có điểm trung tính trực tiếp nối đất các cột sắt và xà của cột bê tông cần phải được nối với dây trung tính.

+ Mạng  $U_{dm} < 1000$  V có dây trung tính cách đất, cột sắt, bê tông cột thép cần có điện trở nối đất không quá 50  $\Omega$ .

### 11.2.2. Tính toán hệ thống nối đất

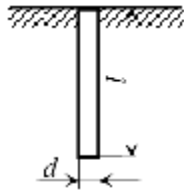
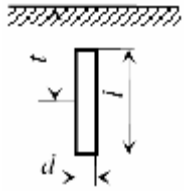
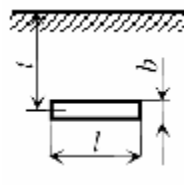
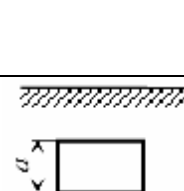
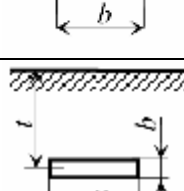
#### a) Điện trở nối đất của cọc và thanh nối

Phụ thuộc vào hình dạng, kích thước và độ chôn sâu trong đất và điện trở suất của đất tại nơi thực hiện nối đất. Các công thức tính toán và cách lắp đặt cho trong bảng dưới đây.

Bảng 11.1 - Điện trở nối đất của cọc và thanh nối

Kiểu nối đất	Cách đặt điện cực	Công thức	Chú thích
--------------	-------------------	-----------	-----------



Chôn thẳng đứng, làm bằng thép tròn, đầu trên tiếp xúc với mặt đất			
Chôn thẳng đứng, làm bằng thép tròn, đầu trên nằm sâu cách mặt đất một khoảng			
Chôn nằm ngang, làm bằng thép dẹt, dài, nằm sâu cách mặt đất một khoảng b – chiều rộng của thanh dẹt, nếu điện cực tròn có đường kính d thì $b=2d$			
Tấm thẳng đứng, sâu cách mặt đất một khoảng a, b kích thước của tấm			
Nếu điện cực tròn đường kính d thì $b=2d$			

*b) Tính toán hệ thống nối đất*

Hệ thống nối đất thường bao gồm một số điện cực nối song với nhau một khoảng tương đối nhỏ (vì lý do không gian và kinh tế). Vì vậy khi có dòng ngắn mạch chạm đất, thế tích đất tản dòng từ mỗi cực giảm đi → do đó làm tăng điện trở nối đất của mỗi cọc.

Như vậy, nếu nối đất gồm n điện cực (cọc) thì điện trở nối đất của toàn hệ thống (không kể đến thanh nối ngang) không phải là  $R_{cọc}/n$  mà là:

Tấm thẳng đứng, sâu cách mặt đất một khoảng a, b kích thước của tấm.

Vành xuyên, làm từ thép dẹt, đặt nằm ngang,

sâu cách mặt đất một khoảng.  $b$  – chiều rộng của cực.

$$t < D/2$$

(6)

$\zeta \cdot n$

Trong đó:

$\zeta$  - là hệ số sử dụng điện cực nối đất. Hệ số này sẽ giảm đi khi số cọc trong cùng một không gian tăng lên (tức khi khoảng cách giữa các cọc giảm), ngoài ra còn phụ thuộc hình dạng các loại nối đất (kiểu nối mạch vòng, kiểu nối thẳng). Trị số  $\zeta$  thường được cho trước, hoặc tra theo đường cong theo số cọc, khoảng cách giữa các cọc, loại mạch nối đất ..v.v...

c) Điện trở suất của đất:: phụ thuộc vào thành phần, mật độ, độ ẩm và nhiệt độ của đất. Và chỉ có thể xác định chính xác bằng đo lường. Các trị số gần đúng của điện trở suất của đất (khi độ ẩm bằng 10 – 20 % về khối lượng) tính bằng  $\Omega\text{cm}$ .

Ví dụ:	Cát	7.104
$\Omega\text{cm}$ .		
	Cát lẫn đất	3.104
$\Omega\text{cm}$ .		
	Đất sét	0,6.104
$\Omega\text{cm}$ .		
	Đất vườn	0,4.104
$\Omega\text{cm}$ .		
	Đất đen	2.104
$\Omega\text{cm}$ .		

Điện trở suất của đất không phải cố định trong cả năm mà thay đổi do ảnh hưởng của sự thay đổi độ ẩm và nhiệt độ của đất, do đó điện trở của trang bị nối đất cũng thay đổi. Vì vậy trong tính toán nối đất phải dùng điện trở suất tính toán là trị số lớn nhất trong năm.

$$= K_{max} \cdot \tilde{n}_{tt} \quad (7)$$

Trong đó:  $K_{max}$  – hệ số tăng cao, phụ thuộc điều kiện khí hậu ở nơi xây dựng trang bị nổi đất.

Đối với các ống và thanh thép góc dài 2 – 3 m khi chôn sâu mà đầu trên cách mặt đất 0,5 – 0,8 m thì hệ số  $K_{max} = 1,2 – 2$ . Còn khi đặt nằm ngang cách mặt đất 0,8 m thì hệ số  $K_{max} = 1,5 – 7$ . Tóm lại trình tự tính toán nổi đất như sau:

Trình tự tính toán:

Bước 1: Xác định điện trở cần thiết của trang bị nổi đất (của hệ thống nổi đất) theo tiêu chuẩn (cách thông thường hoặc theo  $I_{Nmax}$ ).  $R_d$

Bước 2: Xác định điện trở nổi đất của HT nổi đất tự nhiên có sẵn  $R_{tn}$ .

Bước 3: Nếu  $R_{tn} < R_d$  như đã nói ở phần trên, với lưới trung áp có dòng chạm đất nhỏ và ở lưới hạ áp → không cần phải đặt nổi đất nhân tạo. Còn ở lưới điện áp cao  $U \geq 110$  kV có dòng chạm đất lớn (hoặc ngay cả ở lưới trung áp khi có dòng chạm đất lớn, tức lưới dài) → lúc đó vẫn nhất thiết phải đặt nổi đất nhân tạo với điện trở không lớn hơn 1  $\Omega$ .

Nếu  $R_{tn} > R_d$  thì phải xác định điện trở của nổi đất nhân tạo theo công thức sau: Từ (HV.) ta có:

$$R_{tn} = \frac{R_d}{1 + \frac{R_d}{R_{tn}}}$$

→

tn nt

tn nt

d

R R

R . R R

+

=

Rd .Rnt

+ Rd .Rtn = Rnt

.Rtn → Rnt

(Rd - Rtn) = Rd.Rnt

(8)

d tn

tn d

nt

R R

R . R R

u

=

Bước 4: Từ trị số Rnt (8) ta sẽ tính ra số điện cực cần thiết, cần bố trí các điện cực để sao cho giảm Utx và Ub. Để tính được số điện cực cần thiết trước tiên ta chọn một loại điện cực thường dùng (thép góc hoặc thép tròn) → Tra bảng hoặc tính R<sub>cọc</sub> theo các công thức cho trong Bảng 12-1. Trong khâu này cần có ñtt ; kích thước bố trí, độ sâu chôn cọc .v.v... Những điều này phụ thuộc cả vào không gian có thể được phép sử dụng, hoặc có thể cho phép thi công dễ dàng.

Bước 5: Sơ bộ xác định số điện cực cần thiết của HT.

(9)

sdc nt

coc

K . R

R n =

Chú ý: số cọc trong hệ thống nối đất không được phép nhỏ hơn 2 (để giảm điện áp bước).

Ksdc – Hệ số sử dụng cọc, tham số này phụ thuộc vào số lượng cọc, khoảng cách cọc, loại HT (mạch vòng hay tia) → có thể sơ bộ tra bảng theo các kích thước dự kiến. Ksdc

= f ( n, khoảng cách, loại HT). → tạm xác định.

Bước 6: Khi cần xét đến điện trở nối đất của các thanh nối nằm ngang. Sơ bộ ước lượng chiều dài (chu vi mạch vòng có thể cho phép lắp đặt HT nối đất). Việc tính Rt (điện trở của thanh nối) theo công thức (tra bảng); Sau đó điện trở của toàn bộ thanh nối sẽ được tính theo công thức sau:

t

t'

t

R R

ϕ

=

Rtn Rnt

tương đương

Rđ

HV. Trong đó:

Rt

– Tính theo công thức tra bảng.

ϕt

– Hệ số sử dụng thanh nối ngang.

Bước 7: Tính chính xác điện trở cần thiết của các cọc (điện cực) thẳng đứng có xét tới điện trở của thanh nối nằm ngang.

$$\begin{aligned}
 & \cdot \\
 & t \text{ cọc} \\
 & n t \\
 & R \\
 & 1 \\
 & R \\
 & 1 \\
 & R + = \\
 & \sum \\
 & \Rightarrow \\
 & n t \\
 & \cdot \\
 & t \\
 & \cdot \\
 & t n t \\
 & \text{cọc} \\
 & R R \\
 & R \cdot R R \\
 & u \\
 & = \sum \quad (11)
 \end{aligned}$$

Bước 8: Tính chính xác số cọc thẳng đứng có xét tới ảnh hưởng của thanh nằm ngang và hệ số sử dụng cọc.

$$\begin{aligned}
 & \sum \\
 & = \\
 & R \cdot K \\
 & R n
 \end{aligned}$$

sdc

coc

(12)

Ví dụ: Tính toán trang bị nối đất trạm phân phối 10 kV. Dòng điện điện dung chạm đất 1 pha của mạng 10 kV bằng 25 A. Bảo vệ chống chạm đất 1 pha của mạng 10 kV tác động phát tín hiệu. Trong trạm có đặt máy biến áp giảm áp 10/0,38; 0,22 kV phía hạ áp có trung tính trực tiếp nối đất.

- Đất thuộc loại đất sét, có  $\tilde{n} = 0,6 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$ .

- Giả thiết xây dựng nối đất hình mạch vòng bằng thanh thép góc, chu vi mạch vòng 80 m. Không có nối đất tự nhiên.

Giải: Điện trở trang bị nối đất xác định theo công thức:

$\Omega$  5

25

125

Rd = =

Để nối đất điểm trung tính của các máy biến áp ở phía 380/220 V phải có trang bị nối đất với điện trở  $R = 4 \Omega \Rightarrow$  Như vậy điện trở nối đất chung của trạm không được lớn hơn  $4 \Omega$ .

Nối đất được làm bằng thanh thép góc L50x50x5 dài 2,5 m với độ chôn sâu 0,7 m. Các thanh thép góc được nối với nhau bằng thanh thép dẹt 20x4 mm, Không tính đến điện trở nối đất của các thanh nối.

Giả thiết hệ số tăng điện trở suất của đất khi thực hiện nối đất bằng các thanh thép góc lấy  $K_{\max} = 2$ .

+ Tính điện trở suất tính toán của đất:

$\tilde{n}_{tt}$

$= k_{\max} \cdot \tilde{n} = 2 \times 0,6 \cdot 10^4$

$= 1,2 \cdot 10^4$

$\Omega\text{cm}$

+ Điện trở của một thanh thép góc theo công thức (7).

$R_{\text{cọc}} = 0,00318 \cdot \tilde{n}_{\text{tt}} = 38,16 \Omega$   
 + Số cọc (thép góc) cần thiết cho TH nổi đất.

15

65,0 x 4

38

. R

R n

d

cọc

= = =

$\zeta$

Hệ số sử dụng  $\zeta = 0,65$  tìm được theo đường cong cho sẵn (lấy với tỷ số  $a/l = 2$ . Tỷ số giữa khoảng cách giữa các cọc và chiều dài cọc). Tức là ta giả thiết khoảng cách giữa các cọc là  $a = 5$  m. Khoảng cách giữa các cọc là  $a = 80/15 = 53$  m  $\Rightarrow$  gần đúng với điều đã giả thiết.

### 12.3 Quá điện áp thiên nhiên và đặc tính của sét:

Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây và đất hay giữa các đám mây mang điện tích khác dấu. Trước khi có sự phóng điện của sét đã có sự phân chia và tích lũy rất mạnh các điện tích trong các đám mây giông do tác dụng của các luồng không khí nóng thổi bốc lên và hơi nước ngưng tụ trong các đám mây rất mãnh liệt. Các đám mây mang điện tích là do kết quả của sự phân tích các điện tích trái dấu và sự tập trung chúng trong các phần khác nhau của đám mây.

Phần dưới của đám mây giông thường tích điện tích âm, nó cùng với mặt đất hình thành một tụ điện “mây-đất”. ở phía trên của đám mây thường tích lũy các điện tích dương. Cường độ điện trường của tụ điện mây-đất tăng dần lên và nếu tại chỗ nào đó cường độ đạt đến trị số tới hạn 25 ữ 30 kV/cm thì không khí bị ion hoá, tức là bắt đầu trở thành dẫn điện và sự phóng điện bắt đầu phát triển ở dưới đất.

Phóng điện của sét chia làm 3 giai đoạn:



+ Phóng điện giữa đám mây và đất được bắt đầu bằng sự xuất hiện một dòng sáng phát triển xuống đất chuyển động từng đợt với tốc độ 100 ừ 1000 km/s. Dòng này mang phần lớn điện tích của đám mây, tạo nên ở đầu cực nó một thế rất cao “hàng trăm triệu vôn”, giai đoạn này

## **Chương XII: CHIẾU SÁNG CÔNG NGHIỆP**

Chiếu sáng công nghiệp là một phần không thể thiếu được trong hoạt động sản xuất của bất kỳ xí nghiệp nào. Chương này trình bày những vấn đề cơ bản về thiết kế chiếu sáng cho xí nghiệp, đồng thời đưa ra những yêu cầu về chiếu sáng của một số xí nghiệp thông thường.

### **12.1 Khái niệm chung**

Trong xí nghiệp, ngoài chiếu sáng tự nhiên luôn phải dùng đến các hình thức chiếu sáng nhân tạo, trong số đó, hiện nay phổ biến nhất là dùng các loại đèn điện. Sở dĩ như vậy do chiếu sáng điện có những ưu điểm sau: thiết bị đơn giản, sử dụng thuận tiện, giá thành rẻ, tạo được ánh sáng gần giống ánh sáng tự nhiên.

Những số liệu sau đây nói lên vai trò của chiếu sáng quan trọng của chiếu sáng trong xí nghiệp công nghiệp. Người ta đã tính rằng ở xí nghiệp dệt, nếu độ rọi tăng 1,5 lần thì thời gian để làm các thao tác chủ yếu sẽ giảm  $8 \div 25\%$  ; năng suất lao động tăng  $4 \div 5\%$ . Trong phân xưởng nếu ánh sáng không đủ, công nhân sẽ phải làm việc trong trạng thái căng thẳng, hại mắt, hại sức khoẻ, kết quả là gây ra hàng loạt phế phẩm và năng suất lao động giảm sút... Đó là chưa kể đến những công việc không thể làm được nếu không đủ ánh sáng hoặc ánh sáng không giống ánh sáng tự nhiên.

Chẳng hạn công tác ở bộ phận kiểm tra chất lượng máy, nhuộm màu và sắp chữ in...

Vì thế vấn đề chiếu sáng đã được chú ý nghiên cứu trên nhiều lĩnh vực đi sâu như: nghiên cứu về nguồn sáng, chiếu sáng công nghiệp, chiếu sáng nhà ở, chiếu sáng công trình nghệ thuật văn hoá v.v...

Trong chương này chỉ đề cập đến những vấn đề cơ bản nhất trong chiếu sáng công nghiệp mà thôi.

### ***12.1.1. Phân loại và các hình thức chiếu sáng***

#### ***a. Chiếu sáng chung, chiếu sáng cục bộ và chiếu sáng hỗn hợp***

Việc chọn các hệ thống chiếu sáng điện công nghiệp (nguồn sáng sử dụng, thể loại vật chiếu sáng) cần phải thích hợp với những điều kiện rất thay đổi (khác nhau) của môi trường xung quanh. Cho nên người ta phân ra các hình thức chiếu sáng khác nhau cho phù hợp với từng loại hình cụ thể.

Chiếu sáng chung: hình thức chiếu sáng tạo nên độ rọi đồng đều trên toàn bộ diện tích sản xuất của phân xưởng. ở hình thức này thông thường các đèn được treo cao trên trần nhà theo một qui luật nào đó (HV). để tạo ra độ rọi đồng đều trong phân xưởng.

Chiếu sáng cục bộ:

Chiếu sáng hỗn hợp:

#### ***b. Chiếu sáng sự cố***

#### ***c. Chiếu sáng trong nhà, chiếu sáng ngoài trời:***

### ***12.1.2. Bóng đèn và chao đèn***

#### ***a. Bóng đèn:***

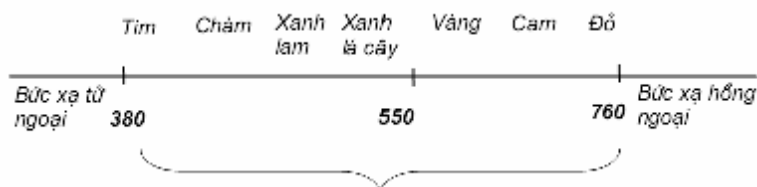
#### ***b. Chao đèn:***

Hai dòng đèn cơ bản được sử dụng: Đèn sợi đốt và Đèn huỳnh quang (ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng).

## **12.2. Các đại lượng kỹ thuật cơ bản trong chiếu sáng**

### ***12.2.1. Khái niệm chung về ánh sáng:***

Chúng ta đều biết rằng ánh sáng là những bức xạ điện từ, tuy nhiên chỉ có những bức xạ điện từ có dải bước sóng từ 380 nm đến 760 nm ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ) mới gây nên tác dụng nhìn thấy ở mắt người. Các bức xạ trong dải bước sóng này sẽ có tác dụng lên tế bào thần kinh võng mạc mắt và gây ra cảm giác nhìn thấy ở mắt người. Và được gọi là “ánh sáng”. Trong dải bức xạ này tương ứng với các bước sóng khác nhau sẽ tạo ra các màu sắc khác nhau:



Hình 11.1 - Phổ nhìn thấy ở mắt người

Trong phổ nhìn thấy của mắt người, thì mắt người lại có cảm giác nhạy cảm nhất với bức xạ có bước sóng 550 nm (tương ứng với màu vàng chanh). Tức là mắt sẽ có cảm giác sáng nhất ở ánh sáng màu vàng chanh.

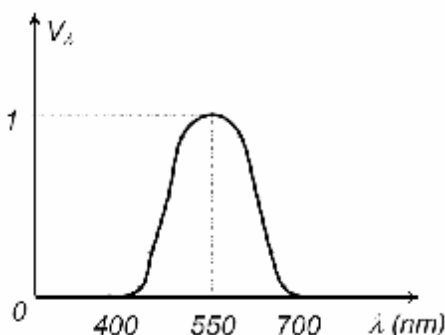
Bằng thực nghiệm người ta đã xây dựng được đường cong độ nhạy của mắt (được cong được xây dựng và kiểm tra với một số đông người mắt tốt).

*a. Độ nhạy tương đối*

Định nghĩa: Độ nhạy tương đối của mắt  $V_\lambda$  với ánh sáng bước sóng  $\lambda$  là tỷ số giữa công suất bức xạ bước sóng 550 nm với công suất bức xạ bước sóng  $\lambda$ , cần thiết để có được cảm giác về độ sáng như nhau của mắt”

$$V_\lambda = \frac{P_{550}}{P_\lambda}$$

$$V_\lambda \leq 1 ; V_{550} = 1$$



Hình 11.2 - Độ nhạy tương đối của các ánh sáng đơn sắc

*b. Quang thông F*

Thông thường các nguồn sáng đều bức xạ ra với các ánh sáng có bước sóng khác nhau có thể từ  $0 \rightarrow \infty$  và tỷ lệ phân bố các bước sóng cũng khác nhau,

chính vì thế, để đánh giá độ sáng của một nguồn sáng người ta đưa ra khái niệm về quang thông. Quang thông thực chất là phần công suất được qui đổi về bức xạ màu vàng chanh (bước sóng 550 nm) của nguồn sáng và được xác định bằng biểu thức sau:

$$F = \int_0^{\infty} V(\lambda)P(\lambda)d\lambda$$

Trong đó:  $V(\lambda)$  - độ nhạy của mắt theo  $\lambda$ .

$P(\lambda)$  - hàm phân bố năng lượng bức xạ theo  $\lambda$ . (phân bố công suất theo  $\lambda$ ).

$F$  - được gọi là quang thông của nguồn sáng.

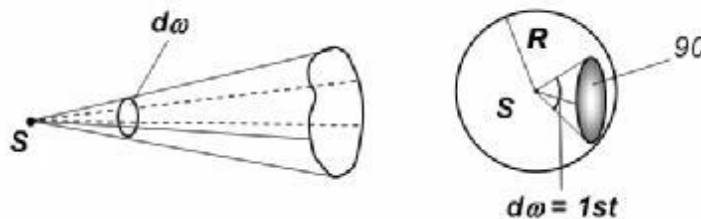
Định nghĩa: Quang thông đặc trưng cho độ lớn của thông lượng hữu ích (công suất hữu ích) của nguồn sáng qui về ánh sáng màu vàng chanh.

+ Đơn vị đo của quang thông là lumen viết tắt là: lm

$$1(\text{lm}) = \frac{1}{680} \text{ W} \quad \text{của bức xạ vàng chanh.}$$

c. Góc khối:  $d\omega$

“ Là phần không gian hình nón có đỉnh nằm tại tâm của nguồn sáng và có đường sinh tựa trên chu vi của mặt được chiếu sáng”.



Hình 11.3 – Góc khối  $d\omega$

+ Đơn vị đo của góc khối là Steradian viết tắt là st.

+ Góc khối 1 st là góc khối có đỉnh tại tâm một mặt cầu tưởng tượng chắn trên mặt cầu đó một diện tích bằng bình phương bán kính của mặt cầu đó.

d) Cường độ sáng:  $I_a$

Ta thấy rằng quang thông của nguồn sáng phát ra theo các hướng trong không gian thường là không đồng đều (do các nguồn sáng thường là không đối xứng). Vì vậy người ta đưa ra một đại lượng đặc trưng cho sự phân bố quang thông nhiều hay ít theo các hướng khác nhau của nguồn sáng.

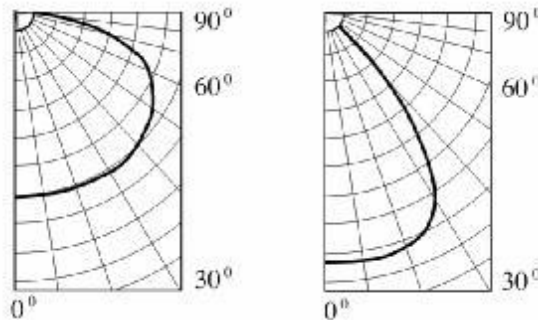
Định nghĩa: “Cường độ sáng của nguồn sáng theo một phương nào đó, là lượng quang thông mà nguồn gửi đi trong một đơn vị góc khối nằm theo phương ấy”.

$$I_a = \frac{dF_a}{dw}$$

+ Đơn vị đo là candera viết tắt là cd (1 candera = 1 steradian / 1 lumen)

*e. Đường cong phân bố cường độ sáng của đèn*

Để thuận tiện cho thiết kế chiếu sáng, thông thường các nhà chế tạo bóng đèn thường đưa ra các biểu đồ phân bố cường độ sáng theo các hướng khác nhau trong không gian. Tuy nhiên cùng một kiểu đèn lại được thiết kế với nhiều kích cỡ về công suất khác nhau mặc dù chúng vẫn cùng một có một qui luật phân bố cường độ sáng. Chính vì vậy các tài liệu thiết kế chiếu sáng lại xây dựng biểu đồ chiếu sáng của đèn qui ước có quang thông là 1000 lm cho các kiểu loại đèn.



Hình 11.4 – Đường cong phân bố cường độ sáng của đèn

*g) Độ rọi: E*

Để đánh giá độ chiếu sáng của một nguồn sáng lên một bề mặt của một vật bất kỳ, người ta đưa ra khái niệm về độ rọi. Thực chất là lượng quang thông (mật độ quang thông trên bề mặt của một vật).

Định nghĩa: “Độ rọi của một mặt là phần quang thông đến trên một đơn vị diện tích của mặt đó”.

$$E = \frac{dF}{dS}$$

Đơn vị của độ rọi là (lux) viết tắt là lx.  $1(\text{lx}) = \frac{1(\text{lm})}{1(\text{m}^2)}$

*g) Tính chất quang học của vật*

Năng lượng bức xạ đi đến bề mặt của vật được chiếu sáng sẽ gồm ba phần:

- + Phản bì vật phản xạ lại;
- + Phản bì vật hấp thụ

+ Phần khác sẽ đi xuyên qua vật.

Với các loại vật chất khác nhau tỷ lệ này sẽ khác nhau, mặc dù tổng các bức xạ này vẫn không đổi theo định luật bảo toàn năng lượng.

$$W = W_a + W_r + W_t$$

Trong đó:  $W$  - năng lượng chiếu tới vật.

$W_a$  - năng lượng bị vật hấp thụ.

$W_r$  - năng lượng bị vật phản xạ lại.

$W_t$  - năng lượng đi xuyên qua vật.

Để đánh giá tính chất quang học khác nhau của vật. Người ta đưa ra các hệ số được đánh giá bằng tỷ số giữa các năng lượng và tổng năng lượng nhận được từ vật.

Hệ số hấp thụ:  $a = \frac{W_a}{W}$

Hệ số phản xạ:  $r = \frac{W_r}{W}$

Hệ số xuyên qua:  $t = \frac{W_t}{W}$

Các hệ số trên có liên hệ với nhau thông qua hệ thức sau:  $a + r + t = 1$

*h) Độ rọi tiêu chuẩn:  $E_{tc}$*

Căn cứ vào tính chất công việc, vào điều kiện đảm bảo sức khoẻ của công nhân, vào khả năng cung cấp điện của mỗi nước → Ban bố những tiêu chuẩn về độ rọi tiêu chuẩn cho các loại hình công việc khác nhau (Bảng 10-3; 10-4) là tiêu chuẩn độ rọi của nước ta.

Khi thiết kế cần phải căn cứ vào các tiêu chuẩn đó để tính toán.

Trong thực tế vận hành xuất hiện bụi, bồ hóng, khói ... có thể bám vào bóng đèn, làm giảm quang thông của đèn. Vì vậy khi thiết kế chiếu sáng cần phải tăng thêm tiêu chuẩn độ rọi bằng cách nhân nó với các hệ số dự trữ.

### **12.3. Thiết kế chiếu sáng**

#### **12.3.1. những số liệu ban đầu:**

Công việc thiết kế trước tiên là phải thu thập các số liệu ban đầu bao gồm:

+ Mặt bằng của phân xưởng, xí nghiệp và vị trí các máy móc, thiết bị.

+ Mặt cắt của phân xưởng, xí nghiệp của nhà xưởng → từ đó ấn định độ cao treo đèn.

+ Đặc điểm của qui trình công nghệ (mức chính xác của các loại hình công việc đang có trong phân xưởng, xí nghiệp. Độ lớn của vật cần quan sát, mức độ cần

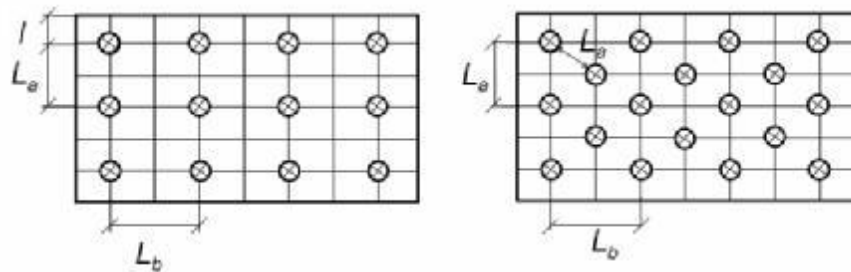
phân biệt màu sắc ..v.v...) → Xác định các tiêu chuẩn về độ rọi cần thiết cho các khu vực thiết kế.

### 12.3.2. Cách bố trí đèn:

Cách bố trí và lắp đặt đèn là công việc tiếp theo trong phần thiết kế chiếu sáng, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau của khu vực sản xuất, như độ cao của nhà xưởng, nhà xưởng có trần hoặc không có trần, nhà xưởng có cầu trục hay không có cầu trục..v.v...

Phần dưới đây chỉ đề cập đến việc bố trí đèn cho hình thức chiếu sáng chung vì hình thức này sử dụng nhiều đèn. Vấn đề là phải xác định được một cách hợp lý nhất vị trí tương đối giữa các đèn với nhau, giữa các đèn với trần nhà, giữa các dây đèn với tường. Vì các yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến độ rọi của mặt được chiếu sáng

Bố trí đèn: Thực tế tồn tại hai cách bố trí đèn hình chữ nhật và hình thoi



Hình 12.5 – Cách bố trí đèn a) Hình chữ nhật; b) Hình thoi

Người ta đã chứng minh được rằng nếu bố trí đèn như sơ đồ a) thì hiệu quả cao nhất nếu  $L_a = L_b$ . Còn ở sơ đồ b) thì  $L_b = 3 L_a$  hiệu quả cao nhất.

Trong thực tế việc bố trí đèn còn phụ thuộc vào hệ thống xà ngang của nhà xưởng nên các khoảng cách trên cố gắng tuân thủ được là tốt nhất.

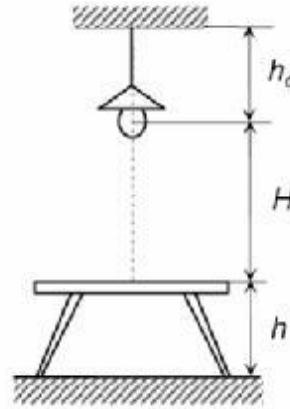
Khoảng cách từ cách dây đèn đến tường bao quanh nên được giữ trong phạm vi:

$$l = (0,3 \div 0,5)L$$

Trong đó:  $l$  – khoảng cách từ dây đèn đến tường bao quanh.

$L$  – khoảng cách giữa các dây đèn.

Độ cao treo đèn: Độ cao treo đèn được tính từ tâm của bóng đèn đến bề mặt công tác.



Trong đó :

$h_c$  – Khoảng cách từ trần đến đèn.

$h$  - Độ cao của mặt làm việc.

$H$  - Độ cao treo đèn.

### 12.3.3. Tính toán chiếu sáng

Sau khi đã nghiên cứu chọn phương án và qui cách bố trí đèn, loại đèn ta tiến hành tính toán chiếu sáng. Thực chất là xác định công suất của các đèn để đạt được các tiêu chuẩn đã chọn. Nội dung chính của phương pháp tính công suất chiếu sáng bao gồm:

+ Căn cứ vào  $E_{tc}$  đã chọn phù hợp với từng loại công việc trong phân xưởng. → tính tổng công suất chiếu sáng, công suất cho từng đèn, số lượng bóng đèn..

+ Kiểm tra độ rọi thực tế. Nếu khu vực thiết kế chiếu sáng có yêu cầu cao về ánh sáng thì sau khi tính toán công suất chiếu sáng, chọn công suất cụ thể cho các đèn sử dụng, thì công việc cuối cùng của thiết kế chiếu sáng là tính toán kiểm tra. Nội dung chính của công việc này là chúng ta phải xác định được độ rọi tối thiểu ( $E_{min}$ ) và độ rọi tối đa ( $E_{max}$ ), sau đó tính toán hệ số điều hoà.

$$b = \frac{E_{max}}{E_{min}} \quad \text{tỷ lệ qui định (theo qui phạm)}$$

Các phương pháp tính toán công suất chiếu sáng gồm một số phương pháp chính:

- Phương pháp suất phụ tải chiếu sáng.
- Phương pháp quang thông.
- Phương pháp điểm.

Phương pháp suất phụ tải chiếu sáng: là phương pháp gần đúng dựa trên kinh nghiệm thiết kế vận hành thực tế, người ta tổng kết lại được suất phụ tải chiếu sáng cho một số khu vực làm việc đặc thù trên một đơn vị diện tích sản xuất.



Chúng ta nếu biết được diện tích cần tính toán chiếu sáng có thể nhanh chóng xác định được công suất cần cho chiếu sáng theo công thức sau:

$$P_{cs} = p_0 S$$

Trong đó:  $p_0$  - suất phụ tải chiếu sáng ( $W/m^2$ ) tra bảng.

$S$  ( $m^2$ ) – diện tích cần tính toán chiếu sáng (mặt bằng nhà xưởng).

Phương pháp này chỉ dùng để ước lượng trong việc dự kiến phụ tải hoặc dùng cho những nơi có yêu cầu không cao về thiết kế chiếu sáng.

Phương pháp quang thông và phương pháp điểm là những phương pháp chính để tính toán chiếu sáng cho những nơi có yêu cầu cao về chiếu sáng. Hai phương pháp này dựa trên tinh thần chính sau: Độ rọi nhận được từ bất kể một bề mặt nào cũng bao gồm có hai phần:

$$E = E_t + E_p$$

Trong đó:  $E_t$  - độ rọi nhận trực tiếp từ các nguồn sáng.

$E_p$  - là độ rọi nhận được gián tiếp từ các vật phản xạ.

+ Nhóm phương pháp quang thông chủ yếu quan tâm đến độ rọi nhận gián tiếp qua các vật phản xạ lại. Thường được áp dụng cho thiết kế chiếu sáng trong nhà, hội trường, phòng họp... nơi mà số lượng bóng đèn có quá nhiều và vật phản xạ ánh sáng lại đáng kể.

+ Nhóm phương pháp điểm thì ngược lại chỉ quan tâm đến phần độ rọi nhận trực tiếp từ các đèn. Thường được dùng cho việc thiết kế chiếu sáng ngoài trời hoặc các đường hầm ngầm, nơi mà các vật phản xạ quá ít hoặc với hệ số phản xạ quá thấp.

#### **12.3.4. Tính toán chiếu sáng theo phương pháp hệ số sử dụng quang thông**

Như ở phần trên đã trình bày phương pháp này chủ yếu được áp dụng để tính toán chiếu sáng trong nhà. Theo phương pháp này toàn bộ quang thông phát ra từ các đèn ( $F_{\Sigma\text{đèn}}$ ) chỉ có một số nào đó đến được bề mặt của diện tích cần thiết kế chiếu sáng, ta gọi là phần quang thông hữu ích ( $F_{\text{hữu ích}}$ ). Từ đó ta có hệ số sử dụng quang thông được xác định theo biểu thức sau:

$$k_{sd} = \frac{F_{\text{hữu ích}}}{F_{\Sigma\text{đèn}}} = \frac{F_{\Sigma}}{n \cdot F_0}$$

Trong đó:  $F_{\text{hữu ích}}$  hoặc  $F_{\Sigma}$  - tổng quang thông chiếu tới diện tích sản xuất.

$F_{\Sigma\text{đèn}}$  - tổng quang thông phát ra của tất cả các đèn.

$F_0$  - quang thông phát ra từ 1 đèn (giả thiết khu vực chiếu sáng chỉ sử dụng một loại bóng đèn).

$n$  - tổng số bóng đèn sử dụng.

$k_{sd}$  - hệ số sử dụng quang thông.

Bản thân hệ số sử dụng quang thông là tham số phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau (vào cách bố trí đèn, vào loại đèn, vào hệ số phản xạ của trần, nền, tường và các vật xung quanh). Tuy nhiên với một số tham số phụ thuộc biết trước như loại đèn, cách bố trí cùng hệ số phản xạ của trần, tường, nền thì người ta có thể xác định được hệ số  $k_{sd}$  bằng các phương pháp thực nghiệm. Trong thực tế người ta xây dựng bảng tra  $k_{sd}$  theo (loại đèn,  $\varphi$ ;  $\rho_{trần}$ ;  $\rho_{tường}$ ;  $\rho_{nền}$ ).

Mặt khác ta có thể xác định được tổng lượng quang thông cần thiết cho điện tích sản xuất theo công thức:

$$F_{\Sigma} = k_{dtr} \cdot E_{tb} \cdot S$$

Trong đó :  $E_{tb}$  - độ rọi trung bình (lx).

$S$  - diện tích cần thiết kể chiếu sáng ( $m^2$ ).

$k_{dtr}$  - hệ số dự trữ tính đến bụi bám vào bóng đèn khi lắp đặt.

Thông thường trong các tài liệu chiếu sáng người ta chỉ cho trước  $E_{min}$  (bảng tra). Tuy nhiên giữa  $E_{min}$  và  $E_{tb}$  có quan hệ phụ thuộc và phụ thuộc vào cách bố trí đèn (vào khoảng cách giữa các dãy đèn và độ cao treo đèn).

Trong thực tế  $z = \frac{E_{min}}{E_{tb}}$  phụ thuộc vào tỉ số  $L/H$  và thông thường  $z = 0,8 \div 1,4$ .

Từ đó nếu ta đã bố trí đèn rồi thì từ  $L/H$  có thể tra được  $z$  từ đó tính được

$E_{tb} = \frac{E_{min}}{z}$  điều đó cũng có nghĩa là ta có thể xác định được quang thông cần thiết cho mỗi bóng đèn.

$$F_0 = \frac{k_{dtr} \cdot E_{min} \cdot S}{z \cdot n \cdot k_{sd}}$$

Ngoài ra nếu biết được  $F_0$  chúng ta có thể tìm được loại bóng đèn thực tế cần sử dụng  $\rightarrow$  tra bóng đèn ( $P_0$  ;  $U_{dm}$ ).

$$P_{cs} = n \cdot P_0$$

Trường hợp nếu chúng ta chưa bố trí đèn trước tức là ta chưa biết trước  $n$  (số lượng bóng đèn). Thì chúng ta cũng có thể xác định được tổng quang thông cần thiết cho khu vực cần thiết kể chiếu sáng theo công thức sau:

$$F_{\Sigma} = n \cdot F_0 = \frac{k_{dtr} \cdot E_{min} \cdot S}{z \cdot n \cdot k_{sd}}$$

Sau đó nếu ta chọn một loại bóng đèn cụ thể có trên thị trường  $\rightarrow$  Đèn ( $P_0$  ;  $F_0$ ;  $U_{dm}$ ), trên cơ sở đó ta có số lượng bóng đèn cần thiết cho khu vực cần thiết kể chiếu sáng:

$$n = \frac{k_{dtr} \cdot E_{min} \cdot S}{z \cdot F_0 \cdot k_{sd}}$$

Chú ý : Hệ số sử dụng quang thông có thể tra được từ các bảng tra:

$$k_{sd} = f(\text{loại đèn}; \varphi; \rho_{\text{trần}}; \rho_{\text{tường}}; \rho_{\text{nền}})$$

Trong đó  $\varphi$  - được gọi là chỉ số hình dạng của căn phòng. Nó được xác định theo chiều dài, chiều rộng của căn phòng và độ cao treo đèn.

$$j = \frac{ab}{H(a+b)}$$

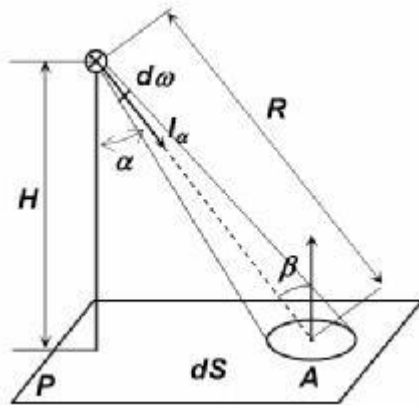
Trong đó: a, b - chiều dài và rộng của căn phòng cần thiết kế chiếu sáng.  
H - độ cao treo đèn.

Trình tự tính toán theo phương pháp hệ số sử dụng quang thông ( ... )

### 12.3.5. Tính toán chiếu sáng theo phương pháp điểm

Trong phương pháp này như ở phần trên đã giới thiệu chúng ta chỉ quan tâm đến độ rọi chiếu trực tiếp từ các đèn tới và vì vậy chúng ta sẽ tính độ rọi từ một đèn đến một diện tích  $dS$  (tại điểm A) như HV.

Xác định độ rọi của đèn tới một điểm:



$\beta$  - Góc tạo bởi pháp tuyến của  $dS$  với tia tới.

$\alpha$  - Góc tạo bởi đường thẳng đứng với tia tới.

R - Khoảng cách từ đèn tới điểm A.

H - Độ cao treo đèn.

Hình 12.6

Từ khái niệm về góc khối ta có  $dS = R^2 \cdot d\omega$ . Tuy nhiên phần diện tích trong hình của chúng ta không nằm thẳng góc với tia tới. Mà pháp tuyến của nó tạo với tia tới một góc  $\beta$  và vì vậy phần diện tích vuông góc với tia tới thực chất sẽ là:

$$dS = \frac{R^2 d\omega}{\cos \beta}$$

Mật khác lượng quang thông từ đèn gửi tới diện tích  $dS$  theo hướng  $\alpha$  có thể xác định theo biểu thức:

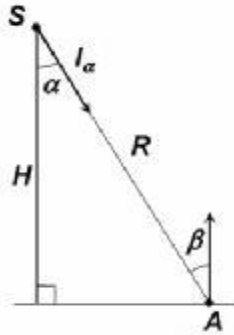
$$dF = I_a d\omega$$

Từ định nghĩa về độ rọi ta có

$$E_A = \frac{dF}{dS} = I_a \frac{\cos b}{R^2}$$

Nhân xét: “Độ rọi của nguồn sáng đến một điểm tỷ lệ thuận với cường độ sáng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách”.

Trong thực tế thường người ta biết được độ cao treo đèn (H) nhiều hơn là khoảng cách từ đèn đến 1 điểm (R). Vì vậy chúng ta sẽ chuyển công thức tính độ rọi của đèn chỉ theo H mà thôi.



Xét tam giác vuông

$$R = \frac{H}{\cos a}$$

Thay vào biểu thức về độ rọi ta có :

$$E_A = I_a \frac{\cos b}{H^2} \cos^2 a$$

Nếu  $\alpha = \beta$

$$E_A = I_a \frac{\cos^3 a}{H^2}$$

Vì trong thực tế cùng một kiểu đèn có nhiều loại công suất khác nhau, mặc dù chúng cùng có đường cong phân bố cường độ sáng như nhau (lượng quang thông phát ra của các đèn cũng khác nhau). Cho nên trong các tài liệu chuyên môn người ta cho biết biểu đồ phân bố cường độ sáng của một loại đèn qui ước có quang thông là 1000 lm. Vậy nếu gọi  $I_a$  là quang thông của đèn qui ước 1000 lm và  $I'_a$  là quang thông của một đèn thực bất kỳ ta có:

$$\frac{I_a}{I'_a} = \frac{F_d}{1000}$$

hay

$$I'_a = \frac{I_a}{F_d} 1000$$

Do đó:

$$E_A = \frac{I_a F_d \cos^3 a}{1000 H^2}$$

Trong thực tế độ rọi tại điểm A phải là tổng hợp độ rọi của nhiều đèn có trong phòng nào đó. Cho nên ta có:

$$E_A = E_1 + E_2 + E_3 + \dots = \sum E_i = \frac{F_d}{1000} \sum \left( \frac{I_{a,i} \cos^3 a_i}{H^2} \right)$$

(với giả thiết ta sử dụng cùng một loại bóng đèn và các đèn cùng được treo ở cùng một độ cao).

+ Do tính chất công việc tại điểm A. Ta tra được  $E_{\min}$  và trong thiết kế ta vẫn nên thêm hệ số dự trữ. Cho nên ta có:

$$E_A = k_{\text{dtr}} \cdot E_{\min}$$

Ta có thể tính được quang thông tối thiểu cần thiết của mỗi đèn là:

$$F_d = \frac{k_{\text{dtr}} \cdot E_{\min}}{m \sum_{i=1}^n E_i}$$

Trong đó:  $E_i$  - độ rọi do đèn thứ  $i$  chiếu tới

$$E_i = I_{a,i} \frac{\cos^3 a_i}{H^2}$$

$\mu$  - Hệ số kể đến độ rọi của các đèn khác ảnh hưởng đến điểm đang xét nhưng chưa được tính trong quang thông tổng trên. Thông thường  $\mu = 1,1 \div 1,2$

### 12.3.6. Kiểm tra độ rọi thực tế

+ Không phải lúc nào cũng cần kiểm tra độ rọi thực tế, mà chỉ ở những trường hợp nơi làm việc đòi hỏi mức độ cao về chiếu sáng.

+ Nội dung của phương pháp kiểm tra là: Bất kỳ 1 điểm nào trên diện tích được chiếu sáng cũng được chiếu sáng bởi tất cả các bóng đèn trong phòng. Vì vậy ta có thể áp dụng phương pháp xếp chồng để tính độ rọi tại từng điểm trên bề mặt sản xuất. Thông thường người ta chọn vài điểm ở vị trí bất lợi nhất về chiếu sáng. Sau đó tính độ rọi cho các điểm đó, rồi kiểm tra xem có đạt yêu cầu hay không, nếu chưa đạt thì phải tiến hành tính lại.

+ Trong trường hợp nơi làm việc có yêu cầu cao về chiếu sáng thì ngoài việc kiểm tra kể trên chúng ta còn cần phải kiểm tra cả độ điều hoà:

$$\frac{E_{\min}}{E_{\max}} > b$$



## Các tài liệu tham khảo

1. Giáo trình CCD cho xí nghiệp công nghiệp, Bộ môn phát dẫn điện xuất bản 1978 (bản in roneo).
2. Giáo trình CCD (tập 1 và 2), Nguyễn Công Hiền và nhiều tác giả xuất bản 1974,1984.
3. Thiết kế CCD XNCN. Bộ môn phát dẫn điện (bản in roneo khoa TC tái bản).
4. Một số vấn đề về thiết kế và qui hoạch mạng điện địa phương, Đặng Ngọc Dinh và nhiều tác giả.
5. Giáo trình mạng điện, Bộ môn phát dẫn điện.

Một số tài liệu nước ngoài hoặc dịch:

1. Cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp  
Tg: Fe-đô-rov NXB-Năng lượng 1972
2. Cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp.  
Tg: Epmulov NXB-Năng lượng 1976
3. Sách tra cứu về cung cấp điện (tập I & II sách dịch).  
Tg: Fe-đô-rov NXB-Năng lượng 1980.

Giới thiệu các chương của giáo trình:

Chương I: Những vấn đề chung về TH-CCĐ.

Chương II: Phụ tải điện.

Chương III: Cơ sở so sánh-kinh tế kỹ thuật trong CCD.

Chương IV: Sơ đồ CCD và trạm biến áp.

Chương V: Tính toán mạng điện trong xí nghiệp.

Chương VI: Xác định tiết diện dây dẫn trong mạng điện.

Chương VII: Tính toán dòng ngắn mạch.

Chương VIII: Lựa chọn thiết bị điện.

Chương IX: Bù công suất phản kháng trong mạng xí nghiệp.

Chương X: Bảo vệ rơ-le trong mạng điện xí nghiệp.

Chương XI: Nối đất và chiếu sáng.

Chương XII: Chiếu sáng công nghiệp.