

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH  
KHOA ĐIỆN- ĐIỆN TỬ  
BỘ MÔN ĐIỆN CÔNG NGHIỆP



PGS.TS. QUYÊN HUY ÁNH

*GIÁO TRÌNH*  
**THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN**

TP. HỒ CHÍ MINH



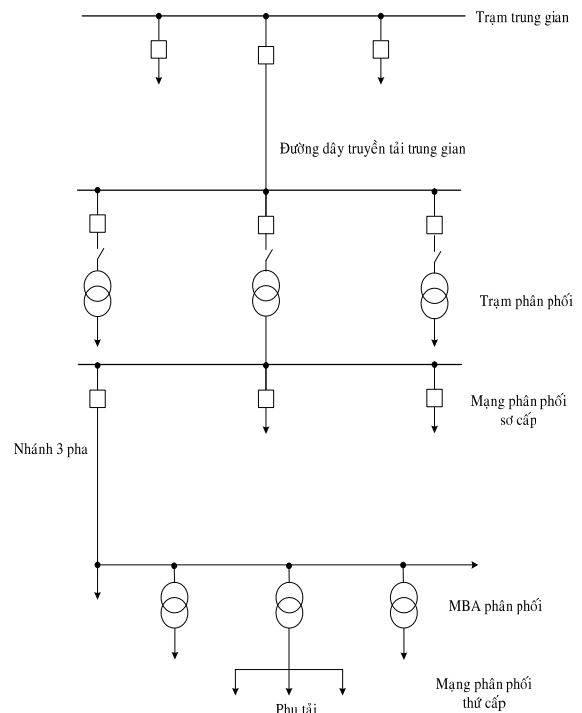
## Chương 1

# THIẾT KẾ MẠNG PHÂN PHỐI ĐIỆN

Hệ thống phân phối gồm:

1. Hệ thống truyền tải trung gian.
2. Các trạm phân phối.
3. Mạng phân phối sơ cấp.
4. Các máy biến áp phân phối.
5. Mạng phân phối thứ cấp (hạ thế).
6. Các thiết bị phụ trợ.

Hình 1.1 là sơ đồ của mạng phân phối điển hình, điện áp của trạm trung gian từ 12,47 kV đến 245 kV. Trạm phân phối gồm các máy biến áp, thiết bị điều chỉnh cấp điện áp, các thanh cái, máy cắt, dao cách ly, phát tuyến sơ cấp 3 pha (theo tiêu chuẩn Việt Nam, mạng phân phối thường hoạt động ở cấp 10 kV đến 30 kV). Máy biến áp phân phối có công suất định mức từ 10 đến 250 kVA.



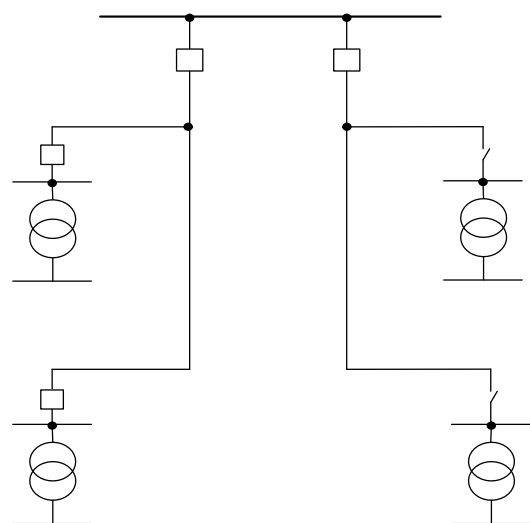
**Hình 1.1.** Sơ đồ đơn tuyến hệ thống phân phối điện

### 1.1. ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI TRUNG GIAN

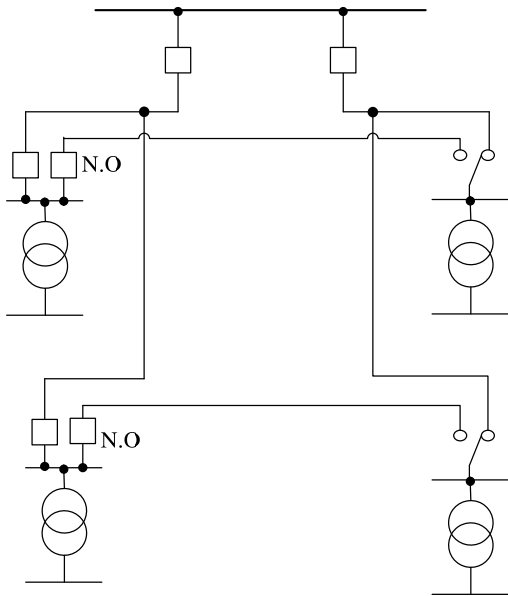
Hệ thống truyền tải trung gian là phần của mạng điện phân phối, truyền tải năng lượng từ trạm trung gian đến trạm phân phối bằng dây dẫn trên không hay cáp ngầm.

Mạng truyền tải trung gian được thiết kế theo mạng đơn giản hình tia hoặc phức tạp mạng vòng, mạng lưới.

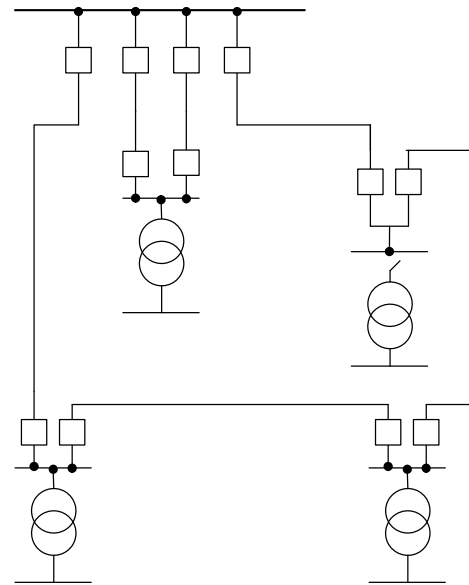
Hình 1.2 là hệ thống truyền tải trung gian hình tia các mạch phân nhánh từ trạm trung gian đến trạm phân phối. Hệ thống hình tia thì đơn giản và có chi phí thấp nhưng tính cấp điện liên tục không cao. Một dạng cải tiến của mạng hình tia như Hình 1.3, loại mạng này cho phép phục hồi sự cố nhanh hơn (khi có sự cố xảy ra trên mạch của trạm trung gian).



**Hình 1.2.** Mạng truyền tải trung gian hình tia

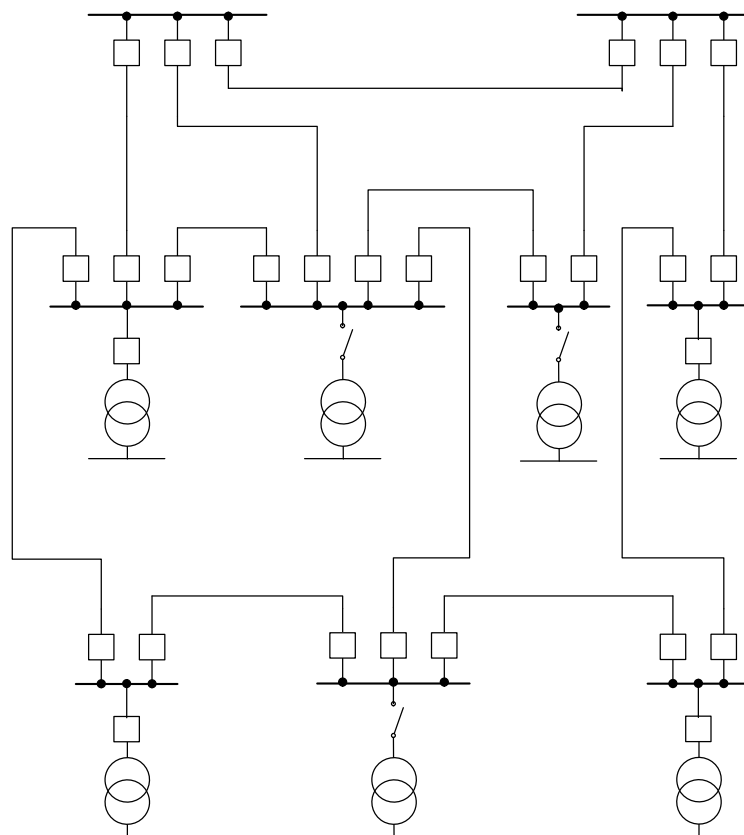


**Hình 1.3.** Sơ đồ mạng truyền tải trung gian hình tia cải tiến



**Hình 1.4.** Sơ đồ mạng truyền tải trung gian mạch vòng

Để tăng độ tin cậy, hệ thống mạng trung gian được thiết kế dạng mạch vòng hoặc mạch nhiều nhánh. Hình 1.4 là sơ đồ trạm trung gian loại mạch vòng. Hình 1.5 giới thiệu hệ thống mạng dạng lưới.



**Hình 1.5.** Sơ đồ mạng truyền tải trung gian dạng lưới

## 1.2. MẠNG PHÂN PHỐI SƠ CẤP

### 1.2.1. Các dạng sơ đồ cung cấp điện

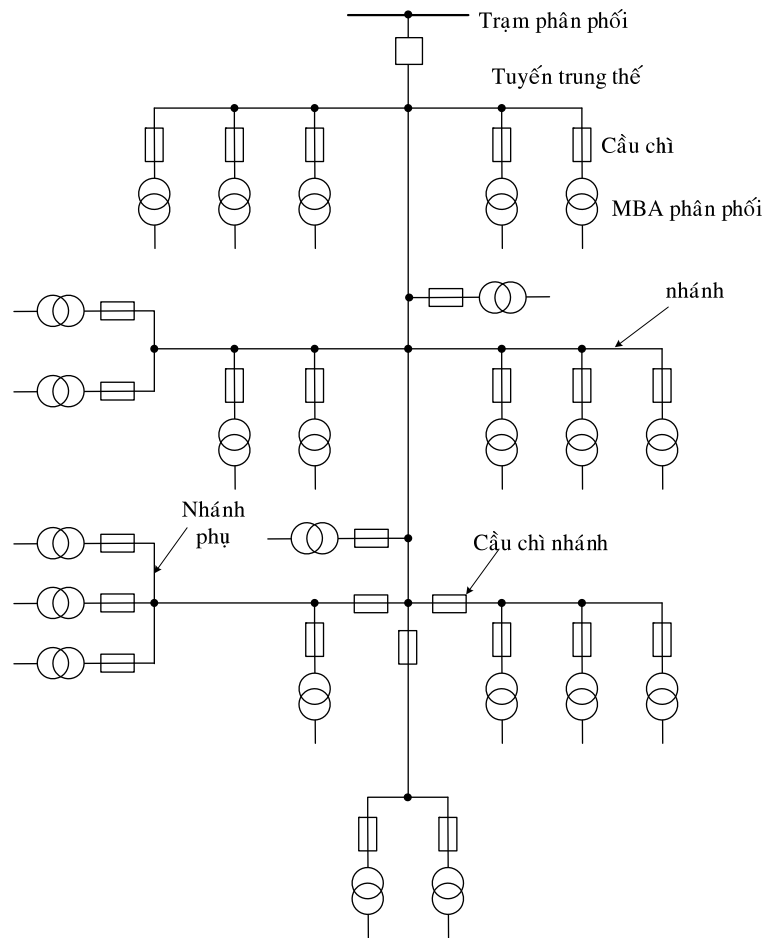
#### a. Sơ đồ hình tia

Đây là sơ đồ đơn giản và chi phí rẻ nhất, vì thế nó là mạch thông dụng nhất.

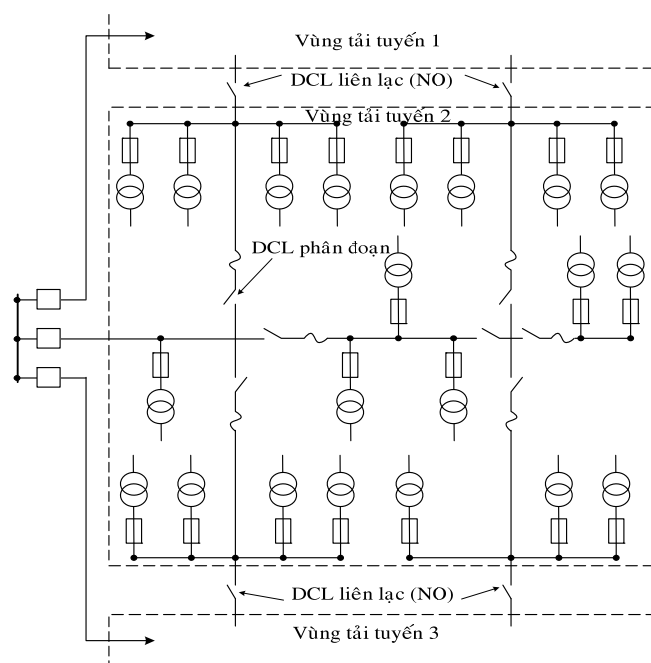
Hình 1.6 giới thiệu sơ đồ mạng phân phối sơ cấp hình tia chia làm nhiều nhánh đến các máy biến áp phân phối.

Độ tin cậy của mạng sơ cấp hình tia thấp, sự cố xảy ra bất kỳ vị trí nào trên dây sẽ làm gián đoạn sự cung cấp điện. Sự cố được cách ly khỏi nguồn nhờ thiết bị đóng cắt như máy cắt, dao cách ly hoặc cầu chì.

Hình 1.7 là sơ đồ mạng sơ cấp hình tia mà có thêm bộ phận đóng liên lạc phân đoạn để tái cung cấp điện nhanh hơn.

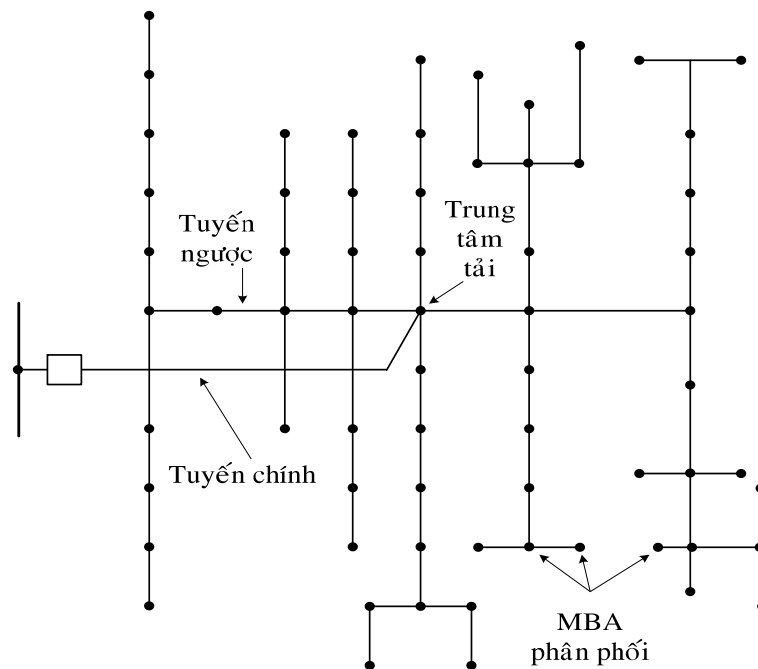


**Hình 1.6.** Sơ đồ mạng phân phối sơ cấp hình tia



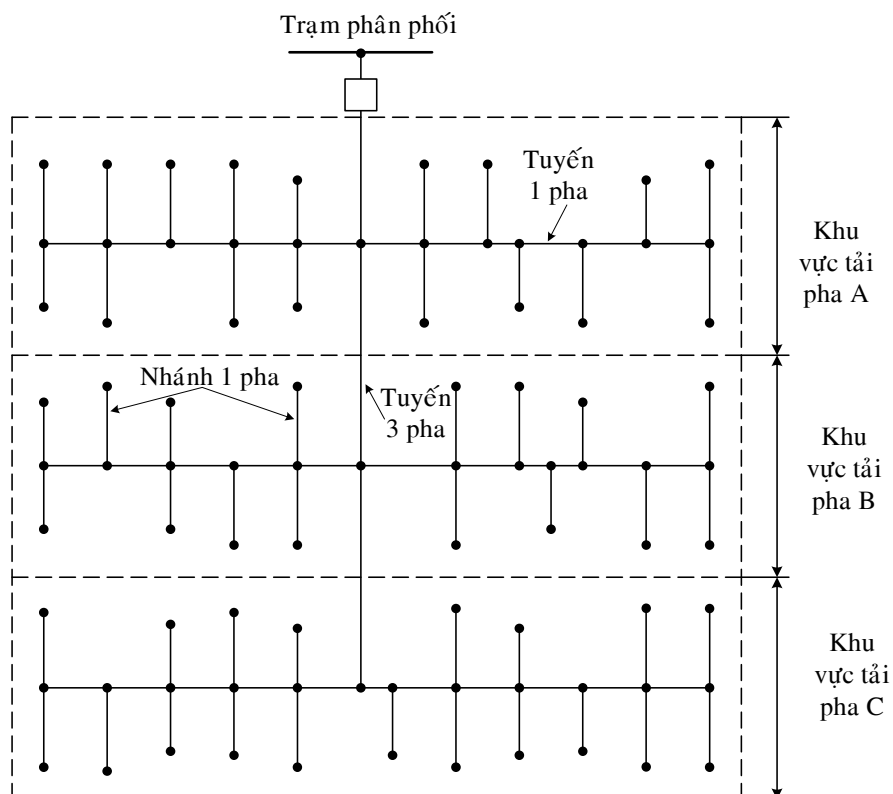
**Hình 1.7.** Tuyến sơ cấp hình tia và hệ thống dao cách ly

Hình 1.8 giới thiệu sơ đồ cung cấp cho khu vực phụ tải bằng tuyến dây sơ cấp hình tia với một tuyến chính và một tuyến ngược. Dây nối giữa trạm đến trung tâm tải gọi là tuyến chính (dây chính), không có dây phụ hoặc nhánh dây được nối rẽ từ dây tuyến chính.



**Hình 1.8.** Sơ đồ mạch hình tia với một tuyến dây chính và một tuyến dây ngược

Hình 1.9 là sơ đồ phân bố phụ tải từng pha cho từng khu vực từ tuyến 3 pha.



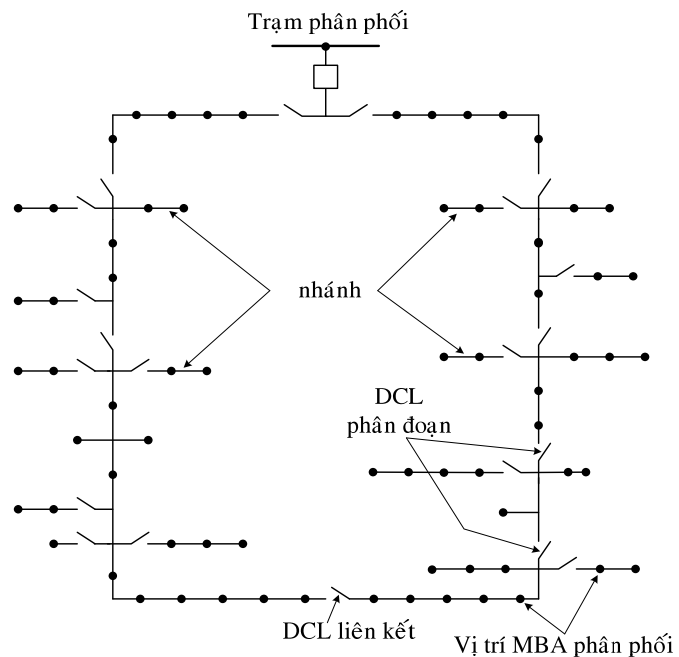
**Hình 1.9.** Tuyến dây cung cấp hình tia tải khu vực

### b. Sơ đồ mạch vòng

Hình 1.10 giới thiệu sơ đồ mạng sơ cấp mạch vòng. Đôi khi dao cách ly của mạch vòng được thay bằng máy cắt do điều kiện phụ tải. Trong các trường hợp, dao cách ly hoặc máy cắt liên kết mạch vòng có thể hoạt động bình thường đóng hoặc mở.

Thường cỡ dây bằng nhau cả mạch vòng, sơ đồ mạch vòng được chọn theo dây điện tải bình thường.

Sự cố xảy ra trên mạng sơ cấp sẽ làm máy cắt hoạt động (mở ra). Máy cắt sẽ duy trì trạng thái mở cho đến khi sự cố bị cách ly cả hai phía. Mạch vòng rất tin cậy để cung cấp điện cho hộ quan trọng.



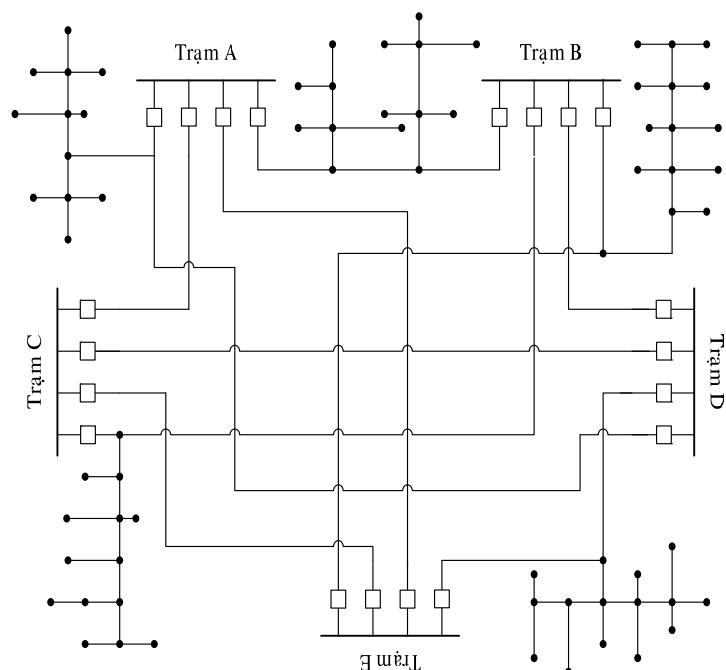
**Hình 1.10.** Sơ đồ tuyến dây trung thế mạch vòng

### c. Mạng phân phối sơ cấp dạng lưới

Hình 1.11 giới thiệu sơ đồ mạng điện sơ cấp gồm nhiều dây được nối lại với nhau và được cấp điện bởi trạm, các trạm khác nhau, các tuyến sơ cấp cũng được cấp điện trực tiếp từ các trạm, trên mỗi tuyến có hai máy cắt đặt ở mỗi đầu.

Mạng lưới sơ cấp cung cấp điện cho phụ tải theo nhiều hướng. Tổn thất trong mạng lưới sơ cấp thì thấp hơn so với hệ thống hình tia.

Độ tin cậy và chất lượng điện năng của mạng lưới cao hơn nhiều so với mạch hình tia và mạch vòng nhưng lại khó thiết kế và vận hành hơn.



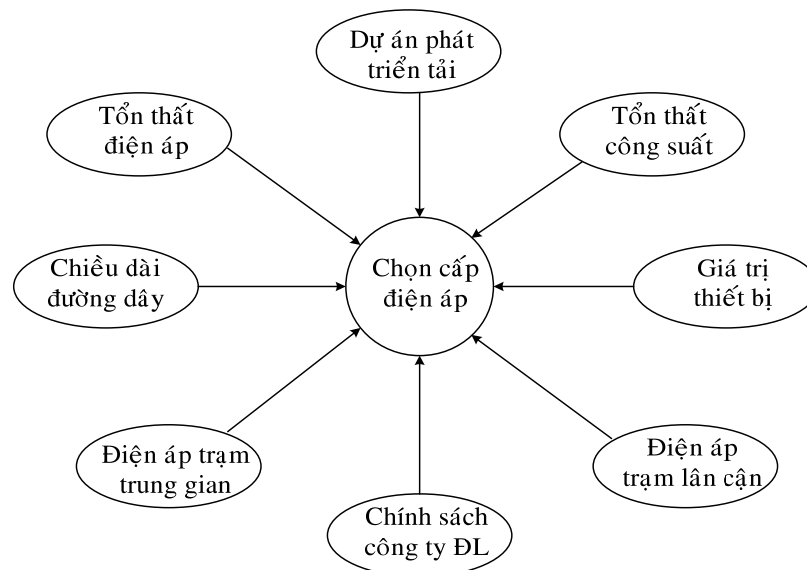
**Hình 1.11.** Mạng phân phối sơ cấp dạng lưới

### 1.2.2. Các cấp điện áp của hệ thống phân phối sơ cấp

Cấp điện áp của tuyến dây sơ cấp là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến sự thiết kế hệ thống, chi phí và sự hoạt động của hệ thống điện. Một vài yếu tố của việc thiết kế và sự hoạt động của hệ thống ảnh hưởng đến mức điện áp như:

1. Chiều dài tuyến dây sơ cấp.
2. Tải của tuyến dây sơ cấp.
3. Số lượng trạm phân phối.
4. Định mức của các trạm phân phối.
5. Số đường dây truyền tải trung gian.
6. Số lượng phụ tải đặc biệt.
7. Hệ thống bảo trì.
8. Sự mở rộng sơ đồ hình cây.
9. Các điểm nối của trụ.
10. Các loại dây và cấu trúc.
11. Hình dáng của dây trụ.

Ngoài ra, còn có các yếu tố khác cũng ảnh hưởng đến việc chọn lựa cấp điện áp, được minh họa như Hình 1.12. Theo tiêu chuẩn Việt Nam, cấp điện áp phân phối sơ cấp (trung thế): 10 kV, 15 kV, 22 kV, 35 kV, 66 kV,...



**Hình 1.12.** Các yếu tố ảnh hưởng đến cấp điện áp tuyến dây sơ cấp.

Thông thường tuyến dây sơ cấp được đặt ở vùng có mật độ phụ tải thấp bị hạn chế chiều dài dây do sụt áp cho phép. Còn tuyến dây sơ cấp trong khu vực có mật độ phụ tải cao (công nghiệp, thương mại), bị hạn chế bởi điều kiện phát nhiệt dây dẫn.

Tổng quát với độ sụt áp cho trước, chiều dài tuyến dây và tải là hàm cấp điện thế.

Các quan hệ này được biểu diễn bởi các công thức sau:

Tỉ số khoảng cách x tỉ số tải = hệ số bình phương điện áp.

$$\text{Hệ số bình phương điện áp} = \left( \frac{V_{L-N, \text{mới}}}{V_{L-N, \text{cũ}}} \right)^2$$

$$\text{Tỉ số khoảng cách} = \frac{\text{khoảng cách mới}}{\text{khoảng cách cũ}}$$

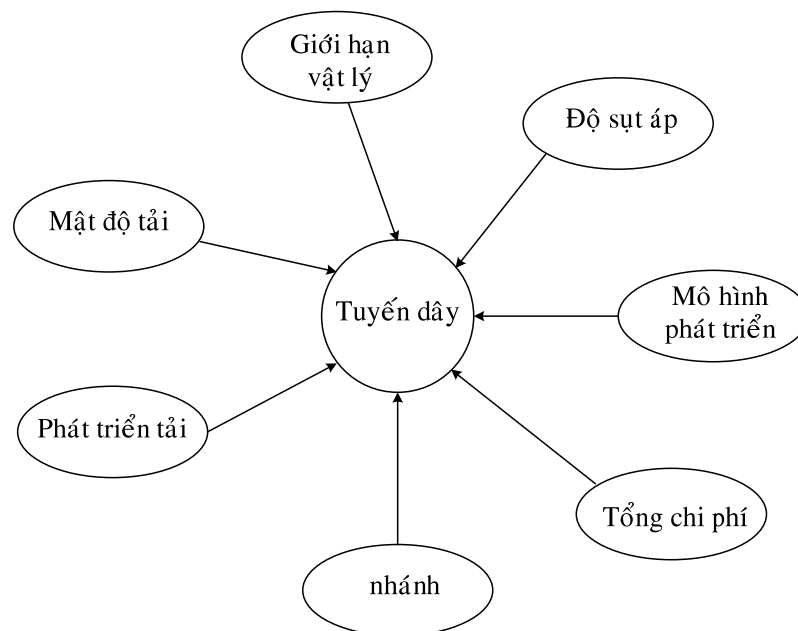
$$\text{Tỉ số tải} = \frac{\text{Tải tuyến dây mới}}{\text{Tải tuyến dây cũ}}$$

### 1.2.3. Chọn cỡ dây trung thế

Các yếu tố ảnh hưởng đến sự thiết kế tuyến dây:

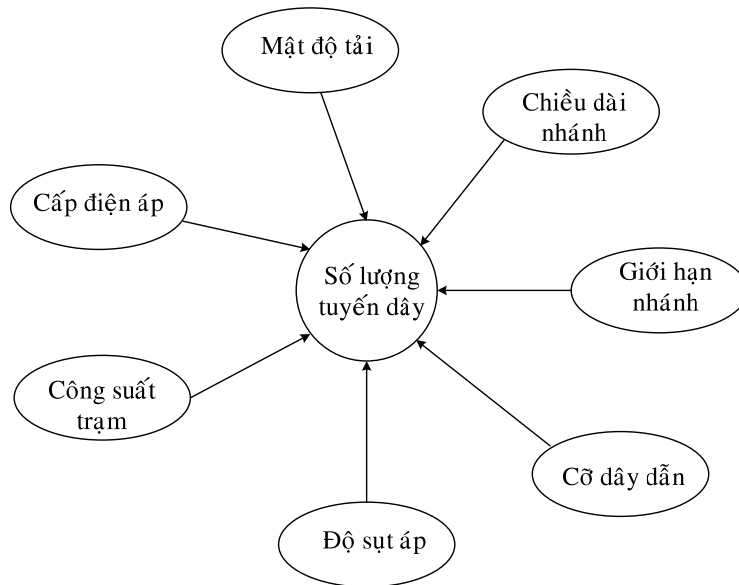
1. Mật độ phụ tải trên nhánh.
2. Đặc tính phụ tải.
3. Mức gia tăng của phụ tải.
4. Các yêu cầu về công suất dự trữ trong trường hợp khẩn cấp.
5. Yêu cầu cấp điện liên tục cho phụ tải.
6. Yêu cầu độ tin cậy điện năng.
7. Chất lượng cung cấp điện.
8. Cấp điện áp của mạng trung thế.
9. Phân loại và chi phí của việc xây dựng mạng điện.
10. Vị trí và công suất của trạm phân phối.
11. Các yêu cầu về cấp điện áp qui định.

Ngoài các yếu tố trên còn có các yếu tố khác ảnh hưởng đến sự xác định tuyến dây trung thế như số lượng tuyến dây. Tổng quát có thể biểu diễn việc chọn dây phân phối sơ cấp bằng các hình 2.13, 2.14, 2.15.

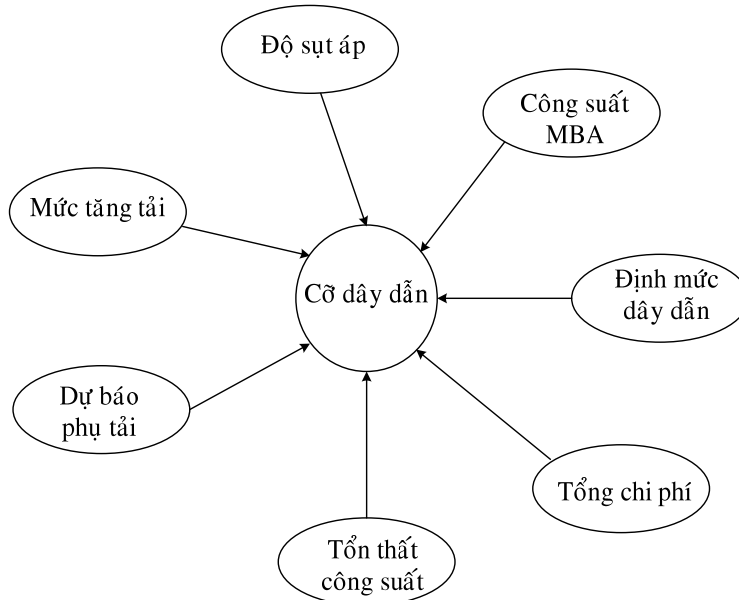


**Hình 1.13.** Những yếu tố ảnh hưởng đến sự chọn lựa tuyến dây trung thế





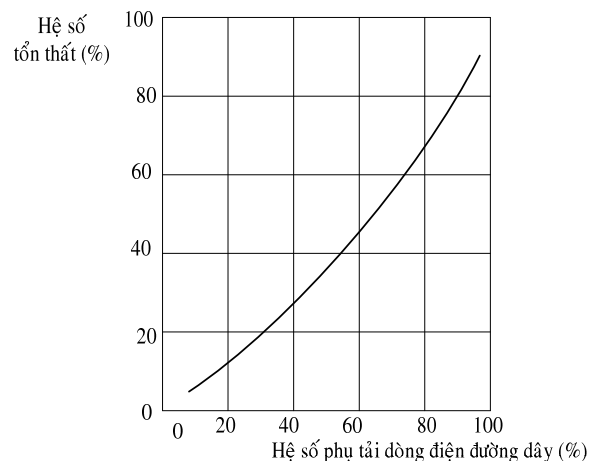
**Hình 1.14.** Các yếu tố ảnh hưởng đến số lượng tuyến dây.



**Hình 1.15.** Các yếu tố ảnh hưởng đến chọn lựa cỡ dây dẫn.

**a. Sự lựa chọn cỡ đường dây cung cấp điện cho tải tập trung**

Yêu cầu chính của dây dẫn là truyền tải điện năng từ trạm trung gian đến trạm biến áp phân phối hoặc các điểm trên các tuyến dây. Thiết kế tuyến dây thoả mãn dòng yêu cầu trong giới hạn cho phép. Các tính chất về nhiệt của cáp được chọn phù hợp. Độ sụt áp có thể được tính và kiểm tra, nhưng trong vài trường hợp đặc biệt nó không dùng để thiết kế, đặc biệt đối với điện áp rơi cho phép, chẳng hạn trong việc thiết kế đường dây phân phối người ta có thể điều chỉnh điện áp theo yêu cầu tại các điểm trên dây dẫn bằng các thiết bị điều



**Hình 1.16.** Sự quan hệ giữa hệ số phụ tải với hệ số tổn thất.

khuyến điện áp. Thông thường kích thước dây dẫn được chọn theo định luật Kelvin. Định luật Kelvin phát biểu rằng : kích thước dây dẫn mang tính kinh tế nhất khi chi phí đầu tư hằng năm và chi phí tổn thất hằng năm do truyền tải là nhỏ nhất. Chi phí hằng năm của dây cáp được xét bởi hai thành phần: một phần do chi phí cố định và phần còn lại tỉ lệ thuận với tiết diện dây dẫn. Chi phí hằng năm do dây dẫn là  $P_1 + P_2F$ .

Với  $F$  – là tiết diện dây dẫn.

Nếu  $I$  là dòng điện trên 3 pha thì  $3I^2R$  là tổn thất công suất.  $I^2R \times 8760 \text{ kW.h}$  là tổn thất điện năng trong năm. Chi phí tổn thất điện năng tỉ lệ thuận với điện năng tổn thất hằng năm. Chi phí tổn thất điện năng lại tỉ lệ nghịch với tiết diện dây dẫn được tính là  $\frac{P_3}{F}$ .

Tổng phí tổn:  $P_1 + P_2F + \frac{P_3}{F}$  sẽ nhỏ nhất khi đạo hàm theo  $F$  bằng 0.

$$\text{Lúc đó: } P_2F = \frac{P_3}{F}$$

$$\text{Nếu } P_3 = p_3 I^2, \text{ mật độ dòng } j_{kt} = \frac{I}{F} = \sqrt{\frac{P_3}{p_3}}$$

Với  $P_3$  – hằng số.

$j_{kt}$  – mật độ dòng kinh tế và không phụ thuộc vào điện áp.

$I$  là dòng điện trung bình qua tải trong một năm và để biểu diễn tổn thất dòng điện  $I$  bằng giá trị hiệu dụng của dòng tải qua đường dây trong suốt một năm. Do đặc tính biến thiên của tải và tính chất khác nhau của tải, giá trị dòng điện hiệu dụng ứng với dòng trung bình được dùng để tính tổn thất công suất và tổn thất điện năng.

Tổn thất công suất: hệ số tổn thất  $\times 3I_{\max}^2 R$

$I_{\max}$  là dòng điện cực đại. Hệ số tổn thất có quan với hệ số phụ tải trung bình trong Hình 1.16 và các giá trị tương ứng cho trong Bảng 1.1. Nếu biết chi tiết đường cong của tải, các hệ số được xác định cho những trường hợp tương ứng. Nếu  $x_1, x_2, \dots, x_n$  là dòng tải các điểm 1, 2, ..., n.

$$\text{Dòng trung bình: } I = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\text{Giá trị hiệu dụng của I: } I = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

**Bảng 1.1.** Hệ số phụ tải

Hệ số tải %	$K = \frac{\text{Dòng hiệu dụng}}{\text{Dòng trung bình}}$	hệ số tổn thất công suất $= \left( \frac{\% \text{ hệ số tải}}{100} \cdot K \right)^2 \cdot 100\%$
10	2,20	4,84
20	1,70	11,60
30	1,45	19,00
40	1,30	27,00
50	1,20	26,00
70	1,08	57,00
100	1,00	100,00

Cho hệ số tải là 0,7.

Hệ số tổn thất  $= (0,7 \cdot 1,08)^2 = 0,57 = 57\%$ .

Có hạn chế khi dùng định luật Kelvin trên một đoạn dây cáp vì nó không cần thiết đối với kết quả chính xác bởi các lý do:

1. Giá điện cũng như khấu hao hằng năm của hai dây cáp cùng loại trong hệ thống sẽ khác nhau khi lắp đặt ở những nơi khác nhau.
2. Không phải chỉ có chi phí dây là chi phí thay đổi.
3. Hệ số phụ tải của trạm hay của hệ thống và hệ số tổn thất khác nhau gây sai số trong tính toán.

▪ **Chọn tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện kinh tế khi biết thời gian  $T_{max}$**

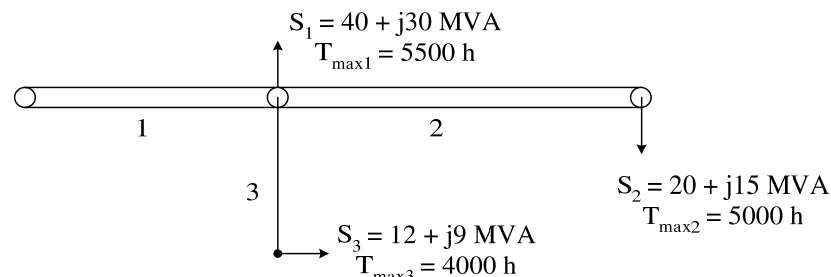
Mật độ dòng điện kinh tế phụ thuộc vào nhiều yếu tố và thay đổi theo sự phát triển của nền kinh tế, mức độ sử dụng điện, chi phí đầu tư, vật liệu dùng làm dây dẫn. Theo tài liệu của Liên Xô cũ, có thể tham khảo trị số  $j_{kt}$  (A/mm<sup>2</sup>) đối với đường dây trên không như sau:

**Bảng 1.2.** Mật độ dòng điện kinh tế.

Tên dây dẫn	Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{max}$ , h		
	1000 - 3000	3000 - 5000	>5000
Dây dẫn trần			
Đồng	2,5	2,1	1,8
Nhôm	1,3	1,1	1,0

**Ví dụ 1.1.**

Mạng điện 110 kV, cung cấp cho ba phụ tải công nghiệp. Lựa chọn tiết diện cho các đường dây nếu dùng dây nhôm lõi thép (AC).



**Hình 1.17**

**Giải:**

Xác định trị số trung bình của thời gian sử dụng công suất lớn nhất

$$T_{max tb} = \frac{40 \times 5500 + 20 \times 5000 + 12 \times 4000}{40 + 20 + 12} = 5100 \text{ h}$$

Tra bảng, với  $T_{max} = 5100$  h và dây AC có  $j_{kt} = 1$  A/mm<sup>2</sup>.

Dòng điện trên dây dẫn của mỗi đoạn dây:

$$I_3 = \frac{\sqrt{12^2 + 9^2}}{\sqrt{3} \times 110} 10^3 = 78 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{20^2 + 15^2}}{\sqrt{3} \times 110 \times 2} 10^3 = 65 \text{ A}$$

(chia cho 2 vì đường dây kép)

$$I_1 = \frac{\sqrt{(40 + 20 + 12)^2 + (30 + 15 + 9)^2}}{\sqrt{3} \times 110 \times 2} 10^3 = 236 \text{ A}$$

Tiết diện kinh tế của mỗi đoạn:

$$F_{kt3} = 78 / 1 = 78 \text{ mm}^2$$

$$F_{kt2} = 65 / 1 = 65 \text{ mm}^2$$

$$F_{kt1} = 236 / 1 = 236 \text{ mm}^2$$

Chọn tiết diện dây tiêu chuẩn:

Đoạn một : dây AC - 240  $I_{cp} = 610 \text{ A}$

Đoạn hai : dây AC - 70  $I_{cp} = 275 \text{ A}$

Đoạn ba : dây AC - 70

Kiểm tra điều kiện phát nóng khi sự cố.

Khi đứt một dây trên đường dây lộ kép, dây còn lại phải tải toàn bộ dòng điện phụ tải.

Khi đó:  $I_2 = 2 \times 65 = 130 \text{ A} < 275 \text{ A}$

$I_1 = 2 \times 236 = 472 \text{ A} < 610 \text{ A}$

Khi nhiệt độ không khí khác với nhiệt độ tiêu chuẩn của nhà sản xuất cần hiệu chỉnh lại dòng điện cho phép.

Theo số liệu của dây AC, nhiệt độ tiêu chuẩn là  $25^{\circ}\text{C}$ , nếu nhiệt độ môi trường thực tế là  $35^{\circ}\text{C}$ , hệ số hiệu chỉnh là 0,82. Như vậy dòng điện cho phép được tính lại như sau:

Dây AC - 70  $I_{cp} = 0,82 \times 275 = 225,5 \text{ A}$

Dây AC - 240  $I_{cp} = 0,82 \times 610 = 500,2 \text{ A}$

Đối với đường dây truyền tải cao áp trên không, do điều kiện hạn chế tổn thất vầng quang, thường qui định đường kính tối thiểu cho mỗi cấp điện áp.

Đối với điện áp 110 kV  $d > 9,9 \text{ mm}$  (dây AC - 70)

Đối với điện áp 150 kV  $d > 13,9 \text{ mm}$  (dây AC - 120)

Đối với điện áp 220 kV  $d > 21,5 \text{ mm}$  (dây AC - 240)

Theo tài liệu của Westinghouse, nếu lấy độ cao bằng mực nước biển, thời tiết tốt và giới hạn ở mức tổn thất vầng quang 1 kW/3pha/1,6 km (1 mil  $\approx$  1,6 km) hay 0,625 kW/3pha/km thì đường kính dây tối thiểu ở cấp điện áp:

Với điện áp 120 kV  $d > 1,02 \text{ cm}$  ứng với:

Dây đồng 2/0 AWG (133.100 CM  $\approx 65 \text{ mm}^2$ )

Dây ACSR 1/0 AWG (105.535 CM  $\approx 52,5 \text{ mm}^2$ )

Với điện áp 220 kV  $d > 2,23 \text{ cm}$  ứng với:

Dây đồng 600.000 CM  $\approx 300 \text{ mm}^2$

Dây ACSR 500 MCM  $\approx 250 \text{ mm}^2$

Ở độ cao 1800 m cách mực nước biển:

Với điện áp 120 kV  $d > 1,15 \text{ cm}$  ứng với

Dây đồng 3/0 AWG (85  $\text{mm}^2$ )

Dây ACSR 2/0 AWG (65  $\text{mm}^2$ )

Với điện áp 220 kV  $d > 2,8 \text{ cm}$  ứng với

Dây đồng 900 MCM  $\approx 450 \text{ mm}^2$

Dây ACSR 795 MCM  $\approx 400 \text{ mm}^2$

Ghi chú: CM – Circular Mil – đơn vị tiết diện dây dẫn

(1 MCM = 1000 M

1 CM  $\approx 5.10^{-4} \text{ mm}^2$ )

Tổng quát việc chọn dây dẫn : kích thước dây dẫn có thể lựa chọn theo khả năng tải của dây dẫn và áp dụng định luật Kelvin. Phát tuyến dây sơ cấp (dây trung thế) có thể đặt trên không hoặc cáp ngầm. Ở Việt Nam, mạng phân phối thường có định mức từ 10 kV đến 22 kV phía trung thế, công suất định mức phát tuyến từ 500 kVA đến 1500 kVA.

Vì vậy, công suất đặt máy biến áp được dùng tính dòng tính toán trong dây dẫn và độ sụt áp.

Một hệ thống phân phối được thiết kế cho tổng độ sụt áp 8% - 10% được chia ra như sau: điện áp rơi từ dây trung thế đến máy biến áp là 2% - 2,5%, mạng hạ thế, điện áp rơi trong máy biến áp và dây phân phối là 6%, điện áp rơi trên dây nối là 0,5% - 1%.

▪ **Chọn dây dẫn theo điều kiện sụt áp**

Toàn đường dây chọn cùng một tiết diện.

Mạng phân phối do nhiều phụ tải mắc trực tiếp không qua máy biến áp nên yêu cầu về chất lượng điện áp rất chặt chẽ. Mặt khác, khả năng điều chỉnh điện áp trong mạng phân phối cũng hạn chế so với mạng truyền tải. Vì vậy, khi thiết kế mạng phân phối thường căn cứ vào mức điện áp cho phép để chọn tiết diện dây.

Đối với đường dây có một phụ tải, tổn thất được tính theo công thức:

$$\Delta U = \frac{P.R + Q.X}{U_{dm}} = \Delta U' + \Delta U''$$

Ở đây:

$\Delta U'$  - thành phần tổn thất điện áp do công suất tác dụng gây ra, V;

$\Delta U''$  - thành phần tổn thất điện áp do công suất phản kháng gây ra, V.

Nếu lấy tổn thất điện áp trên đường dây bằng trị số cho phép

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

Vì cảm kháng đường dây trên không thay đổi trong phạm vi hẹp  $x_0 = 0,33 \div 0,43 \Omega/\text{km}$ , vì thế gần đúng có thể lấy một trị số cảm kháng trung bình  $x_0 = 0,36 \div 0,4 \Omega/\text{km}$  và tính gần đúng thành phần  $\Delta U''$ .

$$\Delta U'' = \frac{Q.X}{U_{dm}} = \frac{Q.x_0.l}{U_{dm}}$$

Đối với cáp ngầm chọn  $x_0 \approx 0,08 \Omega/\text{km}$

Từ đó xác định trị số cho phép của thành phần  $\Delta U'$

$$\Delta U'_{cp} = \Delta U_{cp} - \Delta U''$$

$$\Delta U'_{cp} = \frac{P.R}{U_{dm}} = \frac{P.r_0.l}{U_{dm}} = \frac{P.\rho l}{U_{dm}.F}$$

Suy ra: 
$$F = \frac{P\rho l}{\Delta U'_{cp}.U_{dm}}$$

Từ đó xác định tiết diện dây dẫn cần tìm.

Chọn tiết diện dây dẫn tiêu chuẩn gần với tiết diện tính toán. Với tiết diện này, tra bảng tìm  $r_0$  và  $x_0$  và tính toán kiểm tra tổn thất trên đường dây.

Trường hợp đường dây liên thông cung cấp cho một số phụ tải, tương tự cũng cho một trị số trung bình  $x_0$  và xác định được

$$\Delta U'' = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{i=1}^n Q_i l_i = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum_{i=1}^n q_i L_i$$

Từ đó, suy ra trị số thành phần  $\Delta U'_{cp}$  do điện trở dây dẫn và trên cơ sở của công thức:

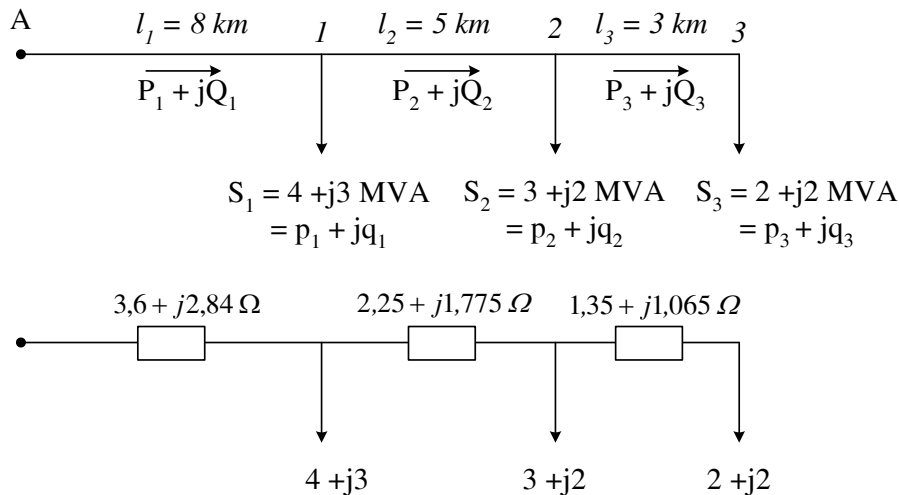
$$\Delta U'_{cp} = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum_{i=1}^n P_i l_i = \frac{r_0}{U_{dm}} \sum_{i=1}^n p_i L_i$$

Xác định tiết diện dây:

$$F = \frac{\rho}{\Delta U'_{cp} U_{dm}} \sum_{i=1}^n P_i l_i \text{ với } \rho \text{ là điện trở suất của kim loại làm ra dây.}$$

**Ví dụ 1.2.**

Mạng điện 35 kV, cung cấp cho ba phụ tải. Hãy xác định tiết diện dây dẫn cho mạng điện nếu toàn bộ mạng điện dùng dây nhôm. Cho tổn thất điện áp cho phép là  $\Delta U_{cp} = 6\%$ .

**Giải:****Hình 2.18**

Lấy trị số trung bình  $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$ , xác định thành phần tổn thất điện áp do cảm kháng và công suất kháng trên đường dây  $\Delta U''$ .

$$\Delta U'' = \frac{0,4}{35} [(3 + 2 + 2) \times 8 + (2 + 2) \times 5 + 2 \times 3] 10^3 = 940 \text{ V}$$

Suy ra:  $\Delta U'_{cp} = 6\% \cdot 35000 - 940 = 1160 \text{ V} = 1,16 \text{ kV}$

Tiết diện đường dây:

$$F = \frac{31,5}{1,16 \cdot 35} [(4 + 3 + 2) \times 8 + (3 + 2) \times 5 + 2 \times 3] = 80 \text{ mm}^2$$

Chọn dây nhôm A-70 ( $\rho = 31,5 \Omega\text{mm}^2 / \text{km}$ )

Với dây A-70, khoảng cách trung bình giữa các pha  $D = 1,25 \text{ m}$  có  $r_0 = 0,45 \Omega/\text{km}$ ,  $x_0 = 0,355 \Omega/\text{km}$ . Tổng trở mỗi đoạn đường dây:

$$Z_1 = (0,45 + j0,355)8 = (3,6 + j2,84) \Omega$$

$$Z_2 = (0,45 + j0,355)5 = (2,25 + j1,775) \Omega$$

$$Z_3 = (0,45 + j0,355)3 = (1,35 + j1,065) \Omega$$

Tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây:

$$\Delta U_{A3} \% = \frac{(9 \times 3,6 + 5 \times 2,25 + 2 \times 1,35) + (7 \times 2,84 + 4 \times 1,775 + 2 \times 1,065)}{35^2} 100 = 6,2\%$$

Kết quả này cho thấy chọn dây A-70 là chấp nhận được.

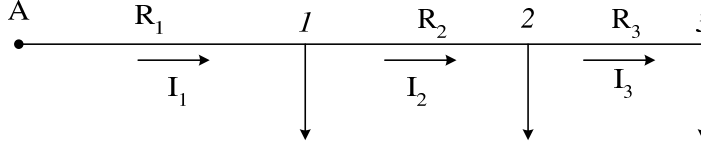
*Ghi chú:* Trong trường hợp dây phân nhánh,  $\Delta U''$  được xác định theo nhánh nào có trị số tính được lớn nhất.

▪ **Xác định tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi**

Đối với mạng điện cung cấp cho phụ tải tiêu thụ có thời gian sử dụng công suất cực đại  $T_{\max}$  lớn thì thành phần tổn thất điện năng chiếm tỉ trọng lớn trong hàm chi phí tính toán. Trong trường hợp này, tiết diện tối đa của mạng điện được lựa chọn theo mục tiêu

tổn thất điện năng ít nhất, kết hợp tiêu chuẩn tổn thất điện áp không vượt quá giá trị cho phép.

Với một lượng kim loại màu của dây dẫn cho trước, tổn thất điện năng trong mạng điện sẽ nhỏ nhất khi mật độ dòng điện trên các đoạn đường dây không đổi. Có thể chứng minh điều này bằng cách lấy đạo hàm riêng của tổn thất theo tiết diện dây dẫn và cho bằng 0, lấy ví dụ đường dây cung cấp cho ba phụ tải.



**Hình 2.19**

$$\begin{aligned}\Delta P &= R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 \text{ (viết cho 1 pha)} \\ &= \left( \frac{l_1 I_1^2}{F_1} + \frac{l_2 I_2^2}{F_2} + \frac{l_3 I_3^2}{F_3} \right) \cdot \rho\end{aligned}$$

Với khối lượng kim loại màu cho trước

$$V = F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3$$

Hay

$$F_3 = \frac{1}{l_3} (V - F_1 l_1 - F_2 l_2)$$

Thay  $F_3$  tính theo  $F_1$  và  $F_2$  vào biểu thức của  $\Delta P$  và lấy đạo hàm theo  $F_1$  và  $F_2$ .

Giải các phương trình đạo hàm riêng có được:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Delta P}{\partial F_1} &= 0 \text{ và } \frac{\partial \Delta P}{\partial F_2} = 0 \\ \frac{I_1}{F_1} &= \frac{I_2}{F_2} = \frac{I_3}{F_3}\end{aligned}$$

Hay mật độ dòng:  $j_1 = j_2 = j_3 = j = const$

Để chọn tiết diện dây, cần tiến hành các bước sau:

Cho một trị số trung bình  $x_0$  và tính thành phần sụt áp  $\Delta U''$ .

Tính

$$\begin{aligned}\Delta U'_{cp} &= \Delta U_{cp} - \Delta U'' \\ \Delta U'_{cp} &= \sqrt{3} (R_1 I_1 \cos \varphi_1 + R_2 I_2 \cos \varphi_2 + R_3 I_3 \cos \varphi_3) \\ &= \rho \sqrt{3} \left( \frac{I_1}{F_1} l_1 \cos \varphi_1 + \frac{I_2}{F_2} l_2 \cos \varphi_2 + \frac{I_3}{F_3} l_3 \cos \varphi_3 \right) \\ &= \rho \sqrt{3} j (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3)\end{aligned}$$

Tính mật độ dòng cho toàn bộ đường dây:

$$j = \frac{\gamma \Delta U'_{cp}}{\sqrt{3} (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3)} = \frac{\gamma \Delta U'_{cp}}{\sqrt{3} \sum_{i=1}^n l_i \cos \varphi_i}$$

Với  $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2, \cos \varphi_3$  - hệ số công suất trên từng đoạn đường dây.

$$\gamma = \frac{1}{\rho} : \text{điện dẫn suất.}$$

Tính tiết diện cho từng đoạn đường dây:

$$F_1 = \frac{I_1}{j}; F_2 = \frac{I_2}{j}; F_3 = \frac{I_3}{j}$$

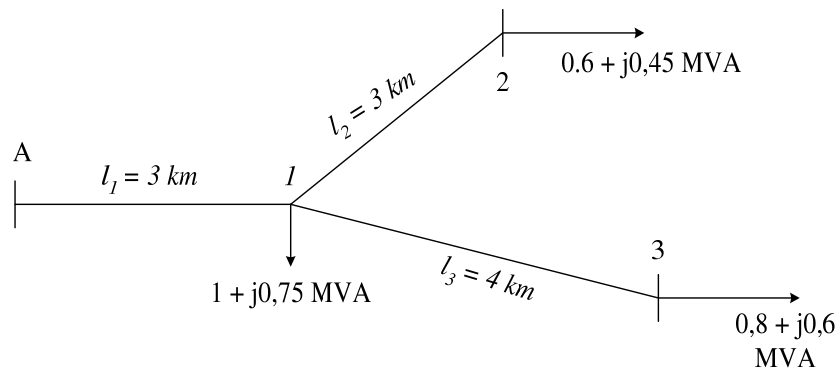
Chọn tiết diện tiêu chuẩn và kiểm tra sụt áp thực tế.

Trong trường hợp mạng điện có phân nhánh, tổng sụt áp được tính theo nhánh nào có trị số tính được là lớn nhất.

Khi tính mật độ dòng  $j$  cần so sánh  $j$  kinh tế, trị số nào nhỏ hơn sẽ được chọn làm mật độ dòng chính thức của bài toán.

### Ví dụ 1.3.

Mạng điện 10 kV, cung cấp cho ba xí nghiệp bằng đường dây trên không, dây dẫn bằng nhôm. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất  $T_{\max} = 4500$  giờ/năm. Hãy xác định tiết diện dây dẫn cho mạng điện nếu tổn thất điện áp cho phép là 6%.



Hình 2.20

### Giải:

Cho  $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$ , xác định  $\Delta U''$  theo tuyến A-1-3.

$$\Delta U''_{A13} = \frac{1}{10} [(0,6 \times 0,35 \times 4) + (0,6 + 0,45 + 0,75) \times 0,35 \times 3] = 0,274 \text{ kV} = 274 \text{ V}$$

Thành phần  $\Delta U'_{cp}$  trên tuyến A-1-3:

$$\Delta U'_{A13} = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 6\% \times 10.000 - 274 = 326 \text{ V}$$

Mật độ dòng điện không đổi

$$j = \frac{\gamma \Delta U'_{A13}}{\sqrt{3}(l_1 \cos \varphi_1 + l_3 \cos \varphi_3)}$$

$$j = \frac{31,7 \times 10^{-3} \times 326}{\sqrt{3}(3 \times 0,8 + 4 \times 0,8)} = 1,05 \text{ A/mm}^2$$

với  $\gamma_{Al} = 31,7 \cdot 10^{-3} \text{ km}/\Omega\text{mm}^2$

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_3 = 0,8$$

Với dây nhôm  $T_{\max} = 4500$  h, tra bảng được  $j_{kt} = 1,1 \text{ A/mm}^2$

$j < j_{kt}$  nên dùng  $j = 1,05 \text{ A/mm}^2$  để xác định tiết diện:

$$F_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{P_1}{\sqrt{3} j U_{dm} \cos \varphi_1} = \frac{1 + 0,8 + 0,6}{\sqrt{3} \times 1,05 \times 10 \times 0,8} \cdot 10^3 = 158 \text{ mm}^2$$

$$F_3 = \frac{I_3}{j} = \frac{P_3}{\sqrt{3} j U_{dm} \cos \varphi_3} = \frac{0,8}{\sqrt{3} \times 1,05 \times 10 \times 0,8} \cdot 10^3 = 52,5 \text{ mm}^2$$

Chọn tiết diện dây đoạn 1 là A-150 và đoạn 3 là A-50. Giả thiết khoảng cách pha  $D = 1\text{m}$ , có được thông số đường dây:

$$Z_{01} = 0,21 + j0,319 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{03} = 0,63 + j0,355 \Omega/\text{km}$$

Kiểm tra lại tổn thất điện áp với những tiết diện vừa chọn:



$$\Delta U_{A13} = \frac{(1+0,8+0,6) \times 0,21 \times 3 + (0,75+0,45+0,6) \times 0,319 \times 3 + (0,8 \times 0,63 + 0,6 \times 0,355)4}{10}$$

$$= 0,608 \text{ kV} = 608 \text{ V}$$

So sánh với  $\Delta U_{cp} = 600 \text{ V}$ , kết quả có thể chấp nhận được.

Chọn tiết diện dây đoạn 12, tổn thất điện áp cho phép trên đoạn 12:

$$\Delta U_{cp12} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{A1}$$

$$= 600 - \frac{(1+0,8+0,6) \times 0,21 \times 3 + (0,75+0,45+0,6) \times 0,319 \times 3}{10} 10^3$$

$$= 277 \text{ V}$$

và

$$\Delta U'_{cp12} = \Delta U_{cp12} - \Delta U''_{12}$$

$$= 277 - \frac{0,45 \times 0,35 \times 3}{10} 10^3 = 232 \text{ V}$$

Tiết diện đoạn 1-2:

$$F_2 = \frac{0,6 \times 31,5 \times 3}{0,232 \times 10} = 24,5 \text{ mm}^2 \text{ với } \rho = 31,5 \Omega \text{mm}^2 / \text{km}$$

Chọn dây tiêu chuẩn cho đoạn 1-2 là A-25.

▪ **Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện kín**

Vì chưa biết tổng trở đường dây nên chưa biết phân bố công suất chính xác trong mạng điện kín, vì vậy, chỉ có thể chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện kín bằng phương pháp gần đúng.

Đối với mạng truyền tải, tiết diện dây dẫn khá lớn, do đó  $R \ll X$ . Mặt khác,  $x_0$  không thay đổi nhiều theo tiết diện nên  $X$  phụ thuộc chủ yếu vào chiều dài. Từ đó, suy ra phương pháp chọn tiết diện cho mạng điện kín như sau:

Xác định phân bố công suất theo chiều dài, căn cứ vào công suất trên mỗi đoạn, xác định tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng kinh tế.

Kiểm tra tiết diện chọn được theo điều kiện kĩ thuật: sụt áp lúc bình thường và sự cố, dòng điện lúc sự cố:

$$\Delta U_{bt} \% \leq U_{cpbt} \%$$

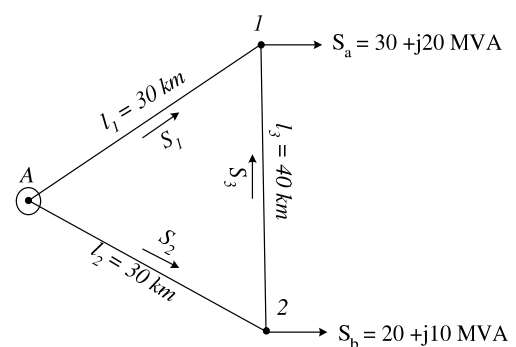
$$\Delta U_{sc} \% \leq U_{cpsc} \%$$

$$I_{\max} \leq I_{cp}$$

Đối với mạng phân phối, phụ tải tương đối dày, tốt nhất nên chọn dây cùng tiết diện và như vậy cũng tiến hành phân bố công suất theo chiều dài.

**Ví dụ 1.4.**

Mạng điện kín truyền tải 110 kV, cung cấp cho hai phụ tải có  $T_{\max} = 5500 \text{ giờ}$ . Yêu cầu chọn tiết diện dây dẫn thoả mãn tổn thất điện áp cho phép lúc bình thường 10% và lúc sự cố 15%, chọn dây nhôm lõi thép (AC).



**Hình 1.21**

**Giải:**

Phân bố công suất theo chiều dài

$$S_1 = \frac{S_a(l_2 + l_3) + S_b l_2}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{(30 + j20)(30 + 40) + (20 + j10)30}{30 + 30 + 40} = (27 + j17) \text{ MVA}$$

$$S_2 = \frac{S_b(l_1 + l_3) + S_a l_1}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{(20 + j10)(30 + 40) + (30 + j20)30}{30 + 30 + 40} = (23 + j13) \text{ MVA}$$

$$S_3 = S_2 - S_b = (3 + j3) \text{ MVA}$$

Với  $T_{\max} = 5500$  h, dây nhôm lõi thép,  $j_{kt} = 1 \text{ A/mm}^2$ .

Tiết diện kinh tế mỗi đoạn đường dây:

$$F_1 = \frac{\sqrt{27^2 + 17^2}}{\sqrt{3 \cdot 110 \cdot 1}} 10^3 = 170 \text{ mm}^2, \text{ chọn dây AC-185, } I_{cp} = 515 \text{ A}$$

$$F_2 = \frac{\sqrt{23^2 + 13^2}}{\sqrt{3 \cdot 110 \cdot 1}} 10^3 = 140 \text{ mm}^2, \text{ chọn dây AC-150, } I_{cp} = 445 \text{ A}$$

$$F_3 = \frac{\sqrt{3^2 + 3^2}}{\sqrt{3 \cdot 110 \cdot 1}} 10^3 = 22,3 \text{ mm}^2, \text{ chọn dây AC-70, } I_{cp} = 275 \text{ A}$$

Với khoảng cách  $D = 5$  m, ta có:

$$Z_{01} = 0,17 + j0,407 \ \Omega/\text{km}$$

$$Z_{02} = 0,21 + j0,420 \ \Omega/\text{km}$$

$$Z_{03} = 0,45 + j0,442 \ \Omega/\text{km}$$

Nút 1 có điện áp thấp nhất và tổn thất điện áp lúc bình thường:

$$\Delta U\% = \frac{\sum PR + \sum QX}{U^2} \cdot 100\% = \frac{27 \times 0,17 \times 30 + 17 \times 0,407 \times 30}{110^2} 100 = 2,86\% < 10\%$$

Trường hợp sự cố nặng nề là đứt đoạn A1, mạng trở thành hở và dòng điện đi trên các đoạn  $I_2$  và  $I_3$ :

$$I_{\max 2} = \frac{\sqrt{50^2 + 30^2}}{\sqrt{3 \cdot 110}} 10^3 = 306 \text{ A} < I_{cp2} = 445 \text{ A}$$

$$I_{\max 3} = \frac{\sqrt{30^2 + 20^2}}{\sqrt{3 \cdot 110}} 10^3 = 190 \text{ A} < I_{cp3} = 275 \text{ A}$$

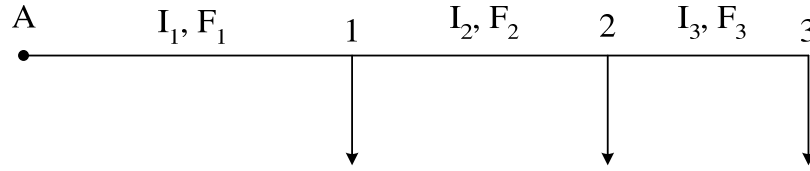
Tổn thất điện áp khi sự cố:

$$\Delta U_{A1}\% = \frac{(50 \times 0,21 + 30 \times 0,42) \times 30 + (30 \times 0,45 + 20 \times 0,442) \times 40}{110^2} 100 = 13,11\% < 15\%$$

Các tiết diện dây chọn như trên là thoả mãn.

▪ **Xác định tiết diện dây dẫn theo chi phí kim loại màu ít nhất**

Đối với mạng điện có  $T_{\max}$  nhỏ, ví dụ mạng điện nông nghiệp, chiếu sáng, thành phần vốn đầu tư cho dây dẫn chiếm tỉ trọng lớn hơn thành phần tổn thất điện năng trong hàm chi phí tính toán  $Z$ . Vì vậy, đối với mạng điện này, tiết diện được chọn sao cho phí tổn về kim loại màu là ít nhất.

**Hình 1.22.** Sơ đồ mạng điện cung cấp cho 3 phụ tải.

Giả thiết mạng điện cung cấp cho một số phụ tải với tổn thất điện áp cho phép  $\Delta U_{cp}$ .

Cho một trị số trung bình  $x_0$  sẽ xác định được  $\Delta U''$  và  $\Delta U'_{cp}$  (H.2.22).

Có thể phân tích  $\Delta U'_{cp}$  thành ba số hạng:

$$\Delta U'_{cp} = \Delta U'_1 + \Delta U'_2 + \Delta U'_3$$

Tiết diện của các đoạn dây được tính theo các trị số  $\Delta U'$ :

$$F_1 = \frac{P_1 l_1}{\gamma U_{dm} \Delta U'_1}$$

$$F_2 = \frac{P_2 l_2}{\gamma U_{dm} \Delta U'_2}$$

$$F_3 = \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} \Delta U'_3}$$

Thể tích dây dẫn:

$$V = \frac{1}{\gamma U_{dm}} \left[ \frac{P_1 l_1^2}{\Delta U'_1} + \frac{P_2 l_2^2}{\Delta U'_2} + \frac{P_3 l_3^2}{\Delta U'_{cp} - \Delta U'_1 - \Delta U'_2} \right]$$

Thể tích nhỏ nhất khi:

$$\frac{\partial V}{\partial \Delta U'_1} = 0 \quad \text{và} \quad \frac{\partial V}{\partial \Delta U'_2} = 0$$

Tức là khi: 
$$\frac{P_1 l_1^2}{(\Delta U'_1)^2} = \frac{P_2 l_2^2}{(\Delta U'_2)^2} = \frac{P_3 l_3^2}{(\Delta U'_3)^2}$$

Hay 
$$P_1 \frac{F_1^2}{P_1^2} = \frac{P_2 l_2^2}{(\Delta U'_2)^2} = \frac{P_3 l_3^2}{(\Delta U'_3)^2}$$

$$\frac{F_1^2}{P_1} = \frac{F_2^2}{P_2} = \frac{F_3^2}{P_3}$$

Tính được  $F_1$  và  $F_2$  theo  $F_3$ :

$$F_1 = \sqrt{\frac{P_1}{P_3}} F_3, \quad F_2 = \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} F_3$$

Viết lại biểu thức:

$$\begin{aligned} \Delta U'_{cp} &= \frac{P_1 l_1}{\gamma U_{dm} F_1} + \frac{P_2 l_2}{\gamma U_{dm} F_2} + \frac{P_3 l_3}{\gamma U_{dm} F_3} \\ &= \frac{1}{\gamma U_{dm}} \left( \frac{P_1 l_1}{\sqrt{\frac{P_1}{P_3}} \cdot F_3} + \frac{P_2 l_2}{\sqrt{\frac{P_2}{P_3}} \cdot F_3} + \frac{P_3 l_3}{F_3} \right) \end{aligned}$$

Từ đó suy ra: 
$$F_3 = \frac{\sqrt{P_3}}{\gamma U_{dm} \Delta U'_{cp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3})$$

$$\text{Tương tự: } F_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma U_{dm} \Delta U'_{cp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3})$$

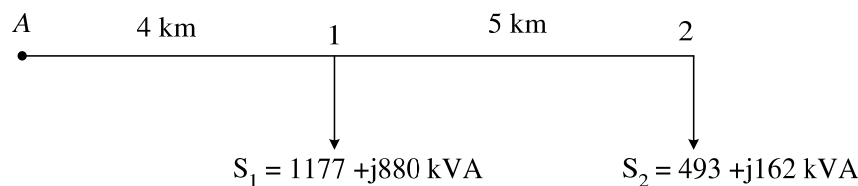
$$F_1 = \frac{\sqrt{P_1}}{\gamma U_{dm} \Delta U'_{cp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3})$$

Tổng quát, tiết diện đoạn thứ k của đường dây liên thông có n phụ tải:

$$F_k = \frac{\sqrt{P_k}}{\gamma U_{dm} \Delta U'_{cp}} \sum_{i=1}^n l_i \sqrt{P_i}$$

### Ví dụ 1.5.

Mạng điện 10 kV, cung cấp cho hai phụ tải, tổn thất điện áp cho phép bằng 6%. Hãy lựa chọn tiết diện dây dẫn theo chi phí kim loại màu ít nhất, dây nhôm (Al), khoảng cách  $D = 1 \text{ m}$ ,  $\gamma_{Al} = 31,7 \cdot 10^{-3} \text{ km} / \Omega \cdot \text{mm}^2$ .



Hình 1.23

### Giải:

Cho  $x_0 = 0,36 \Omega/\text{km}$ , tính  $\Delta U''$ :

$$\Delta U'' = \frac{0,36}{10} [(162 + 880) \times 4 + 162 \times 5] = 179 \text{ V}$$

$$\Delta U'_{cp} = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 600 - 179 = 421 \text{ V}$$

Xác định tiết diện dây dẫn:

$$F_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma U_{dm} \Delta U'_{cp}} \sum_{i=1}^2 l_i \sqrt{P_i}$$

$$F_2 = \frac{\sqrt{493}}{31,7 \times 10^{-3} \times 10 \times 421} [5\sqrt{493} + 4\sqrt{1177 + 493}] = 45 \text{ mm}^2$$

Chọn dây A-50

$$F_1 = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} F_2 = \sqrt{\frac{1177 + 493}{493}} 45 = 83 \text{ mm}^2$$

Chọn dây A - 70

Tổng trở mỗi đơn vị chiều dài đường dây:

$$Z_{01} = 0,45 + j0,341 \Omega/\text{km}$$

$$Z_{02} = 0,63 + j0,355 \Omega/\text{km}$$

Kiểm tra tổn thất toàn mạng điện:

$$\Delta U\% = \frac{(1670 \times 0,45 + 1042 \times 0,341)4 + (493 \times 0,63 + 162 \times 0,355)5}{10^2 \times 1000} 100 = 6,2\% \approx \Delta U_{cp}$$

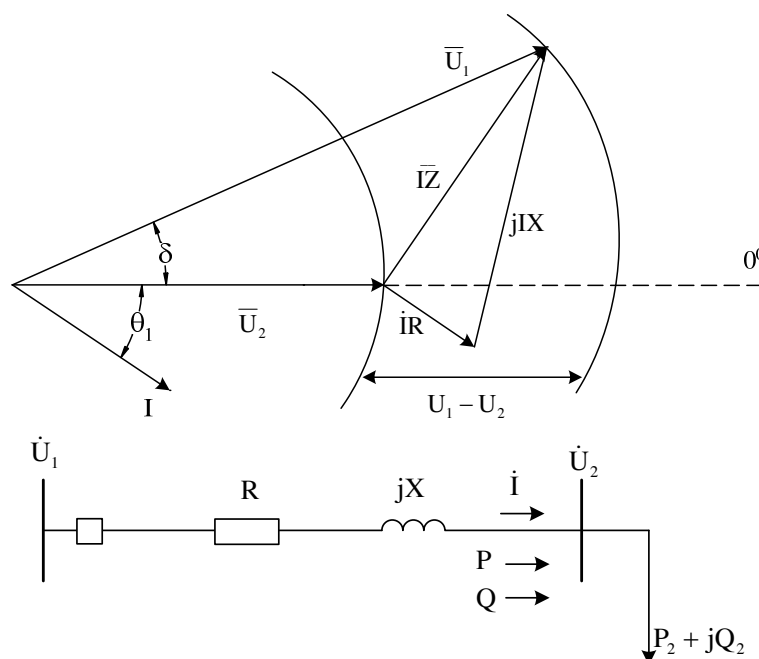
Vậy kết quả chọn tiết diện dây dẫn chấp nhận được.

**b. Khảo sát tính toán thiết kế đường dây có các dạng phân bố tải khác nhau**

Để tính toán công suất định mức của trạm, độ sụt áp, tổn thất đường dây, ta cần khảo sát các dạng phân bố tải khác nhau trong mạng phân phối.

- **Đường dây phân bố có tải tập trung**

Đường dây phân phối thường có chiều dài  $l < 80$  km nên có thể dùng mô hình đường dây đơn giản cho tải tập trung như hình 2.24.



**Hình 1.24.** Mô hình đường dây có tải tập trung.

Độ sụt áp:

$$\text{Sụt áp pha: } \Delta \dot{U} = \dot{I}Z$$

$$\text{Sụt áp dây: } \Delta U = \sqrt{3}I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2}$$

$$\text{Độ sụt áp \%: } \Delta U \% = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_{dm}^2} \times 100\%$$

$P_2, Q_2$  - công suất 3 pha

$U_2 \approx U_{dm}$  - điện áp dây.

Tổn thất công suất tác dụng:

$$\Delta P \approx \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} \cdot R$$

Tổn thất công suất phản kháng:

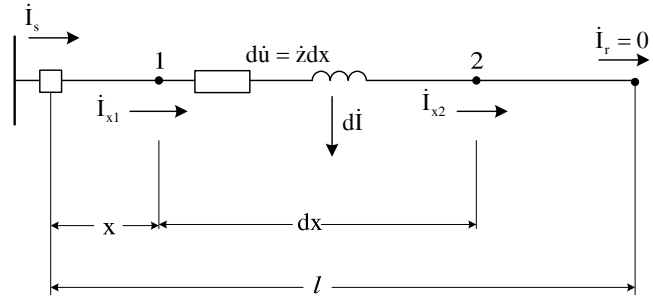
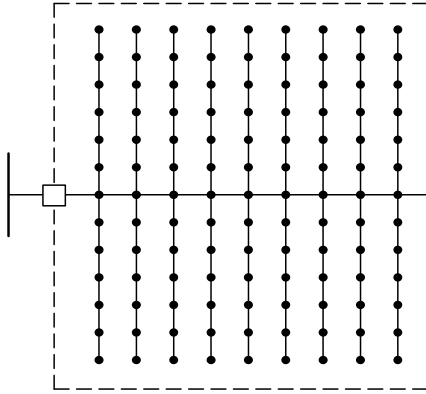
$$\Delta Q \approx \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} \cdot X$$

Công suất đầu đường dây:

$$P_1 + jQ_1 = (P_2 + \Delta P) + j(Q_2 + \Delta Q)$$

▪ **Tuyến dây hình tia với phụ tải phân bố đều**

Tải phân bố đều trên tuyến dây như Hình 2.25 được mô hình hoá trên Hình 1.26.



**Hình 1.25.** Phụ tải phân bố đều.

**Hình 1.26.** Mô hình đường dây tải phân bố đều

Gọi:  $d\bar{I}, d\bar{x}$  lần lượt là vi phân dòng điện và vi phân khoảng cách.

$l$  – chiều dài của tuyến dây.

$x$  – khoảng cách từ điểm (1) đến đầu dây.

Khoảng cách từ điểm (2) đến đầu dây là  $x + dx$ .

$I_s$  – dòng đầu đường dây.

$I_r$  – dòng ở cuối đường dây.

$I_{x1}, I_{x2}$  - dòng điện trên tuyến dây chính tại điểm 1 và 2, giả thiết tất cả tải có cùng hệ số công suất.

Giả thiết tải phân bố đều từ  $x = 0$  đến  $x = l$

$$\frac{d\bar{I}}{d\bar{x}} = K = \text{hằng số}$$

Đối với đoạn  $dx$ , dòng  $I_{x1}, I_{x2}$  ở đầu và cuối đoạn cho bởi:

$$I_{x1} = I_{x2} + d\bar{I}$$

$$I_{x2} = I_{x1} - d\bar{I}$$

$$I_{x2} = I_{x1} - \frac{d\bar{I}}{d\bar{x}} dx = I_{x1} - Kdx$$

Hay gần đúng:  $I_{x2} = I_{x1} - Kdx$

$$I_{x1} = I_{x2} + Kdx$$

Suy rộng ra cho toàn tuyến đường dây với dòng  $I_S$  và  $I_R$ :

$$I_R = I_S - Kl$$

$$I_S = I_R + Kl$$

Vì  $I_R = 0$  nên  $K = \frac{I_S}{l}$

Tại khoảng cách  $x$  cho trước, dòng  $I_x$  được tính theo dòng  $I_S$  đầu phát tuyến

$$I_S = I_x + Kx$$

Suy ra:  $I_x = I_S - Kx = I_S - \frac{I_S}{l} \cdot x = I_S \left(1 - \frac{x}{l}\right)$

$$I_x = \begin{cases} I_r = 0 & \text{ở } x = l \\ I_r = I_S & \text{ở } x = 0 \end{cases}$$

Độ sụt áp vi cấp  $dU = I_x z dx = I_s z \left(1 - \frac{x}{l}\right) dx$  với  $z$  là tổng trở một đơn vị chiều dài đường dây.

Độ sụt áp tại điểm  $x$ :

$$\Delta U_x = \int_0^x dU = \int_0^x I_s z \left(1 - \frac{x}{l}\right) dx = I_s z x \left(1 - \frac{x}{2l}\right)$$

Độ sụt áp trên toàn bộ đường dây  $x = l$ :

$$\Delta U_x = \frac{1}{2} I_s z l$$

Tổn thất công suất vi cấp:

$$dP = I_x^2 \times r dx = \left[ I_s \left(1 - \frac{x}{l}\right) \right]^2 r dx$$

Tổn thất toàn đường dây:

$$\Delta P = \int_0^l dP = \frac{1}{3} I_s^2 r l$$

Do đó, đối với tải phân bố đều trên đường dây thì độ sụt áp tương đương với tải tập trung tại khoảng cách  $x = \frac{l}{2}$ , còn tổn thất công suất thì tương đương với tải tập trung tại  $x = \frac{l}{3}$ .

#### ▪ Phát tuyến có phụ tải tăng dần

Khảo sát phát tuyến có phụ tải phân bố tăng dần như hình 2.27.

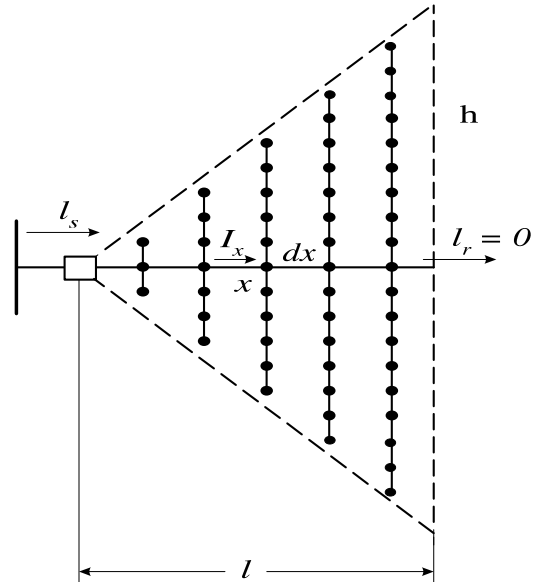
Gọi  $I_s$  là dòng điện tổng của phát tuyến.

Diện tích vùng phụ tải  $A = h.l$

Suy ra mật độ phụ tải ampe trên diện tích

$$D_1 = \frac{I_s}{h.l} \text{ A/km}^2$$

Xét phụ tải của vùng gạch chéo ứng với điểm cách đầu đường dây khoảng cách  $x$ , vùng này có diện tích:



Hình 1.27. Mô hình đường dây tải tăng dần.

$$A_x = \left( h + \frac{hx}{l} \right) (l - x) = \frac{h}{l} (l + x)(l - x) = \frac{h}{l} (l^2 - x^2)$$

Dòng điện trên đường dây tại  $x$ :

$$I_x = D_1 A_x = \frac{I_s}{hl} \cdot \frac{h}{l} (l^2 - x^2) = I_s \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)$$

Xét một đoạn vi cấp  $dx$  tại vị trí  $x$  của đường dây, dòng điện  $I_x$  gây ra sụt áp vi cấp.

$$\begin{aligned}d(\Delta U) &= I_x z_0 \cdot dx \\ &= I_s (z_0 dx) \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)\end{aligned}$$

Với  $z_0$  là tổng trở một đơn vị chiều dài dây.

Suy ra sụt áp đến cuối đường dây: (sụt áp pha)

$$\Delta U = \int_0^l d(\Delta U) = z_0 I_s \left[ x - \frac{x^3}{3l^2} \right]_0^l = z_0 I_s \left[ l - \frac{l}{3} \right] = \frac{2}{3} z_0 I_s l = \frac{2}{3} Z I_s$$

với  $Z = z_0 \cdot l$  là tổng trở toàn đường dây.

Tương tự, tổn thất công suất vi cấp trên đoạn  $dx$  khi có dòng  $I_x$  đi qua (1 pha)

$$d(\Delta P) = I_x^2 r_0 dx = I_s^2 r_0 \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)^2 dx$$

với  $r_0$  là điện trở trên 1 km chiều dài đường dây.

Suy ra: 
$$\Delta P = \int_0^l d(\Delta P) = I_s^2 r_0 \int_0^l \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)^2 dx = \frac{8}{15} I_s^2 r_0 l = \frac{8}{15} I_s^2 R \quad \text{với } R = r_0 l$$

Nhận xét: độ sụt áp của phát tuyến có tải tăng dần đều tương đương với tải tập trung tại vị trí 2/3 đường dây, còn tổn thất công suất tương đương với phát tuyến có tải tập trung tại vị trí 8/15.

Từ các nhận xét này đưa đến khái niệm dùng hằng số sụt áp  $K$  để tính toán tổn thất điện áp của dạng phân bố đều và tăng dần giống như tính đối với tải tập trung.

Đặt: 
$$\Delta U^* = tKS = \frac{P_r R + Q_r X}{U_r U_{cb}} \quad \text{đơn vị tương đối}$$

Với:  $K$  - hằng số sụt áp;

$t$  - chiều dài hiệu dụng đường dây phụ thuộc sự phân bố tải;

$S_r, P_r, Q_r$  - công suất 3 pha đầu nhận;

$U_r$  - điện áp đầu nhận;

$U_{cb}$  - điện áp cơ bản.

Tổn thất điện năng:

Tổn thất điện năng trên đường dây có thể tính theo hai cách:

Dùng thời gian tổn thất công suất cực đại  $\tau_{\max}$  
$$\Delta A = \Delta P_{\max} \cdot \tau_{\max}$$

Dùng hệ số tổn thất 
$$\Delta A = K_{tt} \Delta P_{\max} 8760$$

Với  $\Delta P_{\max}$  là tổn thất công suất cực đại.

▪ **Xác định hằng số sụt áp  $K$  với các mô hình phân bố phụ tải khác nhau**

Từ tổng trở đường dây  $Z = z_0 \cdot l$ , với  $z_0$  là tổng trở của đường dây/km,  $l$  - chiều dài đường dây.

Xác định tổng trở hiệu dụng của mỗi loại phân bố tải:

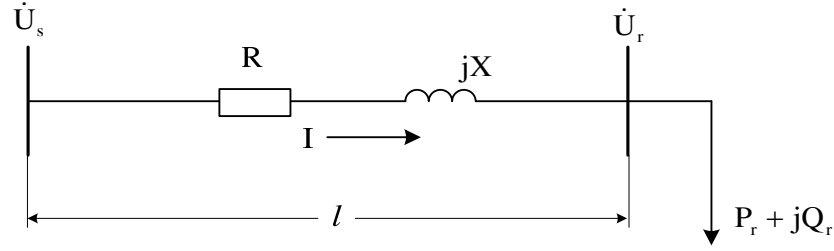
Tải tập trung ở cuối đường dây: 
$$Z = z_0 \cdot l (\Omega/\text{pha})$$

Tải phân bố đều: 
$$Z = \frac{1}{2} z_0 \cdot l (\Omega/\text{pha})$$

Tải có mật độ phụ tải tăng dần: 
$$Z = \frac{2}{3} z_0 \cdot l (\Omega/\text{pha})$$



Dùng mô hình tải tập trung tương đương (Hình 1.28)



**Hình 1.28.** Sơ đồ một pha.

$$\dot{U}_r = U_r \angle 0^\circ, \quad \dot{U}_s = U_s \angle \delta^\circ, \quad \dot{I} = I \angle -\varphi^\circ$$

$$\Delta U \% = \frac{U_s - U_r}{U_r} \times 100\%$$

Với  $U_r, U_s$  - điện áp pha đầu gửi và đầu nhận.

Nếu tính trong đơn vị tương đối

$$\Delta U_{\text{đvtđ}}^* = \frac{U_s - U_r}{U_{cb}}$$

Với  $U_{cb}$  - điện áp cơ bản.

Tính theo phần trăm:

$$\Delta U^* \% = \frac{U_s - U_r}{U_{cb}} \times 100\%$$

$$\dot{U}_s = \dot{U}_r + \dot{I}Z$$

$$\begin{aligned} U_s (\cos \delta + j \sin \delta) &= U_r \angle 0^\circ + (R + jX)I (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ &= U_r + (IR \cos \varphi + IX \sin \varphi) + j(IX \cos \varphi - IR \sin \varphi) \\ &\approx U_r + IR \cos \varphi + IX \sin \varphi \end{aligned}$$

Công suất phức đầu nhận:  $P_r + jQ_r = \dot{U}_r^* I \rightarrow \dot{I} = \frac{P_r - jQ_r}{\dot{U}_r}$

$$\dot{U}_s = U_r \angle 0^\circ + \frac{P_r R + Q_r X}{U_r \angle 0^\circ} + j \frac{P_r X - Q_r R}{U_r \angle 0^\circ} = U_r + \frac{P_r R + Q_r X}{U_r}$$

Suy ra: 
$$\Delta U^* = \frac{P_r R + Q_r X}{U_r U_{cb}} = \frac{\left(\frac{S_r}{U_r}\right) R \cos \varphi + \left(\frac{S_r}{U_r}\right) X \sin \varphi}{U_{cb}} \text{ đvtđ}$$

Nếu tính theo công suất 3 pha ở đầu nhận:

$$\Delta U^* = \frac{P_r R + Q_r X}{U_r U_{cb}} = \frac{(S_{3\phi})(t)(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \left(\frac{1}{3} \times 1000\right)}{U_r U_{cb}}$$

hay: 
$$\Delta U^* = tKS_{3\phi}$$

Ở đây:

$U_{cb}$  - điện áp cơ bản, V;

$U_r$  - điện áp pha đầu nhận, V;

$r_0$  - điện trở trên 1 km dây, ( $\Omega/\text{km}$ );

$x_0$  - cảm kháng trên 1km dây, ( $\Omega/\text{km}$ );

$S_{3\phi}$  - công suất 3 pha, kVA;

$t$  - chiều dài hiệu dụng của đường dây tùy theo sự phân bố tải, km.

$$\text{Tải tập trung: } t = l$$

$$\text{Phụ tải phân bố đều: } t = \frac{1}{2}l$$

$$\text{Phụ tải mật độ tăng dần: } t = \frac{2}{3}l$$

Từ đó, suy ra hằng số sụt áp K:

$$K = \frac{(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{U_r U_{cb}} \text{ đvtd}$$

$$K = f(\text{kích cỡ dây, khoảng cách pha, } \cos \varphi, U_{cb}) = \Delta U / \text{kVA} \times \text{km}^*$$

$$\text{Tính gần đúng: } K\% = \frac{(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{U_{\text{đmpha}}^2} \times 100\%$$

Nếu  $U_{\text{đm}}$  là điện áp dây (kV),  $S_{3\phi}$  là công suất biểu kiến 3 pha (kVA)

$$\text{Thì: } K \approx \frac{r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi}{1000 \times U_{\text{đm}}^2} \text{ đvtd/kVA} \times \text{km} = \frac{r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi}{1000 \times U_{\text{đm}}} \text{ kV/kVA} \times \text{km}$$

$$\text{Hay: } K\% \approx \frac{r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi}{10 \times U_{\text{đm}}^2} \%/\text{kVA} \times \text{km}$$

### Ví dụ 1.6.

Cho đường dây 3 pha bốn dây, có  $U = 4,16$  kV, dây dẫn đồng #4 AWG tương đương  $21,14 \text{ mm}^2$ , khoảng cách giữa các dây  $37 \text{ inch} \approx 0,94 \text{ m}$ ,  $\cos \varphi = 0,9$  trễ.

Xác định hằng số sụt áp K.

### Giải:

Xác định hằng số K dùng công thức:

$$K = \frac{(r \cos \varphi + x \sin \varphi) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{U_r U_{cb}} \text{ puV}$$

Lấy:  $U_{cb} = U_r = 2400 \text{ V}$ .

$$\text{Suy ra } K = \frac{(r \cos \varphi + x \sin \varphi) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{U_r^2} \text{ đvtd}$$

Trong đó :  $r_0 = 1,503 \Omega/\text{mile} = 0,9341 \Omega/\text{km}$

$$x_0 = 0,7456 \Omega/\text{mile} = 0,46339 \Omega/\text{km}$$

$$\cos \varphi = 0,9 \text{ trễ} \Rightarrow \sin \varphi = 0,4359$$

$$U_r = \frac{4160}{\sqrt{3}} = 2400 \text{ V}$$

Suy ra:

$$K = \frac{(0,9341 \times 0,9 + 0,46339 \times 0,4359) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{2400^2} = 0,0000621 \text{ đvtd/kVA} \times \text{km}$$

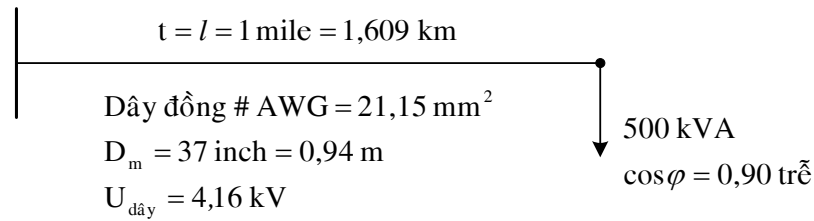
Hay:  $K\% = 0,00621 \%/\text{km.kVA}$

**Ví dụ 1.7.**

Giả thiết phát tuyến nói trên cung cấp cho phụ tải 500 kVA, có  $\cos\varphi = 0,9$  trễ, tập trung ở cuối đường dây dài 1 mile = 1,609 km. Tính phần trăm sụt áp (Hình 1.29).

**Giải:**

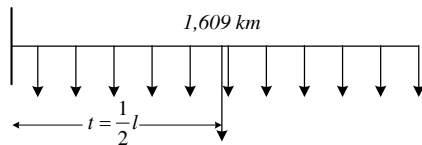
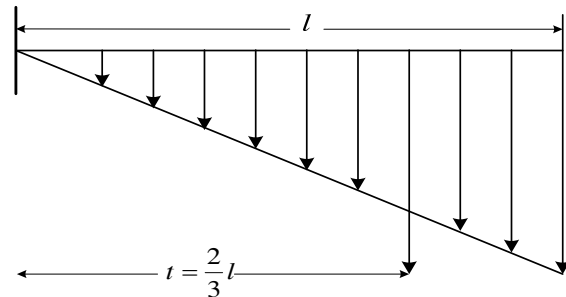
$$\Delta U\% = t.K\%.S = 1,609.0,00621\%.500 = 5\%$$

**Hình 1.29****Ví dụ 1.8.**

Giả thiết đường dây có cùng số liệu nhưng cung cấp cho phụ tải 500 kVA,  $\cos\varphi = 0,9$  phân bố dọc đường dây. Tính độ sụt áp (Hình.1.30).

**Giải:**

$$\Delta U\% = t.K\%.S = \frac{1}{2}1,609.0,00621\%.500 = 2,5\%$$

**Hình 1.30****Hình 1.31****Ví dụ 1.9.**

Giả thiết đường dây có cùng số liệu nhưng cung cấp cho phụ tải  $S = 500$  kVA phân bố tăng dần. Tính độ sụt áp (Hình 1.31).

**Giải:**

$$\Delta U\% = t \times K\% \times S = 1,0727 \times 0,00621 \times 500 = 3,33\%$$

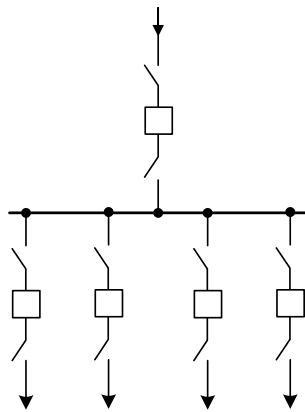
Trong đó:  $t = \frac{2}{3}l = 1,0727$  km

### 1.2.4. Thiết kế trạm phân phối

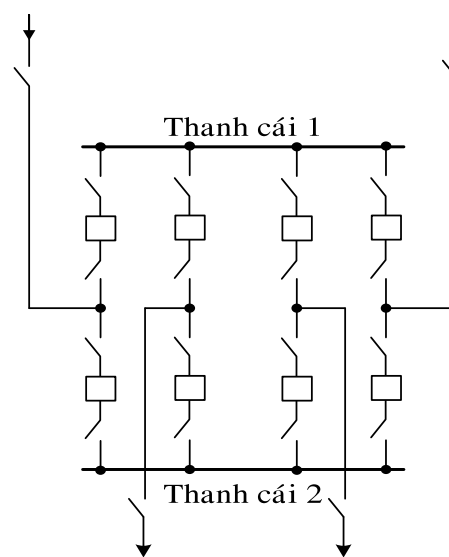
#### a. Sơ đồ hệ thống thanh cái

Một sơ đồ trạm phụ thuộc vào cấp điện áp của trạm trung gian, sự sắp xếp máy cắt, dao cách ly, thanh cái, ngoài ra còn phụ thuộc công dụng của trạm. Nói cách khác, việc xây dựng một sơ đồ trạm điện dựa trên độ an toàn, độ tin cậy, tính kinh tế, tính khả thi, tính đơn giản và các mặt khác.

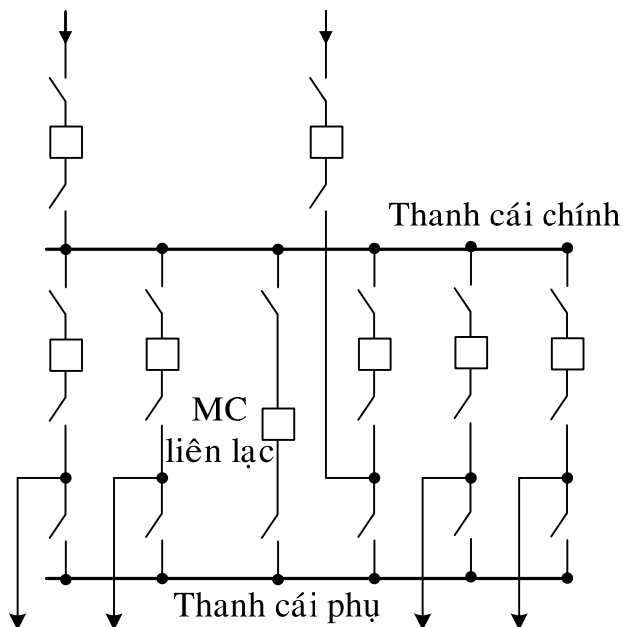
Các dạng sơ đồ trạm được cho ở các Hình 1.32 và Hình 1.37.



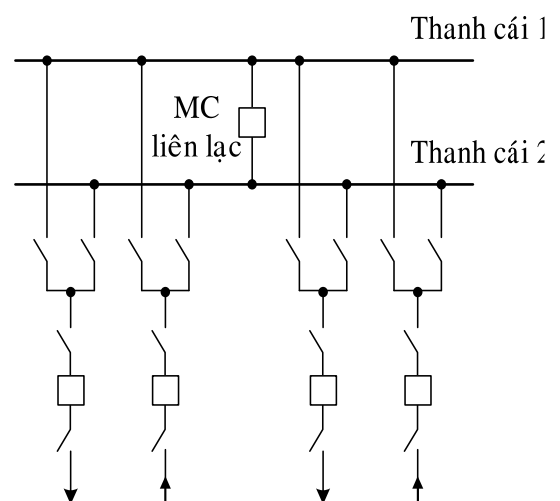
Hình 1.32. Sơ đồ một thanh cái.



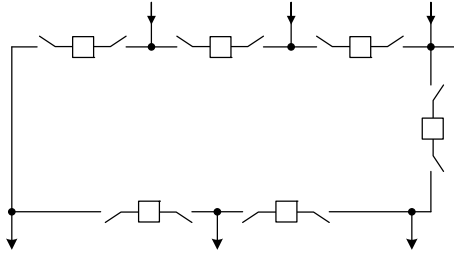
Hình 1.33. Sơ đồ hai thanh cái – 2MC



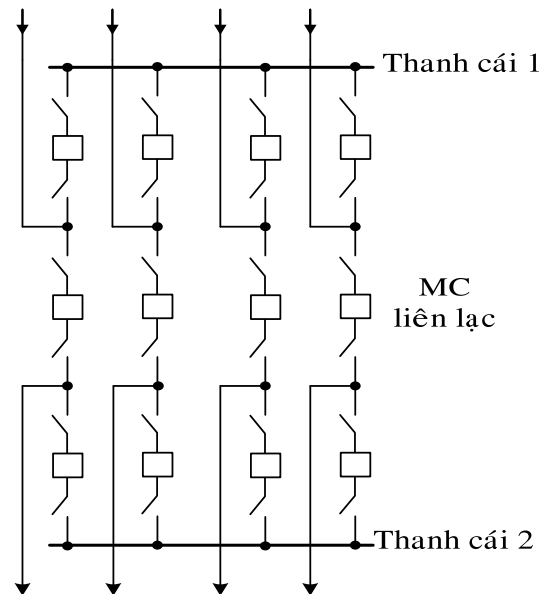
Hình 1.34. Sơ đồ thanh cái chính và phụ.



Hình 1.35. Sơ đồ hai thanh cái.



Hình 1.36. Sơ đồ thanh cái vòng.



Hình 1.37. Sơ đồ 1 MC và 1/2 MC

Bảng 1.3. Bảng so sánh giữa các sơ đồ trạm

Sơ đồ trạm	Ưu điểm	Khuyết điểm
1.Thanh cái đơn Hình 2.32	- Chi phí rẻ.	-Trạm ngừng hoạt động khi có sự cố trên máy cắt hoặc thanh cái. -Khó bảo trì, sửa chữa. -Không thể phát triển được thanh cái. -Độ tin cậy của sự cấp điện liên tục thấp.
2.Hai thanh cái, hai máy cắt. Hình 2.33	- Mỗi mạch có hai máy cắt - Giữa các thanh cái được nối kết linh hoạt. - Trạm vẫn hoạt động nếu có bất kỳ một máy cắt nào bị tách ra. - Độ tin cậy cao.	-Chi phí cao. -Một nửa mạch sẽ không hoạt động do sự cố máy cắt, nếu mạch không được nối với cả hai thanh cái.
3.Sơ đồ thanh cái chính và phụ. Hình 2.34	- Chi phí thấp - Trạm vẫn hoạt động khi máy cắt được cách ly, sửa chữa.	-Cần gia tăng máy cắt cho thanh cái. -Dao cách ly hoạt động phức tạp khi bảo trì máy cắt.
4.Sơ đồ hai thanh cái, một máy cắt. Hình 2.35	- Hai thanh cái hoạt động linh hoạt. - Có thể tách một thanh cái chính để sửa chữa. - Mạch này có thể chuyển từ thanh cái này sang thanh cái khác thông qua một máy cắt liên lạc.	-Cần thêm một máy cắt cho thanh cái. -Cần bốn dao cách ly cho một mạch. -Sơ đồ bảo vệ thanh cái có thể gây tổn thất trên trạm khi nó tác động nếu tất cả các nhánh nối với thanh cái đó.
5.Thanh cái mạch vòng. Hình 2.36	- Chi phí lắp đặt thấp. - Hoạt động linh hoạt khi sửa chữa máy cắt. - Bất kỳ máy cắt nào cũng có thể cách ly khỏi mạch để sửa chữa mà không cần ngừng cấp điện cho phụ tải. - Chỉ cần 1 máy cắt trên một mạch.	-Nếu sự cố xảy ra trong lúc sửa chữa máy cắt thì sơ đồ mạch vòng sẽ được tách ra làm hai phần. -Hệ thống tự động đóng lại và bảo vệ mạch thì phức tạp.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Không dùng thanh cái chính.</li> <li>- Mỗi mạch được bảo vệ bởi hai máy cắt.</li> <li>- Các dao cách ly được phối hợp với máy cắt.</li> </ul>	
6.Sơ đồ một rưỡi. Hình 2.37	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoạt động linh hoạt.</li> <li>- Độ tin cậy cao.</li> <li>- Mạch vẫn hoạt động khi có sự cố trên máy cắt.</li> <li>- Các dao cách ly hoạt động phối hợp máy cắt</li> <li>- Vận hành đơn giản.</li> <li>- Thanh cái chính có thể cách ly để sửa chữa mà không cần cắt phụ tải.</li> <li>- Sự cố trên thanh cái các mạch không mất điện.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cần <math>1\frac{1}{2}</math> máy cắt trên mỗi mạch.</li> <li>- Hệ thống rơle và tự động đều phụ thuộc vào máy cắt ở giữa.</li> </ul>

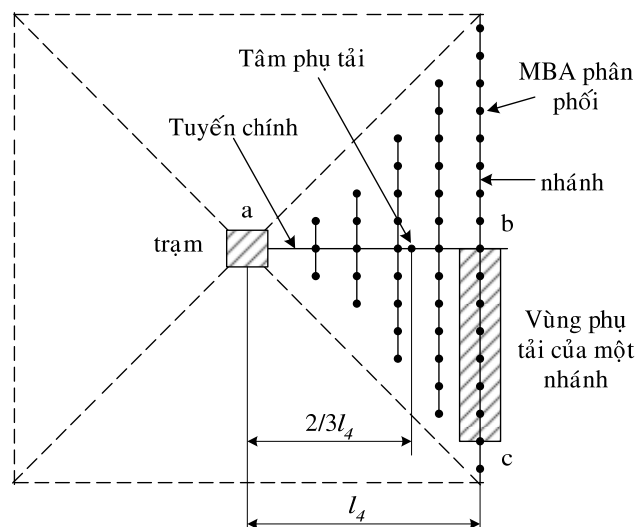
### b. Vị trí trạm

Để lựa chọn một vị trí trạm thích hợp nhất, cần dựa vào các quy luật sau:

1. Đặt trạm gần trung tâm tải của vùng phụ tải
2. Đặt trạm sao cho việc điều chỉnh điện áp là thích hợp nhất.
3. Chọn lựa vị trí trạm sao cho thuận lợi đường dây vào trạm trung gian và các đường dây ra và cho phép tăng thêm trong tương lai.
4. Chọn lựa vị trí trạm trong khoảng không gian cho phép để mở rộng trạm trong tương lai.
5. Chọn vị trí trạm phù hợp với những quy định về việc sử dụng đất, không gây ảnh hưởng đến môi trường dân cư xung quanh nơi đặt trạm.
6. Chọn vị trí trạm sao cho làm giảm nhỏ nhất số phụ tải bị ảnh hưởng do mất điện.

### c. Định mức của trạm

1. Phân tích vùng phụ tải hình vuông (H.1.38)



**Hình 1.38.** Vùng phụ tải hình vuông.

Công suất mỗi đường dây cung cấp cho phụ tải:

$$S_4 = A_4 \cdot D = l_4^2 \cdot D \text{ (kVA)}$$

Với:  $A_4$  - diện tích tải của một nhánh,  $\text{km}^2$ ;  
 $D$  - mật độ phụ tải theo diện tích,  $\text{kVA}/\text{km}^2$ .

Sụt áp trên đường dây chính:

$$\Delta U\% = \frac{2}{3} l_4 \cdot K\% \cdot S_4$$

Trong đó:  $K\%$  hằng số sụt áp ( $\%/kVA.km$ ). Với giả thiết phụ tải tăng dần đều. Các máy biến áp phân phối mang tải bằng nhau và đặt cách khoảng bằng nhau.

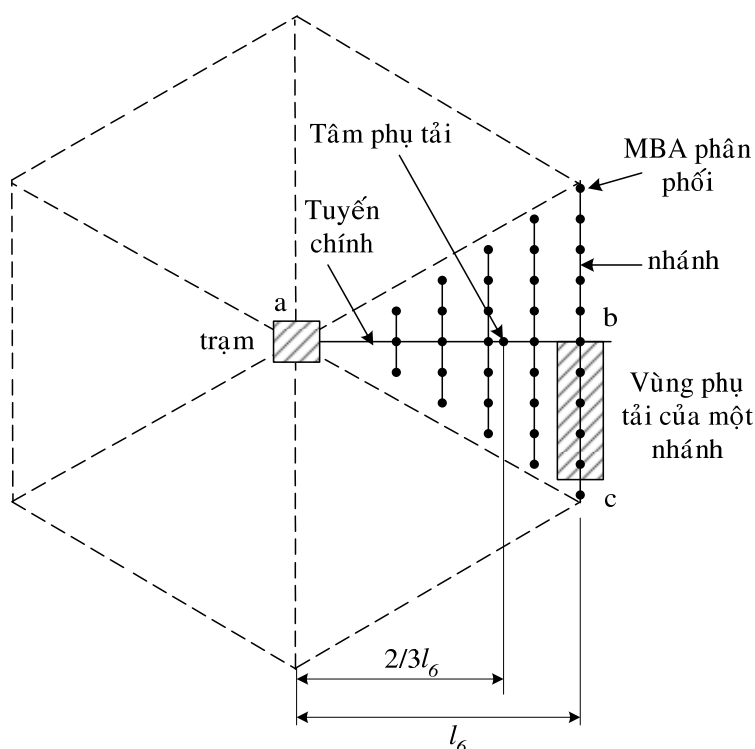
Suy ra: 
$$\Delta U_4\% = \frac{2}{3} l_4 \cdot K\% \cdot (l_4^2 D) = 0,667 K\% \cdot D \cdot l_4^3$$

2. Phân tích vùng phụ tải hình lục giác đều (Hình 1.39)

$$A_6 = \frac{l_6}{\sqrt{3}} l_6 - \text{Diện tích vùng phụ tải một nhánh.}$$

$$S_6 = A_6 \cdot D = 0,578 D l_6^2$$

Độ sụt áp: 
$$\Delta U\% = \frac{2}{3} l_6 \cdot K\% \cdot S_6 = 0,385 \cdot K\% \cdot D \cdot l_6^3$$



**Hình 1.39.** Vùng phụ tải hình lục giác đều.

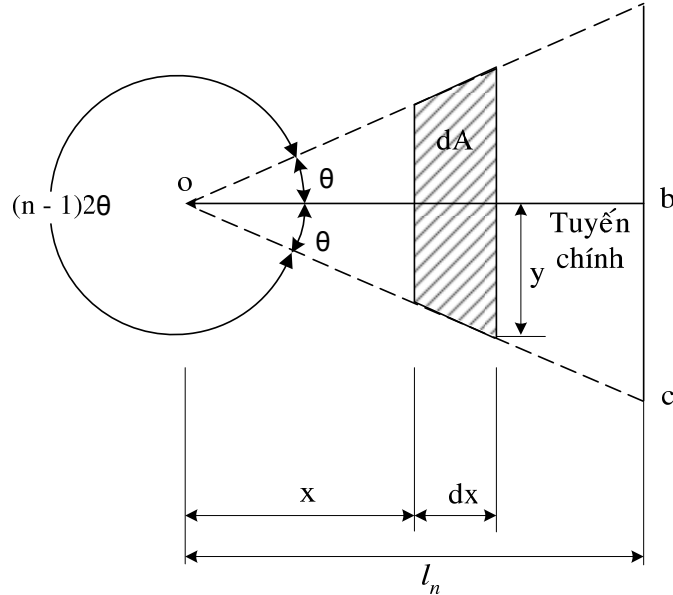
3. Trường hợp tổng quát: vùng cung cấp bởi  $n$  pháp tuyến (H.2.40)

Từ hình 2.40, ta có:  $\text{tg}\theta = \frac{y}{x+dx} \rightarrow y = (x+dx)\text{tg}\theta \approx x.\text{tg}\theta$

Tổng diện tích vùng phụ tải:

$$A_n = \int_{x=0}^{l_n} dA = l_n^2 \text{tg}\theta \rightarrow S_n = D l_n^2 \text{tg}\theta$$

Độ sụt áp: 
$$\Delta U\% = \frac{2}{3} l_n \cdot K\% \cdot S_n = \frac{2}{3} K\% \cdot D \cdot l_n^3 \cdot \text{tg}\theta = \frac{2}{3} K\% \cdot D \cdot l_n^3 \cdot \text{tg} \frac{360^\circ}{2n}$$



**Hình 1.40.** Sơ đồ phụ tải dạng tổng quát.

4. So sánh trạm bốn đường dây và sáu đường dây ra

- *Tứ giác (bốn đường dây ra)*

Công suất của một đường:

$$S_4 = l_4^2 D$$

Tổng công suất toàn vùng:

$$S_{4\Sigma} = 4l_4^2 D$$

Độ sụt áp % của một đường:

$$\Delta U\% = \frac{2}{3} K\% D l_4^3$$

Dòng cung cấp ở đầu đường dây:

$$I_4 = \frac{S_4}{\sqrt{3}U} = \frac{D l_4^2}{\sqrt{3}U} \text{ (A)}$$

Với U là điện áp dây.

- *Lục giác (sáu đường dây ra)*

Công suất của một đường:

$$S_6 = \frac{1}{\sqrt{3}} l_6^2 D$$

Tổng công suất toàn vùng:

$$S_{6\Sigma} = \frac{6}{\sqrt{3}} l_6^2 D$$

Độ sụt áp % của vùng phụ tải:

$$\Delta U\% = \frac{2}{3\sqrt{3}} K\% D l_6^3$$

Dòng cung cấp ở đầu đường dây:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U} = \frac{D l_6^2}{3U} \text{ (A)}$$

Việc đánh giá dựa vào các điều kiện sau:

- *Điều kiện giới hạn bởi phát nóng*

Cho một loại dây dẫn và bỏ qua độ sụt áp

Ta có  $I_4 = I_6$

$$\frac{D l_4^2}{\sqrt{3}U_{L-L}} = \frac{D l_6^2}{3U_{L-L}} \rightarrow \left(\frac{l_6}{l_4}\right)^2 = \sqrt{3}$$

Tỷ số công suất toàn vùng:

$$\frac{S_{6\Sigma}}{S_{4\Sigma}} = \frac{\frac{6}{\sqrt{3}} D l_6^2}{4 D l_4^2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{l_6}{l_4}\right)^2 = \frac{3}{2} \quad \text{hay} \quad S_{6\Sigma} = 1,5 S_{4\Sigma}$$



Vậy sáu đường dây cung cấp tải gấp 1,5 lần bốn đường dây nếu có cùng điều kiện phát nóng.

- Điều kiện giới hạn bởi độ sụt áp, cùng loại dây dẫn

$$\Delta U_4 \% = \Delta U_6 \%$$

$$\frac{2}{3} K \% . D . l_4^3 = \frac{2}{3\sqrt{3}} K \% . D . l_6^3$$

$$l_4 = 0,833l_6$$

$$S_{6\Sigma} = \frac{6}{\sqrt{3}} l_6^2 D$$

$$S_{4\Sigma} = 4l_4^2 D = 2,78l_6^2 D$$

$$\frac{S_{6\Sigma}}{S_{4\Sigma}} = \frac{5}{4} \rightarrow S_{6\Sigma} = 1,25S_{4\Sigma}$$

Như vậy, sáu đường dây có thể cung cấp tải 1,25 lần bốn đường dây nếu có cùng độ sụt áp.

### 5. Giải thích về công thức tính độ sụt áp K

Dựa vào công thức tính độ sụt áp, Repts đưa ra công thức liên quan đến việc áp dụng cho trạm phân phối cung cấp cho vùng phụ tải:

$$\Delta U_n \% = \frac{\left(\frac{2}{3} l_n K\right) n D A_n}{n} = \frac{\left(\frac{2}{3} l_n K\right) S_{n\Sigma}}{n} = \frac{2}{3} l_n K S_n$$

Với:  $\Delta U_n \%$  là độ sụt áp % trên mạch sơ cấp;

K là hằng số sụt áp % /kVA.m;

$\frac{2}{3} l_n$  là chiều dài hiệu dụng của dây sơ cấp;

$S_{n\Sigma}$  là tổng công suất cung cấp cho toàn vùng = n.D.A<sub>n</sub>;

$S_n$  là công suất cấp một trong n dây = D.A<sub>n</sub> =  $\frac{S_{n\Sigma}}{n}$

n là số đường dây;

D là mật độ tải, kVA/m<sup>2</sup>;

A<sub>n</sub> là diện tích vùng cung cấp của một đường dây.

Để minh họa cách sử dụng và giải thích công thức này, giả thiết đưa ra 5 trường hợp:

**TH1:** Tăng diện tích vùng cung cấp nếu chiều dài phát tuyến tăng gấp đôi ( $2x l_n$ ) và các đại lượng khác không đổi.

Nhận thấy: diện tích vùng phục vụ A<sub>n</sub> tăng gấp bốn nên  $S_{n\Sigma}$  và  $S_n$  tăng gấp bốn làm  $\Delta U\%$  tăng gấp tám lần.

**TH2:** Tăng mật độ phụ tải dẫn đến  $S_{n\Sigma}$  tăng. Giả thiết D tăng gấp đôi làm cho  $S_{n\Sigma}$ ,  $S_n$  tăng gấp đôi và  $\Delta U\%$  tăng gấp đôi.

**TH3:** Thêm phát tuyến, n tăng gấp đôi thì  $S_n$  giảm 1/2 đưa đến  $\Delta U\%$  giảm 1/2.

**TH4:** Tiết diện tăng gấp đôi đưa đến K giảm 1/2 và  $\Delta U\%$  giảm 1/2

**TH5:** Đổi tổ đấu dây máy biến áp  $\Delta \rightarrow Y$  (trung tính nối đất) điện áp dây tăng  $\sqrt{3}$  lần, K giảm 1/3 và  $\Delta U\%$  giảm 1/3.

Các trường hợp trên được tóm tắt ở bảng sau:

STT	Trường hợp	$l_n$	K	$U_{\text{dây}}$	n	D	$A_n$	$S_{n\Sigma}$	$S_n$	$\Delta U\%$
1	Tăng diện tích cung cấp	$\times 2 \uparrow$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 4 \uparrow$	$\times 4 \uparrow$	$\times 4 \uparrow$	$\times 8 \uparrow$
2	Tăng mật độ tải	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 2 \uparrow$	$\times 1$	$\times 2 \uparrow$	$\times 2 \uparrow$	$\times 2 \uparrow$
3	Thêm phát tuyến	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 2 \uparrow$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1 \uparrow$	$\times \frac{1}{2} \downarrow$	$\times \frac{1}{2} \downarrow$
4	Chọn dây lại	$\times 1$	$\times \frac{1}{2} \downarrow$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 1 \uparrow$	$\times 1 \uparrow$	$\times \frac{1}{2} \downarrow$
5	Đổi tổ đấu dây máy biến áp $\Delta \rightarrow Y$	$\times 1$	$\times \frac{1}{3} \downarrow$	$\times \sqrt{3} \uparrow$	$\times 1$	$\times 1$	$\times \frac{1}{2} \downarrow$	$\times 1 \uparrow$	$\times 1 \uparrow$	$\times \frac{1}{3} \downarrow$

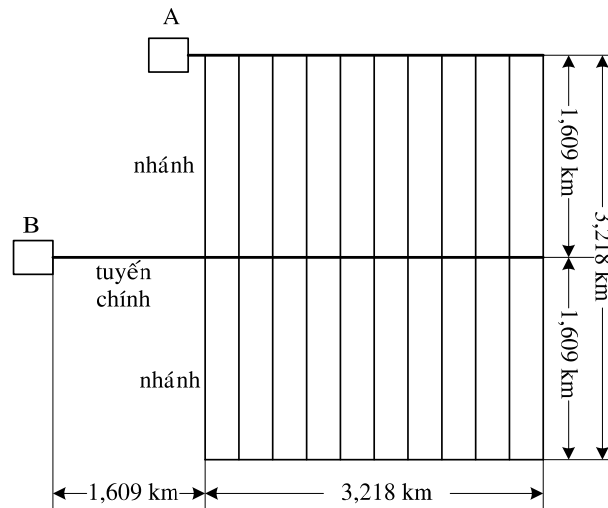
### 1.3. CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MẠNG PHÂN PHỐI SƠ CẤP

#### Ví dụ 1.10.

Cho phụ tải phân bố hình vuông, mỗi cạnh 2 mile = 3,218 km.

- Mật độ phụ tải  $2000 \text{ kVA}/\text{mi}^2 = 772,5 \text{ kVA}/\text{km}^2$  ( $\text{mi}^2 = \text{mile}^2$ )
- Hệ số nhu cầu trung bình cho mọi tải 0,60.
- Hệ số phân tán 1,2 (hệ số đồng thời  $\frac{1}{1,2}$ )
- Hệ số công suất 0,90 trễ.

Có hai phương pháp đặt trạm: tại A và B.



Hình 1.41

Đặt tại A: Phát tuyến chính dài 2 mile = 3,218 km  $\approx$  3,2 km

Phát tuyến nhánh dài 2 mile = 3,218 km.

(có tất cả 16 nhánh)

Đặt tại B: Phát tuyến chính dài 3 mile  $\approx$  4,8 km

Phát tuyến nhánh dài 1 mile = 1,609 km.

(có tất cả 32nhánh)

Điện áp đường dây 13,2/7,62 kV 3 pha, bốn dây.

Phát tuyến chính dùng dây đồng #2/0 AWG = 67,4 mm<sup>2</sup>

Phát tuyến nhánh dùng dây đồng #4 AWG = 21,2 mm<sup>2</sup>

Khoảng cách pha  $D_m = 37 \text{ inch} = 0,94 \text{ m}$

Chọn phương án đặt trạm tại A và B?

$$\begin{aligned} \text{Mật độ phụ tải tổng theo yêu cầu} &= \frac{\text{Hệ số nhu cầu} \times \text{mật độ phụ tải}}{\text{Hệ số phân tán}} \\ &= \frac{0,6 \times 772,5 \text{ kVA/km}^2}{1,2} = 386 \text{ kVA/km}^2 \end{aligned}$$

Diện tích phụ tải:  $3,218 \times 3,218 = 10,335 \text{ km}^2$

Phụ tải tổng của trạm cung cấp:

$$S_{\Sigma} = 386 \times 10,335 \approx 4000 \text{ kVA} = S_{\text{chính}}$$

Hằng số sụt áp của hai loại dây:

Đối với dây #2/0 AWG = 67,4 mm<sup>2</sup>,  $K\% = 0,0002486 \%/kVA.km$

Đối với dây #4 AWG = 21,1 mm<sup>2</sup>,  $K\% = 0,0005904 \%/kVA.km$

Nếu đặt trạm tại A, sụt áp từ trạm A đến điểm xa nhất của phát tuyến nhánh:

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= \frac{l}{2} K_{\text{chính}}\% \cdot S_{\text{chính}} + \frac{l}{2} K_{\text{nhánh}}\% \cdot S_{\text{nhánh}} \\ &= \frac{3,2}{2} \times 0,0002486 \times 4000 + \frac{3,2}{2} \times 0,0005904 \times \frac{4000}{16} = 1,84\% \end{aligned}$$

Nếu đặt trạm tại B, sụt áp từ trạm B đến điểm xa nhất của phát tuyến nhánh:

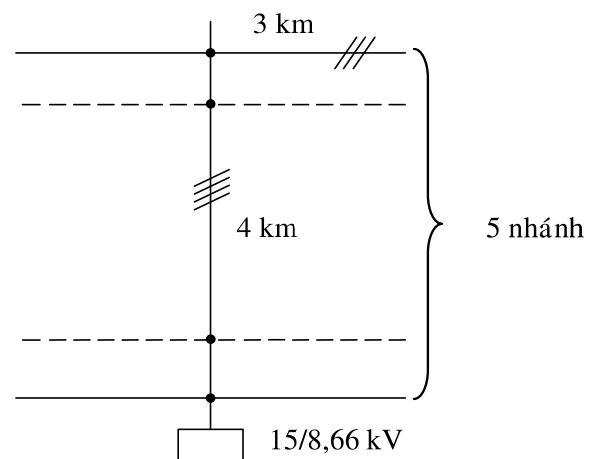
$$\Delta U\% = \left(1,6 + \frac{3,2}{2}\right) 0,0002486 \times 4000 + \frac{1,6}{2} \times 0,0005904 \times \frac{4000}{32} = 3,26\%$$

Do đó, vị trí trạm A tốt hơn ở B.

### Ví dụ 1.11.

Một phát tuyến 3 pha bốn dây điện áp 15/8,66 kV dài 4 km. Phát tuyến cung cấp cho 10 nhánh, bên trái 5 nhánh, bên phải 5 nhánh (Hình 1.42). Dây nhánh dài 3 km. Dùng dây nhôm có khoảng cách pha  $D_m = 1\text{m}$ . Mỗi nhánh cung cấp cho 300 khách hàng, mỗi khách hàng tiêu thụ 4 kVA,  $\cos \varphi = 0,9$  trở qua máy biến áp phân phối.

Điện áp trong nhà thay đổi từ 220 V đến 250 V, chọn điện áp thấp nhất tại khách hàng là 230 V.



Hình 1.42

Yêu cầu điện áp tại khách hàng

$$\begin{cases} V_{\text{max}} = 250 \text{ V} \\ V_{\text{min}} = 230 \text{ V} \end{cases}$$

Sụt áp cho phép trên phát tuyến sơ cấp (cao áp) là 4% và sụt áp cho phép trên hệ thống phân phối thứ cấp (hạ áp) là 3,5%.

Xác định:

- Cỡ dây chính và dây nhánh thỏa mãn sụt áp cho phép trên hệ thống phân phối sơ cấp.
- Nếu vượt quá 4% hãy kết hợp dây chính và dây nhánh có tiết diện lớn hơn.

**Giải:**

Công suất tổng trên đường dây nhánh:

$$S_{nhánh} = 4 \text{ kVA/khách hàng} \times 300 \text{ khách hàng} = 1200 \text{ kVA}$$

Dòng điện tổng trên dòng dây nhánh

$$I_{nhánh} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 15} = 46,18 \text{ A}$$

Chọn dây nhôm A-16 có dòng cho phép 105 A

Dòng điện tổng trên dây chính:

$$I_{chính} = 46,18 \text{ A/1 nhánh} \times 10 \text{ nhánh} = 461,8 \text{ A}$$

Chọn dây A-185 có dòng cho phép 500 A.

Hằng số sụt áp K cho bởi công thức:

$$K\% = \frac{(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{U_{đmpha}^2} \times 100\%$$

Dây A-16  $r_0 = 1,98 \Omega/\text{km}$   $x_0 = 0,391 \Omega/\text{km}$

Dây A-185  $r_0 = 0,17 \Omega/\text{km}$   $x_0 = 0,312 \Omega/\text{km}$

Dây A-16 có hằng số sụt áp:

$$\begin{aligned} K\% &= \frac{(1,98 \times 0,9 + 0,391 \times 0,436) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{8660^2} \times 100\% \\ &= 0,0008678\%/\text{kVA.km} \end{aligned}$$

Dây A-185 có hằng số sụt áp:

$$\begin{aligned} K\% &= \frac{(0,17 \times 0,9 + 0,312 \times 0,436) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{8660^2} \times 100\% \\ &= 0,0001284\%/\text{kVA.km} \end{aligned}$$

Phụ tải giả thiết phân bố đều

Sụt áp trên đường dây nhánh:

$$\Delta U\%_{nhánh} = \frac{3}{2} \times 0,0008678 \times 1200 = 1,562\%$$

Sụt áp trên đường dây chính:

$$\Delta U\%_{chính} = \frac{4}{2} \times 0,0001284 \times 1200 \times 10 = 3,08\%$$

Do sụt áp tổng:  $\Delta U\%_{\Sigma} = 1,562 + 3,08 = 4,642\% > 4\%$ , chọn lại dây chính và dây nhánh.

Dây chính : chọn dây A-240  $r_0 = 0,132 \Omega/\text{km}$   $x_0 = 0,304 \Omega/\text{km}$

Dây nhánh : chọn dây A-25  $r_0 = 1,28 \Omega/\text{km}$   $x_0 = 0,375 \Omega/\text{km}$

$$\begin{aligned} \text{Dây A-240} \quad K\% &= \frac{(0,132 \times 0,9 + 0,304 \times 0,436) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{8660^2} \times 100\% \\ &= 0,0001117\%/\text{kVA.km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dây A-25} \quad K\% &= \frac{(1,28 \times 0,9 + 0,375 \times 0,436) \left( \frac{1}{3} \times 1000 \right)}{8660^2} \times 100\% \\ &= 0,0005847\% / \text{kVA.km} \end{aligned}$$

Sụt áp đường dây nhánh

$$\Delta U_{\text{nhánh}} \% = \frac{3}{2} \times 0,0005847 \times 1200 = 1,05\%$$

Sụt áp đường dây chính:

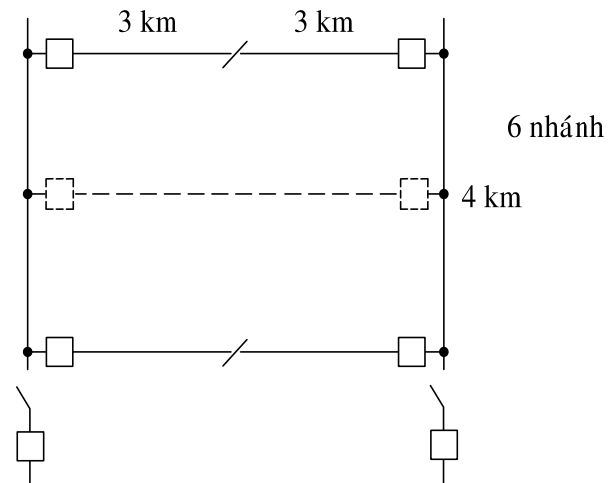
$$\Delta U_{\text{chính}} \% = \frac{4}{2} \times 0,0001117 \times 1200 \times 10 = 2,68\%$$

Sụt áp tổng:  $\Delta U\%_{\Sigma} = 1,05 + 2,68 = 3,72\% < 4\%$

Đạt yêu cầu.

### Ví dụ 1.12.

Một mạng phân phối sơ cấp 15/8,66 kV gồm hai đường dây trên không dài 4 km xuất phát từ hai trạm A và B, mỗi đường dây cung cấp 6 nhánh rẽ dùng cáp ngầm XLPE dài 3 km, phụ tải mỗi nhánh 1200 kVA/3 pha,  $\cos\varphi = 0,8$  phân bố đều trên nhánh. Sơ đồ mạng điện như Hình 1.43. (Cáp ngầm XLPE dùng cáp 1 pha, một đường nhánh gồm ba đường 1 pha XLPE, phụ tải phân bố đều trên 3 pha).



Hình 1.43

Trong tình trạng bình thường các đường nhánh hở ở giữa, cả hai đường chính đều vận hành. Trong tình trạng sự cố một đường chính, cầu dao ở giữa đóng lại để chuyển tải cho đường chính còn lại.

Sụt áp cho phép lúc bình thường là 4%.

- Chọn cỡ dây chính và dây nhánh.
- Tính % sụt áp đến đầu cuối của đường nhánh xa nhất trong tình trạng bình thường.
- Tính % sụt áp đến nhánh rẽ xa nhất trong tình trạng sự cố.

### Giải:

a. Trong tình trạng sự cố, đường dây chính còn lại cung cấp gấp đôi số nhánh rẽ.

Công suất tổng:  $S_{\Sigma} = 2 \times 1200 \times 6 = 14.400 \text{ kVA}$

Dòng điện đường chính:  $I_{\text{chính}} = \frac{14400}{\sqrt{3} \times 15} = 554,25 \text{ A}$

Chọn dây AC-240 có dòng cho phép 610 A

$$r_0 = 0,132 \ \Omega/\text{km}$$

$$x_0 = 0,315 \ \Omega/\text{km} \text{ (chọn khoảng cách trung bình pha } D = 1,3 \text{ m)}$$

Trong tình trạng sự cố, công suất tổng trên mỗi đường nhánh cũng tăng gấp đôi.

$$I_{\text{nhánh}} = \frac{2 \times 1200}{\sqrt{3} \times 15} = 92,37 \text{ A}$$

Chọn cáp ngầm XLPE 1/0 AWG (53,5 mm<sup>2</sup> cáp nhôm) có dòng cho phép  $I_{\text{cp}} = 155 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \text{Có} \quad r_0 &= 0,208 \, \Omega/1000\text{ft} = 0,682 \, \Omega/\text{km} \\ x_0 &= 0,0229 \, \Omega/1000\text{ft} = 0,07513 \, \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

b. Tình trạng bình thường

Đường dây nhánh vận hành hở ở giữa, hai đường dây chính đều vận hành.

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{chính}} &= I(r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \frac{l}{2} \text{ (tính sụt áp theo pha)} \\ &= \frac{554,25}{2} (0,132 \times 0,8 + 0,315 \times 0,6) \frac{4}{2} = 163,28 \text{ V} \\ \Delta U_{\text{chính}} \% &= \frac{163,28}{8660} \times 100\% = 1,88\% \end{aligned}$$

Sụt áp trên đường nhánh:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{nhánh}} &= \frac{92,37}{2} (0,682 \times 0,8 + 0,07513 \times 0,6) \frac{3}{2} = 40,92 \text{ V} \\ \Delta U_{\text{nhánh}} \% &= \frac{40,92}{8660} \times 100\% = 0,47\% \end{aligned}$$

Sụt áp tổng:  $\Delta U \%_{\Sigma} = 1,88 + 0,47 = 2,35\%$

c. Tình trạng sự cố

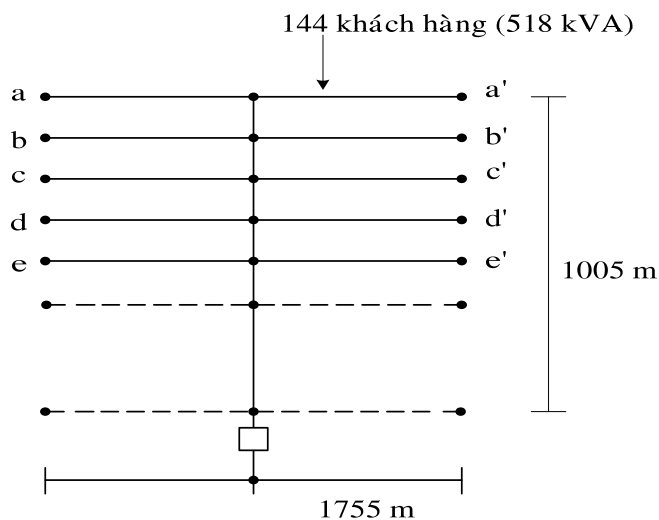
$$\begin{aligned} \Delta U \%_{\text{chính}} &= 2 \times 1,88\% = 3,76\% \\ \Delta U_{\text{nhánh}} &= 92,37 (0,682 \times 0,8 + 0,07513 \times 0,6) \frac{6}{2} = 163,68 \text{ V} \\ \Delta U_{\text{nhánh}} \% &= \frac{163,68}{8660} \times 100\% = 1,88\% \end{aligned}$$

Sụt áp tổng:  $\Delta U \%_{\Sigma} = 3,76 + 1,88 = 5,64\%$  (có thể chấp nhận)

### Ví dụ 1.13.

Giả sử sơ đồ bố trí mạng phân phối trên không gồm một phát tuyến và 10 nhánh dây nối với phát tuyến đó, trên các nhánh dây có gắn cầu chì, mạng điện này có thể cấp điện cho hai phía phụ tải (Hình.1.44).

Tuyến dây chính là dây 3 pha, hai bên tuyến dây này có tối đa 10 nhánh dây hoặc ít hơn, các nhánh dây bên hông được bảo vệ bởi các cầu chì, các nhánh dây này có thể là 1 pha hoặc dây 3 pha. Phụ tải có hệ số công suất  $\cos \varphi = 0,90$ .



Hình 1.44

Mạng điện 3 pha bốn dây có cấp điện áp 4160/2400 V. Khoảng cách giữa các dây dẫn  $D_m = 37 \text{ inch} = 0,94 \text{ m}$ .

Chiều dài dây dẫn chính: 3300 ft = 1005 m.

Xét trường hợp chỉ có hai nhánh a, a' làm việc cho trong Hình 1.45.

Kích thước dây dẫn không nhỏ hơn loại AWG#6 = 13,3 mm<sup>2</sup> vì độ bền cơ. Hãy xác định:

- Độ sụt áp % tại điểm cuối dây dẫn chính và của nhánh dây xa nhất (từ máy cắt đến điểm a, a')
- Nếu độ sụt áp % cho phép là 4%. Hãy xác định lại dây dẫn chính và nhánh dây.

**Giải:**

a. Dòng điện phân nhánh dây:

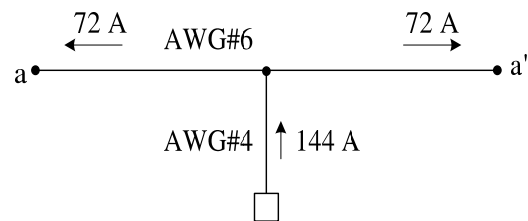
$$I_{nhánh} = \frac{S_{nh}}{\sqrt{3}U_d} = \frac{518}{\sqrt{3} \times 4,16} = 72 \text{ A}$$

Chọn dây dẫn đồng loại AWG#6 có dòng định mức là 130 A.

Dòng điện trên dây dẫn chính:

$$I_{chính} = \frac{S_{ch}}{\sqrt{3}U_d} = \frac{2 \times 518}{\sqrt{3} \times 4,16} = 144 \text{ A}$$

Chọn dây dẫn đồng AWG#4 = 21,2 mm<sup>2</sup> với dòng định mức 180 A, chú ý dây dẫn đồng loại AWG#5 = 16,8 mm<sup>2</sup> có dòng định mức 150 A không được chọn vì tổng độ sụt áp cao.



**Hình 1.45**

Tính hằng số sụt áp K% của dây đồng loại AWG#6 và AWG#4 lần lượt là 0,0093225% và 0,006215%/kVA.km

Độ sụt áp trên dây dẫn nhánh có phụ tải phân bố đều:

$$\Delta U_{nhánh} \% = \frac{l_{nhánh}}{2} \cdot K \% \cdot S = \frac{1,755}{2} \times 0,0093225 \times 518 = 4,24\%$$

Độ sụt áp phần trăm trên dây dẫn chính có phụ tải tập trung (1036 kVA):

$$\Delta U_{chính} \% = l_{chính} \cdot K \% \cdot S = 1,005 \times 0,006215 \times 1036 = 6,48\%$$

Độ sụt áp tổng của toàn đường dây:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = \Delta U_{chính} \% + \Delta U_{nhánh} \% = 6,48 + 4,24 = 10,72\%$$

Nhận thấy lớn hơn độ sụt áp cho phép là 4%

Nếu đường dây nhánh là đường dây 1 pha thì độ sụt áp phần trăm của dây dẫn 1 pha gần bằng bốn lần độ sụt áp trên dây 3 pha có cùng tiết diện.

$$\Delta U_{1pha} \% = 4 \times \Delta U_{3pha} \% = 4 \times 4,24 = 16,96\%$$

Tổng phần trăm sụt áp là:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = \Delta U_{chính} \% + \Delta U_{pha} \% = 6,48 + 16,96 = 23,44\%$$

Độ sụt áp vừa tìm được lớn hơn độ sụt áp cho phép.

Chọn lại dây đồng loại 4/0 = 107 mm<sup>2</sup> và AWG#1 = 42,4 mm<sup>2</sup> có dòng định mức 480A và 270A, ứng với dây dẫn chính và dây dẫn nhánh có hằng số sụt áp lần lượt là 0,001864% và 0,003729%/kVA.km

$$\Delta U_{nhánh} \% = \frac{1,755}{2} \times 0,003729 \times 518 = 1,695\%$$

$$\Delta U_{chính} \% = 1,005 \times 0,001864 \times 1036 = 1,943\%$$

Tổng sụt áp trên toàn đường dây:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = \Delta U_{\text{chính}} \% + \Delta U_{\text{nhánh}} \% = 1,943 + 1,695 = 3,638 \%$$

Thoả mãn điều kiện sụt áp cho phép  $\Delta U_{\Sigma} \% < 4 \%$

#### Ví dụ 1.14.

Giống như ví dụ 1.13 nhưng thay dây dẫn đồng bằng dây cáp nhôm XLPE trên không (Al) cho đường nhánh. Dòng điện cho phép cáp XLPE trên không cho trong Bảng 1.3. Hãy tính lại sụt áp trên đường nhánh và kiểm tra sụt áp tổng.

**Giải:**

a. Độ sụt áp dây dẫn nhánh có phụ tải phân bố đều:

$$\Delta U_{nh} = I(r_L \cos \varphi + x_L \sin \varphi) \frac{l}{2} \text{ (V)}$$

Với  $I = 72 \text{ A}$  cho ở ví dụ trên.

Chọn dây dẫn nhôm (Al) loại AWG#6 có:

$$r_L = 4,13 \Omega/\text{mi} = 2,567 \Omega/\text{km}$$

$$x_L = 0,258 \Omega/\text{mi} = 0,16 \Omega/\text{km}$$

$$\cos \varphi = 0,9; \quad \sin \varphi = 0,436$$

Do đó: 
$$\Delta U_{nh} = 72(2,567 \times 0,9 + 0,16 \times 0,436) \times \frac{1,755}{2} = 150,4 \text{ V}$$

Độ sụt áp %: 
$$\Delta U_{nh} \% = \frac{150,4}{2400} 100 \% = 6,27 \%$$

Độ sụt áp trên dây dẫn chính có phụ tải phân bố tập trung:

$$\Delta U_{ch} = I(r \cos \varphi + x_L \sin \varphi) l \text{ (V)}$$

**Bảng 1.3.** Dòng điện cho phép của cáp XLPE.

Kích thước dây dẫn	Dòng điện cho phép, A	
	Cáp 5 kV	Cáp 15 kV
6AWG	75	-
4 AWG	99	-
2 AWG	130	135
1 AWG	151	155
1/0 AWG	174	178
2/0 AWG	201	205
3/0 AWG	231	237
4/0 AWG	268	273
25 Kcmil	297	302
350 Kcmil	368	372
500 Kcmil	459	468

Với  $I = 144 \text{ A}$

Chọn cáp nhôm trên không (Al) loại AWG#1 = 42,4 mm<sup>2</sup> có:

$$r = 1,29 \Omega/\text{mi} = 0,8 \Omega/\text{km}$$

$$x = 0,211 \Omega/\text{mi} = 0,131 \Omega/\text{km}$$

Do đó: 
$$\Delta U_{ch} = 144(0,8 \times 0,9 + 0,131 \times 0,436) 1,005 = 112,5 \text{ V}$$

Độ sụt áp %: 
$$\Delta U_{ch} \% = \frac{112,5}{2400} \cdot 100 = 4,7 \%$$

Tổng độ sụt áp trên toàn tuyến dây:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 4,7 + 6,27 = 10,97 \%$$



Độ sụt áp này lớn hơn độ sụt áp cho phép (4%)

b. Chọn lại cáp nhôm trên không (Al) loại  $4/0 = 107 \text{ mm}^2$  và  $1/0 = 53,3 \text{ mm}^2$  có dòng định mức là 268 A và 174 A tương ứng cho dây dẫn chính và dây dẫn nhánh.

Dây nhánh có:  $r = 0,64 \Omega/\text{km}$ ,  $x = 0,129 \Omega/\text{km}$

$$\Delta U_{nh} = 72(0,64 \times 0,9 + 0,129 \times 0,436) \frac{1,755}{2} = 39,95 \text{ V}$$

Độ sụt áp %:  $\Delta U_{nh} \% = \frac{39,95}{2400} \cdot 100 = 1,66\%$

Dây chính có  $r = 0,322 \Omega/\text{km}$ ,  $x = 0,119 \Omega/\text{km}$

$$\Delta U_{ch} = 144(0,322 \times 0,9 + 0,119 \times 0,436) \cdot 1,005 = 49,45 \text{ V}$$

Độ sụt áp %  $\Delta U_{ch} \% = \frac{49,45}{2400} \cdot 100 = 2,06\%$

Tổng độ sụt áp trên toàn tuyến dây:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 2,06 + 1,66 = 3,72\% < 4\%$$

Thoả mãn độ sụt áp cho phép (4%).

### Ví dụ 1.15.

Giống như ví dụ 1.13 nhưng cấp điện áp làm việc là 12,47/7,2 kV cho hệ thống ba pha bốn dây trung tính nối đất với dây dẫn bằng đồng (Cu). Khoảng cách giữa các dây dẫn là  $D_m = 37 \text{ inch} = 0,94 \text{ m}$ . Chiều dài dây dẫn chính là 3300 ft = 1005 m, có 10 nhánh dây mỗi bên 5 nhánh như hình 2.46. Kích thước dây dẫn không nhỏ hơn dây AWG#6 = 13,3 mm<sup>2</sup>. Hãy xác định độ sụt áp % tại điểm cuối của dây chính và dây nhánh.

**Giải:**

Tổng công suất phụ tải trên các nhánh:

$$S_{\Sigma} = 518 \text{ kVA}/\text{nhánh} \times 10 \text{ nhánh} = 5180 \text{ kVA}$$

Dòng điện trên dây chính:

$$I_{ch} = \frac{5180 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 12,47 \text{ kV}} = 240,1 \text{ A}$$

Chọn dây dẫn đồng AWG#2 = 33,64 mm<sup>2</sup>

Dòng điện trên mỗi nhánh:

$$I_{nh} = \frac{518 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 12,47 \text{ kV}} = 24,01 \text{ A}$$

Chọn dây đồng loại AWG#6 = 13,3 mm<sup>2</sup> cho các nhánh dây và dây đồng AWG#2 = 33,64 mm<sup>2</sup> cho dây chính. Tính được hằng số K% lần lượt là 0,0010876 và 0,0004972%/kVA.km cho loại dây AWG#6 và AWG#2.

Độ sụt áp % trên dây dẫn nhánh với giả thiết tải phân bố đều dọc dây nhánh.

$$\Delta U_{nh} \% = \frac{l_{nh}}{2} K \% \cdot S = \frac{1,755}{2} \times 0,0010876 \times 518 = 0,5\%$$

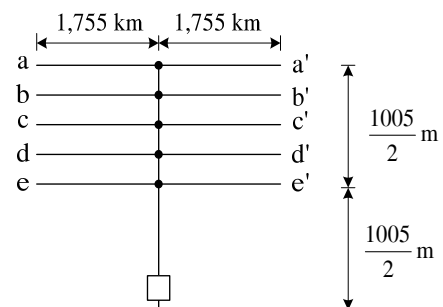
Độ sụt áp % trên dây dẫn chính:

$$\Delta U_{ch} \% = \frac{3l_{ch}}{4} K \% \cdot S = \frac{3 \cdot 1,005}{4} \times 0,0004972 \times 5180 = 1,94\%$$

Độ sụt áp % trên toàn tuyến dây:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 1,94 + 0,5 = 2,44\% < 4\%$$

Thoả mãn độ sụt áp cho phép (4%).



**Hình 1.46**

**Ví dụ 1.16.**

Một trạm phân phối cung cấp cho một khu vực tải hình vuông như hình 2.38 có bốn đường dây 3 pha 4 dây 2,44/4,16 kV. Tuyến dây chính là loại dây đồng #2AWG = 33,6 mm<sup>2</sup> hoặc ACSR#1AWG = 53,3 mm<sup>2</sup>, đường dây trên không có khoảng cách giữa các pha là 37 inch = 0,94 m. Hệ số công suất tải 0,9 trễ và mật độ phụ tải 386,27 kVA/km<sup>2</sup>. Phụ tải phân bố đều. Tính :

1. Xét đến điều kiện toả nhiệt dây chính. Tìm:
  - a. Công suất cực đại của dây.
  - b. Công suất của trạm.
  - c. Bố trí trạm.
  - d. Độ sụt áp % từ đầu đến cuối đường dây.
2. Xét độ sụt áp giới hạn là 3%. Tìm:
  - a. Bố trí trạm.
  - b. Công suất cực đại của dây.
  - c. Công suất của trạm.
  - d. Dòng điện trên dây.

**Giải:**

Từ bảng tra dòng điện cho phép của dây dẫn nhôm lõi thép ACSR#1 = 53,3 mm<sup>2</sup> là 230 A.

1. Theo điều kiện phát nóng

a. Công suất tải:  $S_n = \sqrt{3}U_{dây} \times I_{max} = \sqrt{3} \cdot 4,16 \cdot 230 = 1657,2 \text{ kVA}$

b. Công suất trạm:  $S_{\Sigma n} = 4S_n = 4 \cdot 1657,2 = 6628,8 \text{ kVA}$

c. Khoảng cách giữa các trạm:  $S_n = A_n \times D = l_4^2 \cdot D$

$$l_4 = \left( \frac{S_n}{D} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{1657,2 \text{ kVA}}{386,27 \text{ kVA/km}^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 2,07 \text{ km}$$

$$2l_4 = 2 \times 2,07 = 4,14 \text{ km}$$

- d. Tổng % sụt áp:

$$\Delta U\% = \frac{2}{3} K\% \cdot D \cdot l_4^3 = \frac{2}{3} \cdot 0,00435 \times 386,27 \times (2,07)^3 = 9,94\%$$

Hằng số sụt áp  $K\% = 0,00435 \text{ %/kVA.km}$

2. Theo điều kiện sụt áp cho phép

$$\Delta U\% = \frac{2}{3} K\% \cdot D \cdot l_4^3$$

- a. Khoảng cách giữa các trạm:

$$\rightarrow l_4 = \left( \frac{3\Delta U\%}{2K\% \cdot D} \right)^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{3 \times 3}{2 \times 0,00435 \times 386,27} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,38 \text{ km}$$

- b. Công suất cực đại của dây:

$$S_n = D l_4^2 = 386,27 \times (1,38)^2 = 736 \text{ kVA}$$

- c. Công suất của trạm:

$$S_{\Sigma n} = 4S_n = 4 \times 736 = 2944 \text{ kVA}$$

- d. Dòng điện của dây:

$$I = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{dây}} = \frac{736}{\sqrt{3} \cdot 4,16} = 102,1 \text{ A}$$

Dòng điện tương đối so với khả năng tải:

$$I = \frac{102,1}{230} = 0,444 \text{ (đvtđ)}$$

**Ví dụ 1.17.**

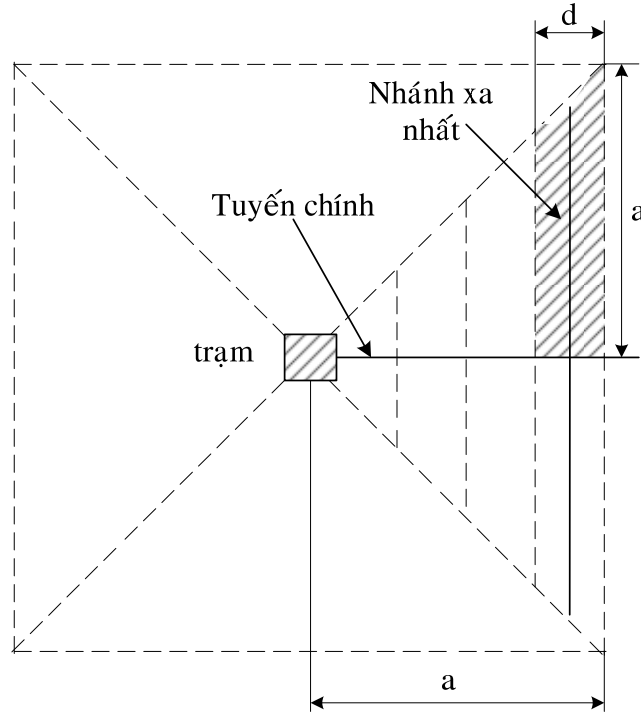
Trạm có bốn tuyến dây cấp cho phụ tải hình vuông có diện tích  $2a \times 2a$  ( $\text{km}^2$ ) như Hình 1.47. Mật độ phụ tải  $D$  ( $\text{kVA}/\text{km}^2$ ), phụ tải phân bố đều, mỗi tuyến là 3 pha, 4 dây, trung tính nối đất lặp lại. Biết khoảng cách  $d \ll a$ , diện tích vùng phụ tải xa nhất gần bằng  $a.d$  ( $\text{km}^2$ ), hệ số công suất  $\cos\varphi$  (trễ), kháng trở của mỗi pha đường dây chính  $z_{ch} = r_{ch} + jx_{ch}$  ( $\Omega/\text{km}$ ), kháng trở của mỗi pha đường dây nhánh  $z_{nh} = r_{nh} + jx_{nh}$  ( $\Omega/\text{km}$ )

Chọn  $U_{\text{dây}}$  là điện áp cơ bản (kV)

a. Giả thiết đường nhánh 3 pha 4 dây có trung tính nối đất lặp lại, chứng tỏ rằng độ sụt áp phần trăm tới điểm cuối của nhánh xa nhất.

$$\sum \Delta U\% = \frac{2.D.a^3}{30.U_{\text{dây}}^2} (r_{ch} \cos\varphi + x_{ch} \sin\varphi) + \frac{D.a^2.d}{20.U_{\text{dây}}^2} (r_{nh} \cos\varphi + x_{nh} \sin\varphi)$$

b. Giả sử đường nhánh là 1 pha hai dây, trung tính nối đất lặp lại, tính lại độ sụt áp %.



**Hình 1.47**

**Giải:**

a. Tổng công suất của một tuyến chính:

$$S_{ch} = D \times \frac{(2a)^2}{4} = D \times a^2 \text{ (kVA)}$$

Dòng điện trên tuyến chính:

$$I_{ch} = \frac{D [kVA / km^2] \times a^2 [km^2]}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{dây}} [kV]} \text{ (A)}$$

Độ sụt áp % tới điểm cuối tuyến chính:

$$\Delta U_{ch} \% = t \cdot K \% \cdot S$$

Trong đó :  $t = \frac{2}{3} a$  (phụ tải có mật độ tăng dần)

$$K\% = \frac{r_{ch} \cos \varphi + x_{ch} \sin \varphi}{10U_{dây}^2} \%/\text{kVA.km}$$

$$\Delta U_{ch} \% = \frac{2}{3} a \cdot \frac{r_{ch} \cos \varphi + x_{ch} \sin \varphi}{10U_{dây}^2} \cdot Da^2$$

$$= \frac{2.D.a^3}{30.U_{dây}^2} (r_{ch} \cos \varphi + x_{ch} \sin \varphi)$$

Công suất của một nhánh xa nhất:  $S_{nh} = D \times a \times d$  (kVA)

Dòng điện trên nhánh dây:  $I_{nh} = \frac{D \times a \times d}{\sqrt{3} \times U_{dây}}$  (A)

Sụt áp % đến cuối nhánh:

$$\Delta U_{nh} \% = t.K\%.S_{nh}$$

$$= \frac{1}{2} a \cdot \frac{r_{nh} \cos \varphi + x_{nh} \sin \varphi}{10U_{dây}^2} \cdot D \cdot a \cdot d$$

$$= \frac{D.a^2.d}{20.U_{dây}^2} (r_{nh} \cos \varphi + x_{nh} \sin \varphi)$$

$$\sum \Delta U\% = \Delta U_{ch} \% + \Delta U_{nh} \%$$

b. Độ sụt áp % của mạch 1 pha gần bằng bốn lần của mạch 3 pha nếu có cùng tiết diện dây:

$$\Delta U_{1\phi} \% = 4 \times \Delta U_{3\phi} \%$$

Điện áp rơi trên dây chính giống câu a, còn điện áp rơi trên dây nhánh:

$$\Delta U_{nh} \% = 4 \times \frac{D.a^2.d}{20.U_{dây}^2} (r_{nh} \cos \varphi + x_{nh} \sin \varphi) = \frac{D.a^2.d}{5.U_{dây}^2} (r_{nh} \cos \varphi + x_{nh} \sin \varphi)$$

$$\sum \Delta U\% = \Delta U_{ch} \% + \Delta U_{nh} \% = \frac{2.D.a^3}{30.U_{dây}^2} (r_{ch} \cos \varphi + x_{ch} \sin \varphi) + \frac{D.a^2.d}{5.U_{dây}^2} (r_{nh} \cos \varphi + x_{nh} \sin \varphi)$$

#### 1.4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG PHÂN PHỐI THỨ CẤP

Quan điểm thực tế của hệ thống phân phối điện dựa vào chức năng “tập hợp” hơn là “phân phối” bởi vì cả công suất và vị trí không được quyết định bởi kỹ sư thiết kế mà bởi khách hàng. Khách hàng lắp mọi thiết bị tiêu thụ điện mà chúng có thể kết nối trong mỗi tổ hợp cho phép và ở mọi thời điểm khách hàng muốn. Khái niệm phân phối bắt đầu với khách hàng và tải riêng lẻ, rồi tiến triển qua nhiều giai đoạn, mà mỗi giai đoạn bao gồm nhiều nhóm khối lượng khách hàng gia tăng và nhu cầu tải của họ. Như thế nguồn phát sẽ cung cấp đến hộ tiêu thụ thông qua các dịch vụ, hệ thống thứ cấp, máy biến thế phân phối, hệ thống sơ cấp, trạm phân phối, trạm trung chuyển, trạm cấp điện và hệ thống truyền tải.

Khi thiết kế hệ thống, người kỹ sư không chỉ nên xem xét các yếu tố trước mắt, trong giai đoạn ngắn, mà còn các vấn đề lâu dài. Hệ thống được thiết kế không chỉ giải quyết vấn đề về xây dựng và hoạt động của hệ thống một cách kinh tế để phục vụ cho hiện tại mà còn phải đáp ứng các nhu cầu dự phòng trong tương lai. Vì thế, việc thực hành thiết kế hiện tại sẽ bị ảnh hưởng bởi các đòi hỏi của hệ thống tương lai.

Đương nhiên, người kỹ sư phải xét đến nhiều yếu tố, biến số, các lời giải lựa chọn của

bài toán thiết kế phân phối phức tạp, cần có một kỹ thuật giúp họ chọn lựa định mức kinh tế nhất của máy biến thế phân phối, dây dẫn thứ cấp, độ dao động điện áp của hộ tiêu thụ.

Sự phát triển về máy tính kỹ thuật số tốc độ cao, qua việc sử dụng các chương trình tính toán, cho phép xem xét nhanh chóng vấn đề kinh tế của nhiều phương án khả thi và đánh giá tính kỹ thuật và tính kinh tế của các phương án này khi chúng liên quan đến nhiều chiến lược khác nhau qua giai đoạn nghiên cứu. Các chiến lược có thể là, ví dụ, thay đổi hệ thống thứ cấp, thay đổi biến thế, khả năng gắn thêm các tụ điện.

Hiển nhiên, mỗi hệ thống thiết kế nên đáp ứng một tiêu chuẩn thực hiện đặc biệt trong suốt giai đoạn nghiên cứu. Thiết kế tối ưu, có nghĩa là kinh tế nhất, là phải phù hợp với lịch trình phát triển tải trong tương lai. Cũng vậy, qua sử dụng từng giai đoạn của chương trình, kỹ sư phân phối có thể xác định liệu chiến lược nào cần được xét tới hay chúng cần phải hiệu chỉnh do kết quả của một vài thay đổi trong khi xem xét về hiệu quả kinh tế và nhu cầu dự kiến tăng tải trong tương lai.

Để giảm thiểu chiều dài mạng thứ cấp, kỹ sư đặt biến thế gần trung tâm tải và cố gắng tìm đường ngắn nhất xuống phục vụ khách hàng.

Vì chỉ có phần nhỏ sự cố ngắt điện là do hư hỏng ở hệ thống thứ cấp, nên trong thiết kế hệ thống thứ cấp, người kỹ sư chính yếu phải xét đến tính kinh tế, tổn thất lõi đồng ( $I^2R$ ) trong biến thế và dòng thứ cấp, độ sụt áp cho phép nơi dịch vụ và điện thế chấp chờn của hệ thống. Dĩ nhiên là có những yếu tố kinh tế và kỹ thuật khác ảnh hưởng lên sự lựa chọn biến thế và cấu hình hệ thống thứ cấp, như là tải biến thế cho phép, tải các pha cân bằng đối với hệ thống sơ cấp, chi phí đầu tư của các thành phần khác nhau của hệ thống thứ cấp, chi phí nhân công, phí tư bản (lãi suất) và lạm phát.

Biến thế phân phối chiếm một phần đáng kể chi phí hệ thống thứ cấp. Vì thế, một trong những mối quan tâm chính của kỹ sư là hạ thấp nhất chi phí đầu tư vào biến thế. Nói chung, trong thực tế hiện nay trong công nghiệp điện, hoạch định tải biến thế phân phối trên cơ sở là không vượt quá công suất dự trữ, biến thế sẽ được thay, hay được kết nối song song khi tải thứ cấp gia tăng.

Thông thường, hệ thống quản lý tải biến thế (TLM) là tối ưu khi cho vận hành tải liên tục và kế hoạch mở rộng một cách kinh tế. Người kỹ sư phải để ý tính phi thực tế của việc lấy thông tin về các nhu cầu trên mọi khách hàng, phải cố gắng tập hợp các dữ liệu còn giới hạn về nhu cầu với các số liệu tiêu thụ điện sẵn có, đầy đủ hơn vào các tập tin tính nhu cầu tiêu thụ của khách hàng. Một đường cong nhu cầu điển hình sẽ được vẽ theo năng lượng tiêu thụ và các thông tin kết quả sẽ được dùng để ước tính tải đỉnh trên các phần đặc biệt của thiết bị như là biến thế phân phối, và trong trường hợp đó, nó được gọi là quản lý tải biến thế, nguồn cấp, trạm.

Ngày nay, mức điện áp tiêu chuẩn cho hệ thống phân phối hạ thế điện tại Việt Nam được qui định là 220/380 V.

#### 1.4.1. Thiết kế thực tế

Phần nằm giữa hệ thống sơ cấp và thiết bị người tiêu dùng là hệ thống thứ cấp. Hệ thống phân phối thứ cấp bao gồm biến thế phân phối hạ thế, các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp, dây xuống hộ tiêu thụ và các đồng hồ điện.

Nói chung, hệ thống phân phối thứ cấp được thiết kế 1 pha cho khu dân cư và 3 pha cho khu công nghiệp hay dịch vụ với mật độ tải cao.

Các loại hệ thống phân phối thứ cấp gồm:

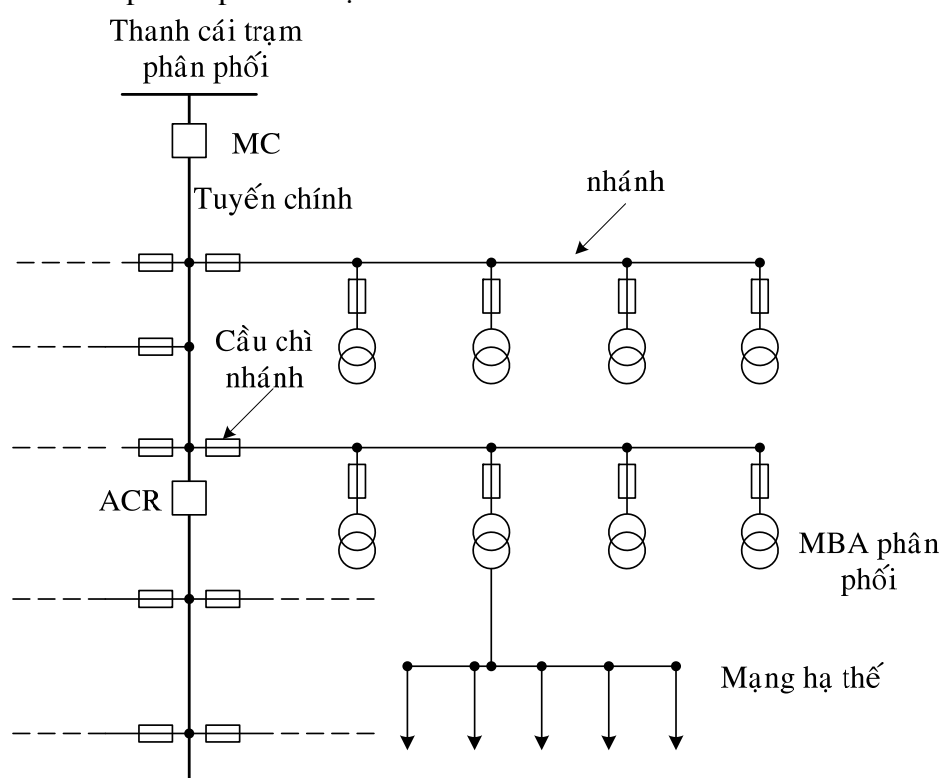
a. Hệ thống nhóm phụ tải riêng biệt cho mỗi khách hàng với biến thế phân phối riêng và các kết nối thứ cấp riêng biệt.

b. Hệ thống hình tia với tuyến dây chính thứ cấp chung, được cung cấp bởi một biến thế phân phối và cấp cho một nhóm khách hàng.

c. Hệ thống nhóm máy biến áp phân phối với tuyến dây chính thứ cấp chung mà nó được cung cấp bởi nhiều biến thế phân phối, những biến thế này được cấp bởi cùng một phát tuyến sơ cấp chung.

d. Hệ thống mạng thứ cấp với mạng thứ cấp dạng lưới, mạng này được cấp bởi một số lớn các biến thế, những biến thế này có thể được nối bởi nhiều nguồn cấp khác nhau.

Hệ thống cung cấp riêng rẽ ít khi được dùng và thường là khu vực nông thôn hay công nghiệp. Nói chung, hầu hết các hệ thống thứ cấp cho khu dân cư, thôn quê, khu thương mại được thiết kế hình tia. Hình 1.48 minh họa sơ đồ đơn tuyến của hệ thống thứ cấp dạng hình tia. Nó cho chi phí thấp và dễ vận hành.



**Hình 1.48.** Sơ đồ đơn tuyến của một hệ thống thứ cấp hình tia đơn giản.

#### 1.4.2. Nhóm máy biến áp phân phối

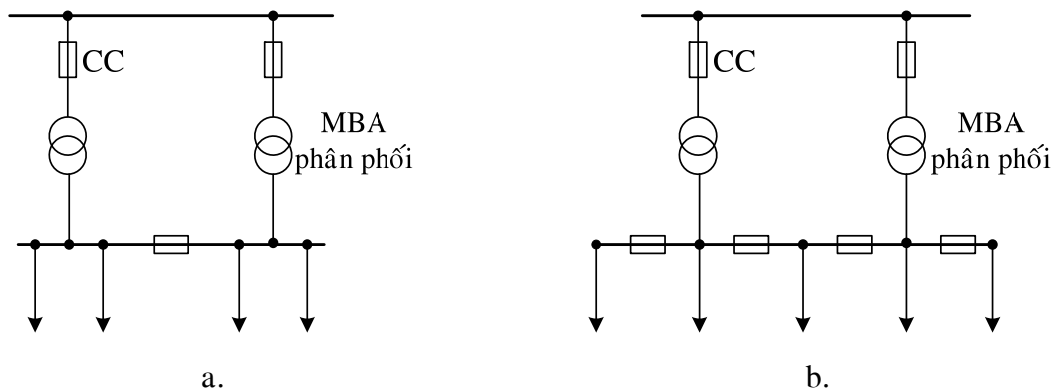
Những trạm phân phối biến áp được mắc song song, những máy biến áp này được liên kết nhau trên phía thứ cấp hai hay nhiều máy biến áp phân phối được cung cấp. Cách mắc này được thực hiện ở khu dân cư hay khu thương mại, nơi có nhu cầu cung cấp điện liên tục. Giữa các máy biến áp đòi hỏi có khoảng cách nhỏ. Tuy nhiên, trong một số trường hợp phải giữ các trạm phân phối độc lập với nhau, trong trường hợp này, mạng sơ cấp là mạng đặc biệt của cấu trúc hình tia. Sự thuận lợi của nhóm máy biến áp phân phối gồm:

- Cải thiện độ dao động điện áp.
- Giảm nhấp nháy ánh sáng do khởi động động cơ, bằng cách cung cấp hai nhánh song song cho động cơ khởi động.
- Tăng độ tin cậy cung cấp điện.
- Cải tiến sự linh hoạt khi phụ tải phát triển với chi phí thấp.

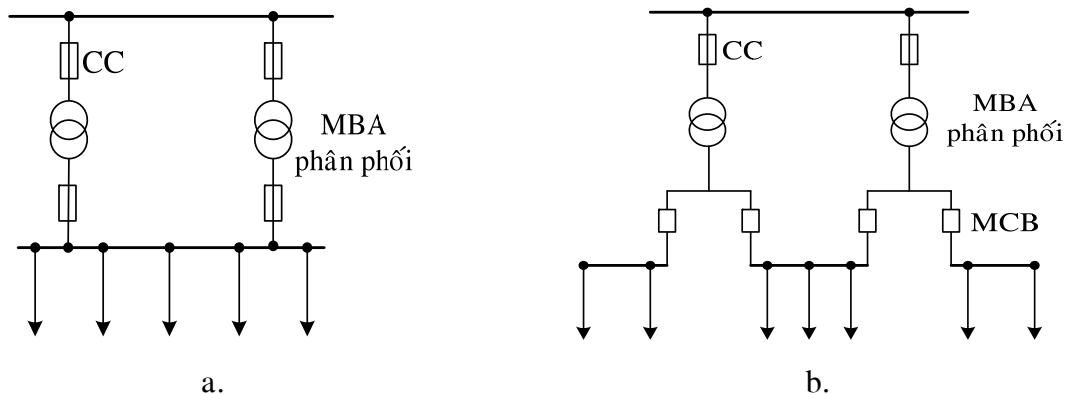
Việc kết nhóm phía thứ cấp của máy biến áp được thuận lợi khi có sự phân tán giữa

một số lớn các hộ tiêu thụ và do đó tiết kiệm được công suất của máy biến áp, có thể tiết kiệm đến 35% dung lượng của máy biến áp tùy theo loại tải và số lượng khách hàng.

Hình 1.49 thể hiện những phương pháp khác nhau của việc kết nhóm thứ cấp. Phương pháp này được minh họa trong Hình 1.49a được sử dụng phổ biến và nhìn chung là rất tốt, vì nó cho phép sử dụng những cầu chì định mức thấp bên phía cao của trạm biến áp và ngăn cản việc cháy cầu chì xảy ra, phương pháp này cũng tạo ra sự phối hợp đơn giản những cầu chì phân đoạn nhánh sơ cấp bằng cách dùng cầu chì định mức thấp ở bên phía điện áp cao của máy biến áp. Hơn nữa nó là một hệ thống kinh tế nhất.



**Hình 1.49.** Hai phương pháp mắc nhóm thứ cấp.



**Hình 1.50.** Hai phương pháp mắc nhóm thứ cấp khác.

Hình 1.50 đưa ra hai phương pháp khác của cách mắc nhóm. Phương pháp thể hiện ở Hình 1.50a là một cách cũ nhất và ít được bảo vệ nhất. Hình 1.50b cho phương pháp bảo vệ cao nhất. Vì vậy, những khuyết điểm của cách mắc Hình 1.49a, b và Hình 1.50a là:

- Yêu cầu kiểm soát cẩn thận hệ thống thứ cấp có các trạm biến áp được kết nhóm với nhau để phát hiện những sự cố từ cầu chì.
- Khó khăn trong việc phối hợp cầu chì ở phía thứ cấp.
- Hơn nữa những phương pháp thể hiện trong hình 2.49b có khuyết điểm là khó khăn trong việc phục hồi lại sự cung cấp khi một số cầu chì trên những biến áp cận kề bị đứt.

Ngày nay, vì những khuyết điểm trên, phương pháp hình 2.50b được dùng nhiều hơn. Máy biến áp phân phối đặc biệt là máy biến áp tự bảo vệ có cầu chì bảo vệ điện thế cao và máy cắt điện thứ cấp, tín hiệu ánh sáng báo quá tải và bảo vệ chống sét ngay trong máy.

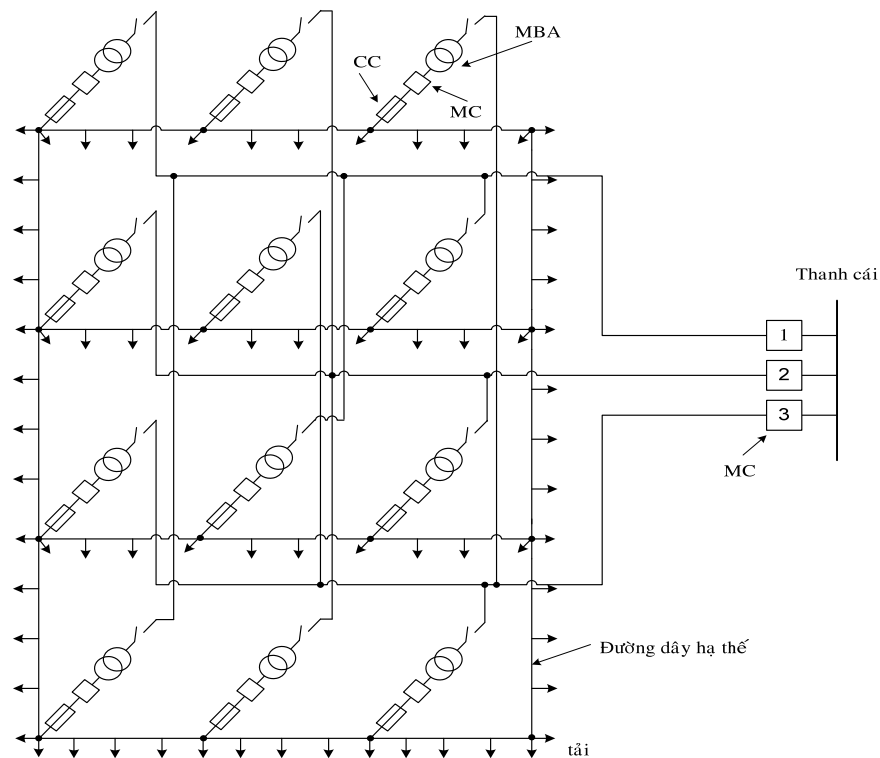
Máy biến áp tự bảo vệ có các loại 1 pha và 3 pha, chúng có hai máy cắt điện thứ cấp giống nhau, những máy này tác động độc lập nhau khi có quá dòng điện. Trong trường hợp máy biến áp bị hư thì những cầu chì bảo vệ dòng sơ cấp và các máy cắt thứ cấp cùng

tác động mở, vì vậy sự gián đoạn trong cung cấp điện là ít nhất. Tuy nhiên, phương pháp ghép nhóm đều có chung khó khăn trong việc quản lý tải máy biến áp theo kịp với biến đổi của phụ tải. Để ổn định trong điều kiện tải bị thay đổi, mối quan tâm chính khi thiết kế hệ thống kết nối thứ cấp là việc phân chia tải giữa các máy biến áp.

### 1.4.3. Mạng thứ cấp

Nói chung, hầu hết hệ thống thứ cấp được thiết kế dưới dạng hình tia ngoại trừ đối với một vài khu vực dịch vụ đặc biệt (khu phố, khu kinh doanh, một vài khu tập kết quân sự, bệnh viện) là những nơi độ tin cậy và tính liên tục của dịch vụ quan trọng hơn rất nhiều so với chi phí và hiệu quả kinh tế. Vì thế, trong những khu vực này, các hệ thống thứ cấp có thể được thiết kế theo cấu hình dạng lưới. Mạng thứ cấp được áp dụng hợp lý trong các khu vực có mật độ tải cao. Chúng có thể được chôn ngầm trong lòng đất. Mạng thứ cấp trên sẽ không hiệu quả về mặt kinh tế hơn so với mạng ngầm trong các khu vực có mật độ phụ tải trung bình. Tuy nhiên, mạng thứ cấp ngầm cung cấp dịch vụ có độ tin cậy cao hơn.

Hình 1.51 trình bày sơ đồ đơn tuyến của một phần nhỏ trong mạng thứ cấp được cung cấp bởi ba tuyến sơ cấp. Tổng quát, hệ thống mạng điện thế thấp loại lưới thường dùng được cung cấp các biến thế mạng bởi hai hoặc nhiều tuyến sơ cấp để tạo nên độ tin cậy cao hơn. Thông thường các tuyến dạng hình tia. Tuy nhiên, các tuyến sơ cấp dạng vòng cũng có thể được dùng. Các tuyến nguồn sơ cấp được đấu đan xen nhau tránh việc cung cấp đến bất kỳ hai biến thế kề nhau từ cùng một phát tuyến. Nhờ vào sự sắp xếp này, nếu phát tuyến sơ cấp ngừng hoạt động vì một lý do nào đó, các phát tuyến còn lại có thể cung cấp mà không bị quá tải và không bị sụt áp quá mức. Mức điện thế tuyến sơ cấp nằm trong khoảng 4,16 – 34,5 kV. Tuy nhiên, có khuynh hướng thiên về việc sử dụng điện thế tuyến sơ cấp cao hơn. Hiện nay, loại 22 kV là phổ biến. Mạng thứ cấp phải được thiết kế sao cho phép ít nhất một trong những tuyến sơ cấp dùng làm dự trữ cùng với các biến thế của nó. Để đạt được phân bố tải đều giữa các biến thế và độ sụt áp tối thiểu trong mạng, các biến thế phân phối mạng phải được đặt xuyên suốt mạng thứ cấp.



**Hình 1.51.** Sơ đồ đơn tuyến của một phần nhỏ của mạng thứ cấp



### a. Tuyến dây chính trên mạng thứ cấp

Cỡ dây và sự phân bố hợp lý của tuyến dây chính trên mạng thứ cấp cần phải thoả mãn:

- Sự phân chia hợp lý của tải bình thường giữa các biến thế mạng.
- Sự phân chia hợp lý của dòng điện khi có sự cố giữa các biến thế mạng.
- Độ ổn định điện áp tốt cho mọi khách hàng.
- Cắt sự cố ngắn mạch hay chạm đất tại bất kỳ điểm nào mà không gián đoạn cung cấp điện.

Tất cả các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp (trên không hay cáp ngầm) được đi dọc theo đường và là loại 3 pha, bốn dây, nối sao cho dây trung tính tiếp đất một cách chắc chắn. Trong mạng điện ngầm, các tuyến dây chính mạng thứ cấp thường gồm các dây cáp đơn có thể được bọc bằng kim loại hay không kim loại. Các dây cáp phụ thường có vỏ bọc nhựa phân cách, nhưng dây cáp PE hiện đang được dùng rộng rãi. Chúng được lắp đặt trong các ống dẫn hay trong hầm cáp. Các hầm cáp tại các ngã tư đường phải đủ lớn để cho phép nối kết các loại cáp khác nhau và cho phép các dịch vụ sửa chữa cần thiết của thợ điện.

Mặt khác, các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp ở trên không thường là dây có bọc, không bị ảnh hưởng do thời tiết. Kích thước của các dây dẫn tùy thuộc vào định mức biến thế mạng. Đối với các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp dạng lưới, kích thước tối thiểu của dây dẫn phải đảm bảo tải 60% dòng đầy tải đến biến thế mạng lớn nhất. Tỷ lệ này sẽ nhỏ hơn nhiều đối với các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp ngầm. Kích thước cáp thường được sử dụng nhiều nhất cho các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp là 4/0 hay 250 kcmil ( $21,2 \text{ mm}^2$ ) và một độ mở rộng nhất định, 350 và 500 kcmil ( $42,4 \text{ mm}^2$ ). Việc lựa chọn kích thước cáp của các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp cũng cần xét đến điện áp rơi cho phép trên dây dẫn vùng phân phối. Mạng phân phối thứ cấp được thiết kế với độ sụt áp 6% từ máy biến áp đến hộ tiêu thụ xa nhất, để đảm bảo độ dao động điện áp  $\pm 6\%$  so với định mức.

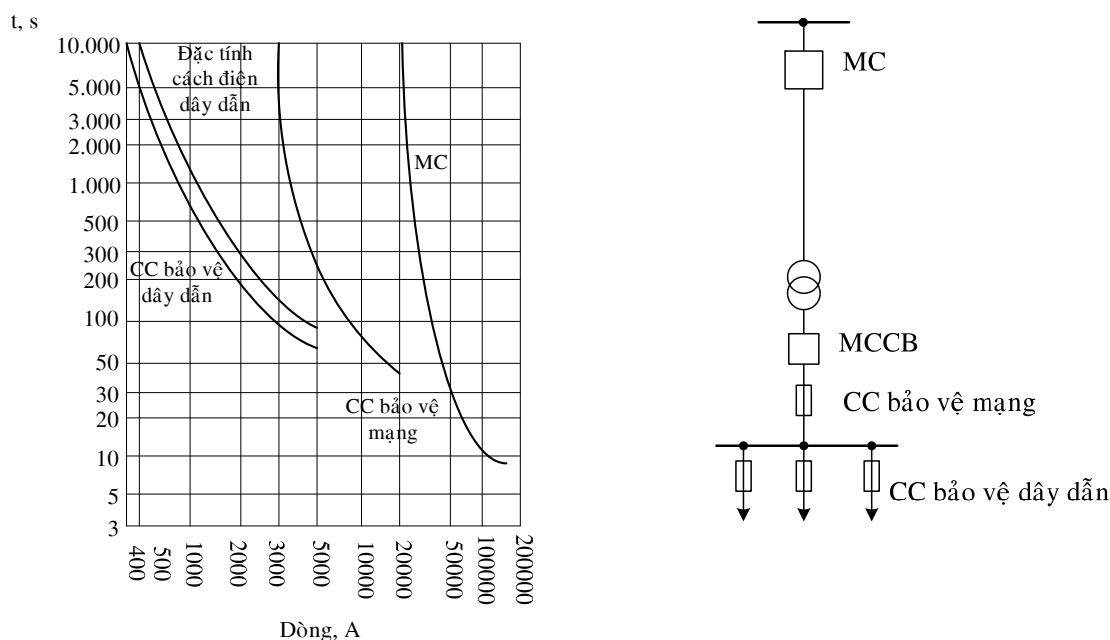
### b. Cầu chì hạn dòng bảo vệ dây dẫn, cáp

Để cắt nhanh những sự cố và bảo vệ dây dẫn/cáp, người ta dùng bộ cầu chì hạn dòng. Bộ này là một cầu chì khả năng cắt cao được đặt trên mỗi pha của các tuyến dây chính trên mạng thứ cấp tại mỗi điểm chuyển tiếp. Độ nhạy cầu chì hay các đặc tính về thời gian - dòng điện được thiết kế nhằm cho phép dòng tải bình thường đi qua mà không bị chảy nhưng lại cắt nhanh loại trừ đoạn dây chính bị sự cố trước khi vỏ bọc cáp bị hư hỏng do nhiệt tạo ra bởi dòng điện sự cố. Sự cố được cắt nhanh nhờ các cầu chì hạn dòng này trước khi cầu chì mạng lưới nổ. Vì thế, các đặc tính thời gian - dòng điện của cầu chì này phải được phối hợp với các đặc tính về thời gian - dòng điện của các thiết bị bảo vệ mạng và các đặc tính về hư hại vỏ bọc của cáp.

### c. Thiết bị bảo vệ mạng

Như trong Hình 1.52, biến thế mạng được nối với mạng thứ cấp qua một thiết bị bảo vệ mạng (MCCB, MCB, ..., và cầu chì dự phòng) bao gồm một máy cắt không khí với bộ phận đóng mở bằng cơ khí được điều khiển bởi một rơle chính và cầu chì bảo vệ dự phòng. Tất cả chúng được đặt chung trong một hộp kim loại và có thể gắn trên biến thế hay gắn tách rời. Cầu chì cho phép bảo vệ dự phòng là ngắt biến thế mạng ra khỏi mạng nếu MCCB bị hư không hoạt động khi có sự cố.

Mỗi mạng có cầu chì dự phòng, mỗi một cầu chì cho một pha. Những cầu chì này cho phép bảo vệ dự phòng đối với biến thế mạng nếu các MCCB bị hư không hoạt động. Hình 1.52 minh họa một sự phối hợp của các bảo vệ mạng thứ cấp. Sự điều phối này đạt được bởi việc lựa chọn hợp lý thời gian trì hoãn cho các thiết bị bảo vệ đặt nối tiếp. Ví dụ, trong trường hợp sự cố xảy ra trong đường dây chính thứ cấp, chỉ các cầu chì bảo vệ dây dẫn liên quan cô lập sự cố, còn trong trường hợp có sự cố bên trong biến thế, máy cắt trạm sẽ ngắt.



**Hình 1.52.** Sự phối hợp hoàn hảo của các thiết bị bảo vệ mạng thứ cấp

#### 1.4.4. Biến thế mạng

Trong mạng thứ cấp ngoài trời, biến thế có thể được gắn trên cột hay trên sàn tùy thuộc vào kích thước của chúng. Ví dụ loại nhỏ (75 hay 150 kVA) có thể gắn trên cột điện, còn loại lớn hơn (300 kVA) được gắn trên sàn. Các biến thế có thể là 1 pha hay 3 pha.

Trong mạng thứ cấp ngầm, biến thế được đặt trong các hầm. Máy biến thế phân phối thường được trang bị bộ điều chỉnh không tải để chỉnh điện áp theo yêu cầu. Mức điều chỉnh bộ điện áp khoảng  $\pm 10\%$ .

- Hệ số sử dụng biến thế

Định nghĩa hệ số sử dụng biến thế là tỉ lệ giữa biến thế mạng được lắp đặt với tải. Có nghĩa là:

$$\text{Hệ số sử dụng} = \frac{\sum S_T}{\sum S_L}$$

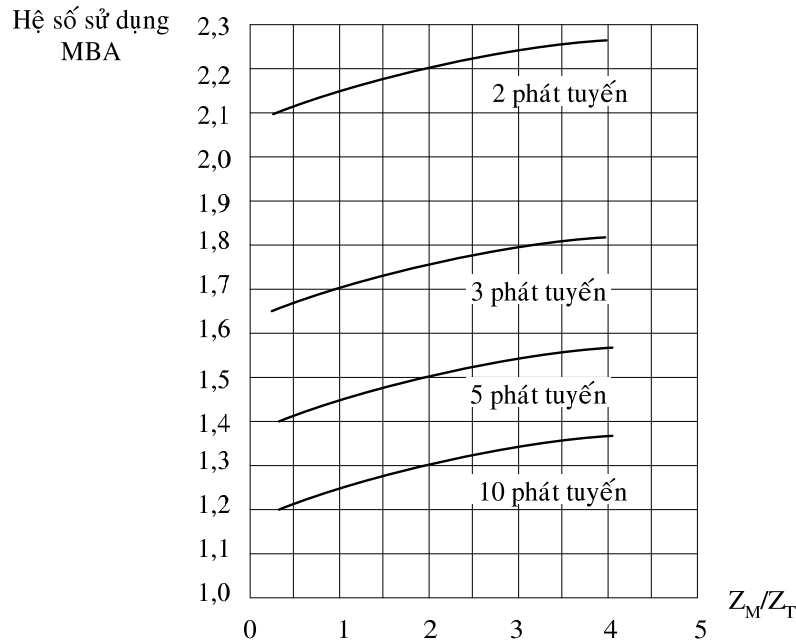
với:  $\sum S_T$  - tổng công suất biến thế mạng.

$\sum S_L$  - tổng tải mạng thứ cấp.

Hệ số sử dụng dựa trên sự cố đơn nghĩa là khi có một trong các phát tuyến bị cắt ra. Hệ số sử dụng phụ thuộc:

- Số phát tuyến được dùng.
- Tỉ lệ  $Z_M/Z_T$ , với  $Z_M$  là trở kháng của mỗi phân đoạn của dây chính thứ cấp và  $Z_T$  là trở kháng của biến thế mạng thứ cấp.

- Mức độ phụ tải phân bố không đều giữa các biến thế mạng trong trường hợp xảy ra sự cố đơn.



**Hình 1.53.** Hệ số sử dụng máy biến thế theo tỉ lệ  $Z_M/Z_T$  và số nhánh sử dụng.

Hình 1.53 thể hiện các lô của các hệ số ứng dụng biến thế theo tỉ số  $Z_M/Z_T$  đối với số tuyến nguồn khác nhau. Với số tuyến nguồn được cho và tỉ lệ  $Z_M/Z_T$  được cho, công suất yêu cầu của các biến thế mạng nhằm cung cấp cho một tải được cho sẽ được tìm thấy bằng cách sử dụng Hình 1.53.

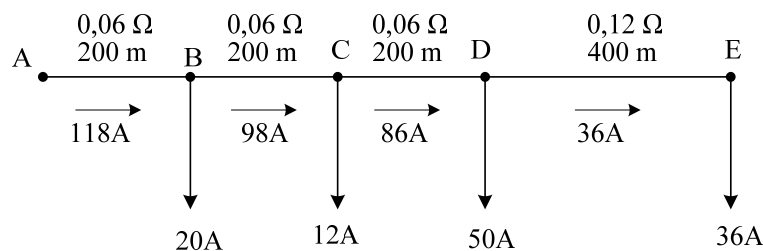
#### 1.4.5. Độ sụt áp trong hệ thống phân phối một pha

Điện áp ở tải tại các điểm khác nhau trên mạch phân phối điện xoay chiều đơn pha có thể được tìm từ điện trở cũng như trở kháng dây dẫn. Nếu  $I$  là dòng điện với hệ số công suất  $\cos\varphi$  tại một điểm tải cụ thể và  $R$  là điện trở,  $X$  là trở kháng của dây dẫn, khoảng điện áp rơi sẽ là  $(IR \cos\varphi + IX \sin\varphi)(V)$ . Vì thế, điện áp rơi gồm hai số hạng. Điều đó được minh họa bằng ví dụ sau:

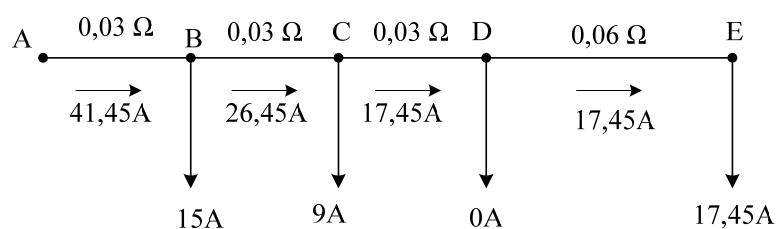
##### Ví dụ 1.18.

Cấp hai lõi có điện trở là  $0,3 \Omega/\text{km}$  và trở kháng là  $0,15 \Omega/\text{km}$  mang tải như Hình 2.54. Tìm điện áp tại các điểm cung cấp cho tải.

Chiều dài của đường dây 1 km, chiều dài mỗi đoạn và điện trở của mỗi đoạn cho ở hình 2.54. Tải tại các điểm B, C, D và E lần lượt là 25 A ở  $\cos\varphi = 0,8$ , 15A ở  $\cos\varphi = 0,8$ , 50A ở  $\cos\varphi = 1$ , 40A ở  $\cos\varphi = 0,9$ . Điện áp tại điểm cung cấp A được duy trì ở 240 V.



- Phân bố thành phần tác dụng của dòng điện qua điện trở.



b. Phân bố thành phần tác dụng của dòng điện qua cảm kháng.

**Hình 1.54**

**Giải:**

Các thành phần tác động và phản kháng của dòng tải như sau:

$$I_B \cos \varphi = 25.0,8 = 20 \text{ A}; \quad I_B \sin \varphi = 25.0,6 = 15 \text{ A}$$

$$I_C \cos \varphi = 15.0,8 = 12 \text{ A}; \quad I_C \sin \varphi = 15.0,6 = 9 \text{ A}$$

$$I_D \cos \varphi = 50.1,0 = 50 \text{ A}; \quad I_B \sin \varphi = 50.0 = 0 \text{ A}$$

$$I_E \cos \varphi = 40.0,9 = 36 \text{ A}; \quad I_E \sin \varphi = 40.0,435 = 17,45 \text{ A}$$

Thành phần sụt áp do điện trở:

Đoạn	Dòng	Điện áp rơi	Điện áp rơi tới điểm
AB	118 A	$118 \times 0,06 = 7,08\text{V}$	B: 7,08 V
BC	98 A	$98 \times 0,06 = 5,88\text{V}$	C: 12,96 V
CD	86 A	$86 \times 0,06 = 5,16\text{V}$	D: 18,12 V
DE	36 A	$36 \times 0,12 = 4,32\text{V}$	E: 22,44 V

Thành phần sụt áp do kháng trở:

Đoạn	Dòng	Điện áp rơi	Điện áp rơi tới điểm
AB	41,45A	$41,45 \times 0,03 = 1,42\text{V}$	B: 1,24 V
BC	26,45A	$26,45 \times 0,03 = 0,80\text{V}$	C: 2,04 V
CD	17,45A	$17,45 \times 0,03 = 0,52\text{V}$	D: 2,56 V
DE	17,45A	$17,45 \times 0,06 = 1,05\text{V}$	E: 3,61 V

Nhận thấy thành phần sụt áp do kháng trở khá nhỏ hơn so với thành phần điện trở.

Suy ra điện áp tại các điểm nút:

$$V_A = 240 \text{ V}$$

$$V_B = 240 \text{ V} - (7,08 + 1,24) = 231,68 \text{ V}$$

$$V_C = 240 \text{ V} - (12,96 + 2,04) = 225 \text{ V}$$

$$V_D = 240 \text{ V} - (18,12 + 2,56) = 219,32 \text{ V}$$

$$V_E = 240 \text{ V} - (22,44 + 3,61) = 213,95 \text{ V}$$

#### 1.4.6. Dòng điện phân phối và điện áp rơi trong hệ thống phân phối 3 pha 4 dây

Trong hệ thống 3 pha 4 dây, tải động cơ và tải 3 pha cân bằng được cung cấp từ đường dây 3 pha, trong khi tải 1 pha được phân bố giữa dây pha và dây trung tính. Các nối kết các tải dọc theo chiều dài cung cấp sao cho đạt được sự cân bằng có thể được trên các pha và khi đó dòng qua dây trung tính được giảm đến mức tối thiểu, vì dòng điện qua dây trung tính chỉ xuất hiện khi tải không cân bằng. Cỡ của dây chính được chọn nhằm mang dòng tải cần thiết qua dây dẫn trong giới hạn độ sụt áp cho phép, cỡ của dây dẫn trung tính thường được lấy bằng  $\frac{1}{2}$  cỡ dây dẫn pha.

Ví dụ sau minh họa phương pháp để tìm ra dòng điện chính trong mỗi dây dẫn chính và qua dây dẫn trung tính ở hệ thống 3 pha 4 dây.

**Ví dụ 1.19.**

Các tải sau đây được nối đến hệ thống phân phối 3 pha 4 dây 400/230 V

1. Một tải 16 kW 3 pha, hệ số công suất 0,8 trễ.
2. Một tải 10 kW 3 pha, hệ số công suất 1.
3. Một tải 2 kW 1 pha, hệ số công suất 0,9 trễ giữa pha A và trung tính.
4. Một tải 3 kW 1 pha, hệ số công suất 0,8 trễ giữa pha B và trung tính.
5. Một tải 5 kW 1 pha, hệ số công suất 1 trễ giữa pha C và trung tính.

Thứ tự pha của hệ thống là A, B, C. Tính toán dòng trên mỗi dây và dòng trên dây trung tính. Vẽ đồ thị vectơ.

**Giải:**

- Dòng tải qua dây dẫn pha A:

1. Tải 3 pha, 16 kW,  $\cos \varphi = 0,8$  trễ:

$$\frac{16 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,8} = 28,7(0,8 - j0,6) = 23,10 - j17,3 \text{ A}$$

2. Tải 3 pha, 10 kW,  $\cos \varphi = 1$ :  $\frac{10 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 14,45 + j0 \text{ A}$

3. Tải 1 pha, 2 kW,  $\cos \varphi = 0,9$  trễ:  $\frac{2 \times 1000}{230 \times 0,9} = 9,65(0,9 - j0,436) = 8,68 - j4,2 \text{ A}$

Tổng dòng điện qua pha A:  $I_A = 46,23 - j21,5 = 51 \angle -25^\circ \text{ A}$

- Dòng tải trên pha dây dẫn B

1. Tương ứng với tải 3 pha, 16 kW:  $28,7(0,8 - j0,6) = 23,10 - j17,3 \text{ A}$

2. Tương ứng với tải 3 pha, 10 kW:  $14,45 + j0 \text{ A}$

3. Tương ứng với tải 1 pha B:  $\frac{3 \times 1000}{230 \times 0,8} = 16,3(0,8 + j0,6) = 13,00 + j9,8 \text{ A}$

Tổng dòng điện qua pha B:

$$I_B = 50,55 - j7,5 = 51 \angle -8,6^\circ \text{ A (với pha B làm chuẩn)}$$

Nếu pha A được lấy làm chuẩn:

$$I_B = -32 - j39,7 = 51 \angle -128,6^\circ \text{ A}$$

- Dòng tải trên pha dây dẫn C

1. Tương ứng với tải 3 pha, 16 kW:  $28,7(0,8 - j0,6) = 23,10 - j17,3 \text{ A}$

2. Tương ứng với tải 3 pha, 10 kW:  $14,45 + j0 \text{ A}$

3. Tương ứng với tải 1 pha C:  $\frac{5000}{230} = 21,7 + j0 \text{ A}$

Tổng dòng điện qua pha C:

$$I_C = 61,7 \angle -16,3^\circ \text{ A (với pha C làm}$$

chuẩn)

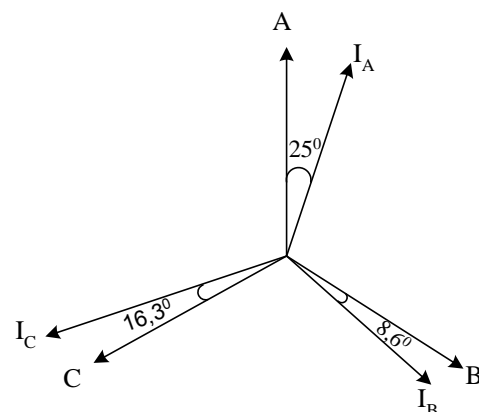
Nếu pha A được lấy làm chuẩn:

$$I_C = -14,60 - j60 = 61,7 \angle 256,3^\circ \text{ A}$$

Hình 1.55 biểu diễn mối liên hệ vị trí các dòng qua các pha A, B, C.

Dòng điện trong dây trung tính:

$$-I_N = I_A + I_B + I_C = (46,23 - j21,5) + (-32 + j39,7) + (-14,6 + j60)$$



**Hình 1.55.** Giản đồ vectơ

$$-I_N = -0,37 - j1,2 \text{ hay } I_N = 0,37 + j1,2 = 1,25 \angle 72,9^\circ \text{ A}$$

#### 1.4.7. Điều chỉnh điện áp

Các phương pháp điều chỉnh điện áp trong hệ thống phân phối:

- Nấc phân áp trên máy biến áp 2, 5, 7% là các mức thường dùng.
- Bộ điều chỉnh cảm ứng tự động.
- Boosters (bộ tăng điện áp nguồn)
- Chuyển nấc tự động và Boosters.
- Tụ bù.

Điều chỉnh điện áp bằng Boosters tự động rẻ hơn loại điều chỉnh cảm ứng tự động và áp dụng hợp lý trong vùng có mật độ tải thấp, nhất là đường dây dẫn dài hoặc đường dây dẫn về nông thôn.

Đầu phân áp điều áp dưới tải được dùng với máy biến áp phân phối lớn và máy biến áp trong trạm để điều khiển điện áp trên thanh cái hoặc trên các phát tuyến.

Để vận hành thích đáng, sự làm việc của các bộ điều chỉnh điện áp trong mạch phân phối phải phối hợp nhau với hệ thống thiết kế và bộ chỉnh điện áp được chỉnh định để có được hiệu quả tốt nhất.

Hệ thống phân phối có thể được thiết kế với các giới hạn sau:

- Điện áp rơi 8% giữa phía sơ cấp của máy biến áp đầu tiên và đầu thứ cấp của máy biến áp cuối phía thứ cấp khi tải cực đại trên toàn mạch và tải cực đại ở phía sơ cấp của máy biến áp cuối.
- Bộ điều chỉnh điện áp được chỉnh định để tạo ra được điện áp tại phía sơ cấp của máy biến đầu khoảng 4% cao hơn điện áp bình thường.
- Khi bộ điều khiển tự động được dùng cho hệ thống phân phối thì rơle của bộ bù sụt áp đường dây được chỉnh định ở mức điện áp chuẩn cần được duy trì.

Chỉnh nấc phân áp trong máy biến áp cần lưu ý đến điện áp ở các thanh cái không được điều chỉnh trên phát tuyến.

- Điện áp lớn nhất tại thanh cái không được điều chỉnh quá cao để bộ điều áp có thể hạ thấp điện áp đến trị số mong muốn lúc tải cực tiểu đối với mạch có sụt áp ít nhất.
- Điện áp thấp nhất tại thanh cái không được điều chỉnh quá thấp để bộ điều áp có thể nâng điện áp lên trị số mong muốn lúc tải cực đại đối với mạch có sụt áp lớn nhất.
- Tâm điều chỉnh của máy điều áp phải bằng nhau về cả hai phía tăng áp và giảm áp.

Tụ bù có thể được dùng trong hệ thống phân phối để cải thiện điện áp cho hệ thống. Tụ bù ngang, mắc song song với phụ tải và đóng theo tải (bù ứng động) sẽ làm giảm điện áp rơi trên hệ thống phân phối và do đó giúp cho việc điều chỉnh điện áp tốt nhất. Nếu phụ tải không thay đổi nhiều, việc điều chỉnh điện áp bằng tụ bù ngang cố định sẽ có hiệu quả hơn.

Tụ bù được lắp trên hệ thống phân phối làm giảm dòng điện và cải thiện điện áp hệ thống và làm giảm tổn thất điện năng trong các phần khác của hệ thống giữa máy phát và tụ bù. Ví dụ sau đây minh họa cách dùng tụ bù để cải thiện điện áp của hệ thống, cũng như nâng cao hệ số công suất của hệ thống.

**Ví dụ 1.20.**

Nguồn điện 1910/3300 V được nối đến thanh cái phân phối có phụ tải đỉnh ứng với dòng 150A, hệ số công suất 80% trễ. Đường dây có điện trở  $0,8 \Omega/\text{km}$  và điện kháng  $1,4 \Omega/\text{km}$ . Tụ được dùng để tăng hệ số công suất cho hệ thống.

- Tìm dung lượng công suất của tụ điện đặt tại tâm tải để nâng hệ số công suất cho thanh cái lúc phụ tải đỉnh từ 80% đến 90% trễ.
- Tìm dung lượng của đường dây và dòng điện trên dây.
- Điện áp rơi trước và sau khi lắp đặt tụ tìm ở bước thứ nhất.

**Giải:**

$$\text{Công suất tại dòng tải cực đại: } 3 \times 1910 \times \frac{150}{1000} = 860 \text{ kVA}$$

Khi  $\cos \varphi = 0,8$  và  $\sin \varphi = 0,6$

$$\text{Công suất: } kW = kVA \times 0,8 = 860 \times 0,8 = 688 \text{ kW}$$

$$kVar = kVA \times 0,6 = 860 \times 0,6 = 516 \text{ kVar}$$

Khi  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $\sin \varphi = 0,435$  và  $tg \varphi = 0,4834$

$$\text{Công suất: } kVar(\text{tại } \cos \varphi = 0,9) = kW \times tg \varphi = 688 \times 0,4834 = 332 \text{ kVar}$$

Khi dung lượng của hệ thống được nâng lên từ  $\cos \varphi = 0,8$  đến  $\cos \varphi = 0,9$  như yêu cầu là:  $516 - 332 = 184 \text{ kVar}$

$$\text{Thành phần thực của dòng điện: } 150 \times 0,8 = 120 \text{ A}$$

$$\text{Dòng điện cực đại khi } \cos \varphi = 0,9: \frac{120}{0,9} = 135 \text{ A}$$

$$\text{Công suất biểu kiến của đường dây (tại } \cos \varphi = 0,9): \frac{kW}{0,9} = \frac{688}{0,9} = 765 \text{ kVA}$$

$$\text{Dòng điện giảm xuống: } 150 - 135 = 15 \text{ A}$$

$$\text{Công suất giảm được: } 860 - 765 = 95 \text{ kVA}$$

$$\text{Điện áp rơi trên 1 pha: } I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) = 150(0,8 \times 0,8 + 1,4 \times 0,6) = 222 \text{ V}$$

$$\text{Do đó điện áp rơi \% trên một pha: } \frac{222}{1910} \times 100\% = 11,62\% \text{ khi chưa có tụ.}$$

$$\text{Sau khi lắp đặt tụ điện, điện áp rơi: } 135(0,8 \times 0,9 + 1,4 \times 0,435) = 180 \text{ V}$$

$$\text{Do đó điện áp rơi \% trên một pha: } \frac{180}{1910} \times 100\% = 9,42\%$$

$$\text{Điện áp rơi giảm được: } 222 - 180 = 42 \text{ V}$$

$$\text{Tính theo \%: } \frac{42}{1910} \times 100\% = 2,2\%$$

Điều trên cho ta thấy được rằng khi lắp đặt dung lượng bù thì hệ số công suất được tăng lên, giảm dòng điện qua dây dẫn, giảm công suất yêu cầu và điện áp rơi cũng giảm. Vì thế, sẽ cải thiện được điện áp.

## Chương 2

# THIẾT KẾ MẠNG PHÂN PHỐI ĐIỆN CHO KHU CÔNG NGHIỆP

### 2.1. PHÂN TÍCH NGUỒN VÀ PHỤ TẢI

#### 2.1.1. Phân tích nguồn

Trong hệ thống cung cấp điện, nguồn điện có quan hệ mật thiết với phụ tải, cấp điện áp, sơ đồ cung cấp điện, bảo vệ tự động hoá và chế độ vận hành. Do vậy, phải xem xét toàn diện khi xác định nguồn điện. Khi có nhiều phương án, việc chọn nguồn điện phải dựa trên cơ sở tính toán và so sánh kinh tế - kỹ thuật.

Nguồn điện cung cấp cho khu công nghiệp có thể là nhà máy phát điện lân cận, trạm phát Diezen, thanh góp của hệ thống điện, trạm biến áp khu vực, trạm biến áp trung gian hoặc các trạm phân phối.

#### 2.1.2. Phân tích phụ tải

Việc phân tích phụ tải chủ yếu là để nắm vững vị trí của phụ tải, tính chất của phụ tải (loại sản phẩm, sản lượng hàng năm), nắm vững nhu cầu điện, yêu cầu liên tục cung cấp điện, các yêu cầu về an toàn, kế hoạch phát triển trong tương lai, ... nhằm mục đích đề ra các phương án cung cấp điện hợp lý thoả các yêu cầu của phụ tải.

##### a. Phân loại phụ tải

- Theo ngành nghề
  - Phụ tải công nghiệp: đây là các nhà máy hoặc xí nghiệp có tải chủ yếu là động cơ không đồng bộ.
  - Phụ tải kinh doanh và dân dụng: đặc điểm của phụ tải này phần lớn là phụ tải chiếu sáng.
- Theo chế độ làm việc
  - Chế độ làm việc dài hạn: phụ tải được gọi là làm việc ở chế độ dài hạn khi trong thời gian làm việc, nhiệt độ của thiết bị từ nhiệt độ môi trường xung quanh đã đạt đến nhiệt độ ổn định.
  - Chế độ làm việc ngắn hạn: phụ tải gọi là làm việc ở chế độ ngắn hạn khi trong thời gian làm việc, nhiệt độ của thiết bị tăng từ nhiệt độ môi trường xung quanh nhưng chưa đạt đến nhiệt độ ổn định và trong thời gian nghỉ nhiệt độ giảm xuống bằng nhiệt độ môi trường.
  - Chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại

Đây chính là phụ tải mà thời gian làm việc và thời gian nghỉ xen kẽ lẫn nhau. Trong khoảng thời gian làm việc, nhiệt độ của thiết bị chưa đạt đến nhiệt độ ổn định và thời gian nghỉ nhiệt độ thiết bị chưa giảm đến nhiệt độ môi trường xung quanh.

- Theo độ tin cậy cung cấp điện, phụ tải có thể chia thành các loại sau.
  - Hộ loại 1: Bao gồm những phụ tải rất quan trọng không được để mất điện, nếu xảy ra mất điện sẽ gây hậu quả nghiêm trọng.

- Làm mất an ninh chính trị, mất trật tự xã hội. Đó là sân bay, hải cảng, khu quân sự, các đại sứ quán, nhà ga, trục giao thông chính trong thành phố, ...



- Làm thiệt hại lớn đến nền kinh tế quốc dân. Đó là khu công nghiệp, khu chế xuất, dầu khí, luyện kim, nhà máy cơ khí lớn, trạm bơm nông nghiệp lớn, ... Những hộ này đóng vai

trò quan trọng trong nền kinh tế quốc dân.

- Làm nguy hại đến tính mạng con người.

Vì phải đảm bảo liên tục cung cấp điện ở mức độ cao, nên các đường dây cấp điện phải bố trí độc lập nhau, đảm bảo cung cấp điện đầy đủ và liên tục cho các phụ tải.

- Hộ loại 2: Bao gồm các xí nghiệp chế tạo hàng tiêu dùng (như xe đạp, vòng bi, bánh kẹo, đồ nhựa, đồ chơi trẻ em, ...) và thương mại, dịch vụ (khách sạn, siêu thị, trung tâm thương mại lớn, ...). Với những hộ này, nếu mất điện sẽ bị thiệt hại về kinh tế như dẫn công, gây thứ phẩm, phế phẩm, phá vỡ hợp đồng cung cấp nguyên liệu hoặc sản phẩm cho khách hàng, làm giảm sút doanh số và lãi xuất, ... Vì vậy, mức bảo đảm an toàn và liên tục cung cấp điện ở đây cần phải so sánh về kinh tế để quyết định phương án cung cấp điện.
- Hộ loại 3: Bao gồm những phụ tải không quan trọng, nghĩa là những phụ tải mà việc mất điện không gây ra những hậu quả phá hoại nghiêm trọng. Đối với hộ loại 3 việc ngừng cung cấp điện cho phép tiến hành sửa chữa và loại sự cố ra hệ thống điện.

### b. Xác định phụ tải tác dụng tính toán

Xác định phụ tải tính toán hiện nay có nhiều phương pháp. Những phương pháp đơn giản tính toán thuận tiện thường cho sai số lớn, ngược lại nếu độ chính xác cao thì phương pháp phức tạp. Vì vậy, tùy theo giai đoạn thiết kế, tùy theo yêu cầu cụ thể mà chọn phương pháp thích hợp.

Phụ tải tác dụng tính toán có thể xác định theo các phương pháp sau:

- Xác định phụ tải tính toán theo công suất đặt P<sub>đ</sub> và hệ số nhu cầu K<sub>nc</sub>

Công thức tính:

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1}^n P_{đmi}$$

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan \varphi$$

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

Ở đây:

P<sub>đmi</sub> : công suất định mức của thiết bị thứ i, kW;

P<sub>tt</sub>, Q<sub>tt</sub>, S<sub>tt</sub> : công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất toàn phần của nhóm thiết bị, kW, kVAr, kVA;

k<sub>nc</sub> : hệ số nhu cầu (tra ở sổ tay);

n : số thiết bị trong nhóm.

Nếu hệ số công suất ( $\cos \varphi$ ) của thiết bị trong nhóm không giống nhau ta phải tính hệ số công suất trung bình theo công thức:

$$\cos \varphi_{tb} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + \dots + P_n \cos \varphi_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, tính toán thuận tiện, vì thế nó được sử dụng rộng rãi, nhưng nhược điểm của phương pháp này là kém chính xác.

- Theo suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm

Đối với các hộ tiêu thụ có đồ thị phụ tải thực tế không thay đổi hay ít thay đổi (quạt gió, bơm nước, máy nén khí, thiết bị điện phân, ...). Phụ tải tính toán bằng phụ tải trung bình và được xác định theo suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm khi cho trước tổng sản phẩm sản xuất trong một năm.

$$P_{tt} = \frac{W \cdot N}{T_{max}}$$

Ở đây:

W : suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm, kW.h/đvsp;

N : số lượng sản phẩm trong một năm;

T<sub>max</sub> : thời gian sử dụng công suất cực đại, h.

Dựa trên kết quả phân tích tình hình vận hành của hệ thống trong một giai đoạn nhất định, xác định được thời gian sử dụng phụ tải lớn nhất của từng loại hộ tiêu thụ như sau:

**Bảng 2.1.** Thời gian tiêu thụ công suất cực đại.

Loại hộ dùng điện	T <sub>max</sub> (giờ/năm)
Phụ tải sinh hoạt của thành phố và khu công nhân	2000÷3000
Các xí nghiệp công nghiệp làm việc theo 1 ca	1500÷2200
Các xí nghiệp công nghiệp làm việc theo 2 ca	3000÷4500
Các xí nghiệp công nghiệp làm việc theo 3 ca	5000÷7000

Hoặc dựa vào đồ thị phụ tải, xác định theo biểu thức:

$$T_{max} = \frac{\sum P_i t_i}{P_{max}}, \text{ h}$$

- Theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất

$$P_{tt} = p_0 F$$

Ở đây:

F - diện tích sản xuất, m<sup>2</sup>;

p<sub>0</sub> - suất phụ tải trên một đơn vị diện tích, kW/m<sup>2</sup>.

Suất phụ tải tính toán trên một đơn vị diện tích sản xuất phụ thuộc vào dạng sản xuất và được phân tích theo số liệu thống kê.

Phương pháp này chỉ cho kết quả gần đúng. Nó được dùng để tính phụ tải các phân xưởng có mật độ máy móc sản xuất phân bố tương đối đều (phân xưởng dệt, sản xuất vòng bi, gia công cơ khí, ...).

- Xác định phụ tải tính toán theo số thiết bị điện và n<sub>hq</sub>

$$P_{tt} = k_{max} \sum_{i=1}^n k_{sdi} \cdot P_{dmi}$$

Ở đây:

P<sub>dmi</sub> - công suất định mức của thiết bị thứ i, kW;

k<sub>sdi</sub> - hệ số sử dụng của thiết bị thứ i;

k<sub>max</sub> - hệ số cực đại, k<sub>max</sub> = f(k<sub>sd</sub>, n<sub>hq</sub>).

Phương pháp này cho kết quả tương đối chính xác vì khi xác định hệ số thiết bị điện hiệu quả đã xét tới một loạt yếu tố quan trọng như ảnh hưởng của số lượng thiết bị trong

nhóm, số thiết bị có công suất lớn nhất cũng như sự khác nhau về chế độ làm việc của chúng.

**Bảng 2.2.** Hệ số sử dụng của phụ tải trong xưởng máy.

Tính chất của tải	Hệ số sử dụng
Xưởng gia công kim loại và xưởng chế tạo cơ khí	0,15÷0,3
Xưởng công nghệ hoá học	0,20÷0,4
Xưởng dệt	0,40÷0,6
Xưởng gia công gỗ	0,15÷0,3
Xưởng kỹ nghệ nhẹ và xưởng chế biến thực phẩm	0,20÷0,4

**Bảng 2.3.** Hệ số sử dụng của phụ tải thấp sáng.

Tính chất của tải	Hệ số sử dụng
Thấp sáng bên trong các toà nhà lầu lớn	0,5÷0,8
Thấp sáng trong nhà ở	0,8÷1,0
Thấp sáng ngoài trời	1

### c. Xác định phụ tải phản kháng tính toán

Để xác định phụ tải phản kháng tính toán cần xem xét các yếu tố sau:

- Căn cứ vào đường cong phụ tải phản kháng.
- Căn cứ vào hệ số sử dụng và hệ số công suất trung bình để tìm công suất phản kháng. Khi xác định phụ tải phản kháng, không nên dựa vào trị số  $\cos\varphi$  lúc phụ tải lớn nhất mà nên dựa vào trị số  $\cos\varphi$  trung bình của phụ tải trong toàn năm hoặc trong một ngày đêm.

$$\operatorname{tg}\varphi_{tb} = \frac{Q_t}{P_t}$$

Ở đây:

$Q_t$  - lượng công suất phản kháng phụ tải tiêu thụ trong thời gian  $t$ , kVAr;

$P_t$  - lượng công suất tác dụng phụ tải tiêu thụ trong thời gian  $t$ , kW.

( $t$  là thời gian một năm hay một ngày đêm)

## 2.2. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT TRONG MẠNG PHÂN PHỐI ĐIỆN

### 2.2.1. Cân bằng công suất tác dụng

Đặc điểm quan trọng nhất của quá trình sản xuất điện năng là sản xuất, truyền tải, phân phối và tiêu thụ điện năng trong hệ thống được tiến hành đồng thời, do không thể tích trữ điện năng sản xuất thành số lượng có thể lưu trữ. Vì vậy, tại mỗi thời điểm luôn có sự cân bằng giữa điện năng sản xuất ra và điện năng tiêu thụ, điều đó có nghĩa là tại mỗi thời điểm cần phải có sự cân bằng giữa công suất tác dụng và phản kháng phát ra với công suất tác dụng và công suất phản kháng tiêu thụ. Nếu sự cân bằng trên bị phá vỡ thì các chỉ tiêu chất lượng điện năng bị giảm, dẫn đến chất lượng của sản phẩm hoặc có thể dẫn đến mất ổn định hoặc làm tan rã hệ thống. Vì vậy, tại mỗi thời điểm trong các chế độ xác lập của hệ thống điện, các nhà máy điện trong hệ thống cần phải phát công suất bằng công suất tiêu thụ của các hộ tiêu thụ, kể cả tổn thất công suất trong hệ thống.

Cân bằng công suất tác dụng trong mạng phân phối được biểu diễn bằng biểu thức sau:

$$P_{HT} = P_{p\tau\Sigma}$$

$$P_{p\tau\Sigma} = m \sum P_{\max} + \sum \Delta P + P_{dt}$$

Ở đây:

$P_{HT}$  - công suất tác dụng cung cấp từ hệ thống, MW;

$P_{pt\Sigma}$  - công suất tác dụng phụ tải tổng của mạng điện có kể đến phát triển tương lai, MW;

$m$  - hệ số đồng thời xuất hiện các phụ tải cực đại;

$\sum P_{max}$  - tổng công suất tác dụng của các phụ tải ở chế độ tải cực đại, MW;

$\sum \Delta P$  - tổng tổn thất trong mạng điện (MW), khi tính sơ bộ có thể lấy:

$$\sum \Delta P = 1 \div 15\% \sum P_{max}$$

$P_{dt}$  - công suất tác dụng dự trữ cho phát triển tương lai, MW;

$$P_{dt} = 10 \div 15\% \sum P_{max}$$

Khi xác định hệ số đồng thời của một khu vực phải căn cứ vào tình hình thực tế của các hộ tiêu thụ ở đó để quyết định. Có thể tham khảo các số liệu sau.

**Bảng 2.4.** Hệ số đồng thời.

Khu vực có hai xưởng máy	$m = 1$
Khu vực từ 3 đến 4 xưởng máy	$m = 0,85$
Khu vực từ 4 đến 15 xưởng máy	$m = 0,8$
Khu vực trên 15 xưởng máy	$m = 0,75 \div 0,7$

### 2.2.2. Cân bằng công suất phản kháng

Để đảm bảo chất lượng điện áp cần thiết ở các hộ tiêu thụ trong hệ thống điện và trong các khu vực riêng biệt của nó, cần có đầy đủ công suất của các nguồn công suất phản kháng. Vì vậy, trong giai đoạn đầu của thiết kế phát triển hệ thống điện hay các mạng điện của các vùng riêng biệt, cần phải tiến hành cân bằng sơ bộ công suất phản kháng.

Phương trình cân bằng công suất phản kháng có dạng:

$$Q_{HT} + Q_b = Q_{pt\Sigma}$$

$$Q_{pt\Sigma} = m \sum Q_{max} + \sum \Delta Q_L + \sum \Delta Q_{BA} + Q_{dt}$$

Ở đây:

$Q_{HT}$  - công suất phản kháng do hệ thống cung cấp, MVar;

$Q_b$  - công suất phản kháng của các thiết bị bù, MVar;

$Q_{pt\Sigma}$  - công suất phản kháng phụ tải tổng của mạng điện có kể đến phát triển tương lai, MVar;

$m$  - hệ số đồng thời xuất hiện các phụ tải cực đại;

$\sum Q_{max}$  - tổng công suất phản kháng tiêu thụ của các phụ tải ở chế độ tải cực đại, MVar;

$\sum \Delta Q_L$  - tổng tổn thất công suất phản kháng của các đường dây trong mạng điện, MVar, khi tính sơ bộ lấy:  $\sum \Delta Q_L = 5\% \sum Q_{max}$

$\sum \Delta Q_{BA}$  - tổng tổn thất công suất phản kháng trong các trạm biến áp, MVA.

$$\sum \Delta Q_{BA} = (8 \div 12\%) \sum S_{max}$$

$$\text{hay: } \sum \Delta Q_{BA} = (15 \div 20\%) \sum Q_{max}$$

$Q_{dt}$  - công suất phản kháng dự trữ cho phát triển tương lai, MVar;

$$Q_{dt} = (5 \div 10\%) \sum Q_{\max}$$

### 2.2.3. Bù công suất phản kháng

Từ biểu thức cân bằng công suất phản kháng, tìm được trị số công suất phản kháng cần bù là  $Q_b$ . Nếu  $Q_b$  có giá trị dương thì hệ thống cần phải đặt thêm thiết bị bù. Để khỏi ảnh hưởng nhiều đến kết quả lựa chọn dây dẫn, máy biến áp, khi tính toán trong phần so sánh phương án nối dây của mạng điện, cần dự kiến bù sơ bộ dựa trên nguyên tắc: bù ưu tiên cho những hộ ở xa, có  $\cos \varphi$  thấp và bù đến  $\cos \varphi = 0,9 \div 0,95$  (không bù cao hơn nữa vì không kinh tế và ảnh hưởng không tốt đến ổn định). Còn thừa lại, bù cho những ở gần,  $\cos \varphi$  cao hơn, bù đến  $\cos \varphi = 0,85 \div 0,9$ , công suất bù cho hộ thứ  $i$  được xác định theo biểu thức:

$$Q_{bi} = Q_i - Q'_i = Q_i - P_i \operatorname{tg} \varphi'_i$$

Ở đây:

$P_i, Q_i$  : công suất tác dụng và công suất phản kháng của hộ tiêu thụ trước khi bù, [MW, MVar];

$\operatorname{tg} \varphi'_i$  : được tính theo  $\cos \varphi'_i$  của hộ thứ  $i$  sau khi bù;

$Q'_i$  : công suất phản kháng của hộ thứ  $i$  sau khi bù, MVar.

Lưu ý rằng, tổng công suất bù  $\sum Q_{bi}$  cho các hộ tiêu thụ phải bằng công suất bù sơ bộ  $Q_b$  tính theo điều kiện cân bằng công suất phản kháng đã nêu ở trên.

## 2.3. DỰ KIẾN CÁC PHƯƠNG ÁN NỐI DÂY CỦA MẠNG ĐIỆN

Vấn đề đầu tiên phải giải quyết trong việc thiết kế mạng điện là lựa chọn phương án nối dây của mạng điện. Chọn phương án nối dây tốt nhất của mạng điện là một trong những bước quan trọng nhất của thiết kế, bởi phương án nối dây tìm được phải là kết quả lao động sáng tạo của người thiết kế.

Khi chọn phương án nối dây, cần phải có những quan điểm rõ ràng về phương diện cung cấp điện tốt nhất cho các hộ tiêu thụ với hiệu quả kinh tế cao. Vì vậy, khi dự kiến các phương án nối dây cần chú ý đến tính kinh tế của chúng. Đồng thời chú ý chọn các phương án nối dây đơn giản. Các phương án nối dây phức tạp hơn được chọn trong trường hợp khi các phương án nối dây đơn giản không thoả mãn những yêu cầu về kinh tế và kỹ thuật.

Những phương án được chọn để tiến hành so sánh về kinh tế phải là những phương án thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật của mạng điện.

Những yêu cầu kỹ thuật chủ yếu đối với mạng điện là độ tin cậy và chất lượng cao của điện năng cung cấp cho các hộ tiêu thụ. Khi dự kiến phương án nối dây của mạng điện thiết kế, trước hết cần chú ý đến hai yêu cầu trên. Để thực hiện yêu cầu về độ tin cậy cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ loại I, cần đảm bảo dự phòng 100% trong mạng điện, đồng thời dự phòng được đóng tự động. Đối với các hộ tiêu thụ loại II, cho phép ngừng cung cấp điện trong thời gian cần thiết để nhân viên trực nhật đóng nguồn cung cấp dự phòng. Để cung cấp cho các hộ loại II cho phép dùng đường dây trên không, không có dự phòng khi điện áp cao. Nếu có dự phòng tập trung, cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ loại II bằng một máy biến áp được cho phép. Các hộ tiêu thụ loại III, cho phép ngừng cung cấp điện trong thời gian cần thiết để sửa chữa hay thay thế phần tử hư hỏng, nhưng không quá một ngày.

Thực tế không có một phương pháp nhất định nào để chọn phương án nối dây của mạng điện. Một sơ đồ mạng điện có thích hợp hay không là do rất nhiều yếu tố khác nhau quyết định: mức độ yêu cầu về đảm bảo liên tục cung cấp điện của các nhà máy điện, vị trí phân bố các nhà máy điện, ... Ngoài ra, còn nhiều yếu tố phụ khác cũng ảnh hưởng đến kết cấu và vạch tuyến đường dây của mạng điện như: điều kiện về địa chất, thủy văn, địa hình, ...

### 2.3.1. Công tác vạch tuyến dây

Việc lựa chọn và vạch tuyến dây là công việc khởi đầu của công tác thiết kế đường dây tải điện, nó ảnh hưởng đến việc thi công, quản lý vận hành cũng như về mặt kỹ thuật. Khi vạch phương án nối dây cần phải chú ý đến các yếu tố sau.

- a. Khi lựa chọn, vạch tuyến dây phải quan tâm đúng mức tới qui hoạch toàn diện, tình hình khí tượng, địa chất, thủy văn, nguồn cung cấp nguyên vật liệu, điều kiện thi công và quản lý vận hành hiện nay và sau này, công tác quản lý vận hành đường dây cần được chiếu cố đúng mức, vì khi xảy ra mất điện phải xử lý rất nhanh, tránh thiệt hại cho sản xuất, ...
- b. Tuy rằng phải kết hợp nhiều mặt qui hoạch tương lai tránh các khu dân cư, địa hình phức tạp, ... nhưng phải quán triệt ý thức kinh tế và kỹ thuật để lựa chọn chiều dài các tuyến (so với đường sắt và quốc lộ, chiều dài của tuyến đường dây ngắn hơn từ 5% -10% là hợp lý) và số lượng góc rẽ trên tuyến không quá nhiều.
- c. Định các vị trí vượt như: qua sông lớn, đường sắt và quốc lộ, đường dây điện áp thấp, đường dây thông tin quan trọng phải chú ý vận hành an toàn. Nhất là vượt sông lớn phải chú ý đầy đủ vấn đề đất đai, khí hậu, nước lũ, thuyền bè qua lại.
- d. Trước khi vạch tuyến dây chính thức cần lưu ý đến các bước công tác kỹ thuật là cột móng, vị trí vượt, ... để tránh khi thi công phải điều chỉnh tuyến do điều kiện thực tế bắt buộc.
- e. Cần chú ý đến chính sách ruộng đất, nhà cửa, tránh do thi công hay tuyến dây đi qua mà phải giải tỏa nhiều nhà hay sử dụng nhiều ruộng đất canh tác.
- f. Ngoài ra, cũng cần chú ý khi tuyến dây phải đi qua vùng đồi núi sẽ gặp nhiều khó khăn như chọn khoảng vượt, loại cột, xà, tiếp địa, ... cũng như công tác quản lý vận hành sau này.
- g. Người thiết kế đường dây phải có kiến thức về khảo sát thăm dò, đo đạc để vạch tuyến phù hợp với địa hình, địa chất, khí hậu và các cấp đường giao thông.

Chính vì vậy, việc lựa chọn và vạch tuyến không hợp lý sẽ đưa đến nhiều nhược điểm, khuyết điểm gây khó khăn kéo dài cho việc vận hành sau này.

### 2.3.2. Vạch ra một số sơ đồ nối dây của mạng và phân tích ưu, khuyết điểm

Sơ đồ nối dây bất kỳ của mạng điện trong nhà, trong thành phố, mạng điện trong công xưởng hay mạng điện khu vực trên căn bản đều có thể phân thành 3 loại.

- Loại nhai quạt.
- Loại mạch vòng kín.
- Loại nối thông liên tiếp.

#### a. Loại nhai quạt

- Ưu điểm:
  - Đối với loại này, khả năng xảy ra sự cố phải cắt điện tương đối ít, vì mỗi phụ tải đều có đường dây riêng cung cấp điện, một đường dây bị sự cố không thể ảnh hưởng sang đường dây khác được.

– Khoảng cách dẫn điện tương đối gần. Do đó, nếu dây dẫn được chọn theo mật độ dòng điện kinh tế thì khối lượng tiêu hao về kim loại màu và cả mức tổn thất công suất và tổn thất điện áp đều tương đối nhỏ.

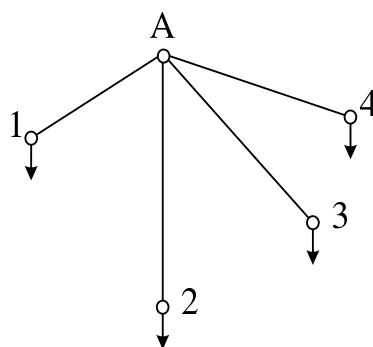
– Có nhiều khả năng sử dụng những thiết bị đơn giản, rẻ tiền ở cuối đường dây. Thiết bị bảo vệ rơle cũng đơn giản, nếu đường dây ngắn chỉ dùng bảo vệ quá dòng điện là đủ.

▪ **Khuyết điểm:**

– Nếu số hình tia nhiều thì sơ đồ trạm biến áp đầu nguồn phức tạp, tốn nhiều thiết bị nhất là máy cắt cao áp, chiếm nhiều diện tích mặt bằng.

– Nếu chọn dây theo mật độ dòng điện kinh tế, nhiều trường hợp phải tăng tiết diện để chống văng quang ánh sáng và đảm bảo sức bền cơ giới, do đó, vốn đầu tư lại tăng tuy rằng  $\Delta P$  và  $\Delta U$  có giảm hơn.

– Chi phí thăm dò, khảo sát cao.



**Hình 2.1.** Sơ đồ nối dây hình quạt.

**b. Sơ đồ nối thông liên tiếp**

▪ **Ưu điểm:**

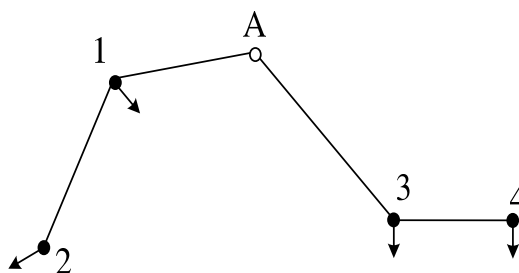
– Chiều dài toàn bộ đường dây tương đối ngắn nên vốn đầu tư xây dựng có thể ít.  
 – Việc tổ chức thi công thuận tiện vì hoạt động trên cùng một tuyến.  
 – Có thể dùng được các thiết bị đơn giản ở trạm trung gian 1 và trạm cuối 2 như dao cách ly tự động và dao ngắt mạch mà không dùng máy cắt, ...

▪ **Khuyết điểm:**

– Vì khoảng cách dây dẫn tới phụ tải 2 tương đối xa nên tổn thất điện năng cũng như tổn thất điện áp lớn.

– Mức lợi dụng kim khí màu cao, vì nó phối hợp với chống tổn thất văng quang sáng và đảm bảo sức bền cơ giới của dây dẫn.

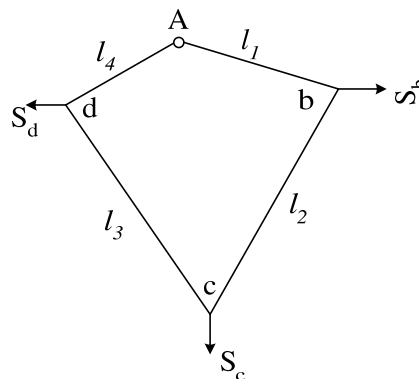
– Nếu vì một lý do nào đó kể phía cao áp phải dùng máy cắt thì số lượng máy cắt sẽ nhiều hơn và bảo vệ rơle có phức tạp hơn.



**Hình 2.2.** Sơ đồ nối thông liên tiếp

**a. Sơ đồ mạch vòng kín**

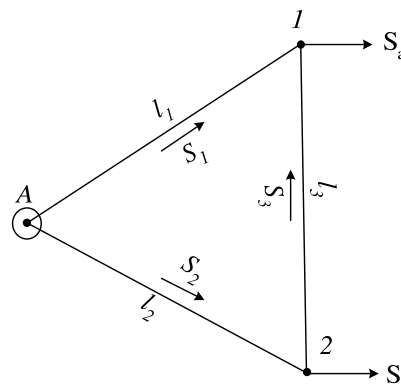
- Ưu điểm:
  - Đảm bảo liên tục cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ.
  - Mức kinh tế về mặt vận hành cao, chủ yếu là do tổn thất công suất  $\Delta P$  trong mạng kín ít hơn trong mạng hở. Trong nhiều trường hợp, vốn đầu tư xây dựng mạng điện kín bé hơn mạng điện hở có cùng một mức độ dự trữ như nhau.
  - Tính linh hoạt cao: khi phụ tải trong mạng điện kín có sự thay đổi đột biến thì ở các phụ tải trong mạng điện, điện áp biến thiên ít.
- Khuyết điểm:
  - Vận hành mạng điện kín phức tạp.
  - Bảo vệ rơle và tự động hoá mạng điện cũng phức tạp và khó khăn.

**Hình 2.3.** Sơ đồ mạch vòng kín.**2.4. TÍNH TOÁN PHÂN BỐ CÔNG SUẤT**

Mục đích của việc tính phân bố công suất là xác định dòng công suất chạy trên các đoạn lưới.

Đối với phương án hình tia: công suất trên các đoạn lưới tìm được bằng phương pháp cộng đồ thị phụ tải  $P_i(t)$  và  $Q_i(t)$ .

Đối với phương án mạch vòng:

**Hình 2.4.** Sơ đồ mạch vòng.

Đối với sơ đồ ở Hình 2.4, dòng công suất chạy trên các đoạn đường dây A1 và A2 được xác định như sau:

Nếu trong trường hợp các tiết diện dây không chênh lệch nhau nhiều thì có thể sử dụng phương pháp tính phân bố công suất theo chiều dài.

$$S_1 = \frac{S_a(l_2 + l_3) + S_b l_2}{l_1 + l_2 + l_3}$$



$$S_2 = \frac{S_b(l_1 + l_3) + S_a l_1}{l_1 + l_2 + l_3}$$

Trong trường hợp tiết diện dây của các đoạn lưới chênh lệch nhau nhiều thì phải tính phân bố công suất một cách chính xác theo biểu thức sau:

$$\dot{S}_1 = \frac{\dot{S}_a(\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3) + \dot{S}_b \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}$$

$$\dot{S}_2 = \frac{\dot{S}_b(\dot{Z}_1 + \dot{Z}_3) + \dot{S}_a \dot{Z}_1}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}$$

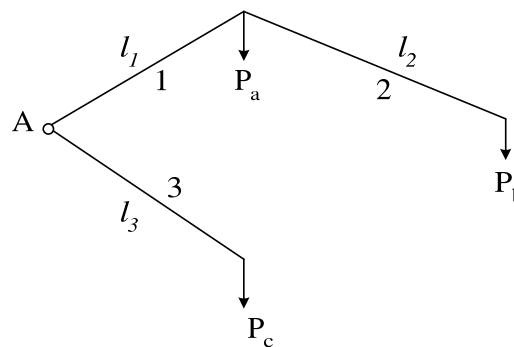
Dòng công suất chạy trên đường dây 12 được xác định trên cơ sở định luật Kirchhoff đối với nút 1 hoặc nút 2.

## 2.5. SƠ BỘ SO SÁNH CÁC PHƯƠNG ÁN VỀ KINH TẾ

Để có thể sơ bộ loại bỏ một số phương án mà không cần phải tính toán chi tiết, có thể dùng moment phụ tải  $\sum P_i l_i$  để phân tích. Mômen phụ tải  $\sum P_i l_i$  có thể nói lên được khối lượng kim loại màu sử dụng và tổn thất điện năng trong mạng điện đó. Phương án hợp lý về mặt kinh tế là phương án có  $\sum P_i l_i \rightarrow \min$ .

### a. Khối lượng kim loại màu sử dụng

Xét mạng điện như Hình 2.5.



**Hình 2.5.** Sơ đồ mạng điện

Khối lượng kim loại màu dùng cho mạng:

$$V = 3(F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3)$$

Chọn tiết diện F theo mật độ dòng điện kinh tế:

$$F_1 = \frac{I_1}{J_{ktế}} ; F_2 = \frac{I_2}{J_{ktế}} ; F_3 = \frac{I_3}{J_{ktế}}$$

Suy ra:

$$V = 3 \left( \frac{I_1 l_1}{J_{ktế}} + \frac{I_2 l_2}{J_{ktế}} + \frac{I_3 l_3}{J_{ktế}} \right)$$

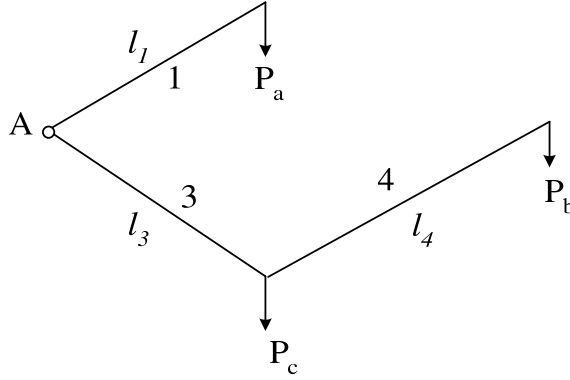
$$V = 3 \left( \frac{P_1 l_1}{\sqrt{3} U J_{ktế} \cos \varphi_1} + \frac{P_2 l_2}{\sqrt{3} U J_{ktế} \cos \varphi_2} + \frac{P_3 l_3}{\sqrt{3} U J_{ktế} \cos \varphi_3} \right)$$

Nếu  $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \cos \varphi_3 = \cos \varphi$  thì:

$$V = \frac{\sqrt{3}}{U J_{ktế} \cos \varphi} (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3)$$

$$V = a \sum P_m l_m$$

Sau đây xét mạng điện như trên với hình dáng sơ đồ thay đổi:



**Hình 2.6.** Sơ đồ mạng điện.

Khối lượng kim loại màu dùng cho mạng:

$$V' = 3(F_1'l'_1 + F_3'l'_3 + F_4'l'_4)$$

Trình tự tiến hành tương tự như trên, xác định được:

$$V' = a \sum P'_m l'_m$$

So sánh 2 phương án qua tỷ số:

$$\frac{V}{V'} = \frac{\sum P_m l_m}{\sum P'_m l'_m}$$

Từ đây, thấy rằng chỉ cần tính ra tổng số mômen phụ tải  $\sum P_i l_i$  của từng phương án là có thể sơ bộ kết luận rằng phương án nào kinh tế hơn về mặt tiêu hao kim loại màu.

### b. Tổn thất công suất

Xét mạng ở Hình 2.5, tổn thất công suất tác dụng trên đường dây của mạng:

$$\Delta P = 3(I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3)$$

$$\Delta P = 3 \left( \frac{I_1^2 \rho l_1}{F_1} + \frac{I_2^2 \rho l_2}{F_2} + \frac{I_3^2 \rho l_3}{F_3} \right)$$

$$\Delta P = 3J_{kiế} \cdot \rho (I_1 \cdot l_1 + I_2 \cdot l_2 + I_3 \cdot l_3)$$

$$\Delta P = 3J_{kiế} \rho \left( \frac{P_1 \cdot l_1}{\sqrt{3}U \cos \varphi_1} + \frac{P_2 \cdot l_2}{\sqrt{3}U \cos \varphi_2} + \frac{P_3 \cdot l_3}{\sqrt{3}U \cos \varphi_3} \right)$$

Nếu:  $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \cos \varphi_3 = \cos \varphi$

Suy ra:  $\Delta P = \frac{\sqrt{3}J_{kiế} \rho}{U \cos \varphi} \sum P_m \cdot l_m = b \sum P_m \cdot l_m$

Tương tự, tổn thất công suất trên đường dây của mạng điện ở hình 3.6:

$$\Delta P' = \frac{\sqrt{3}J_{kiế} \rho}{U \cos \varphi} \sum P'_m \cdot l'_m = b \sum P'_m \cdot l'_m$$

Suy ra:  $\frac{\Delta P}{\Delta P'} = \frac{\sum P_m l_m}{\sum P'_m l'_m}$

### c. Kết luận

Để sơ bộ so sánh các phương án về mặt kinh tế, có thể sử dụng mômen phụ tải  $\sum P_i l_i$  và giữ lại một số phương án để tiến hành so sánh kinh tế chi tiết hơn.

## 2.6. LỰA CHỌN CẤP ĐIỆN ÁP CHO MẠNG ĐIỆN

Điện áp định mức của mạng điện ảnh hưởng chủ yếu đến các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, cũng như các đặc trưng kỹ thuật của mạng. Ví dụ, khi tăng điện áp định mức, tổn thất công suất và điện năng sẽ giảm, nghĩa là giảm chi phí vận hành, giảm tiết diện dây dẫn và chi phí về kim loại khi xây dựng mạng điện, đồng thời tăng công suất giới hạn truyền tải trên đường dây, đơn giản hoá sự phát triển tương lai của mạng điện, nhưng tăng vốn đầu tư để xây dựng mạng điện. Mạng điện có điện áp định mức nhỏ, yêu cầu vốn đầu tư không lớn nhưng chi phí vận hành lớn vì tổn thất công suất và điện năng đều lớn, ngoài ra khả năng truyền tải nhỏ. Vì vậy, chọn đúng điện áp định mức của mạng điện khi thiết kế cũng là một bài toán kinh tế - kỹ thuật.

Điện áp của mạng điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố: công suất của các phụ tải, khoảng cách giữa các phụ tải và các nguồn cung cấp, vị trí tương đối giữa các phụ tải với nhau, sơ đồ của mạng điện, ... Như vậy, chọn điện áp định mức của mạng được xác định chủ yếu bằng các điều kiện kinh tế. Để chọn được điện áp tối ưu cần tiến hành so sánh kinh tế - kỹ thuật các phương án khác nhau của điện áp mạng.

Điện áp định mức có thể xác định sơ bộ theo công suất truyền tải đã biết  $P$  (kW) và theo chiều dài của đường dây truyền tải  $l$  (km) với công thức Still:

$$U_{dm} = 4,34\sqrt{l + 0,016P}$$

Ở đây:

$P$  : công suất truyền tải, kW;

$l$  : khoảng cách truyền tải, km.

Công thức này được áp dụng cho các đường dây có chiều dài đến 220 km và công suất truyền tải  $P \leq 60$  MW.

Trường hợp công suất truyền tải lớn và khoảng cách truyền tải đến 1000 km, cần sử dụng công thức sau đây của A. A. Zalesski:

$$U_{dm} = \sqrt{P(100 + 15\sqrt{l})}$$

Ngoài ra, có thể xác định sơ bộ điện áp định mức theo công thức của G. A. Illarionov:

$$U_{dm} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{l} + \frac{2500}{P}}}$$

Công thức trên cho kết quả phù hợp đối với tất cả các điện áp định mức từ 35 đến 150 kV.

## 2.7. CHỌN LOẠI DÂY VÀ TIẾT DIỆN DÂY DẪN

Chọn tiết diện dây dẫn của mạng điện được tiến hành chú ý đến các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, khả năng tải của dây dẫn theo điều kiện phát nóng, trong các điều kiện sau sự cố, độ bền cơ của các đường dây trên không, các điều kiện tạo thành vầng quang điện.

Tiết diện dây dẫn của mạng điện cần phải chọn sao cho phù hợp với quan hệ tối ưu giữa chi phí đầu tư xây dựng đường dây và chi phí về tổn thất điện năng. Khi tăng tiết diện dây dẫn, chi phí đầu tư sẽ tăng, nhưng chi phí về tổn thất điện năng sẽ giảm. Xác định quan hệ tối ưu này là vấn đề khá phức tạp và trở thành bài toán tìm tiết diện dây dẫn tương ứng với các chi phí quy đổi nhỏ nhất.

Trong mạng cao áp, vì các đường dây thường tải công suất và có chiều dài lớn cho nên yếu tố kinh tế đóng một vai trò rất quan trọng. Trong mạng cao áp lại có những biện pháp

điều chỉnh điện áp như: thay đổi đầu phân áp của máy biến áp, bù, ... cho nên thường chọn dây dẫn và cáp theo điều kiện kinh tế và kiểm tra điều kiện về kỹ thuật.

### 2.7.1. Trường hợp dây dẫn có một phụ tải

Nếu biết thời gian sử dụng công suất lớn nhất của phụ tải và biết đường dây dùng loại dây gì, tra bảng được  $J_{kt}$ . Từ đó, dễ dàng tìm được tiết diện dây dẫn:

$$F_{kt} = \frac{I_{lvmax}}{J_{kt}}$$

Ở đây:

$I_{lvmax}$  - dòng điện làm việc trên đường dây ở chế độ phụ tải cực đại, A;

$$I_{lvmax} = \frac{S_{max}}{n\sqrt{3}U_{dm}} 10^3$$

$n$  - số mạch đường dây (đường dây 1 mạch  $n = 1$ , đường dây 2 mạch  $n = 2$ );

$U_{dm}$  - điện áp định mức của mạng điện, kV;

$S_{max}$  - công suất chạy trên đường dây ở chế độ tải cực đại, MVA;

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

Các giá trị mật độ dòng điện kinh tế cho trong bảng 3.5.

**Bảng 2.5.** Mật độ dòng điện kinh tế.

Các dây dẫn	Thời gian sử dụng công suất cực đại, h		
	1000÷3000	3000÷5000	5000÷8700
Dây dẫn trần và thanh góp:			
Đồng	2,5	2,1	1,8
Nhôm	1,3	1,1	1,0
Dây cáp với cách điện giấy, dây dẫn cách điện bằng caosu và vật liệu tổng hợp có các lõi:			
Đồng	3,0	2,5	2,0
nhôm	1,6	1,4	1,2
Dây cáp lõi đồng cách điện bằng caosu và vật liệu tổng hợp.	3,5	3,1	2,7

Dựa vào trị số  $F_{kt}$  tính toán được, tra bảng chọn tiết diện tiêu chuẩn của dây dẫn gần nhất. Chọn dây dẫn theo mật độ dòng điện kinh tế trong trạng thái làm việc bình thường và được kiểm tra theo điều kiện phát nóng trong điều kiện sự cố.

Trong các chế độ sau sự cố, dòng điện chạy trên các dây dẫn có thể vượt đáng kể dòng điện làm việc bình thường. Trường hợp như thế có thể xảy ra trên đường dây hai mạch, khi một mạch ngừng cung cấp điện, và cũng như trên đường dây có hai phía cung cấp, khi cung cấp điện từ một trong hai điểm cung cấp điện bị ngừng. Trong các trường hợp như vậy, tiết diện dây dẫn được lựa chọn phải thỏa mãn các điều kiện phát nóng cho phép giới hạn khi các dòng điện của chế độ sau sự cố chạy qua. Điều kiện kiểm tra về dòng điện tải lâu dài cho phép theo phát nóng như sau:

$$I_{max} \leq K.I_{cp}$$

Ở đây:

$I_{max}$  - dòng điện lớn nhất chạy qua dây dẫn khi sự cố, A;

$$I_{max} = I_{lvmax} \quad (n = 1)$$

$$I_{max} = 2I_{lvmax} \quad (n = 2)$$

$I_{cp}$  - dòng điện cho phép ứng với tiết diện dây dẫn được chọn, A;

$K$  - hệ số hiệu chỉnh,  $K = K_1 \cdot K_2$

$K_1$  - hệ số hiệu chỉnh theo cách lắp đặt dây, dây trên không  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  - hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường.

Điều kiện về tổn thất điện áp cho phép:

$$\Delta U_{bt} \% \leq \Delta U_{btcp} \%$$

$$\Delta U_{sc} \% \leq \Delta U_{sccp} \%$$

Ở đây:

$\Delta U_{bt} \%$  - tổn thất điện áp của đường dây trong trường hợp làm việc bình thường, %;

$\Delta U_{btcp} \%$  - tổn thất điện áp cho phép trong trường hợp làm việc bình thường, %;

$$\Delta U_{btcp} = 5\%$$

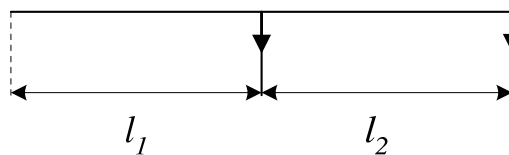
$\Delta U_{sc} \%$  - tổn thất điện áp của đường dây khi xảy ra sự cố nguy hiểm nhất, %. Đối với đường dây có 2 mạch, nếu ngừng một mạch thì tổn thất điện áp trên mạch còn lại:

$$\Delta U_{isc} \% = 2\Delta U_{ibt} \%$$

$\Delta U_{sccp} \%$  - tổn thất điện áp cho phép trong trường hợp sự cố, %:  $\Delta U_{sccp} \% = 10\%$ .

### 2.7.2. Trường hợp dây dẫn có nhiều phụ tải

Xét đường dây có hai phụ tải đặt cách xa nhau như sau:



**Hình 2.7.** Đường dây có hai phụ tải.

Đường dây có hai phụ tải đặt cách xa nhau. Tiết diện dây dẫn ở mỗi đoạn dây là khác nhau, bởi vì đường dây cung cấp cho nhiều phụ tải phân bố xa nhau, dọc theo đường dây.

Tiết diện dây dẫn của từng đoạn:

$$F_1 = \frac{I_{lv \max 1}}{J_{ktế}} \quad \text{và} \quad F_2 = \frac{I_{lv \max 2}}{J_{ktế}}$$

Thường trên các đoạn đường dây được chọn theo cùng một trị số  $J_{ktế}$ . Vì chọn  $J_{ktế}$  giống nhau như vậy có lợi là tổn thất công suất tác dụng  $\Delta P$  trên đường dây sẽ nhỏ nhất. Thật vậy, giả thiết dòng điện trên các đoạn 1 và 2 là  $I_1$  và  $I_2$  thì tổn thất trên toàn bộ đường dây:

$$\Delta P = 3I_1^2 R_1 + 3I_2^2 R_2 = 3I_1^2 \rho \frac{l_1}{F_1} + 3I_2^2 \rho \frac{l_2}{F_2}$$

Gọi  $V$  là khối lượng kim loại màu dùng cho toàn bộ đường dây.

$V_2$  là khối lượng kim loại màu dùng cho đoạn dây 2 thì:

$$F_2 = \frac{V_2}{l_2} \quad \text{và} \quad F_1 = \frac{V - V_2}{l_1}$$

Thay giá trị của  $F_1$  và  $F_2$  vào biểu thức tìm được:

$$\Delta P = \frac{3I_1^2 \rho l_1^2}{V - V_2} + \frac{3I_2^2 \rho l_2^2}{V_2}$$

Điều kiện tổn thất công suất cực tiểu:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial V_2} = \frac{3I_1^2 \rho l_1^2}{(V - V_2)^2} - \frac{3I_2^2 \rho l_2^2}{V_2^2} = 0$$

Hay: 
$$\frac{I_1^2 l_1^2}{V_1^2} = \frac{I_2^2 l_2^2}{V_2^2}$$

Vì: 
$$V_1 = F_1 l_1 \text{ và } V_2 = F_2 l_2$$

Nên: 
$$\frac{I_1^2 l_1^2}{F_1^2 l_1^2} = \frac{I_2^2 l_2^2}{F_2^2 l_2^2}$$

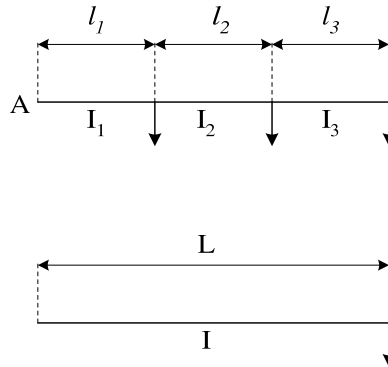
Do đó: 
$$\frac{I_1}{F_1} = \frac{I_2}{F_2}$$

Mà: 
$$\frac{I_1}{F_1} = J_1 \text{ và } \frac{I_2}{F_2} = J_2$$

Suy ra: 
$$J_1 = J_2$$

### 2.7.3. Trường hợp có nhiều phụ tải phân bố đều

Nếu có nhiều phụ tải có giá trị không lệch nhau nhiều và bố trí gần nhau thì có thể coi như là đường dây có phụ tải phân bố đều, trong trường hợp này thông thường để đảm bảo tính kinh tế, chỉ dùng một tiết diện trên toàn bộ đường dây. Để chọn mật độ dòng điện kinh tế có lợi nhất cần so sánh với một đường dây khác, giả thiết có cùng tiết diện  $F$ , cùng chiều dài  $L$  và có cùng một tổn thất công suất tác dụng, nhưng phụ tải tập trung ở cuối đường dây.



**Hình 2.8.** Đường dây có phụ tải phân bố đều

Với đường dây giả thiết, tổn thất công suất:

$$\Delta P = \frac{3I^2 \rho L}{F}$$

Với đường dây có một số phụ tải phân bố đều, tổn thất công suất:

$$\Delta P = 3(I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 + I_3^2 r_3) = \frac{3\rho}{F} (I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + I_3^2 l_3)$$

Gọi:  $b = \frac{I_3}{I_1}$  và  $a = \frac{I_2}{I_1}$

Phương trình trên có thể viết:

$$\Delta P = \frac{3\rho}{F} I_1^2 (l_1 + a^2 l_2 + b^2 l_3)$$

Ở trên đã giả thiết là đường dây có phụ tải phân bố đều và đường dây giả thiết phụ tải tập trung ở cuối đều có tổn thất công suất tác dụng như nhau, do đó:

$$3I^2 \rho \frac{L}{F} = \frac{3\rho}{F} I_1^2 (l_1 + a^2 l_2 + b^2 l_3)$$

Chia 2 vế của phương trình cho F, ta được:

$$\frac{I^2}{F^2} L = \frac{I_1^2}{F^2} (l_1 + a^2 l_2 + b^2 l_3)$$

Gọi:  $\frac{I_1}{F} = J_{\text{ktế đẳngtri}}$  là mật độ dòng điện kinh tế đẳng tri.

Và  $\frac{I}{F} = J_{\text{ktế}}$

Thì:  $J_{\text{ktế}}^2 L = J_{\text{ktế đẳngtri}}^2 (l_1 + a^2 l_2 + b^2 l_3)$

Vậy mật độ dòng điện kinh tế đẳng tri:

$$J_{\text{ktế đẳngtri}} = J_{\text{ktế}} \sqrt{\frac{L}{(l_1 + a^2 l_2 + b^2 l_3)}}$$

Từ đó, dễ dàng tìm được tiết diện dây dẫn cho toàn bộ đường dây ở trên:

$$F = \frac{I_1}{J_{\text{ktế đẳngtri}}}$$

## 2.8. CHỌN PHƯƠNG ÁN NỐI DÂY HỢP LÝ VỀ KINH TẾ VÀ KỸ THUẬT

### 2.8.1. So sánh các phương án về mặt kinh tế

Chỉ tiêu kinh tế được sử dụng khi so sánh các phương án là chi phí tính toán hàng năm, được xác định theo biểu thức:

$$Z_{tt} = (a_{vh} + a_{tc}) K_d + \Delta A.c$$

Ở đây:

$a_{vh}$  - khấu hao hàng năm về hao mòn và phục vụ đối với các đường dây trong mạng điện, %;

**Bảng 2.6.** Khấu hao hàng năm về hao mòn và phục vụ.

Tên phần tử trong hệ thống	Khấu hao về hao mòn	Khấu hao về phục vụ
Các đường dây trên không: đặt trên cột gỗ	4 ÷ 6%	2 ÷ 3%
đặt trên cột thép và bê tông cốt thép	3%	1 ÷ 2%
Các thiết bị trong trạm	6%	2,5%

$a_{tc}$  - hệ số hiệu quả của vốn đầu tư.

$$a_{tc} = \frac{1}{T_{tc}} \quad (T_{tc} - \text{thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn})$$

$K_d$  - vốn đầu tư xây dựng đường dây, đ;

$$K_d = \sum n K_{0i} l_i$$

$n$  - hệ số phụ thuộc vào số mạch đường dây. Đối với đường dây 1 mạch  $n = 1$ , đối với đường dây 2 mạch đặt trên cùng một cột  $n = 1,6$ , đối với đường dây hai mạch đặt trên hai cột khác nhau  $n = 1,8$ ;

$l_i$  - chiều dài đường dây thứ  $i$ , km;

$K_{0i}$  - giá thành 1 km đường dây một mạch, đ/km;

$$K_{0i} = K_1 + K_2$$

$K_1$  - giá thành của 1km đường dây không phụ thuộc vào tiết diện của dây dẫn, đ/km;

$K_2$  - giá thành của 1 km đường dây phụ thuộc vào tiết diện dây dẫn, đ/km;

$$K_2 = 3m.K_0$$

$m$  - khối lượng 1 km đường dây, kg/km;

$K_0$  - giá thành 1 kg đường dây, đ/kg;

$\Delta A$  - tổng tổn thất điện năng hàng năm, MW.h;

$$\Delta A = \sum \Delta P_{i_{\max}} \tau_i$$

$\Delta P_{i_{\max}}$  - tổn thất công suất tác dụng trên đường dây thứ  $i$  ở chế độ tải cực đại, MW;

$\tau_i$  - thời gian tổn thất công suất cực đại trên đường dây thứ  $i$ , h;

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

Với  $T_{\max}$  là thời gian sử dụng công suất cực đại, h;

$c$  - giá 1 kW.h điện năng tổn thất, đ/kW.h.

### 2.8.2. So sánh các phương án về mặt kỹ thuật

Ngoài các yếu tố  $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$ , kiểm tra phát nóng dây dẫn lúc sự cố nặng nề nhất còn phải chú ý đến độ liên tục cung cấp điện của mạng, ...

Xác xuất ngừng cung cấp điện xác định được đối với một sơ đồ cung cấp điện nhờ vào hai định nghĩa sau đây:

Xác xuất xảy ra sự cố trên phần tử mạng điện:

$$q = \frac{t_{sc}}{T} = \frac{Q_{sc} t_q}{T}$$

Và xác xuất sửa chữa định kỳ:

$$f = \frac{t_f}{T}$$

Ở đây:

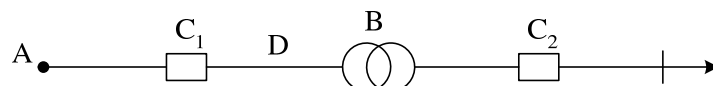
$t_{sc}$  : số giờ sự cố trong thời gian quan sát  $T$ , h;

$Q_{sc}$  : số lần sự cố 1 năm;

$t_q$  : thời gian sửa chữa một sự cố, h;

$t_f$  : số giờ sửa chữa định kỳ trong thời gian  $T$ , h.

#### a. Xét sơ đồ đường dây 1 lộ



**Hình 3.9.** Sơ đồ đường dây một lộ.

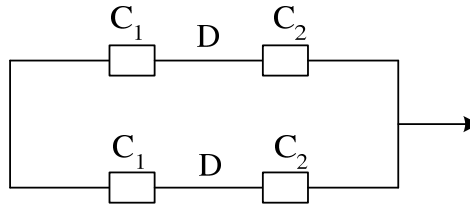
Xác suất ngừng cung cấp điện:

$$h = q_{c1} + q_D + q_B + q_{c2} + f_D$$

Các trị số  $q_{c1}$ ,  $q_D$ ,  $q_B$ ,  $q_{c2}$ ,  $f_D$  tính được theo 2 định nghĩa trên, căn cứ vào các số liệu thống kê  $Q_{sc}$ ,  $t_q$ ,  $t_f$ . Đối với đường dây 1 lộ thường biết được các số liệu thống kê 1 năm trên 100 km, vì thế:

$$q_D = \frac{Q_D t_q}{8760} \times \frac{l}{100}$$



**b. Xét sơ đồ đường dây 2 lộ****Hình 2.10.** Sơ đồ đường dây hai lộ.

Xác suất ngừng cung cấp điện:

$$h = q_D'' + 2k_f \cdot q_D' \cdot f_D$$

Ở đây:

$q_D'$  : xác suất xảy ra sự cố trên 1 lộ đường dây;

$q_D''$  : xác suất xảy ra đồng thời trên 2 lộ;

$f_D$  : xác suất sửa chữa định kỳ đường dây;

$k_f$  : hệ số bé hơn 1, xét đến những biện pháp được thực hiện nhằm đảm bảo cho đường dây còn lại vận hành tốt hơn khi sửa chữa đường dây kia.

Đối với đường dây 2 lộ, số liệu thống kê cho xác suất sự cố trên 1 lộ gồm cả xác suất sự cố đồng thời trên 2 lộ, trong đó xác suất sự cố đồng thời trên 2 lộ chiếm khoảng 15 – 25%, vì thế:

$$q_D' = \frac{[1 - (0,15 \div 0,25)] Q_D t_q}{8760} \times \frac{l}{100}$$

$$q_D'' = \frac{(0,15 \div 0,25) Q_D t_q}{8760} \times \frac{l}{100}$$

Căn cứ theo số liệu tính toán, chọn phương án có chi phí tính toán  $Z_{tt}$  cực tiểu.

Nếu các phương án có phí tổn tính toán chênh lệch nhau không quá 5% được coi như là tương đương nhau về mặt kinh tế. Trong trường hợp này muốn quyết định chọn phương án nào cần phải so sánh các phương án đó về mặt kỹ thuật. Tất nhiên, phương án nào đảm bảo về điện áp vận hành cao hơn, sơ đồ nối dây đơn giản hơn, có nhiều khả năng phát triển, mức đảm bảo cung cấp điện cao, tổ chức thi công và quản lý vận hành đơn giản hơn, có xu hướng phát triển mạng trong tương lai, ... thì phương án đó được chú ý nhiều hơn.

Cuối cùng phải nói là khi thiết kế mạng điện, cần phải biết cân nhắc một cách thận trọng và toàn diện, phải biết rõ tinh thần trách nhiệm, ... để đưa ra một phương án phù hợp với nền kinh tế quốc dân, đảm bảo về kỹ thuật, an toàn và có xu hướng phát triển trong tương lai.

**2.9. CHỌN SỐ LƯỢNG VÀ DUNG LƯỢNG CÁC MÁY BIẾN ÁP**

Chọn số lượng các máy biến áp phụ thuộc vào các yêu cầu về độ tin cậy cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ của trạm và như vậy là một bài toán kinh tế - kỹ thuật.

**2.9.1. Chọn số lượng và chủng loại máy biến áp**

Có nhiều phương pháp để xác định số lượng và chủng loại máy biến áp, nhưng thường vẫn phải dựa vào những nguyên tắc chính sau đây:

- Chủng loại máy biến áp trong một trạm biến áp nên đồng nhất (hay ít chủng loại), để giảm số lượng máy biến áp dự phòng trong kho và thuận tiện trong lắp đặt, vận hành.

- Số lượng máy biến áp trong trạm biến áp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: yêu cầu về liên tục cung cấp điện của hộ phụ tải, yêu cầu về lựa chọn dung lượng máy biến áp hợp lý, yêu cầu về vận hành kinh tế trạm biến áp, ... Đối với hộ phụ tải loại I, thường chọn hai máy biến áp trở lên. Đối với hộ phụ tải loại II, số lượng máy biến áp được chọn tùy thuộc vào việc so sánh các hiệu quả về kinh tế - kỹ thuật. Tuy nhiên, để đơn giản trong vận hành, số lượng máy biến áp trong một trạm biến áp không nên quá ba máy và các máy biến áp này nên có cùng chủng loại và công suất.

Nếu phụ tải của trạm chỉ là các hộ tiêu thụ loại III, trong trạm có thể đặt một máy biến áp, công suất của máy biến áp được xác định bằng phụ tải cực đại của trạm. Một số hộ tiêu thụ loại II cho phép mất điện tạm thời, cũng có thể được cung cấp từ trạm một máy biến áp.

## 2.9.2. Chọn dung lượng máy biến áp

Công suất của máy biến áp cần đảm bảo cung cấp điện năng cho tất cả các hộ tiêu thụ của trạm trong điều kiện vận hành bình thường. Ngoài ra, còn chú ý đến sự cần thiết phải đảm bảo cung cấp điện cho các phụ tải quan trọng cả trong trường hợp sự cố một trong các máy biến áp đặt trong trạm. Cần chú ý rằng, hư hỏng các máy biến áp đặt trong trạm giảm áp dẫn đến cắt chúng xảy ra rất hạn hữu, nhưng cần phải tính đến khả năng đó, đặc biệt nếu như trạm cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ loại I, không cho phép mất điện. Vì vậy, nếu trạm cung cấp cho các hộ tiêu thụ thuộc các loại trên, trong trạm cần phải đặt không ít hơn hai máy biến áp. Trường hợp sự cố một trong các máy biến áp, máy biến áp thứ hai cần đảm bảo toàn bộ công suất của các hộ tiêu thụ loại I. Thực tế điều đó có thể đạt được bằng giải pháp đặt hai máy biến áp trong trạm, công suất định mức của mỗi máy biến áp được chọn bằng 0,65 đến 0,70 phụ tải cực đại của trạm để đảm bảo cung cấp điện đủ cho tất cả các hộ tiêu thụ khi có sự cố một máy biến áp.

Hiện nay, có nhiều phương pháp để xác định dung lượng máy biến áp, nhưng vẫn phải dựa theo nguyên tắc chính sau đây:

- Chọn theo điều kiện làm việc bình thường có xét đến quá tải cho phép (quá tải bình thường). Mức độ quá tải phải được tính toán sao cho hao mòn cách điện trong khoảng thời gian xem xét không vượt quá định mức tương ứng với nhiệt độ cuộn dây là  $98^{\circ}\text{C}$ . Khi quá tải bình thường, nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây có thể lớn hơn nhưng không vượt quá  $140^{\circ}\text{C}$  và nhiệt độ lớp dầu phía trên không vượt quá  $95^{\circ}\text{C}$ .
- Kiểm tra theo điều kiện quá tải sự cố (hư hỏng một trong những máy biến áp làm việc song song) với một thời gian hạn chế để không gián đoạn cung cấp điện.

### a. Nếu trạm chỉ đặt một máy biến áp

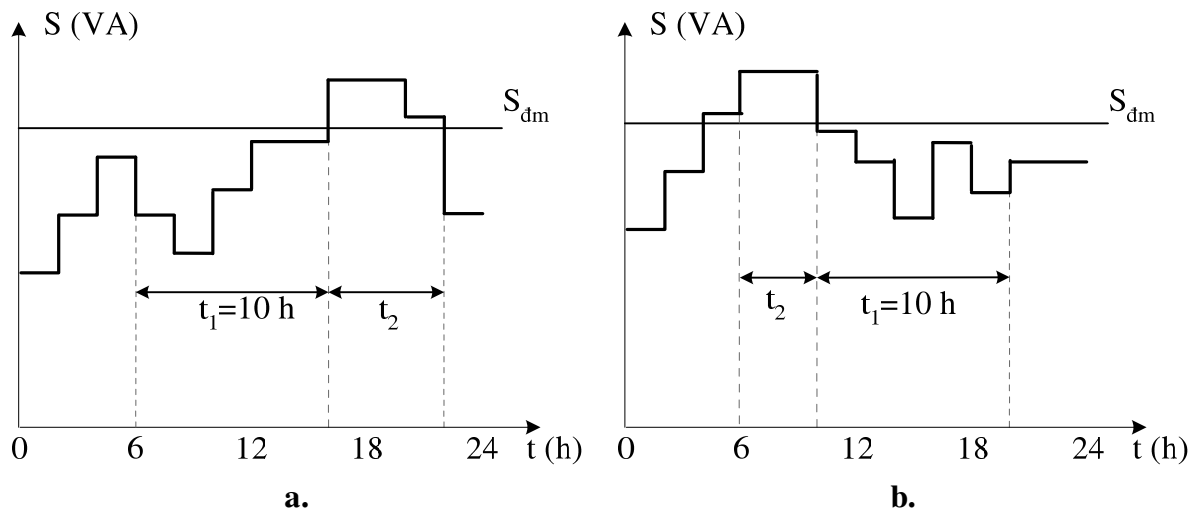
Công suất định mức của máy biến áp chọn theo khả năng quá tải thường xuyên của máy biến áp. Hệ số quá tải thường xuyên có thể xác định từ đồ thị khả năng tải của máy biến áp. Đó là quan hệ giữa hệ số quá tải cho phép  $K_{2cp}$ , hệ số phụ tải bậc 1 ( $K_1$ ) và thời gian quá tải  $t$ .

Để sử dụng phương pháp này cần phải biến đổi đồ thị phụ tải nhiều bậc của máy biến áp thành hai bậc đẳng trị.

Công suất đẳng trị của máy biến áp trong khoảng thời gian xét được xác định theo biểu thức :

$$S_{dt} = \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}$$

Ở đây:  $S_i$  là phụ tải của máy biến áp ở thời gian  $t_i$ .



**Hình 2.11.** Đồ thị phụ tải của máy biến áp.

Khi biến đổi thành đồ thị phụ tải hai bậc đẳng trị có thể có các trường hợp sau:

- Đồ thị phụ tải nhiều bậc của máy biến áp có một cực đại vào buổi chiều (Hình 3.11a). Theo biểu thức trên, tính  $S_{dt2}$  với thời gian lúc quá tải là  $t_2$  và tính  $S_{dt1}$  với thời gian trước lúc quá tải là 10 h.
- Đồ thị phụ tải nhiều bậc của máy biến áp có một cực đại vào buổi sáng (Hình 3.11b). Theo biểu thức trên, tính  $S_{dt2}$  với thời gian lúc quá tải là  $t_2$  và tính  $S_{dt1}$  với thời gian sau khi kết thúc quá tải là 10 h.
- Nếu đồ thị phụ tải có hai cực đại trong một ngày thì phụ tải đẳng trị bậc hai được tính đối với cực đại nào có tổng  $\sum S_i t_i$  đạt trị số lớn nhất. Khi đó sẽ chọn được  $S_{dt2}$ , còn  $S_{dt1}$  sẽ tính như một trong hai trường hợp trên.
- Nếu  $S_{dt2} < 0,9 S_{max}$  thì chọn  $S_{dt2} = 0,9 S_{max}$ . Thời gian cấp thứ hai được tính như sau:

$$t'_2 = \frac{S_{dt2}^2 \cdot t_2}{(0,9 S_{max})^2}$$

Trong trường hợp máy biến áp làm việc với đồ thị hai bậc hoặc đồ thị phụ tải nhiều bậc đã biến đổi về đồ thị phụ tải hai bậc đẳng trị thì trình tự xác định quá tải cho phép của máy biến áp theo đường cong khả năng tải được tiến hành như sau:

$$\text{Tính } K_1 = \frac{S_{dt1}}{S_{dm}} \text{ và } K_2 = \frac{S_{dt2}}{S_{dm}}$$

Từ  $K_1$  và  $t_2$ , tra các đường cong quá tải của máy biến áp để tìm  $K_{2cp}$  và so sánh với  $K_2$ . Nếu  $K_2 \leq K_{2cp}$  thì máy biến áp đã chọn là chấp nhận được, ngược lại cần thay đổi công suất máy biến áp.

### b. Nếu trạm đặt hai máy biến áp trở lên

Công suất định mức của máy biến áp được chọn có xét đến khả năng quá tải khi sự cố một trong các máy biến áp.

Công suất của mỗi máy biến áp trong trạm n máy biến áp có thể xác định theo biểu thức:

$$S \geq \frac{S_{max}}{k(n-1)}$$

Ở đây:

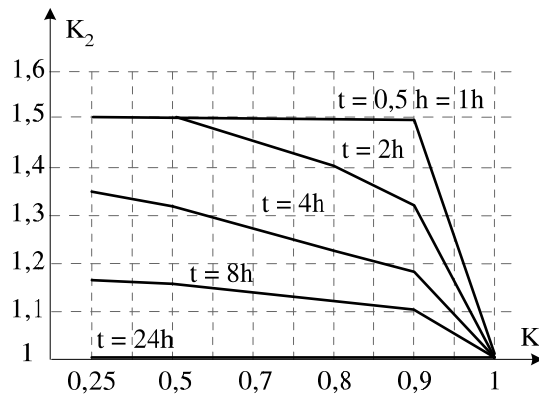
$S_{max}$  - phụ tải cực đại của trạm, MVA;

k - hệ số quá tải sự cố của máy biến áp. Nếu không có thông tin cụ thể, có thể chấp nhận 140% cho các máy biến áp Liên Xô với điều kiện thời gian như sau: quá tải không quá 5 ngày đêm, mỗi ngày quá tải không quá 6 giờ và 130% cho các máy của các hãng khác theo IEC 354;

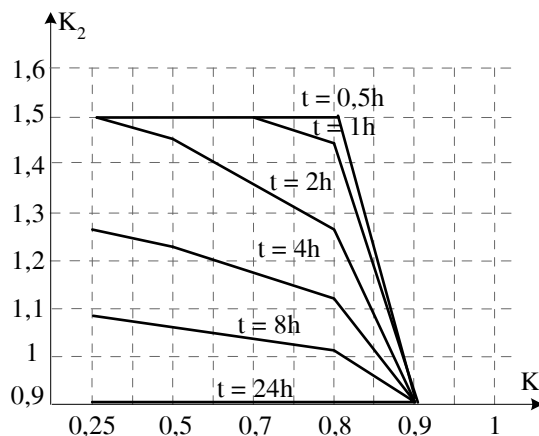
n - Số máy biến áp đặt trong trạm.

Dựa vào các giá trị tính được theo các công thức trên, tiến hành chọn công suất định mức của các máy biến áp trong trạm.

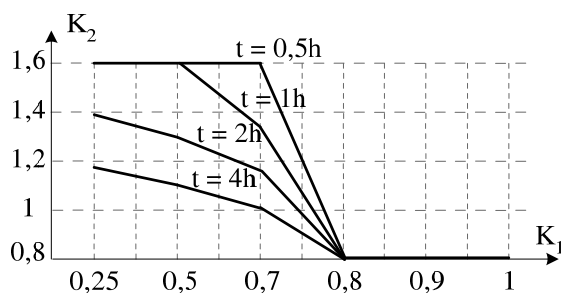
Khả năng quá tải của máy biến áp (hãng ABB) được biểu diễn ở các hình sau.



**Hình 2.12.** Đường cong quá tải của máy biến áp với nhiệt độ môi trường là 20°C.



**Hình 2.13.** Đường cong quá tải của máy biến áp với nhiệt độ môi trường là 30°C.



**Hình 2.14.** Đường cong quá tải của máy biến áp với nhiệt độ môi trường là 40°C.

## 2.10. CHỌN SƠ ĐỒ NỐI DÂY TRẠM BIẾN ÁP

Sơ đồ nối dây của trạm biến áp phải đáp ứng các yêu cầu về chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, cụ thể:

- Đảm bảo liên tục cung cấp điện theo yêu cầu của phụ tải.
- Sơ đồ nối dây đơn giản, thuận lợi trong vận hành và xử lý sự cố.
- An toàn trong vận hành và sửa chữa.
- Hợp lý về kinh tế trên cơ sở đảm bảo các yêu cầu về mặt kỹ thuật.

### 2.10.1. Trạm biến áp trung gian 110/22 kV

Trong thực tế, các trạm biến áp trung gian có công suất nhỏ (< 40 MVA), điện áp 110/22 kV thường sử dụng sơ đồ nối dây với các lưu ý sau đây:

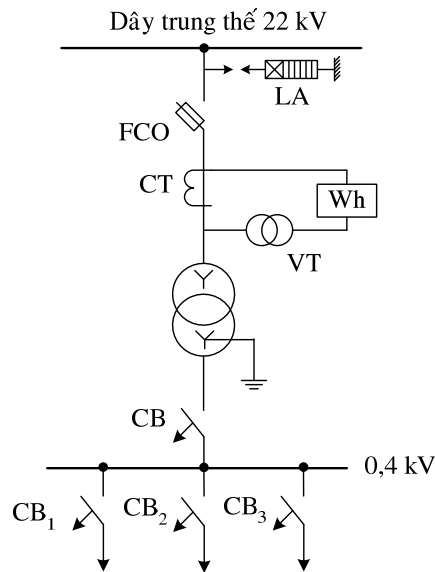
- Đối với trạm một máy biến áp, phía sơ cấp thường không sử dụng thanh góp mà kết nối trực tiếp với đường dây trên không và thứ cấp sử dụng sơ đồ thanh góp không phân đoạn.
- Đối với trạm biến áp có hai máy biến áp, phía sơ cấp thường sử dụng sơ đồ thanh góp có phân đoạn hay sơ đồ hai thanh góp có máy cắt vòng và phía thứ cấp sử dụng sơ đồ thanh góp có phân đoạn.
- Các tuyến dây vào/ra trạm, nếu là đường dây trên không đều được trang bị thiết bị chống sét.
- Đối với các tuyến cáp ngầm, đường dây vào/ra trạm không cần trang bị thiết bị chống sét.
- Để bảo vệ chống quá điện áp lan truyền vào trạm sử dụng hai chống sét đặt ở hai phía cao áp và hạ áp của máy biến áp.
- Trong trường hợp các tuyến dây vào/ra là cáp ngầm thì các máy cắt đặt trên các tuyến này thường là các máy cắt kiểu hợp bộ, đặt trong nhà.
- Các dao nối đất được trang bị nhằm tiếp đất thiết bị đã cô lập khỏi mạng điện, đảm bảo an toàn cho người sửa chữa. Một số dao tiếp đất có liên động cơ khí với dao cách ly (dao nối đất đóng thì dao cách ly mở và ngược lại) nhằm tránh sự cố do thao tác nhầm lẫn.
- Các trạm biến áp đều được trang bị VT (Voltage Transformer) và CT (Current Transformer) phục vụ cho bảo vệ rơle và đo lường.

### 2.10.2. Trạm biến áp phân phối 22/0,4 kV

#### a. Sơ đồ đơn

Trạm được cấp nguồn bằng một dây rẽ từ mạng phân phối trung thế. Để thực hiện chức năng đóng cắt và bảo vệ máy biến áp, thường được trang bị dao cắt tải (LBS), cầu chì tự rơi (FCO), dao cắt tải kèm cầu chì (LBFCO), hay dao cách ly và cầu chì (DS + F). Ở một số quốc gia, đối với trạm biến áp có công suất nhỏ hơn 160 kVA và có kết cấu dạng

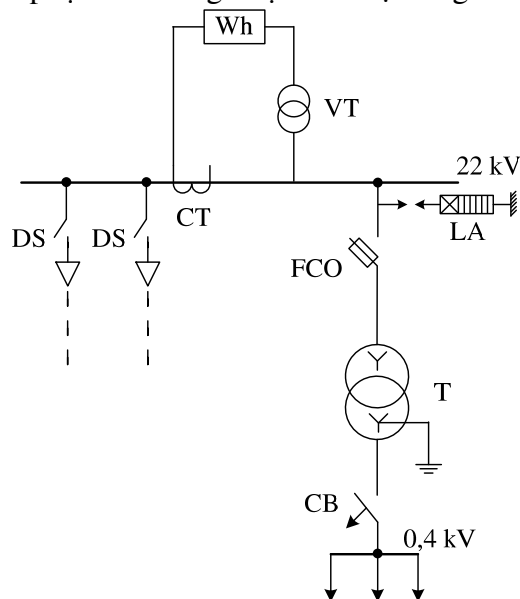
treo thì phía trung áp máy biến áp không trang bị LBS/LBFCO/FCO. Trong trường hợp này, các thiết bị bảo vệ và đóng cắt đặt ở xa và thường điều khiển đường dây trên không trực tiếp cung cấp điện cho các trạm.



**Hình 2.15.** Sơ đồ đơn.

### b. Sơ đồ đôi

Trạm được cung cấp bằng hai dây rế từ mạng phân phối trung thế. Hai dây này được kết nối vào thanh cái qua dao cách ly DS. Máy biến áp được nối vào thanh cái qua cầu chì tự rơi FCO, phía hạ thế máy biến áp được trang bị máy cắt hạ áp hay cầu dao hạ thế. Các đường dây cung cấp cho các phụ tải thường được bảo vệ bằng cầu chì.



**Hình 2.16.** Sơ đồ đôi.

### c. Sơ đồ mạch vòng

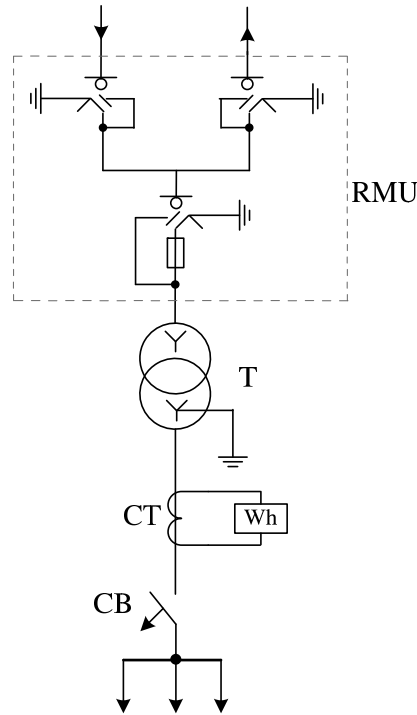
Mạch vòng (RMU – Ring Main Unit) là một trục phân phối liên tục có dạng mạch kín với điểm bắt đầu và kết thúc đều ở trên cùng một thanh góp. Mỗi đầu của nó được điều khiển bởi một máy cắt riêng. Mạch vòng thường được kết nối để tạo vòng chính hay trục phân phối - liên lạc, thanh góp của nó sẽ chịu dòng của toàn vòng hay toàn bộ sự liên lạc giữa hai trạm.

Mỗi mạch vòng chứa ba liên kết:

- Hai liên kết đến, mỗi cái chứa LBS/dao cách ly và một dao tiếp đất.

- Một liên kết ra và ngăn bảo vệ chung chứa cầu chì/LBS hay tổ hợp máy cắt với dao tiếp đất.

Sơ đồ mạch vòng cho phép hộ phụ tải sử dụng hai nguồn cung cấp, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Kiểu sơ đồ này thường được dùng trong lưới cáp ngầm phân phối trung áp của đô thị.

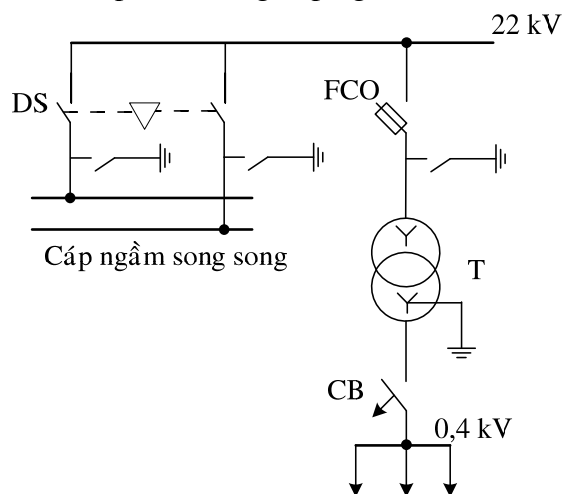


**Hình 2.17.** Sơ đồ mạch vòng.

#### d. Sơ đồ trực phân phối song song

Trong sơ đồ trực phân phối song song, phía trung thế có hai dây hay cáp ngầm cùng xuất phát từ một thanh góp. Sự khác biệt chủ yếu của sơ đồ phân phối song song với sơ đồ mạch vòng là hai liên kết thường có khoá liên động. Khi liên kết này đóng thì liên kết kia mở. Khi cung cấp bị gián đoạn trên liên kết đóng thì thiết bị đóng cắt sẽ tác động cắt mạch và liên kết còn lại sẽ đóng vào hoặc tự động hoặc bằng tay.

Sơ đồ này thường được sử dụng ở các nơi có mật độ phụ tải cao, phụ tải yêu cầu độ tin cậy cung cấp điện cao và được cấp điện bằng cáp ngầm.



**Hình 2.18.** Sơ đồ trực phân phối song song.

## 2.11. CHỌN THIẾT BỊ ĐÓNG CẮT VÀ BẢO VỆ TRẠM BIẾN ÁP

### 2.11.1. Thiết bị đóng cắt cao áp

#### a. Các chủng loại

##### ▪ Máy cắt (CB – Circuit Breaker)

Máy cắt là một thiết bị dùng trong mạng điện áp cao để đóng, cắt dòng điện phụ tải và dòng điện ngắn mạch. Đó là thiết bị đóng cắt làm việc tin cậy, song giá thành cao nên máy cắt thường chỉ được dùng ở những nơi quan trọng. Trong máy cắt cao áp, vấn đề dập tắt hồ quang khi ngắn mạch rất quan trọng. Chính vì vậy người ta thường căn cứ vào phương pháp dập hồ quang để phân loại máy cắt.

- Máy cắt dầu: dầu vừa là chất cách điện, đồng thời sinh khí để dập tắt hồ quang. Trong máy cắt dầu được phân làm máy cắt ít dầu và máy cắt nhiều dầu.
- Máy cắt không khí: trong máy cắt không khí, hồ quang được dập tắt nhờ khí thổi của không khí nén áp suất từ 8 đến 20at. Cách điện và bản thân buồng dập hồ quang là sứ hay vật liệu rắn cách điện.
- Máy cắt tự sinh khí: dùng vật liệu cách điện có khả năng tự sinh khí dưới tác dụng nhiệt độ cao của hồ quang. Khí tự sinh áp suất cao có khả năng dập tắt hồ quang.
- Máy cắt điện từ: hồ quang được dập tắt trong khe hẹp làm bằng vật liệu rắn chịu được hồ quang. Lực điện từ sẽ đẩy hồ quang vào khe hẹp.
- Máy cắt chân không: hồ quang được dập tắt trong môi trường chân không.
- Máy cắt khí: khí êlêga (SF<sub>6</sub>) có khả năng dập tắt hồ quang cao nên được dùng để dập tắt hồ quang trong máy cắt khí.

Theo thời gian tác động, máy cắt được chia thành 2 loại: máy cắt nhanh và máy cắt chậm.

Theo số lượng pha, máy cắt có thể chia làm máy cắt 1 pha và 3 pha.

Theo vị trí lắp đặt, máy cắt được chia làm máy cắt đặt trong nhà và máy cắt đặt ngoài trời.

Các thông số chính của máy cắt:

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức.
- Tần số định mức.
- Khả năng cắt dòng ngắn mạch.
- Dòng ổn định nhiệt định mức.
- Dòng ổn định động định mức.
- Thời gian cắt.
- Thời gian mở.

##### ▪ Máy cắt đóng lặp lại (Recloser)

Trong mạng điện cao áp, các sự cố thường là sự cố thoáng qua, do đó để tăng cường liên tục cung cấp điện, người ta thường sử dụng máy cắt đóng lặp lại.

Máy cắt đóng lặp lại có cấu tạo giống máy cắt. Tuy nhiên, nó có thêm bộ phận điều khiển riêng giúp cho nó có khả năng đóng lặp đi lặp lại theo một chương trình định trước, có khả năng ghi nhận các số liệu, các thông số của phụ tải điện, chức năng bảo vệ chống sự cố.

Các thông số chính của máy cắt đóng lặp lại tương tự như máy cắt, tuy nhiên có thêm thông số bộ điều khiển và xử lý dữ liệu.



### ▪ Dao cách ly (DS – Distance Switch)

Nhiệm vụ chủ yếu của dao cách ly là tạo ra một khoảng hở cách điện được trông thấy giữa bộ phận đang mang dòng điện và bộ phận cắt điện nhằm mục đích đảm bảo an toàn và tạo cho nhân viên sửa chữa thiết bị an tâm khi làm việc. Do vậy, ở những nơi cần sửa chữa, ngoài các thiết bị đóng cắt cần đặt thêm dao cách ly. Dao cách ly thường bố trí trên cột với thành phần chủ yếu là bộ đỡ, dao cắt và tiếp điểm. Dao cách ly có thể thao tác bằng tay thông qua sào cách điện hoặc qua các cơ cấu truyền động đặt dưới chân cột.

Dao cách ly không có bộ phận dập tắt hồ quang nên không thể cắt được dòng điện lớn. Nếu nhầm lẫn dùng dao cách ly để cắt dòng điện lớn thì có thể phát sinh hồ quang gây nguy hiểm. Do vậy, dao cách ly chỉ dùng để đóng, cắt dòng không tải.

Phân loại:

- Loại tiếp điểm xoay ngang.
- Loại tiếp điểm xoay chiều thẳng đứng.

Các thông số chính của dao cách ly:

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức.
- Dòng ổn định động.
- Dòng ổn định nhiệt.
- Tần số định mức.

### ▪ Dao cắt tải (LBS – Load Break Switch)

Dao cắt tải có thể đóng, cắt dòng điện khi mang tải nhưng không tự động mà thường thực hiện bằng thao tác của nhân viên vận hành thông qua sào cách điện hoặc cơ cấu liên động. Dao cắt tải không cắt được dòng ngắn mạch. Do đó, để bảo vệ dòng ngắn mạch, thường kết hợp với sử dụng cầu chì.

Các thông số chính của dao cắt tải:

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức.
- Tần số định mức.
- Dòng ổn định động.
- Dòng ổn định nhiệt.

### ▪ Dao cắt tạo khoảng cách (LTD – Line Trip Distance)

Dao cắt tạo khoảng cách thực chất là dao cách ly nhưng được bố trí trên đường dây. Nhiệm vụ là để cách ly đường dây tạo khoảng hở thấy được, tạo cảm giác an toàn khi sửa chữa. Các thành phần chính bao gồm sứ đỡ dạng thanh, các đầu đấu nối dây, dao cắt và tiếp điểm. LTD thường được thao tác bằng tay thông qua sào cách điện.

Các thông số của LTD tương tự như các thông số của DS.

### ▪ Cầu chì tự rơi (FCO – Fuse Cut Out)

Cầu chì tự rơi thường được trang bị trên các tuyến dây không quan trọng (công suất bé, yêu cầu liên tục cung cấp điện không cao) hay được trang bị để bảo vệ máy biến áp nhỏ.

Cấu tạo cầu chì tự rơi gồm có: bộ đỡ, ống chì, dây chảy, tiếp điểm đóng cắt. Cầu chì tự rơi chỉ có thể đóng cắt dòng không tải hoặc đóng cắt dòng tải nhỏ. Để có thể đóng cắt được dòng tải tương đối lớn, người ta dùng cầu chì tự rơi có bộ phận dập hồ quang (LBFCO – Load Break FCO).

Cầu chì tự rơi thường được thao tác bằng tay thông qua sào cách điện.

Các thông số chính của cầu chì tự rơi:

- Điện áp định mức.
- Dòng điện định mức.
- Công suất định mức.
- Dòng cắt ngắn mạch định mức.
- Đặc tính bảo vệ.

### b. Các điều kiện lựa chọn

Các thiết bị đóng cắt được lựa chọn theo điều kiện làm việc lâu dài và kiểm tra điều kiện sự cố.

**Chọn theo điều kiện làm việc lâu dài:**

$$U_{\text{đmtb}} + \Delta U_{\text{đm}} \geq U_{\text{đmmạng}} + \Delta U_{\text{đmmạng}}$$

$$I_{\text{đmtb}} \geq I_{\text{lv max}}$$

Ở đây:

- $U_{\text{đmtb}}$  - điện áp định mức của thiết bị, kV;
- $\Delta U_{\text{đm}}$  - độ tăng điện áp cho phép của thiết bị, kV;
- $I_{\text{đmtb}}$  - dòng điện định mức của thiết bị, A;
- $U_{\text{đmmạng}}$  - điện áp định mức của mạng điện, kV;
- $\Delta U_{\text{đmmạng}}$  - tổn thất điện áp cho phép của mạng điện, kV;
- $I_{\text{lv max}}$  - dòng điện làm việc cực đại, A.

Trị số độ lệch điện áp cho phép tương đối so với điện áp định mức của thiết bị điện được cho phép như sau:

Dao cách ly :  $\Delta U_{\text{đm}} = 0,15U_{\text{đm}}$

Máy cắt điện :  $\Delta U_{\text{đm}} = 0,15U_{\text{đm}}$

Cầu chì :  $\Delta U_{\text{đm}} = 0,1U_{\text{đm}}$

**Kiểm tra theo điều kiện sự cố:**

- Kiểm tra điều kiện ổn định động

Khả năng ổn định động (nói một cách khác, đó là khả năng chống lại tác dụng của lực điện động) của thiết bị điện được đặc trưng bởi dòng điện ổn định động định mức. Dòng điện này chính là dòng điện cực đại có thể chạy qua khí cụ điện mà lực điện động do nó sinh ra không thể phá hoại thiết bị điện được.

$$i_{\text{đ.đm}} \geq i_{\text{xk}}$$

Ở đây:

$i_{\text{đ.đm}}$  - dòng ổn định động định mức của thiết bị, A;

$i_{\text{xk}}$  - dòng ngắn mạch xung kích, A;

$$i_{\text{xk}} = \sqrt{2}k_{\text{xk}} \cdot I_N$$

$I_N$  - giá trị dòng ngắn mạch, A;

$k_{\text{xk}}$  - hệ số xung kích,  $k_{\text{xk}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}$  (với  $T_a = \frac{x}{\omega r}$ )

- Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt:

$$I_{\text{đm.nh}} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\text{qd}}}{t_{\text{đm.nh}}}}$$

Ở đây:

$I_{dmh}$  - dòng điện ổn định nhiệt định mức, qui định bởi nhà chế tạo ứng với thời gian ổn định nhiệt định mức  $t_{đm.nh}$ ;

$I_{\infty}$  - giá trị hiệu dụng dòng ngắn mạch ổn định, A;

$t_{qd}$  - thời gian tác động qui đổi của dòng điện ngắn mạch, có thể xác định  $t_{qd}$  dựa vào thời gian tồn tại ngắn mạch  $t_N = t_{bv} + t_{mc}$  và tỉ số  $\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}}$

$t_{bv}$  - thời gian tác động của bảo vệ rơle,  $t_{bv} = 0,2s$  (cắt nhanh),  
 $t_{bv} = 0,5s$  (cắt chậm);

$t_{mc}$  - thời gian cắt của máy cắt, s;

$I''$  - giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch siêu quá độ, A. Nếu ngắn mạch xa nguồn:  $I'' = I_{\infty} = I_N$

Trong tính toán thực tế lưới trung áp, người ta cho phép lấy thời gian qui đổi  $t_{qd}$  bằng thời gian tồn tại ngắn mạch, nghĩa là bằng thời gian cắt ngắn mạch.

Đối với những thiết bị có dòng điện định mức trên 1000A thì không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt.

## 2.11.2. Thiết bị đóng cắt hạ áp

### a. Máy cắt hạ áp (LVCB)

#### ▪ Các chủng loại

- MCCB (Molded Case Circuit Breaker): Đây là loại CB vỏ đúc, thường là loại CB 3 pha, có cấu tạo bao gồm tiếp điểm đóng cắt, buồng dập hồ quang, rơle nhiệt, rơle từ, tay gạt và các thiết bị khác. MCCB thường được trang bị cho những đường dây có công suất lớn, cho ngõ vào của các tủ điện chính, ngõ ra của tủ điện chính và ngõ vào của tủ điện phụ.
- MCB (Miniature Circuit Breaker): Đây là thiết bị đóng cắt loại nhỏ. MCB có thể được chế tạo loại 1 cực, 2 cực, 3 cực hoặc 4 cực. MCB được trang bị cho những đường dây có tải nhỏ, thường là các tuyến dây đi ra từ tủ phân phối phụ đến thiết bị điện.
- RCCB (Residual Current Circuit Breaker): Đây là CB ngoài các chức năng đóng cắt và bảo vệ như các CB thông dụng, nó còn có thêm chức năng chống dòng rò, bảo vệ an toàn cho người khi thiết bị điện bị rò điện. Các dòng rò định mức là 10, 30, 300 mA. RCCB còn có tên khác là ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker).

#### ▪ Các thông số chính của CB

- Điện áp định mức:  $U_n$ .
- Dòng điện định mức:  $I_n$ .
- Dòng hiệu chỉnh (dòng tác động nhiệt)
 
$$I_r = (0,8 \div 1)I_n \text{ (cơ cấu ngắt nhiệt)}$$

$$I_r = (0,4 \div 1)I_n \text{ (cơ cấu ngắt điện tử)}$$
- Thời gian cắt:  $t$  (ms).
- Dòng cắt ngắn mạch định mức,  $I_{cu}$  (kA).
- Cơ cấu cắt: Thermal/Magnetic, Electronic.
- Đặc tuyến bảo vệ: B, C, D, MA, K.
- Số cực: 1, 2, 3, 4 cực.

- Tần số định mức,  $f_n$ .
- Dòng tác động của cơ cấu từ,  $I_m$ .

Ghi chú:

- CB có đặc tuyến bảo vệ B thường được sử dụng để bảo vệ cho các mạch điện chính có dòng đột biến không quá lớn (mạch điện nối từ trạm biến áp đến tủ phân phối chính, mạch điện nối từ tủ phân phối chính đến tủ phân phối phụ, mạch điện cung cấp cho tải không có dòng khởi động).
- Đặc tuyến loại C, còn được gọi là đặc tuyến phổ thông. CB có đặc tuyến C thường được sử dụng để bảo vệ cho các mạch cung cấp điện cho động cơ.
- CB có đặc tuyến loại D và K thường được sử dụng để bảo vệ cho các mạch có dòng khởi động lớn (động cơ khởi động có tải).
- CB có đặc tuyến loại MA thường được sử dụng để bảo vệ động cơ khi phối hợp với contactor ngắt (contactor với bảo vệ chống quá tải).

▪ **Điều kiện chọn CB**

- Điện áp định mức:  $U_n \geq U_{nmang}$
- Dòng điện định mức:  $I_n \geq I_{nmang}$
- Tần số định mức:  $f_n = f_{nmang}$
- Dòng cắt ngắn mạch định mức:  $I_{cu} \geq I_N^{(3)}$
- Thời gian cắt: chọn theo điều kiện phối hợp bảo vệ.
- Cơ cấu ngắt: có thể chọn cơ cấu ngắt thermal/magnetic hoặc electronic.
- Đặc tuyến bảo vệ: B, C, D, MA, K.
- Số cực: 1, 2, 3 hoặc 4 cực.

Đối với RCCB, còn có thêm điều kiện chọn dòng rò:

- CB dòng rò định mức từ 10÷30mA, thường được sử dụng trong dân dụng.
- CB dòng rò định mức từ 30÷300mA, thường được sử dụng trong công nghiệp.
- CB dòng rò định mức từ 500÷1000mA, thường được sử dụng trong chống cháy.

**a. Cầu chì**

Trong công nghiệp thường sử dụng cầu chì HRC (High Rupturing Capability: khả năng cắt lớn). Đây là loại cầu chì có khả năng cắt dòng ngắn mạch lớn và thường được sử dụng để bảo vệ cho các mạch điện không có nhu cầu đóng cắt thường xuyên.

Cầu chì HRC có dòng định mức từ 6÷630 A và cấu tạo bao gồm: cầu chì và đế cầu chì. Để thay thế cầu chì, người ta thường sử dụng 1 tay kẹp chuyên dùng. Trên cầu chì có một niêm chì mà khi cầu chì tác động, niêm chì sẽ bị mất khiến cho người sử dụng có thể biết để thay thế cầu chì. Khả năng cắt dòng ngắn mạch cầu chì HRC có thể lên tới 20 kA.

Điều kiện lựa chọn cầu chì như sau:

$$\begin{aligned} I_N &\geq I_{lvmax} \\ U_N &\geq U_{nmang} \\ I_N &\geq \frac{I_{max}}{\alpha} \\ I_{cu} &\geq I_N^{(3)} \end{aligned}$$

Ở đây:

$I_{lvmax}$  - dòng làm việc cực đại qua cầu chì, A;

$I_{max}$  - dòng điện lớn nhất đi qua cầu chì khi động cơ khởi động, A.

$$I_{\max} = I_{kd\max} + k_{dt} \sum_{i=1}^{n-1} I_{dmi}$$

$I_{kd\max}$  - dòng khởi động lớn nhất của động cơ trong nhóm thiết bị, A;

$I_{dmi}$  - dòng điện định mức của thiết bị thứ  $i$ , A;

$n$  - số động cơ trong nhóm thiết bị.

$\alpha$  - hệ số, được lựa chọn như sau:

$\alpha = 2,5$  nếu động cơ khởi động bình thường.

$\alpha = 1,6$  nếu động cơ khởi động có tải.

$I_N^{(3)}$  - dòng ngắn mạch 3 pha, tương ứng với điểm ngắn mạch mà dòng ngắn mạch qua cầu chì là lớn nhất.

### 2.11.3. Chọn thanh cái

Tiết diện thanh cái được chọn theo dòng phát nóng cho phép và kiểm tra theo điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt của dòng ngắn mạch.

**Chọn theo điều kiện phát nóng:**

$$I_{cp} = K_1 K_2 K_3 I_{cpth} \geq I_{lv\max}$$

Ở đây:

$I_{cp}$  - dòng điện cho phép của thanh cái, A;

$I_{lv\max}$  - dòng điện làm việc cực đại qua thanh cái, A;

$I_{cpth}$  - dòng điện cho phép của thanh cái khi nhiệt độ thanh cái là  $70^\circ\text{C}$ , nhiệt độ môi trường xung quanh là  $25^\circ\text{C}$  và thanh cái đặt đứng.

$K_1 = 1$  với thanh cái đặt đứng;  $K_1 = 0,95$  với thanh cái đặt ngang;

$K_2$  - hệ số hiệu chỉnh khi xét trường hợp thanh cái gồm nhiều thanh ghép lại, nếu là dây dẫn trên không thì  $K_2 = 1$ ;

$K_3$  - hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường xung quanh khác với nhiệt độ tiêu chuẩn.

**Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt:**

$$S_{tc} \geq S_{\text{đđn}} = \alpha I_\infty \sqrt{t_{qd}}$$

Ở đây:

$S_{tc}$  - tiết diện của thanh cái,  $\text{mm}^2$ ;

$\alpha$  - hệ số phụ thuộc vào loại thanh cái, tra bảng 8-8, trang 280 - sách "Cung Cấp Điện" - Tác giả Nguyễn Xuân Phú.

$I_\infty$  - dòng ngắn mạch ổn định tại thanh cái, A;

$t_{qd}$  - thời gian qui đổi, có thể lấy bằng thời gian tồn tại ngắn mạch, ms.

**Kiểm tra điều kiện ổn định động:**

$$\sigma_{cp} \geq \sigma_{tt}$$

Ở đây:

$\sigma_{cp}$  - ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh cái,  $\text{kG/cm}^2$ .

với thanh đồng  $\sigma_{cp} = 1400 \text{ kG/cm}^2$ ;

với thanh nhôm  $\sigma_{cp} = 700 \text{ kG/cm}^2$ ;

$\sigma_{tt}$  - ứng suất tính toán, xuất hiện trong thanh cái do tác động của lực điện động dòng ngắn mạch,  $\text{kG/cm}^2$ ;

$$\sigma_u = \frac{M}{W}$$

M - momen uốn tính toán, kG.cm

$$M = \frac{F_u \cdot l}{10}$$

$F_u$  - lực tính toán do tác động của dòng ngắn mạch:

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

Ở đây:

- $l$  - khoảng cách giữa các sứ của 1 pha, cm;
- $a$  - khoảng cách giữa các pha, cm;
- $i_{xk}$  - dòng ngắn mạch xung kích tại thanh cái, A.
- $W$  - momen chống uốn của thanh cái,  $\text{cm}^3$ .

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \text{ (thanh cái hình chữ nhật)}$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \text{ (thanh cái hình tròn đường kính } d)$$

#### 2.11.4. Thiết bị chống sét lan truyền vào trạm biến áp

Theo thống kê, 80% hư hỏng do sét gây ra là do sét đánh lan truyền theo đường cáp nguồn và đường tín hiệu. Do việc chống sét lan truyền chưa được quan tâm một cách đầy đủ, dẫn đến thiệt hại do sét lan truyền gây ra rất lớn. Vì thế, việc đề ra các giải pháp và cung cấp các thiết bị chống sét lan truyền theo công nghệ mới là cấp bách và cần thiết.

Các đường dây trên không, dù có được bảo vệ chống sét hay không thì các thiết bị nối với chúng đều phải chịu tác động của sóng sét truyền từ đường dây đến. Biên độ quá điện áp khí quyển có thể lớn hơn điện áp thí nghiệm xung kích và cách điện của thiết bị, dẫn đến chọc thủng cách điện, phá hoại thiết bị và gây nên sự cố, mạch điện bị cắt ra. Do vậy, để bảo vệ các thiết bị trong trạm biến áp tránh sóng quá điện áp truyền từ đường dây vào phải dùng các thiết bị chống sét. Các thiết bị chống sét này sẽ hạ thấp biên độ sóng quá điện áp đến trị số an toàn cho cách điện cần được bảo vệ.

Thiết bị chống sét là thiết bị được ghép song song với thiết bị điện để bảo vệ quá điện áp khí quyển. Khi xuất hiện quá điện áp, nó sẽ phóng điện trước làm giảm trị số quá điện áp đặt lên cách điện của thiết bị và khi hết quá điện áp sẽ tự động dập tắt hồ quang của dòng điện xoay chiều, phục hồi trạng thái làm việc bình thường. Để làm được nhiệm vụ trên, thiết bị chống sét cần đạt các điều kiện sau đây:

- Có đặc tính vôn - giây (V-s) thấp hơn đặc tính V-s của cách điện.
- Có khả năng dập tắt nhanh chóng hồ quang của dòng xoay chiều.
- Khi quá điện áp, thiết bị chống sét làm việc (phóng điện) để tản dòng xuống đất đồng thời tạo nên ngắn mạch chạm đất. Khi hết quá điện áp, phải nhanh chóng dập tắt hồ quang của dòng ngắn mạch chạm đất trước khi bộ phận bảo vệ rơle làm việc để hệ thống điện được tiếp tục vận hành an toàn.
- Có mức điện áp dư thấp so với cách điện của thiết bị được bảo vệ
- Sau khi phóng điện, điện áp còn trên thiết bị chống sét (áp dư) sẽ tác dụng lên cách điện của thiết bị, nếu điện áp này lớn vẫn có thể gây nguy hiểm cho thiết bị điện.

Lưu ý:

- Với khe hở bảo vệ và chống sét ống, giảm điện áp dư chủ yếu bằng cách giảm điện trở của bộ phận nối đất.
- Ở chống sét van, bên cạnh việc giảm trị điện trở không đường thẳng phải hạn chế dòng điện qua nó không lớn quá trị số qui định (5 kA hoặc 10 kA).
- Thiết bị chống sét không được làm việc (phóng điện) khi có quá điện áp nội bộ
- Yêu cầu này thực hiện bằng cách điều chỉnh (khoảng cách) khe hở phóng điện của thiết bị chống sét.

#### a. Các thiết bị chống sét lan truyền

##### ▪ Chống sét van

Nguyên lý của chống sét van: gồm có 2 phần tử chính là khe hở phóng điện và điện trở làm việc. Khe hở phóng điện của chống sét van là một chuỗi các khe hở nhỏ có nhiệm vụ phóng điện khi xuất hiện quá điện áp. Điện trở làm việc là điện trở phi tuyến có tác dụng hạn chế trị số dòng điện ngắn mạch chạm đất qua chống sét van khi sóng quá điện áp chọc thủng các khe hở phóng điện.

Gần đây với công nghệ tiên tiến, người ta đưa ra loại chống sét van có điện trở phi tuyến được tạo bởi các hạt ZnO và các hạt này được bao bởi một màn mỏng  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ . Loại chống sét van này có nhiều ưu điểm hơn chống sét van trước đây:

- Độ tin cậy cao, kích thước gọn nhẹ.
- Hệ số phi tuyến cao, dòng điện rò nhỏ.
- Đặc tuyến bảo vệ mềm hơn.

##### ▪ Chống sét van oxyt kim loại (MOV)

Chống sét van đã thay đổi một cách cơ bản trong khoảng hơn 20 năm trở lại đây cả về cấu trúc lẫn nguyên lý làm việc. Loại chống sét van có khe hở phóng điện kiểu tấm phẳng và phát triển lên loại có khe hở thổi từ và điện trở SiC mắc nối tiếp đã được thay thế bằng chống sét van không có khe hở phóng điện.

Chống sét van mới không có khe hở phóng điện mà dựa trên điện trở oxyt kim loại (MOV) có đặc tính U-I hoàn toàn phi tuyến và có khả năng hấp thụ năng lượng rất cao. Chúng được biết đến như loại chống sét van oxyt kim loại (MO).

Chống sét van MOV không phóng điện, do vậy không định nghĩa điện áp phóng điện. Khi điện áp tăng, chống sét van MOV chuyển ngay từ trị số điện trở lớn sang điện trở nhỏ. Khi điện áp giảm, chống sét van MOV lại duy trì tính dẫn điện kém của nó.

Mức bảo vệ của chống sét van MOV được xác định bằng điện áp dư của nó.

Chống sét van MOV được sử dụng để bảo vệ thiết bị và trạm quan trọng (đặc biệt là máy biến áp điện lực) chống lại quá điện áp khí quyển và quá điện áp đóng mở. Khi thiết kế và lựa chọn chống sét van thông dụng, cần lưu ý điện áp đánh thủng và điện áp đệm. Ngoài ra, chống sét van MOV được chọn theo các tiêu chuẩn sau đây:

- Điện áp tần số nguồn tối đa.
- Khả năng hấp thụ năng lượng.
- Mức bảo vệ.

Chống sét van trong lưới phân phối dưới 30 kV thường được thiết kế với dòng điện sét định mức 5 kA, chống sét van dùng cho các điện áp trên 30 kV luôn có dòng sét định mức 10 kA.

### b. Lựa chọn thiết bị chống sét lan truyền vào trạm biến áp

Để đảm bảo các biên hạn bảo vệ và phát huy tốt chức năng bảo vệ quá áp của chống sét, cần tiến hành các bước sau:

**Bước 1:** Xác định môi trường lắp đặt của chống sét

Ở bước này, cần xác định yếu tố môi trường bên ngoài nơi chống sét sẽ được lắp đặt như: lắp đặt trong nhà hay ngoài trời, mức độ ô nhiễm để xác định chiều dài đường rò của vỏ bọc cách điện.

**Bước 2:** Xác định các thông số của hệ thống

- Xác định điện áp vận hành cực đại của hệ thống  $U_m$

Điện áp vận hành của hệ thống là giá trị hiệu dụng cao nhất của điện áp dây xảy ra trong điều kiện vận hành bình thường ở một thời điểm và vị trí nào đó trong hệ thống.

Nếu chỉ có điện áp định mức của hệ thống  $U_{dm}$ , thì chọn  $U_m = (1,05 \div 1,1)U_{dm}$ .

- Xác định hệ số chạm đất  $K_e$

Là tỉ số của điện áp ở các pha không bị sự cố trong quá trình sự cố đối với điện áp trước khi bị sự cố chạm đất.

- Xác định quá điện áp tạm thời  $U_{TOV}$  (Temporary OverVoltage)

Thông thường, giá trị  $U_{T.O.V}$  được hiểu là điện áp ở sự cố chạm đất một pha. Biên độ  $U_{TOV}$  được xác định như sau:

$$U_{TOV} = K_e \times \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

Cần lựa chọn  $U_{T.O.V.chống\ sét} \geq U_{T.O.V.lưới}$

**Bước 3:** Kiểm tra các lý do khác xảy ra quá điện áp tạm thời TOV.

Thông thường TOV xuất hiện khi có sự cố chạm đất, hoặc do sa thải phụ tải, tuy nhiên ở một số kết cấu lưới nào đó có thể xảy ra quá điện áp cộng hưởng, điều này cũng có thể xảy ra khi các máy cắt tác động không đồng thời. Quá điện áp cộng hưởng không được dùng làm cơ sở để tính toán chọn TOV của chống sét.

Trong vài trường hợp vận hành, để giảm dòng sự cố, chỉ chọn nối đất trung tính của một số biến áp, trong trường hợp này có thể xảy ra khả năng là một số bộ phận của hệ thống có thể trở thành mất tác dụng phần nối đất trong một số giai đoạn mà một hoặc nhiều máy biến áp, trung tính được tách ra không nối đất. Nếu không dự phòng cho việc này thì một số sự cố chạm đất trong những giai đoạn này có thể dẫn đến TOV cao hơn và làm hỏng chống sét.

Tuy nhiên, hiếm khi xảy ra trường hợp này, do vậy chấp nhận nguy cơ hỏng chống sét thay vì chọn một chống sét có TOV cao hơn.

**Bảng 2.7.** Hệ số chạm đất

Phương thức nối đất của lưới điện	$K_e$
Hệ thống 4 dây nối đất lặp lại	1,25 - 1,35
Cáp (4 dây)	1,50
Hệ thống 3 dây, nối đất tổng trở nhỏ	1,40
Hệ thống 3 dây, nối đất tổng trở cao	1,73
Hệ thống 3 dây, nối $\Delta$	1,73

**Bước 4:** Xác định điện áp vận hành liên tục của chống sét  $U_C$  (Continuous Operating Voltage)

Thường được viết tắt là COV hay MCOV là trị số hiệu dụng của điện áp tần số công nghiệp cho phép đã được thiết kế cho chống sét, có thể áp dụng liên tục vào hai cực của



chống sét. Lưu ý,  $U_c$  của bộ chống sét có thể nhỏ hơn tổng các  $U_c$  của từng phần tử khi điện áp phân bố dọc theo chống sét không hoàn toàn đồng nhất.

$$U_c \geq \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

## 2.12. TÍNH THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ CỦA CÁC MẠNG ĐIỆN ĐƠN GIẢN

### 2.12.1. Sơ đồ thay thế lưới cung cấp điện

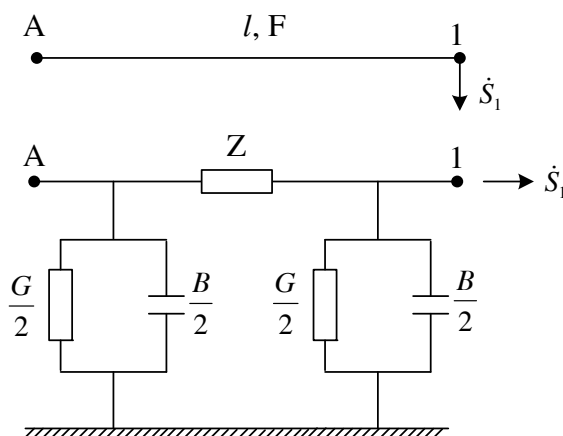
Thường dùng hai loại sơ đồ: sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế.

Sơ đồ nguyên lý là sơ đồ chấp nối các phần tử của lưới cung cấp điện (máy biến áp, đường dây, máy cắt, cầu dao, cầu chì, ...) nhằm mô tả cách thức cấp điện từ nguồn đến các phụ tải.

Sơ đồ thay thế là sơ đồ dùng trong quá trình tính toán lưới cung cấp điện, trên đó người ta đã thay thế các phần tử của lưới bằng các đại lượng đặc trưng cho quá trình truyền tải điện.

#### a. Sơ đồ thay thế đường dây tải điện

Sơ đồ thay thế đầy đủ của một đường dây tải điện là sơ đồ Hình 2.20.



**Hình 2.20.** Sơ đồ nguyên lý và thay thế đoạn đường dây tải điện dài  $l$ , tiết diện  $F$ .

Ba đại lượng đặc trưng cho quá trình truyền tải điện trên đường dây là  $Z$ ,  $G$  và  $B$ , trong đó:

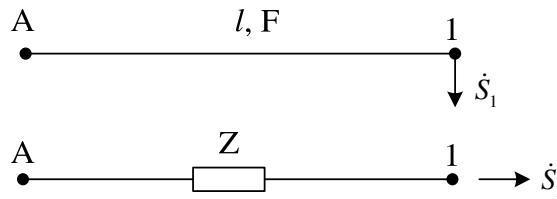
$Z$  - tổng trở của đoạn đường dây,  $\Omega$ ;

$G$  - điện dẫn của đoạn đường dây, đặc trưng cho tổn thất công suất tác dụng do rò điện qua sứ, cột và do vầng quang điện. Vầng quang điện là hiện tượng khi mà cường độ điện trường trên bề mặt dây dẫn đủ lớn làm ion hoá lớp không khí xung quanh tạo nên một vầng sáng xung quanh dây dẫn.

$B$  - dung dẫn của đoạn đường dây. Khi đường dây tải điện, giữa các dây đặt gần nhau và giữa dây với đất hình thành những bản cực, kết quả là tạo ra một công suất phản kháng  $Q_c$  phóng lên đường dây. Với đường dây cao áp (110, 220 kV) nhiều khi hiện tượng này có lợi vì nó bù lại lượng công suất  $Q$  tổn thất trên điện kháng  $X$  của đường dây, nhưng lại rất nguy hiểm ở những đường dây siêu cao áp, đặc biệt khi không tải và non tải, làm cho điện áp cuối đường dây tăng cao vượt quá trị số cho phép.

Lượng  $Q_c$  do đường dây sinh ra tỉ lệ với bình phương điện áp tải điện, với điện áp đường dây nhỏ hơn 35 kV, lượng  $Q_c$  này nhỏ, có thể bỏ qua.

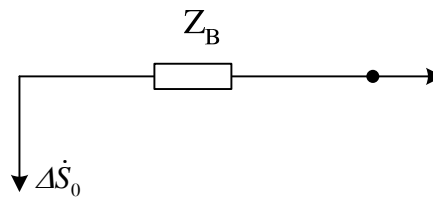
Cũng vì ở điện áp trung áp và hạ áp, tổn thất vầng quang và rò điện rất nhỏ, người ta cho phép bỏ qua đại lượng  $G$  trên sơ đồ thay thế. Vì vậy, sơ đồ thay thế đơn giản chỉ gồm tổng trở các đoạn đường dây (Hình 2.21).



**Hình 2.21.** Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế đường dây trung áp và hạ áp.

### b. Sơ đồ thay thế máy biến áp

Máy biến áp là thiết bị điện làm nhiệm vụ biến đổi điện áp và truyền tải công suất. Người ta thường sử dụng sơ đồ thay thế gần đúng hình  $\Gamma$  (Hình 2.22).



**Hình 2.22.** Sơ đồ thay thế gần đúng máy biến áp.

$Z_B$  - tổng trở cuộn dây máy biến áp,  $\Omega$ ;

$$Z_B = R_B + jX_B = \frac{\Delta P_N U_{dmB}^2}{S_{dmB}^2} \cdot 10^3 + j \frac{U_N U_{dmB}^2}{S_{dmB}} \cdot 10$$

Ở đây:

$\Delta P_N$  - tổn hao ngắn mạch, kW;

$U_{dmB}$  - điện áp định mức của biến áp, kV. Nếu tính  $Z_B$  về phía cao áp thì lấy  $U_{dmB}$  ở phía cao, nếu tính  $Z_B$  về phía hạ áp thì lấy  $U_{dmB}$  ở phía hạ áp;

$S_{dmB}$  - công suất định mức của máy biến áp, kVA;

$U_N$  - điện áp ngắn mạch, %;

$\Delta S_0$  - tổn thất công suất không tải của máy biến áp, kVA;

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

Ở đây:

$\Delta P_0$  - tổn thất công suất tác dụng do phát nóng lõi thép, kW;

$\Delta Q_0$  - tổn thất công suất phản kháng do từ hoá lõi thép, kVAr.

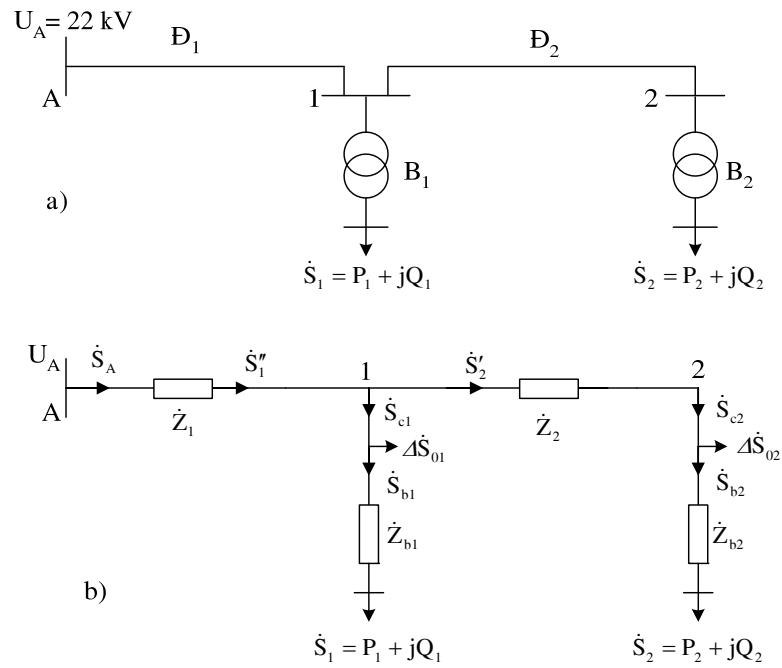
## 2.12.2. Mạng điện hở

### a. Xác định dòng công suất trong các mạng điện trở

Trong thiết kế cũng như vận hành, thông thường điện áp của các nút nguồn cung cấp đã biết. Vì vậy, tính thông số chế độ của mạng điện đơn giản có thể tiến hành theo phương pháp gần đúng sau đây.

Trước hết, chúng ta lấy điện áp ở tất cả các nút trong mạng điện bằng điện áp định mức của mạng điện ( $U_i = U_{dm}$ ) và tiến hành tính các dòng công suất, các tổn thất công suất trong các phần tử của mạng điện.

Đối với sơ đồ tính toán của mạng điện ở hình 3.23b, quá trình tính toán được thực hiện như sau:



a. Sơ đồ mạng điện    b. Sơ đồ tính toán của mạng điện.

**Hình 2.23.** Các sơ đồ mạng điện hở.

Tổn thất công suất trong tổng trở của máy biến áp B<sub>2</sub> được xác định:

$$\Delta \dot{S}_{b_2} = \Delta P_{b_2} + j\Delta Q_{b_2} = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} R_{b_2} + j \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} X_{b_2}$$

Dòng công suất trước tổng trở  $\dot{Z}_{b_2}$ :

$$\dot{S}_{b_2} = P_{b_2} + jQ_{b_2} = (P_2 + \Delta P_{b_2}) + j(Q_2 + \Delta Q_{b_2})$$

Dòng công suất vào cuộn dây cao áp của máy biến áp B<sub>2</sub>:

$$\dot{S}_{c_2} = P_{c_2} + jQ_{c_2} = (P_{b_2} + \Delta P_{0_2}) + j(Q_{b_2} + \Delta Q_{0_2})$$

Tổn thất công suất trên đoạn 12:

$$\Delta \dot{S}_2 = \Delta P_2 + j\Delta Q_2 = \frac{(P_{c_2})^2 + (Q_{c_2})^2}{U_{dm}^2} (R_2 + jX_2)$$

Dòng công suất trước tổng trở  $\dot{Z}_2$ :

$$\dot{S}'_2 = P'_2 + jQ'_2 = (P_{c_2} + \Delta P_2) + j(Q_{c_2} + \Delta Q_2)$$

Tổn thất công suất trong tổng trở của máy biến áp B<sub>1</sub>:

$$\Delta \dot{S}_{b_1} = \Delta P_{b_1} + j\Delta Q_{b_1} = \frac{(P_1)^2 + (Q_1)^2}{U_{dm}^2} (R_{b_1} + jX_{b_1})$$

Dòng công suất trước tổng trở  $\dot{Z}_{b_1}$ :

$$\dot{S}_{b_1} = P_{b_1} + jQ_{b_1} = (P_1 + \Delta P_{b_1}) + j(Q_1 + \Delta Q_{b_1})$$

Dòng công suất chạy vào cuộn dây cao áp của máy biến áp B<sub>1</sub>:

$$\dot{S}_{c_1} = P_{c_1} + jQ_{c_1} = (P_{b_1} + \Delta P_{0_1}) + j(Q_{b_1} + \Delta Q_{0_1})$$

Dòng công suất sau tổng trở  $\dot{Z}_1$ :

$$\dot{S}''_1 = P''_1 + jQ''_1 = \dot{S}'_2 + \dot{S}_{c_1} = P'_2 + P_{c_1} + j(Q'_2 + Q_{c_1})$$

Tổn thất công suất trong tổng trở  $\dot{Z}_1$ :

$$\Delta \dot{S}_1 = \Delta P_1 + j\Delta Q_1 = \frac{(P''_1)^2 + (Q''_1)^2}{U_{dm}^2} (R_1 + jX_1)$$

Dòng công suất từ nút A chạy vào mạng điện:

$$\dot{S}_A = P_A + jQ_A = (P''_1 + \Delta P_1) + j(Q''_1 + \Delta Q_1)$$

Kết quả tính các dòng công suất với mỗi chế độ của mạng điện được ghi trên sơ đồ tính toán của nó. Nếu giá trị công suất mang giá trị âm, có nghĩa là trong thực tế, dòng công suất có chiều ngược lại so với chiều qui ước.

## b. Tính điện áp các nút trong mạng điện

Điện áp ở các nút trong mạng điện được xác định trên cơ sở điện áp của nút nguồn đã biết và sự phân bố chính xác các dòng công suất trong mạng điện.

Đối với sơ đồ tính toán hình 3.23b, tính điện áp các nút trong mạng điện được tiến hành như sau:

Điện áp trên đường dây Đ<sub>1</sub> được xác định:

$$\Delta U_d = \frac{P_A R_1 + Q_A X_1}{U_A}$$

Điện áp trên thanh góp cao áp của trạm 1:

$$U_1 = U_A - \frac{P_A R_1 + Q_A X_1}{U_A}$$

Điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm 1, qui đổi về phía cao áp:

$$U_{1q} = U_1 - \Delta U_{b1} = U_1 - \frac{P_1 R_{b1} + Q_1 X_{b1}}{U_1}$$

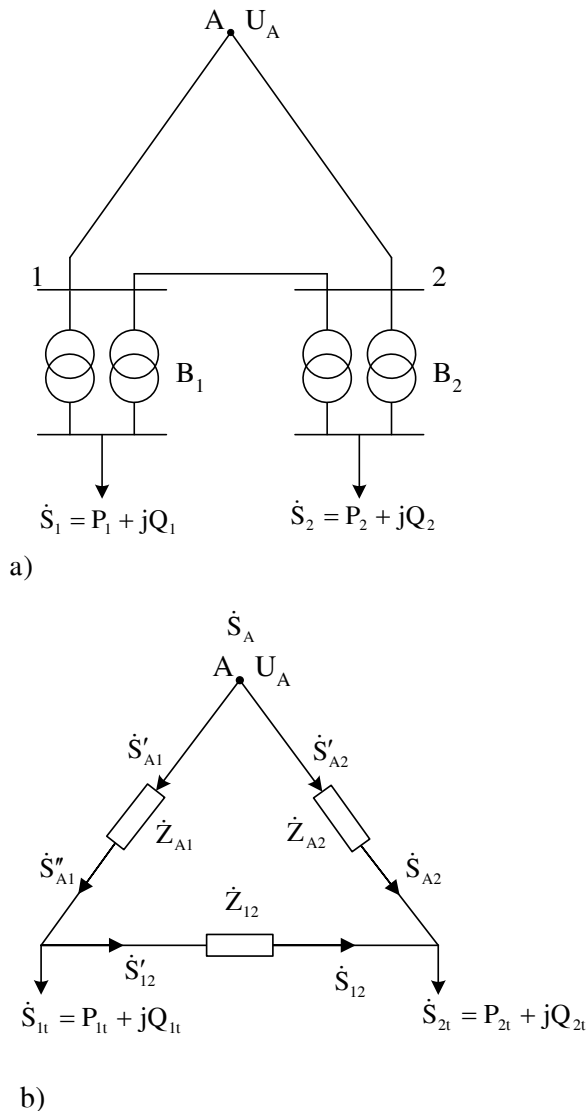
Điện áp trên thanh góp cao áp của trạm 2:

$$U_2 = U_1 - \frac{P'_2 R_2 + Q'_2 X_2}{U_1}$$

Điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm 2, qui đổi về phía cao áp:

$$U_{2q} = U_2 - \Delta U_{b2} = U_2 - \frac{P_2 R_{b2} + Q_2 X_{b2}}{U_2}$$

### 2.12.3. Mạng điện kín



a. Sơ đồ mạng điện      b. Sơ đồ tính toán của mạng điện.

**Hình 2.24.** Các sơ đồ mạng điện kín.

#### a. Quy các phụ tải về phía điện áp cao và lập sơ đồ tính toán

Các phụ tải của mạng điện thường được cho trên các thanh góp hạ áp của các trạm khu vực và các trạm phân phối. Vì vậy, để thuận tiện khi phân tích chế độ xác lập, người ta thường qui đổi các phụ tải về mạng cao áp. Các phụ tải sau khi quy đổi về các thanh góp cao áp của trạm được gọi là các phụ tải tính toán (hay quy đổi) của trạm.

Phụ tải tính toán của trạm 1 (hình 3.24a) được xác định theo công thức:

$$\dot{S}_{1r} = \dot{S}_1 + \Delta\dot{S}_{b1} + \Delta\dot{S}_{01}$$

Ở đây:

$\dot{S}_1$  : công suất phụ tải của trạm 1, MVA;

$\Delta\dot{S}_{b1}$ : tổn thất công suất trong các cuộn dây của máy biến áp trong trạm 1, MVA;

$\Delta\dot{S}_{01}$ : tổn thất công suất trong lõi thép của máy biến áp trong trạm 1, MVA.

Sau khi đã xác định được tất cả các phụ tải tính toán của các trạm, lập sơ đồ tính toán của mạng điện.

Đối với mạng điện cho trên Hình 2.24a, sơ đồ tính toán có dạng như Hình 2.24b.

### b. Tính gần đúng các dòng công suất trong mạng điện kín

Khi xác định gần đúng các dòng công suất trong mạng điện kín, ta không xét đến tổn thất công suất trong các tổng trở của đường dây, đồng thời dùng phụ tải tính toán của các trạm.

Đối với sơ đồ tính toán ở hình 3.24b, dòng công suất chạy trên các đoạn đường dây  $A_1$  và  $A_2$  được xác định theo công thức:

$$\dot{S}_{A1} = \frac{\dot{S}_{1r}(\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{A2}) + \dot{S}_{2r}\dot{Z}_{A2}}{\dot{Z}_{A1} + \dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{A2}}$$

$$\dot{S}_{A2} = \frac{\dot{S}_{2r}(\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{A1}) + \dot{S}_{1r}\dot{Z}_{A1}}{\dot{Z}_{A1} + \dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{A2}}$$

Đối với mạng điện kín có cùng tiết diện trên tất cả các đoạn thì phân bố công suất trong mạng chỉ phụ thuộc vào chiều dài:

$$\dot{S}_{A1} = \frac{\dot{S}_{1r}(l_{12} + l_{A2}) + \dot{S}_{2r}l_{A2}}{l_{A1} + l_{12} + l_{A2}}$$

$$\dot{S}_{A2} = \frac{\dot{S}_{2r}(l_{12} + l_{A1}) + \dot{S}_{1r}l_{A1}}{l_{A1} + l_{12} + l_{A2}}$$

Dòng công suất chạy trên đường dây 12 được xác định trên cơ sở định luật Kirchhoff đối với nút 1 hoặc nút 2. nếu  $\dot{S}_{A1} > \dot{S}_{1r}$  thì  $\dot{S}_{12} = \dot{S}_{A1} - \dot{S}_{1r}$ .

### c. Tính chính xác dòng công suất trong mạng điện kín

Sau khi xác định các dòng công suất trong mạng điện, có thể dễ dàng tìm được điểm phân chia công suất của mạng đã cho. Điểm phân chia công suất là nút nhận công suất đi đến từ hai phía và là điểm có điện áp thấp nhất của mạng điện kín.

Để đơn giản, khi tính toán có thể chia mạng kín đã cho thành hai mạng hở tại điểm phân chia công suất. Khi đó tính chế độ của các đường dây được tiến hành tương tự như mạng hở.

Giả thiết rằng trong mạng điện kín hình 3.24 chỉ có một điểm phân chia công suất là điểm 2.

Như vậy, dòng công suất sau tổng trở  $\dot{Z}_{A2}$  bằng  $\dot{S}_{A2}$ , đồng thời dòng công suất sau tổng trở  $\dot{Z}_{12}$  bằng  $\dot{S}_{12}$ .

Khi đó, tổn thất công suất trong tổng trở  $\dot{Z}_{12}$ :

$$\Delta\dot{S}_{12} = \Delta P_{12} + j\Delta Q_{12} = \frac{P_{12}^2 + Q_{12}^2}{U_{dm}^2} (R_{12} + jX_{12})$$

Dòng công suất trước tổng trở  $\dot{Z}_{12}$ :

$$\dot{S}'_{12} = P'_{12} + jQ'_{12} = (P_{12} + \Delta P_{12}) + j(Q_{12} + \Delta Q_{12})$$

Dòng công suất sau tổng trở  $\dot{Z}_{A1}$  :

$$\dot{S}_{A1}'' = P_{A1}'' + jQ_{A1}'' = (P_{11} + P_{12}') + j(Q_{11} + Q_{12}') )$$

Tổn thất công suất trong tổng trở  $\dot{Z}_{A1}$  :

$$\Delta \dot{S}_{A1} = \Delta P_{A1} + j\Delta Q_{A1} = \frac{(P_{A1}'')^2 + (Q_{A1}'')^2}{U_{dm}^2} (R_{A1} + jX_{A1})$$

Dòng công suất trước tổng trở  $\dot{Z}_{A1}$  :

$$\dot{S}_{A1}' = P_{A1}' + jQ_{A1}' = (P_{A1}'' + \Delta P_{A1}) + j(Q_{A1}'' + \Delta Q_{A1})$$

Tổn thất công suất trong tổng trở  $\dot{Z}_{A2}$  :

$$\Delta \dot{S}_{A2} = \Delta P_{A2} + j\Delta Q_{A2} = \frac{P_{A2}'^2 + Q_{A2}'^2}{U_{dm}^2} (R_{A2} + jX_{A2})$$

Dòng công suất trước tổng trở  $\dot{Z}_{A2}$  :

$$\dot{S}_{A2}' = P_{A2}' + jQ_{A2}' = (P_{A2} + \Delta P_{A2}) + j(Q_{A2} + \Delta Q_{A2})$$

Dòng công suất do nguồn cung cấp vào mạng điện:

$$\dot{S}_A = P_A + jQ_A = (P_{A1}' + P_{A2}') + j(Q_{A1}' + Q_{A2}')$$

#### d. Tính điện áp các nút trong mạng điện kín

Điện áp ở tất cả các nút trong mạng điện được xác định trên cơ sở điện áp  $U_A$  của nguồn cung cấp và sự phân bố chính xác các dòng công suất trong mạng điện.

Đối với sơ đồ tính toán hình 3.24b, tính điện áp các nút được tiến hành theo thứ tự sau.

Điện áp trên thanh góp cao áp của trạm 2:

$$U_2 = U_A - \frac{P_{A2}' R_{A2} + Q_{A2}' X_{A2}}{U_A}$$

Điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm 2, quy đổi về phía cao áp:

$$U_{2q} = U_2 - \frac{P_2 R_{b2} + Q_2 X_{b2}}{U_2}$$

Ở đây:

$P_2, Q_2$  : công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải trạm 2, kW, kVAR;

$R_{b2}, X_{b2}$  : điện trở tác dụng và điện kháng của các máy biến áp trạm 2,  $\Omega$ .

Điện áp trên thanh góp cao áp của trạm 1:

$$U_1 = U_A - \frac{P_{A1}' R_{A1} + Q_{A1}' X_{A1}}{U_A}$$

Điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm 1, quy đổi về phía cao áp:

$$U_{1q} = U_1 - \frac{P_1 R_{b1} + Q_1 X_{b1}}{U_1}$$

Ở đây:

$P_1, Q_1$  : công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải trạm 1, kW, kVAR;

$R_{b1}, X_{b1}$  : điện trở tác dụng và điện kháng của các máy biến áp trạm 1,  $\Omega$ .

### 2.13. CHỌN ĐẦU PHÂN ÁP CỦA MÁY BIẾN ÁP

Biết được điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm biến áp trong các chế độ phụ tải lớn nhất, nhỏ nhất và sự cố quy đổi về phía cao áp, có thể tìm đầu điều chỉnh tính toán của máy biến áp. Đầu điều chỉnh được chọn sao cho đảm bảo độ lệch nhỏ nhất của điện áp trên thanh góp của các trạm biến áp trong các chế độ làm việc khác nhau của mạng điện.

Nếu các phụ tải trên thanh góp hạ áp của trạm biến áp có yêu cầu điều chỉnh điện áp khác thường, khi đó cần sử dụng các máy biến áp điều chỉnh dưới tải.

Sử dụng các máy biến áp điều chỉnh dưới tải cho phép thay đổi đầu điều chỉnh khi máy biến áp đang vận hành. Do đó, chất lượng điện áp của các hộ tiêu thụ được đảm bảo trong cả ngày đêm. Vì vậy, cần xác định điện áp của đầu điều chỉnh đối với chế độ phụ tải lớn nhất và nhỏ nhất. Bởi vì thời gian xảy ra sự cố không biết trước, do đó có thể giả thiết rằng chế độ này xuất hiện trong trường hợp bất lợi nhất, nghĩa là vào những giờ phụ tải lớn nhất.

Nếu biết các giá trị điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm biến áp trong các chế độ phụ tải lớn nhất, nhỏ nhất và sau sự cố, quy đổi về phía điện áp cao là  $U_{q\max}$ ,  $U_{q\min}$ ,  $U_{qsc}$ . Đồng thời điện áp yêu cầu trên thanh góp hạ áp của trạm trong các chế độ phụ tải lớn nhất, nhỏ nhất và sau sự cố có các giá trị tương ứng là  $U_{yc\max}$ ,  $U_{yc\min}$ ,  $U_{ycsc}$ . Như vậy, đầu điều chỉnh trong cuộn dây cao áp khi phụ tải lớn nhất được xác định theo công thức:

$$U_{đc\max} = \frac{U_{q\max} U_{hđm}}{U_{yc\max}}$$

Đối với chế độ phụ tải nhỏ nhất:

$$U_{đc\min} = \frac{U_{q\min} U_{hđm}}{U_{yc\min}}$$

Trong chế độ sau sự cố:

$$U_{đcsc} = \frac{U_{qsc} U_{hđm}}{U_{ycsc}}$$

Với  $U_{hđm}$  - điện áp định mức của cuộn hạ áp, kV.

Từ các giá trị tìm được của điện áp tính toán theo công thức trên, ta tiến hành chọn các đầu tiêu chuẩn gần nhất.

Ký hiệu điện áp của các đầu điều chỉnh theo tiêu chuẩn đối với các chế độ phụ tải lớn nhất, nhỏ nhất và sau sự cố là  $U_{tc\max}$ ,  $U_{tc\min}$ ,  $U_{tcsc}$ . Khi đó, các điện áp thực trên thanh góp hạ áp của trạm trong các chế độ được tính như dưới đây.

Đối với chế độ phụ tải lớn nhất:

$$U_{t\max} = \frac{U_{q\max} U_{hđm}}{U_{tc\max}}$$

Đối với chế độ phụ tải nhỏ nhất:

$$U_{t\min} = \frac{U_{q\min} U_{hđm}}{U_{tc\min}}$$

Đối với chế độ sau sự cố:

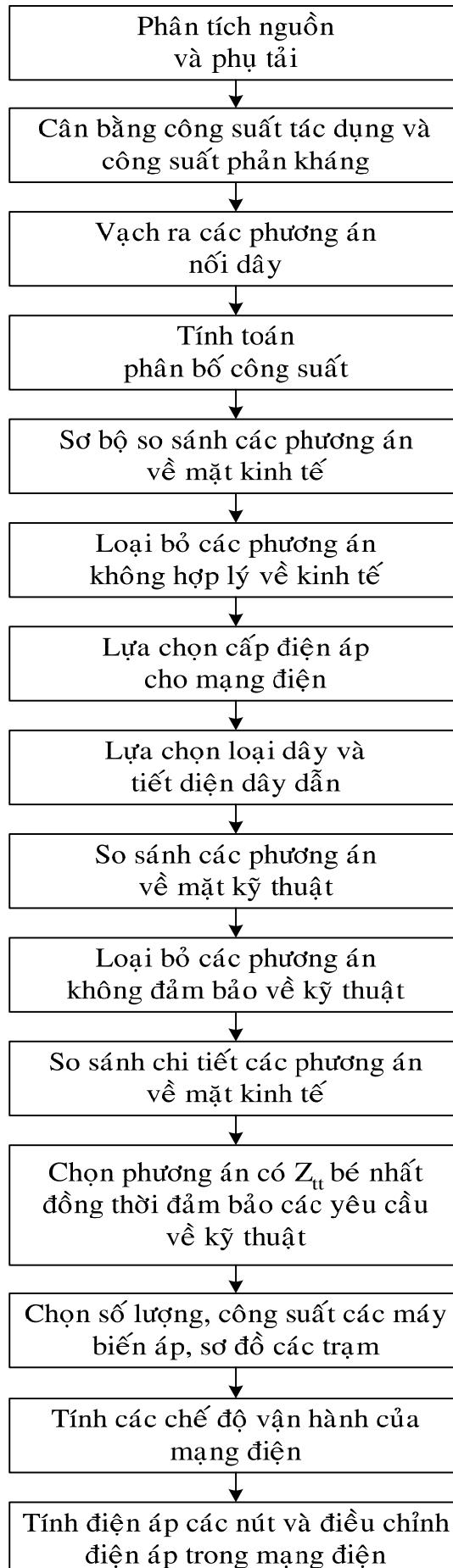
$$U_{tsc} = \frac{U_{qsc} U_{hđm}}{U_{tcsc}}$$

Độ lệch điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm đối với mỗi chế độ được xác định theo công thức tổng quát sau:

$$\Delta U_i \% = \frac{U_{it} - U_{đm}}{U_{đm}} 100\%$$

Ở đây:  $U_{it}$  là điện áp thực trên thanh góp hạ áp của trạm trong chế độ phụ tải lớn nhất, nhỏ nhất và sau sự cố.



**2.14. LƯU ĐỒ THỦ TỤC THIẾT KẾ MẠNG PHÂN PHỐI**

**CHƯƠNG 3****THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG CHO TRẠM PHÂN PHỐI 22/0,4kV****3.1. BÀI TẬP THIẾT KẾ.**

Số liệu đường dây phân phối 22kV:

- Chiều dài đường dây: 6 km
- Số trạm biến áp phân phối: 10 trạm
- Công suất máy cắt đầu nguồn: 1400MVA
- Đồ thị phụ tải hàng ngày của trạm biến áp:

Giờ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
%S <sub>max</sub>	50	50	50	60	60	70	70	80	80	90	90	60

Giờ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
%S <sub>max</sub>	40	40	50	50	70	70	100	100	100	80	80	60

- Tổng công suất phụ tải: 650kVA/trạm.
- Hệ số đồng thời phụ tải của trạm: 0,65
- Hệ số công suất: 0,8

**3.2. TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ****1. Xác định tải cực đại và lựa chọn máy biến áp cho trạm.**

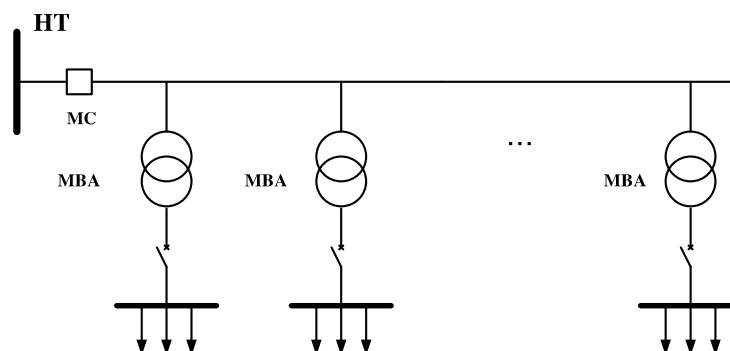
Tổng công suất tính toán trạm:

$$S_{\max} = S_L \times k_{dt} = 650 \times 0,65 = 422,5 \text{ kVA}$$

Vậy:  $S_{\max} = S_{tt \text{ trạm}} = 422,5 \text{ kVA}$

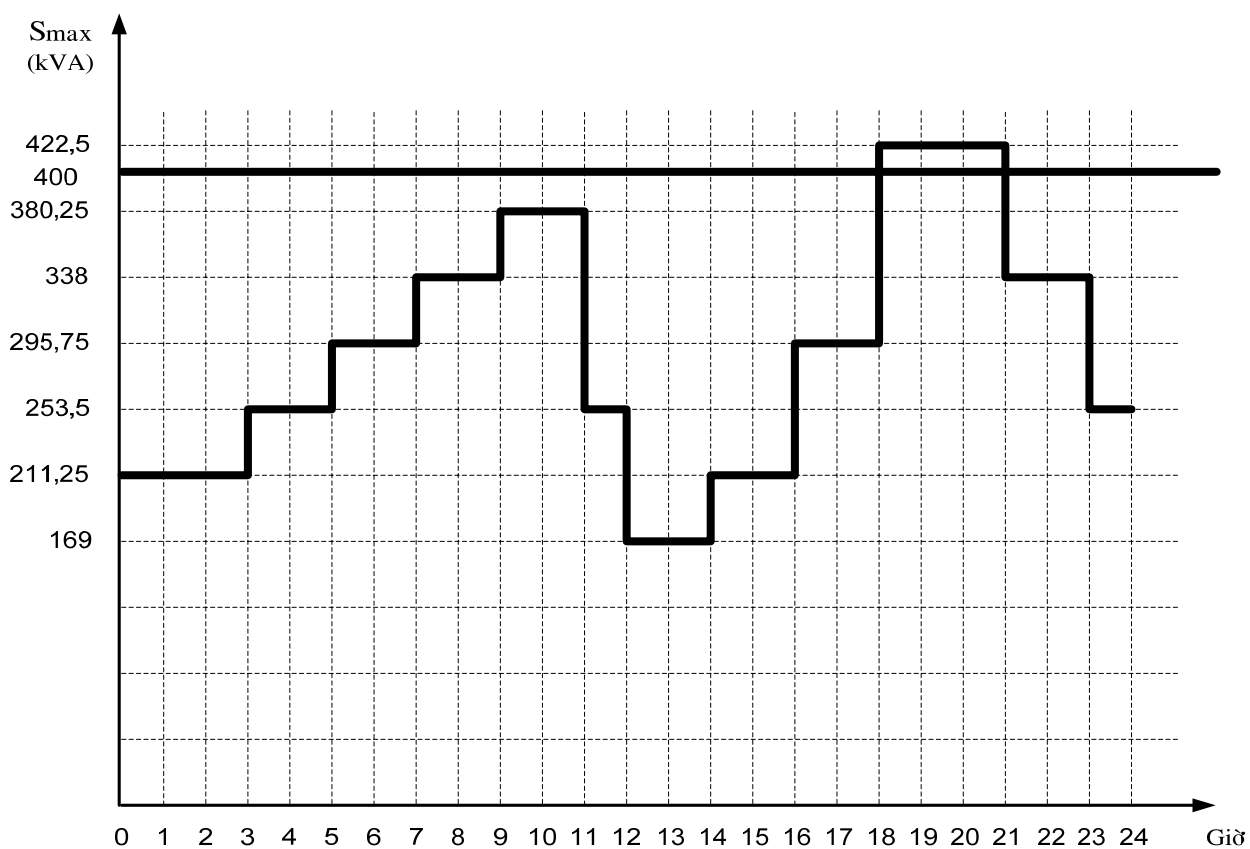
$$100\%S_{\max} = 422,5 \text{ kVA}$$

Đường dây trên không với phụ tải phân bố đều:



Chọn máy biến áp theo điều kiện quá tải bình thường đối với trạm có một máy biến áp:

### Đồ thị phụ tải



Chọn máy biến áp có công suất 400kVA.

- Tính phụ tải đẳng trị 10 giờ trước khi quá tải:

$$S_{dtri1} = \sqrt{\frac{\sum S_i^2 \times t_i}{10}}$$

$$= \sqrt{\frac{338^2 \times 1 + 380,25^2 \times 2 + 253,5^2 \times 1 + 169^2 \times 2 + 211,25^2 \times 2 + 295,75^2 \times 2}{10}}$$

$$= 280,76 \text{ (kVA)}$$

- Tính phụ tải đẳng trị trong thời gian quá tải:

$$S_{dtri2} = \sqrt{\frac{422,5^2 \times 3}{3}} = 422,5 \text{ (kVA)}$$

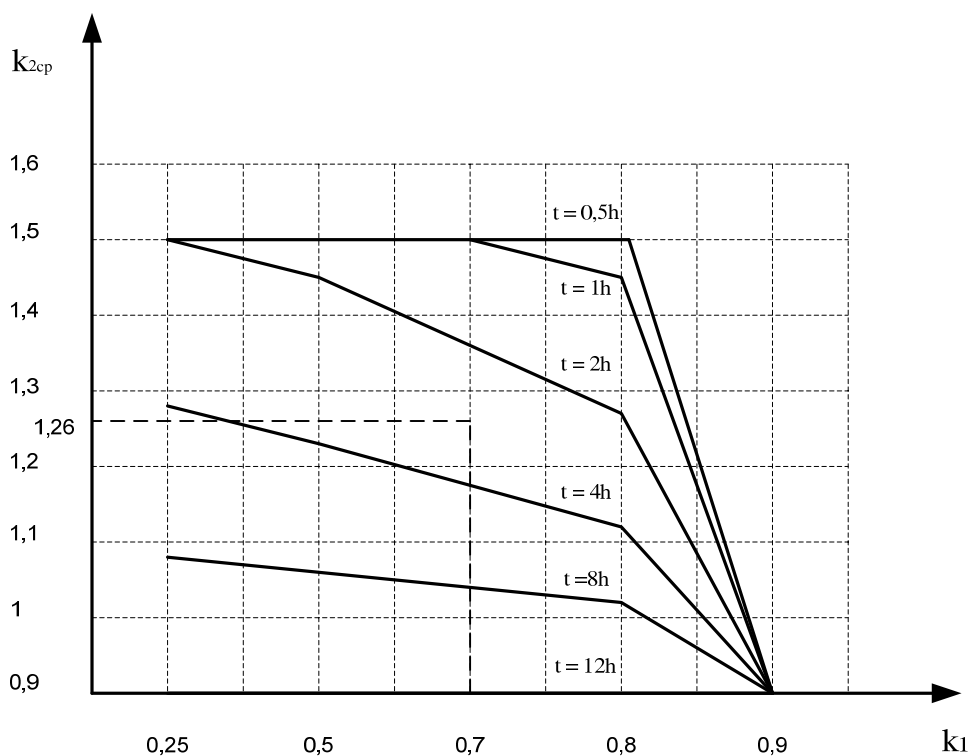
- Tỷ số giữa phụ tải đẳng trị trước khi quá tải và công suất định mức của MBA:

$$k_1 = \frac{S_{dtri1}}{S_{dm}} = \frac{280,76}{400} = 0,7$$

- Tỷ số giữa phụ tải đẳng trị khi quá tải và công suất định mức của MBA:

$$k_2 = \frac{S_{dtri2}}{S_{dm}} = \frac{422,5}{400} = 1,06$$

Với  $k_1 = 0,7$  và thời gian quá tải là 3 giờ tra trên đồ thị sau tìm  $k_{2cp}$



Đường cong quá tải của máy biến áp với nhiệt độ môi trường là 30 độ C

Từ đồ thị:  $\Rightarrow k_{2cp} = 1,26$

Nhận thấy  $k_2 < k_{2cp}$

Vậy chọn máy biến áp có công suất định mức 400(kVA) là hợp lí.

## 2. Tính thông số của máy biến áp.

Với công suất máy biến áp đã chọn, tra bảng có các thông số sau:

$$U_N \% = 4\%$$

$$\Delta P_N = 5750W$$

$$\Delta P_0 = 840W$$

Trong đó:  $\Delta P_0$ : Tổn thất lúc không tải.

$\Delta P_N$ : Tổn thất lúc ngắn mạch.