

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUI NHƠN
KHOA KỸ THUẬT & CÔNG NGHỆ
---o0o---

TRƯỜNG MINH TẤN

GIÁO TRÌNH
HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Qui Nhơn, 2009

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
Chương 1: NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN	4
1.1. Khái niệm về hệ thống điện	4
1.2. Những yêu cầu đối với phương án cung cấp điện	5
1.3. Một số ký hiệu thường dùng	7
Chương 2: PHỤ TẢI ĐIỆN	9
2.1. Phụ tải điện	9
2.2. Đồ thị phụ tải	9
2.3. Các đại lượng vật lý cơ bản của phụ tải điện	13
2.4. Các phương pháp tính phụ tải tính toán	16
2.5. Phụ tải tính toán toàn xí nghiệp	20
2.6. Biểu đồ phụ tải	21
Chương 3: TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN	23
3.1. Mục đích, yêu cầu	23
3.2. Phương pháp tính toán so sánh kinh tế - kỹ thuật	23
3.3. Tính toán kinh tế - kỹ thuật khi cải tạo	25
Chương 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP	27
4.1. Cấp điện áp	27
4.2. Nguồn điện	29
4.3. Sơ đồ nối dây của mạng điện cao áp	29
4.4. Sơ đồ nối dây của mạng điện hạ áp, mạng phân xưởng	31
4.5. Trạm biến áp	33
Chương 5: TÍNH TOÁN ĐIỆN TRONG MẠNG ĐIỆN ĐỊA PHƯƠNG	47
5.1. Tổn thất công suất và điện năng trên đường dây của mạng điện	47
5.1.1. Đường dây chỉ có một phụ tải	47
5.1.2. Đường dây cung cấp cho nhiều phụ tải	47
5.1.3. Tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều	49
5.1.4. Tổn thất điện năng trên đường dây	49
5.1.5. Tổn thất điện năng và công suất trong máy biến áp	50
5.2. Tổn thất điện áp trong mạng điện địa phương	52
5.2.1. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây của mạng điện địa phương.	53
5.2.2. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải phân bố đều	55
5.2.3. Tổn thất điện áp trên đường dây có dây trung tính	57
5.2.4. Xác định tổn thất điện áp trong mạng điện địa phương kín	59
5.2.5. Điều chỉnh điện áp trong lưới phân phối	64

Chương 6: LỰA CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN TRONG MẠNG ĐIỆN	
ĐỊA PHƯƠNG	72
6.1. Khái niệm chung	72
6.2. Lựa chọn tiết diện dây trên không và cáp theo điều kiện phát nóng	72
6.3. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép	74
6.4. Lựa chọn tiết diện dây theo điều kiện phí tổn kim loại màu ít nhất	76
6.5. Lựa chọn tiết diện dây theo mật độ dòng điện kinh tế	81
6.6. Lựa chọn tiết diện dây trong mạng kín	84
Chương 7: LỰA CHỌN THIẾT BỊ ĐIỆN	89
7.1. Khái niệm chung	89
7.2. Tính toán ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện	89
7.3. Lựa chọn thiết bị và các tham số theo điều kiện làm việc lâu dài	93
7.4. Kiểm tra các thiết bị điện	94
7.5. Lựa chọn máy cắt điện	96
7.6. Chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải	97
7.7. Chọn và kiểm tra dao cách ly	97
7.8. Chọn và kiểm tra cầu chì	97
7.9. Lựa chọn và kiểm tra sứ cách điện	99
7.10. Chọn và kiểm tra máy biến dòng BI	100
7.11. Chọn và kiểm tra máy biến điện áp BU	101
7.12. Lựa chọn thanh dẫn điện	102
7.12. Lựa chọn và kiểm tra thiết bị có điện áp đến 1000V	103
Chương 8: TIẾT KIỆM ĐIỆN NĂNG	103
8.1. Những vấn đề chung	106
8.2. Một số biện pháp bù	122
Chương 9: NỐI ĐẤT VÀ CHỐNG SÉT	122
9.1. Khái niệm về nối đất	116
9.2. Cách thực hiện và tính toán trang bị nối đất	118
TÀI LIỆU THAM KHẢO	131

LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu này là bài giảng của tác giả môn học “*Hệ thống cung cấp điện*” cho sinh viên ngành Điện kỹ thuật.

Tài liệu gồm 9 chương:

Chương 1: Những vấn đề chung về hệ thống cung cấp điện

Chương 2: Phụ tải điện

Chương 3: Tính toán kinh tế kỹ thuật trong thiết kế cung cấp điện

Chương 4: Sơ đồ cung cấp điện và trạm biến áp

Chương 5: Tính toán điện trong mạng điện địa phương

Chương 6: Lựa chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện địa phương

Chương 7: Lựa chọn thiết bị điện

Chương 8: Tiết kiệm điện năng

Chương 9: Nối đất và chống sét

Mục đích của tác giả khi viết tài liệu này chỉ đơn giản là mong muốn cung cấp cho các bạn sinh viên đang theo học ngành Điện kỹ thuật, thêm một tài liệu bổ trợ cho việc học kỹ, hiểu bài giảng cũng như hỗ trợ việc tự học của sinh viên và cho các bạn đọc quan tâm đến vấn đề này. Do hạn chế về thời lượng dành cho môn học này, nội dung của nó có thể chưa thỏa mãn yêu cầu của độc giả.

Tài liệu được hoàn thành nhờ sự cổ vũ, khuyến khích và tạo điều kiện thuận lợi của các đồng nghiệp trong Bộ môn Kỹ thuật điện, khoa Kỹ thuật & Công nghệ, Trường Đại học Qui Nhơn, nơi tác giả đang công tác. Tác giả xin được gửi lời cảm ơn chân thành.

Mặc dù đã rất nỗ lực, song chắc không thể không có thiếu sót. Do đó tác giả hoan nghênh mọi ý kiến góp ý sửa đổi, bổ sung thêm của bạn đọc để hoàn thiện tài liệu. Thư góp ý xin gửi về:

Trường Đại học Qui Nhơn

Khoa Kỹ thuật & Công nghệ, Bộ môn Kỹ thuật điện

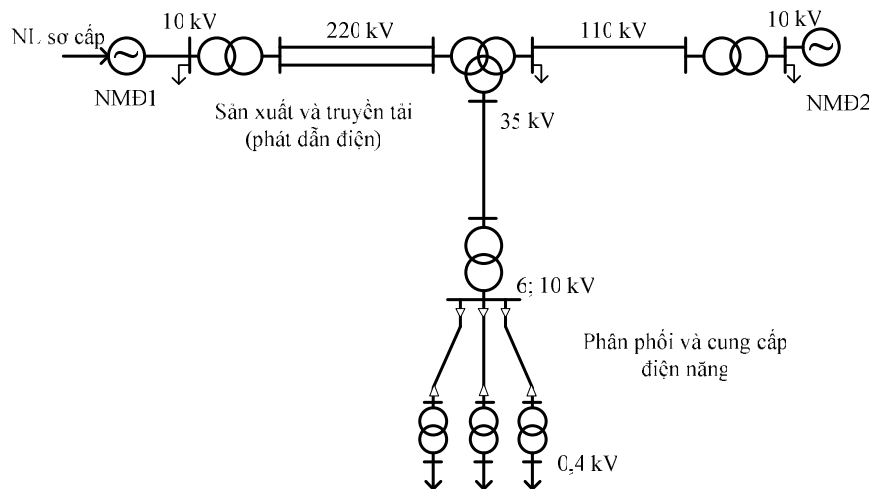
tantmqn@gmail.com

Chương 1

NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1.1. Khái niệm về hệ thống điện

- Hệ thống điện bao gồm các nhà máy điện, trạm biến áp, các đường dây tải điện và các thiết bị khác (như thiết bị điều khiển, tụ bù, thiết bị bảo vệ...) được nối liền với nhau thành hệ thống làm nhiệm vụ sản xuất, truyền tải, phân phối và cung cấp điện năng đến tận các hộ dùng điện, hình 1.1.



Hình 1.1

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

- Đặc điểm của quá trình sản xuất và phân phối điện năng:

+ Khác với hầu hết các sản phẩm, điện năng được sản xuất ra, nói chung không tích trữ được (trừ vài trường hợp đặc biệt với công suất nhỏ như pin, ac qui...). Tại mỗi thời điểm luôn luôn phải đảm bảo cân bằng giữa lượng điện năng sản xuất ra và tiêu thụ có kể đến tổn thất trong khâu truyền tải. Điều này cần phải được quán triệt trong khâu thiết kế, qui hoạch, vận hành và điều độ hệ thống điện, nhằm giữ vững chất lượng điện (u và f).

+ Các quá trình về điện xảy ra rất nhanh. Chẳng hạn sóng điện từ lan truyền trong dây dẫn với tốc độ rất lớn xấp xỉ tốc độ ánh sáng 30.000.000 km/s (quá trình ngắn mạch, sét lan truyền lan truyền). Đóng cắt của các thiết bị bảo vệ vv... đều phải xảy ra trong vòng nhỏ hơn 1/10 giây → cần thiết để thiết kế, hiệu chỉnh các thiết bị bảo vệ.

+ Công nghiệp điện lực có quan hệ chặt chẽ đến nhiều ngành kinh tế quốc dân (luyện kim, hoá chất, khai thác mỏ, cơ khí, công nghiệp dệt...). → là một trong những động lực tăng năng suất lao động tạo nên sự phát triển nhịp nhàng trong cấu trúc kinh tế. Quán triệt đặc điểm này sẽ xây dựng những quyết định hợp lý trong mức độ điện khí hoá đối với các ngành kinh tế; các vùng lãnh thổ khác nhau; mức độ xây dựng nguồn điện, mạng lưới truyền tải, phân phối → nhằm đáp ứng sự phát triển cân đối, tránh được những thiệt hại kinh tế quốc dân do phải hạn chế nhu cầu của các hộ dùng điện.

- Để nghiên cứu, qui hoạch phát triển hệ thống điện cũng như để quản lý, vận hành, hệ thống điện được phân chia thành các hệ thống tương đối độc lập với nhau:

+ Về mặt quản lý:

- Các nhà máy điện do các nhà máy điện tự quản lý.
- Lưới điện hệ thống cao áp và siêu cao áp ($\geq 220\text{kV}$) và trạm khu vực do các công ty truyền tải quản lý.
- Lưới truyền tải và phân phối do các công ty lưới điện quản lý, dưới nó là các sở điện.

+ Về mặt qui hoạch:

- Nguồn điện, lưới hệ thống, các trạm khu vực được qui hoạch trong tổng sơ đồ.
- Lưới truyền tải và phân phối được qui hoạch riêng.

+ Về mặt điều độ:

- Điều độ trung ương: Gồm 2 bộ phận

→ Bộ phận chỉ huy vận hành làm nhiệm vụ theo dõi và điều khiển trực tiếp hoạt động của hệ thống điện, chỉ huy các điều độ cấp dưới thực hiện chương trình hoạt động đã định trước. Khi xảy ra các tình huống bất thường thì thực hiện các biện pháp khắc phục nhằm giữ vững chế độ.

→ Bộ phận phương thức làm nhiệm vụ chuẩn bị trước chế độ vận hành thỏa mãn các yêu cầu an toàn, chất lượng phục vụ và hiệu quả kinh tế.

- Điều độ địa phương. Điều độ các nhà máy điện, điều độ các trạm khu vực, điều độ các công ty điện.
- Điều độ các sở điện: Điều khiển việc phân phối điện nhận từ các trạm biến áp do cấp trên quản lý, tải qua lưới cao thế, các trạm biến áp trung gian, lưới điện phân phối trung, hạ áp đến các hộ dùng điện.

+ Về mặt nghiên cứu, tính toán:

- Lưới hệ thống: bao gồm các đường dây tải điện và trạm biến áp khu vực.
- Lưới truyền tải (35, 110, 220 kV).
- Lưới phân phối trung áp (6, 10, 15, 22, 35 kV).
- Lưới phân phối hạ áp (0,4/0,22 kV).

➤ *Nội dung của môn học: Nghiên cứu thiết kế, tính toán, vận hành lưới điện trung và hạ áp.*

1.2. Những yêu cầu đối với phương án cung cấp điện

- *Độ tin cậy cung cấp điện:* đảm bảo liên tục cung cấp điện tùy thuộc vào tính chất của hộ dùng điện.

+ Hộ loại 1: là những hộ rất quan trọng không được để mất điện. Nếu mất điện sẽ dẫn đến mất an ninh chính trị, trật tự xã hội (sân bay, khu quân sự, đại sứ quán...); làm

thiệt hại lớn đến nền kinh tế quốc dân (khu công nghiệp, khu chế xuất...); làm nguy hại đến tính mạng của con người.

Đối với hộ loại 1, phải được cung cấp ít nhất từ 2 nguồn điện độc lập hoặc phải có nguồn dự phòng nóng.

+ Hộ loại 2: bao gồm các xí nghiệp chế tạo hàng tiêu dùng và thương mại dịch vụ. Nếu mất điện gây hư hỏng máy móc, phế phẩm, ngừng trệ sản xuất.

Cung cấp điện loại 2 thường có thêm nguồn dự phòng. Nhưng cần phải so sánh giữa vốn đầu tư cho nguồn dự phòng và hiệu quả kinh tế đưa lại do không bị ngừng cung cấp điện.

+ Hộ loại 3: là những hộ không quan trọng cho phép mất điện tạm thời khi cần thiết (ánh sáng sinh hoạt đô thị, nông thôn). Nhưng mất điện không quá một ngày đêm. Thông thường, hộ loại 3 được cung cấp điện từ một nguồn.

- *Chất lượng điện năng*: gồm có chất lượng điện áp và chất lượng tần số.

+ *Chất lượng tần số*: được đánh giá bằng

- Độ lệch tần số so với tần số định mức: $\Delta f = \frac{f - f_{dm}}{f_{dm}} \cdot 100 \% \quad (1.1)$

- Độ dao động tần số: Đặc trưng bởi độ lệch giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tần số khi tần số biến thiên nhanh với tốc độ lớn hơn 1%/s.

Theo GOCT 13109-87 của Nga thì độ lệch tần số cho phép là $\pm 0,2$ Hz với xác suất 95% (22,8h/ngày), độ lệch tối đa cho phép $\pm 0,4$ Hz trong mọi thời gian và trong mọi chế độ sự cố cho phép độ lệch đến $\pm 0,5$ Hz. Độ dao động tần số không vượt quá 0,2 Hz.

Theo tiêu chuẩn Singapor: độ lệch tần số cho phép là 1%, tức $\pm 0,5$ Hz..

+ *Chất lượng điện áp*

- Độ lệch điện áp so với điện áp định mức $\delta U = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} \cdot 100 \% \quad (1.2)$

U là điện áp thực tế trên cực của thiết bị dùng điện.

Điều kiện: $\delta U^- \leq \delta U \leq \delta U^+$

δU^- , δU^+ là giới hạn trên và dưới của độ lệch điện áp.

Độ lệch điện áp cho phép được qui định (ở chế độ làm việc bình thường).

Mạng động lực: $\pm 5\%$

Mạng chiếu sáng: $\pm 2,5\%$

Trường hợp khởi động động cơ hoặc mạng điện đang trong tình trạng sự cố thì độ lệch điện áp cho phép có thể tới $-10\% \div 20\%$.

- Độ dao động điện áp: sự biến thiên nhanh của điện áp

$$\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{dm}} \cdot 100 \% \quad (1.3)$$

Tốc độ biến thiên từ $U_{\max}$ đến $U_{\min}$ không nhỏ hơn 1%/s.

- Độ không đối xứng: Phụ tải các pha không đối xứng dẫn đến điện áp các pha không đối xứng, sự không đối xứng này được đặc trưng bởi thành phần thứ tự nghịch của điện áp.

Điện áp không đối xứng làm giảm hiệu quả công tác và tuổi thọ của thiết bị dùng điện, giảm khả năng tải của lưới điện và tăng tổn thất điện năng.

- Độ không sin: Các thiết bị dùng điện có đặc tính phi tuyến như máy biến áp không tải, bộ chỉnh lưu, tiristor... làm biến dạng đường đồ thị điện áp, khiến nó không còn là hình sin nữa. Xuất hiện các sóng hài bậc cao, góp phần làm giảm điện áp, làm tăng tổn thất sắt từ trong động cơ, tổn thất điện môi trong cách điện, tăng tổn thất trong lưới điện và thiết bị dùng điện ...

Chất lượng điện áp được đảm bảo nhờ các biện pháp điều chỉnh điện áp trong lưới điện truyền tải và phân phối. Các biện pháp này chọn lựa trong qui hoạch và thiết kế lưới điện và được hoàn thiện thường xuyên trong vận hành.

- An toàn

Hệ thống cung cấp điện phải được vận hành an toàn đối với người và thiết bị. Muốn vậy, người thiết kế phải chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý, các thiết bị điện phải được chọn đúng chủng loại, đúng công suất.

Công tác xây dựng, lắp đặt phải đúng qui phạm.

Công tác vận hành quản lý có vai trò đặc biệt quan trọng. Người sử dụng phải tuyệt đối chấp hành những qui định về an toàn sử dụng điện.

- Kinh tế

Khi đánh giá so sánh các phương án cung cấp điện, chỉ tiêu kinh tế chỉ được xét đến khi các chỉ tiêu kỹ thuật nêu trên đã được đảm bảo.

Chỉ tiêu kinh tế được đánh giá qua: tổng số vốn đầu tư, chi phí vận hành và thời gian thu hồi vốn đầu tư.

Việc đánh giá chỉ tiêu kinh tế phải thông qua tính toán và so sánh các phương án để đưa ra được phương án tối ưu.

1.3. Một số ký hiệu thường dùng

1. Máy phát điện hoặc nhà máy điện



2. Tủ động lực



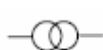
3. Động cơ điện



4. Khởi động từ



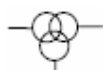
5. Máy biến áp 2 cuộn dây



6. Đèn sợi đốt



7. Máy biến áp 3 cuộn dây



8. Đèn huỳnh quang



9. Máy biến áp điều chỉnh dưới tải		10. Công tắc điện	
11. Kháng điện		12. Ổ cắm điện	
13. Máy biến dòng điện		14. Dây dẫn điện	
15. Máy cắt điện		16. Dây cáp điện	
17. Cầu chì		18. Thanh dẫn (thanh cái)	
19. Aptomat		20. Dây dẫn mạng 2 dây	
21. Cầu dao cách ly		22. Dây dẫn mạng động lực một chiều	
23. Máy cắt phụ tải		24. Chống sét ống	
25. Tụ điện bù		26. Chống sét van	
27. Tủ chiếu sáng		28. Cầu chì tự rơi	
29. Tủ phân phối			

Chương 2

PHỤ TẢI ĐIỆN

2.1. Phụ tải điện

Bao gồm tất cả các thiết bị điện thu nhận năng lượng từ lưới để chuyển hóa thành các dạng năng lượng khác như cơ năng, nhiệt năng, quang năng...

2.2. Đồ thị phụ tải

- Quá trình sản xuất và tiêu thụ điện năng xảy ra đồng thời, phụ tải luôn biến động theo thời gian. Đường biểu diễn qui luật biến đổi của phụ tải theo thời gian gọi là đồ thị phụ tải.

- Phân loại: có nhiều cách phân loại

+ Theo công suất: Đồ thị phụ tải công suất tác dụng $P = f(t)$.

Đồ thị phụ tải công suất phản kháng $Q = f(t)$.

Đồ thị phụ tải công suất toàn phần $S = f(t)$.

+ Theo thời gian: Đồ thị phụ tải hàng ngày.

Đồ thị phụ tải hàng tháng.

Đồ thị phụ tải năm.

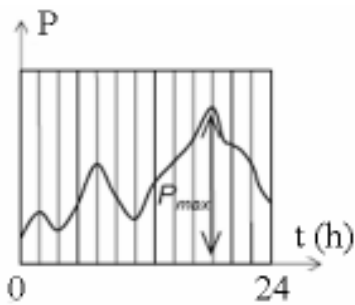
- Các loại đồ thị phụ tải thường dùng

+ *Đồ thị phụ tải hàng ngày*: thường được xét với chu kỳ thời gian là một ngày đêm (24 giờ) và có thể xác định theo 3 cách:

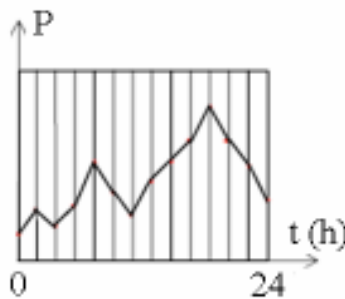
Bằng dụng cụ đo tự động ghi lại, hình 2.1a.

Do nhân viên trực ghi lại sau những giờ nhất định, hình 2.1b.

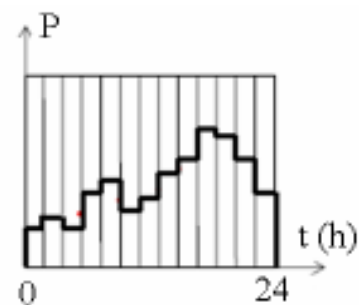
Biểu diễn theo bậc thang, ghi lại giá trị trung bình trong những khoảng nhất định, hình 2.1c.



Hình 2.1a



Hình 2.1b



Hình 2.1c

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

Các thông số đặc trưng của đồ thị phụ tải.

Phụ tải cực đại $P_{\max}$, $Q_{\max}$

Hệ số công suất cực đại $\cos\varphi_{\max}$, tương ứng với $\tan\varphi_{\max} = Q_{\max}/P_{\max}$.

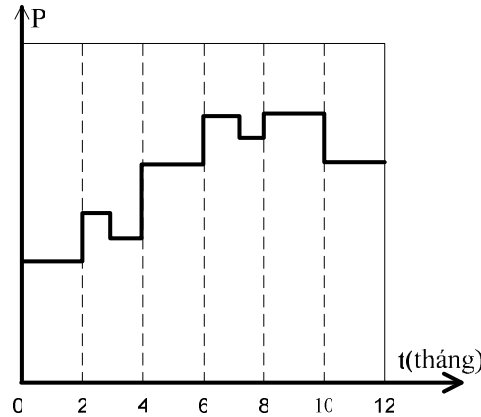
Điện năng tác dụng và phản kháng ngày đêm: A [kWh], A_r [kVArh].

Hệ số công suất trung bình $\cos\varphi_{tb}$, tương ứng với $\tan\varphi_{tb} = A_r/A$.

Hệ số điền kín đồ thị phụ tải:

$$k_{dk} = \frac{A}{24.P_{\max}}, \quad k_{dkr} = \frac{A_r}{24.Q_{\max}} \quad (2.1)$$

+ *Đồ thị phụ tải hàng tháng*: Được xây dựng theo phụ tải trung bình hàng tháng



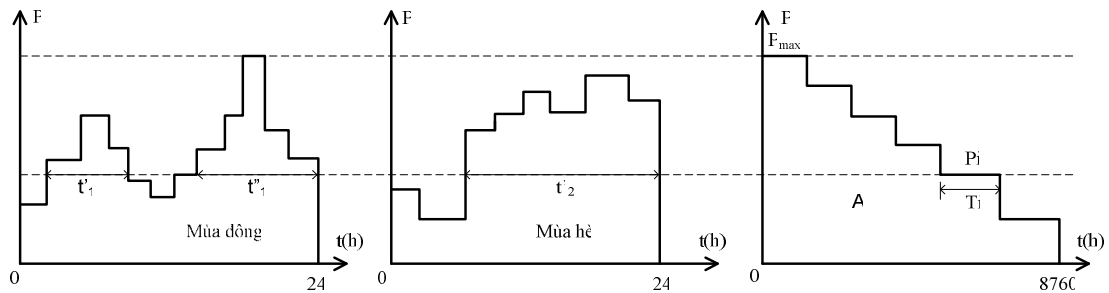
Hình 2.2

Đồ thị phụ tải hàng tháng cho ta biết được nhịp độ làm việc của hệ tiêu thụ, từ đó định ra lịch vận hành sửa chữa các thiết bị điện một cách hợp lý, đáp ứng được yêu cầu sản xuất.

Ví dụ: Hình 2.2, khoảng tháng 4, 5 phụ tải là nhỏ nhất nên tiến hành sửa chữa vừa và lớn các thiết bị điện, còn những tháng cuối năm chỉ sửa chữa nhỏ và thay các thiết bị.

+ *Đồ thị phụ tải hàng năm*:

Căn cứ vào đồ thị phụ tải điển hình của một ngày mùa hè và một ngày mùa đông chúng ta có thể vẽ được đồ thị phụ tải hàng năm.



Hình 2.3

Gọi n_1 là số ngày mùa đông trong năm

n_2 là số ngày mùa hè trong năm

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

Các thông số đặc trưng đồ thị phụ tải năm :

Điện năng tác dụng và phản kháng tiêu thụ trong một năm làm việc: $A[\text{kWh/năm}]$, $Ar[\text{kVarh/năm}]$.

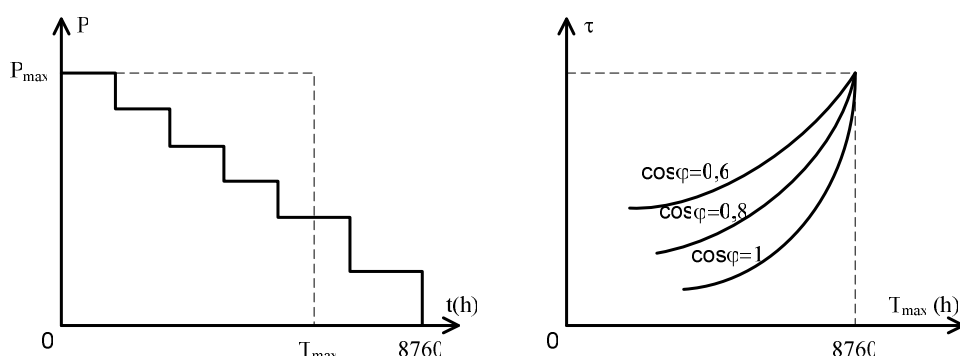
Thời gian sử dụng công suất cực đại : $T_{\max} = \frac{A}{P_{\max}}$, $T_{\max r} = \frac{Ar}{Q_{\max}}$ (2.2)

Hệ số công suất trung bình $\cos\varphi_{tb}$, tương ứng với $\text{tg}\varphi_{tb} = Ar/A$.

Hệ số điền kín đồ thị phụ tải:

$$k_{dk} = \frac{A}{8760 \cdot P_{\max}} = \frac{T_{\max}}{8760}, \quad k_{dkr} = \frac{Ar}{8760 \cdot Q_{\max}} = \frac{T_{\max r}}{8760} \quad (2.3)$$

-Khái niệm về $T_{\max}$ và τ



Hình 2.4

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

$T_{\max}$ ứng với mỗi xí nghiệp khác nhau sẽ có giá trị khác nhau

VD. Đối với xí nghiệp 1 ca/ngày: $T_{\max} = 1500 \div 2200\text{h/năm}$.

Đối với xí nghiệp 2 ca/ngày: $T_{\max} = 3000 \div 4000\text{h/năm}$.

Đối với xí nghiệp 3 ca/ngày: $T_{\max} = 5000 \div 7000\text{h/năm}$.

$T_{\max}$ lớn, đồ thị phụ tải càng bằng phẳng

$T_{\max}$ nhỏ, đồ thị phụ tải ít bằng phẳng hơn

Thời gian sử dụng công suất cực đại năm: $T_{\max} = \frac{A}{P_{\max}} = \frac{\int_0^{8760} P(t)dt}{P_{\max}}$

+ Thời gian chịu tổn thất công suất lớn nhất (τ): Giả thiết ta luôn luôn vận hành với tổn thất công suất lớn nhất thì thời gian cần thiết τ để gây ra được lượng điện năng tổn thất bằng lượng điện năng tổn thất do phụ tải thực tế gây ra trong một năm làm việc.

τ và $T_{\max}$ thường không bao giờ bằng nhau, tuy nhiên chúng lại có quan hệ rất gần bó, nhưng lại không tỷ lệ tuyến tính vì ΔP không chỉ xuất hiện lúc có tải, mà ngay cả lúc không tải cũng vẫn có tổn thất $\rightarrow$ người ta xây dựng quan hệ τ theo $T_{\max}$ và $\cos\varphi$ theo đường cong hoặc cũng có thể tính τ bằng công thức Kêzovit sau:

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \quad (2.4)$$

- Chế độ làm việc của phụ tải: 3 chế độ

+ *Chế độ dài hạn*: Chế độ trong đó nhiệt độ của thiết bị tăng đến giá trị xác lập và là hằng số không phụ thuộc vào sự biến đổi của công suất trong khoảng thời gian bằng 3 lần hằng số thời gian phát nóng của cuộn dây. Phụ tải có thể làm việc với đồ thị bằng phẳng với công suất không đổi trong thời gian làm việc hoặc đồ thị phụ tải không thay đổi trong thời gian làm việc.

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

+ *Chế độ ngắn hạn lặp lại*: Chế độ trong đó nhiệt độ của thiết bị tăng lên trong thời gian làm việc nhưng chưa đạt giá trị cho phép và lại giảm xuống trong thời gian nghỉ, nhưng chưa giảm xuống nhiệt độ của môi trường xung quanh. Ví dụ: Các động cơ cầu trục, máy biến áp hàn...

$$\text{Đặc trưng bằng hệ số tiếp điện } \varepsilon \% = \frac{t_d}{t_0 + t_d} \cdot 100 = \frac{t_d}{T_c} \cdot 100 \quad (2.5)$$

t_d - thời gian đóng điện của thiết bị

t_0 - thời gian nghỉ

T_c - là một chu kỳ công tác và phải nhỏ hơn 10 phút

- Quy đổi phụ tải:

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

$$\text{Động cơ: } P_{dm}' = P_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon_{dm}} \quad (2.6)$$

$$\text{Máy biến áp: } P_{dm}' = S_{dm} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\varepsilon_{dm}} \quad (2.7)$$

Trong đó: P_{dm}' - công suất định mức đã quy đổi

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

+ Quy đổi phụ tải một pha về 3 pha

Vì tất cả các thiết bị cung cấp điện từ nguồn đến các đường dây truyền tải đều là thiết bị ba pha, các thiết bị dùng điện lại có cả thiết bị 1 pha (thường công suất nhỏ). Các thiết bị này có thể đấu vào điện áp pha hoặc điện áp dây. Khi tính phụ tải cần phải được quy đổi về 3 pha.

Khi có thiết bị nối vào điện áp pha thì công suất tương đương sang 3 pha

$$P_{dm\ td} = 3 \cdot P_{dm\ fa} \quad (2.8)$$

$P_{dm\ td}$ - công suất định mức tương đương (sang 3 pha)

$P_{dm\ fa}$ - công suất định mức của phụ tải một pha

Khi có thiết bị 1 pha nối vào điện áp dây

$$P_{dm\ td} = \sqrt{3} \cdot P_{dm\ fa} \quad (2.9)$$

$P_{dm\ td}$ – công suất định mức tương đương (sang 3 pha)

$P_{dm\ fa}$ – công suất định mức của phụ tải một pha

Khi có nhiều phụ tải 1 pha nối vào nhiều điện áp dây và pha khác nhau

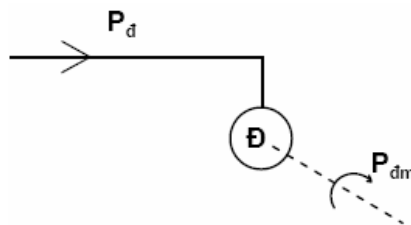
$$P_{dm\ td} = \sqrt{3} \cdot P_{dm\ fa\ max} \quad (2.10)$$

Để tính toán cho trường hợp này, trước tiên phải quy đổi các thiết bị 1 pha đầu vào điện áp dây về thiết bị đầu vào điện áp pha. Sau đó sẽ xác định được công suất cực đại của một pha nào đó.

2.3. Các đại lượng vật lý cơ bản của phụ tải điện

- Công suất định mức (P_{dm}) :

Được xem là một đại lượng dùng để tính phụ tải điện (ghi sẵn trong lý lịch máy).



Hình 2.5

Đơn vị của công suất định mức thường là kW. Với một động cơ điện P_{dm} chính là công suất cơ trên trục cơ của nó, nhưng về thiết kế cung cấp điện ta quan tâm đến công

suất đầu vào (công suất đặt) :

$$P_d = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} \quad (2.11)$$

η_{dm} – hiệu suất định mức của động cơ thường lấy $0,8 \div 0,95$, nên để cho tính toán được đơn giản, người ta có thể lấy $P_d = P_{dm}$.

- Phụ tải trung bình (P_{tb}): là một đặc trưng tĩnh của phụ tải trong một khoảng thời gian nào đó

$$P_{tb} = \frac{\int_0^T P(t).dt}{T} = \frac{\Delta P}{T} ; \quad Q_{tb} = \frac{\int_0^T Q(t).dt}{T} = \frac{\Delta Q}{T} \quad (2.12)$$

Trong đó ΔP , ΔQ – điện năng tiêu thụ trong thời gian khảo sát, kW, kVAr

$P(t)$, $Q(t)$ – đồ thị phụ tải thực tế

T – thời gian khảo sát, h

Phụ tải trung bình có thể dùng để đánh giá được mức độ sử dụng thiết bị; xác định phụ tải tính toán; tính tổn hao điện năng.

- Phụ tải cực đại: chia làm 2 nhóm

+ *Phụ tải cực đại* (P_{max}): là phụ tải trung bình lớn nhất tính trong khoảng thời gian tương đối ngắn (5, 10 hoặc 30 phút) ứng với ca làm việc có phụ tải lớn nhất trong ngày.

$P_{\max}$ dùng để tính tổn thất công suất lớn nhất, để chọn các thiết bị điện, chọn dây dẫn và dây cáp theo điều kiện mật độ dòng điện kinh tế...

+ *Phụ tải đỉnh nhọn* (P_{dn}): là phụ tải cực đại xuất hiện trong khoảng thời gian rất ngắn (1 ÷ 2s), nó thường xuất hiện khi khởi động của động cơ.

P_{dn} dùng để kiểm tra dao động điện áp, điều kiện tự khởi động của động cơ, kiểm tra điều kiện làm việc của cầu chì, tính dòng điện khởi động của role bảo vệ ...

- *Phụ tải tính toán* (P_{tt}): là thông số quan trọng trong thiết kế cung cấp điện. P_{tt} là phụ tải giả thiết lâu dài không đổi tương đương với phụ tải thực tế (biến đổi) về mặt hiệu ứng nhiệt lớn nhất.

$$P_{tb} \leq P_{tt} \leq P_{\max}$$

- *Hệ số sử dụng* (k_{sd}): là tỷ số giữa phụ tải tác dụng trung bình với công suất định mức của thiết bị.

$$\text{Đối với một thiết bị } k_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}} \quad (2.13)$$

$$\text{Đối với một nhóm thiết bị } k_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{dm}} = \frac{\sum_1^n P_{tbi}}{\sum_1^n P_{dmi}} \quad (2.14)$$

k_{sd} nói lên mức độ sử dụng, mức độ khai thác công suất của thiết bị điện trong một chu kỳ làm việc.

- *Hệ số phụ tải* (k_{pt}): là tỷ số giữa công suất thực tế với công suất định mức của thiết bị

$$k_{pt} = \frac{P_{thuc}}{P_{dm}} \quad (2.15)$$

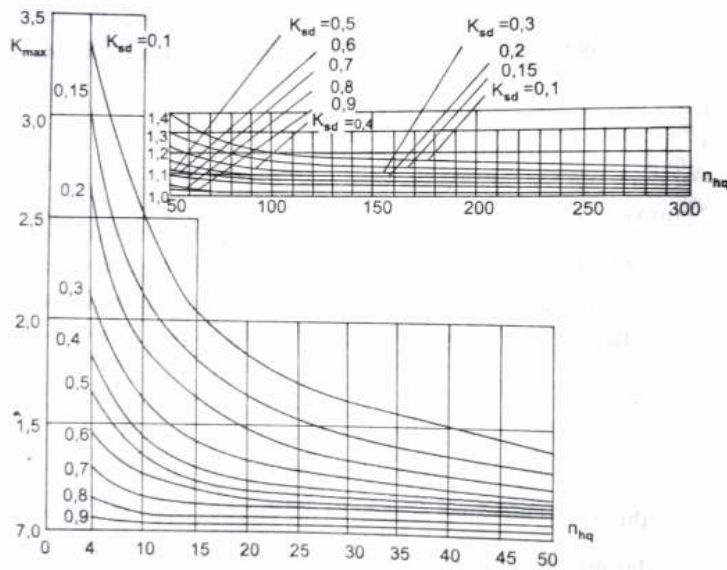
k_{pt} nói lên mức độ sử dụng, mức độ khai thác của thiết bị điện trong thời gian đang xét.

- *Hệ số cực đại* ($k_{\max}$): là tỷ số giữa phụ tải tính toán và phụ tải trung bình trong khoảng thời gian đang xét

$$k_{\max} = \frac{P_{tt}}{P_{tb}} \quad (2.16)$$

$k_{\max}$ thường được tính ứng với ca làm việc có phụ tải lớn nhất

Muốn tìm $k_{\max}$ hoặc tra bảng hoặc dựa vào đường cong $k_{\max} = f(n_{hiệuquả}, k_{sd})$.



Hình 2.6

- Hệ số nhu cầu (k_{nc}): là tỷ số giữa phụ tải tính toán và công suất định mức

$$k_{nc} = \frac{P_{tt}}{P_{dm}} = \frac{P_{tt} \cdot P_{tb}}{P_{dm} \cdot P_{tb}} = k_{max} \cdot k_{sd} \quad (2.17)$$

Trong thực tế k_{nc} thường do kinh nghiệm vận hành mà tổng kết lại

- Số thiết bị hiệu quả (n_{hq}): là số thiết bị giả thiết có cùng công suất và chế độ làm việc

$$n_{hq} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{dmi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (P_{dmi})^2} \quad (2.18)$$

Khi số thiết bị dùng điện trong nhóm $n > 5$, tìm n_{hq} theo bảng hoặc đường cong cho trước.

Trình tự tính như sau:

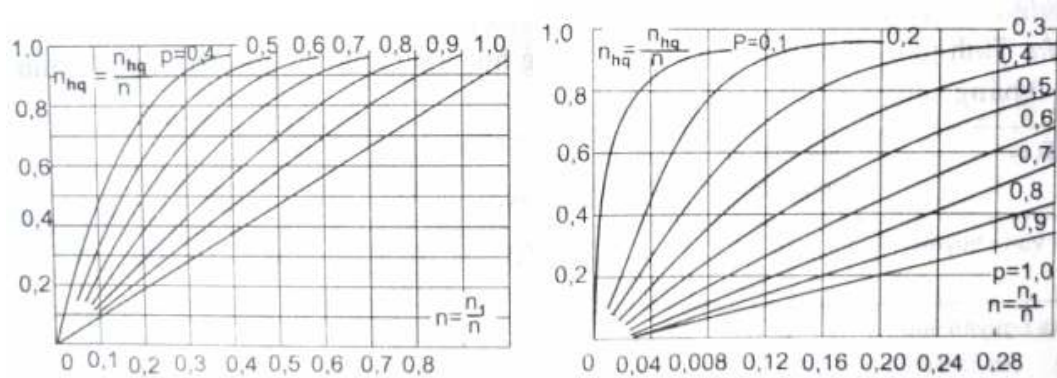
$$n_* = \frac{n_1}{n}, \quad P_* = \frac{P_1}{P}$$

Trong đó: n - số thiết bị trong nhóm

n_1 - số thiết bị có công suất không nhỏ hơn một nửa công suất của thiết bị có công suất lớn nhất.

P và P_1 - tổng công suất ứng với n và n_1 thiết bị

Từ n_* và P_* tra đường cong hình 2.7, tìm n_{hq*} và tìm được $n_{hq} = n_{hq*} \cdot n$



Hình 2.7

2.4. Các phương pháp tính phụ tải tính toán

Có nhiều phương pháp để xác định phụ tải tính toán (PTTT) nhưng chưa có phương pháp nào là vừa cho kết quả chính xác lại vừa có cách tính đơn giản. Vì vậy tùy theo giai đoạn thiết kế, tùy theo yêu cầu cụ thể mà chọn phương pháp thiết kế cho thích hợp.

2.4.1. Phương pháp xác định phụ tải tính toán theo công suất đặt và hệ số k_{nc}

$$P_{tt} = k_{nc} \cdot \sum_1^n P_{di} \approx k_{nc} \cdot \sum_1^n P_{dmi} \quad (2.19)$$

Trong đó: k_{nc} - là hệ số nhu cầu của thiết bị, tra trong sổ tay kỹ thuật

P_{di} , P_{dmi} - công suất đặt và công suất định mức của thiết bị thứ i , kW

n - số thiết bị trong nhóm

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

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

Nếu hệ số công suất của các thiết bị trong nhóm không giống nhau thì phải tính

$$\cos \varphi_{tb} : \quad \cos \varphi_{tb} = \frac{\sum_1^n P_i \cos \varphi_i}{\sum_1^n P_i} \quad (2.20)$$

Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, tiện lợi nên được ứng dụng rộng rãi

Nhược điểm của phương pháp này là kém chính xác, bởi vì k_{nc} được tra trong tài liệu kỹ thuật, nó không phụ thuộc vào chế độ vận hành và số thiết bị trong nhóm máy. Do đó nếu chế độ vận hành và số thiết bị trong nhóm thay đổi nhiều thì kết quả tính theo hệ số nhu cầu sẽ kém chính xác.

2.4.2. Phương pháp xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm

$$P_{tt} = \frac{a_0 M}{T_{\max}} \quad (2.21)$$

Trong đó :

a_0 - suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm, kWh/đvsp.

M - số sản phẩm sản xuất ra trong một năm.

$T_{\max}$ - thời gian sử dụng công suất cực đại.

Nếu M là số sản phẩm sản xuất ra trong ca mang tải lớn nhất thì $T_{\max} = 8h$

Đây là phương pháp hay được dùng để xác định phụ tải tính toán của các nhà máy xí nghiệp có chủng loại sản phẩm ít, sản xuất tương đối ổn định. Ví dụ như các nhà máy dệt, nhà máy sợi, các trạm bơm, trạm nén khí...

2.4.3. Phương pháp xác định phụ tải tính toán theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất

$$P_{tt} = P_0 \cdot F \quad (2.22)$$

Trong đó: P_0 - suất phụ tải cho một đơn vị diện tích sản xuất, kW/m².

F - diện tích sản xuất, m².

Phương pháp hay dùng để xác định phụ tải tính toán của các nhà máy xí nghiệp có phân bố phụ tải tương đối đều như là các nhà máy sợi, may, dệt... xác định phụ tải tính toán của các công trình dân dụng như trường học, nhà ở, công sở, bệnh viện rất hay được dùng để xác định phụ tải tính toán chiếu sáng.

2.4.4. Phương pháp xác định phụ tải tính toán theo hệ số cực đại $k_{\max}$ và công suất trung bình P_{tb} (còn gọi là phương pháp số thiết bị hiệu quả n_{hq})

$$P_{tt} = k_{\max} P_{tb} = k_{\max} \cdot k_{sd} \cdot P_{dm} \quad (2.23)$$

Trong đó: P_{dm} - công suất định mức.

k_{sd} , $k_{\max}$ - hệ số sử dụng và hệ số cực đại.

Chú ý:

Nếu $n \leq 3$ và $n_{hq} < 4$ thì $P_{tt} = \sum_1^n P_{dmi}$

Nếu $n > 3$ và $n_{hq} < 4$ thì $P_{tt} = \sum_1^n k_{pti} \cdot P_{dmi} \quad (2.24)$

k_{pt} - hệ số mang tải của thiết bị

Gần đúng: $k_{pt} = 0,9$ đối với thiết bị làm việc ở chế độ dài hạn

$k_{pt} = 0,75$ đối với thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại.

Đường cong hình 2.6 chỉ cho đến giá trị $n_{hq} = 300$. Nếu $n_{hq} > 300$ và $k_{sd} < 0,5$ thì hệ số $k_{\max}$ được lấy ứng với $n_{hq} = 300$. Còn khi $n_{hq} > 300$ và $k_{sd} \geq 0,5$ thì

$$P_{tt} = 1,05 \cdot k_{sd} \cdot P_{dm} \quad (2.25)$$

Đối với các thiết bị có đồ thị phụ tải bằng phẳng (máy bơm, quạt nén khí ...):

$$P_{tt} = P_{tb} = k_{sd} \cdot P_{dm} \quad (2.26)$$

Đây là phương pháp hay được dùng trong thực tế để xác định phụ tải tính toán cho các xí nghiệp công nghiệp bởi nó không quá phức tạp mà lại tính đến cả công suất, chế

độ làm việc (thông qua hệ số $k_{\max}$) của các thiết bị có trong nhóm, do vậy kết quả tính toán khá tin cậy.

Ví dụ: Xác định phụ tải tính toán của phân xưởng cơ khí với các thông số sau:

Tên máy	Số lượng	P_{dm} (kW)/1 máy	$\cos\varphi$
Máy tiện T630	4	10	0,7
Máy tiện C620	5	7	0,6
Máy tiện C616	4	4,5	0,65
Máy khoan đứng	5	2,8	0,5
Máy khoan bàn	20	1	0,5

Hệ số sử dụng của các máy trong phân xưởng $k_{sd} = 0,1$

Giải:

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

$$P = 4.10 + 5.7 + 4.4,5 + 5.2,8 + 20.1 = 127 \text{ kW}$$

$$n_1 = 4 + 5 = 9$$

$$P_1 = 4.10 + 5.7 = 75 \text{ kW}$$

$$n^* = n_1/n = 9/38 = 0,23$$

$$P^* = P_1/P = 75/127 = 0,59$$

Từ n^* và P^* tra đường cong $\rightarrow n_{hq^*} = 0,56$

Số thiết bị hiệu quả $n = n_{hq^*}.n = 0,56.38 = 21,2$

Từ n_{hq} và k_{sd} tra đường cong $\rightarrow k_{\max} = 1,82$

$$P_{tt} = k_{\max} \cdot k_{sd} \cdot \sum_1^{38} P_{dmi} = 1,82 \cdot 0,1 \cdot 127 = 23,1 \text{ kW}$$

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{\sum_1^{38} P_i \cos\varphi_i}{\sum_1^{38} P_i} = 0,61 \rightarrow \tan\varphi_{tb} = 1,299$$

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan\varphi_{tb} = 23,1 \cdot 1,299 = 30 \text{ kVAr}$$

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = 37,86 \text{ kVA}$$

2.4.5. Xác định phụ tải chiếu sáng

Phụ tải chiếu sáng của phân xưởng được xác định theo công suất chiếu sáng trên một đơn vị diện tích.

$$P_{cs} = P_o \cdot F_{px} \quad (2.27)$$

$$Q_{cs} = P_{cs} \cdot \tan\varphi \quad (2.28)$$

Trong đó : P_o - suất chiếu sáng trên đơn vị diện tích, W/m^2 .

F_{px} - diện tích phân xưởng, m^2 .

Công suất phản kháng chiếu sáng Q_{cs} phụ thuộc vào loại đèn ta chọn:

Nếu đèn sợi đốt thì $\cos\varphi = 1$ và $\tan\varphi = 0$.

Nếu đèn huỳnh quang thì $\cos\varphi < 1$ và $\tan\varphi \neq 0$.

2.4.6. Xác định phụ tải tính toán của một số phụ tải đặc biệt

- Tính phụ tải tính toán cho thiết bị điện một pha:

Khi có thiết bị điện một pha trước hết phải phân bố các thiết bị đó lên 3 pha sao cho đều nhau.

Nếu tại điểm cung cấp phần công suất không cân bằng nhỏ hơn 15% tổng công suất tại điểm đó thì các thiết bị một pha được xem như là thiết bị 3 pha có công suất tương đương.

Nếu lớn hơn 15% thì phải qui đổi thiết bị một pha về ba pha

+ Với thiết bị 1 pha nối vào điện áp pha thì $P_{tt(3\text{ pha})} = 3 P_{1p(max)}$

$P_{1p(max)}$ - tổng công suất các thiết bị một pha của pha có phụ tải lớn nhất

+ Với thiết bị 1 pha nối vào điện áp dây thì $P_{tt(3\text{ pha})} = \sqrt{3} P_{1p}$

+ Vừa có thiết bị 1 pha nối vào điện áp pha vừa có thiết bị 1 pha nối vào điện áp dây thì ta phải qui đổi các thiết bị nối vào điện áp dây thành thiết bị nối vào điện áp pha, các hệ số qui đổi cho trong tài liệu kỹ thuật.

- Xác định phụ tải đỉnh nhọn

+ Đối với một thiết bị:

$$I_{dn} = I_{mm} = k_{mm} \cdot I_{dm\text{ động cơ}} \quad (2.29)$$

k_{mm} - hệ số mở máy của động cơ

+ Đối với một nhóm thiết bị

$$I_{dn} = I_{mm(max)} + I_{tt} - k_{sd} \cdot I_{dm(max)} \quad (2.30)$$

$I_{mm(max)}$ - dòng điện mở máy lớn nhất trong các động cơ

I_{tt} - dòng điện tính toán cho cả nhóm động cơ

$I_{dm(max)}$ - dòng điện định mức của động cơ nào có $I_{mm(max)}$

Ví dụ: Tính dòng điện đỉnh nhọn của đường dây cung cấp cho cầu trục như sau:

Động cơ	$P_{dm}(kW)$	$\varepsilon \%$	$\cos\varphi$	$I_{dm}(A)$	k_{mm}
Nâng hàng	12	15	0,76	27,5	5,5
Xe con	4	15	0,70		
Xe lớn	8	15	0,75		

Điện áp $U = 380/220\text{ V}$, $k_{sd} = 0,1$

Giải:

$$I_{mm(max)} = k_{mm} \cdot I_{dm} = 5,5 \cdot 27,5 = 151\text{ A}$$

Vì cầu trục làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại nên ta phải qui đổi sang chế độ dài hạn

$$P_{tt} = \sum_1^3 P_{dmi} \cdot \sqrt{\varepsilon_{dmi}} = (12 + 4 + 8) \cdot \sqrt{0,15} = 9,3 \text{ kW}$$

$$Q_{tt} = \sum_1^3 P_{dmi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \cdot \sqrt{\varepsilon_{dmi}} = (12 \cdot 0,85 + 4 \cdot 1 + 8 \cdot 0,88) \cdot \sqrt{0,15} = 8,2 \text{ kVAr}$$

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = 12,4 \text{ kVA}$$

$$I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{12,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 18,8 \text{ A}$$

$$I_{dm(\max)} = I_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon_{dm}} = 27,5 \cdot \sqrt{0,15} = 10,6 \text{ A}$$

$$I_{dn} = I_{mm(\max)} + I_{tt} - k_{sd} \cdot I_{dm(\max)} = 168,8 \text{ A}$$

2.5. Phụ tải tính toán toàn xí nghiệp

Nguyên tắc:

- P_{tt} xí nghiệp phải được tính từ các thiết bị điện ngược trở về phía nguồn.
- Phải kể đến tổn thất trên đường dây và trong máy biến áp.
- Phụ tải tính toán xí nghiệp cần phải kể đến dự kiến phát triển của xí nghiệp trong 5 ÷ 10 năm tới.

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

Điểm 2: với nhóm thiết bị làm việc ở chế độ khác nhau; Xác định P_{tt} bằng phương pháp số thiết bị hiệu quả. Ở điểm này ta có $S_2 = P_2 + jQ_2$.

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

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

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

$$S_4 = k_{dt} \left(\sum_1^n P_{3i} + j \sum_1^n Q_{3i} \right)$$

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

$$\text{Điểm 5: } S_5 = S_4 + \Delta S_{B2}$$

$$\text{Điểm 6: } S_6 = S_5 + \Delta S_{dd}$$

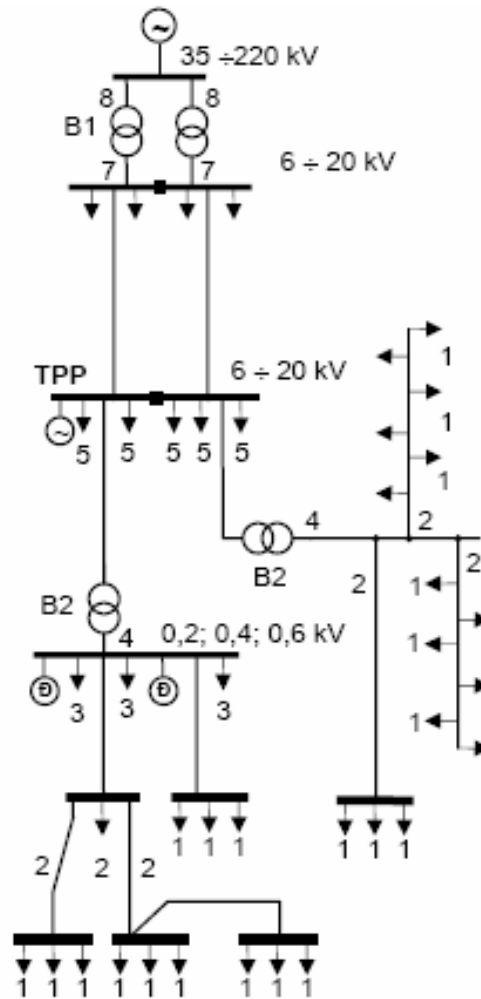
$$\text{Điểm 7: } S_7 = k_{dt} \left(\sum_1^n P_{6i} + j \sum_1^n Q_{6i} \right)$$

$$\text{Điểm 8: } S_8 = S_7 + \Delta S_{B1}$$

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

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

Để xác định được ΔS_{XN} phải dự báo tăng trưởng phụ tải



Hình 2.8

2.6. Biểu đồ phụ tải

Việc phân bố hợp lý các trạm biến áp trong xí nghiệp rất cần thiết cho việc xây dựng 1 sơ đồ cung cấp điện, nhằm đạt được các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật cao, đảm bảo chi phí hàng năm là nhỏ nhất. Để xác định được vị trí hợp lý của trạm biến áp; trạm phân phối trên tổng mặt bằng, người ta xây dựng biểu đồ phụ tải:

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

$$S_i = \pi \cdot R_i^2 \cdot m \rightarrow R_i = \sqrt{\frac{S_i}{\pi \cdot m}} \quad (2.31)$$

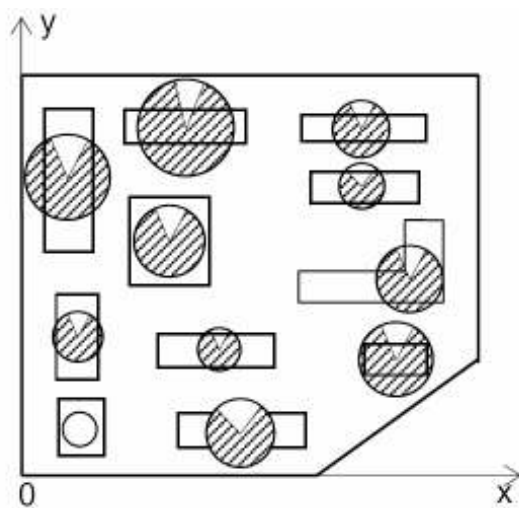
S_i - phụ tải tính toán của phân xưởng, kVA.

m - tỷ lệ xích tùy chọn, kVA/cm² (mm²)

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

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

+ Biểu đồ phụ tải cho ta biết sự phân bố của phụ tải trong xí nghiệp, cơ cấu phụ tải...



Hình 2.9

Chương 3

PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN

- Các chỉ tiêu kỹ thuật: Chất lượng điện, độ tin cậy, sự thuận tiện trong vận hành, độ bền vững của công trình, khối lượng sửa chữa định kỳ và đại tu, mức độ tự động hóa, an toàn.

- Các chỉ tiêu kinh tế cơ bản: Vốn đầu tư ban đầu và chi phí vận hành hàng năm.

Ngoài ra còn xét thêm: Đường lối phát triển kinh tế nói chung và phát triển công nghiệp, tốc độ và qui mô phát triển, tổng số vốn mà nhà nước có thể đầu tư, tình hình cung cấp vật tư và thiết bị, trình độ thi công và vận hành, chính trị, quốc phòng ...

3.1. Mục đích, yêu cầu

Mục đích: chọn được phương án (PA) tốt nhất vừa đảm bảo yêu cầu kỹ thuật lại hợp lý về mặt kinh tế.

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

3.2. Phương pháp tính toán so sánh kinh tế - kỹ thuật

(trong phần này không đề cập đến vấn đề kỹ thuật của các phương án nữa)

So sánh các phương án về mặt kinh tế là so sánh về hai mặt chủ yếu như sau:

1. *Vốn đầu tư K*: bao gồm vốn đầu tư xây dựng đường dây tải điện, trạm biến áp (TBA), trạm điều khiển...

2. *Chi phí vận hành hàng năm $Y_{\Delta A}$* : bao gồm khấu hao, tu sửa, bảo quản, thay thế thiết bị, trả lương cho người vận hành bao và phí tổn về tổn thất điện năng.

Thường tồn tại mâu thuẫn sau: một phương án có K lớn thường lại có $Y_{\Delta A}$ nhỏ và ngược lại. Vì vậy phương án tối ưu phải là phương án có chi phí tính toán hàng năm Z bé nhất.

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})K + Y_{\Delta A} \text{ , đồng/năm} \quad (3.1)$$

a_{vh} - hệ số vận hành (đường dây trên không $a_{vh} = 0,04$; với đường dây cáp và trạm biến áp $a_{vh} = 0,1$)

a_{tc} - hệ số thu hồi vốn tiêu chuẩn

$$a_{tc} = 1/T_{tc} \text{ ; } T_{tc} \text{ thời gian thu hồi vốn}$$

Tùy theo từng nước, từng giai đoạn phát triển kinh tế mà có thể lấy T_{tc} lớn hay bé. Nếu vốn càng ít thì thời gian này nên chọn ngắn để thu hồi vốn nhanh. Tiêu chuẩn của Nga hiện nay là 8 năm, còn ở nước ta thời gian này nên lấy ngắn hơn.

Như vậy, phương pháp tính theo thời hạn thu hồi vốn đầu tư là so sánh sự khác nhau về vốn đầu tư ($K_2 - K_1$) với sự tiết kiệm về phí tổn vận hành hàng năm ($Y_1 - Y_2$) biểu thức.

$$T = \frac{K_2 - K_1}{Y_1 - Y_2} \quad (3.2)$$

Trong đó : K_1 và Y_1 là vốn đầu tư và phí tổn vận hành của phương án 1

K_2 và Y_2 là vốn đầu tư và phí tổn vận hành của phương án 2

Thời gian thu hồi vốn đầu tư T (tính hàng năm) được so sánh với T_{tc}

- Nếu $T = T_{tc}$ thì các phương án về mặt kinh tế có giá trị như nhau.

- Nếu $T < T_{tc}$ thì phương án thứ 2 là phương án có là vốn đầu tư lớn và phí tổn vận hành nhỏ được coi là phương án kinh tế hơn (vì rằng do việc giảm được phí tổn vận hành hàng năm mà chỉ cần sau T năm bé hơn T_{tc} đã hoàn lại được đủ phần vốn bỏ thêm ra lúc đầu).

- Nếu $T > T_{tc}$ thì phương án có vốn đầu tư nhỏ và phí tổn vận hành lớn sẽ là phương án kinh tế.

Nếu thay T bằng T_{tc} thì biểu thức trên được viết lại

$$\frac{K_2 - K_1}{Y_1 - Y_2} (\geq; =; \leq) T_{tc}$$

$$\text{Hay } Y_1 + \frac{1}{T_{tc}} K_1 (\geq; =; \leq) Y_2 + \frac{1}{T_{tc}} K_2 \quad (3.3)$$

Gọi $Y + \frac{1}{T_{tc}} K$ là Z . Như vậy phương án nào có Z bé hơn là phương án kinh tế hơn.

Z gọi là hàm chi phí tính toán hàng năm.

Chi phí về tổn thất điện năng hàng năm $Y_{\Delta A} = \Delta A \cdot C$

C - giá tiền 1 kWh điện năng tổn thất

ΔA - điện năng tổn thất trong một năm

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau = \sum \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R \cdot \tau \quad (3.4)$$

τ - thời gian tổn thất công suất lớn nhất (tra theo $T_{\max}$ và $\cos\varphi$)

Như vậy theo số liệu tính toán của hàm Z , có thể so sánh được nhiều phương án với nhau. Nếu các phương án có Z chênh lệch nhau không quá 5% thì xem các phương án tương đương nhau về mặt kinh tế.

Các trường hợp riêng khi sử dụng hàm Z :

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

$$Z = (a_{vh} + a_{tc})K + Y_{\Delta A} + H \quad (3.5)$$

Trong đó:

H - giá trị trung bình của thiệt hại kinh tế hàng năm do mất điện gây nên.

Giá trị này bao gồm các khoản sau:

+ Tiền hao hụt sản phẩm do mất điện.

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

- Khi có xét tới yếu tố thời gian:

Các phương án được đầu tư trong nhiều năm, mà không phải trong vòng 1 năm. Khi đó chỉ phí tính toán Z có thể viết qui đổi về năm đầu tiên như sau:

$$Z = a_{ic} \sum_{t=0}^{T-1} K_t (1 + a_{ic})^{T-t} + \sum_{t=1}^T (Y_t - Y_{t-1}) (1 + a_{ic})^{t-1} \quad (3.6)$$

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

T - toàn bộ thời gian tính toán [năm].

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

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

3.3. Tính toán kinh tế kỹ thuật khi cải tạo

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

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

Với PA sử dụng thiết bị cũ:

$$Z_c = a_{ic} \Delta K_c + Y_c \quad (3.7)$$

Trong đó: ΔK_c - chi phí đầu tư thiết bị cũ.

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

Với phương án thay thiết bị mới:

$$Z_m = a_{ic} (K_m - K_{th}) + Y_m \quad (3.8)$$

K_m - vốn đầu tư mua thiết bị mới để thay thế.

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

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

Từ hai công thức trên ta cũng có thể tính được thời gian thu hồi vốn đầu tư khi dùng phương án thay mới thiết bị.

$$T = \frac{K_m - K_{th} - \Delta K_c}{Y_c - Y_m} \quad (3.9)$$

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

Chương 4

SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

* Phương án cung cấp điện (CCĐ) được coi là hợp lý nếu :

- + Đảm bảo chất lượng điện tức đảm bảo tần số và điện áp nằm trong phạm vi cho phép.
- + Đảm bảo độ tin cậy, tính liên tục CCĐ phù hợp với yêu cầu của phụ tải.
- + Thuận tiện trong vận hành, lắp ráp và sửa chữa.
- + Có chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật hợp lý.

* Phương án cung cấp điện bao gồm những vấn đề chính như sau:

4.1. Cấp điện áp

Chọn cấp điện áp là nhiệm vụ quan trọng trong thiết kế cung cấp điện, vì trị số điện áp ảnh hưởng đến các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật như : Vốn đầu tư, tổn thất điện năng, phí tổn kim loại màu, chi phí vận hành...

Nếu trị số điện áp định mức cao, tăng khả năng truyền tải của đường dây, làm giảm tổn thất điện áp và điện năng, giảm phí tổn kim loại màu, song làm tăng giá thành công trình đường dây và các thiết bị khác.

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

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

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

Trong đó : K - vốn cho đường dây, thiết bị đóng cắt, đo lường bảo vệ, thiết bị bù... So sánh và tính ra Z_{min} → phương án được chọn. Với cách làm như vậy ta tìm được ngay cấp điện áp tối ưu nằm trong dãy điện áp tiêu chuẩn.

+ Ngoài ra trong thực tế nhiều khi cần biết được điện áp tối ưu ngoài dãy qui chuẩn (trường hợp làm qui hoạch định hướng phát triển).

+ Điện áp này có thể xác định được bằng cách xây dựng hàm liên tục của chi phí tính toán theo điện áp.

$$Z_{tt} = f(U)$$

$$\text{Từ đó } \frac{\partial Z_{tt}}{\partial U} = 0 \rightarrow U_{tối ưu} (Z_{min})$$

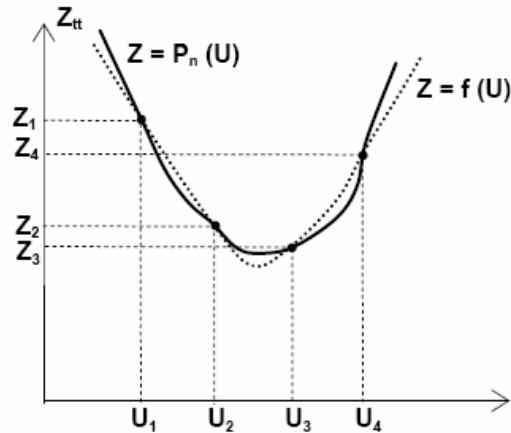
Trong thực tế không thể thiết lập Z_{tt} một cách trực tiếp được bởi vì dãy điện áp tiêu chuẩn là rời rạc, hơn nữa chỉ ở những cấp điện áp đó mới tìm được hàm Z (vì nó liên quan đến giá thiết bị). Như vậy chỉ có một số điểm rời rạc của hàm $Z_{tt} = f(U)$.

Trên cơ sở đó ta dùng phương pháp gần đúng xây dựng hàm chi phí tính toán theo điện áp $Z_{tt} = P_n(U)$ sao cho hàm này gần đúng nhất với $Z_{tt} = f(U)$. Sau đó mọi bài toán

đều thực hiện trên $Z_{tt} = P_n(U)$ mà ta coi chính là $Z_{tt} = f(U)$ với một sai số nào đó. Việc tìm ra $Z_{tt} = P_n(U)$ thường sử dụng phương pháp nội suy.

Dùng phương pháp nội suy xây dựng điện áp tối ưu ngoài tiêu chuẩn:

Nội dung của phương pháp: Trong một khoảng xác định nào đó của hàm $Z=f(U)$ được thay thế bằng hàm $P_n(U)$ sao cho tại mọi điểm nhất định của U_i thì $P_n(U_i) = f(U_i)$. Các điểm đó được gọi là các nút nội suy. Hàm $P_n(U)$ có thể cho tùy ý, xong để đơn giản và dễ thực hiện các phép tính. Người ta thường chọn hàm $P_n(U)$ là một đa thức bậc cao. Sau đó để tìm được $U_{tối ưu}$ người ta giải hàm $Z_n(U)$ để tìm ra Z_{min} .



Hình 4.1

+ Để xây dựng đường cong $P_n(U)$ thường người ta sử dụng tiêu chuẩn gần đúng: đường cong $Z_{tt} = P_n(U)$ đi qua những điểm đã cho trước. Số điểm đã biết trước càng nhiều thì $P_n(U)$ càng gần $f(U)$. Nhưng điện áp tiêu chuẩn không nhiều và các nghiên cứu về phương pháp nội suy trong tính chọn điện áp đã đi đến kết luận là trong trường hợp sử dụng 3 điểm đã cho hay 4 điểm thì kết quả vẫn gần giống nhau. Tất nhiên về mặt tính toán thì dùng 3 điểm sẽ đơn giản đi nhiều.

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

* Cộng hòa dân chủ Đức:

$$U = 3 \cdot \sqrt{S + 0,5l} \quad (4.2)$$

U - điện áp truyền tải, kV

S - công suất truyền tải, MVA

l - khoảng cách cần truyền tải, km

* Mỹ

$$\text{Still: } U = 4,34\sqrt{l + 16P} \quad (4.3)$$

$$\text{Nicogoca: } U = 16 \cdot \sqrt[4]{PI} \quad (4.4)$$

U - điện áp truyền tải, kV

P - công suất truyền tải, MW

l - khoảng cách cần truyền tải, km

* Thủy Điện:

$$U = 17 \sqrt{\frac{l}{16} + P} \quad (4.5)$$

U - điện áp truyền tải, kV

P - công suất truyền tải, MW

l - khoảng cách cần truyền tải, km

4.2. Nguồn điện

Nguồn điện có quan hệ mật thiết với phụ tải, cấp điện áp, sơ đồ cung cấp điện, bảo vệ, tự động hóa và chế độ vận hành.

Nguồn điện có thể là: Nhà máy nhiệt điện, thủy điện; trạm biến áp khu vực; trạm biến áp trung gian; trạm phân phối; trạm biến áp phân xưởng.

Khi xác định nguồn cần phải tính toán và so sánh kinh tế kỹ thuật.

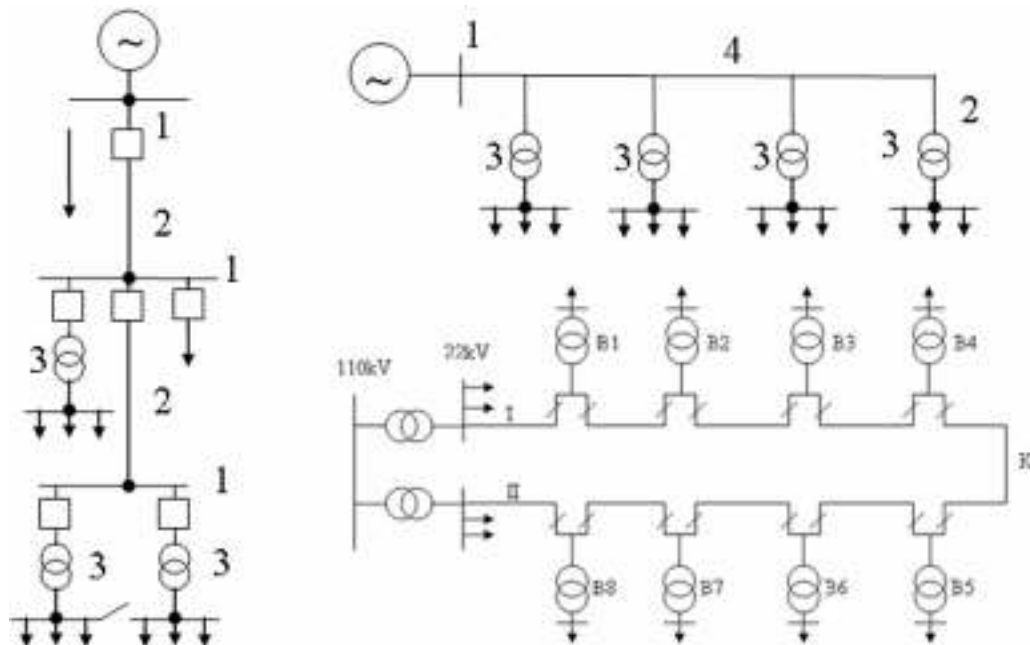
4.3. Sơ đồ nối dây của mạng điện cao áp

Khi chọn sơ đồ nối dây của mạng điện, ta phải căn cứ vào:

- Yêu cầu cơ bản của mạng điện.
- Tính chất hộ dùng điện.
- Trình độ vận hành thao tác của công nhân.
- Vốn đầu tư...

Sơ đồ nối dây có 3 dạng cơ bản sau:

- Sơ đồ hình tia (dạng cây), hình 4.1a
- Sơ đồ phân nhánh (liên thông), hình 4.1b
- Sơ đồ mạch vòng kín, hình 4.1c



Hình 4.1

1- thanh cái trạm phân phối; 2- đường dây điện cao áp

3- biến áp phân xưởng; 4- đường dây trực chính

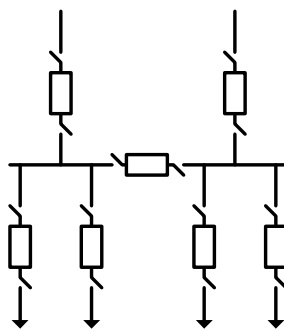
Sơ đồ hình tia có ưu điểm là nối dây rõ ràng, mỗi hộ dùng điện được cung cấp từ một đường dây, do đó chúng ít ảnh hưởng lẫn nhau, độ tin cậy cung cấp điện tương đối cao, dễ thực hiện biện pháp bảo vệ và tự động hóa, dễ vận hành bảo quản.

Khuyết điểm của nó là có vốn đầu tư lớn. Vì vậy sơ đồ nối dây hình tia thường được dùng khi cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ điện loại 1 và 2.

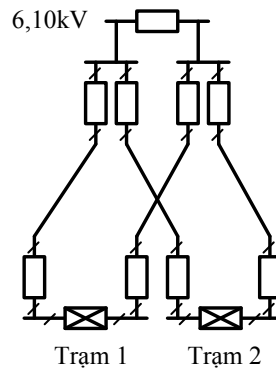
Sơ đồ phân nhánh có ưu và khuyết điểm ngược lại so với sơ đồ hình tia. Vì vậy sơ đồ nối dây phân nhánh thường được dùng khi cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ điện loại 2 và 3 hoặc cung cấp điện cho 1 số phụ tải gần nhau.

Sơ đồ mạch vòng kín: Độ tin cậy cung cấp điện cao, vì một hộ thường có hai nguồn cung cấp, do đó đối với hộ tiêu thụ điện loại 1 thường được thiết kế cung cấp điện bằng mạng kín; Trong trường hợp vận hành bình thường tổn thất điện áp, tổn thất công suất có thể nhỏ hơn mạng điện hở; Khi sự cố (chẳng hạn đứt một nhánh phía đầu nguồn), mạng trở thành hở, tổn thất công suất và điện áp đều lớn, có thể vượt quá giới hạn cho phép; Thực hiện bảo vệ role phức tạp (thường dùng bảo vệ có hướng hoặc bảo vệ khoảng cách); Tính toán phức tạp.

Trong thực tế, người ta thường kết hợp sơ đồ hình tia và phân nhánh hoặc cả 3 sơ đồ trên thành những sơ đồ hỗn hợp. Để nâng cao độ tin cậy và tính linh hoạt của sơ đồ người ta thường đặt các mạch dự phòng chung hoặc riêng.



Hình 4.2



Hình 4.3

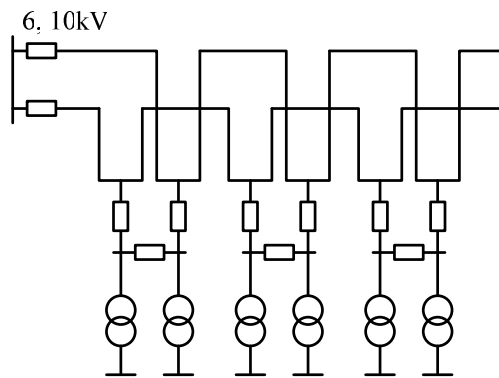
Hình 4.2, sơ đồ hình tia có đường dây dự phòng chung, các trạm biến áp được cung cấp từ những đường dây hình tia dẫn từ trạm phân phối tới.

Hình 4.3, sơ đồ hình tia được cung cấp bằng 2 đường dây để tăng độ tin cậy, ở phía điện áp cao, ta thường đặt máy cắt phân đoạn và thiết bị tự động đóng dự trữ, như vậy độ tin cậy của sơ đồ tăng lên rõ rệt.

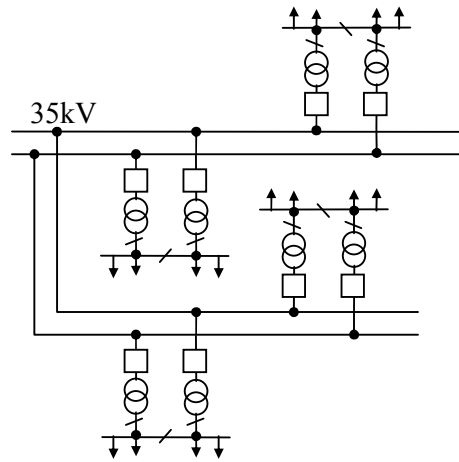
Hình 4.4, sơ đồ phân nhánh được cung cấp bằng hai đường dây để nâng cao độ tin cậy, phía điện áp cao của trạm biến áp có thể đặt máy cắt phân đoạn và thiết bị tự động dự trữ như hình 4.3

Hình 4.5, sơ đồ dẫn sâu, đường dây trung áp được đưa vào sâu trong xí nghiệp, đến tận các trạm biến áp phân xưởng. Đối với sơ đồ này, do trực tiếp đưa điện áp cao vào trạm biến áp phân xưởng nên giảm được trạm phân phối → giảm được số lượng thiết bị điện và sơ đồ nối dây sẽ rất đơn giản; giảm được tổn thất điện áp và điện năng, tăng khả năng truyền tải điện năng của mạng. Tuy nhiên, độ tin cậy không cao. Để khắc phục vấn đề này, người ta thường dùng 2 đường dây dẫn sâu song song và qui định mỗi một đường dây dẫn sâu không nên quá 5 trạm biến áp và dung lượng mỗi đường dây không quá 5000 kVA.

Khi đường dây dẫn sâu có cấp điện áp 110, 220kV thì diện tích đất của xí nghiệp bị đường dây chiếm sẽ rất lớn, vì thế không thể đưa đường dây vào trung tâm phụ tải được.



Hình 4.4



Hình 4.5

4.4. Sơ đồ nối dây của mạng điện hạ áp, mạng phân xưởng: (thường $U < 1000V$)

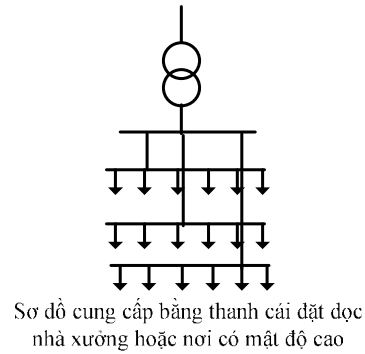
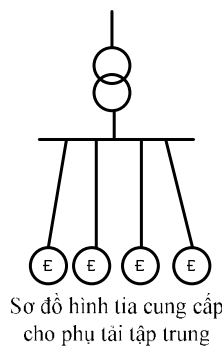
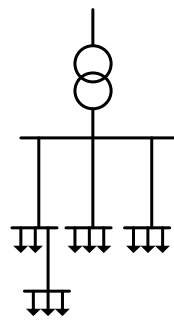
- Yêu cầu:

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

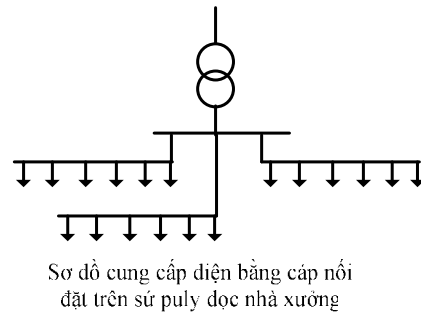
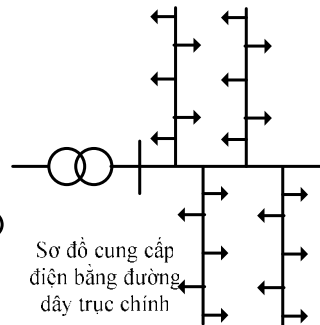
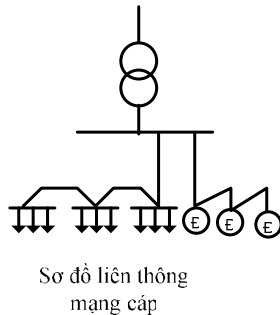
Thường sử dụng sơ đồ hình tia và sơ đồ đường dây chính: (trong phân xưởng thông thường có hai loại mạng tách biệt: Mạng động lực và mạng chiếu sáng).

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

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



Hình 4.6



Hình 4.7

Nhận xét:

- + Sơ đồ cung cấp điện bằng đường dây chính có độ tin cậy kém hơn, giá thành mạng đường dây chính rẻ hơn mạng hình tia.
- + Sơ đồ đường dây chính cho phép lắp đặt nhanh chóng số hộ dùng điện mới.
- + Sơ đồ đường dây chính có dòng ngắn mạch lớn hơn so với sơ đồ hình tia.

Mạng chiếu sáng trong phân xưởng: thông thường có hai loại

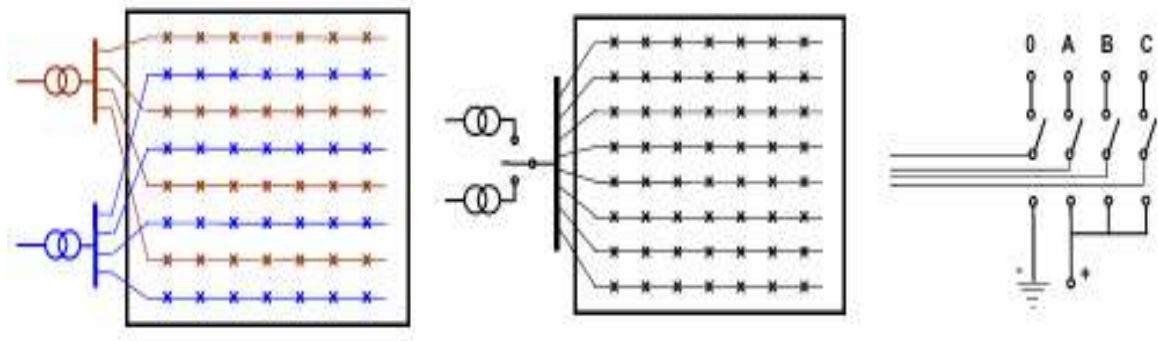
- + Chiếu sáng làm việc: Đảm bảo độ sáng cần thiết ở nơi làm việc và trên phạm vi toàn phân xưởng. Bản thân mạng chiếu sáng làm việc lại có 3 loại (chiếu sáng chung, chiếu sáng cục bộ, chiếu sáng hỗn hợp). Nguồn của mạng chiếu sáng làm việc thường được lấy chung từ trạm biến áp động lực hoặc có thể được cung cấp từ máy biến áp (MBA) chuyên dụng chiếu sáng riêng.
- + Chiếu sáng sự cố: Đảm bảo đủ độ sáng tối thiểu, khi nguồn chính bị mất, hỏng → nó phải đảm bảo được cho nhân viên vận hành an toàn, thao tác khi sự cố và rút khỏi nơi nguy hiểm khi nguồn chính bị mất điện. Nguồn của mạng chiếu sáng sự cố thường được cung cấp độc lập. Trường hợp đặc biệt (khi mất ánh sáng có thể nguy hiểm do cháy, nổ...) phải được cung cấp từ các nguồn độc lập:

Bộ ắc qui

Máy biến áp cung cấp từ hệ thống độc lập.

Các máy phát riêng.

Phân xưởng không được phép ngừng chiếu sáng thì có thể sử dụng sơ đồ chiếu sáng được cung cấp từ 2 máy biến áp chuyên dụng và bố trí đèn xen kẽ nhau các đường dây lấy từ 2 máy biến áp. Hoặc dùng sơ đồ có chuyển nguồn tự động.



Hình 4.8

Trường hợp yêu cầu cao (để phòng mất điện phía cao áp) người ta sử dụng bộ chuyển đổi đặc biệt để đóng mạch chiếu sáng vào nguồn 1 chiều (lấy từ bộ ac-qui) xem hình vẽ 4.8

4.5. Trạm biến áp

Trạm biến áp dùng để biến đổi điện năng từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác.

4.5.1. Phân loại

- Theo nhiệm vụ:
 - + Trạm biến áp trung gian: nhận điện của hệ thống điện ở cao áp ($U = 110; 220\text{kV}$) để biến đổi thành cấp trung áp ($U = 22; 35\text{kV}$).
 - + Trạm biến áp phân xưởng: nhận điện từ trạm biến áp trung gian biến đổi xuống các loại điện áp thích hợp để phục vụ cho các phụ tải phân xưởng.
- Theo hình thức và cấu trúc của trạm:
 - + Trạm biến áp ngoài trời: các thiết bị điện như dao cách ly, máy cắt, máy biến áp .. đặt ngoài trời; các thiết bị phân phối phía điện áp thấp thì đặt trong nhà hoặc đặt trong tủ sắt chế tạo sẵn chuyên dùng.
 - + Trạm biến áp trong nhà: tất cả các thiết bị đều đặt trong nhà.

4.5.2. Chọn vị trí, số lượng và công suất của trạm biến áp

* Vị trí và số lượng trạm biến áp trong xí nghiệp.

- Vị trí các trạm biến áp phải thỏa mãn yêu cầu:
 - + An toàn và liên tục cung cấp điện.
 - + Gần trung tâm phụ tải, thuận tiện cho nguồn cung cấp đi tới.
 - + Thao tác, vận hành, quản lý dễ dàng.
 - + Phòng nổ, cháy, bụi bặm, khí ăn mòn.
 - + Tiết kiệm vốn đầu tư và chi phí vận hành.

Vị trí trạm biến áp trung gian nên chọn gần trung tâm phụ tải. Nhưng đây dẫn đến trạm thường có cấp điện áp 110; 220kV → chiếm diện tích đất rất lớn, vì thế không thể đưa trạm biến áp trung gian vào quá sâu trong xí nghiệp. Vị trí của trạm biến áp phân xưởng có thể ở bên ngoài, liền kề hoặc bên trong phân xưởng.

Về mặt lý thuyết cần chọn vị trí đặt trạm tại tâm phụ tải. Các tọa độ X và Y của vị trí đặt trạm có thể xác định theo các phương pháp như sau:

- Xác định X và Y theo tâm phụ tải

$$X = \frac{\sum x_i S_i}{\sum S_i} ; Y = \frac{\sum y_i S_i}{\sum S_i} \quad (4.6)$$

Trong đó: x_i, y_i - tọa độ của phụ tải i

P_i - công suất của phụ tải i

- Xác định X và Y khi có xét đến cả thời gian làm việc T_i của phụ tải thứ i trong cả thời kỳ tính toán.

$$X = \frac{\sum x_i S_i T_i}{\sum S_i T_i} ; Y = \frac{\sum y_i S_i T_i}{\sum S_i T_i} \quad (4.7)$$

- Xác định X và Y theo năng lượng truyền tải.

$$\text{Hàm mục tiêu: } M = \sum A_i \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2} \quad (4.8)$$

A_i - điện năng tiêu thụ của phụ tải thứ i

Xác định X và Y bằng cách giải hệ phương trình: $\frac{\partial M}{\partial X} = 0; \quad \frac{\partial M}{\partial Y} = 0$

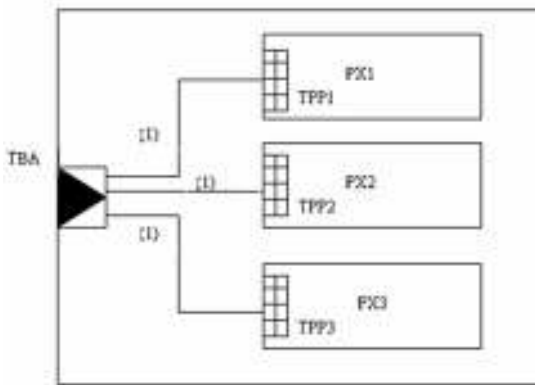
- Số lượng trạm biến áp trong một xí nghiệp phụ thuộc vào:

+ Mức độ tập trung hay phân tán của phụ tải trong xí nghiệp.

+ Tính chất quan trọng của phụ tải về mặt liên tục cung cấp điện.

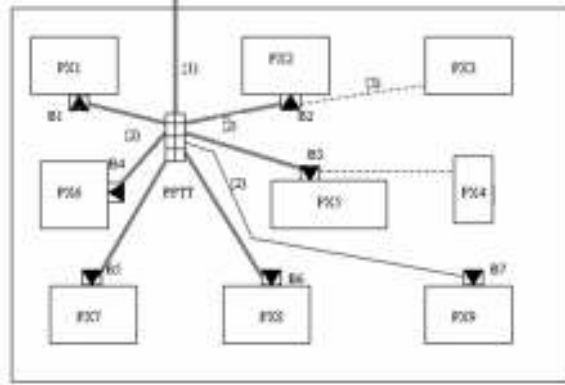
+ Công suất của toàn xí nghiệp.

Chẳng hạn: Đối với xí nghiệp nhỏ chỉ có vài ba phân xưởng, công suất vài trăm kVA → chỉ cần đặt 1 trạm biến áp, hình 4.9. Đối với xí nghiệp qui mô lớn như xí nghiệp cơ khí, luyện kim... tổng công suất tới vài ngàn thậm chí hàng vạn kVA → đặt nhiều trạm biến áp, hình 4.10. Mỗi phân xưởng lớn đặt một trạm, phân xưởng nhỏ gần nhau đặt chung một trạm. Để cấp điện cho các trạm biến áp phân xưởng cần đặt tại trung tâm xí nghiệp một trạm phân phối, gọi là trạm phân phối trung tâm (nhận điện từ trạm biến áp trung gian và phân phối cho các trạm biến áp phân xưởng). Cũng có thể thực hiện phương án đặt trạm biến áp trung tâm tại xí nghiệp ở những xí nghiệp rất lớn, cấp điện áp có thể 35/10-22 kV hoặc 110/10-22 kV.



Hình 4.9

(1)-các đường cáp ngầm hạ áp



Hình 4.10

(1)-Đường dây trung áp từ TBA trung gian ; (2) -Lưới cáp ngầm trung áp của xí nghiệp; (3) -Cáp ngầm hạ áp

- Lựa chọn số lượng, dung lượng máy biến áp cho trạm: nên đặt 1 máy biến áp là tốt nhất. Khi cần thiết có thể đặt 2 máy, không nên đặt nhiều hơn 2 máy.

+ Trạm 1 máy: Tiết kiệm đất, vận hành đơn giản. Nhưng không đảm bảo được độ tin cậy cung cấp điện như trạm 2 máy.

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

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

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

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

Hệ loại 2: Cũng cần có nguồn dự phòng có thể đóng tự động hoặc bằng tay. Hệ loại 2 nhận điện từ 1 trạm thì trạm đó cũng cần phải có 2 máy biến áp hoặc trạm đó chỉ có một máy đang vận hành và một máy khác để dự phòng nguôi.

Hệ loại 3: Trạm chỉ cần 1 máy biến áp. Tuy nhiên cũng có thể đặt 2 máy biến áp với các lý do khác nhau như: Công suất máy bị hạn chế, điều kiện vận chuyển và lắp đặt khó (không đủ không gian để đặt máy lớn). Hoặc đồ thị phụ tải quá chênh lệch ($k_{dk} \leq 0,45$ lý do vận hành), hoặc để hạn chế dòng ngắn mạch.

* Chọn dung lượng máy biến áp:

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

+ Dây công suất biến áp.

+ Hiệu chỉnh nhiệt độ.

- + Khả năng quá tải biến áp.
- + Phụ tải tính toán.
- + Tham khảo số liệu dung lượng MBA theo điều kiện tổn thất kim loại màu ít nhất.

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

50; 100; 180; 320; 560; 750; 1000; 1800; 3200; 5600 kVA ...

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

Hiệu chỉnh nhiệt độ: S_{dm} của máy biến áp là công suất mà nó có thể tải liên tục trong suốt thời gian phục vụ (khoảng 20 năm) với điều kiện nhiệt độ môi trường là định mức. Các máy biến áp nước ngoài (châu Âu) được chế tạo với t_0 khác môi trường ở ta. Ví dụ máy biến áp Liên Xô cũ qui định:

Nhiệt độ trung bình hàng năm là $\theta_{tb} = + 5^0C$.

Nhiệt độ cực đại trong năm là $\theta_{cd} = +35^0C$.

→ Dung lượng máy biến áp cần được hiệu chỉnh theo môi trường lắp đặt thực tế:

$$S'_{dm} = S_{dm} \left(1 - \frac{\theta_{tb} - 5}{100} \right) \quad (4.9)$$

θ_{tb} - nhiệt độ trung bình nơi lắp đặt.

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

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

Ngoài ra còn phải hiệu chỉnh theo nhiệt độ cực đại của môi trường xung quanh. Khi $\theta_{cd} > 35^0C \rightarrow$ công suất của MBA phải giảm đi cứ mỗi độ tăng thêm, dung lượng phải giảm đi 1% cho đến khi $\theta_{cd} = 45^0C$. Nếu $\theta_{cd} > 45^0C$ phải được làm mát nhân tạo.

Quá tải máy biến áp: trong vận hành thực tế vì phụ tải luôn thay đổi nên phụ tải của máy biến áp thường không bằng phụ tải định mức của nó, mà mức độ già hoá cách điện được bù trừ nhau ở máy biến áp theo phụ tải. Vì vậy trong vận hành có thể xét tới khả năng cho phép máy biến áp làm việc lớn hơn phụ tải định mức của nó (một lượng nào đó). Nghĩa là cho phép nó làm việc quá tải nhưng sao cho thời hạn phục vụ của nó không nhỏ hơn 20 ÷ 25 năm → xây dựng qui tắc tính quá tải:

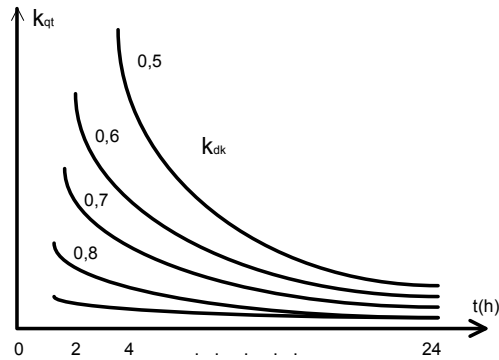
Quá tải bình thường của máy biến áp (dài hạn).

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

+ Khả năng quá tải máy biến áp lúc bình thường:

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

$$k_{dk} = \frac{S_{tb}}{S_{cd}} = \frac{I_{tb}}{I_{cd}} \quad (4.10)$$



Hình 4.11

Đường cong quá tải máy biến áp theo phương pháp này được xây dựng theo quan hệ giữa hệ số quá tải k_{qt} và thời gian quá tải hàng ngày, hình 4.11

$$\text{Hệ số quá tải : } k_{qt} = \frac{I_{cd}}{I_{dm}} \quad (4.11)$$

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

$$I_{cd} = k_{qt} \cdot I_{dm}; \quad S_{cd} = k_{qt} \cdot S_{dm} \quad (4.12)$$

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

Qui tắc 3 %: “Trong điều kiện nhiệt độ không khí xung quanh không vượt quá 35°C. Cứ hệ số phụ tải của máy biến áp giảm đi 10 % so với 100% thì máy biến áp được phép quá tải 3 %”.

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

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

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

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

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

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

Chọn dung lượng máy biến áp theo phụ tải tính toán:

Vì phụ tải tính toán là phụ tải lớn nhất mà thực tế không phải lúc nào cũng như

vậy. Cho nên dung lượng chọn theo S_{tt} không nên chọn quá dư. Ngoài ra còn phải chú ý đến công suất dự trữ khi xảy ra sự cố 1 máy (dành cho trạm có 2 máy). Những máy còn lại phải đảm bảo cung cấp được một lượng công suất cần thiết theo yêu cầu của phụ tải.

+ Trong điều kiện bình thường:

$$\text{Trạm 1 máy } S_{dm} \geq S_{tt} \quad (4.13)$$

$$\text{Trạm n máy } n.S_{dm} \geq S_{tt} \quad (4.14)$$

S_{dm} - dung lượng định mức đã hiệu chỉnh nhiệt độ của máy biến áp.

S_{tt} - công suất tính toán của trạm.

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

Trường hợp sự cố 1 máy biến áp (xét cho trạm từ 2 máy trở lên) hoặc đứt một đường dây:

$$\text{Với trạm 2 máy: } k_{qt}.S_{dm} \geq S_{sc} \quad (4.15)$$

$$\text{Trạm n máy: } (n-1).k_{qt}.S_{dm} \geq S_{sc} \quad (4.16)$$

S_{dm} - dung lượng định mức của máy biến áp đã hiệu chỉnh nhiệt độ.

S_{sc} - phụ tải mà trạm vẫn cần phải được cung cấp khi có sự cố.

k_{qt} - hệ số quá tải sự cố của máy biến áp. Khi không có số liệu tra có thể lấy $k_{qt} = 1,4$ với điều kiện hệ số tải trước lúc sự cố không quá 93 % và không tải quá 3 ngày, mỗi ngày không quá 6 giờ.

4.5.3. Vận hành kinh tế trạm biến áp

Công việc vận hành trạm biến áp nhằm phát huy được các ưu điểm của phương án thiết kế và tận dụng hết khả năng của thiết bị. Vì vậy trước hết phải nắm được tinh thần của bản thiết kế và các chỉ dẫn cần thiết.

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

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

$$\Delta P'_B = \Delta P'_0 + \Delta P'_N \left(\frac{S}{S_{dmB}} \right)^2 \quad (4.17)$$

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

ΔP_0 - tổn thất không tải của máy biến áp trong trạm.

ΔQ_0 - tổn thất không tải của các phần tử khác của hệ thống (phụ thuộc vào lượng công suất phản kháng).

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

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

ΔP_N - tổn thất ngắn mạch hay tổn thất trong dây cuộn của máy biến áp.

ΔQ_N - tổn thất ngắn mạch của các phần tử khác trong hệ thống.

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

S_{dmB} - dung lượng định mức của máy biến áp.

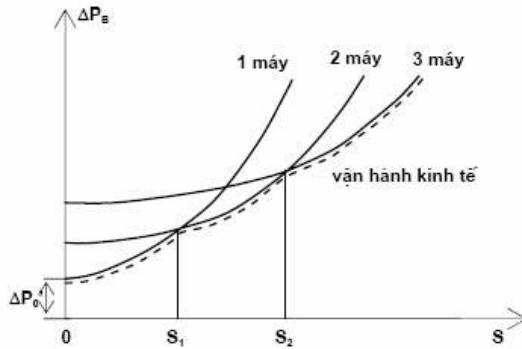
Trạm có n máy:

$$\Delta P'_B = n.\Delta P'_0 + \frac{1}{n}.\Delta P'_N \left(\frac{S}{S_{dmB}} \right)^2 \quad (4.18)$$

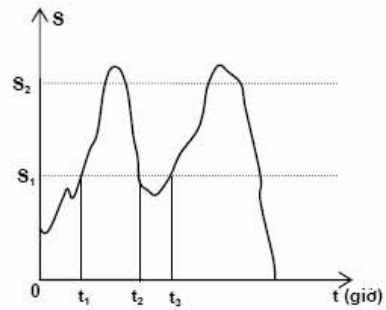
Trạm có $n + 1$ máy

$$\Delta P'_B = (n + 1).\Delta P'_0 + \frac{1}{n + 1}.\Delta P'_N \left(\frac{S}{S_{dmB}} \right)^2 \quad (4.19)$$

Ta thấy quan hệ $\Delta P'_N$ và S có dạng $\Delta P'_N = a + b.S^2$ xem hình 4.12.



Hình 4.12



Hình 4.13

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

Khi $S_1 < S < S_2$ - vận hành 2 máy sẽ kinh tế.

Khi $S > S_2$ - vận hành 3 máy sẽ kinh tế.

Vậy ta có thể tính được công suất có lợi để chuyển từ việc vận hành n sang $(n+1)$ máy bằng cách cân bằng 2 phương trình, rút ra được công suất giới hạn.

$$S' = S_{dm} \sqrt{\frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N} n.(n + 1)} \quad (4.20)$$

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

$$S = S_{dm} \sqrt{\frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N} n.(n + 1)} \quad (4.21)$$

Trong thực tế $S(t)$ thay đổi khá nhiều trong 1 ngày, ví dụ hình 4.13

Từ $0 \div t_1$ vận hành 1 máy.

Từ $t_1 \div t_2$ vận hành 2 máy.

Từ $t_2 \div t_3$ vận hành 1 máy.

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

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

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

$$\Delta A = \Delta P'_0 \cdot t + \Delta P'_N \left(\frac{S_{tt}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \tau \quad (4.22)$$

t - thời gian đóng máy vào lưới.

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

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

$$\frac{\partial \Delta A}{\partial S} = 0 \rightarrow S_{\min} (\Delta A \rightarrow \min)$$

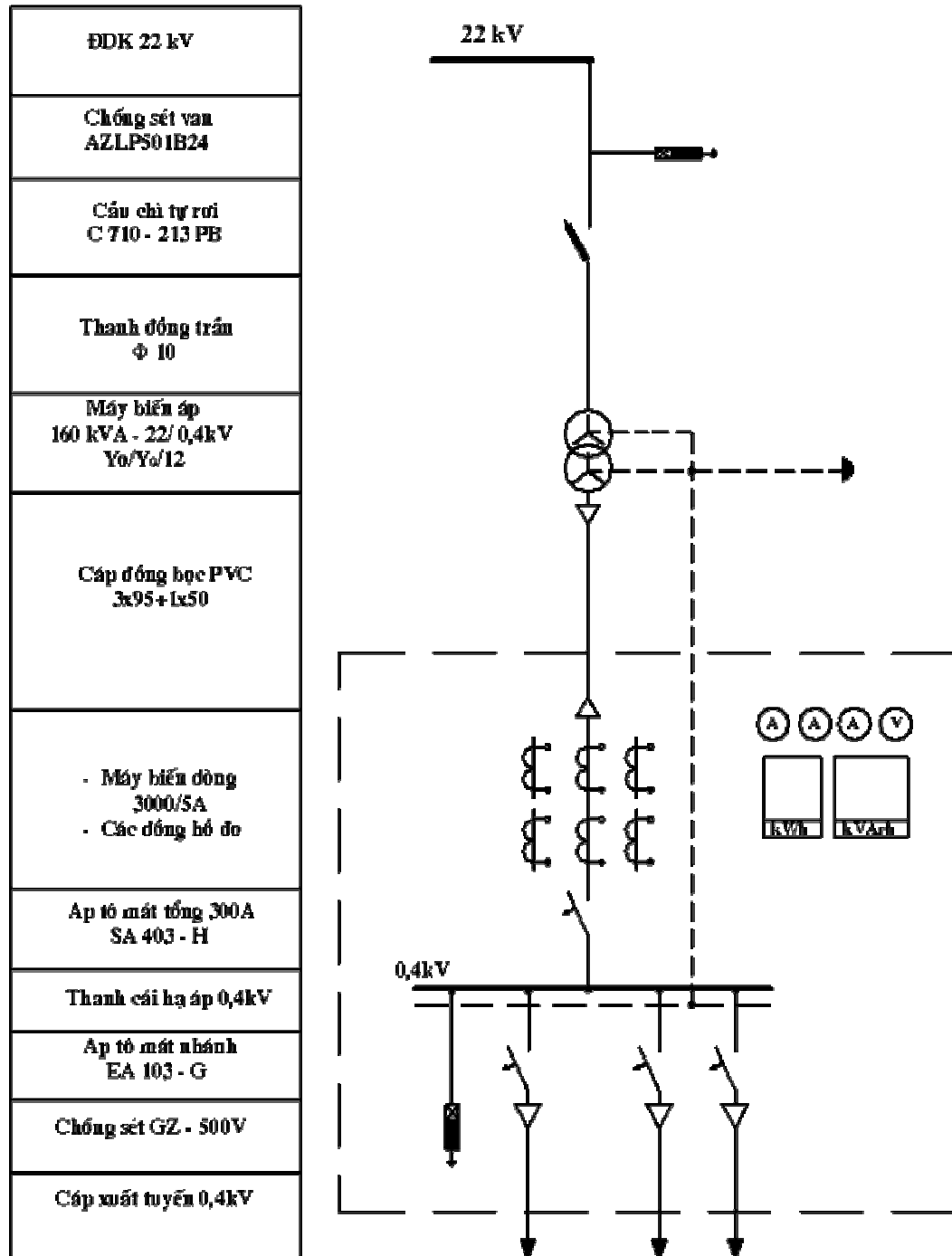
4.5.4. Sơ đồ nối dây của trạm biến áp

- Sơ đồ nối dây của trạm phải thỏa mãn các điều kiện:

- + Đảm bảo liên tục cung cấp điện theo yêu cầu của phụ tải.
- + Sơ đồ nối dây rõ ràng, thuận tiện trong vận hành và xử lý sự cố.
- + An toàn lúc vận hành và lúc sửa chữa.
- + Chú ý đến yêu cầu phát triển.
- + Hợp lý về mặt kinh tế, trên cơ sở các yêu cầu về kỹ thuật.

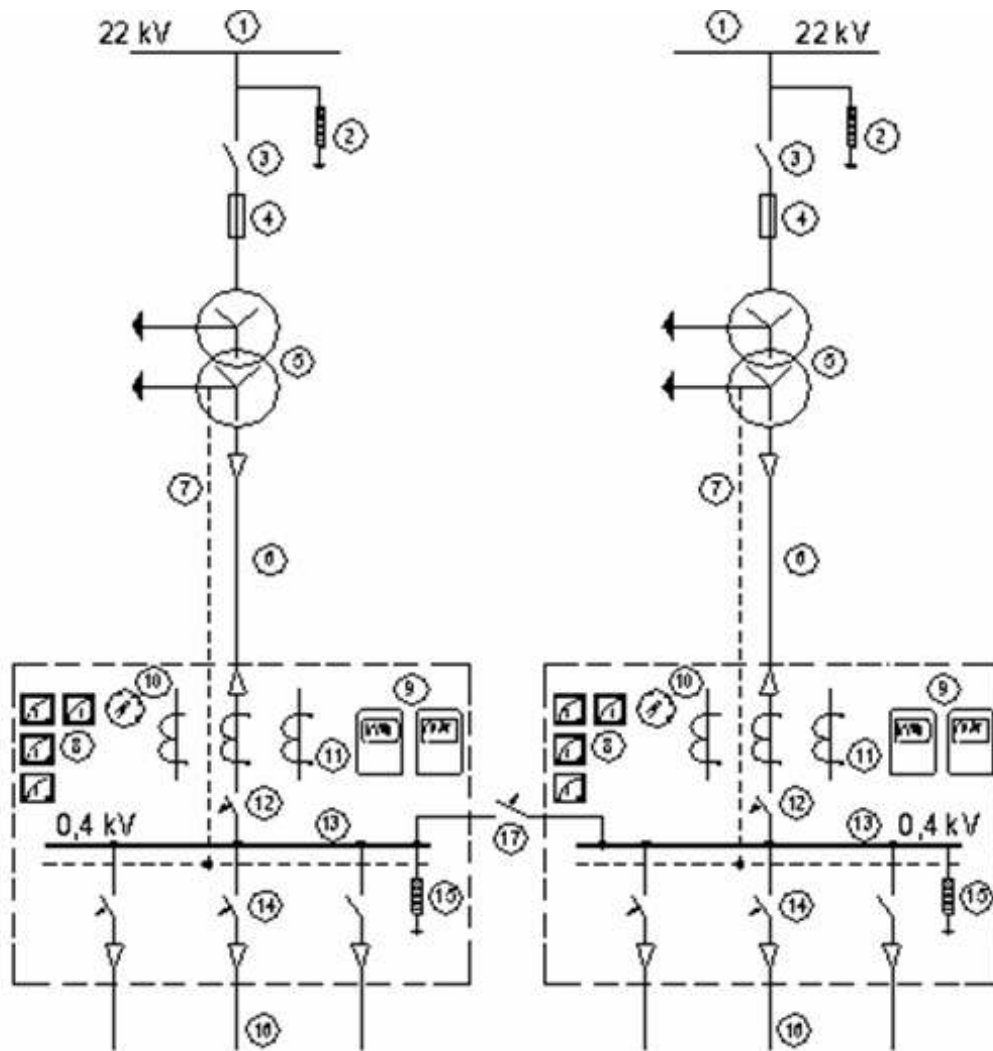
- Trạm biến áp phân phối: Tùy theo tính chất quan trọng của hộ tiêu thụ, trạm biến áp phân phối đặt 1 máy biến áp, hình 4.14 hoặc 2 máy biến áp, hình 4.15.

Sơ đồ nguyên lý trạm biến áp 160 kVA – 22/0,4 kV



Hình 4.14

Sơ đồ nguyên lý trạm biến áp 2x100kVA-22/0,4kV



Hình 4.15

1. Đường dây trên không 22 kV; 2. Chống sét van; 3. Cầu dao cách ly ; 4. Cầu chì ống cao áp ; 5. Máy biến áp 100 kVA-22/0,4 kV; 6. Cấp từ mặt máy vào tủ hạ áp; 7. Dây nối đất; 8. Các đồng hồ Volmét và Ampemét; 9. Các đồng hồ đo công suất hữu công và công suất vô công; 10. Khoá chuyển mạch; 11. Biến dòng điện; 12. aptômat tổng; 13. Thanh cái hạ áp; 14. aptômat nhánh; 15. Chống sét van hạ thế; 16. Cấp xuất tuyến; 17. aptômat liên lạc.

Xây dựng trạm biến áp phân phối:

+ Trạm treo:

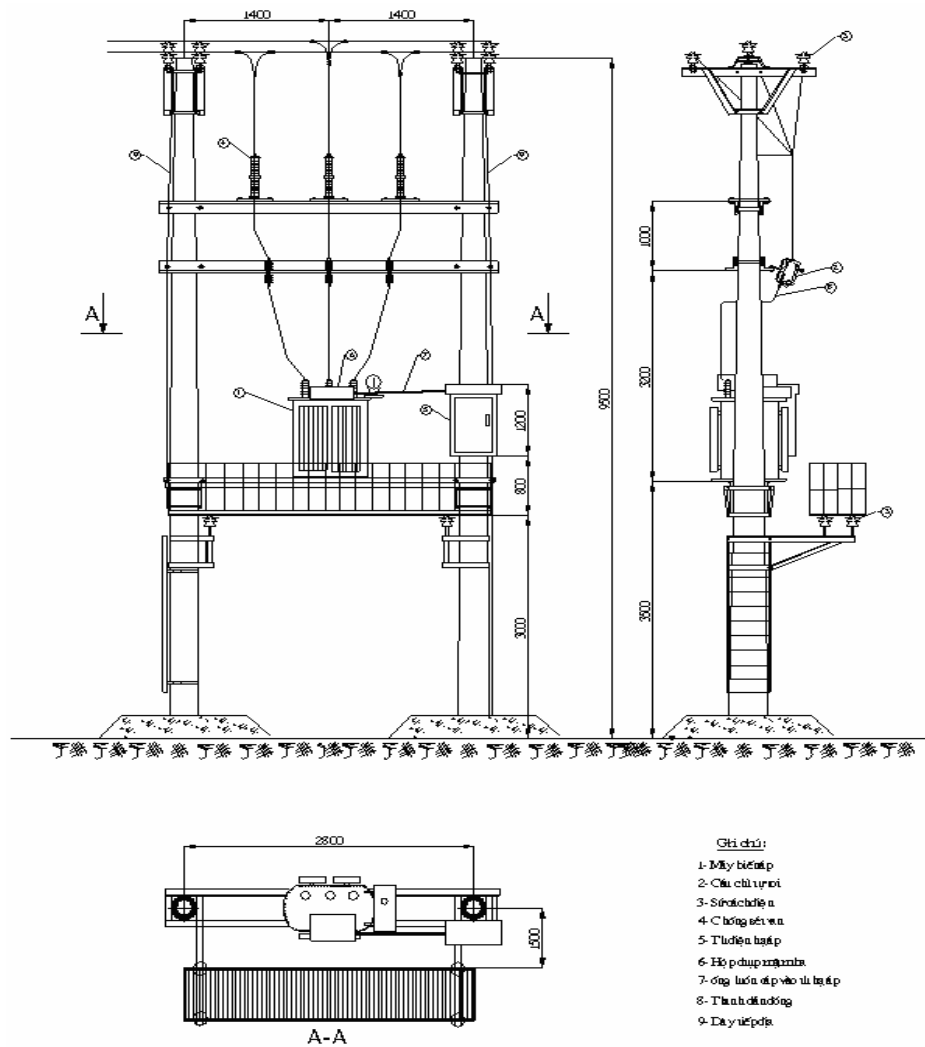
Tất cả các thiết bị điện cao hạ áp và máy biến áp đều đặt trên cột

Ưu điểm: đơn giản, rẻ tiền, xây lắp nhanh, ít tốn đất

Nhược điểm: kém mỹ quan

Được sử dụng: nơi quỹ đất hẹp và điều kiện mỹ quan cho phép.

Hình 4-16, 1- máy biến áp; 2- cầu chì tự rơi; 3-sứ cách điện; 4-chống sét van; 5-tủ điện hạ áp; 6-hộp chụp máy biến áp; 7-ống luồn cáp vào tủ hạ áp; 8-thanh dẫn đồng; 9-dây tiếp địa.



Hình 4-16

+ Trạm bột (còn gọi là trạm cột):

Thiết bị cao áp đặt trên cột, máy biến áp đặt dưới đất, trạm phân phối hạ áp đặt trong nhà xây mái bằng, xung quanh trạm có tường xây, trạm có cổng sắt bảo vệ, thuận tiện cho điều kiện nông thôn, ở đây quỹ đất không hạn hẹp lắm, lại rất an toàn cho người và gia súc.

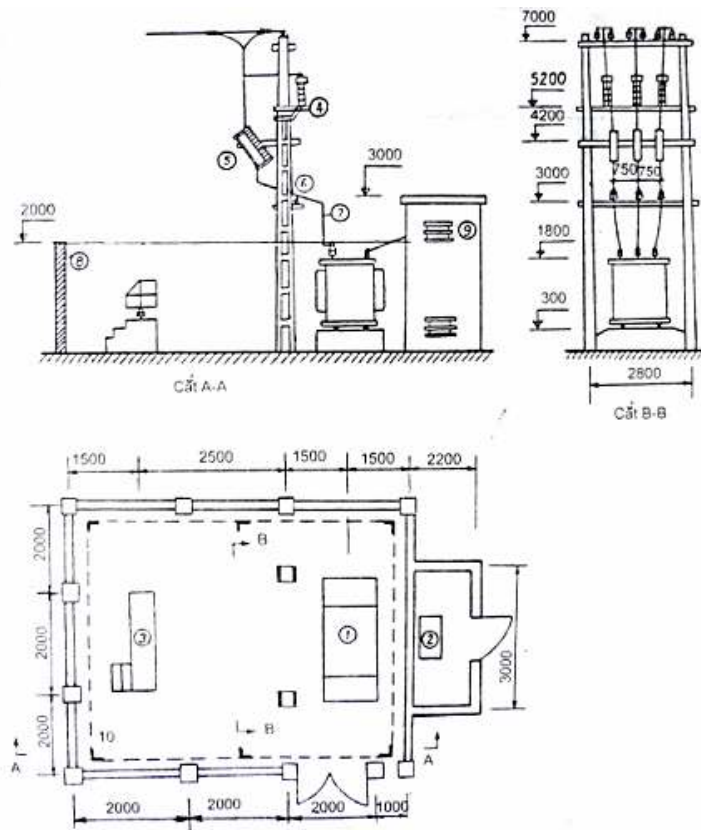
Hình 4.17, 1- bộ máy biến áp; 2- tủ phân phối hạ áp; 3- ghế cách điện; 4- chống sét van; 5- cầu chì tự rơi; 6- sứ đỡ; 7- thanh đồng cứng; 8- tường rào trạm; 9- cửa thông gió có lưới chắn; 10- hệ thống tiếp địa.

+ Trạm xây (trạm kín):

Thiết bị điện cao hạ áp và máy biến áp được đặt trong nhà xây mái bằng. Nhà xây được phân ra thành nhiều ngăn để tiện thao tác, vận hành cngx như tránh sự cố lan tràn từ phần này sang phần khác.

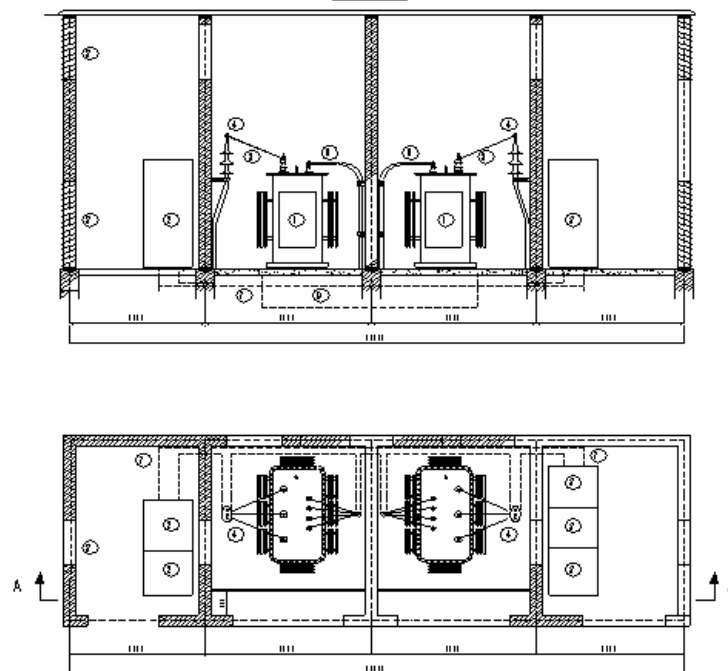
Yêu cầu: thông hơi, thoáng khí, đặt lưới mắt cáo ...

Hình 4.18, 1- máy biến áp; 2- tủ cao áp; 3- tủ hạ áp; 4- đầu cao áp; 5- thanh cái cao áp; 6- cáp ra từ máy biến áp đến tủ 0,4kV; 7- rãnh cáp; 8- thông gió; 9- hồ dầu



Hình 4.17

TRẠM BIẾN ÁP KIỂU KÍN TRONG NHÀ HAI MÁY BIẾN ÁP
A - A



Hình 4.18



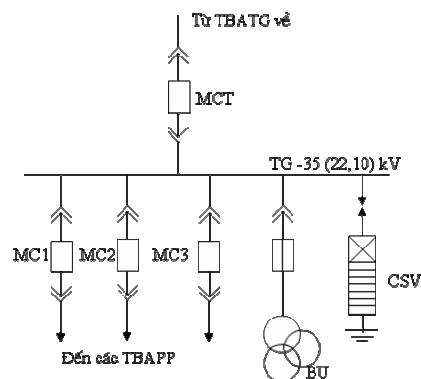
Hình ảnh thực tế: Trạm treo, trạm bệt và trạm kín

- Trạm phân phối: (còn gọi là trạm cắt)

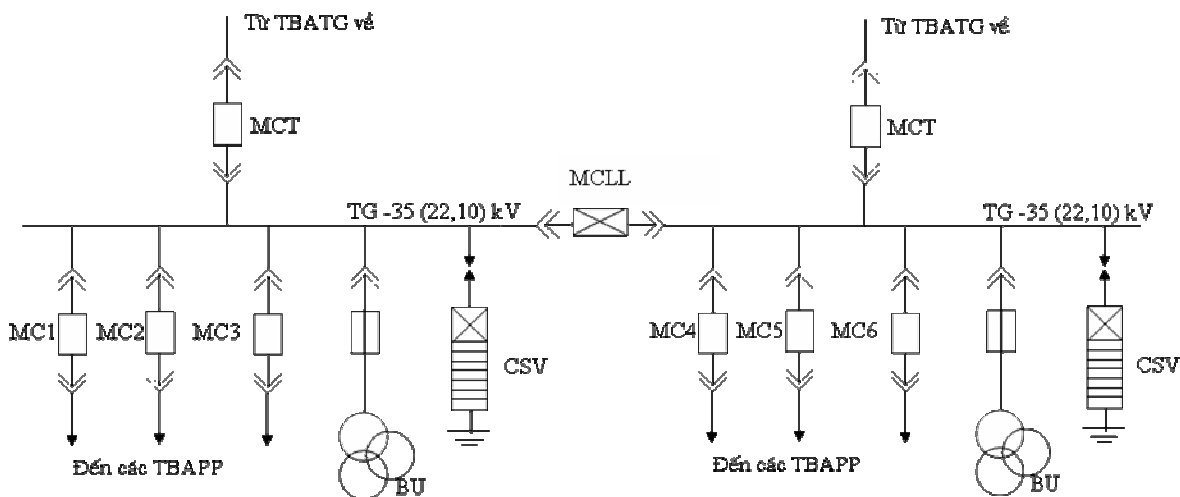
Trong đó không đặt máy biến áp mà chỉ đặt các thiết bị đóng cắt (máy cắt, dao cắt phụ tải, cầu dao, cầu chì ..).

Nhiệm vụ: nhận điện từ TBA trung gian về và phân phối cho các TBA phân phối trong khu vực.

Đối với trạm có 2 phân đoạn thanh góp, thì máy cắt liên lạc (MCLL) thường mở để trị số dòng điện ngắn mạch trên thanh góp giảm đi một nửa nhằm chọn máy cắt và các thiết bị điện khác rẻ tiền hơn. Nếu phụ tải 2 phân đoạn thanh góp không đều thì phải vận hành MCLL thường đóng, đảm bảo tổn thất điện năng giảm

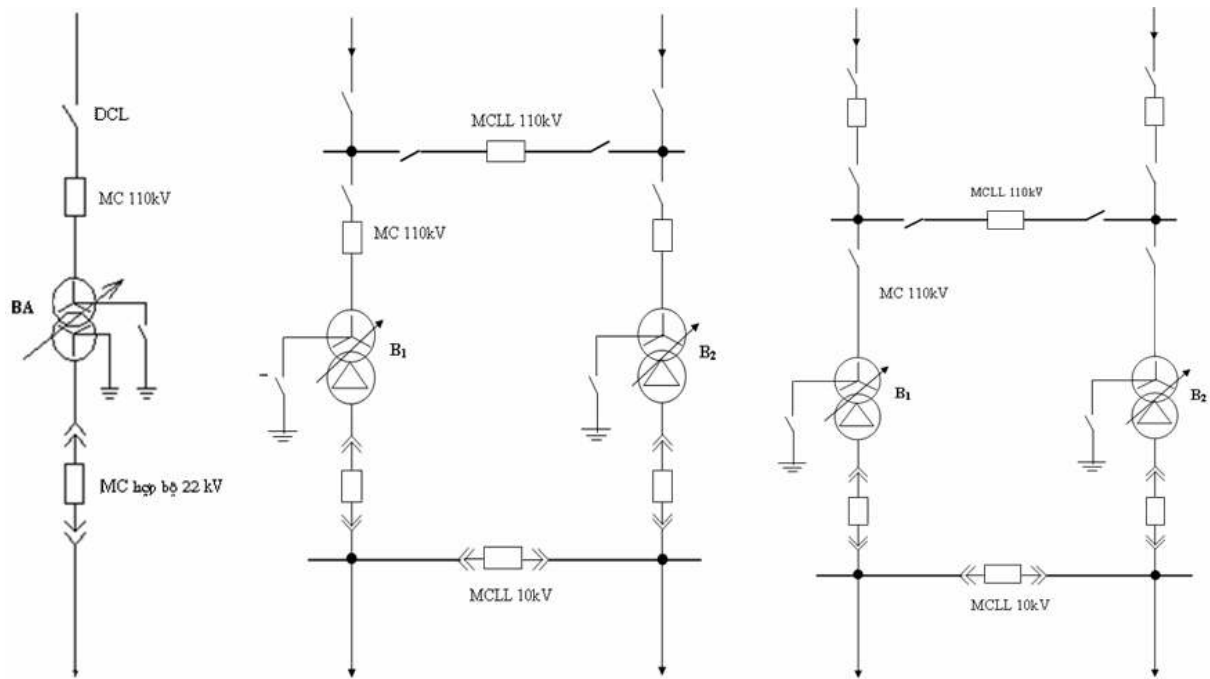


Xây dựng trạm phân phối có thể theo kiểu trạm hở hoặc trạm kín.



Hình 4.20

- Trạm biến áp trung gian:



TBA trung gian đặt 1 MBA

TBA trung gian đặt 2 MBA nối theo sơ đồ cầu ngoài và sơ đồ cầu trong

Hình 4.9

Cấp điện áp thường: 110/10;22;35 kV hoặc 35/22;10 kV.

Tùy theo tính chất quan trọng của lưới cung cấp điện mà trạm biến áp trung gian đặt 1 hoặc 2 máy biến áp.

Đối với trạm một máy: phía 110 kV dùng DCL-MC 110 kV; phía hạ áp (35; 22; 10 kV), sơ đồ 1 hệ thống thanh góp và các máy cắt hợp bộ.

Đối với trạm 2 máy: Phía 110 kV dùng sơ đồ cầu. Nếu các máy biến áp thường xuyên phải đóng cắt → sử dụng sơ đồ cầu ngoài nghĩa là đặt máy cắt về phía máy biến áp. Ngược lại nếu đường dây 110 kV dài, sự cố nhiều mà máy biến áp lại ít phải đóng cắt → dùng sơ đồ cầu trong, đặt máy cắt ra ngoài đường dây.

Xây dựng: Phía cao áp và máy biến áp đặt hở ngoài trời, phần trung áp đặt trong nhà phân phối giống như kết cấu xây trạm phân phối.

Chương 5

TÍNH TOÁN ĐIỆN TRONG MẠNG ĐIỆN ĐỊA PHƯƠNG

5.1. Tổn thất công suất và điện năng trên đường dây của mạng điện

5.1.1. Đường dây chỉ có một phụ tải

Tổn thất công suất tác dụng đối với mạch xoay chiều 3 pha

$$\Delta P = 3.R.I^2$$

Ta biết : $S = \sqrt{3}.U.I \rightarrow I = \frac{S}{\sqrt{3}U}$

$$\Delta P = 3.R.\frac{S^2}{3.U^2} = \left(\frac{S}{U}\right)^2.R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}.R \quad (5.1)$$

Tương tự $\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}.X \quad (5.2)$

Trong đó : R, X - điện trở và điện kháng của đường dây, Ω

I - dòng điện chạy trên dây dẫn, A

P, Q - công suất tác dụng và phản kháng, kW, kVAr

Nếu U(kV) ; R, X (Ω) ; P(kW) ; Q(kVAr); thì $\Delta P(W)$; $\Delta Q(VAr)$

Ví dụ : Đường dây trên không 10kV, cấp điện cho xí nghiệp cơ khí có phụ tải 2000 kVA, $\cos\varphi = 0,6$. Xác định tổn thất công suất trên đường dây.

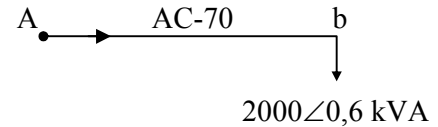
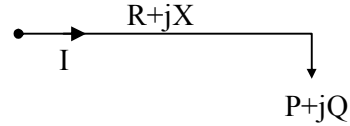
Giải :

Tra bảng AC-70 : $r_0 = 0,46 \Omega/km$, $x_0 = 0,4 \Omega/km$

Tổng trở đường dây $Z_{Ab} = 0,46.5 + j0,4.5 = 2,3 + j2 \Omega$

Tổn thất công suất trên đường dây

$$\Delta S_{Ab} = \left(\frac{2000}{10}\right)^2.(2,3 + j2) = 92000 + j80000 VA = 92 + j80 kVA$$



5.1.2. Đường dây cung cấp cho nhiều phụ tải

- Qui ước:

P, Q - chỉ công suất truyền tải trên đường dây.

p, q - chỉ công suất tiêu thụ từng hộ tiêu dùng.

- Gọi S_2'' - là công suất ở cuối đoạn dây 2.

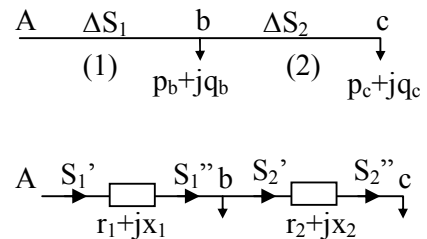
S_1'' - là công suất ở cuối đoạn dây 1

S_2' - là công suất ở đầu đoạn dây 2

S_1' - là công suất ở đầu đoạn dây 1

- Tính ΔS_2 (tổn thất công suất trên đoạn dây 2)

$$\Delta P_2 = \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_c^2}.r_2 = \frac{p_c^2 + q_c^2}{U_c^2}.r_2$$



$$\Delta Q_2 = \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_c^2} \cdot x_2 = \frac{p_c^2 + q_c^2}{U_c^2} \cdot x_2$$

Suy ra $\Delta S_2 = \Delta P_2 + j\Delta Q_2$

- Tính ΔS_1 (tổn thất công suất trên đoạn dây 1)

Công suất ở đầu đoạn dây 2:

$$\begin{aligned} S_2' &= S_2'' + \Delta S_2 \\ &= P_2'' + jQ_2'' + \Delta P_2 + j\Delta Q_2 \\ &= (P_2'' + \Delta P_2) + j(Q_2'' + \Delta Q_2) = P_2' + jQ_2' \end{aligned}$$

Công suất ở cuối đoạn dây 1:

$$\begin{aligned} S_1'' &= S_2' + S_b \\ &= P_2' + jQ_2' + p_b + jq_b \\ &= (P_2' + p_b) + j(Q_2' + q_b) = P_1'' + jQ_1'' \end{aligned}$$

$$\Delta P_1 = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_b^2} \cdot r_1$$

$$\Delta Q_1 = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_b^2} \cdot x_1$$

Suy ra $\Delta S_1 = \Delta P_1 + j\Delta Q_1$

- Kết luận :

+ Tổn thất công suất toàn phần trên đường dây: $\Delta S_\Sigma = \Delta S_1 + \Delta S_2$.

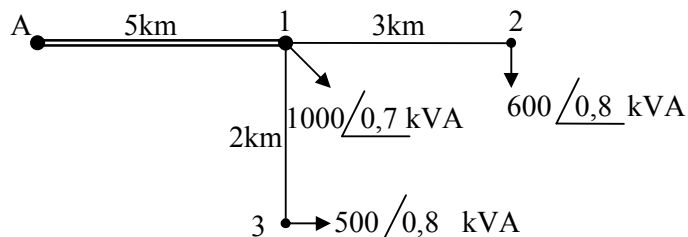
+ Khi tính tổn thất công suất trên đường dây ta tính từ cuối đường dây và tính ngược lên.

- Chú ý : Nếu không đòi hỏi chính xác cao, trong lúc tính tổn thất công suất trên đường dây ta xem điện áp tại các nút phụ tải bằng nhau và bằng điện áp định mức của mạng điện : $U_b = U_c = U_{dm}$

Đối với mạng điện địa phương ($U \leq 35$ kV)

$$\Delta P_2 = \left(\frac{S_c}{U} \right)^2 \cdot r_2, \quad \Delta P_1 = \left(\frac{S_b + S_c}{U} \right)^2 \cdot r_1 \quad (5.3)$$

Ví dụ : Đường dây trên không 10kV cấp điện cho 3 phụ tải, toàn bộ dùng dây AC-50. Chiều dài các đoạn dây và số liệu phụ tải cho trên hình vẽ. Yêu cầu tổn thất công suất trên đường dây.



Giải :

Tra bảng AC – 50 : $r_0 = 0,64 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$

Tổng tổn thất công suất trên đường dây

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta S_{A1} + \Delta S_{12} + \Delta S_{13}$$

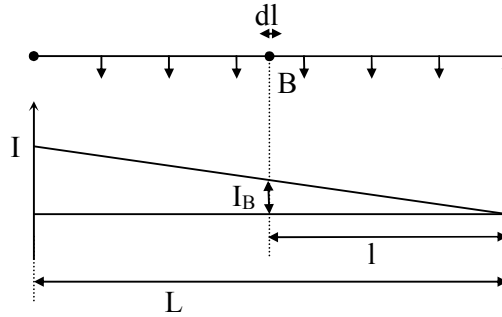
$$\Delta S_{\Sigma} = \left(\frac{S_1 + S_2 + S_3}{U_{dm}} \right)^2 \cdot Z_{A1} + \left(\frac{S_2}{U_{dm}} \right)^2 \cdot Z_{21} + \left(\frac{S_3}{U_{dm}} \right)^2 \cdot Z_{13}$$

$$\Delta S_{\Sigma} =$$

$$\left(\frac{1000 + 600 + 500}{10} \right)^2 \cdot \frac{0,64 \cdot 5 + j0,4 \cdot 5}{2} + \left(\frac{600}{10} \right)^2 \cdot (0,64 \cdot 3 + j0,4 \cdot 3) + \left(\frac{500}{10} \right)^2 \cdot (0,64 \cdot 2 + j0,4 \cdot 2)$$

$$\Delta S_{\Sigma} = 63,56 + j39,46 \text{ kVA}$$

5.1.3. Tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều



Xét một đường dây có phụ tải phân bố đều tức là các phụ tải bằng nhau, đặt gần nhau và cách đều nhau. Sự biến thiên của dòng điện sẽ dọc theo chiều dài đường dây.

Xét một vi phân có chiều dài dl tại điểm B ứng với nó có dòng điện I_B

$$I_B = I \frac{l}{L} \quad (5.4)$$

Tổn thất công suất trên đoạn dl là : $d\Delta P = 3 \cdot I_B^2 \cdot dr = 3 \cdot I_B^2 \cdot r_0 \cdot dl$

Với $dr = r_0 \cdot dl$; r_0 – điện trở trên một đơn vị chiều dài

$$d\Delta P = 3 \left(\frac{I \cdot l}{L} \right)^2 \cdot r_0 \cdot dl = \frac{3 \cdot I^2 \cdot r_0}{L^2} \cdot l^2 \cdot dl \quad (5.5)$$

Tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều

$$\Delta P = \int_0^L d\Delta P = \int_0^L \frac{3 \cdot I^2 \cdot r_0}{L^2} \cdot l^2 \cdot dl = I^2 \cdot r_0 \cdot L = R \cdot I^2 = \Delta P_{\text{phân bố đều}} \quad (5.6)$$

Nhận xét : Nếu toàn bộ đường dây có phụ tải phân bố đều thay bằng đoạn dây có phụ tải tập trung.

$$\Delta P_{\text{tập trung}} = 3 \Delta P_{\text{phân bố đều}} \quad (5.7)$$

5.1.4. Tổn thất điện năng trên đường dây

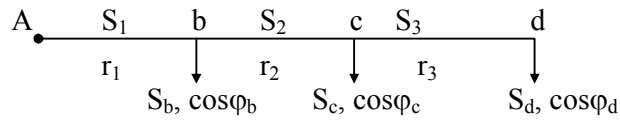
Nếu phụ tải của mạng điện không thay đổi sau một thời gian t , tổn thất điện năng sẽ là: $\Delta A = \Delta P \cdot t$

Nhưng phụ tải luôn luôn iến động nên tổn thất điện năng : $\Delta A = \int_0^t \Delta P \cdot dt$

Thời gian tổn thất công suất lớn nhất (τ): là thời gian mà trong đó nếu mạng điện liên tục chuyển chở bằng công suất lớn nhất $P_{\max}$ (hay $I_{\max}$) thì sẽ gây ra một tổn thất điện năng trong mạng điện vừa đúng bằng tổn thất điện năng trên thực tế của mạng điện sau một năm vận hành

$$\Delta A = \int_0^t 3 \cdot R \cdot I^2 dt = 3 \cdot R \cdot I_{\max}^2 \cdot \tau \quad (5.8)$$

Tổn thất điện năng khi đường dây có nhiều phụ tải :



Xét mạng điện có 3 phụ tải b, c, d như hình vẽ.

- Nếu $\cos\varphi$ và $T_{\max}$ của các phụ tải như nhau $\rightarrow \tau$ như nhau

$$\Delta A = \tau \left[\left(\frac{S_1}{U_b} \right)^2 \cdot r_1 + \left(\frac{S_2}{U_c} \right)^2 \cdot r_2 + \left(\frac{S_3}{U_d} \right)^2 \cdot r_3 \right] \quad (5.9)$$

- Nếu $\cos\varphi$ và $T_{\max}$ của các phụ tải khác nhau nhiều $\rightarrow \tau$ khác nhau

$$\Delta A = \left(\frac{S_1}{U_b} \right)^2 \cdot r_1 \cdot \tau_1 + \left(\frac{S_2}{U_c} \right)^2 \cdot r_2 \cdot \tau_2 + \left(\frac{S_3}{U_d} \right)^2 \cdot r_3 \cdot \tau_3 \quad (5.10)$$

- Nếu $\cos\varphi$ và $T_{\max}$ của các phụ tải khác nhau ít $\rightarrow$ ta phải tính giá trị trung bình của $\cos\varphi_{tb}$ và $T_{\max tb} \rightarrow \tau_{tb}$

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{S_b \cdot \cos\varphi_b + S_c \cdot \cos\varphi_c + S_d \cdot \cos\varphi_d}{S_b + S_c + S_d} \quad (5.11)$$

$$T_{\max tb} = \frac{P_b \cdot T_{b \max} + P_c \cdot T_{c \max} + P_d \cdot T_{d \max}}{P_b + P_c + P_d} \quad (5.12)$$

$$\Delta A = \tau_{tb} \cdot \left[\left(\frac{S_1}{U_b} \right)^2 \cdot r_1 + \left(\frac{S_2}{U_c} \right)^2 \cdot r_2 + \left(\frac{S_3}{U_d} \right)^2 \cdot r_3 \right] \quad (5.13)$$

Trong đó : S_1, S_2, S_3 - công suất trên các đoạn đường dây 1, 2, 3

r_1, r_2, r_3 - điện trở các đoạn đường dây 1, 2, 3

U_b, U_c, U_d - điện áp tại các nút b, c, d

5.1.5. Tổn thất điện năng và công suất trong máy biến áp

5.1.5.1. Tổn thất công suất trong máy biến áp 2 dây quấn

Gồm 2 thành phần:

- Tổn thất công suất không phụ thuộc vào phụ tải (gọi là tổn thất công suất sắt từ máy biến áp).

+ Tổn thất công suất tác dụng trong lõi thép chính bằng tổn hao không tải máy biến áp.

$$\Delta P_{Fe} = \Delta P_{St} \quad (5.14)$$

+ Tổn thất công suất phản kháng trong lõi thép

$$\Delta Q = \frac{i_0 \% \cdot S_{dmB}}{100} \quad (5.15)$$

S_{dmB} - công suất định mức của máy biến áp

- Tổn thất công suất phụ thuộc vào phụ tải, tổn thất đồng trong các cuộn dây máy biến áp: ΔS_{Cu}

+ Tổn thất công suất tác dụng: ΔP_{Cu}

+ Tổn thất công suất phản kháng: ΔQ_{Cu}

Khi phụ tải MBA định mức: $\Delta P_{Cuđm} = \Delta P_N$ (5.16)

$$\Delta Q_{Cuđm} = \frac{U_N \%}{100} \cdot S_{dmB} \quad (5.17)$$

Khi phụ tải khác định mức:

$$\Delta P_{Cu} = \Delta P_{Cuđm} \cdot \left(\frac{S}{S_{dmB}} \right)^2 \text{ hay } \Delta P_{Cu} = \left(\frac{S}{U} \right)^2 \cdot r_B \quad (5.18)$$

$$\Delta Q_{Cu} = \Delta Q_{Cuđm} \cdot \left(\frac{S}{S_{dmB}} \right)^2 \text{ hay } \Delta Q_{Cu} = \left(\frac{S}{U} \right)^2 \cdot x_B \quad (5.18)$$

Với r_B, x_B - là điện trở và điện kháng của máy biến áp

$$\Delta P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cuđm}$$

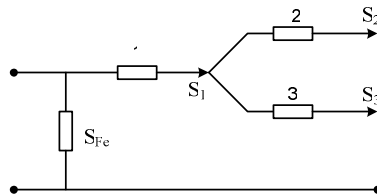
5.1.5.2. Tổn thất công suất trong máy biến áp 3 dây quấn

Tương tự: Khi phụ tải máy biến áp định mức

$$\Delta S_{Fe}: \Delta P_{Fe} = \Delta P_{Kt}; \Delta Q_{Fe} = \frac{i_0 \% \cdot S_{dmB}}{100}$$

$$\Delta S_{Cu}: \Delta P_{Cuđm} = \Delta P_N; \Delta Q_{Cuđm} = \frac{U_N \%}{100} \cdot S_{dmB}$$

- Nếu công suất của máy biến áp không phải là định mức



+ Tổn thất công suất tác dụng trong đồng: $\Delta P_{Cu\Sigma} = \Delta P_{Cu1} + \Delta P_{Cu2} + \Delta P_{Cu3}$

Trong đó: $\Delta P_{Cu1} = \left(\frac{S_2 + S_3}{U}\right)^2 .x_1$; $\Delta P_{Cu2} = \left(\frac{S_2}{U}\right)^2 .x_2$; $\Delta P_{Cu3} = \left(\frac{S_3}{U}\right)^2 .x_3$

+ Tổn thất công suất phản kháng: $\Delta Q_{Cu\Sigma} = \Delta Q_{Cu1} + \Delta Q_{Cu2} + \Delta Q_{Cu3}$

Trong đó: $\Delta Q_{Cu1} = \left(\frac{S_2 + S_3}{U}\right)^2 .x_1$; $\Delta Q_{Cu2} = \left(\frac{S_2}{U}\right)^2 .x_2$; $\Delta Q_{Cu3} = \left(\frac{S_3}{U}\right)^2 .x_3$

5.1.5.3. Tổn thất công suất trong máy biến áp tự ngẫu

Ta biết được: ΔP_{NC-T} ; ΔP_{NC-H} ; ΔP_{NT-H}

Tính : $\Delta P_{NC} = 0,5 \cdot \left[\Delta P_{NC-T} + \frac{\Delta P_{NC-H}}{\alpha^2} - \frac{\Delta P_{NT-H}}{\alpha^2} \right]$ (5.19)

$\Delta P_{NT} = 0,5 \cdot \left[\Delta P_{NC-T} + \frac{\Delta P_{NT-H}}{\alpha^2} - \frac{\Delta P_{NC-H}}{\alpha^2} \right]$ (5.20)

$\Delta P_{NH} = 0,5 \cdot \left[\frac{\Delta P_{NC-H}}{\alpha^2} + \frac{\Delta P_{NT-H}}{\alpha^2} - \Delta P_{NC-T} \right]$ (5.21)

Với $\alpha = \frac{U_C - U_T}{U_C}$ - hệ số có lợi

Tổn thất trong máy biến áp tự ngẫu:

$\Delta P = \Delta P_{Kt} + \Delta P_{NC} \left(\frac{S_C}{S_{dm}} \right)^2 + \Delta P_{NT} \left(\frac{S_T}{S_{dm}} \right)^2 + \Delta P_{NH} \left(\frac{S_H}{S_{dm}} \right)^2$ (5.22)

5.1.5.4. Tổn thất điện năng trong máy biến áp

- Với MBA 2 dây quấn:

$\Delta A = n \cdot \Delta P_{Kt} \cdot T + \frac{1}{n} \sum \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_i}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_i$ (5.23)

n - số máy biến áp vận hành song song (thường là 2 máy)

T - thời gian 1 năm (8760h)

S_i - công suất đi qua máy biến áp

t_i - thời gian tương ứng với công suất S_i

Nếu $S_i = \text{const}$ trong 1 năm thì $t_i = T = 8760 \text{ h}$

- Với máy biến áp 3 dây quấn:

$\Delta A = n \cdot \Delta P_{Kt} \cdot T + \frac{1}{n} \sum \left[\Delta P_{NC} \left(\frac{S_{iC}}{S_{dm}} \right)^2 + \Delta P_{NT} \left(\frac{S_{iT}}{S_{dm}} \right)^2 + \Delta P_{NH} \left(\frac{S_{iH}}{S_{dm}} \right)^2 \right] \cdot t_i$ (5.24)

S_{dm} - công suất định mức của máy biến áp

S_{iC} , S_{iT} , S_{iH} - công suất tải qua cuộn cao, trung, hạ của n máy biến áp vận hành song song.

5.2. Tổn thất điện áp trong mạng điện địa phương

Mạng điện địa phương có $U \leq 35$ kV (hay còn gọi là mạng điện phân phối) tổng số chiều dài đường dây rất lớn, khối lượng kim loại màu lớn.

5.2.1. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây của mạng điện địa phương

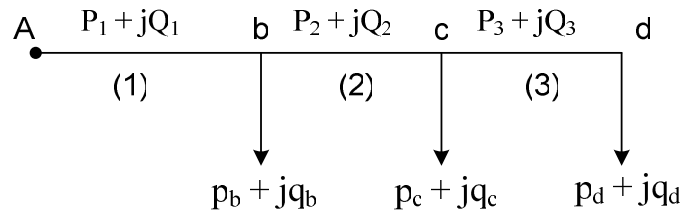
Xét một mạng điện địa phương có 3 phụ tải. Với P, Q là công suất truyền tải trên đường dây và p, q là công suất tiêu thụ của từng hộ tiêu thụ.

Nếu bỏ qua tổn thất công suất trên đường dây

$$P_3 + jQ_3 = p_d + jq_d$$

$$P_2 + jQ_2 = (p_d + p_c) + j(q_d + q_c)$$

$$P_1 + jQ_1 = (p_d + p_c + p_b) + j(q_d + q_c + q_b)$$



Tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây từ A $\rightarrow$ d thì sẽ bằng tổn thất trên các đoạn đường dây đó:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$$

$$\Delta U = \frac{P_1 \cdot r_1 + Q_1 \cdot x_1}{U_{dm}} + \frac{P_2 \cdot r_2 + Q_2 \cdot x_2}{U_{dm}} + \frac{P_3 \cdot r_3 + Q_3 \cdot x_3}{U_{dm}}$$

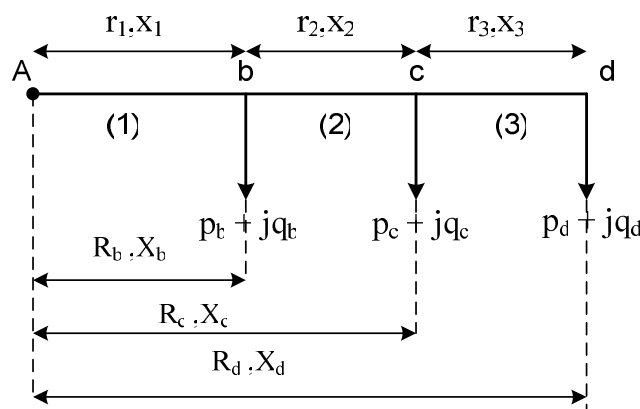
Tổng quát
$$\Delta U = \frac{\sum_{m=1}^n P_m \cdot r_m + \sum_{m=1}^n Q_m \cdot x_m}{U_{dm}} \quad (5.25)$$

Trong đó :

P_m, Q_m - công suất tác dụng và công suất phản kháng trên đoạn dây thứ m .

r_m, x_m - điện trở và điện kháng của đoạn dây thứ m .

Công thức 5.25 dùng để tính tổn thất điện áp trên toàn đường dây theo công suất tác dụng và phản kháng truyền tải của đường dây và theo điện trở và điện kháng của từng đoạn đường dây.



Ta có thể viết lại ΔU

$$\Delta U = \frac{(p_d + p_c + p_b)r_1 + (p_d + p_c)r_2 + p_d r_3}{U_{dm}} + \frac{(q_d + q_c + q_b)x_1 + (q_d + q_c)x_2 + q_d x_3}{U_{dm}}$$

$$\Delta U = \frac{p_b r_1 + p_c(r_1 + r_2) + p_d(r_1 + r_2 + r_3)}{U_{dm}} + \frac{q_b x_1 + q_c(x_1 + x_2) + q_d(x_1 + x_2 + x_3)}{U_{dm}}$$

$$\text{Đặt } R_d = r_1 + r_2 + r_3 \quad \text{và} \quad X_d = x_1 + x_2 + x_3$$

$$R_c = r_1 + r_2 \quad \text{và} \quad X_c = x_1 + x_2$$

$$R_b = r_1 \quad \text{và} \quad X_b = x_1$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{\sum_{m=1}^n p_m \cdot R_m + \sum_{m=1}^n q_m \cdot X_m}{U_{dm}} \quad (5.26)$$

Trong đó:

p_m , q_m - công suất tác dụng và công suất phản kháng của hộ tiêu thụ thứ m .

R_m , X_m - điện trở và điện kháng tính từ nguồn cho đến hộ tiêu thụ thứ m .

Công thức 5.26 cho phép tính tổn thất điện áp trên đường dây theo công suất tác dụng và phản kháng của từng hộ tiêu thụ một và theo điện trở và điện kháng tính từ nguồn cho đến hộ tiêu thụ thứ m .

Chú ý: R, X (Ω); U (kV); P (kW); Q (kVar); ΔU (V)

* Có khi dùng dòng điện I để tính tổn thất điện áp:

$$\text{Biết rằng } P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ và } Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Biểu thức 5.25 viết lại :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left(\sum_1^n I_m \cdot \cos \varphi'_m \cdot R_m + \sum_1^n I_m \cdot \sin \varphi'_m \cdot X_m \right) \quad (5.27)$$

Biểu thức 5.26 viết lại:

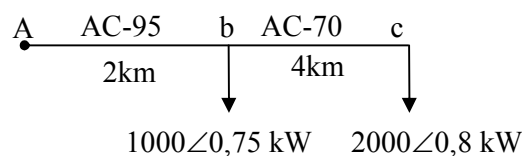
$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left(\sum_1^n i_m \cdot \cos \varphi_m \cdot R_m + \sum_1^n i_m \cdot \sin \varphi_m \cdot X_m \right) \quad (5.28)$$

Trong đó:

I_m , $\cos \varphi'_m$ - là dòng điện và hệ số công suất trên đoạn đường dây thứ m .

i_m , $\cos \varphi_m$ - là dòng điện và hệ số công suất của phụ tải thứ m .

Ví dụ: Tính tổn thất điện áp lớn nhất đối với mạng điện sau:



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

Đoạn bc : A-70 có $r_0 = 0,45 \Omega/\text{km}$: $x_0 = 0,36 \Omega/\text{km}$

Tại nút b có : $p_b = 1000 \text{ kW}$

$$q_b = p_b \cdot \tan \varphi_b = 1000 \cdot 0,88 = 880 \text{ kVAr}$$

Tại nút c có : $p_c = 2000 \text{ kW}$

$$q_c = p_c \cdot \tan \varphi_b = 2000 \cdot 0,75 = 1500 \text{ kVAr}$$

$$\text{Ta có: } \Delta U_{Ac} = \frac{\sum P \cdot r + \sum Q \cdot x}{U}$$

$$\Delta U_{Ac} = \frac{(1000 + 2000) \cdot 0,34,2 + 2000 \cdot 0,45,4}{10} + \frac{(880 + 1500) \cdot 0,35,2 + 1500 \cdot 0,36,4}{10}$$

$$\Delta U_{Ac} = 940 \text{ V}$$

$$\text{Hoặc } \Delta U_{Ac} = \frac{\sum p \cdot R + \sum q \cdot X}{U}$$

$$\Delta U_{Ac} = \frac{1000 \cdot 0,34,2 + 2000(0,34,2 + 0,45,4)}{10} + \frac{880 \cdot 0,35,2 + 2000(0,35,2 + 0,36,4)}{10}$$

$$\Delta U_{Ac} = 940 \text{ V}$$

Chú ý:

-Đối với đường dây đồng nhất thì r_0, x_0 sẽ không thay đổi

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum P_m \cdot l_m + x_0 \sum Q_m \cdot l_m}{U_{dm}} \quad (5.29)$$

$$\text{Hoặc } \Delta U = \frac{r_0 \sum p_m \cdot L_m + x_0 \sum q_m \cdot L_m}{U_{dm}} \quad (5.30)$$

Trong đó : l_m - chiều dài của từng đoạn dây.

L_m - chiều dài tính từ nguồn đến hộ tiêu thụ thứ m.

-Trường hợp $\cos \varphi$ của các phụ tải bằng nhau ta có:

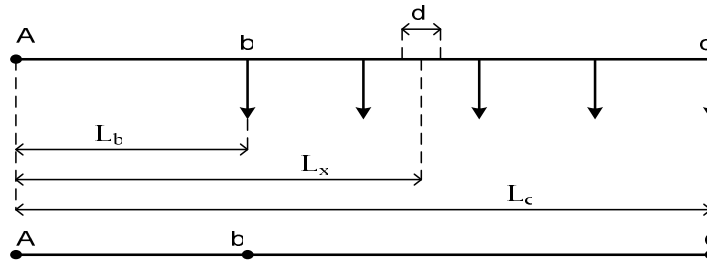
$$\Delta U = \frac{(r_0 + x_0 \tan \varphi) \sum P_m \cdot l_m}{U_{dm}} = \frac{(r_0 + x_0 \tan \varphi) \sum p_m \cdot L_m}{U_{dm}} \quad (5.31)$$

Nếu $\cos \varphi = 1$ (ở các phụ tải) $\Rightarrow Q = 0$

$$\Delta U = \frac{\sum P_m \cdot r_m}{U_{dm}} = \frac{\sum p_m \cdot R_m}{U_{dm}} \quad (5.32)$$

5.2.2. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải phân bố đều

Xét đường dây có phụ tải phân bố đều từ b $\rightarrow$ c và $\cos \varphi = 1$



Gọi p_0 là công suất phân bố trên một đơn vị chiều dài của đường dây. Vậy khi ta xét một vi phân chiều dài dl cách A một khoảng L_x .

Vi phân công suất: $dp = p_0 \cdot dl$

Gây nên 1 vi phân tổn thất điện áp: $d\Delta U = \frac{r_0 \cdot dp \cdot L_x}{U_{dm}} = \frac{r_0 \cdot p_0 \cdot dl \cdot L_x}{U_{dm}}$

Vậy tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây là:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \int d\Delta U = \int_{L_b}^{L_c} \frac{r_0 \cdot p_0 \cdot dl \cdot L_x}{U_{dm}} \\ \Delta U &= \frac{r_0 \cdot p_0}{U_{dm}} \int_{L_b}^{L_c} L_x \cdot dl = \frac{r_0 \cdot p_0}{2 \cdot U_{dm}} [(L_c)^2 - (L_b)^2] \\ &= \frac{r_0 \cdot p_0}{U_{dm}} \cdot \frac{L_c + L_b}{2} \cdot (L_c - L_b) \\ &= \frac{r_0 \cdot p_0}{U_{dm}} \cdot L_d \cdot (L_c - L_b) \quad (\text{với } d \text{ là điểm giữa của đoạn } bc) \end{aligned}$$

Ta có: $p_0(L_c - L_b) = p_0 \cdot L_{bc} = P$ công suất của đoạn phân bố đều.

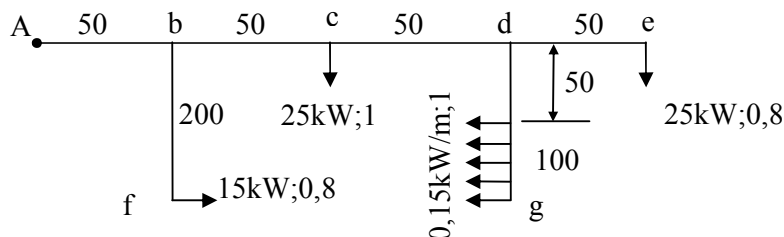
$$\Delta U = \frac{r_0 \cdot L_d \cdot P}{U_{dm}} = \frac{R_d \cdot P}{U_{dm}} \quad (5.33)$$

R_d - điện trở từ nguồn đến d.

Nếu phụ tải phân bố đều từ A $\rightarrow$ c ta vẫn dùng công thức 5.33 để tính. trường hợp này $L_b = 0$ nên ta có $\Delta U = \frac{r_0 \cdot P}{U_{dm}} \cdot \frac{L_c}{2}$.

Ví dụ: Một mạng điện xoay chiều ba pha 380V, dây nhôm đặt trên các đỉnh của tam giác đều cạnh 600 mm, chiều dài đường dây (m), phụ tải (kW) và hệ số công suất của nó cho trên hình 2-10. Xác định tổn thất điện áp lớn nhất trong mạng điện.

Biết đoạn Ae dây A-50; bf dây A-16; dg dây A-25



Giải:

Tra bảng: Dây A-50 có: $r_0 = 0,63 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,325 \Omega/\text{km}$

Dây A-25 có: $r_0 = 1,27 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,345 \Omega/\text{km}$

Dây A-16 có: $r_0 = 1,96 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,358 \Omega/\text{km}$

Thành phần công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải bằng:

$$S_f = 15 + j15.0,75 \text{ MVA} = 15 + j11,25 \text{ kVA}$$

$$S_c = 25 \text{ kVA}$$

$$S_g = 0,15.100 = 15 \text{ kVA}$$

$$S_e = 25 + j25.0,75 = 25 + j18,75 \text{ kVA}$$

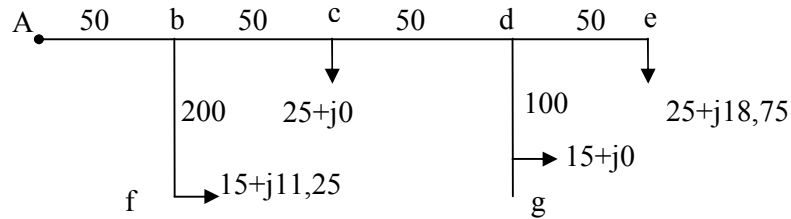
Tổn thất điện áp trên đường dây chính Ae bằng

$$\Delta U_{Ae} = \frac{(80 + 65 + 40 + 25).50.0,63 + (30 + 18,75 + 18,75 + 18,75)50.0,325}{380} = 2,1V$$

Tổn thất điện áp tới điểm f:

$$\Delta U_{Af} = \frac{15.200.1,96 + 80.50.0,63 + 11,25.200.0,358 + 30.50.0,325}{380} = 24,3V$$

Để xác định tổn thất điện áp tới điểm g ta thay phụ tải phân bố đều bằng 1 phụ tải tập trung 15 kW đặt ở giữa đoạn có phụ tải phân bố đều.



$$\Delta U_{Ag} = \frac{(80 + 65 + 40)50.0,63 + (15.100.1,27 + 30.50.0,325 + 2.18,75.50.0,325)}{380} = 23V$$

Vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong mạng điện bằng

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{Af} = 24,3V \text{ hay } 6,4\%$$

5.2.3. Tổn thất điện áp trên đường dây có dây trung tính

Đối với lưới có $U < 1000 \text{ V}$ phụ tải của các pha không đối xứng $\rightarrow$ dòng không cân bằng (I_{kcb}) chạy trong dây trung tính.

Giả thiết phụ tải của các pha P_A, P_B, P_C

Tổn thất điện áp trên từng pha:

$$\Delta U_A = \frac{P_A \cdot L}{\gamma \cdot U_{dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} \right) - \frac{L}{2\gamma \cdot U_{dm} F_0} (P_B + P_C) \quad (5.34)$$

$$\Delta U_B = \frac{P_B \cdot L}{\gamma \cdot U_{dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} \right) - \frac{L}{2\gamma \cdot U_{dm} F_0} (P_A + P_C) \quad (5.35)$$

$$\Delta U_C = \frac{P_A \cdot L}{\gamma \cdot U_{dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} \right) - \frac{L}{2\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_0} (P_A + P_B) \quad (5.36)$$

Trong đó : γ - là điện dẫn suất, $\gamma = \frac{1}{\rho}$

L - chiều dài đường dây

F - tiết diện dây pha, mm²

F₀ - tiết diện dây trung tính, mm²

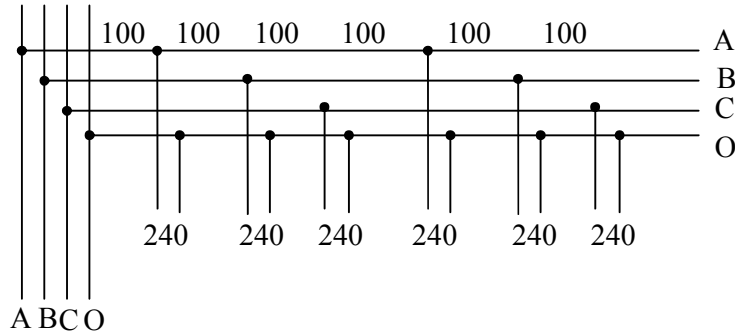
Xét phụ tải bất kì

$$\Delta U_A = \frac{\sum P_{Am} \cdot L_m}{\gamma \cdot U_{dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} \right) - \frac{1}{2\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_0} (\sum P_{Bm} \cdot L_m + \sum P_{Cm} \cdot L_m) \quad (5.37)$$

$$\Delta U_B = \frac{\sum P_{Bm} \cdot L_m}{\gamma \cdot U_{dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} \right) - \frac{1}{2\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_0} (\sum P_{Am} \cdot L_m + \sum P_{Cm} \cdot L_m) \quad (5.38)$$

$$\Delta U_C = \frac{\sum P_{Cm} \cdot L_m}{\gamma \cdot U_{dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} \right) - \frac{1}{2\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_0} (\sum P_{Am} \cdot L_m + \sum P_{Bm} \cdot L_m) \quad (5.39)$$

Ví dụ: Xác định tổn thất điện áp trong tất cả ba pha của mạng điện thấp sáng, hình vẽ. Các dụng cụ thấp sáng có công suất 240 W đấu cách nhau 100 m, dây dẫn bằng đồng, dây pha tiết diện là 10 mm² và dây trung tính là 6mm². Điện áp định mức của mạng là 220/127 V.



Giải:

Tổn thất điện áp toàn phần trong pha A

$$\Delta U_A = \frac{240 \cdot 100 + 240 \cdot 400}{53 \cdot 127} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) - \frac{1}{2 \cdot 53 \cdot 6 \cdot 127} (240 \cdot 200 + 240 \cdot 500 + 240 \cdot 300 + 240 \cdot 600) = 0,89V$$

$$\Delta U_A \% = 0,7\%$$

Tổn thất điện áp toàn phần trong pha B

$$\Delta U_B = \frac{240 \cdot 200 + 240 \cdot 500}{53 \cdot 127} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) - \frac{1}{2 \cdot 53 \cdot 6 \cdot 127} (240 \cdot 100 + 240 \cdot 400 + 240 \cdot 300 + 240 \cdot 600) = 2,8V$$

$$\Delta U_B \% = 2,2\%$$

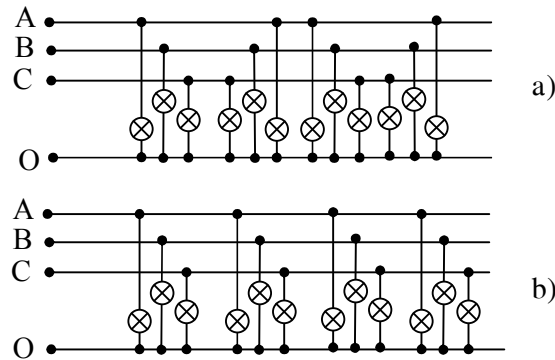
Tổn thất điện áp toàn phần trong pha C

$$\Delta U_C = \frac{240.300 + 240.600}{53.127} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) - \frac{1}{2.53.6.127} (240.100 + 240.400 + 240.200 + 240.500) = 5V$$

$$\Delta U_C \% = 3,94\%$$

Qua kết quả tính toán thấy rằng đầu phụ tải giữa các pha như hình vẽ thì tổn thất điện áp của pha C sẽ lớn nhất.

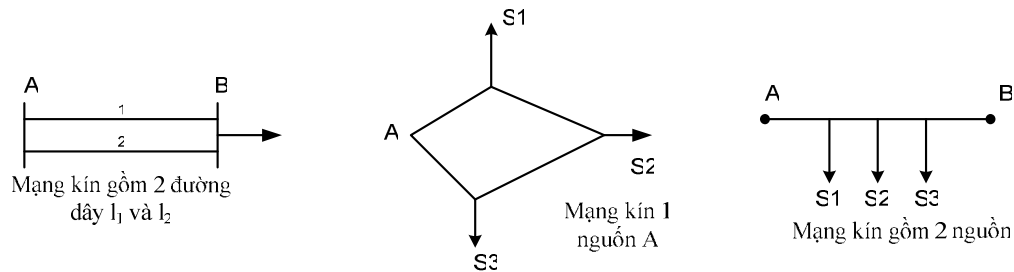
Muốn tổn thất điện áp của các pha bằng nhau thì phải có sự cân bằng momen phụ tải đối với các pha đó. Kết luận này rất quan trọng để giải quyết vấn đề trình tự nối phụ tải vào mạng. Ví dụ trong mạng hình a) hệ dùng điện trong mạng này tốt hơn trong mạng hình b)



5.2.4. Xác định tổn thất điện áp trong mạng điện địa phương kín

5.2.4.1. Khái niệm chung

Mạng điện kín là mạng điện mà mỗi hộ tiêu thụ điện được cung cấp ít nhất từ 2 phía:



- Ưu điểm:

+ Tăng cường tính liên tục cung cấp điện.

+ Trong trường hợp vận hành bình thường tổn thất điện áp và tổn thất công suất có thể nhỏ hơn mạng điện hở.

- Nhược điểm:

+ Khi có sự cố chẳng hạn như đứt 1 phía đầu nguồn → mạng hở tổn thất công suất và tổn thất điện áp đều lớn có thể vượt quá giá trị cho phép.

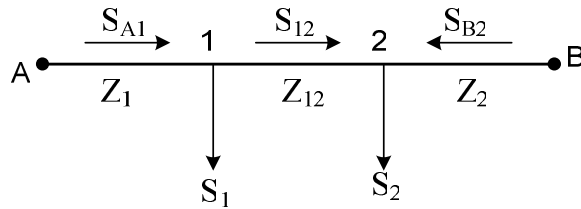
+ Thực hiện bảo vệ rơle phức tạp, thường dùng bảo vệ có hướng và bảo vệ khoảng cách.

+ Tính toán phức tạp.

5.2.4.2. Xác định công suất trên các nhánh.

* Điểm phân bố công suất.

Xét mạng kín:



Đã biết phụ tải lớn nhất S_1, S_2 (phụ tải tính toán nghĩa là đã kể đến tổn thất công suất trong MBA hạ áp) và Z_1, Z_2, Z_{12} ; U_A, U_B (trường hợp xét chung $U_A \neq U_B$).

Xác định S_{A1}, S_{12}, S_{B2}

Chiều S_{A1}, S_{B2} rõ ràng đã biết, giả thiết chiều S_{12} như hình vẽ

Điện áp giáng từ nguồn $A \rightarrow B$

$$U_A - U_B = \sqrt{3} \cdot (I_{A1} \cdot Z_1 + I_{12} \cdot Z_{12} - I_{B2} \cdot Z_2)$$

Có thể thay dòng điện nhánh I_{12} và I_{B2} bằng các dòng điện phụ tải I_1 và I_2

$$I_{12} = I_{A1} - I_1$$

$$I_{B2} = I_1 + I_2 - I_{A1}$$

$$U_A - U_B = \sqrt{3} (I_{A1} \cdot Z_1 + I_{A1} \cdot Z_{12} - I_1 \cdot Z_{12} - I_1 \cdot Z_2 - I_2 \cdot Z_2 + I_{A1} \cdot Z_2)$$

Đặt $Z_1 + Z_{12} + Z_2 = Z_\Sigma$

$$Z_{12} + Z_2 = Z_{1B}$$

$$Z_2 = Z_{2B}$$

$$\rightarrow U_A - U_B = \sqrt{3} (I_{A1} \cdot Z_\Sigma - I_1 \cdot Z_{1B} - I_2 \cdot Z_{2B})$$

$$\rightarrow I_{A1} = \frac{I_1 \cdot Z_{1B} + I_2 \cdot Z_{2B} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}}}{Z_\Sigma} \quad (5.40)$$

→ Dòng điện đi trên đoạn A-1 gồm 2 thành phần:

- Thành phần chủ yếu phụ thuộc vào phụ tải 1, 2 và tổng trở trong mạng.
- Thành phần dòng điện cân bằng chỉ phụ thuộc vào độ lệch điện áp giữa U_A, U_B và tổng trở của mạng mà không phụ thuộc vào trị số của phụ tải.

Trong mạng địa phương thường xem $U_A = U_B$

$$\rightarrow I_{A1} = \frac{I_1 \cdot Z_{1B} + I_2 \cdot Z_{2B}}{Z_\Sigma} \quad (5.41)$$

→ Xác định các dòng điện đi từ nguồn ra như sau: lấy tổng của các tích dòng điện phụ tải với cánh tay đòn (tính bằng tổng trở của Z_{iB}) từ phụ tải tương ứng đến nguồn kia chia cho tổng trở giữa 2 nguồn.

$$\text{Tương tự: } I_{B2} = \frac{I_1 \cdot Z_{1A} + I_2 \cdot Z_{2A}}{Z_{\Sigma}} \quad (5.42)$$

Với $Z_{1A} = Z_1$ và $Z_{2A} = Z_{12} + Z_1$

Trong thực tế phụ tải thường cho ở dạng công suất $S_1 = P_1 + jQ_1$ và $S_2 = P_2 + jQ_2$

$$\rightarrow S_{A1} = \frac{S_1 \cdot Z_{1B} + S_2 \cdot Z_{2B}}{Z_{\Sigma}} \quad (5.43)$$

Tổng quát nếu có mạng kín cung cấp cho n phụ tải từ 2 nguồn thì S_{A1} xác định

$$S_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot Z_{iB}}{Z_{\Sigma}} \quad (5.44)$$

Sau khi có công suất đi ra từ 2 nguồn A, B là S_{A1} , $S_{A2} \rightarrow$ tìm được S_{12}

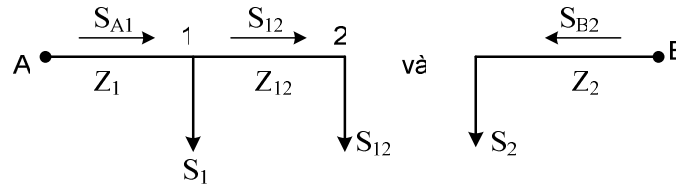
Theo chiều giả thiết: $S_{12} = S_{A1} - S_1$

Nếu S_{12} tính ra có giá trị dương $\rightarrow$ chiều ta đã chọn là đúng và ngược lại.

$\Rightarrow$ Sau khi xác định được chiều và trị số của S_{12} ta sẽ xác định được điểm mà tại đó phụ tải nhận công suất từ 2 phía gọi là điểm phân công suất.

Do trị số các phụ tải bao gồm P và Q nên điểm phân công suất trong mạng kín có thể là duy nhất cũng có thể riêng rẽ có nghĩa là điểm phân bố công suất tác dụng (ký hiệu ∇) và điểm phân bố công suất phản kháng (ký hiệu ∇).

Chẳng hạn điểm 2 là điểm phân bố công suất chung ta có thể tách thành 2 mạch hở và việc tính toán tiến hành thuận tiện hơn.



❖ *Các trường hợp riêng:*

- Mạng điện chỉ kể đến điện trở tác dụng ($x_0 \approx 0$).

Đó là những mạng tiết diện nhỏ, điện áp thấp và cấp dưới 10kV

$$\text{Công thức (5.43)} \rightarrow S_{A1} = P_{A1} + jQ_{A1} = \frac{(P_1 + jQ_1)R_{1B} + (P_2 + jQ_2)R_{2B}}{R_{\Sigma}} \quad (5.45)$$

$$\text{Hoặc viết } P_{A1} = \frac{P_1 \cdot R_{1B} + P_2 \cdot R_{2B}}{R_{\Sigma}} \text{ và } Q_{A1} = \frac{Q_1 \cdot R_{1B} + Q_2 \cdot R_{2B}}{R_{\Sigma}} \quad (5.46)$$

- Mạng điện đồng nhất: là mạng mà ở các nhánh đều có tỷ số $\frac{x_0}{r_0} = \text{const.}$

$$\text{Công thức (5.44)} \rightarrow S_{A1} = \frac{\sum_1^n S_i \cdot Z_{iB}}{Z_{\Sigma}} = \frac{\sum_1^n S_i \left(1 + j \frac{x_0}{r_0}\right) \cdot r_0 \cdot L_{iB}}{\left(1 + j \frac{x_0}{r_0}\right) \cdot r_0 \cdot L_{\Sigma}}$$

$$\text{Hoặc} \quad S_{A1} = \frac{\sum_1^n S_i \cdot R_{iB}}{R_{\Sigma}} \quad (5.47)$$

- Mạng điện cùng tiết diện:

Thường ở mạng kín nếu thiết kế các đoạn cùng tiết diện dây dẫn ($r_0 = \text{const}$) thì cảm kháng đơn vị chiều dài của các đoạn như nhau $x_0 = \text{const}$

$$\text{Công thức (5.44)} \rightarrow S_{A1} = \frac{\sum_1^n S_i (r_0 + jx_0) L_{iB}}{(r_0 + jx_0) L_{\Sigma}} = \frac{\sum_1^n S_i \cdot L_{iB}}{L_{\Sigma}} \quad (5.48)$$

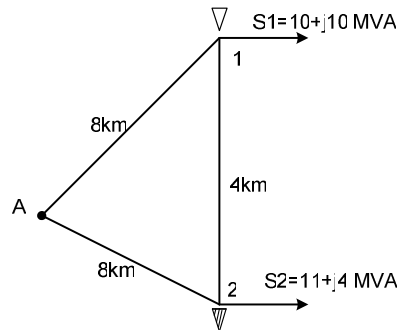
Ví dụ: Nguồn A cung cấp điện cho 2 phụ tải S_1, S_2 theo mạng kín 35kV. Toàn bộ các đoạn đường dây cùng tiết diện AC-120. Dây dẫn bố trí toàn mặt phẳng ngang $D_{tb} = 3,5$ m. Xác định điểm phân bố công suất của mạng.

Giải:

Đây là mạng đồng nhất. Xác định P_{A1} và Q_{A1}

$$P_{A1} = \frac{P_1 \cdot L_{12A} + P_2 \cdot L_{21A}}{L_{\Sigma}} = \frac{10(4+8) + 11 \cdot 8}{4+8+8} = 10,4 \text{ MW}$$

$$Q_{A1} = \frac{10 \cdot 8 + 4 \cdot 12}{20} = 6,4 \text{ MW}$$



$$\text{Tương tự } P_{A2} = \frac{P_1 \cdot L_{1A} + P_2 \cdot L_{21A}}{L_{\Sigma}} = \frac{10 \cdot 8 + 11 \cdot 12}{4+8+8} = 10,6 \text{ MW}$$

$$Q_{A2} = \frac{10 \cdot 8 + 4 \cdot 12}{20} = 6,4 \text{ MW}$$

$$\text{Thử lại: } P_{A1} + P_{A2} = 10,4 + 10,6 = 21 = P_1 + P_2$$

$$Q_{A1} + Q_{A2} = 7,6 + 6,4 = 14 = Q_1 + Q_2$$

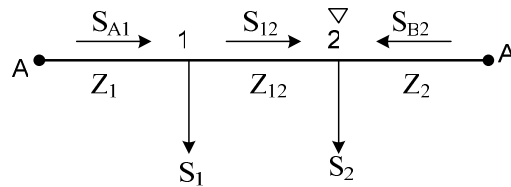
Công suất đi trên đoạn 1-2 là:

$$S_{12} = S_{A1} - S_1 = (10,4 + j7,6) - (10 + j10) = 0,4 - j 2,4 \text{ MVA}$$

Như vậy P_{12} có chiều từ $1 \rightarrow 2$ còn Q_{12} có chiều từ $2 \rightarrow 1$

Nói cách khác điểm 1 phân bố công suất phản kháng và điểm 2 phân bố công suất tác dụng.

5.2.4.3. Xác định tổn thất điện áp trong mạng kín



Đối với mạng kín cần xác định tổn thất điện trong trường hợp bình thường và sự cố.

- Trong trường hợp vận hành bình thường cần xác định tổn thất điện áp lớn nhất $\Delta U_{\max}$ từ nguồn A đến điểm xa nhất (tức là điểm có điện áp thấp nhất).

Các bước thực hiện:

+ Xác định công suất đi trên các nhánh S_{A1} , S_{A2} , S_{12} .

+ Xác định điểm phân công suất.

+ Nếu điện áp ở 2 nguồn bằng nhau $U_A = U_B$ thì $\Delta U_{\max}$ bằng tổn thất điện áp từ A đến điểm phân công suất.

Ví dụ: Từ hình vẽ, điểm 2 là điểm phân công suất chung

$$\begin{aligned}\Delta U_{\max} &= \Delta U_{A12} = \Delta U_{A2} \\ &= \frac{P_{A2} \cdot R_{A2} + Q_{A2} \cdot X_{A2}}{U_{dm}} = \frac{P_{A1} \cdot R_{A1} + P_{12} \cdot R_{12} + Q_{A1} \cdot X_{A1} + Q_{12} \cdot X_{12}}{U_{dm}}\end{aligned}$$

Trường hợp điểm phân công suất tác dụng và phản kháng không trùng nhau thì chưa rõ điểm nào điện áp thấp hơn. Lúc đó phải tính ΔU từ nguồn đến cả 2 điểm, so sánh lấy ΔU lớn hơn.

Ví dụ: Theo ví dụ trước :

Tra số liệu: AC-120 có $r_0 = 0,27 \Omega/\text{km}$ và $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$. Tính ΔU_{A1} ; ΔU_{A2}

$$\Delta U_{A1} = \frac{10,4 \cdot 0,27 \cdot 8 + 7,6 \cdot 0,4 \cdot 8}{35} = 1,345 \text{ kV}$$

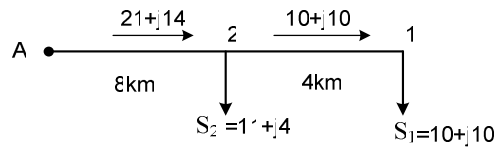
$$\Delta U_{A2} = \frac{10,6 \cdot 0,27 \cdot 8 + 6,4 \cdot 0,4 \cdot 8}{35} = 1,245 \text{ kV}$$

$\Delta U_{\max} = \Delta U_{A1} = 1,345 \text{ kV}$ và điểm 1 có điện áp thấp nhất trong mạng.

- Trong trường hợp sự cố (đứt dây trong mạng kín) $\rightarrow$ mạng hở. Phụ tải lớn nhất phải cung cấp từ 1 nguồn. Lúc đó phải xét sự cố trên đoạn nào nguy hiểm nhất để cho ΔU trong mạng kín lớn nhất. Chẳng hạn như bài toán trên khi đứt đoạn A-1 hoặc đứt đoạn A-2.

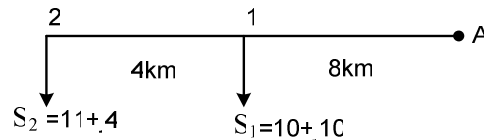
Ví dụ: Xác định $\Delta U_{\max}$ trong trường hợp sự cố ở mạng ví dụ trên

- Khi đứt đoạn A-1



$$\Delta U_{A1} = \frac{10.0,27.4 + 21.0,27.8}{35} + \frac{10.0,4.4 + 14.0,4.8}{35} = 3,35 \text{ kV}$$

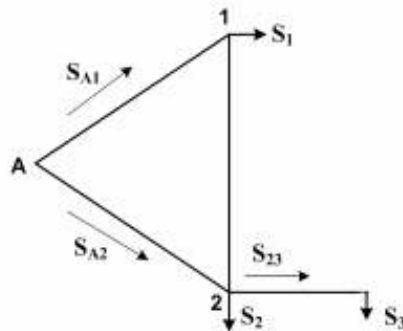
- Khi đứt đoạn A-2



$$\Delta U_{A2} = \frac{1}{35} \cdot (11.0,27.4 + 21.0,27.8 + 4.0,4.4 + 14.0,4.8) = 3,1 \text{ kV}$$

$\Rightarrow \Delta U_{\max \text{ sự cố}} = 3,35 \text{ kV}$. Nghĩa là đứt đoạn A-1 nguy hiểm hơn.

* Trường hợp mạng kín có nhánh rẽ muốn xác định $\Delta U_{\max}$ phải tiến hành như sau:



- Xác định phân bố công suất lúc bình thường $\rightarrow$ điểm phân công suất.

Chú ý khi tính phân bố công suất phụ tải S_3 phải tập trung về nút 2.

- Sau khi xác định được điểm phân công suất hoặc 1 hoặc 2 hoặc cả 1 và 2, cần xác định $\Delta U_{\max}$ lúc bình thường.

+ Nếu 2 là điểm phân công suất thì $\Delta U_{\max}$ tính từ A đến 2 rồi đến 3

$$\Delta U_{A23} = \Delta U_{\max}$$

+ Nếu 1 là điểm phân công suất thì tính ΔU_1 và ΔU_{A23} rồi so sánh lấy trị số lớn hơn.

- Trường hợp sự cố ở đây thường đứt đoạn A-2

$$\text{Lúc đó } \Delta U_{\max \text{ SC}} = \Delta U_{A23}$$

Nếu đứt đoạn A-1 thì phải tính ΔU_{A21} và ΔU_{A23} . So sánh lấy giá trị lớn hơn.

5.2.5. Điều chỉnh điện áp trong lưới phân phối

Nhiệm vụ của điều chỉnh điện áp:

- Đảm bảo chất lượng điện năng cho thiết bị dùng điện.
- Đảm bảo hoạt động của hệ thống trong chế độ bình thường cũng như sự cố.

(Nếu điện cao quá giới hạn cho phép thì thiết bị hỏng hoặc già hóa; thấp quá dẫn đến quá tải đường dây, máy biến áp, ảnh hưởng đến tự dùng, đến ổn định của nhà máy điện và phụ tải).

- Đạt hiệu quả kinh tế, giảm ΔA và ΔP .

5.2.5.1. Độ lệch điện áp trên cực thiết bị dùng điện

$$\delta U = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} \cdot 100\% \quad (5.49)$$

U: là điện áp thực tế trên thiết bị dùng điện.

$$\text{Độ dao động điện áp: } \Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max}} \cdot 100\% \quad (5.50)$$

Tiêu chuẩn chất lượng điện áp:

$$\delta U^- \leq \delta U \leq \delta U^+ \quad (5.51)$$

Theo tiêu chuẩn Nga: -2,5% ÷ +5% cho chiếu sáng công nghiệp và công sở

-5% ÷ +10% cho động cơ.

± 5% cho các thiết bị còn lại.

Theo tiêu chuẩn Pháp: ± 5% cho lưới trung và hạ áp.

± 7% cho lưới trung áp trên không.

± 10% cho lưới hạ áp trên không.

Tiêu chuẩn Singapor: ±6%.

δU là tiêu chuẩn chính của điều chỉnh chất lượng điện áp nó ảnh hưởng rất lớn đến cấu trúc của lưới điện.

5.2.5.2. Đánh giá chất lượng điện áp trong lưới hạ áp

Trong mọi thời gian điện áp phải thỏa mãn:

$$\delta U^- \leq \delta U_{xt} \leq \delta U^+ \quad (5.52)$$

x là địa điểm ; t là thời gian.

Tuy nhiên có 2 vị trí và thời điểm mà ở đó chất lượng điện áp được đảm bảo thì cũng sẽ được đảm bảo trong mọi thời điểm và thời gian còn lại. Đó là điểm đầu B và điểm cuối lưới hạ áp A trong 2 chế độ phụ tải min và max.



⇒ 4 tiêu chuẩn: (qui ước 1 chế độ max , 2 chế độ min)

$$\delta U^- \leq \delta U_{A1} \leq \delta U^+$$

$$\delta U^- \leq \delta U_{B1} \leq \delta U^+$$

$$\delta U^- \leq \delta U_{A2} \leq \delta U^+$$

$$\delta U^- \leq \delta U_{B2} \leq \delta U^+$$

Mà $\delta U_{A1} = \delta U_{B1} - \Delta U_{H1}$

$$\delta U_{A2} = \delta U_{B2} - \Delta U_{H2}$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \delta U^- \leq \delta U_{B1} - \Delta U_{H1} \leq \delta U^+ \\ \delta U^- \leq \delta U_{B2} - \Delta U_{H2} \leq \delta U^+ \\ \delta U^- \leq \delta U_{B1} \leq \delta U^+ \\ \delta U^- \leq \delta U_{B2} \leq \delta U^+ \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} \delta U^- + \Delta U_{H1} \leq \delta U_{B1} \leq \delta U^+ \\ \delta U^- + \Delta U_{H2} \leq \delta U_{B2} \leq \delta U^+ \end{array} \quad (5.53)$$

Tiêu chuẩn này được áp dụng như sau:

Cho biết ΔU_{H1} (ví dụ 5%) theo tiêu chuẩn tổn thất điện áp trong lưới phân phối hạ áp biết $P_{\max}$ và $P_{\min}$ ta tính được:

$$\Delta U_{H2} = \left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}} \right) \Delta U_{H1} \rightarrow \text{lập đồ thị đánh giá chất lượng điện áp như hình vẽ.}$$

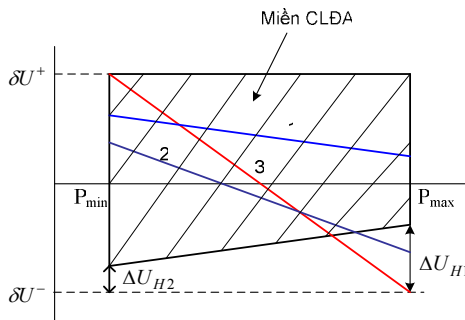
Sau đó đo điện áp trên thanh cái trạm phân phối trong chế độ max, min → δU_{B1} và δU_{B2}

Đặt 2 điểm này vào đồ thị rồi nối chúng bằng 1 đường thẳng đó là đường điện áp thực.

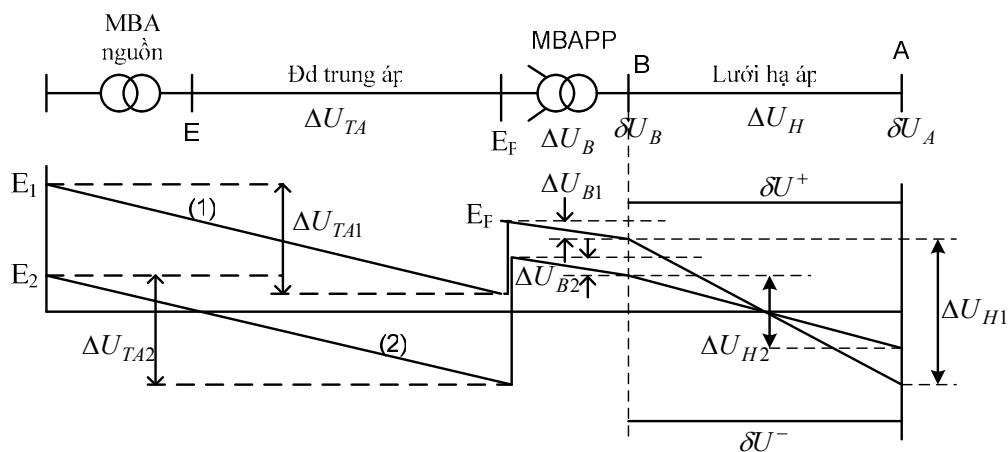
Đường (1) tốt , đường (2) và (3) không đạt yêu cầu.

- Đường (2) có thể cải thiện: Thay đổi đầu phân áp cố định của máy biến áp phân phối. Cụ thể dùng đầu phân áp cao hơn, đường điện áp sẽ tịnh tiến lên phía trên và đi vào miền chất lượng điện áp.

- Đường (3) không thể thay đổi đầu phân áp cố định mà cải thiện được vì chế độ max được cải thiện thì chế độ min sẽ bị hỏng. Trường hợp này dùng phương pháp xoay ngang đường điện áp bằng cách điều áp dưới tải ở trạm trung gian hoặc dùng tụ bù có điều chỉnh.



5.2.5.3. Diễn biến điện áp trong lưới điện



Ở chế độ max: đường 1.

Ở chế độ min: đường 2

Ta có : $\delta U_{B1} = E_1 - \Delta U_{TA1} + E_P - \Delta U_{B1}$

$$\delta U_{B2} = E_2 - \Delta U_{TA2} + E_P - \Delta U_{B2} \quad (5.54)$$

$$\delta U_{A1} = \delta U_{B1} - \Delta U_{H1} ; \delta U_{A2} = \delta U_{B2} - \Delta U_{H2}$$

5.2.5.4. Phương thức điều chỉnh điện áp trong lưới phân phối

Trong công thức 5.54 chỉ có ΔU_B không thay đổi được còn các thành phần khác có thể thay đổi được.

Các biện pháp:

- Điều chỉnh điện áp đầu nguồn E_1 và E_2 bằng cách điều áp dưới tải tự động hoặc bằng tay ở máy biến áp trung gian (thông thường là điều áp dưới tải).

- Đặt đúng đầu phân áp cố định của máy biến áp phân phối để đạt được độ tăng thêm điện áp E_P .

- Lựa chọn đúng dây dẫn để điều chỉnh tổn thất điện áp : ΔU_{TA} và ΔU_H

Ngoài ra nếu 1 số trường hợp mà các biện pháp trên vẫn không đủ hiệu quả thì có thể dùng các biện pháp phụ thêm:

- Bù công suất phản kháng ở phụ tải.
- Bù dọc trên đường dây trung áp.
- Dùng các máy biến áp chuyên dùng để điều chỉnh điện áp trên đường dây.

⇒ 4 đại lượng E , E_P , ΔU_{TACP} , ΔU_{HACP} quyết định chất lượng điện áp. Chúng được xác định đồng bộ với nhau. Ở mỗi hệ thống điện theo điều kiện riêng các đại lượng này có giá trị khác nhau.

Ví dụ: Chọn đầu phân áp cho máy biến áp phân phối có các điều kiện như sau:

$$E_1 = 7\%, E_2 = 0\%, \Delta U_{TA1} = 8\%, \Delta U_{TA2} = 4\%, \Delta U_{H1} = 5\%, \Delta U_{H2} = 2\%, \Delta U_{B1} = 4\%, \Delta U_{B2} = 2\%, \delta U^+ = 5\%, \delta U^- = -5\%$$

MBA có 5 đầu phân áp với $e_0 = 2,5$

Theo 5.54 : $\delta U_{B1} = 7 - 8 + E_P - 4 = E_P - 5\%$

$$\delta U_{B2} = 0 - 4 + E_P - 2 = E_P - 6\%$$

$$\delta U^- + \Delta U_{H2} = -5 + 2 = -3\%$$

$$\delta U^- + \Delta U_{H1} = -5 + 5 = 0\%$$

Đầu phân áp 1: $E_P = 0$, $\delta U_{B1} = -5$, $\delta U_{B2} = -6$

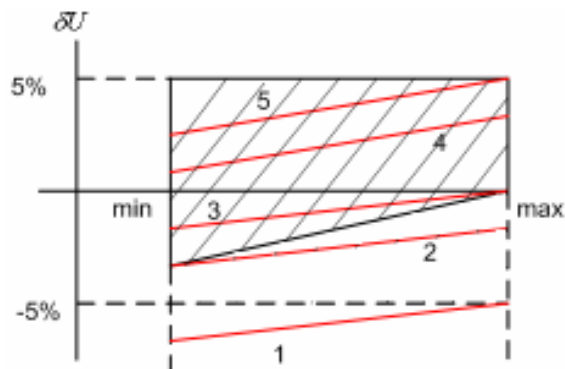
Đầu phân áp 2: $E_P = 2,5$, $\delta U_{B1} = -2,5$, $\delta U_{B2} = -3,5$

Đầu phân áp 3: $E_P = 5$, $\delta U_{B1} = 0$, $\delta U_{B2} = -1$

Đầu phân áp 4: $E_P = 7,5$, $\delta U_{B1} = 2,5$, $\delta U_{B2} = 1,5$

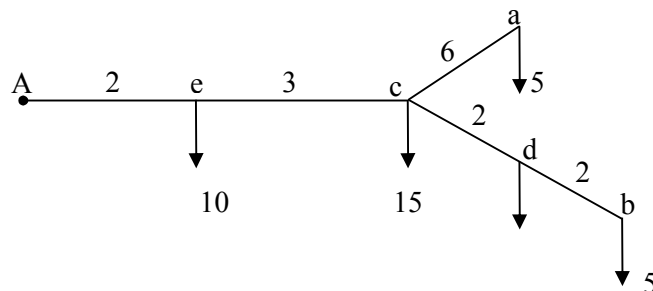
Đầu phân áp 5: $E_P = 10$, $\delta U_{B1} = 5$, $\delta U_{B2} = 4$

Ta thấy đầu phân áp (1) và (2) không đạt yêu cầu. Các đầu phân áp 3, 4, 5 đạt yêu cầu. Chọn đầu phân áp 4 là tốt hơn cả.

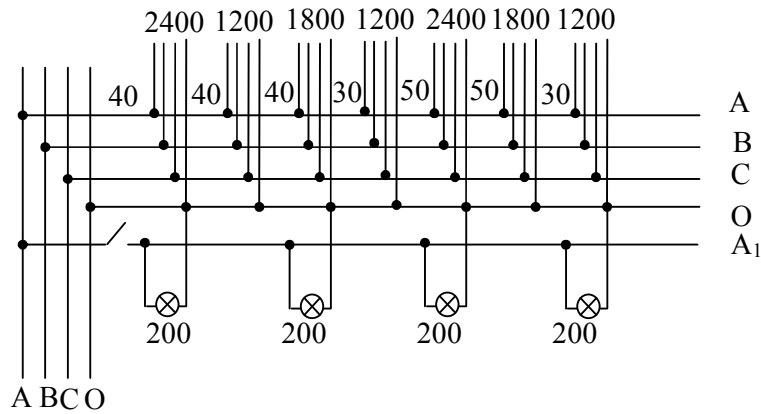


Bài tập

1. Một mạng điện 10KV, dây dẫn A-16, đặt trên các đỉnh của một tam giác đều có cạnh 1m, các số liệu về phụ tải (Ampe) và chiều dài đường dây (km) cho trên hình vẽ. Hệ số công suất của tải đều bằng nhau và bằng 0,8. Tính tổn thất điện áp tới điểm a và b.



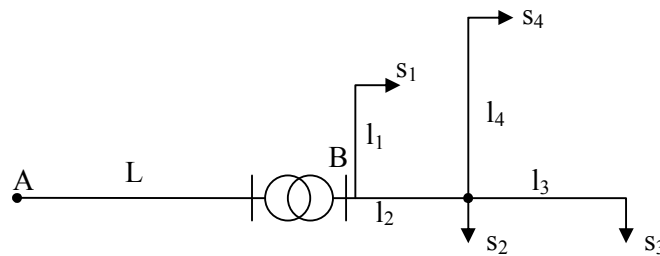
2. Một đường dây dẫn điện xoay chiều ba pha 380/220V đi trên đường phố cung cấp cho thấp sáng ngoài trời và trong nhà, hình vẽ. Thấp sáng ngoài trời được đấu giữa dây trung tính và dây riêng lấy từ pha A của mạng. Thấp sáng trong nhà được đấu cả ba pha tạo thành phụ tải các pha cân bằng. Các dây pha của mạng thấp sáng trong nhà là A-16, còn dây trung tính là A-10, các dây pha của mạng thấp sáng ở ngoài là A-10. Các phụ tải của mạng cho là W và chiều dài các đoạn tính bằng mét.



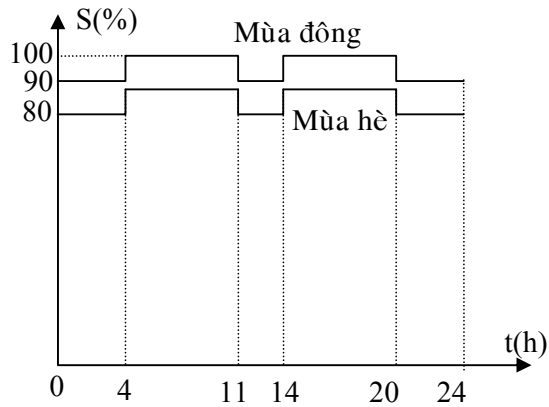
Xác định tổn thất điện áp.

- Của toàn bộ đường dây khi chỉ có thấp sáng ở trong nhà (nghĩa là lúc đã cắt hết thấp sáng ngoài đường).
- Của toàn bộ đường dây thấp sáng ở trong nhà khi có thêm thấp sáng ngoài đường.
- Của toàn bộ đường dây thấp sáng ngoài đường.

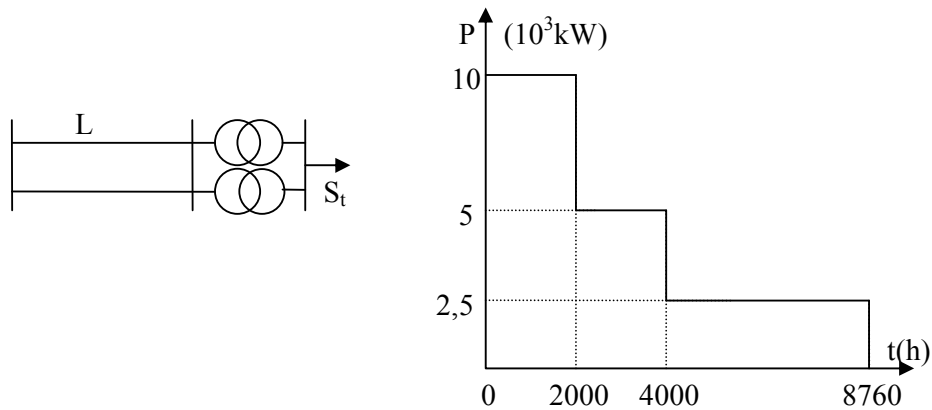
3. Một mạng điện gồm đường dây cao áp 10kV dài $L = 5\text{km}$ cung cấp cho MBA có công suất định mức 180 kVA-10/0,4kV, hình vẽ, phía hạ áp có các đoạn $l_1 = 0,1\text{km}$ dùng dây dẫn A-50, phụ tải là $s_1 = 40 + j30\text{kVA}$, đoạn $l_2 = 0,1\text{km}$ dùng 2 dây A-50, phụ tải $s_2 = 66 + j49,5\text{kVA}$; Đoạn $l_3 = 0,5\text{km}$, dùng dây A-35, phụ tải $s_3 = 14 + j10,5\text{kVA}$; Đoạn $l_4 = 0,5\text{km}$, dùng dây A-50, phụ tải $s_4 = 10 + j7,5\text{kVA}$, biết năng lượng truyền tải hàng năm là 455000kWh. Tìm số tiền chi phí tổn thất năng lượng trong một năm, cho giá tiền điện $c = 600\text{đ/kWh}$.



4. Xác định tổn thất công suất, tổn thất điện năng trong một năm của trạm biến áp 10/0,4kV gồm hai máy biến áp làm việc song song, công suất mỗi máy là 560kVA. Đồ thị phụ tải hàng ngày của MBA cho trên hình vẽ, phụ tải cực đại của trạm biến áp là $S_{\max} = 1000\text{kVA}$, $\cos\varphi = 0,8$. Hai MBA vận hành trong một năm có 182 ngày mùa hè, 183 ngày mùa đông.

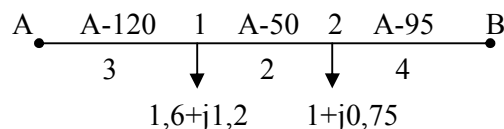


5. Mạng điện gồm hai tuyến dây, điện áp 35kV cung cấp cho 2 MBA có đồ thị phụ tải như hình vẽ. chiều dài đường dây là $L = 15\text{km}$, dùng dây dẫn AC-150 ($d = 17\text{mm}$; $r_0 = 0,21\Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,415\Omega/\text{km}$). Công suất định mức của một MBA là 7500kVA, $\cos\varphi = 0,9$ có $\Delta P_0 = 24\text{kW}$, $\Delta P_n = 75\text{kW}$, $u_n\% = 7,5\%$; $i_0\% = 3,5\%$. Xác định tổn thất công suất, tổn thất điện năng hàng năm trong mạng điện khi phụ tải cực đại và tổn thất điện năng hàng năm.

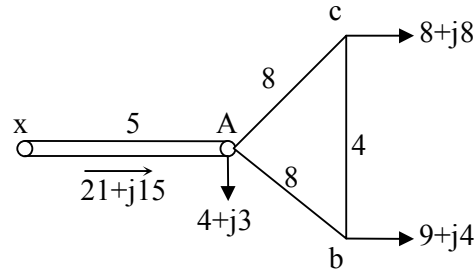


6. Một đường dây trên không điện áp 35kV, dài 30km, dây dẫn AC-120 cung cấp điện cho một phụ tải có công suất 5500kVA, $\cos\varphi = 0,8$. Thời gian sử dụng công suất cực đại là 4500h. Xác định tổn thất điện năng trong năm. Biết khoảng cách trung bình hình học giữa pha là 3,5m

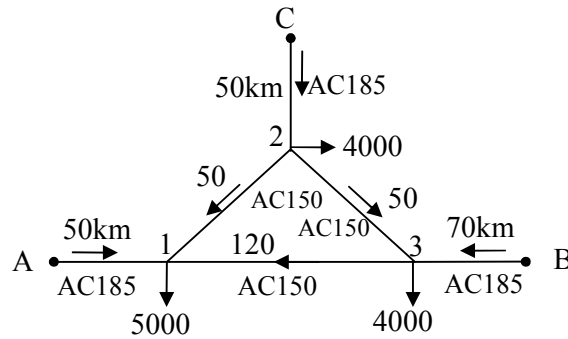
7. Hai nhà máy 1 và 2 được cung cấp từ 2 nguồn A và B có điện áp khác nhau: $U_A = 6,6\text{kV}$, $U_B = 6,3\text{kV}$. Chiều dài đường dây (km), phụ tải (MVA), ký hiệu dây dẫn cho trên hình vẽ. Xác định điểm phân công suất và dòng công suất trên các đoạn đường dây.



8. Cho một mạng điện 35kV, hình vẽ. Tất cả các đoạn đường dây đều dùng dây AC-120 ($r_0 = 0,27\Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,4\Omega/\text{km}$), chiều dài đường dây km và phụ tải MVA cho trên hình vẽ. Xác định sự phân bố công suất và tổn thất điện áp lớn nhất trong chế độ làm việc bình thường.



9. Xác định tổn thất điện áp cực đại trên mạng điện ba nguồn cung cấp, hình vẽ. Trên hình vẽ phụ tải cho bằng kVA có hệ số $\cos\varphi = 0,9$, chiều dài đường dây tính bằng km. Mác và tiết diện dây ghi trên sơ đồ. Điện áp các nguồn cung cấp trùng pha bằng nhau và bằng 35kV.



Chương 6

LỰA CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN TRONG MẠNG ĐIỆN ĐỊA PHƯƠNG

6.1. Khái niệm chung

Tiết diện dây dẫn và lõi cáp phải được lựa chọn nhằm đảm bảo sự làm việc an toàn, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật và kinh tế của mạng. Các yêu cầu kỹ thuật ảnh hưởng đến việc chọn tiết diện dây là:

- 1- Phát nóng do dòng điện làm việc lâu dài (dài hạn).
- 2- Phát nóng do dòng ngắn mạch (ngắn hạn).
- 3- Tổn thất điện áp trong dây dẫn và cáp trong trạng thái làm việc bình thường và sự cố.
- 4- Độ bền cơ học của dây dẫn và an toàn.
- 5- Vầng quang điện.

Với 5 điều kiện trên ta xác định được 5 tiết diện, tiết diện dây dẫn nào bé nhất trong chúng sẽ là tiết diện cần lựa chọn thỏa mãn điều kiện kỹ thuật. Tuy nhiên có những điều kiện kỹ thuật thuộc phạm vi an toàn do đó dây dẫn sau khi đã được lựa chọn theo các điều kiện khác vẫn cần phải chú ý đến điều kiện riêng của từng loại dây dẫn, vị trí và môi trường nơi sử dụng để có thể lựa chọn được đơn giản và chính xác hơn.

Ví dụ:

+ Yếu tố vầng quang điện và độ bền cơ học chỉ được chú ý khi chọn tiết diện dây dẫn trên không .

+ Điều kiện phát nóng do dòng ngắn mạch chỉ được chú ý khi chọn cáp.

+ Để đảm bảo độ bền cơ học người ta qui định tiết diện dây tối thiểu cho từng loại dây ứng với cấp đường dây (vật liệu làm dây, loại hộ dùng điện, địa hình mà dây đi qua...).

+ Yếu tố vầng quang điện chỉ được đề cập tới khi điện áp đường dây từ 110 kV trở lên. Để ngăn ngừa hoặc làm giảm tổn thất vầng quang điện người ta cũng qui định đường kính dây dẫn tối thiểu ứng với cấp điện áp khác nhau.

Ví dụ: với cấp 110 kV thì $d > 9,9 \text{ mm} \rightarrow$ tương ứng 70 mm^2 .

với cấp 220 kV thì $d > 21,5 \text{ mm} \rightarrow$ tương ứng 120 mm^2 .

+ Ngoài yếu tố kỹ thuật và an toàn tiết diện dây dẫn còn được lựa chọn theo các điều kiện kinh tế để sao cho hàm chi phí tính toán $Z_{tt} \rightarrow \min$. Phần dưới sẽ trình bày một số phương pháp chính.

6.2. Lựa chọn tiết diện dây trên không và cáp theo điều kiện phát nóng

6.2.1. Sự phát nóng khi có dòng điện chạy qua

Khi có dòng điện chạy qua, do hiệu ứng Jun vật dẫn sẽ nóng lên. Nếu nóng quá sẽ giảm độ bền cơ học, sẽ làm giảm tuổi thọ hoặc phá hỏng các đặc tính cách điện của các

chất cách điện xung quanh dây bọc (lõi cáp). Vì vậy để hạn chế phát nóng quá mức người ta qui định nhiệt độ phát nóng lâu dài cho phép tương ứng với từng loại dây là: 70⁰C với thanh trong và dây dẫn trên không; 55⁰C với cáp bọc cao su; 80⁰C với cáp điện có điện áp đến 3 kV và 65⁰C với cáp 6 kV, 60⁰C với cáp 10 kV...

Từ đây có thể xác định được dòng điện làm việc lâu dài cho phép.

Quá trình phát nóng vật dẫn như sau:

Năng lượng dùng để phát nóng tính bằng: $Q = \Delta P.t = I^2 R.t$. Như vậy lúc đầu nhiệt độ của thiết bị sẽ nóng lên không ngừng. Tuy nhiên ngoài quá trình đốt nóng còn có quá trình tỏa nhiệt (phụ thuộc vào mức chênh nhiệt độ của dây). Sự chênh nhiệt độ của vật dẫn càng lớn thì quá trình tỏa nhiệt càng mạnh. Vì vậy nếu $I = \text{const}$, nhiệt độ của dây dẫn sẽ dừng lại ở một mức nào đó (sau thời gian ổn định nhiệt) khi đó $Q_{cc} = Q_{toa} \rightarrow$ cân bằng nhiệt.

Như vậy sự phát nóng do dòng điện làm việc dài hạn gây ra, được tính khi đã cân bằng nhiệt. Nhiệt lượng sản ra trong một đơn vị thời gian do dòng điện trong dây có điện trở tác dụng R bằng lượng nhiệt tỏa ra môi trường xung quanh trong thời gian đó: (lúc này không xét tới yếu tố thời gian nữa).

$$Q = I^2.R = K.S.(\theta - \theta_0) \quad (6.1)$$

Trong đó:

K - hệ số tỏa nhiệt (phụ thuộc môi trường xung quanh).

S - diện tích mặt ngoài dây dẫn (diện tích tỏa nhiệt).

$\theta; \theta_{cp}$ - Nhiệt độ dây dẫn và nhiệt độ môi trường xung quanh.

Nếu không chế để $\theta = \theta_{cp}$, qui định ứng với từng loại dây cụ thể ($R = \rho.l/F$) và nếu qui định cụ thể về θ_0 , về điều kiện làm mát cụ thể thì:

$$I_{cp} = \sqrt{\frac{K.S(\theta_{cp} - \theta_0)}{R}} \quad (6.2)$$

Ta thấy rằng có thể tính sẵn được I_{cp} với từng loại dây cụ thể nếu ta qui định chi tiết về $S; R(F); \theta_{cp}; K; \theta_0$ ứng với các điều kiện cụ thể này ta tính được $I_{cp} \rightarrow$ Lập bảng $I_{cp} = f(F; \text{loại dây}; \text{các điều kiện tiêu chuẩn})$, cần chú ý rằng nhiệt độ không khí xung quanh (tính thiết bị) thường lấy bằng +25⁰C; trong đất thường lấy là +15⁰C.

6.2.2. Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng

Thực chất là chúng ta sẽ chọn một loại dây có sẵn với F_{tc} và I_{cp} sao cho khi lắp đặt vào với dòng thực tế thì nhiệt độ của nó sẽ không vượt quá nhiệt độ cho phép (thực tế ít biết được θ_{cp} mà thường chỉ biết được I_{cp}) $\rightarrow$ vậy để chọn dây ta có:

$$I_{lvmax} \leq I_{cp} . K_1 . K_2 \quad (6.3)$$

Trong đó: I_{lvmax} - dòng điện cực đại lâu dài đi trong dây dẫn.

I_{cp} - dòng cho phép tra bảng (theo điều kiện tiêu chuẩn).

K_1 - hệ số hiệu chỉnh kể đến nhiệt độ môi trường xung quanh khác tiêu chuẩn.

K_2 - hệ số hiệu chỉnh xét tới điều kiện làm mát (toả nhiệt) khác tiêu chuẩn (phụ thuộc vào số lượng các đường cáp cạnh nhau).

Riêng với đường cáp và dây dẫn $U_{dm} \leq 1$ kV được bảo vệ bằng cầu chì hoặc Aptomat. Cần chú ý hiện tượng sau, khi quá tải không lớn lắm ($k_{qt} < 2$) thì sau một thời gian khá lâu thiết bị bảo vệ chưa cắt, dây dẫn bị phát nóng mạnh $\rightarrow$ làm cách điện già cỗi mau chóng, điều đó không cho phép. Vì vậy để thoả mãn điều kiện phát nóng, dây dẫn và cáp chọn không những chỉ cần đảm bảo về dòng mà còn phải phối hợp với thiết bị bảo vệ theo những điều kiện sau:

+ Khi mạng được bảo vệ bằng cầu chì:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{\alpha} \quad (6.4)$$

Trong đó: I_{dc} - dòng điện định mức của dây chảy cầu chì.

α - hệ số phụ thuộc điều kiện đặt và quản lý mạng điện.

$\alpha = 3$ qui định với mạng điện động lực.

$\alpha = 0,8$ với mạng sinh hoạt (chiếu sáng).

+ Khi mạng được bảo vệ bằng Aptomat:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq \frac{1,25 I_{dmA}}{1,5} \quad (6.5)$$

$1,25 I_{dmA}$: Dòng khởi động nhiệt của aptomat

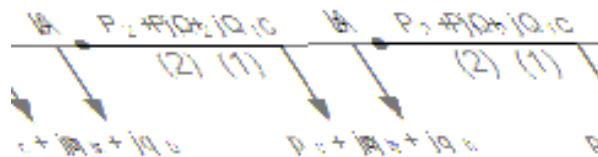
6.3. Lựa chọn tiết diện dây và cáp theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

Ở mạng 35 kV trở xuống, tiết diện dây dẫn và cáp thường bé, điện trở lớn, vì vậy tiết diện dây dẫn ở mạng này ảnh hưởng rõ rệt đến tổn thất điện áp.

Mạng phân phối yêu cầu chất lượng điện áp cao mà khả năng điều chỉnh điện áp lại hạn chế. Vì vậy cần chọn tiết diện dây dẫn sao cho tổn thất điện áp không vượt quá mức cho phép. Nghĩa là căn cứ vào ΔU_{cp} để chọn dây dẫn.

Chọn tiết diện dây dẫn khi đường dây chỉ có một tiết diện

Xét mạng điện xoay chiều 3 pha mà toàn bộ đường dây cùng chung một tiết diện.



$$\Delta U = \frac{r_o \sum P_m \cdot L_m}{U_{dm}} + \frac{x_o \sum Q_m \cdot L_m}{U_{dm}} \quad (6.6)$$

$$\text{hoặc } \Delta U = \frac{r_o \sum P_m \cdot L_m}{U_{dm}} + \frac{x_o \sum Q_m \cdot L_m}{U_{dm}} \quad (6.7)$$

$$\Delta U = \Delta U' + \Delta U''$$

$\Delta U'$: Tổn thất trên đường dây do công suất tác dụng và điện trở của đường dây gây ra.

$\Delta U''$: Tổn thất trên đường dây do công suất phản kháng và điện kháng của đường dây gây ra.

x_0 : ít thay đổi $x_0 = 0,3 \div 0,42 \text{ } \Omega/\text{km}$ (đối với tất cả các tiết diện).

- Chọn x_0 một giá trị nào đó.

- Tính $\Delta U'' = \frac{x_0 \sum q.L}{U_{dm}} = \frac{x_0 \sum Q.l}{U_{dm}}$

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

mà $\Delta U' = \frac{r_0 \sum p.L}{U_{dm}} = \frac{r_0 \sum P.l}{U_{dm}}$

Mặc khác: $r_0 = \frac{1}{\gamma.F} \rightarrow \Delta U' = \frac{1}{\gamma.F.U_{dm}} l = \frac{1}{\gamma.F.U_{dm}} \sum p.L$

Tiết diện của dây dẫn: $F = \frac{\sum P_m.l_m}{\gamma.U_{dm}.\Delta U'} = \frac{\sum p_m.L_m}{\gamma.U_{dm}.\Delta U'}$ (6.8)

→ Tra bảng để chọn tiết diện chuẩn: F_{tc} → tra bảng x_0, r_0 . Kiểm tra lại tổn thất điện áp $\Delta U = \Delta U' + \Delta U'' \leq \Delta U_{cp}$ → đạt

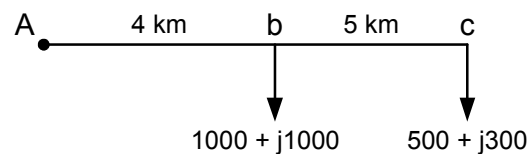
Chú ý: Trong trường hợp đặc biệt có các phụ tải $\cos \varphi = 1$ thì $\Delta U'' = 0$ và do đó tiết diện dây dẫn được chọn theo điều kiện sau:

$F = \frac{\sum P_m.l_m}{\gamma.U_{dm}.\Delta U_{cp}}$ hoặc $F = \frac{\sum p_m.L_m}{\gamma.U_{dm}.\Delta U_{cp}}$ (6.9)

Ví dụ 1: Cho mạng điện xoay chiều 3 pha điện áp 10kV như hình vẽ. Dùng dây nhôm bố trí trên các đỉnh của một tam đều có cạnh là 1m. $\Delta U_{cp} = 5\%$, toàn bộ đường dây dùng một tiết diện, phụ tải tính bằng kW, kVar. Điện trở suất của Al là $\rho = 31,5 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{km}$. Chọn tiết diện của dây dẫn.

Tuỳ ý chọn $x_0 = 0,38 \text{ } \Omega/\text{km}$

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum q.L}{U_{dm}} = \frac{0,38.[1000 \times 4 + 300 \times 9]}{10} = 255V$$



Tính $\Delta U_{cp} = \frac{5}{100} U_{dm} = \frac{5}{100} . 10 = 0,5kV = 500V$

Tính $\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 500 - 255 = 245V$

Tính $F = \frac{\sum p_m.L_m}{\gamma.U_{dm}.\Delta U'} = \frac{(1000.4 + 500.9).31,5}{10.245} = 110\text{mm}^2$

Tra bảng chọn $F_{tc} = 120\text{mm}^2 \xrightarrow{\text{tra}} r_o = 0,27\Omega/\text{km}; x_o = 0,326\Omega/\text{km}$ A – 120

Kiểm tra tổn thất điện áp:

$$\begin{aligned}\Delta U &= \frac{r_o \sum p.L}{U_{dm}} + \frac{x_o \sum q.L}{U_{dm}} \\ &= \frac{0,27(1000.4 + 500.9) + 0,326(1000.4 + 300.9)}{10} \\ &= 447,92\text{V} < \Delta U_{cp} = 500\text{V}\end{aligned}$$

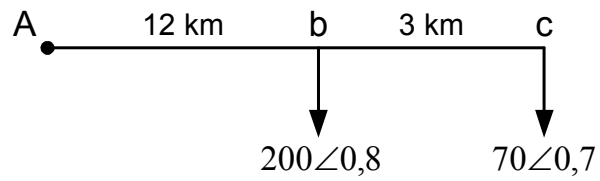
$$\Delta U_{Al}\% = \frac{447,92}{10000} \cdot 100 = 4,4792\% < 5\%$$

Ví dụ 2: Cho mạng điện xoay chiều 35 kV. Dùng dây đồng bố trí trên mặt phẳng nằm ngang mỗi pha cách 3 m. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 6\%$. Toàn bộ đường dây cùng một tiết diện, phụ tải tính bằng (A); điện trở suất của đồng: $\rho_{Cu} = 18,8\Omega\text{mm}^2/\text{km}$. Chọn tiết diện của dây dẫn.

Giải:

Tuỳ ý chọn: $x_o = 0,4\Omega/\text{km}$

Tính $\Delta U''$:
$$\Delta U'' = \frac{x_o \sum q.L}{U_{dm}}$$



Ta có: $q = S \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$

$$\Delta U'' = \frac{x_o \sum \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot L}{U_{dm}} = \sqrt{3} \cdot x_o \sum i_m \cdot \sin \varphi_m \cdot L$$

$$\Delta U'' = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot [200 \cdot 0,6 \cdot 12 + 70 \cdot 0,71 \cdot 15] = 1520\text{V}$$

$$\Delta U_{cp} = 6\% \cdot 35 = 2,1\text{kV} = 2100\text{V}$$

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 2100 - 1520 = 580\text{V}$$

$$F = \frac{\sum p.L}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'} = \frac{\sum i_m \cdot \cos \varphi_m \cdot L_m}{\gamma \cdot \Delta U'} = \frac{18,8 \cdot \sqrt{3} \cdot [200 \cdot 0,8 \cdot 12 + 70 \cdot 0,7 \cdot 15]}{580} = 149\text{mm}^2$$

→ Chọn tiết diện chuẩn $F_{tc} = 150\text{mm}^2$: M – 150

→ Tra bảng: $r_o = 0,123\Omega/\text{km}; x_o = 0,4\Omega/\text{km}$

Kiểm tra

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot [r_o \cdot \sum i_m \cdot \cos \varphi_m \cdot L_m + x_o \cdot \sum i_m \cdot \sin \varphi_m \cdot L_m] \\ &= \sqrt{3} \cdot [0,123 \cdot (200 \cdot 0,8 \cdot 12 + 70 \cdot 0,7 \cdot 15) + 0,4 \cdot (200 \cdot 0,6 \cdot 12 + 70 \cdot 0,71 \cdot 15)] \\ &= 2085\text{V} < \Delta U_{cp} = 2100\text{V}\end{aligned}$$

6.4. Lựa chọn tiết diện dây theo điều kiện phí tổn kim loại màu ít nhất

Việc chọn cùng một tiết diện như nhau của toàn bộ đường dây → không hợp lý về kinh tế. Nên chọn mỗi đoạn dây một tiết diện khác nhau nhưng trên cơ sở phải đảm bảo về mặt kỹ thuật, tức là tổn thất điện áp nhỏ hơn tổn thất điện áp cho phép.

Giả thiết ta xét đường dây có 3 phụ tải b, c, d.

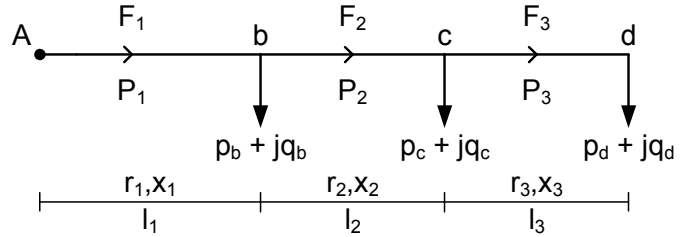
Ta biết

$$\Delta U = \Delta U' + \Delta U''$$

- Tùy ý chọn x_0 1 giá trị

- Tính $\Delta U''$

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



$$= \Delta U'_1 + \Delta U'_2 + \Delta U'_3 \rightarrow \Delta U'_3 = \Delta U' - \Delta U'_1 - \Delta U'_2$$

Nếu biết được $\Delta U'_1; \Delta U'_2; \Delta U'_3$ ta tính được F_1, F_2, F_3

Phương pháp này áp dụng cho mạng điện có thời gian sử dụng phụ tải nhỏ: mạng nông nghiệp; chiếu sáng → thì dây dẫn được chọn sao cho vốn đầu tư cơ bản nhỏ.

$$F_1 = \frac{P_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'_1}; F_2 = \frac{P_2 \cdot l_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'_2}; F_3 = \frac{P_3 \cdot l_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'_3}$$

Tính khối lượng kim loại màu (thể tích kim loại màu): V

$$V = 3 \cdot F_1 \cdot l_1 + 3 \cdot F_2 \cdot l_2 + 3 \cdot F_3 \cdot l_3$$

$$= \frac{3 \cdot P_1 \cdot l_1^2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'_1} + \frac{3 \cdot P_2 \cdot l_2^2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'_2} + \frac{3 \cdot P_3 \cdot l_3^2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'_3}$$

Thay $\Delta U'_3 = \Delta U' - \Delta U'_1 - \Delta U'_2$ vào

$$V = \frac{3}{\gamma \cdot U_{dm}} \left[\frac{P_1 \cdot l_1^2}{\Delta U'_1} + \frac{P_2 \cdot l_2^2}{\Delta U'_2} + \frac{P_3 \cdot l_3^2}{\Delta U' - \Delta U'_1 - \Delta U'_2} \right] \rightarrow \min$$

$$\frac{\partial V}{\partial \Delta U'_1} = \frac{3}{\gamma \cdot U_{dm}} \left[\frac{-P_1 \cdot l_1^2}{\Delta U'^2_1} + \frac{P_3 \cdot l_3^2}{(\Delta U' - \Delta U'_1 - \Delta U'_2)^2} \right] = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial \Delta U'_2} = \frac{3}{\gamma \cdot U_{dm}} \left[\frac{-P_2 \cdot l_2^2}{\Delta U'^2_2} + \frac{P_3 \cdot l_3^2}{(\Delta U' - \Delta U'_1 - \Delta U'_2)^2} \right] = 0$$

$$\Rightarrow \frac{P_1 \cdot l_1^2}{(\Delta U'_1)^2} = \frac{P_2 \cdot l_2^2}{(\Delta U'_2)^2} = \frac{P_3 \cdot l_3^2}{(\Delta U'_3)^2}$$

$$\text{Thay } \Delta U'_1 = \frac{P_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_1}; \Delta U'_2 = \frac{P_2 \cdot l_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_2}; \Delta U'_3 = \frac{P_3 \cdot l_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_3}$$

Ta có:

$$\frac{\frac{P_1 I_1^2}{\left(\frac{P_1 I_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_1}\right)^2}}{\left(\frac{P_1 I_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_1}\right)^2} = \frac{\frac{P_2 I_2^2}{\left(\frac{P_2 I_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_2}\right)^2}}{\left(\frac{P_2 I_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_2}\right)^2} = \frac{\frac{P_3 I_3^2}{\left(\frac{P_3 I_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_3}\right)^2}}{\left(\frac{P_3 I_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_3}\right)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{F_1^2}{P_1} = \frac{F_2^2}{P_2} = \frac{F_3^2}{P_3} \rightarrow \text{là điều kiện tối ưu thỏa mãn kim loại màu bé nhất}$$

Ta có: $\Delta U' = \Delta U'_1 + \Delta U'_2 + \Delta U'_3$

$$= \frac{P_1 I_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_1} + \frac{P_2 I_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_2} + \frac{P_3 I_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_3}$$

Thay $F_1 = \sqrt{\frac{P_1}{P_3}} \cdot F_3$; $F_2 = \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} \cdot F_3$

$$\rightarrow \Delta U' = \frac{P_1 I_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \sqrt{\frac{P_1}{P_3}} \cdot F_3} + \frac{P_2 I_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} \cdot F_3} + \frac{P_3 I_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_3}$$

→ Tiết diện của đoạn 3:

$$F_3 = \frac{\sqrt{P_3} (l_1 \cdot \sqrt{P_1} + l_2 \cdot \sqrt{P_2} + l_3 \cdot \sqrt{P_3})}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'}$$

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

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

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

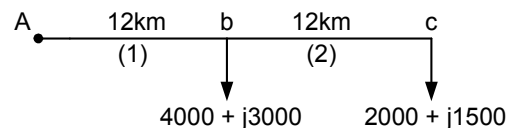
Tổng quát: $F_n = \frac{\sqrt{P_n}}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'} \sum l_m \cdot \sqrt{P_m}$ (6.10)

Tra bảng để chọn tiết diện chuẩn $\xrightarrow{\text{tra}} r_o, x_o \rightarrow$ kiểm tra lại ΔU

Ví dụ: Cho 2 nhà máy đặt tại b và c được cung cấp bằng đường dây 35 kV, bằng dây nhôm lõi thép (AC), bố trí trên mặt phẳng nằm ngang khoảng cách trung bình hình học giữa các pha là 3,5m, phụ tải max của các trạm biến áp cho bằng kW, kVAr. Tổn thất điện áp cho phép: $\Delta U_{cp} = 5\%$. Tính tiết diện dây dẫn theo điều kiện chi phí kim loại màu ít nhất. Biết: $\gamma_{AC} = 0,0317 \text{ km}/\Omega \text{ mm}^2$.

Giải:

Tuỳ ý chọn $x_o = 0,4 \Omega/\text{km}$



$$\begin{aligned}\text{Tính } \Delta U'' &= \frac{x_0 \sum q.L}{U_{dm}} \\ &= \frac{0,4 \cdot [3000 \cdot 12 + 1500 \cdot 24]}{35} = 820V\end{aligned}$$

$$\Delta U_{cp} = 5\% \cdot 35 = 1,75kV = 1750V$$

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 1750 - 820 = 930V$$

$$\begin{aligned}F_2 &= \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'} (l_1 \cdot \sqrt{P_1} + l_2 \cdot \sqrt{P_2}) \\ &= \frac{\sqrt{2000}}{0,0317 \cdot 35 \cdot 930} (12 \cdot \sqrt{6000} + 12 \cdot \sqrt{2000}) = 64mm^2\end{aligned}$$

$$\xrightarrow{\text{tra}} AC - 70 \rightarrow r_0 = 0,46 \Omega/km; x_0 = 0,415 \Omega/km$$

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

$$\text{Hoặc } F_1 = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} \cdot F_2 = \sqrt{\frac{6000}{2000}} \cdot 64 = 110mm^2$$

$$\rightarrow \text{Chọn } AC - 120 \rightarrow r_0 = 0,27 \Omega/km; x_0 = 0,39 \Omega/km$$

Kiểm tra

$$\begin{aligned}\Delta U &= \frac{\sum P.r + \sum Q.x}{U_{dm}} \\ &= \frac{6000 \cdot 0,27 \cdot 12 + 2000 \cdot 0,46 \cdot 12 + 4500 \cdot 0,39 \cdot 12 + 1500 \cdot 0,415 \cdot 12}{35} \\ &= 1686V < \Delta U_{cp} = 1750V\end{aligned}$$

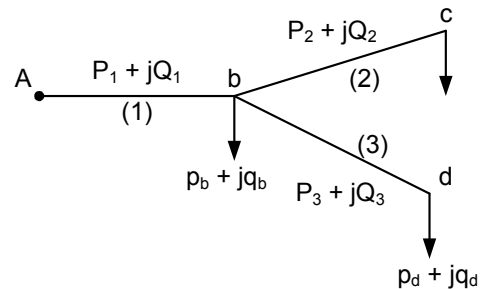
*Xác định tiết diện dây dẫn đối với đường dây phân nhánh

- Sơ bộ chọn $x_0, \Omega/km$

$$\left. \begin{aligned}\text{- Tính } \Delta U_{abc}'' &= \frac{x_0 \cdot \sum Q.l}{U_{dm}} \\ \Delta U_{abd}'' &\end{aligned} \right\} \rightarrow \Delta U''$$

$\rightarrow$ Chọn giá trị lớn nhất để xác định thành

$$\text{phần: } \Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U''$$



Gọi tổn thất điện áp tác dụng cho phép trên các đoạn: $\Delta U'_1; \Delta U'_2; \Delta U'_3$

$$\Delta U' = \Delta U'_1 + \Delta U'_2 = \Delta U'_1 + \Delta U'_3$$

$$\text{Suy ra } \Delta U'_2 = \Delta U'_3$$

Tiết diện dây dẫn được tính theo tổn thất điện áp cho phép.

$$F_1 = \frac{P_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_1'}; F_2 = \frac{P_2 \cdot l_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_2'}; F_3 = \frac{P_3 \cdot l_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_3'} \quad (6.11)$$

Thế tích kim loại màu.

$$V = \frac{3}{\gamma \cdot U_{dm}} \left[\frac{P_1 \cdot l_1^2}{\Delta U_1'} + \frac{P_2 \cdot l_2^2}{\Delta U_2'} + \frac{P_3 \cdot l_3^2}{\Delta U_3'} \right] = \frac{3}{\gamma \cdot U_{dm}} \left[\frac{P_1 \cdot l_1^2}{\Delta U_1'} + \frac{P_2 \cdot l_2^2 + P_3 \cdot l_3^2}{\Delta U' - \Delta U_1'} \right]$$

Lượng kim loại là cực tiểu khi

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial \Delta U_1'} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial \Delta U_1'} &= \frac{3}{\gamma \cdot U_{dm}} \left[\frac{-P_1 \cdot l_1^2}{\Delta U_1'^2} + \frac{P_2 \cdot l_2^2 + P_3 \cdot l_3^2}{(\Delta U' - \Delta U_1')^2} \right] = 0 \\ \Rightarrow \Delta U_1' &= \frac{\Delta U'}{1 + \sqrt{\frac{P_2 \cdot l_2^2 + P_3 \cdot l_3^2}{P_1 \cdot l_1^2}}} \end{aligned} \quad (6.12)$$

$$\text{Từ (6.11) và (6.12): } F_1 = \frac{P_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_1'} \rightarrow \text{tra } F_{1tc} \rightarrow \begin{cases} r_{01} \\ x_{01} \end{cases}$$

→ Tính được tổn thất điện áp thực tế.

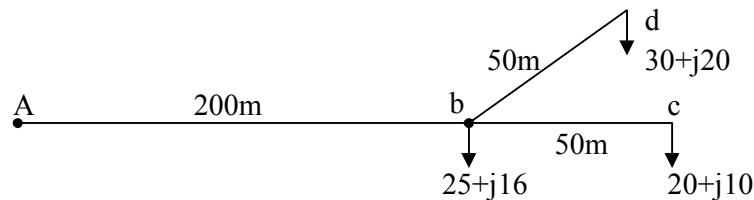
→ Sau đó xác định tổn thất điện áp tác dụng cho phép còn lại của đoạn (2) (hoặc đoạn (3)).

$$\Delta U_2' = \Delta U_3' = \Delta U' - \Delta U_{1tt}$$

→ Tìm được F_2, F_3

Ví dụ: Một mạng điện trên không 380V cung cấp trực tiếp cho các phụ tải, hình vẽ. Dây dẫn đặt trên mặt phẳng ngang có khoảng cách trung bình giữa các pha là 400mm. Phụ tải kVA, chiều dài đường dây m cho trên hình vẽ. Đường dây chính có thể chọn cùng một tiết diện, còn đoạn phân nhánh chọn tiết diện khác.

Xác định tiết diện của đường dây, biết rằng tổn thất điện áp cho phép của mạng là 6,5%.



Giải:

Tổn thất điện áp cho phép trong mạng

$$\Delta U_{cp} = 6,5\% \cdot 380 = 24,6 \text{ V}$$

Vì khoảng cách giữa các pha dây dẫn rất nhỏ cho nên lấy $x_0 = 0,35 \text{ } \Omega/\text{km}$. Tổn thất điện áp trên điện kháng đường dây bằng

$$\Delta U'' = \frac{Q_1 l_1 + Q_2 l_2}{U} \cdot x_0 = \frac{46.0,2 + 10.0,05}{380} \cdot 0,35 \cdot 10^3 = 8,9V$$

Tổn thất điện áp cho phép trên điện trở

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 24,6 - 8,9 = 15,7V$$

Tiết diện đoạn dây chính

$$F = \frac{\sum P_i l_i}{\gamma \cdot U \cdot \Delta U'} = \frac{75.200 + 20.50}{31,7.380.15,7} \cdot 10^3 = 83,8 mm^2$$

Chọn dây dẫn tiêu chuẩn AC-95, có $r_0 = 0,33 \Omega/km$; $x_0 = 0,3 \Omega/km$. Với tiết diện dây đã chọn, tổn thất điện áp trên đoạn dây chính bằng

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{(P_1 l_1 + P_2 l_2) r_0 + (Q_1 l_1 + Q_2 l_2) x_0}{U} \\ &= \frac{(75.0,2 + 20.0,05).0,33 + (46.0,2 + 10.0,05).0,3}{380} \cdot 10^3 = 22,36V \end{aligned}$$

Nhỏ hơn ΔU_{cp}

Tổn thất điện áp trên đoạn Ab

$$\Delta U_{Ab} = \frac{75.0,33 + 46.0,3}{380} \cdot 10^3 = 19,1V$$

Tổn thất điện áp cho phép trên đoạn nhánh bd

$$\Delta U_{cpbd} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{Ab} = 24,6 - 19,1 = 5,5V$$

Nếu lấy $x_{0d} = 0,35 \Omega/km$ thì tổn thất điện áp trên điện kháng của đoạn bằng

$$\Delta U_d'' = \frac{Q_3 l_3 x_{0d}}{U} = \frac{20.0,05.0,35.10^3}{380} = 0,92V$$

Tổn thất điện áp trên điện trở đoạn 3 bằng

$$\Delta U_d' = \Delta U_{cpbd} - \Delta U_d'' = 5,5 - 0,92 = 4,58V$$

Tiết diện dây dẫn của đoạn phân nhánh

$$F_3 = \frac{P_3 l_3}{\gamma \cdot U \cdot \Delta U_3'} = \frac{30.50.10^3}{31,7.380.4,58} = 30,2 mm^2$$

Chọn dây AC-35 có $r_0 = 0,85 \Omega/km$; $x_0 = 0,2 \Omega/km$

Khi đó tổn thất điện áp trên đoạn Ad bằng

$$\Delta U = \frac{(75.0,33 + 46.0,3).0,2.10^3 + (30.0,85 + 20.0,2).0,05.10^3}{380} = 24,9V$$

Vì tổn thất điện áp thực tế trên đường dây Ad khác tổn thất điện áp cho phép rất nhỏ, cho nên không cần phải chọn lại tiết diện dây dẫn.

6.5. Lựa chọn tiết diện dây theo mật độ dòng điện kinh tế

6.5.1. Mật độ dòng điện kinh tế

Đối với đường dây truyền tải ở mạng điện khu vực, do công suất lớn, điện áp cao, đường dây dài nên chi phí vận hành khá lớn. Mặt khác các thiết bị điều chỉnh điện áp khá tốt nên ít phải chú ý đến tổn thất điện áp. Vì vậy tiết diện dây dẫn và cáp được chọn theo điều kiện kinh tế. Tức là chọn F sao cho chi phí tính toán nhỏ nhất. Hàm chi phí tính toán có giá trị.

$$\begin{aligned} Z &= (a_{vh} + a_{tc}).K + c. \Delta A \\ &= (a_{vh} + a_{tc}).K + c.3. I_{\max}^2. \tau. \frac{\rho.l}{F} \end{aligned} \quad (6.13)$$

Vốn đầu tư cơ bản cho đường dây phụ thuộc vào tiết diện.

$$K = K_0 + n(a + b.F)$$

K_0 - giá thành 1km đường dây phần không phụ thuộc vào tiết diện (đ/km).

n - số mạch đường dây đi song song.

a - hệ số phụ thuộc điện áp đường dây (đ/km).

b - hệ số phản ánh sự phụ thuộc vào giá thành đường dây vào tiết diện dây dẫn (đ/km.mm²).

$$\begin{aligned} \rightarrow Z &= (a_{vh} + a_{tc}). [K_0 + n(a + b.F)] + 3. I_{\max}^2. \tau. c. \frac{\rho.l}{F} \\ &= Z_K + Z_{\Delta A} \end{aligned} \quad (6.14)$$

Z_K - phần liên quan đến giá thành dây dẫn

$Z_{\Delta A}$ - phần liên quan đến tổn thất điện

năng

Tiết diện tối ưu của dây dẫn: (F_{kt}) xác định

$$\frac{\partial Z}{\partial F_{kt}} = (a_{vh} + a_{tc}).n.b - 3. I_{\max}^2. \tau. c. \frac{\rho.l}{F_{kt}^2} = 0$$

$$\text{Hay } F_{kt} = I_{\max} \cdot \sqrt{\frac{3. \rho. \tau. c}{(a_{vh} + a_{tc}).n.b}} \quad (6.15)$$

Tiết diện dây dẫn chọn theo (6.15) gọi là tiết diện ứng với hàm chi phí $Z_{\min}$

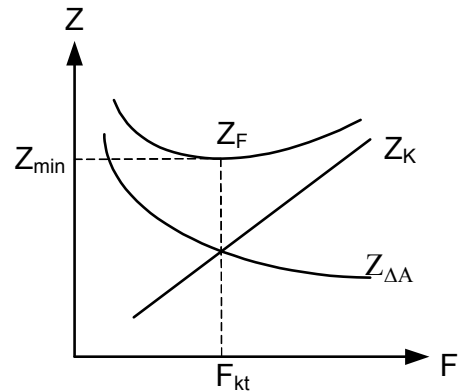
→ Tiết diện ứng với $Z_{\min}$ gọi là F_{kt} , mật độ dòng điện ứng với F_{kt} gọi là mật độ dòng điện kinh tế: j_{kt}

$$j_{kt} = \frac{I_{\max}}{F_{kt}} = \sqrt{\frac{(a_{vh} + a_{tc}).n.b}{3. \rho. \tau. c}} \quad (6.16)$$

6.5.2. Chọn tiết diện dây theo mật độ dòng điện kinh tế

Nếu thời gian sử dụng công suất cực đại là lớn thì hợp lý hơn cả nên chọn tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi với mạng điện địa phương. Bởi vì tổn thất công suất và tổn thất điện năng bé nhất.

Giả thiết xét mạng điện xoay chiều 3 pha có các phụ tải như sau.



- Tùy ý chọn x_0

- Tính

$$\Delta U' = \sqrt{3} \cdot x_0 \cdot \sum i_m \cdot \sin \varphi_m \cdot L_m$$

Tính ΔU_{cp}

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

$$= \Delta U'_1 + \Delta U'_2 + \Delta U'_3 = \frac{P_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_1} + \frac{P_2 \cdot l_2}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_2} + \frac{P_3 \cdot l_3}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot F_3}$$

(Thay $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$)

$$\Delta U' = \frac{\sqrt{3} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot F_1} + \frac{\sqrt{3} \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 \cdot l_2}{\gamma \cdot F_2} + \frac{\sqrt{3} \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3 \cdot l_3}{\gamma \cdot F_3}$$

Với $\cos \varphi_1$; $\cos \varphi_2$; $\cos \varphi_3$ là hệ số công suất trên đoạn 1, 2, 3.

$$\text{Mật độ dòng điện: } j = \frac{I_1}{F_1} = \frac{I_2}{F_2} = \frac{I_3}{F_3} \quad (6.17)$$

$$\rightarrow \Delta U' = \frac{\sqrt{3} \cdot j}{\gamma} (l_1 \cdot \cos \varphi_1 + l_2 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_3)$$

$$\rightarrow j = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{\sqrt{3} (l_1 \cdot \cos \varphi_1 + l_2 \cdot \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos \varphi_3)} = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{\sqrt{3} \sum_1^n l_m \cdot \cos \varphi_m} \quad (6.18)$$

$$\text{Tính tiết diện } F_1 = \frac{I_1}{j}; F_2 = \frac{I_2}{j}; F_3 = \frac{I_3}{j} \quad (6.19)$$

→ Chọn tiết diện chuẩn ; → tra r_0 , x_0 ; → kiểm tra ΔU

Ví dụ: Có 2 phụ tải b và c được cung cấp bằng đường dây trên không dùng dây nhôm (A). Bố trí trên 3 đỉnh tam giác đều có cạnh 1,1m, điện áp của mạng 10 kV, công suất toàn phần tính bằng kVA, $\cos \varphi$ của phụ tải ghi trên hình vẽ, tổn thất điện áp cho phép 5%. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\max} = 3500$ h/năm. Chọn tiết diện dây dẫn.

Tại nút b:

$$p_b = S_b \cdot \cos \varphi_b = 1000 \cdot 0,7 = 700 \text{ kW}$$

$$q_b = S_b \cdot \sin \varphi_b = 1000 \cdot 0,71 = 710 \text{ kVAr}$$

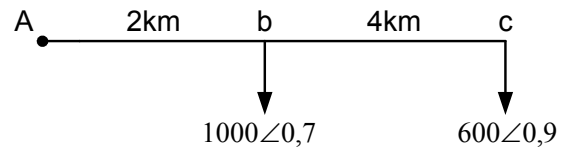
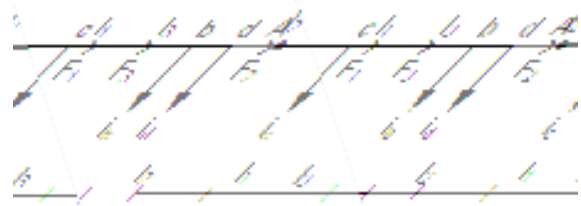
Tại nút c:

$$p_c = S_c \cdot \cos \varphi_c = 600 \cdot 0,9 = 540 \text{ kW}$$

$$q_c = 262 \text{ kVAr}$$

Tùy ý chọn giá trị $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$

$$\text{Tính } \Delta U'' = \frac{x_0 \sum q \cdot L}{U_{dm}} = \frac{0,4(710 \cdot 2 + 262 \cdot 6)}{10} = 120 \text{ V}$$



$$\Delta U_{cp} = 5\%.10 = 0,5\text{kV} = 500\text{V}$$

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 500 - 120 = 380\text{ V}$$

$$j = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{\sqrt{3}(l_1 \cdot \cos \varphi_1 + l_2 \cdot \cos \varphi_2)}$$

Trong đó: Công suất trên đoạn Ab: $P_1 + jQ_1 = 1240 + j972$

$$\tan \varphi_1 = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{972}{1240} = 0,7838 \rightarrow \varphi_1 = 38,1^\circ \rightarrow \cos \varphi_1 = 0,78$$

$$\gamma_{Al} = 0,0317 \text{ km}/\Omega \text{ mm}^2$$

$$j = \frac{0,0317 \cdot 380}{\sqrt{3}(2 \cdot 0,78 + 0,9 \cdot 4)} = 1,35 (\text{A}/\text{mm}^2)$$

Từ $T_{\max} = 3500\text{h}/\text{năm}$, dây nhôm ta tra được mật độ dòng điện kinh tế: $j_{kt} = 1,1 \text{ A}/\text{mm}^2$. Vì $J_{\text{tính toán}} = 1,35 > J_{kt} = 1,1$. Do đó ta chọn j_{kt} để tính toán.

Tính tiết diện đoạn dây Ab:

$$I_{Ab} = \frac{S_{Ab}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92,5 (\text{A})$$

$$F_{Ab} = \frac{I_{Ab}}{j_{kt}} = \frac{92,5}{1,1} = 84 \text{ mm}^2$$

Tra bảng tiết diện tiêu chuẩn $F_{Ab} = 95 \text{ mm}^2$ (A – 95)

Tính tiết diện đoạn bc:

$$I_{bc} = \frac{S_{bc}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 34,6 (\text{A})$$

$$F_{bc} = \frac{I_{bc}}{j_{kt}} = \frac{34,6}{1,1} = 31,4 \text{ mm}^2$$

→ Chọn $F_{bc} = 35 \text{ mm}^2$ (A – 35)

(Ở đây không cần kiểm tra tổn thất điện áp vì ta đã chọn j_{kt} nên nó đảm bảo; chỉ khi nào $j_{tt} < j_{kt}$).

6.6. Lựa chọn tiết diện dây trong mạng kín

* *Phương pháp gần đúng:*

- Phân bố công suất theo chiều dài các đoạn trong mạng bằng công thức.

$$S_{A1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot L_{iB}}{L_{\Sigma}}$$

→ Xác định được điểm phân công suất

Căn cứ vào tính chất của mạng để lựa chọn.

+ Nếu là mạng địa phương các phụ tải gần nhau, chọn cùng tiết diện cho mọi đoạn và lúc ấy lấy ΔU từ nguồn đến điểm phân công suất bằng ΔU_{cp} .

+ Nếu mạng địa phương nông nghiệp có $T_{\max}$ nhỏ ($2000 \div 3000\text{h/năm}$) thì chọn tiết diện ở các đoạn khác nhau theo điều kiện tổng kim loại trong mạng nhỏ nhất.

+ Nếu mạng địa phương công nghiệp có $T_{\max}$ lớn ($4500 \div 6000\text{h/năm}$) thì chọn tiết diện ở các đoạn khác nhau theo điều kiện tổn thất điện năng trong mạng nhỏ nhất.

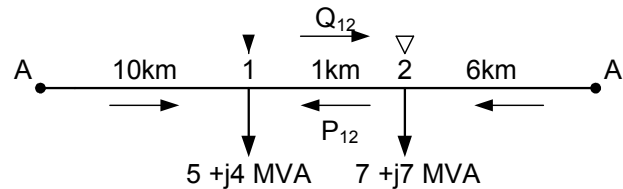
Sau cùng thử lại xem ở điều kiện làm việc bình thường và sự cố nghiêm trọng nhất dây dẫn có đảm bảo hay không.

Ví dụ: Có mạng kín 35kV cung cấp điện cho 2 phụ tải 1 và 2. mức tổn thất điện áp cho phép lúc bình thường $\Delta U_{cp} = 4\%$; lúc sự cố $\Delta U_{cp} = 12\%$. Toàn mạng cùng tiết diện, dùng dây nhôm lõi thép AC. Xác định tiết diện dây dẫn trong mạng.

$$P_{A1} = \frac{P_1 I_{1A} + P_2 I_{2A}}{L_{\Sigma}}$$

$$= \frac{5.7 + 7.6}{17} = 4,53 \text{ MW}$$

$$Q_{A1} = \frac{4.7 + 7.6}{17} = 4,12 \text{ MVar}$$



Tương tự $P_{A2} = 7,47 \text{ MW}$; $Q_{A2} = 6,88 \text{ MVar}$

$$S_{12} = S_{A1} - S_1 = (4,53 + j4,12) - (5 + j4) = -0,47 + j0,12 \text{ MVA}$$

→ Điểm 1 là điểm phân công suất tác dụng và điểm 2 phân công suất phản kháng.

→ Không biết được điểm 1 hay điểm 2 có điện áp thấp hơn.

Nhưng do công suất đi trên đoạn 1-2 rất bé và chiều dài đoạn 1-2 cũng ngắn, nên có thể xem điện áp 2 điểm đó gần như nhau.

Lấy điểm 2 để tính: $\Delta U_{cp} = \Delta U' + \Delta U''$

ΔU_{cp} lúc bình thường: $0,04.35 = 1,4 \text{ kV}$

$$\text{Thành phần: } \Delta U'' = \frac{x_o \cdot Q_{A2} \cdot I_{A2}}{U_{dm}} = \frac{0,4.6,88.6}{35} = 0,473 \text{ kV}$$

(giá trị lấy sơ bộ $x_o = 0,4 \Omega/\text{km}$)

$$\rightarrow \Delta U' = 1,4 - 0,473 = 0,92 \text{ kV}$$

Tiết diện đoạn A-2 xác định $F = \frac{P_{A2} \cdot I_{A2}}{\gamma_A \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'}$ với $\gamma_{AC} = 31,7 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

$$\Rightarrow F = \frac{7,47.6.10^3}{31,7.35.0,92} = 41,5 \text{ mm}^2$$

Tra bảng chọn tiết diện chuẩn: AC – 50 có $r_o = 0,65 \Omega/\text{km}$; $x_o = 0,43 \Omega/\text{km}$

Thử lại:

Lúc bình thường:

$$\Delta U_{\max} = \frac{6.(7,47.0,65 + 6,88.0,43)}{35} = 1,34 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{\max} < \Delta U_{cp}$$

Trên đoạn 1-2 tải công suất rất bé nhưng cũng phải chọn tiết diện AC – 50 vì khi sự cố trên đó tải công lớn.

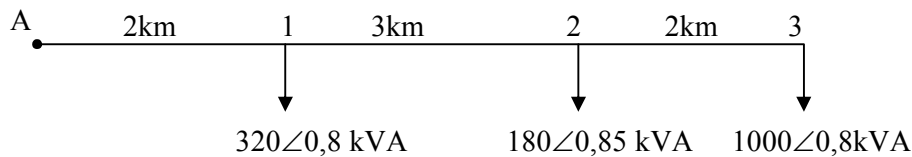
Khi sự cố đứt đoạn A2 lúc phụ tải lớn nhất:

$$\Delta U_{\text{sự cố}} = \frac{(12.0,65 + 11.0,43).10 + 7.(0,65 + 0,43).1}{35} = 3,8 \text{ kV}$$

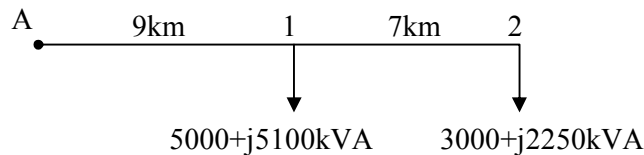
$$\Delta U_{\text{sự cố}} = \frac{3,8}{35}.100 = 10,9\% < \Delta U_{cp \text{ sự cố}}$$

Bài tập

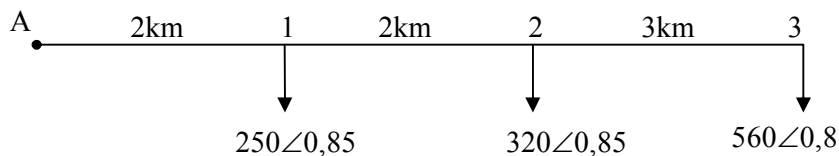
1. Một đường dây 35kV cung cấp cho các phụ tải và chiều dài đường dây ghi trên sơ đồ hình vẽ. Hãy tìm tiết diện dây dẫn cho trường hợp: tiết diện thay đổi và không đổi theo điều kiện kinh tế. Biết dây dẫn bằng thép nhôm và thời gian sử dụng phụ tải cực đại $T_{\max} = 4500\text{h}$.



2. Một mạng điện xoay chiều 3 pha điện áp 35kV dây nhôm lõi thép đặt trên mặt phẳng ngang, khoảng cách trung bình hình học giữa các pha là 3,5m, cung cấp điện cho 2 phụ tải, công suất của phụ tải và chiều dài đường dây cho trên hình vẽ. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất của 2 phụ tải là 2500h trong năm. Xác định tiết diện dây nhôm lõi thép theo điều kiện mật độ dòng điện không đổi. Biết rằng tổn thất điện áp cho phép là 5% và $\rho = 31,5 \Omega \text{mm}^2/\text{km}$.



3. Một đường dây trên không dùng dây dẫn AC có điện áp định mức $U_{dm} = 22\text{kV}$ ($D = 1,75\text{m}$), cung cấp cho các phụ tải tính bằng kVA và hệ số $\cos\varphi$ cho trên sơ đồ hình vẽ. Tổn thất điện áp cho phép là 3%. Xác định tiết diện theo điều kiện chi phí kim loại cực tiểu.



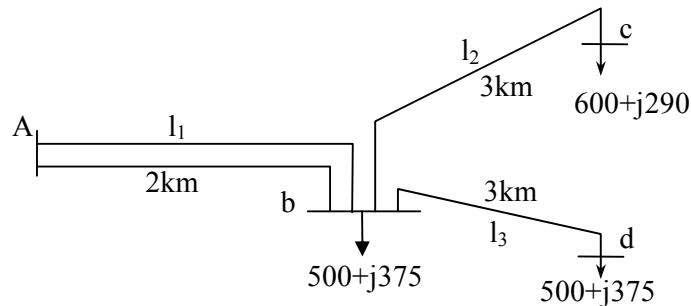
4. Cho một mạng điện trên không, điện áp 10kV, hình vẽ, chiều dài đường dây (km), công suất phụ tải (kVA) cho trên hình vẽ. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất của tất

cả các phụ tải là 3500h, dây dẫn bằng nhôm, đặt trên các đỉnh của một tam giác đều, có cạnh là 1m. Điện trở suất của nhôm là $31,5 \Omega \text{mm}^2/\text{km}$.

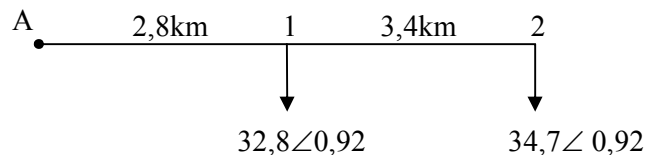
Hãy xác định tiết diện dây dẫn

a. Theo mật độ dòng điện kinh tế.

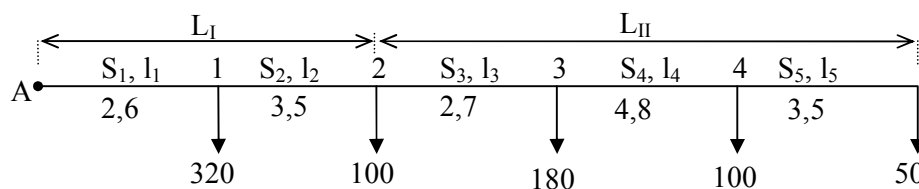
b. Theo tổn thất điện áp cho phép là 6% khi đoạn 1 và 2 chọn cùng một tiết diện.



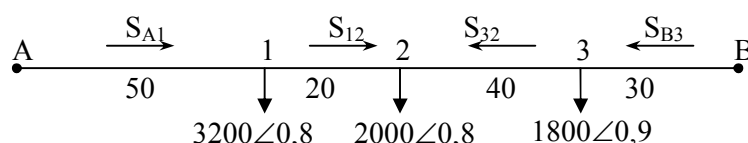
5. Một đường dây cáp 10kV cung cấp cho 2 phụ tải 1 và 2, hình vẽ. Tổn thất điện áp cho phép 3%, chiều dài km, dòng điện A, và hệ số công suất phụ tải ($\cos\varphi$) cho trên hình vẽ. Xác định tiết diện dây cáp theo mật độ dòng điện không đổi.



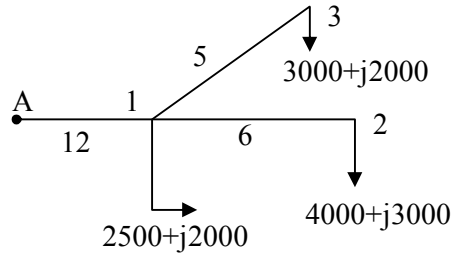
6. Một đường dây điện áp 10kV ($D = 1000\text{mm}$), chiều dài các đoạn cho bằng km, phụ tải là kVA có $\cos\varphi = 0,85$ ghi trên sơ đồ hình vẽ. Tổn thất điện áp là 3%. Tìm tiết diện dây dẫn bằng thép nhôm trên các phần L_I và L_{II} .



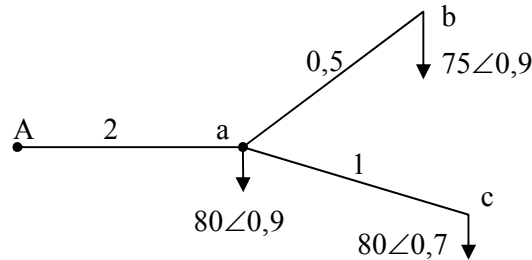
7. Xác định tiết diện dây dẫn đường dây trên không 2 nguồn cung cấp bằng thép nhôm. Tiết diện không đổi trong suốt chiều dài đường dây. Điện áp 2 nguồn cung cấp là 35kV ($D = 3\text{m}$), hao tổn điện áp cho phép là 5%, phụ tải cho bằng kVA, chiều dài km, hệ số công suất ghi trên sơ đồ hình vẽ.



8. Một mạng điện 35kV, dây nhôm lõi thép có khoảng cách trung bình hình học giữa các dây là 3m, tổn thất điện áp cho phép của mạng điện là 6,5%, phụ tải cực đại kVA, chiều các đoạn km cho trên hình vẽ. Xác định tiết diện dây dẫn theo điều kiện mật độ dòng điện không đổi.



9. Ba trạm biến áp a, b, c được cấp điện từ một mạng cấp 10kV. Tổn thất điện áp cho phép là 5,5%. Chiều dài đường dây km, dòng điện A và hệ số công suất $\cos\varphi$ cho trên hình vẽ. Xác định tiết diện dây dẫn các đoạn cáp theo điều kiện chi phí nhỏ nhất về vật liệu làm dây dẫn.



Chương 7

LỰA CHỌN THIẾT BỊ ĐIỆN

7.1. Khái niệm chung

Các thiết bị điện, sứ và các trang thiết bị (TB) truyền dẫn điện trong điều kiện vận hành làm việc ở 3 chế độ cơ bản: chế độ làm việc dài hạn, chế độ quá tải (đối với một số thiết bị phụ tải tăng cao tới 1,4 định mức) và cuối cùng là chế độ ngắn mạch. Ngoài ra trong chương này không xét tới chế độ không đối xứng.

Ở chế độ làm việc lâu dài sự làm việc tin cậy của các thiết bị, sứ và các trang thiết bị dẫn điện được đảm bảo bằng cách lựa chọn chúng đúng theo điện áp định mức và dòng điện định mức. ở chế độ quá tải sự làm việc của thiết bị được đảm bảo bằng cách hạn chế giá trị và thời gian tăng điện áp hay dòng điện ở một giới hạn nào đó phù hợp với mức dự về độ bền của chúng.

Ở chế độ ngắn mạch sự làm việc tin cậy của thiết bị, sứ và các phần tử dẫn điện được đảm bảo bằng cách lựa chọn các tham số của các tham số của chúng phù hợp với các điều kiện ổn định nhiệt và ổn định lực điện động.

Khi chọn các thiết bị và các tham số của phần tử dẫn điện cần phải chú ý tới hình thức lắp đặt và vị trí lắp đặt (trong nhà, ngoài trời, nhiệt độ, độ ẩm.. của môi trường xung quanh và độ cao lắp đặt các thiết bị so với mặt nước biển).

Khi thành lập sơ đồ để tính toán dòng điện ngắn mạch đối với thiết bị ta phải chọn chế độ sao cho khi đó thiết bị làm việc trong các điều kiện thực tế nặng nề nhất (tức với điểm ngắn mạch chọn phải có được dòng ngắn mạch lớn nhất đi qua thiết bị).

Ngoài ra các thiết bị lựa chọn cần phải thỏa mãn các yêu cầu hợp lý về kinh tế.

7.2. Tính toán ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện

Ngắn mạch là sự chạm chập giữa các pha với nhau hoặc giữa các pha với đất hay dây trung tính. Mạng có trung tính không trực tiếp nối đất (hoặc nối đất qua thiết bị bù) khi có chạm đất một pha thì dòng điện ngắn mạch là dòng điện điện dung của các pha đối với đất tạo nên.

Khi xuất hiện ngắn mạch tổng trở của mạch trong hệ thống giảm xuống (mức độ giảm phụ thuộc vào vị trí của điểm ngắn mạch trong hệ thống) → dòng ngắn mạch trong các nhánh riêng lẻ của hệ thống tăng lên so với các dòng điện ở chế độ làm việc bình thường. Gây nên sự giảm áp trong hệ thống (sự giảm này càng nhiều khi càng gần vị trí ngắn mạch).

Thông thường ở chỗ ngắn mạch có một điện trở quá độ nào đó (điện trở hồ quang, điện trở của các phần tử ngang theo đường đi của dòng điện từ pha này tới pha khác hoặc từ pha tới đất). Trong nhiều trường hợp điện trở này có trị số rất nhỏ mà thực tế có thể bỏ qua được. Những loại ngắn mạch như vậy gọi là ngắn mạch có tính chất kim loại (ngắn mạch trực tiếp). Dòng ngắn mạch có tính chất kim loại lớn hơn khi có điện trở quá độ. Vì vậy khi cần tìm giá trị lớn nhất có thể của dòng ngắn mạch ta coi rằng chỗ ngắn mạch không có điện trở quá độ.

Nội dung tính toán ngắn mạch: nhằm xác định các đại lượng sau:

I'' - Giá trị ban đầu của thành phần chu kỳ, gọi là dòng ngắn mạch siêu quá độ.

i_{xk} - Dòng điện xung kích (trị số cực đại của dòng ng.m. toàn phần). Giá trị này cần thiết cho việc chọn thiết bị, thanh góp, sứ.. (kiểm tra ổn định động của thiết bị).

I_{xk} - Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích (tức giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch toàn phần trong chu kỳ đầu), dùng vào việc kiểm tra thiết bị điện về ổn định lực điện động ở chu kỳ đầu.

$I_{0,2}$ - Trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ sau 0,2 giây $\rightarrow$ kiểm tra khả năng cắt của máy cắt.

I_{∞} - Trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ lúc ổn định (lúc $t = \infty$), dùng để kiểm tra ổn định nhiệt của các thiết bị, thanh cái, sứ xuyên ...

$S_{0,2}$ - Công suất ngắn mạch ở thời điểm $t = 0,2$ giây, dùng để kiểm tra khả năng cắt của máy cắt.

t_N - Thời gian xảy ra ngắn mạch:

$$t_N = t_{bv} + t_{MC}$$

Trong đó: t_{bv} - thời gian tác động của thiết bị bảo vệ.

t_{MC} - thời gian làm việc của máy cắt.

t_{qd} - Thời gian qui đổi. Là khoảng thời gian cần thiết để dòng ngắn mạch xác lập phát ra một lượng nhiệt đúng bằng lượng nhiệt do dòng ngắn mạch thực tế gây ra trong thời gian t_N .

$$t_{qd} = t_{qdck} + t_{qdkck}$$

Trong đó: t_{qdck} - thời gian qui đổi của thành phần chu kỳ.

t_{qdkck} - thời gian qui đổi của thành phần không chu kỳ.

Xác định t_{qdck} :

+ Khi $t_N < 5$ giây được xác định theo đường cong $t_{qdck} = f(\beta'')$.

Trong đó $\beta'' = I''/I_{\infty}$.

+ Khi $t_N > 5$ giây $t_{qdck} = t_{qdck5} + (t_N - 5)$.

Xác định t_{qdkck} :

+ Khi $t_N \geq 1,5.T \rightarrow t_{qdkck} \approx 0,005.(\beta'')^2$

+ Khi $t_N < 1,5.T \rightarrow t_{qdkck} = T. (\beta'')^2. (1 - e^{-2t/T})$

Trong đó: T - là hằng số thời gian. $T = \frac{X}{314.R}$

+ Khi $t_N > 20.T$ hoặc $t_N > 20$ giây giá trị của t_{qdkck} có thể bỏ qua.

Nguyên nhân và hậu quả của ngắn mạch:

Nguyên nhân: chủ yếu là do cách điện bị hư hỏng, ngoài ra còn một số nguyên nhân khác như:

+ Sét đánh trực tiếp.

- + Quá điện áp nội bộ.
- + Cách điện bị già cỗi (do thời gian sử dụng quá lớn).
- + Trông nom, bảo dưỡng thiết bị không chu đáo.
- + Các nguyên nhân cơ học trực tiếp như đào đất chạm phải dây cáp, thả điều, chim đậu, cây đổ .. hoặc do thao tác sai của nhân viên vận hành.

Hậu quả:

- + Làm I tăng dẫn đến phát nóng cục bộ tại nơi có I đi qua
- + Gây hiệu ứng cơ giới giữa các dây dẫn, i_{xk} có thể làm hỏng các khí cụ điện, vỡ sứ.
- + Khi có ngắn mạch U giảm xuống thấp $\rightarrow$ động cơ ngừng quay $\rightarrow$ ngừng trệ hoặc hỏng sản phẩm, cháy động cơ, không khởi động được.
- + Có thể phá hoại sự ổn định của hệ thống.
- + Ngắn mạch hai pha hoặc một pha chạm đất còn gây ra dòng thứ tự không làm nhiễu loạn đường dây thông tin và tín hiệu đường sắt ở gần.
- + Cung cấp điện bị gián đoạn.

Biện pháp hạn chế:

- + Dùng sơ đồ nối dây hợp lý, đơn giản, rõ ràng ít gây nhầm lẫn. Khi có sự cố chỉ có phần tử sự cố bị cắt, các phần tử khác vẫn phải được làm việc bình thường.
- + Các thiết bị và bộ phận có dòng ngắn mạch đi qua phải được chọn để có khả năng chịu được tác dụng nhiệt và cơ của dòng ngắn mạch
- + Dùng các biện pháp hạn chế dòng ngắn mạch (dùng kháng điện).
- + Dùng các thiết bị tự động và biện pháp bảo vệ ngắn mạch và quá điện áp.

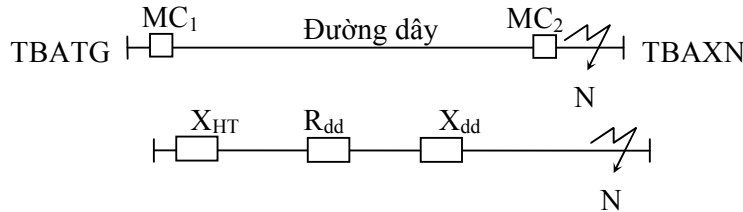
Ý nghĩa của việc tính toán ngắn mạch và các yêu cầu:

- + Thành lập và lựa chọn phương án xây dựng sơ đồ cung cấp điện hợp lý nhất.
- + Xác định các điều kiện làm việc của các hộ tiêu thụ ở các chế độ sự cố.
- + Chọn các biện pháp hạn chế dòng ngắn mạch.
- + Chọn khí cụ điện, thanh cái, sứ, cáp lực...
- + Xác định ảnh hưởng của các đường dây truyền tải điện tới các đường dây thông tin, tín hiệu khác.
- + Thiết kế và hiệu chỉnh các bảo vệ rơ-le và tự động hoá.
- + Thiết kế nối đất bảo vệ.
- + Lựa chọn các đặc tính của chông sét (bảo vệ quá điện áp khí quyển).
- + Đánh giá và xác định các tham số của các thiết bị dập tắt của máy điện đồng bộ.
- + Đánh giá hệ thống kích từ của các máy điện đồng bộ.
- + Tiến hành các thử nghiệm khác.
- + Phân tích các sự cố xảy ra.

Việc tính toán lựa chọn thiết bị và các khí cụ điện đòi hỏi độ chính xác không cao, còn khi tính toán bảo vệ rơ-le và tự động hoá đòi hỏi độ chính xác cao hơn.

7.2.1. Tính toán ngắn mạch phía trung áp

Vì không biết kết cấu lưới điện quốc gia cho nên không thể tính được tổng trở của hệ thống điện nên cho phép tính gần đúng điện kháng của hệ thống điện thông qua công suất ngắn mạch của máy cắt đầu nguồn và coi hệ thống có công suất vô cùng lớn.



$$\text{Điện kháng của hệ thống: } X_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_{cdm}} \quad (7.1)$$

$U_{tb} = 1,05 \cdot U_{dm}$ - điện áp trung bình của lưới điện, kV

$S_{cdm} = \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot I_{cdm}$ - công suất cắt định mức của máy cắt đầu nguồn đặt tại TBA trung gian cấp cho điểm ngắn mạch, MVA

U_{dm}, I_{cdm} - điện áp và dòng điện cắt định mức của máy cắt

$$R_{dd} = r_0 \cdot l; X_{dd} = x_0 \cdot l \quad (7.2)$$

l - chiều dài đường dây, km.

r_0, x_0 - điện trở và điện kháng trên một đơn vị chiều dài, Ω/km .

Do ngắn mạch ở xa nguồn nên dòng điện ngắn mạch siêu quá độ bằng dòng điện ngắn mạch ổn định

$$I_N = I_{\infty} = I'' = \frac{U_{tb}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}} \quad (7.3)$$

Z_{Σ} - tổng trở từ hệ thống tới điểm ngắn mạch, Ω .

U - điện áp đường dây, kV.

$$\text{Dòng điện ngắn mạch xung kích: } i_{xk} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_N \quad (7.4)$$

I_N và i_{xk} dùng để kiểm tra khả năng ổn định nhiệt và ổn định động của thiết bị điện trong trạng thái ngắn mạch.

7.2.2. Tính toán ngắn mạch phía hạ áp

Ngắn mạch hạ áp là ngắn mạch xa nguồn. Để tính toán ngắn mạch hạ áp cho phép coi TBA phân phối là nguồn

Tổng trở của máy biến áp

$$Z_B = R_B + jX_B = \frac{\Delta P_N \cdot U_{dm}^2}{S_{dmB}^2} \cdot 10^6 + j \frac{U_N \% \cdot U_{dm}^2}{S_{dmB}} \cdot 10^4, m\Omega \quad (7.5)$$

ΔP_N (kW); S_{dmB} (kVA); U_{dmB} (kV)

$$\text{Dòng điện ngắn mạch: } I_N = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_N} \quad (7.6)$$

Z_N - tổng trở từ máy biến áp phân phối đến điểm ngắn mạch.

$$\text{Dòng điện xung kích: } i_{xk} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot I_N \quad (7.7)$$

7.3. Lựa chọn thiết bị và các tham số theo điều kiện làm việc lâu dài

7.3.1. Chọn theo điện áp định mức

Điện áp định mức của thiết bị cho trên nhãn máy phù hợp với mức cách điện của nó và có một mức dư nào đó về độ bền, cho phép thiết bị làm việc lâu dài ở điện áp cao hơn định mức 10÷15 % (gọi là điện áp làm việc cực đại của thiết bị). Vì độ lệch điện áp trong điều kiện làm việc bình thường không vượt quá 10÷15 % định mức nên khi lựa chọn các thiết bị theo điều kiện điện áp cần phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$U_{dm\ m} \leq U_{dm\ tb} \quad (7.8)$$

$U_{dm\ m}$ - điện áp định mức của mạng mà thiết bị mắc vào.

$U_{dm\ tb}$ - điện áp định mức của thiết bị do nhà máy chế tạo cho trong lý lịch, hoặc ghi trên nhãn máy. Thực tế vận hành điện áp lưới dao động nên ta có:

$$U_{dm\ tb} + \Delta U_{dm\ tb} \geq U_{dm\ m} + \Delta U_m \quad (7.9)$$

$\Delta U_{dm\ tb}$ - độ tăng điện áp cho phép của thiết bị.

ΔU_m - độ lệch điện áp có thể có của mạng khi làm việc so với định mức trong điều kiện vận hành.

Mức tăng điện áp cho phép của một số thiết bị:

+ Cáp điện	1,1	+ Điện kháng	1,1
+ Sứ	1,15	+ Biến dòng điện	1,1
+ Dao cách ly	1,15	+ BA đo lường	1,1
+ Máy cắt điện	1,15	+ Cầu chì	1,1
+ Chống sét	1,25		

- Việc tăng độ cao lắp đặt TB so với mặt nước biển dẫn tới sự giảm điện áp cho phép.
- Mức tăng điện áp so với điện áp định mức vừa nêu trên chỉ cho phép khi thiết bị được lắp đặt ở độ cao dưới 1000 m so với mặt nước biển. Nếu độ cao nơi lắp đặt cao hơn phải giảm bớt không được quá U_{dm} .

7.3.2. Chọn theo dòng điện định mức

Dòng điện định mức là dòng điện có thể chạy qua thiết bị trong thời gian lâu dài ở nhiệt độ định mức của môi trường. Lúc đó nhiệt độ của phần tử bị đốt nóng nhất của thiết bị không vượt quá giá trị cho phép lâu dài.

Việc chọn đúng theo dòng định mức đảm bảo không xảy ra quá đốt nóng nguy hiểm cho các phần của thiết bị khi làm việc lâu dài ở chế độ định mức. Dòng điện làm việc cực đại của mạng $I_{lv\max}$ không được vượt quá dòng định mức của thiết bị

$$I_{lvmax} \leq I_{dmtb} \quad (7.10)$$

Dòng điện làm việc cực đại xuất hiện khi:

- + Mạch các đường dây làm việc song song khi cắt đi một đường dây.
- + Mạch máy biến áp khi sử dụng khả năng quá tải của chúng.
- + Các đường cáp không dự trữ khi sử dụng khả năng quá tải của chúng.
- + Các máy phát điện, khi làm việc với công suất định mức và điện áp giảm 5% so với định mức.

Nhiệt độ môi trường xung quanh thiết bị thường lấy 35°C . Khi nhiệt độ ở nơi lắp đặt lớn hơn khi đó cần hiệu chỉnh lại dòng định mức.

$$I_{\theta} = I_{dmtb} \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{kk}}{\theta_{cp} - 35}} \quad (7.11)$$

θ_{cp} - nhiệt độ lớn nhất cho phép của thiết bị.

θ_{kk} - nhiệt độ không khí nơi lắp đặt.

Trường hợp $\theta_{kk} < 35^{\circ}\text{C}$ thì dòng cho phép có thể lớn I_{dm} . “Cứ mỗi độ giảm của môi trường xung quanh so với 35°C thì cho phép tăng dòng điện lớn hơn là $0,005I_{dmtb}$ nhưng tổng cộng không được vượt quá $0,2I_{dmtb}$.”

7.4. Kiểm tra các thiết bị điện

Các thiết bị điện và các trang bị dẫn điện được chọn theo các điều kiện định mức cần phải kiểm tra về ổn định nhiệt và ổn định lực điện động khi có ngắn mạch. Các thiết bị cắt ngoài các điều kiện trên còn phải kiểm tra cả khả năng cắt với các dòng ngắn mạch.

7.4.1. Kiểm tra ổn định lực điện động

Phải được kiểm tra với dòng ngắn mạch lớn nhất (có thể là ngắn mạch 3 pha hoặc ngắn mạch 1 pha).

- + Mạng có trung tính cách đất 1÷35 kV ngắn mạch 3 pha là lớn nhất.
- + Mạng 110 kV và lớn hơn với trung tính trực tiếp nối đất dạng ngắn mạch lớn nhất có thể là 3 pha, nhưng cũng có thể là ngắn mạch 1 pha, tùy thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch. Khi kiểm tra ổn định lực điện động với thiết bị phải thỏa mãn điều kiện:

$$i_{dmôdd} \geq i_{xktt} \quad (7.12)$$

$i_{dmôdd}$ - biên độ của dòng điện cực đại cho phép đặc trưng cho sự ổn định động của thiết bị.

i_{xktt} - biên độ của dòng ngắn mạch xung kích.

7.4.2. Kiểm tra ổn định nhiệt

Dây dẫn và các thiết bị khi ngắn mạch không được phát nóng quá nhiệt độ cực đại theo các tiêu chuẩn qui định đối với đốt nóng ngắn hạn khi có dòng ngắn mạch chạy qua. Phải thỏa mãn 1 trong 3 điều kiện:

$$\begin{aligned}
I_{dm\acute{o}dn}^2 \cdot t_{dm\acute{o}dn} &\geq B_N \\
I_{dm\acute{o}dn}^2 \cdot t_{dm\acute{o}dn} &\geq I_{\infty}^2 \cdot t_{gt} \\
I_{dm\acute{o}dn} &\geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{\acute{o}dn}}}
\end{aligned}
\tag{7.13}$$

$I_{dm\acute{o}dn}$ - dòng ổn định nhiệt định mức để cho thiết bị có thể duy trì được trong khoảng thời gian $t_{dm\acute{o}dn}$ (số liệu do nhà máy chế tạo cho).

B_N - Trị số xung nhiệt đặc trưng cho nhiệt lượng phát sinh trong thiết bị trong thời gian tác động của dòng ngắn mạch, xác định theo tính toán.

I_{∞} - Dòng ngắn mạch xác lập trong mạch của TB được chọn, xác định theo tính toán.

t_{gt} - Thời gian tác động qui đổi (giả thiết) của dòng ngắn mạch, xác định theo tính toán. Khi kiểm tra ổn định nhiệt, thời gian tác động tính toán của dòng ngắn mạch được xác định bằng tổng thời gian tác động của bảo vệ chính đặt ở máy gần chỗ sự cố và thời gian tác động toàn phần của máy cắt đó.

Trong các lý lịch máy nhà chế tạo cho biết giá trị $I_{dm\acute{o}dn}$ đối với thời gian 5 hay 10 giây. Từ đó để kiểm tra các thiết bị cần phải xác định các giá trị của các đại lượng B_N ; t_{gt} , I_{∞} .

Việc xác định chính xác trị số xung nhiệt của dòng ngắn mạch bằng giải tích.

$$B_N = \int_0^t i_N^2 dt \tag{7.14}$$

B_N - Xác định theo (s) gặp nhiều khó khăn vì i_N trong quá trình quá độ là biến đổi theo các qui luật rất phức tạp. B_N có thể xác định được một cách gần đúng nếu biết trị số của dòng ngắn mạch ở một vài thời điểm của quá trình quá độ. Với các máy phát nhỏ hơn 150 MW. B_N có thể xác định gần đúng nhờ các đường cong tính toán.

Trình tự:

- Nhờ đường cong ta có thể xác định được thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch tại các thời điểm (kể từ $t = 0$ đến $t = t_c$ (thời điểm dòng ngắn mạch được cắt ra)). I_0 (I''); I_{01} ; I_{02} ; I_{03} ; I_t . Với thời điểm đầu tiên phải tính đến cả thành phần không chu kỳ, tức phải tính với giá trị hiệu dụng lớn nhất của dòng ngắn mạch toàn phần.

$$I_{xk} = k_{xk} \cdot I''$$

- Với mỗi đoạn (khoảng thời gian) ta xác định được giá trị bình phương của dòng quân phương.

$$I_{qp1}^2 = \frac{I_0^2 + I_{01}^2}{2}; I_{qp2}^2 = \frac{I_{01}^2 + I_{02}^2}{2}; \dots$$

- B_N - được tính theo công thức:

$$B_N = \sum_1^n I_{qpi}^2 \cdot \Delta t_i$$

I_{qpi} - dòng quân phương ở khoảng thời gian i .

Δt_i - độ dài của khoảng thời gian thứ i .

n - số khoảng thời gian.

• Khi ngắn mạch ở xa nguồn, thành phần dòng chu kỳ coi như không đổi, và với $t \geq 0,2$ giây thì B_N tính theo.

$$B_N \approx I'^2(t + T_a)$$

T_a - thời gian tắt dần của thành phần không chu kỳ, thường lấy bằng $T_a = 0,05$ giây.

Thời gian giả thiết: là thời gian cần thiết để dòng ngắn mạch ổn định gây nên được một hiệu ứng nhiệt đúng như dòng ngắn mạch thực tế biến thiên gây ra trong thời gian thực tế t_c .

$$t_{gt} = t_{gtck} + t_{gtkck}$$

t_{gtck} - thời gian giả thiết với thành phần chu kỳ.

Thường được xác định theo thời gian thực t_c và tỷ số giữa dòng siêu quá độ ban đầu và dòng ngắn mạch ổn định $\beta'' = I'/I_\infty$ (tức $t_{gtck} = f(t_c, \beta'')$).

Khi coi nguồn có công suất vô cùng lớn: $t_{gtck} = t_c$

t_{gtkck} - thời gian giả thiết với thành phần không chu kỳ.

Thường được xác định gần đúng theo:

$$t_{gtkck} \approx 0,005\beta''^2$$

Khi $t_c > 1$ giây thì $t_{gtkck} = 0$ (có thể bỏ qua)

7.5. Lựa chọn máy cắt điện

7.5.1. Nhiệm vụ

Là thiết bị dùng đóng cắt dòng điện phụ tải và dòng ngắn mạch ở mạng cao áp (>1000 V). Máy cắt (MC) làm việc tin cậy, giá thành cao, được dùng ở những nơi quan trọng. Có thể được phân loại theo nhiều cách:

+ Theo phương pháp dập hồ quang: MC ít, nhiều dầu; MC không khí, khí nén; MC chân không, tự sinh khí...

+ Theo tốc độ cắt: MC nhanh; vừa; chậm.

+ Theo hoàn cảnh làm việc: trong nhà, ngoài trời hoặc điều kiện đặc biệt.

Việc chọn máy cắt phải đảm bảo các điều kiện về U_{dm} , I_{dm} về kiểu loại, về hình thức lắp đặt phù hợp với các chỉ tiêu kỹ thuật.

7.5.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt

Bảng 7.1

Đại lượng lựa chọn và kiểm tra	Ký hiệu	Công thức tính toán
1. Điện áp định mức, kV	U_{dmMC}	$U_{dmMC} \geq U_{dmm}$
2. Dòng điện định mức, A	I_{dmMC}	$I_{dmMC} \geq I_{lvmax}$
3. Dòng cắt định mức, kA	$I_{dmcát}$	$I_{dmcát} \geq I''$
4. Công suất cắt định mức, MVA	$S_{dmcát}$	$S_{dmcát} \geq S_N''$

5. Dòng điện ổn định lực điện động, kA	$i_{dm\ddot{o}dd}$	$i_{dm\ddot{o}dd} \geq i_{xktt}$
6. Dòng ổn định nhiệt trong thời gian $t_{\ddot{o}dn}$, kA	$i_{dm\ddot{o}dn}$	$I_{dm\ddot{o}dn} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{gt}}{t_{\ddot{o}dn}}}$

7.6. Chọn và kiểm tra máy cắt phụ tải

7.6.1. Nhiệm vụ

Là thiết bị đơn giản và rẻ tiền hơn máy cắt. Nó gồm hai bộ phận hợp thành: bộ phận đóng cắt (điều khiển bằng tay) và cầu chì. Vì bộ phận dập hồ quang đơn giản nên chỉ đóng cắt được dòng điện phụ tải, không cắt được dòng điện ngắn mạch. Để cắt dòng ngắn mạch, trong máy cắt phụ tải người ta dùng cầu chì. Cầu chì có thể chọn với giá trị khác nhau, ví dụ: 100; 200; ...400 A. Thiết bị được tính với giá trị dòng điện định mức của cầu chì. Do có cấu tạo đơn giản và rẻ tiền, nhưng không làm việc chắc chắn bằng máy cắt. Nên chỉ được sử dụng ở nơi không quan trọng (trạm biến áp phân xưởng) và mới chỉ được chế tạo ở cấp điện áp trung áp.

7.6.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra

Như máy cắt theo mục 1, 2, 5, 6. (mục 3, 4 có thể dùng để kiểm tra cầu chì).

7.7. Chọn và kiểm tra dao cách ly

7.7.1. Nhiệm vụ

Cách ly các bộ phận hoặc thiết bị cần sửa chữa ra khỏi mạng đang có điện áp để tiến hành sửa chữa, bảo dưỡng. Cầu dao cách ly có thể tạo ra một khoảng cách trông thấy, khiến cho công nhân sửa chữa an tâm khi làm việc. Vì vậy ở nơi cần sửa chữa luôn nên đặt cầu dao cách ly ngoài các thiết bị đóng cắt khác.

Dao cách ly không có bộ phận dập hồ quang nên nó không cắt được dòng điện phụ tải, vì vậy chỉ được phép cắt dòng điện không tải của các máy biến áp với điều kiện là công suất của các máy đó không vượt quá những giới hạn qui định tùy theo cấp điện áp định mức của máy, ví dụ: cấp 10 kV dao cách ly được phép cắt dòng không tải của máy biến áp tới 750 kVA. Cấp 35 kV có thể cắt dòng không tải của máy biến áp tới 2000 kVA... Dao cách ly được chế tạo ở tất cả các cấp điện áp.

- + Theo vị trí đặt có thể chia ra: loại trong nhà, loại ngoài trời.
- + Theo số pha có thể có loại 1 pha, loại 3 pha.
- + Theo cách thao tác: loại thao tác bằng tay, loại thao tác bằng điện.

7.7.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra: theo bảng 7.1 các điều kiện 1; 2; 5; 6.

7.8. Chọn và kiểm tra cầu chì

7.8.1. Nhiệm vụ

Là thiết bị bảo vệ ngắn mạch cắt nhanh ($t_{\text{cắt}} = 0,008$ s). cấu tạo đơn giản rẻ tiền, kích thước nhỏ, được dùng phổ biến. Do đặc tính làm việc không ổn định nên chọn không đúng thì làm việc không chính xác.

Cấu tạo: có 2 phần vỏ và dây chảy. Trong vỏ có các bộ phận dập hồ quang được chế tạo theo nhiều kiểu loại, trong nhà, ngoài trời..).

+ Đường dây có nhiều cấp bảo vệ phải chú ý đảm bảo điều kiện cắt chọn lọc (cầu chì cấp trên phải làm việc sau cầu chì cấp dưới).

+ Tùy theo phụ tải chọn dây chảy thích hợp. Vì với một vỏ cầu chì có thể lắp được nhiều dây chảy khác nhau, nên khi chọn cầu chì phải đảm bảo:

$$I_{dc} \leq I_{vỏ} \quad (7.15)$$

$I_{vỏ}$ -tức dòng định mức của các bộ phận dẫn điện gắn trên vỏ cầu chì (đầu tiếp xúc).

Cầu chì không những phải chịu được dòng điện định mức của mạng mà còn phải chịu được các dòng đỉnh nhọn khi đang cắt máy biến áp không tải hoặc khi đóng cắt tụ vào mạng, khi mở máy các động cơ...

$$I_{dc} = \frac{I_{dn}}{\alpha} \quad (7.16)$$

$$I_{dc1} < I_{dc2} < I_{dc3} \dots \quad (7.17)$$

Hệ số α được đưa vào biểu thức nhằm chọn được I_{dc} nhỏ nhất mà cầu chì vẫn đảm bảo làm việc bình thường, tin cậy, đảm bảo độ nhạy.

α - được chọn theo tình hình cụ thể của phụ tải và phụ thuộc vào tình hình mang tải của nó. Nếu lúc khởi động động cơ đang mang tải nặng nề, thì quá độ khởi động sẽ tồn tại lâu hơn, hệ số này cần chọn nhỏ đi. Cụ thể qui định như sau đối với hệ số α :

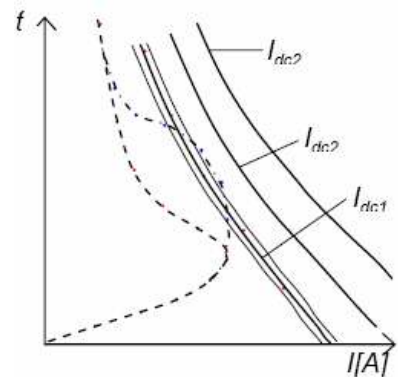
$\alpha = 2,5$ - với các động cơ không đồng bộ mở máy không tải.

$\alpha = 1,6 \div 2$ - với động cơ mở máy có tải.

$\alpha = 1,6$ - với động cơ mở máy nặng nề, với máy biến áp hàn...

Với các phụ tải không có dòng đỉnh nhọn xuất hiện (mạng chiếu sáng).Thì do đặc tính của cầu chì không ổn định, nên để đảm bảo cầu chì tồn tại lâu dài, không bị chảy.

$I_{dc} = 1,3 \cdot I_{dm}$ (I_{dm} - dòng định mức lâu dài của mạng).



7.8.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra cầu chì

1. Điện áp định mức $U_{dmcc} \geq U_{mạng}$
2. Dòng định mức dây chảy $I_{dmTB} \leq I_{dc} \leq I_{vỏ}$
3. Điều kiện mở máy $I_{dc} = \frac{I_{dn}}{\alpha}$
4. Điều kiện cắt chọn lọc $I_{dc1} > I_{dc2}$
5. Công suất cắt hoặc
dòng cắt định mức $S_{dmc} > S''_N$
 $I_{dmc} > I''_N$

7.9. Lựa chọn và kiểm tra sứ cách điện

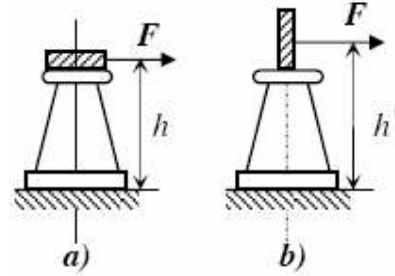
7.9.1. Nhiệm vụ

Sứ vừa có tác dụng làm giá đỡ các bộ phận mang điện vừa làm vật cách điện giữa các bộ phận đó với đất. Vì vậy sứ phải có đủ độ bền chịu đựng được lực điện động do dòng ngắn mạch gây ra, đồng thời phải chịu được điện áp của mạng, kể cả lúc quá điện áp. Thông thường có 2 loại chính: Sứ đỡ và sứ xuyên tường.

+ Sứ đỡ: được chọn và kiểm tra về tác động phá huỷ do dòng ngắn mạch xung kích.

Dạng trọng tải xấu nhất đối với sứ là trọng tải tạo lên momen uốn lớn nhất.

Lực F tác dụng uốn sứ và h là cánh tay đòn của lực F .



+ Khi kéo và nén sứ có ứng lực phá hoại lớn hơn nhiều khi uốn.

Để sứ làm việc an toàn với các lực, người ta qui định

$$F_{cp} = 0,6.F_{ph} \quad (7.18)$$

Trong đó: F_{cp} - ứng lực cho phép tác động lên sứ.

F_{ph} - lực phá hỏng.

0,6 - hệ số dự trữ.

+ Sứ xuyên: được chọn và kiểm tra về tác dụng lực điện động và tác dụng nhiệt của dòng ngắn mạch đối với phần dẫn điện của sứ.

+ Các sứ đầu ra đường dây: các sứ này được chọn và kiểm tra tương tự như sứ xuyên.

+ Khi chọn sứ cần kiểm tra các điều kiện lắp đặt thanh dẫn trên đỉnh sứ. Khi thanh dẫn đặt như hình b, phải hiệu chỉnh lực cho phép:

$$F'_{cp} = F_{cp} \frac{h}{h'} = F_{cp} \cdot k_h \quad (7.19)$$

$k_h = h/h'$ - hệ số hiệu chỉnh

F'_{cp} - lực cho phép hiệu chỉnh $F'_{cp} < F_{cp}$

7.9.2. Các điều kiện chọn và kiểm tra sứ

1. Điện áp định mức, kV $U_{dms} \geq U_{dmm}$
 2. Dòng định mức (sứ xuyên và sứ ra đầu đường dây) $I_{dms} \geq I_{lvmax}$
 3. Lực cho phép trên đỉnh sứ $F_{cp} \geq F_{tt}$
 4. Dòng ổn định nhiệt cho phép (sứ xuyên và đầu đường dây) $I_{dm\acute{o}dn} \geq I_{\infty}$
- F_{tt} – lực tính toán (lực điện động do dòng ngắn mạch 3 pha gây ra).

$$F_{tt} = 1,76 \cdot i_{xk}^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-2}, \text{ kG} \quad (7.20)$$

i_{xk} - trị số biên độ của dòng xung kích.

l - khoảng cách giữa hai sứ liên tiếp trên 1 pha.

a - khoảng cách giữa hai pha.

7.10. Chọn và kiểm tra máy biến dòng BI

7.10.1. Nhiệm vụ

Dùng để cung cấp dòng điện cho các mạch đo lường và bảo vệ. Phía thứ cấp của máy biến dòng nối với các cuộn dây dòng điện của dụng cụ đo và của rơle. Các cuộn dây này có điện trở rất bé, vì vậy trong trạng thái vận hành bình thường phía thứ cấp của máy biến dòng hầu như bị ngắn mạch. Dòng điện định mức thứ cấp I_2 của BI được qui định là 5A (để tiện cho việc tiêu chuẩn hoá thiết bị đo lường).

Để bảo đảm an toàn cho vận hành phía thứ cấp của BI phải được nối đất.

Chọn BI ngoài các điều kiện chung U_{dm} và I_{dm} phải chú ý đến cấp chính xác và kiểu loại.

7.10.2. Điều kiện chọn và kiểm tra máy biến dòng

1. Dòng định mức: $I_{dmBI} \geq I_{dmTB}$

2. Điện áp định mức $U_{dmBI} \geq U_{dm.m}$

3. Phụ tải thứ cấp $S_{2dmBI} \geq S_{2tt}$

4. Hệ số ổn định lực điện động $k_{\acute{o}dd} \geq \frac{i_{xk}}{\sqrt{2}I_{dmBI}}$

5. Lực cho phép trên đầu sứ BI $F_{cp} \geq 0,88 \cdot 10^{-2} \frac{i_{xk}^2 l}{a}$

6. Bội số ổn định nhiệt $k_{\acute{o}dn} \geq \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{gt}}}{I_{dmBI} \sqrt{t_{dm\acute{o}dn}}}$

Trong đó:

$k_{\acute{o}dd}$ - bội số dòng điện ổn định động, trị số này nhà máy cho sẵn.

a - khoảng cách giữa các pha.

l - khoảng cách từ máy biến dòng tới sứ đỡ gần nhất.

$k_{\acute{o}dn}$ - bội số ổn định nhiệt, trị số này do nhà chế tạo cho trước.

7.11. Chọn và kiểm tra máy biến điện áp BU

7.11.1. Nhiệm vụ

BU dùng để cung cấp điện cho các dụng cụ đo và rơle. Để tiêu chuẩn hoá các loại dụng cụ đo và rơle, người ta qui định điện áp định mức của thứ cấp của BU. $U_{2dm} = 100$ V (vừa có tác dụng cung cấp điện cho mạch đo lường và bảo vệ, lại vừa có tác dụng ngăn cách các dụng cụ đo và rơle tiếp xúc với điện áp cao, an toàn cho người vận hành, vì vậy phía thứ cấp của BU luôn luôn được nối đất).

7.11.2. Phân loại

- Theo phương pháp làm mát: Loại có dầu; loại khô dầu.

- Theo số pha: loại 1 pha; loại 3 pha; loại 3 pha năm trụ.

7.11.3. Điều kiện chọn và kiểm tra BU

+ BU được chọn theo U_{dm} ; cấp chính xác và sơ đồ nối dây.

+ Các điều kiện chọn và kiểm tra BU:

1. Điện áp định mức sơ cấp: $U_{dmBU} \geq U_{dmmạng}$

2. Kiểu và sơ đồ nối dây phụ thuộc vào việc sử dụng

3. Phụ tải pha S_{2dm} , kVA: $S_{2tt} \leq S_{2dmBU}$

4. Sai số $N \leq N_{cp}$

Chú ý: công suất định mức của máy biến áp là: công suất của tất cả 3 pha (với máy biến áp nối theo sơ đồ sao). Bảng 2 lần công suất của máy biến áp một pha đối với các máy biến điện áp một pha nối theo sơ đồ tam giác hở.

+ Tùy theo cách đấu dây của phụ tải mà công suất trên các pha tính khác nhau.

+ Tiết diện của dây dẫn và cấp cung cấp cho mạch điện áp của các công tơ, phải chọn sao cho tổn thất điện áp trong mạch không vượt quá 0,5 % điện áp định mức.

+ Việc kiểm tra về ổn định lực điện động và ổn định nhiệt với BU là không cần thiết.

+ Nếu cần kiểm tra cách điện của lưới 6, 10 kV, người ta thường dùng loại BU ba pha nằm trụ với cách nối Y/Y₀/tam giác hở. Phía thứ cấp của BU có 2 cuộn dây đấu sao và tam giác hở. Khi xảy ra ngắn mạch không đối xứng (1 hoặc 2 pha) ở 2 đầu dây cuộn tam giá hở xuất hiện điện áp, nhờ đó có thể kiểm tra cách điện của mạng.

7.12. Lựa chọn thanh dẫn điện: (thanh cái)

Nhiệm vụ: thường được dùng trong các xí nghiệp luyện kim đen và màu, các xí nghiệp hoá chất và một số xí nghiệp khác (nơi mà mật độ phụ tải cao). So với cáp, thanh dẫn có những ưu điểm: Độ tin cậy lớn; khả năng lắp đặt nhanh, dễ quan sát kiểm tra khi vận hành. Tất nhiên việc quyết định chọn phương án cấp điện theo mạng cáp hay thanh dẫn phải dựa trên việc so sánh kinh tế - kỹ thuật.

Tiết diện thanh dẫn được lựa chọn theo chỉ tiêu kinh tế, theo phát nóng hoặc theo tổn thất điện áp cho phép. sau đó phải kiểm tra ổn định nhiệt và ổn định lực điện động khi ngắn mạch hoặc khi khởi động động cơ lớn.

Lựa chọn thanh dẫn theo điều kiện phát nóng:

$$I_{lvmax} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{cp} \quad (7.21)$$

I_{lvmax} - dòng điện làm việc lâu dài đi qua thanh dẫn.

I_{cp} - dòng điện cho phép khi nhiệt độ môi trường xung quanh $+25^{\circ}\text{C}$ (tra bảng)

k_1 - hệ số hiệu chỉnh khi thanh nằm ngang ($k_1 = 0,95$)

k_2 - hệ số hiệu chỉnh khi sử dụng thanh dẫn nhiều cực.

k_3 - hệ số hiệu chỉnh khi nhiệt độ môi trường xung quanh $\neq 25^{\circ}\text{C}$.

Kiểm tra thanh dẫn theo điều kiện ổn định động do dòng ngắn mạch:

Khi xảy ra ngắn mạch trong thanh dẫn đặt gần nhau sẽ xuất hiện hiệu ứng lực làm cho thanh dẫn bị uốn. Yêu cầu ứng lực đó phải nhỏ hơn hay bằng lực uốn cho phép của thanh dẫn.

$$F_{tt} \leq F_{cp} \quad (7.22)$$

Trong đó: $F_{tt} = 1,76 \cdot i_{xk}^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-2}$, kG - ứng lực tính toán.

$$F_{cp} = \frac{10 \sigma_{cp} W}{l}, \text{ kG} - \text{ ứng lực cho phép khi thanh dẫn chịu uốn.}$$

σ_{cp} - ứng lực cho phép của vật liệu làm thanh dẫn, kG/cm².

W - momen chống uốn của thanh dẫn.

Kiểm tra thanh dẫn theo ổn định nhiệt:: tương tự như lõi cáp.

$$F = \alpha I_{\infty} \sqrt{t}$$

α - tra bảng = f (nhiệt độ giới hạn, vật liệu..).

7.13. Lựa chọn và kiểm tra thiết bị có điện áp đến 1000V

Các thiết bị ở mạng hạ áp như: Aptomat, công tắc tơ, cầu dao, cầu chì ... được lựa chọn theo điều kiện điện áp, dòng điện, kiểu loại và hoàn cảnh làm việc.

Khi công suất của máy biến áp hạ áp không quá 1000 kVA thì các thiết bị điện này không cần kiểm tra điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt vì các nhà sản xuất đã tính toán các thiết bị điện ở mạng hạ áp làm việc ổn định trong mạng do máy biến áp có S = 1000 kVA cung cấp.

Đối với aptomat và cầu chì phải kiểm tra khả năng cắt dòng điện ngắn mạch. Đối với aptomat cần phải chỉnh định mức cắt dòng điện quá tải.

Chương 8

TIẾT KIỂM ĐIỆN NĂNG

8.1. Những vấn đề chung

* Phân tích tổn thất điện năng trong hệ thống điện.

Mạng có điện áp	Tổn thất điện năng % của		
	Đường dây	Máy biến áp	Tổng
$U \geq 110\text{kV}$	13,3	12,4	25,7
$U = 35\text{kV}$	6,9	3,0	9,9
$U = 0,1 \div 10\text{kV}$	47,8	16,6	64,4

* Phân loại tổn thất: Tổn thất gồm 2 loại:

- Tổn thất kỹ thuật: là tổn thất sinh ra do tính chất vật lý của quá trình tải điện, tổn thất này phụ thuộc tính chất của dây dẫn và vật liệu cách điện điều kiện môi trường, dòng điện và điện áp.

- Tổn thất phụ thuộc vào dòng điện (phụ thuộc I^2): Tổn thất do phát nóng trên điện trở của máy phát; máy biến áp; dây dẫn → đây là thành phần tổn thất chính.
- Tổn thất phụ thuộc vào điện áp (U hoặc U^2): Tổn thất trong lõi máy biến áp; cuộn áp của công tơ điện; rò điện; vầng quang.

→ Tổn thất kỹ thuật không thể triệt tiêu được mà chỉ có thể hạn chế ở mức độ hợp lý hoặc cho phép.

- Tổn thất kinh doanh: (Tổn thất phi kỹ thuật)

- Điện năng tiêu dùng nhưng không đo được.
- Điện năng được đo nhưng không vào hoá đơn.
- Điện năng được vào hoá đơn nhưng không được trả tiền hoặc trả tiền chậm.

* Các biện pháp giảm tổn thất công suất và điện năng.

- Biện pháp đòi hỏi vốn đầu tư:

- + Nâng cao điện áp vận hành của lưới điện.
- + Bù kinh tế trong lưới phân phối trung áp bằng tụ điện.
- + Tăng tiết diện dây hiện có hoặc tăng thêm đường dây mới.
- + Hoàn thiện cấu trúc lưới để có thể vận hành với tổn thất nhỏ nhất.
- + Chọn đúng dây dẫn để giảm tổn thất vầng quang.
- + Cải tiến cấu trúc và vật liệu để sản xuất các thiết bị điện có tổn thất nhỏ (vật liệu siêu dẫn; cách điện chất lượng cao).
- + Áp dụng lưới điện sinh hoạt cho lưới hệ thống và hệ thống phân phối điện có điều kiện tự động cho lưới phân phối trung áp.

- Biện pháp không đòi hỏi vốn đầu tư:

- + Phân bố tối ưu công suất phản kháng trong hệ thống điện.
- + Vận hành kinh tế trạm biến áp có nhiều máy biến áp.
- + Vận hành kinh tế lưới trung; hạ áp nếu cấu trúc của chúng cho phép.
- + Chọn đúng công suất máy biến áp phù hợp với yêu cầu phụ tải.
- + Điều chỉnh đúng điện áp trong lưới điện; bảo quản tốt, tránh rò điện (sự cách điện).
- + Giảm độ không đối xứng trong lưới điện hạ áp.

Việc thực hiện các biện pháp tiết kiệm điện trong xí nghiệp công nghiệp có ý nghĩa rất quan trọng, không những có lợi cho bản thân các xí nghiệp mà còn có lợi chung cho nền kinh tế quốc dân.

* $\cos\varphi$ là một chỉ tiêu để đánh giá xí nghiệp dùng điện có hợp lý và tiết kiệm hay không. Ở nước ta, hệ số $\cos\varphi$ ở các xí nghiệp nói chung còn thấp (khoảng $0,6 \div 0,7$) $\rightarrow$ phần đầu (trên 0,9).

* Ý nghĩa của việc nâng cao $\cos\varphi$

- Những thiết bị tiêu thụ nhiều công suất phản kháng là:
 - + Động cơ không đồng bộ tiêu thụ khoảng $60 \div 65\%$ tổng công suất phản kháng của mạng.
 - + Máy biến áp tiêu thụ khoảng $20 \div 25\%$.
 - + Đường dây trên không, điện kháng và các thiết bị điện khác khoảng 10% .
- Công suất phản kháng cung cấp cho hộ dùng điện từ nguồn (máy phát điện) hoặc đặt gần hộ dùng điện các máy sinh ra Q (tụ điện, máy bù đồng bộ).

Để tránh truyền tải một lượng Q khá lớn trên đường dây, người ta dùng phương pháp 2, gọi là bù công suất phản kháng.

$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P} \quad (8.1)$$

Khi $P = \text{const}$; lượng Q truyền trên đường dây giảm xuống $\rightarrow$ Góc lệch pha (φ) giữa dòng điện và điện áp trong mạch giảm $\rightarrow \cos\varphi$ tăng

- Khi $\cos\varphi$ tăng $\rightarrow$ những hiệu quả sau:

$$+ \Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R = \frac{P^2}{U^2} \cdot R + \frac{Q^2}{U^2} \cdot R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)} \quad (8.2)$$

Q truyền tải trên đường dây giảm $\rightarrow$ giảm $\Delta P_{(Q)}$ $\rightarrow$ giảm tổn thất công suất trong mạng điện.

$$+ \Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U} = \frac{P \cdot R}{U} + \frac{Q \cdot X}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)} \quad (8.3)$$

Q truyền tải trên đường dây giảm $\rightarrow \Delta U_{(Q)}$ $\rightarrow$ giảm tổn thất điện áp trong mạng điện.

+ Tăng khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp.

Vì khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng tức là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng:

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (8.4)$$

Khi $I = \text{const}$; Q giảm $\rightarrow$ tăng khả năng truyền tải P

Ngoài ra, khi $\cos\varphi$ tăng $\rightarrow$ giảm được chi phí kim loại màu, góp phần làm ổn định điện áp, tăng khả năng phát điện của máy phát điện....

* Các biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$:

- Nâng cao $\cos\varphi$ tự nhiên.

+ Thay đổi và cải tiến qui trình công nghệ để các thiết bị điện làm việc ở chế độ hợp lý nhất.

+ Thay thế động cơ không đồng bộ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn.

+ Hạn chế động cơ chạy không tải.

+ Dùng động cơ đồng bộ thay cho động cơ không đồng bộ.

+ Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ.

+ Thay thế những máy biến áp làm việc non tải bằng những máy biến áp có dung lượng nhỏ hơn.

- Nâng cao $\cos\varphi$ bằng phương pháp bù:

+ Tụ điện tĩnh:

Ưu điểm: Có thể chia thành các bộ nhỏ đặt ở vị trí cần thiết; tổn thất ΔP trong tụ điện tĩnh nhỏ hơn nhiều máy đồng bộ:

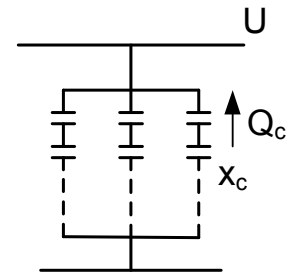
$$\Delta P \approx (0,3 \div 0,5)\%Q$$

Nhược điểm: Công suất phản kháng phát ra Q_{td} phụ thuộc vào điện áp của mạng ở điểm đặt tụ điện:

$$Q_{td} = \frac{U^2}{x_c}, \quad x_c - \text{trị số điện kháng của bộ tụ điện.}$$

Vì 1 lý do nào đó U giảm. Lúc đó Q_{td} phải tăng lên để giữ $U = \text{const}$. Nhưng ngược lại $Q_{td} \equiv U^2$, nên điện áp U càng giảm thấp. Tình trạng này kéo dài mãi có thể gây nên mất ổn định của phụ tải do hình thành “ thác” sụt điện áp.

Khắc phục: Khi U giảm một số tụ điện được đấu tắt để x_c giảm và Q_{td} tăng lên. Chú ý lúc đó các tụ điện vận hành bị quá tải về dòng điện; Ngoài ra có thể dùng máy bù đồng bộ để khắc phục

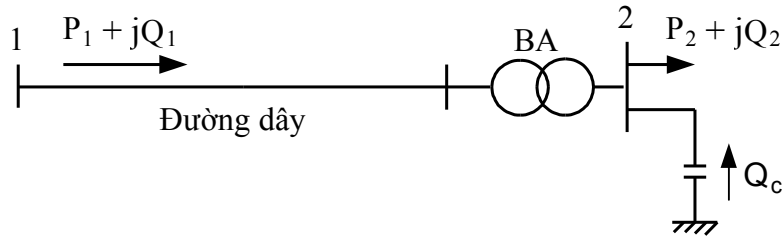


Tụ điện tĩnh không tiêu thụ được công suất phản kháng, mà điều này cần thiết trong một số tình trạng vận hành với phụ tải nhỏ nhất. Trong tình trạng đó: ΔU trên đường dây có thể rất bé, điện áp cuối đường dây tăng cao có thể vượt quá giới hạn, muốn giảm phải dùng thiết bị tiêu thụ công suất phản kháng.

+ Máy bù đồng bộ là loại động cơ đồng bộ chạy không tải tiêu thụ công suất tác dụng từ mạng điện và phát ra hoặc tiêu thụ công suất phản kháng tùy theo dòng điện kích từ đi vào rotor của nó.

8.2. Một số biện pháp bù

8.2.1. Bù theo điều kiện kinh tế: Để giảm tổn thất công suất và tổn thất điện năng. Bù kinh tế là để lấy lợi, nếu lợi thu được do bù lớn hơn chi phí đặt bù thì sẽ được thực hiện.



$$P_1 = P_2 + \Delta P_m$$

$$Q_1 = Q_2 + \Delta Q_m$$

ΔP_m ; ΔQ_m - tổn thất công suất trong mạng.

$$\Delta P_m = \frac{P_m^2 + Q_m^2}{U^2} (r_B + r_d); \quad \Delta Q_m = \frac{P_m^2 + Q_m^2}{U^2} (x_B + x_d) \quad (8.5)$$

P_m ; Q_m - công suất đi trong mạng.

Để giảm tổn thất điện năng: giảm dung lượng công suất phản kháng đi trên đường dây và trạm biến áp: có 2 cách.

- Giảm Q_2 ($P_2 = \text{const}$) tức là nâng cao $\cos \varphi$ của phụ tải.
- $Q_2 = \text{const}$ (tức là $\cos \varphi = \text{const}$) nhưng 1 phần công suất phản kháng Q_b được nhận từ thiết bị mà không nhận từ nguồn. Lúc đó công suất phản kháng đi trên đường dây và trạm biến áp là: $Q_m = Q_2 - Q_b$.

$$\Delta P_m = \frac{P_m^2 + (Q_2 - Q_b)^2}{U^2} (r_B + r_d) \quad (8.6)$$

Giảm tổn thất điện năng trong mạng ; $\cos \varphi$ của phụ tải không đổi ; $\cos \varphi$ của thanh cái 2 và trên đường dây tăng.

Giá trị Q_b bằng bao nhiêu là tốt nhất.

* Phương pháp tính toán:

$$\text{- Vốn đầu tư cho thiết bị bù: } Z_A = (a_{vh} + a_{tc}). K_b^0 \cdot Q_b \text{ [đồng]} \quad (8.7)$$

K_b^0 giá tiền 1 đơn vị dung lượng thiết bị bù. (đồng / kVAr)

- Tổng thất điện năng trong thiết bị bù được viết dưới dạng chi phí:

$$Z_2 = \Delta P^0 \cdot Q_b \cdot t \cdot C \text{ [đồng]} \quad (8.8)$$

ΔP^0 : suất tổn thất trong thiết bị bù tính theo phần trăm

t: thời gian thiết bị bù đấu vào mạng.

C: giá tiền 1 kWh tổn thất điện năng.

- Khi có Q_b , chi phí tổn thất điện năng trong mạng (do Q sinh ra).

$$Z_3 = \frac{(Q_2 - Q_b)^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau \cdot C \text{ [đồng]} \quad (8.9)$$

r: điện trở của đường dây và trạm biến áp.

τ : thời gian tổn thất công suất lớn nhất

Hàm chi phí tính toán tổng:

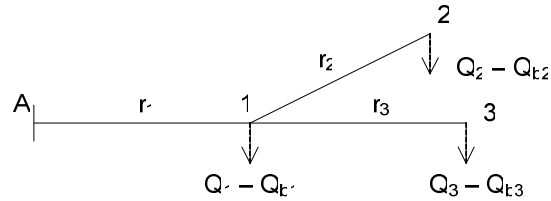
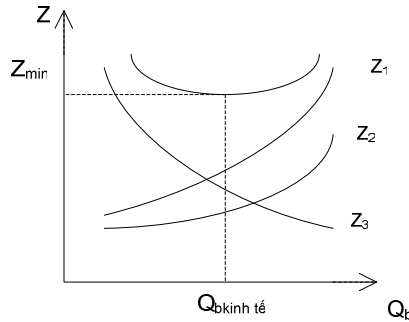
$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$= (a_{vh} + a_{tc}) \cdot K_b^0 \cdot Q_b + \Delta P^0 \cdot Q_b \cdot t \cdot C + \frac{(Q_2 - Q_b)^2}{U^2} \cdot r \cdot \tau \cdot C \rightarrow \min \quad (8.10)$$

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

$$\text{Hay } (a_{vh} + a_{tc}) \cdot K_b^0 + \Delta P^0 \cdot t \cdot C - \frac{r \cdot \tau \cdot C}{U^2} \cdot 2 \cdot (Q_2 - Q_b) = 0$$

→ Q_b cần tìm



Đối với mạng nhiều phụ tải:

$$Z_1 = (a_{vh} + a_{tc}) \cdot K_b^0 \cdot (Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3})$$

$$Z_2 = \Delta P^0 \cdot t \cdot C \cdot (Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3})$$

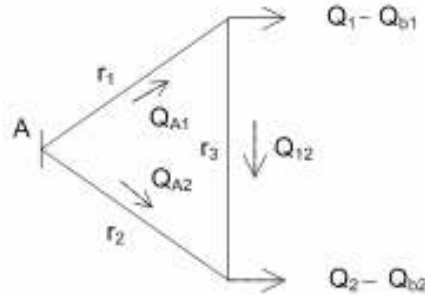
$$Z_3 = \left[\frac{(Q_3 - Q_{b3})^2}{U^2} r_3 + \frac{(Q_2 - Q_{b2})^2}{U^2} r_2 + \frac{[(Q_1 + Q_2 + Q_3) - (Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3})]^2}{U^2} r_1 \right] \cdot \tau \cdot C$$

$$\text{Lập } Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \rightarrow \min$$

$$\text{Giải hệ } \frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0; \frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 0; \frac{\partial Z}{\partial Q_{b3}} = 0 \quad \text{tìm được: } Q_{b1}; Q_{b2}; Q_{b3}$$

Nếu Q_b nào đó bằng 0 hoặc âm thì chứng tỏ điều kiện kinh tế tại phụ tải đó không cần đặt thiết bị bù. Lúc đó thay trị số $Q_b = 0$ vào hệ phương trình để tính các ẩn còn lại.

Đối với mạng kín:



$$Z_1 = (a_{vh} + a_{tc}).K_b^0.(Q_{b1} + Q_{b2})$$

$$Z_2 = \Delta P.t.C.(Q_{b1} + Q_{b2})$$

$$Z_3 = \left(\frac{Q_{A1}^2}{U^2}.r_1 + \frac{Q_{12}^2}{U^2}.r_3 + \frac{Q_{A2}^2}{U^2}.r_2 \right). \tau.C$$

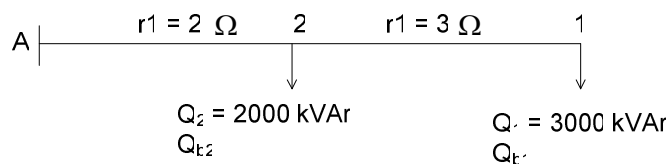
Trong đó: Q_{A1} ; Q_{A2} ; Q_{12} phụ thuộc vào: Q_1 ; Q_2 ; Q_{b1} ; Q_{b2} nghĩa là phải xác định sự phân bố công suất phản kháng trong mạng kín với 2 phụ tải là $(Q_1 - Q_{b1})$ và $(Q_2 - Q_{b2})$

$$\text{Ví dụ: } Q_{A1} = \frac{(Q_1 - Q_{b1})(r_3 + r_2) + (Q_2 - Q_{b2}).r_2}{r_1 + r_2 + r_3}$$

$$\text{Lập } Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \rightarrow \min$$

$$\text{Giải hệ } \frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0; \frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 0 \text{ tìm được } Q_{b1}; Q_{b2}$$

Ví dụ: Một đường dây 10kV cung cấp điện cho 2 phụ tải 1 và 2 trên đó cho công suất phản kháng tính toán và điện trở các đoạn:



Xác định dung lượng bù tụ điện tĩnh hợp lý về mặt kinh tế. Các số liệu cần thiết :

$$K_b^0 = 70 \text{ đ} / \text{kVar}$$

$$\Delta P^0 = 0,005 \text{ KW} / \text{kVar}$$

$$C = 0,1 \text{ đ} / \text{kWh}$$

$$a_{vh} = 0,1; \quad a_{tc} = 0,125$$

$$\tau = 2500 \text{ h}; \quad T_{\max} = 4500 \text{ h}$$

Giải

Thời gian đặt thiết bị bù rất khó xác định vì khi phụ tải nhỏ nhất thường cắt tụ điện khỏi mạng, vì vậy lấy gần đúng $t = T_{\max}$.

Hàm chi phí tính toán tổng

$$Z = (0,1 + 0,125).70.(Q_{b1} + Q_{b2}) + 0,1.0,005.(Q_{b1} + Q_{b2}). \\ \cdot 4500 + \frac{0,1.2500}{10^2} \left[(3000 - Q_{b1})^2 \cdot 3 + (5000 - Q_{b1} - Q_{b2})^2 \cdot 2 \right]$$

Giải hệ $\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0$; $\frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 0$

Tìm được : $Q_{b1} = 3000 \text{ kVAr}$

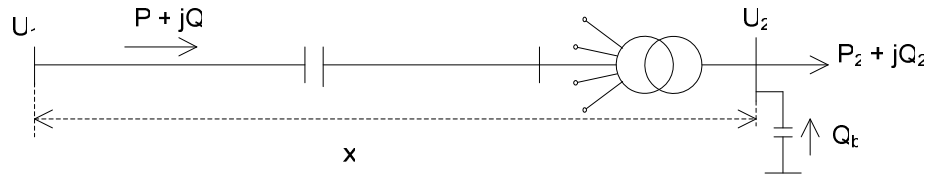
$Q_{b2} = -200 \text{ kVAr} < 0$; Thay $Q_{b2} = 0$ vào phương trình

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0 \rightarrow Q_{b1} = 2920 \text{ kVAr}$$

Như vậy, phải bù ở phụ tải 1 với dung lượng gần bằng công suất phản kháng lớn nhất của phụ tải.

8.2.2. Bù theo điều kiện điều chỉnh điện áp (Bù kỹ thuật)

Sơ đồ bù theo điều chỉnh điện áp:



$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

Với $\Delta U = \frac{P.r + Q.x}{U}$

Muốn điều chỉnh $\Delta U \rightarrow$ thay đổi Q hoặc x (thường không thay đổi r vì tiết diện đã chọn).

* *Bù ngang* (thay đổi luồng công suất phản kháng đi trên đường dây bằng cách đặt thiết bị bù tại phụ tải).

- Khi chưa đặt tụ điện : $U_2 = U_1 - \frac{P.r + Q.x}{U_{dm}}$ (8.11)

r, x - điện trở và điện kháng của đường dây và máy biến áp

- Khi đặt Q_b : $U_{2b} = U_1 - \frac{P.r + Q.x}{U_{dm}} + \frac{Q_b.x}{U_{2b}} = U_1 - \Delta U_b$ (8.12)

Lấy (8.12) – (8.11):

$$\Delta U_b = U_{2b} - U_2 = \frac{Q_b.x}{U_{2b}} \Rightarrow Q_b = \frac{U_{2b} - U_2}{x} \cdot U_{2b} = \frac{\Delta U_b}{x} \cdot U_{2b}$$
 (8.13)

So sánh: Công suất phản kháng giảm đi một lượng: $Q - Q_b$.

Tổn thất điện áp giảm đi: ΔU_b

Muốn chọn số lượng tụ điện, ta phải căn cứ vào số liệu của mỗi tụ điện và thông số của đường dây:

$$\text{Số tụ điện mắc nối tiếp: } n = \frac{U_{2b}}{U_c} \quad (8.14)$$

$$\text{điện mắc song song là: } m = \frac{I}{I_c} \quad (8.15)$$

I, I_c : dòng điện truyền tải của đường dây và dòng điện cho phép đi qua tụ điện.

Chú ý: khi bù kỹ thuật phải kết hợp với việc lựa chọn nấc điều chỉnh ở máy biến áp (U_{ba}) để dung lượng bù là bé nhất.

+ Khi phụ tải cực tiểu: điện áp đạt giá trị yêu cầu là nhờ nấc biến áp chọn hợp lý. (vì tụ điện đã được cắt ra).

+ Khi phụ tải cực đại: nâng $U_2 = U_{2b} = U_{\text{yêu cầu}}$ nhờ tụ điện.

* *Bù dọc:* (Thay đổi tham số x của đường dây bằng cách đặt tụ điện nối tiếp trên đường dây).

Tổn thất điện áp đường dây:



$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot [r \cdot \cos \varphi + (x - x_c) \sin \varphi] \quad (8.16)$$

Tổn thất điện áp phụ thuộc vào $\cos \varphi$ của đường dây.

+ Đối với mạng khu vực ($U = 110 \text{ kV}$ trở lên) vì công suất phản kháng tải trên đường dây rất ít (thường có đặt dung lượng bù theo điều kiện kinh tế), nghĩa là $\cos \varphi$ cao ($0,85 \div 0,9$) nên tác dụng bù dọc rất ít.

+ Đối với những đường dây tải điện đi xa ($220; 500 \text{ kV}$) thường đặt bù dọc nhưng không phải với mục đích giảm ΔU mà để giảm x chung của đường dây, nâng cao khả năng tải điện và tính ổn định của hệ thống.

+ Đối với mạng địa phương, nông nghiệp thường $\cos \varphi$ nhỏ ($0,7 \div 0,8$) nên bù dọc có giá trị rõ ràng.

Ngoài ra ΔU do bù dọc còn phụ thuộc vào dòng điện phụ tải. Khi phụ tải tăng (ví dụ khi khởi động động cơ) $\rightarrow I$ tăng mà $\cos \varphi$ bé $\rightarrow$ hiệu quả bù càng lớn.

$$\text{Khi chưa đặt bù dọc: } \Delta U\% = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U^2} \cdot 100 \quad (8.17)$$

$$\text{Khi có đặt bù dọc: } \Delta U'\% = \frac{P \cdot r + Q \cdot (x - x_b)}{U^2} \cdot 100 \quad (8.18)$$

Tổn thất điện áp giảm đi: $\Delta U_b \% = \Delta U \% - \Delta U' \% = \frac{Q \cdot x_b}{U^2} \cdot 100$ (8.19)

$$\rightarrow x_b = \frac{\Delta U_b \% \cdot U^2}{Q \cdot 100} = \frac{\Delta U_b \% \cdot U^2}{P \cdot \tan \varphi \cdot 100} \quad (8.20)$$

Đặt $K = \frac{x_b}{x}$ độ bù.

$$\Delta U \% = \frac{K \cdot P \cdot \tan \varphi \cdot x}{U^2} \cdot 100 \quad (8.21)$$

Khi $\cos \varphi = 1 \rightarrow$ bù dọc hoàn toàn không có tác dụng.

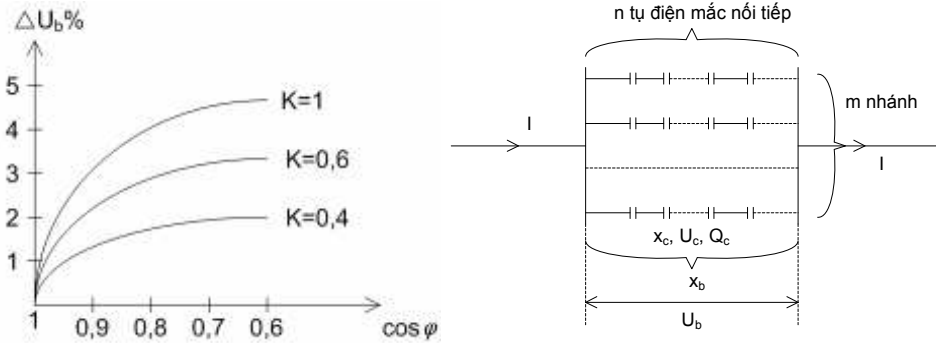
- Xác định dung lượng và số lượng tụ điện bù dọc

Điện áp mỗi pha đặt lên bộ tụ điện:

$$U_b = I \cdot x_b \quad (8.22)$$

Mỗi tụ điện có dung lượng Q_c ; dung kháng x_c và điện áp chịu được U_c .

$$Q_c = \frac{U_c^2}{x_c} ; I_c \cdot U_c = Q_c \quad (8.23)$$



Giả thiết đã biết phụ tải (dòng điện I) biết độ giảm tổn thất điện áp cần đạt được $\Delta U_b \%$.

$$n = \frac{U_b}{U_c} ; m = \frac{I}{I_c} \quad (8.24)$$

$\rightarrow n, m$ phải làm tròn số.

Dung lượng thực của bộ tụ điện trên 3 pha sẽ là:

$$Q_b = 3 \cdot m \cdot n \cdot Q_c \quad (8.25)$$

Dung kháng bù thực tế: $x_{bt} = \frac{n \cdot x_c}{m} = \frac{n}{m} \cdot \frac{U_c^2}{Q_c}$ (8.26)

Độ giảm tổn thất điện áp thực tế có giá trị:

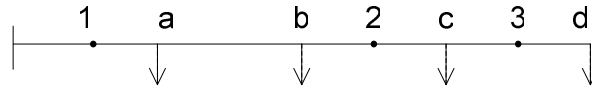
$$\Delta U_{bt} \% = \frac{P \cdot \tan \varphi \cdot x_{bt}}{U^2} \cdot 100 \quad (8.27)$$

- Vị trí đặt tụ bù dọc:

+ Trường hợp đường dây có một phụ tải nên đặt bộ tụ ở cuối đường dây vì khi đó ít xảy ra sự cố ngắn mạch → tránh dòng điện ngắn mạch lớn qua tụ điện (do tụ điện bù được chọn ở trạng thái vận hành bình thường).

+ Trường hợp phụ tải phân bố gần nhau, phải đặt bù dọc sao cho độ lệch điện áp ở các điểm trong phạm vi cho phép.

Ví dụ : Nếu đặt ở 1 thì điện áp ở phụ tải a và b có thể nâng cao quá cho phép; Nếu đặt ở 3 thì đối với phụ tải d là tốt, nhưng đối với phụ tải c không có lợi vì vậy nên đặt ở 2.



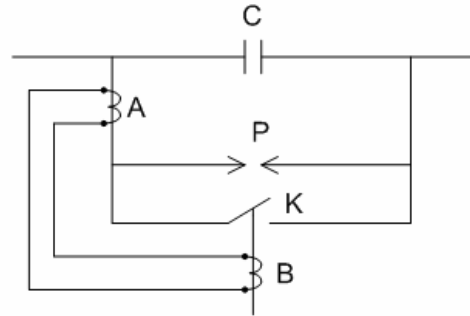
Sơ đồ bảo vệ bù dọc.

C: bộ tụ điện

P: khe hở phóng điện

K: công tắc bảo vệ

A, B cuộn dây điện từ



Ví dụ: Một đường dây điện áp 10 kV dài 15 km truyền tải công suất $S = 2000$ kVA; $\cos\varphi = 0,8$. tổn thất điện áp trên đường dây là 8% muốn giảm tổn thất điện áp xuống còn 4% người ta phải mắc tụ điện bù dọc. Xác định số lượng và dung lượng tụ bù.

Giải: Dòng điện truyền tải trên đường dây: $I = \frac{S}{\sqrt{3}.U} = \frac{2000}{\sqrt{3}.10} = 115,4 \text{ A}$

Lượng tổn thất điện áp cần bù: $\Delta U_b\% = \Delta U\% - \Delta U_{tb}\% = 8 - 4 = 4\%$

Điện kháng của bộ tụ điện bù:

$$x_b = \frac{\Delta U_b\%.U^2}{Q.100} = \frac{\Delta U_b\%.U^2}{P.\lg\varphi.100} = \frac{4.10^2.10^3}{2000.0.75.100} = 3,2\Omega$$

Điện áp mỗi pha đặt lên bộ tụ điện:

$$U_b = I.x_b = 115,4.3,2 = 369,7 \text{ V}$$

Căn cứ vào điện áp đặt lên tụ điện và dòng điện đi qua tụ → tra bảng chọn KM-525-9-3. Điện áp $U_c = 525 \text{ V}$; $Q_c = 9 \text{ kVAr}$; 3 pha.

Số tụ điện mắc nối tiếp và song song:

$$n = \frac{U_b}{U_c} = \frac{369,7}{525} = 0,706 \rightarrow \text{làm tròn lên } 1$$

$$m = \frac{I}{I_c} = \frac{115,4}{17,1} = 6,75 \rightarrow \text{làm tròn lên } 6$$

$$\text{Với } I_c = \frac{Q_c}{U_c} = \frac{9.10^3}{525} = 17,1 \text{ A}$$

Dung lượng bù tổng cộng: $Q_b = 3.m.n.Q_c = 3.1.6.9 = 162 \text{ kVAr}$

Điện kháng bù thực tế: $x_{bt} = n \cdot \frac{U_c^2}{m.Q_c} = 1 \cdot \frac{525^2}{6.9} = 5,1\Omega$

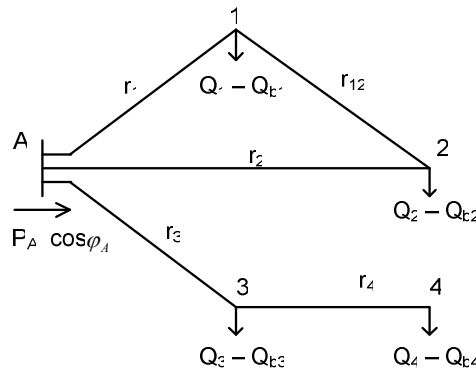
Tổn thất điện năng thực tế có giá trị:

$$\Delta U_{bt} \% = \frac{S \cdot \sin \varphi \cdot x_{bt} \cdot 100}{U^2} = \frac{2000 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 100}{10^2} = 6,12\%$$

8.2.3. Bù theo điều kiện công suất phản kháng trong mạng

Sau khi giải quyết 2 vấn đề trên, cần xét sự cân bằng công suất phản kháng trong mạng dựa vào trạng thái vận hành của nguồn đã xác định.

Bài toán đặt ra: tiết diện dây, phụ tải, vị trí, dung lượng bù kinh tế, bù điều chỉnh điện áp.



Từ công suất các phụ tải P_{pt} ; Q_{pt} (đã kể bù kinh tế và bù điều chỉnh điện áp) tính lên nguồn A được P_A yêu cầu và Q_A yêu cầu.

P_A yêu cầu lấy từ nguồn A và $\cos \varphi_A \rightarrow$ công suất phản kháng phát ra

$$Q_{AF} = P_A \cdot \tan \varphi_A \quad (8.28)$$

Nếu $Q_{Ayc} < Q_{AF} \rightarrow$ không cần đặt bù

Nếu $Q_{Ayc} > Q_{AF} \rightarrow$ phải đặt thiết bị bù theo điều kiện cân bằng công suất phản kháng.

$$\text{Dung lượng bù: } Q_{b\Sigma} = Q_{Ayc} - Q_{AF} \quad (8.29)$$

Vấn đề đặt ra: phân phối dung lượng bù ở các phụ tải sao cho hợp lý. Nghĩa là sao cho tổn thất điện năng nhỏ nhất.

$$\text{- Xác định } Q_{b1}; Q_{b2}; \dots Q_{bn} \text{ tại } n \text{ phụ tải với điều kiện: } \sum_1^n Q_{bi} = Q_{b\Sigma} \quad (8.30)$$

$$\text{Sao cho hàm mục tiêu: } Z = \sum_1^l \frac{Q_m^2}{U^2} \cdot r_m \rightarrow \min \quad (8.31)$$

($m = 1, 2, 3, \dots, l$ số nhánh trong mạng)

Q_m - công suất phản kháng đi trên các nhánh.

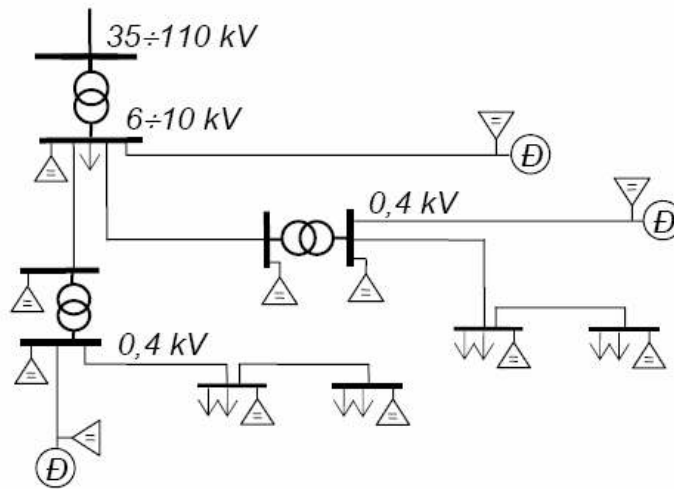
r_m : điện trở nhánh; U : điện áp mạng điện

$$\text{Giải hệ } \begin{cases} \frac{\partial Z}{\partial Q_{bi}} = 0; i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n Q_{bi} = Q_{b\Sigma} \\ Q_{bi} \geq 0 \end{cases} \quad (8.32)$$

Xác định các Q_{bi} nếu có $Q_{bk} < 0$, phải thay $Q_{bk} = 0$ vào các phương trình $\frac{\partial Z}{\partial Q_{bi(i \neq k)}} = 0$ giải lại

8.2.4. Bù trong lưới điện xí nghiệp

- Vị trí đặt thiết bị bù trong xí nghiệp:



+ Đặt tập trung: đặt ở thanh cái hạ áp trạm biến áp phân xưởng (0,4 kV) hoặc thanh cái trạm biến áp trung tâm (6 -10 kV), ưu điểm dễ quản lý vận hành, giảm vốn đầu tư.

+ Đặt phân tán: thiết bị bù được phân nhỏ thành từng nhóm đặt tại các tủ động lực trong phân xưởng. Trường hợp động cơ công suất lớn, tiêu thụ nhiều Q có thể đặt ngay tại các động cơ đó.

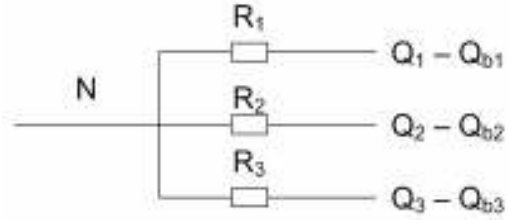
Khi đặt thiết bị bù tại điểm nào đó thì sẽ giảm được lượng tổn thất ΔP và ΔA do đó phải truyền tải Q. Tuy nhiên việc đặt thiết bị bù ở phía hạ áp không phải lúc nào cũng có lợi, bởi giá tiền 1 kVAr tụ hạ áp thường đắt gấp 2 lần 1 kVAr tụ ở 6-10 kV. Ngay cả việc phân nhỏ dung lượng bù để đặt theo nhóm riêng lẻ cũng không phải luôn luôn có lợi, bởi vì lúc đó có làm giảm thêm được ΔA nhiều hơn, xong lại làm tăng chi phí lắp đặt, quản lý và vận hành.

- Phân phối dung lượng bù trong mạng hình tia. Đây là bài toán bù cưỡng bức: phải bù từ $\cos \varphi_1$ để $\cos \varphi_2$ tại đầu vào xí nghiệp trong chế độ phụ tải cực đại. Nếu biết P ta tính được công suất bù $Q_b : Q_b = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$ (8.33)

Q_b này được phân phối xuống các trạm phân phối để tranh thủ giảm ΔA trong xí nghiệp.

Bài toán: xác định Q_{bi} tại các điểm đặt bù sao cho ΔP là min, ΔP_{min} không có nghĩa là ΔA_{min} , tuy nhiên làm bài toán dễ đi nhiều.

Hàm mục tiêu:



$$\Delta P = \left(\frac{Q_1 - Q_{b1}}{U} \right)^2 \cdot R_1 + \left(\frac{Q_2 - Q_{b2}}{U} \right)^2 \cdot R_2 + \left(\frac{Q_3 - Q_{b3}}{U} \right)^2 \cdot R_3 \quad (8.34)$$

Điều kiện: $Q_b = Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3}$ (là tổng công suất cần bù)

$$\Delta P = \left(\frac{Q_1 - Q_{b1}}{U} \right)^2 \cdot R_1 + \left(\frac{Q_2 - Q_{b2}}{U} \right)^2 \cdot R_2 + \left(\frac{Q_3 - Q_b + Q_{b1} + Q_{b2}}{U} \right)^2 \cdot R_3 \quad (8.35)$$

Điều kiện tối ưu là:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{b1}} = -2 \frac{(Q_1 - Q_{b1})}{U^2} \cdot R_1 + 2 \frac{(Q_3 - Q_b + Q_{b1} + Q_{b2})}{U^2} \cdot R_3 = 0 \quad (8.36)$$

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{b2}} = -2 \frac{(Q_2 - Q_{b2})}{U^2} \cdot R_2 + 2 \frac{(Q_3 - Q_b + Q_{b1} + Q_{b2})}{U^2} \cdot R_3 = 0 \quad (8.37)$$

Ta nhận thấy : $(Q_1 - Q_{b1}) \cdot R_1 = (Q_2 - Q_{b2}) \cdot R_2 = H$ (hằng số).

$$\text{Hay: } \left. \begin{aligned} Q_1 - Q_{b1} &= \frac{H}{R_1} \\ Q_2 - Q_{b2} &= \frac{H}{R_2} \\ Q_3 - Q_{b3} &= \frac{H}{R_3} \end{aligned} \right\} \quad (8.38)$$

Cộng 3 đẳng thức trên

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 - (Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3}) = H \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = H \left(\frac{1}{R_{td}} \right)$$

$$\text{Hay } (Q_\Sigma - Q_b) \cdot R_{td} = H \quad (8.39)$$

$$\text{Thay H vào (8.37) : } Q_{bi} = Q_i - (Q_\Sigma - Q_b) \cdot \frac{R_{td}}{R_i} \quad (8.40)$$

Thiết bị bù được đóng cắt theo bậc và theo thời gian để không xảy ra quá bù.

Ví dụ 1: Một mạng hình tia có 4 nhánh, điện áp 6 kV, điện trở và phụ tải phản kháng của từng nhánh:

$$R_1 = 0,1 \, \Omega ; Q_1 = 400 \, \text{kVAr}$$

$$R_2 = 0,05 \, \Omega ; Q_2 = 600 \, \text{kVAr}$$

$$R_3 = 0,06 \, \Omega ; Q_3 = 500 \, \text{kVAr}$$

$$R_4 = 0,2 \, \Omega ; Q_4 = 200 \, \text{kVAr}$$

Dung lượng bù của mạng $Q_{bù} = 1200 \, \text{kVAr}$. Hãy tính dung lượng bù của từng nhánh.

Giải:

Tổng phụ tải phản kháng của mạng:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1700 \, \text{kVAr}$$

Điện trở tương đương

$$R_{td} = \left(\frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} = 0,0194 \, \Omega$$

Dung lượng bù tối ưu của từng nhánh

$$Q_{bù1} = 400 - (1700 - 1200) \cdot \frac{0,0194}{0,1} = 303 \, \text{kVAr}$$

$$Q_{bù2} = 600 - (1700 - 1200) \cdot \frac{0,0194}{0,1} = 406 \, \text{kVAr}$$

Tương tự $Q_{bù3} = 339 \, \text{kVAr}$; $Q_{bù4} = 153 \, \text{kVAr}$

Ví dụ 2: Một siêu thị đặt trạm biến áp 250 kVA; điện áp 22/0,4 kV yêu cầu tính toán đặt bộ tụ bù tại thanh cái hạ áp để nâng $\cos \varphi$ lên 0,9.

Giải:

Siêu thị thường dùng các phụ tải là bóng đèn tuýp; điều hòa; hầm lạnh $\rightarrow$ có $\cos \varphi = 0,8$

$$\text{Với } \cos \varphi_1 = 0,8 \rightarrow \tan \varphi_1 = 0,75$$

$$\cos \varphi_2 = 0,9 \rightarrow \tan \varphi_2 = 0,48$$

Công suất tác dụng cần cấp cho siêu thị:

$$P = S \cdot \cos \varphi = 250 \cdot 0,8 = 200 \, \text{kW}$$

Công suất bộ tụ cần đặt để nâng cao $\cos \varphi$:

$$Q_b = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 200(0,75 - 0,48) = 54 \, \text{kVAr}$$

Chọn bộ tụ 75 kVA, điện áp 400 kV do DAEYEONG chế tạo.

** Phân phối dung lượng bù cao và hạ áp của trạm biến áp phân xưởng.*

Vấn đề: khi biết dung lượng bù của 2 nhánh nào đó $\rightarrow$ cần phải xác định xem nên phân phối dung lượng bù đó về phía sơ cấp và thứ cấp máy biến áp phân xưởng như thế nào để đạt được hiệu quả lớn nhất.

Giải bài toán tìm dung lượng bù tối ưu phía điện áp thấp.

Gọi $Q_{bù \text{ thấp}}$ - dung lượng bù phía điện áp thấp, chênh lệch vốn đầu tư khi đặt $Q_{bù \text{ thấp}}$ ở phía điện áp thấp so với điện áp cao.

$$\Delta V = (a_{\text{thấp}} - a_{\text{cao}}) Q_{\text{bù thấp}} \quad (8.41)$$

$a_{\text{thấp}}$; a_{cao} giá thành 1 kVAr tụ điện áp thấp và cao, đồng/kVAr

Số tiền tiết kiệm được mỗi năm do đặt tụ điện ở phía điện áp thấp là:

$$V = \frac{[Q^2 - (Q - Q_{\text{bù thấp}})^2](R_B + R_{\text{td}}).K.C.t}{U^2 \cdot 10^3} \quad (\text{đồng/năm}) \quad (8.42)$$

Q - phụ tải phản kháng của máy biến áp phân xưởng, kVAr.

R_B - điện trở của máy biến áp được qui đổi về phía điện áp thấp: Ω

$$R_B = \frac{\Delta P_N \cdot U_{\text{dmBA}}^2}{S_{\text{dmBA}}^2} \cdot 10^3 (\Omega) \quad (8.43)$$

ΔP_N tổn thất ngắn mạch trong máy biến áp, kW.

U_{dm} (kV); S_{dmBA} (kVA)

R_{td} điện trở tương đương của lưới điện hạ áp.

Thường chưa biết rõ điểm đặt tụ bù ở điểm nào trên lưới hạ áp.

Sử dụng công thức gần đúng: $R_{\text{td}} = \lambda R_B$ (8.44)

λ - hệ số, có thể như sau:

Với trạm ngoài phân xưởng: $\lambda = 0,8$

Với trạm kề phân xưởng: - mạng dây dẫn hoặc cáp: $\lambda = 0,4$

- mạng là thanh cái: $\lambda = 0,6$

K là hệ số xét đến số ca làm việc trong ngày:

1 ca: $K = 0,3$; 2 ca: $K = 0,55$; 3 ca: $K = 0,75$

C - giá tiền tổn thất điện năng, đồng/kWh

t - thời gian đóng bộ tụ bù vào lưới, h

+ Nếu đóng cả năm: $t = 8760\text{h}$

+ Chỉ đóng khi phụ tải cực đại: $t = T_{\text{max}}$ (h)

U - điện áp định mức của mạng điện áp thấp, kV.

Gọi n là thời gian thu hồi vốn đầu tư (năm). Sau thời gian đó số tiền tiết kiệm là: nV

Hiệu quả kinh tế của việc phân phối dung lượng bù thấp ($Q_{\text{bù thấp}}$)

$F = nV - \Delta V$

$$= \frac{[Q^2 - (Q - Q_{\text{bù thấp}})^2](R_B + R_{\text{td}}).K.C.t.n}{U^2 \cdot 10^3} - (a_{\text{thấp}} - a_{\text{cao}})Q_{\text{bù thấp}} \quad (8.45)$$

$= f(Q_{\text{bù thấp}}) \rightarrow \max$

$$\frac{\partial F}{\partial Q_{\text{bù thấp}}} = 0$$

$$Q_{\text{bù thấp tối ưu}} = Q - \frac{(a_{\text{thấp}} - a_{\text{cao}}).U^2.10^3}{2.n.K.C.t(R_B + R_{td})} \quad (\text{kVAr}) \quad (8.46)$$

$$\text{Đặt } M = \frac{(a_{\text{thấp}} - a_{\text{cao}}).U^2.10^3}{2.n.K.C.t} \quad (8.47)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{bù thấp tối ưu}} = Q - \frac{M}{R_B + R_{td}} \quad (8.48)$$

Công suất bù tối ưu phía cao áp của trạm

$$Q_{\text{bù cao}} = Q_{\text{bù}} - Q_{\text{bù thấp tối ưu}} \quad (8.49)$$

Ví dụ: Một nhà máy cơ khí đặt trạm biến áp 1 máy 500 kVA – 10/0,4 kV của ABB, công suất tính toán của nhà máy: $S_{tt} = 300 + j400$ kVA. Yêu cầu xác định dung lượng bù tối ưu đặt tại thanh cái cao hạ áp của trạm để nâng $\cos \varphi$ lên 0,95. cho biết nhà máy làm việc 2 ca, $T_{\text{max}} = 4000\text{h}$, $C = 500^{\text{đ}}/\text{kWh}$, $a_{\text{cao}} = 50.000^{\text{đ}}/\text{kVAr}$, $a_{\text{thấp}} = 100.000^{\text{đ}}/\text{kVAr}$.

Trị số $\text{tg}\varphi_1$ của phụ tải nhà máy trước khi bù:

$$\text{tg}\varphi_1 = \frac{Q}{P} = \frac{400}{300} = 1,33$$

$$\text{tg}\varphi_2 = \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2} = \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95} = 0,33$$

Tổng công suất cần bù tại trạm để nâng $\cos \varphi$ lên 0,95.

$$Q_b = P(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) = 300(1,33 - 0,33) = 300 \text{ kVAr}$$

Máy biến áp 500 kVA – 10/0,4 kV do ABB chế tạo có $\Delta P_N = 7$ kW

Điện trở MBA qui đổi về hạ áp:

$$R_B = \frac{\Delta P_N . U_{dm}^2}{S_{dm}^2} . 10^3 = \frac{7.0,4^2}{500^2} . 10^3 = 0,00448 \Omega$$

Vì đặt bù tập trung phía hạ áp tại thanh cái hạ áp của trạm biến áp nên điện trở $R_{td} = 0$.

Công suất bù tối ưu tại thanh cái hạ áp:

$$Q_{\text{bù thấp}} = Q - \frac{M}{R_B}$$

$$M = \frac{(a_{\text{thấp}} - a_{\text{cao}}).U^2.10^3}{2.n.K.C.t} = \frac{(100000 - 50000).0,4^2.10^3}{2.3.0,55.500.4000} = 1,2$$

Trong đó: $n = 3$ năm; $K = 0,55$ với xí nghiệp làm 2 ca.

$$Q_{\text{bù thấp}} = 400 - \frac{1,2}{0,00448} = 400 - 268 = 132 \text{ kVAr}$$

Công suất bù tối ưu phía cao áp của trạm:

$$Q_{\text{bù cao}} = Q_{\text{bù}} - Q_{\text{bù thấp tối ưu}} = 300 - 132 = 168 \text{ kVAr}$$

Chọn dùng bộ tụ 10 kV; 200KVA do Cooper chế tạo.

Chọn dùng bộ tụ 0,4 kV; 150KVA do DAEYEONG chế tạo.

Trong ví dụ này, nếu thực hiện phương án đặt tụ bù hạ áp tại các xưởng, lúc ấy phải kể đến $R_{td} = 0,8$; $R_B = 0,00358$.

$$Q_{\text{bù thấp tối ưu}} = Q - \frac{M}{R_B + R_{td}} = 251,2 \text{ kVA}$$

$$Q_{\text{bù cao}} = 300 - 251,2 = 48,8 \text{ kVA}$$

Với lượng bù phân phối cho cả phía cao; hạ áp như trên $\rightarrow$ tốt nhất đặt bù cho toàn bộ hạ áp: 300 kVA. Công suất 300 kVA này sẽ được phân phối cho các phân xưởng theo công thức phân phân phối dung lượng bù trong mạng hình tia.

** Điều chỉnh dung lượng bù :*

- Điều chỉnh lượng bù của tụ điện theo điện áp.

Căn cứ vào điện áp của thanh cái của trạm biến áp để tiến hành điều chỉnh tự động dung lượng bù.

+ Nếu $U < U_{dm}$ - mạng thiếu công suất phản kháng $\rightarrow$ đóng thêm tụ vào làm việc.

+ Nếu $U > U_{dm}$ - mạng thừa công suất phản kháng $\rightarrow$ cắt bớt tụ điện.

Lợi: giải quyết được yêu cầu bù công suất phản kháng; nâng cao $\cos\phi$; ổn định điện áp $\rightarrow$ thường dùng.

- Điều chỉnh tự động dung lượng bù theo nguyên tắc thời gian

Căn cứ vào sự biến đổi của phụ tải phản kháng trong 1 ngày đêm mà người ta đóng hoặc cắt tụ điện. phương pháp này thường dùng khi đồ thị phụ tải phản kháng hàng ngày biến đổi theo một qui luật tương đối ổn định. Người vận hành nắm vững đồ thị đó.

- Điều chỉnh tự động dung lượng bù theo dòng điện phụ tải dùng trong trường hợp phụ tải thường biến đổi đột ngột.

Khi dòng điện tăng $\rightarrow$ đóng thêm tụ điện và ngược lại.

- Điều chỉnh dung lượng bù theo hướng đi của công suất phản kháng thường được dùng khi trạm biến áp ở cuối đường dây và xa nguồn.

Nếu công suất phản kháng chạy từ nguồn $\rightarrow$ phụ tải, chứng tỏ phụ tải cần công suất phản kháng của nguồn, đóng thêm tụ điện vào làm việc, nếu ngược lại thì cắt bớt tụ điện.

Người ta thường dùng bóng đèn dây tóc công suất $15 \div 40 \text{ W}$ để làm điện trở phóng điện cho tụ điện.

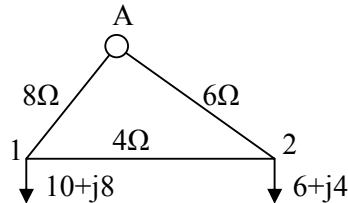
Ưu điểm của bóng đèn: khi điện áp dư của tụ điện phóng hết thì đèn tắt, dễ theo dõi nhưng chú ý khi đèn hỏng không chỉ thị được.

$$\text{Điện trở phóng điện: } R_{pd} = 15.10^6 \cdot \frac{U_{pha}^2}{Q}, \Omega$$

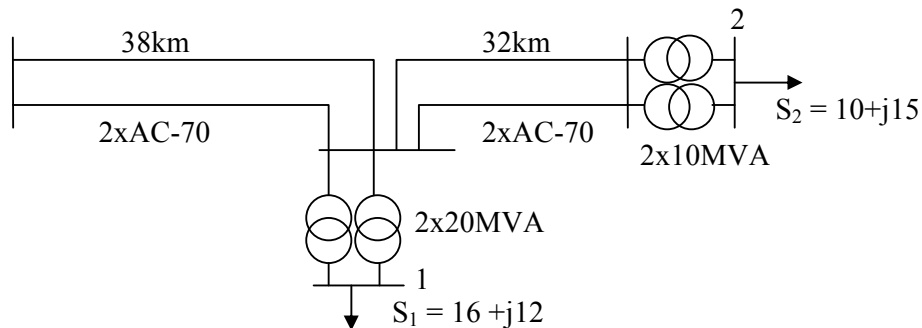
Q: dung lượng của tụ điện, kVA

Bài tập

1. Một mạch điện 35kV cung cấp điện cho hai phụ tải, hình vẽ, điện trở của các đoạn đường dây Ω , công suất của phụ tải MVA cho trên hình vẽ, thời gian sử dụng công suất lớn nhất của các phụ tải 4500h/năm. Xác định công suất tối ưu của tụ điện đặt tại các phụ tải để giảm tổn thất điện năng trong mạng điện

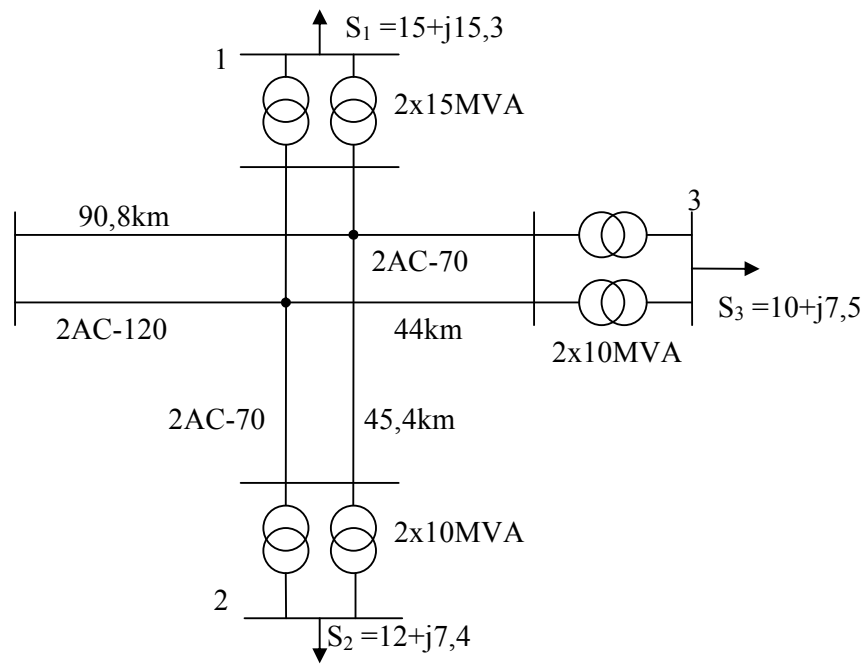


2. Một đường dây tải điện 110kV cung cấp điện cho 2 trạm biến áp hạ áp, hình vẽ. Công suất cực đại của phụ tải MVA, chiều dài đường dây km và tiết diện dây dẫn cho trên hình vẽ, thời gian sử dụng công suất lớn nhất của các phụ tải 4500h/năm. Hãy xác định công suất bù kinh tế của các tụ điện đặt phía thanh góp hạ áp của các trạm.



3. Một mạng điện 110kV cung cấp cho các trạm biến áp 1, 2, 3 hình vẽ. Công suất của phụ tải (MVA), chiều dài và tiết diện dây dẫn cho trên hình vẽ. Công suất của các MBA là 15, 10, 10 MVA. Thời gian sử dụng công suất lớn nhất của phụ tải là 5500h/năm.

Hãy xác định công suất tối ưu của các thiết bị bù đặt tại các trạm, biết rằng giá 1kWh tổn thất điện năng là 0,1đ; giá 1kVAR công suất đặt của thiết bị bù (bù tĩnh) là 70đ. Tổn thất công suất tác dụng trong tụ điện là $\Delta P_k = 0,005$; $\tau = 3800h$



Chương 9

NỐI ĐẤT VÀ CHỐNG SÉT

9.1. Khái niệm về nối đất

Dòng điện đi qua cơ thể con người gây nên những tác hại nguy hiểm: gây bỏng; giập; trường hợp nặng có thể gây chết người.

Về trị số, dòng điện từ 10 mA trở lên là nguy hiểm và từ 50 mA trở lên thường dẫn đến tai nạn chết người. Điện trở cơ thể con người thay đổi trong giới hạn rất rộng, phụ thuộc vào tình trạng của da, diện tích tiếp xúc với điện cực, vị trí điện cực đặt vào người, thời gian dòng điện chạy qua, điện áp giữa các điện cực và nhiều yếu tố khác. Khi điện trở của người nhỏ (khoảng $800 \div 1000 \Omega$) chỉ cần 1 điện áp $40 \div 50 \text{ V}$ cũng đủ gây nguy hiểm cho tính mạng con người.

Người bị tai nạn về điện trước hết là do chạm phải những phần tử mang điện, bình thường có điện áp. Để ngăn ngừa hiện tượng này, cần đặt những rào đặc biệt ngăn cách con người với các bộ phận mang điện đó.

Xong người bị tai nạn về điện cũng có thể là do chạm phải các bộ phận của thiết bị điện bình thường không mang điện nhưng lại có điện áp khi cách điện bị hỏng (như sứ cách điện, vỏ động cơ điện, các giá thép đặt thiết bị điện ...).

Trong trường hợp này, để đảm bảo an toàn, có thể thực hiện bằng cách nối đất tất cả những bộ phận bình thường không mang điện, nhưng khi cách điện hỏng có thể có điện áp.

Khi có nối đất, qua chỗ cách điện chọc thủng và thiết bị nối đất sẽ có dòng điện ngắn mạch một pha với đất và điện áp đối với đất của vỏ thiết bị bằng:

$$U_d = I_d \cdot R_d \quad (9.1)$$

Trong đó: I_d - dòng điện 1 pha chạm đất.

R_d - điện trở nối đất của trang thiết bị nối đất

Trường hợp người chạm phải thiết bị có điện áp, dòng điện qua người xác định theo biểu thức:

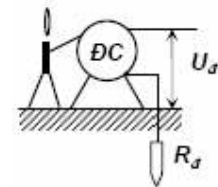
$$\frac{I_{ng}}{I_d} = \frac{R_d}{R_{ng}} \quad (9.2)$$

Bởi $R_d \ll R_{ng}$ nên $I_{ng} \ll I_d$. Tuy nhiên nếu I_d khá lớn thì dòng qua người vẫn là nguy hiểm: $I_{ng} = \frac{I_d R_d}{R_{ng}} \quad (9.3)$

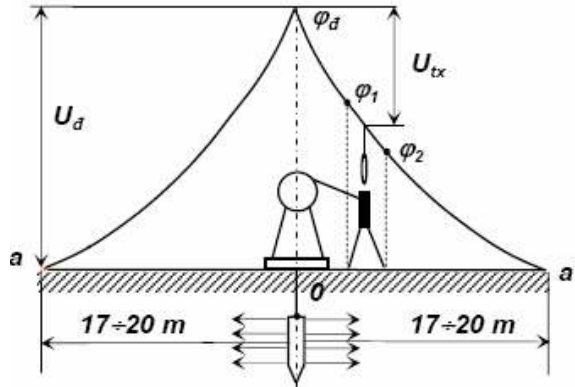
Ta nhận thấy rằng nếu thực hiện nối đất để có R_d đủ nhỏ $\rightarrow$ có thể đảm bảo cho dòng I_{ng} qua người không nguy hiểm nữa.

Khái niệm về điện trở đất:

Trang bị nối đất bao gồm điện cực nối đất và các dây dẫn nối các điện cực trực tiếp dưới đất. Ngoài ra dây dẫn nối giữa các bộ phận cần nối với hệ thống nối đất (gồm điện cực và thanh dẫn nối đặt trong đất).



Khi dòng ngắn mạch xuất hiện do cách điện của thiết bị bị hỏng. Dòng ngắn mạch sẽ qua vỏ thiết bị theo dây nối đất xuống điện cực và chạy tản vào trong đất. Trên hình vẽ ta thấy đường cong phân bố điện thế trên mặt đất. Mặt đất tại chỗ đặt điện cực (điểm 0) có điện thế cao nhất (φ_d), càng xa điện cực điện thế càng giảm dần và tại điểm a và a' cách khoảng $15 \div 20$ m thì điện thế nhỏ tới mức không đáng kể và được coi bằng không.



Hình 9.1

Định nghĩa: “Điện trở nối đất là điện trở của khối đất nằm giữa điện cực và mặt có điện thế bằng không”.

Nếu bỏ qua điện trở nhỏ của dây dẫn nối và điện cực thì điện trở đất được xác định theo biểu thức:

$$R_d = \frac{U_d}{I_d} \quad (9.4)$$

Trong đó: U_d - điện áp của trang bị nối đất.

I_d - dòng ngắn mạch (dòng điện trong đất).

Khái niệm về điện áp tiếp xúc:

Nếu tay người tiếp xúc với vỏ thiết bị (bị hỏng cách điện) thì điện áp tiếp xúc nghĩa là điện áp giữa tay và chân người bằng:

$$U_{tx} = \varphi_d - \varphi_1 \quad (9.5)$$

φ_d - Điện thế lớn nhất tại điểm 0.

φ_1 - Điện thế tại chỗ người đứng.

Khái niệm về điện áp bước:

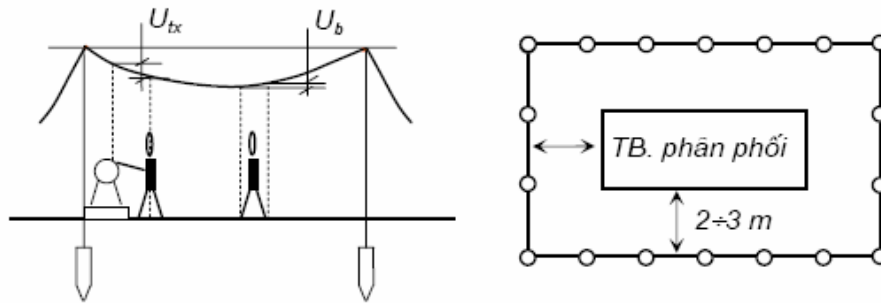
Khi người đến gần thiết bị hỏng cách điện thì điện áp giữa 2 chân (giả thiết 2 chân không cùng 1 điểm) sẽ có 2 điện thế khác nhau, tạo thành điện áp gọi là điện áp bước.

$$U_b = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (9.6)$$

Để tăng an toàn, tránh U_{tx} và U_b lớn nguy hiểm đến con người, người ta sẽ dùng các hình thức nối đất phức tạp với sự bố trí thích hợp các điện cực trên diện tích đặt thiết bị điện và mạch vòng xung quanh thiết bị.

Thực hiện nối đất ở mạng hạ áp:

Trong các mạng 4 dây 380/220 V có điểm trung tính trực tiếp nối đất thì vỏ thiết bị có thể được nối trung tính (vì trung tính đã được nối đất). Phương án chỉ được phép dùng nếu tất cả các phụ tải đều là thiết bị ba pha $\rightarrow U_0 = 0$ (tức lưới không có nhiều thiết bị 1 pha). Tuy vậy không phải lúc nào cũng an toàn vì nếu mất trung tính từ trạm các thiết bị vẫn có thể làm việc bình thường (phương án này chỉ ưu điểm là rẻ và dễ thực hiện). Khi yêu cầu cao về an toàn người ta sử dụng hệ thống nối đất riêng cho các thiết bị, hoặc hệ thống nối đất lập lại (tức là dây trung tính ngoài việc nối đất ở trạm rồi lại cần phải nối đất thêm cả ở phân xưởng hoặc tại thiết bị).



Hình 9.2

Yêu cầu nối đất trong phân xưởng; các trạm biến áp phân phối.

Tất cả các đế máy, vỏ máy điện, các bộ truyền động của thiết bị điện, khung sắt, bảng phân phối, bảng điều khiển, các kết cấu kim loại của thiết bị phân phối trong nhà và ngoài trời, hàng rào kim loại ngăn cách phần mang điện, vỏ đầu cáp, các thiết bị chống sét, cột sắt của đường dây tải điện, của sắt các trạm biến áp, trạm phân xưởng..

Không yêu cầu nối đất:

Đối với các thiết bị xoay chiều điện áp ≤ 280 V hoặc một chiều ≤ 440 V nếu các thiết bị này đặt trong nhà và ở nơi khô ráo.

Các thiết bị điện áp 127 V xoay chiều và 110 V một chiều đặt trong nhà không cần phải nối đất. Trừ trường hợp ở những nơi có khả năng dễ nổ hoặc cháy.

9.2. Cách thực hiện và tính toán trang bị nối đất

9.2.1. Khái niệm chung

Trong thực tế thường tồn tại 2 hình thức nối đất là nối đất nhân tạo và nối đất tự nhiên.

Nối đất tự nhiên: là hình thức nối đất tận dụng các công trình ngầm hiện có, như các ống dẫn bằng kim loại (trừ các ống dẫn nhiên liệu lỏng và khí dễ cháy) đặt trong đất. Các kết cấu bằng kim loại của nhà, các công trình xây dựng có nối với đất, các vỏ cáp bọc kim loại của cáp đặt trong đất ...

Khi xây dựng trang bị nối đất trước hết phải sử dụng các vật nối đất tự nhiên có sẵn, điện trở nối đất của các vật tự nhiên xác định bằng cách đo tại chỗ hoặc lấy theo tài liệu thực tế.

Nối đất nhân tạo: thường được thực hiện bằng các cọc thép (dạng ống, dạng thanh, hoặc thép góc) dài từ $2 \div 3$ m và được chôn sâu dưới đất.

Thông thường các điện cực nối đất được đóng sâu xuống đất sao cho đầu trên của chúng cách mặt đất khoảng $0,5 \div 0,7$ m. Nhờ vậy sẽ giảm được sự thay đổi điện trở nối đất theo thời tiết.

Các điện cực nối đất hay các cọc được nối với nhau bằng cách hàn với các thanh thép nối (dạng dẹt hoặc tròn) đặt ở độ sâu $0,5 \div 0,7$ m.

Khi không có điều kiện đóng điện cực xuống sâu (Ví dụ ở các vùng đất đá...) người ta dùng các thanh thép dẹt hoặc tròn đặt nằm ngang ở độ sâu $0,7 \div 1,5$ m.

Để chống ăn mòn các ống thép đặt trong đất phải có bề dày không nhỏ hơn 3,5 mm. Các thanh thép dẹt, thép góc không được nhỏ hơn 4 mm. Tiết diện nhỏ nhất cho phép theo điều kiện này là 48 mm^2 .

Dây nối đất cần có tiết diện thoả mãn độ bền cơ khí, ổn định nhiệt và chịu được dòng cho phép lâu dài, nó không được phép bé hơn $1/3$ tiết diện của dây dẫn các pha. Thông thường người ta hay dùng thép tiết diện 120 mm^2 ; dây nhôm 35 mm^2 ; dây đồng 25 mm^2 .

Điện trở của trang bị nối đất không được lớn hơn trị số qui định trong qui phạm.

Đối với mạng $U_{dm} \geq 110 \text{ kV}$: là mạng có trung tính trực tiếp nối đất hoặc nối đất qua 1 điện trở nhỏ. Khi xảy ra ngắn mạch, bảo vệ rơle tương ứng sẽ tác động cắt bộ phận hư hỏng của thiết bị. Vì vậy sự xuất hiện điện thế trên trang bị nối đất khi ngắn mạch chạm đất có tính chất tạm thời. Vì xác suất xảy ra ngắn mạch chạm đất đồng thời với việc người tiếp xúc với vỏ thiết bị có điện áp $U_d = I_d \cdot R_d$ là rất nhỏ nên qui phạm không qui định điện áp cho phép lớn nhất mà chỉ đòi hỏi ở bất kỳ thời gian nào trong năm, điện trở của trang bị nối đất cũng phải thoả mãn:

$$R_d \leq 0,5 \Omega \quad (9.7)$$

Khi dòng điện chạm đất lớn, điện áp đối với trang bị nối đất mặc dù chỉ trong thời gian ngắn có thể đạt trị số rất lớn. Ví dụ khi $I_d = 3000 \text{ A}$ mà $R_d = 0,5 \Omega$ thì $U = 1500 \text{ V}$. Vì vậy để nâng cao an toàn cho người phục vụ cần phải tự động cắt ngắn mạch với thời gian nhỏ nhất, đồng thời đảm bảo trị số điện áp tiếp xúc và điện áp bước nhỏ nhất có thể. Cần thực hiện nối đất theo mạch vòng và dùng các biện pháp bảo vệ phục vụ cho người vận hành như ủng cách điện và ghế cách điện.

Trong lưới có dòng chạm đất lớn buộc phải có nối đất nhân tạo trong mọi trường hợp không phụ thuộc vào nối đất tự nhiên, đồng thời điện trở nối đất nhân tạo không được lớn hơn 1Ω .

Với lưới trung áp $U_{dm} > 1000 \text{ V}$: là lưới có dòng chạm đất bé, tức mạng có điểm trung tính không nối đất, hoặc nối đất qua cuộn dây dập hồ quang, thường bảo vệ rơle không tác động cắt bộ phận của thiết bị có chạm đất 1 pha. Vì vậy chạm đất 1 pha có thể kéo dài U_d trên thiết bị chạm đất cũng tồn tại lâu hơn, làm tăng xác suất người tiếp xúc

với những phần tử của thiết bị đó. Vì vậy qui phạm qui định rằng điện trở của trang bị nối đất tại mọi thời điểm bất kỳ trong năm không được vượt quá qui định.

Khi dùng trang bị nối đất chung có cả lưới trên và dưới 1000 V thì:

$$R_d = \frac{125}{I_d} \quad (9.8)$$

Khi dùng riêng (chỉ dùng cho thiết bị >1000 V) thì: $R_d = \frac{250}{I_d}$ (9.9)

Trong đó 125 và 250 là điện áp cho phép lớn nhất của trang bị nối đất.

I_d - dòng chạm đất 1 pha lớn nhất.

+ Trong cả hai trường hợp, điện trở nối đất không được vượt quá 10 Ω .

$$R_d \leq 10 \Omega \quad (9.10)$$

Lưới $U_{dm} < 1000$ V: điện trở nối đất tại mọi thời điểm trong năm không vượt quá 4 Ω (riêng thiết bị nhỏ khi tổng công suất của máy phát và TBA không vượt quá 100 kVA, cho phép R_d đến 10 Ω).

+ Nối đất lặp lại của dây trung tính trong mạng 380/220 V phải có $R_d < 10 \Omega$

+ Nếu tại điểm nào đó có nhiều thiết bị phân phối với điện áp khác nhau đặt trên cùng khu đất, nếu thực hiện nối đất chung. Thì điện trở nối đất phải thỏa mãn yêu cầu của trang bị nối đất nào đòi hỏi có R_d nhỏ nhất.

Đối với đường dây trên không:

$U_{dm} \geq 35$ kV - cần nối đất tất cả các cột bê tông, cột thép.

$U_{dm} = 3 \div 20$ kV - chỉ cần nối đất các cột ở gần nơi dân cư.

Cần phải nối đất cho tất cả các cột bê tông, cột thép, cột gỗ của tất cả các loại đường dây ở mọi cấp điện áp khi trên cột đó có đặt bảo vệ chống sét hay dây chống sét. Điện trở nối đất cho phép của cột phụ thuộc vào điện trở suất của đất lấy 10÷30 Ω .

+ Trên các đường dây 3 pha 4 dây, điện áp 380/220 V có điểm trung tính trực tiếp nối đất các cột sắt và xà của cột bê tông cần phải được nối với dây trung tính.

+ Mạng $U_{dm} < 1000$ V có dây trung tính cách đất, cột sắt, bê tông cột thép cần có điện trở nối đất không quá 50 Ω .

9.2.2. Tính toán hệ thống nối đất

* Điện trở nối đất của cọc và thanh nối:

Phụ thuộc vào hình dạng, kích thước và độ chôn sâu trong đất và điện trở suất của đất tại nơi thực hiện nối đất. Các công thức tính toán và cách lắp đặt cho trong bảng dưới đây.

* Tính toán hệ thống nối đất:

Hệ thống nối đất thường bao gồm một số điện cực nối song song với nhau một khoảng tương đối nhỏ (vì lý do không gian và kinh tế). Vì vậy khi có dòng ngắn mạch

chạm đất, thể tích đất tản dòng từ mỗi cực giảm đi, do đó làm tăng điện trở nối đất của mỗi cọc.

Như vậy, nếu nối đất gồm n điện cực (cọc) thì điện trở nối đất của toàn hệ thống (không kể đến thanh nối ngang) không phải là $R_{\text{cọc}}/n$ mà là:

$$R_d = \frac{R_{\text{cọc}}}{n \cdot \eta} \quad (9.11)$$

Trong đó: η - là hệ số sử dụng điện cực nối đất. Hệ số này sẽ giảm đi khi số cọc trong cùng một không gian tăng lên (tức khi khoảng cách giữa các cọc giảm), ngoài ra còn phụ thuộc hình dạng các loại nối đất (kiểu nối mạch vòng, kiểu nối thẳng). Trị số η thường được cho trước, hoặc tra theo đường cong theo số cọc, khoảng cách giữa các cọc, loại mạch nối đất ..v.v...

* Điện trở suất của đất: phụ thuộc vào thành phần, mật độ, độ ẩm và nhiệt độ của đất. Và chỉ có thể xác định chính xác bằng đo lường. Các trị số gần đúng của điện trở suất của đất (khi độ ẩm bằng 10 – 20 % về khối lượng) tính bằng Ωcm .

Ví dụ: Cát $7 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$.
Cát lẫn đất $3 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$.
Đất sét $0,6 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$..
Đất vườn $0,4 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$.
Đất đen $2 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$..

Điện trở suất của đất không phải cố định trong cả năm mà thay đổi do ảnh hưởng của sự thay đổi độ ẩm và nhiệt độ của đất, do đó điện trở của trang bị nối đất cũng thay đổi. Vì vậy trong tính toán nối đất phải dùng điện trở suất tính toán là trị số lớn nhất trong năm.

$$\rho_{\text{tt}} = K_{\text{max}} \cdot \rho \quad (9.12)$$

Trong đó: K_{max} - hệ số tăng cao, phụ thuộc điều kiện khí hậu ở nơi xây dựng trang bị nối đất.

Đối với các ống và thanh thép góc dài $2 \div 3$ m khi chôn sâu mà đầu trên cách mặt đất $0,5 \div 0,8$ m thì hệ số $K_{\text{max}} = 1,2 \div 2$. Còn khi đặt nằm ngang cách mặt đất $0,8$ m thì hệ số $K_{\text{max}} = 1,5 \div 7$.

Trình tự tính toán nối đất như sau:

Bước 1: Xác định điện trở cần thiết của trang bị nối đất (của hệ thống nối đất) theo tiêu chuẩn (cách thông thường hoặc theo $I_{\text{Nmax}} \cdot R_d$).

Bước 2: Xác định điện trở nối đất của hệ thống nối đất tự nhiên có sẵn R_{tn} .

Bước 3: Nếu $R_{\text{tn}} < R_d$ như đã nói ở phần trên, với lưới trung áp có dòng chạm đất nhỏ và ở lưới hạ áp $\rightarrow$ không cần phải đặt nối đất nhân tạo. Còn ở lưới điện áp cao $U \geq 110$ kV có dòng chạm đất lớn (hoặc ngay cả ở lưới trung áp khi có dòng chạm đất lớn,

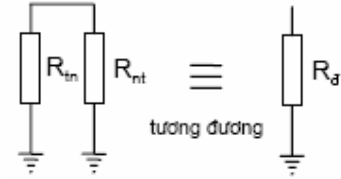
tức lưới dài) → lúc đó vẫn nhất thiết phải đặt nối đất nhân tạo với điện trở không lớn hơn 1Ω .

Nếu $R_{tn} > R_d$ thì phải xác định điện trở của nối đất nhân tạo theo công thức sau:
Từ hình vẽ ta có:

$$\frac{1}{R_d} = \frac{1}{R_{nt}} + \frac{1}{R_{tn}} \rightarrow R_d = \frac{R_{nt} \cdot R_{tn}}{R_{nt} + R_{tn}}$$

$$R_d \cdot R_{nt} + R_d \cdot R_{tn} = R_{nt} \cdot R_{tn} \rightarrow R_{nt} (R_d - R_{tn}) = R_d \cdot R_{nt}$$

$$R_{nt} = \frac{R_d \cdot R_{tn}}{R_{tn} - R_d} \quad (9.13)$$



Bước 4: Từ trị số R_{nt} ta sẽ tính ra số điện cực cần thiết, cần bố trí các điện cực để sao cho giảm U_{tx} và U_b . Để tính được số điện cực cần thiết trước tiên ta chọn một loại điện cực thường dùng (thép góc hoặc thép tròn). Tra bảng hoặc tính R_{coc} theo các công thức cho trong bảng. Trong khâu này cần có $\rho_{\pm}$, kích thước bố trí, độ sâu chôn cọc Những điều này phụ thuộc cả vào không gian có thể được phép sử dụng, hoặc có thể cho phép thi công dễ dàng.

Bước 5: Sơ bộ xác định số điện cực cần thiết của hệ thống

$$n = \frac{R_{coc}}{R_{nt} \cdot k_{sdc}} \quad (9.14)$$

Chú ý: số cọc trong hệ thống nối đất không được phép nhỏ hơn 2 (để giảm điện áp bước).

k_{sdc} - hệ số sử dụng cọc, tham số này phụ thuộc vào số lượng cọc, khoảng cách cọc, loại hệ thống (mạch vòng hay tia) → có thể sơ bộ tra bảng theo các kích thước dự kiến, $k_{sdc} = f(n, \text{khoảng cách, loại hệ thống}) \rightarrow$ tạm xác định.

Bước 6: Khi cần xét đến điện trở nối đất của các thanh nối nằm ngang. Sơ bộ ước lượng chiều dài (chu vi mạch vòng có thể cho phép lắp đặt hệ thống nối đất). Việc tính R_t (điện trở của thanh nối) theo công thức (tra bảng); Sau đó điện trở của toàn bộ thanh nối sẽ được tính theo công thức sau:

$$R_t' = \frac{R_t}{\eta_t} \quad (9.15)$$

Trong đó: R_t - tính theo công thức tra bảng.

η_t - hệ số sử dụng thanh nối ngang.

Bước 7: Tính chính xác điện trở cần thiết của các cọc (điện cực) thẳng đứng có xét tới điện trở của thanh nối nằm ngang.

$$R_{nt} = \frac{1}{R_{\sum coc}} + \frac{1}{R_t'} \rightarrow R_{\sum coc} = \frac{R_{nt} R_t'}{R_t' - R_{nt}} \quad (9.16)$$

Bước 8: Tính chính xác số cọc thẳng đứng có xét tới ảnh hưởng của thanh nằm ngang và hệ số sử dụng cọc.

$$n = \frac{R_{coc}}{k_{sdc} \cdot R_{\Sigma}} \quad (9.17)$$

Ví dụ: Tính toán trang bị nổi đất trạm phân phối 10 kV. Dòng điện điện dung chạm đất 1 pha của mạng 10 kV bằng 25 A. Bảo vệ chống chạm đất 1 pha của mạng 10 kV tác động phát tín hiệu. Trong trạm có đặt máy biến áp giảm áp 10/0,38; 0,22 kV phía hạ áp có trung tính trực tiếp nối đất.

- Đất thuộc loại đất sét, có $\rho = 0,6 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$.

- Giả thiết xây dựng nổi đất hình mạch vòng bằng thanh thép góc, chu vi mạch vòng 80 m. Không có nổi đất tự nhiên.

Giải: Điện trở trang bị nổi đất xác định theo công thức:

$$R_d = \frac{125}{25} = 5 \Omega$$

Để nổi đất điểm trung tính của các máy biến áp ở phía 380/220 V phải có trang bị nổi đất với điện trở $R = 4 \Omega$. Như vậy điện trở nổi đất chung của trạm không được lớn hơn 4Ω .

Nổi đất được làm bằng thanh thép góc L50x50x5 dài 2,5 m với độ chôn sâu 0,7 m. Các thanh thép góc được nối với nhau bằng thanh thép dẹt 20x4 mm, Không tính đến điện trở nổi đất của các thanh nối.

Giả thiết hệ số tăng điện trở suất của đất khi thực hiện nổi đất bằng các thanh thép góc lấy $K_{\max} = 2$.

+ Tính điện trở suất tính toán của đất:

$$\rho_{tt} = K_{\max} \cdot \rho = 2 \cdot 0,6 \cdot 10^4 = 1,2 \cdot 10^4 \Omega\text{cm}$$

+ Điện trở của một thanh thép góc theo công thức.

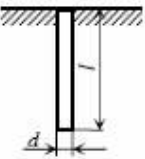
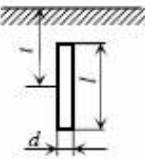
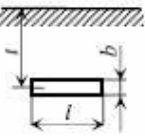
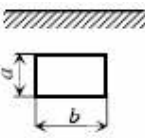
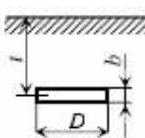
$$R_{coc} = 0,00318 \cdot \rho_{tt} = 38,16 \Omega$$

+ Số cọc (thép góc) cần thiết cho nổi đất.

$$n = \frac{R_{coc}}{R_d \cdot \eta} = \frac{38,16}{4,0 \cdot 0,65} \approx 15$$

Hệ số sử dụng $\eta = 0,65$ tìm được theo đường cong cho sẵn (lấy với tỷ số $a/l = 2$. Tỷ số giữa khoảng cách giữa các cọc và chiều dài cọc). Tức là ta giả thiết khoảng cách giữa các cọc là $a = 5$ m. Khoảng cách giữa các cọc là $a = 80/15 = 5,3$ m $\rightarrow$ gần đúng với điều đã giả thiết.

Bảng công thức xác định điện trở tản dòng của các điện cực khác nhau

Kiểu nối đất	Cách đặt điện cực	Công thức	Chú thích
Chôn thẳng đứng, làm bằng thép tròn, đầu trên tiếp xúc với mặt đất		$R_{dc} = \frac{\rho_{\text{td}}}{2\pi \cdot l} \ln \frac{4l}{d}$	$l > d$
Chôn thẳng đứng, làm bằng thép tròn, đầu trên nằm sâu cách mặt đất một khoảng.		$R_{dc} = \frac{\rho_{\text{td}}}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$	$l > d$
Chôn nằm ngang, làm bằng thép dẹt, dài, nằm sâu cách mặt đất một khoảng. b -chiều rộng của thanh dẹt, nếu điện cực tròn có đường kính d thì $b = 2d$		$R_{dc} = \frac{\rho_{\text{tng}}}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2l^2}{b \cdot t}$	$l/2t \geq 0,5$
Tấm thẳng đứng, sâu cách mặt đất một khoảng a, b kích thước của tấm.		$R_{dc} = 0,25 \frac{\rho_{\text{td}}}{\sqrt{a \cdot b}}$	
Vành xuyên, làm từ thép dẹt, đặt nằm ngang, sâu cách mặt đất một khoảng. b - chiều rộng của cực.		$R_{ng} = \frac{\rho_{\text{tng}}}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D^2}{bt}$	$t < D/2$ nếu điện cực tròn có đường kính d thì $b=2d$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Ngọc Dinh, Nguyễn Hữu Khải, Trần Bách; *Hệ thống điện*; Nxb Đại học và trung học chuyên nghiệp, 1981.
2. Nguyễn Công Hiền, Nguyễn Mạnh Hoạch; *Hệ thống cung cấp điện của xí nghiệp công nghiệp đô thị và nhà cao tầng*, Nxb KH&KT, 2001
3. Nguyễn Xuân Phú, Nguyễn Công Hiền, Nguyễn Bội Khuê; *Cung cấp điện*, Nxb KH&KT, 1998
4. Trần Bách; *Lưới điện và hệ thống điện*, tập 1 và 2, Nxb KH&KT, 2000
5. Ngô Hồng Quang; *Sổ tay lựa chọn và tra cứu thiết bị điện từ 0,4 đến 500kV*, Nxb KH&KT, 2002
6. Nguyễn Xuân Phú; *Kỹ thuật an toàn điện*; Nxb KH&KT, 2001
7. X.Wang, J.R.McDonald; *Modern power system planin*, London, 1994
8. John J.Grainger, William D.Stevenson; *Power system Analysis, Newyork*, 1994