

BÀI GIẢNG

CUNG CẤP ĐIỆN

Biên soạn: Phạm Khánh Tùng
Bộ môn Kỹ thuật điện – Khoa Sư phạm kỹ thuật
hnue.edu.vn/directory/tungpk

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

1. Các yêu cầu chung với sơ đồ cung cấp điện

1.1. Đặc điểm

Khi thiết kế cần lưu ý các yếu tố:

- Điều kiện khí hậu địa hình
- Các thiết bị đặc biệt đòi hỏi độ tin cậy cấp điện cao
- Đặc điểm của qui trình công nghệ

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Để đảm bảo cấp điện an toàn thì sơ đồ cung cấp điện phải có cấu trúc hợp lý:

- + Giảm số mạch vòng và tổn thất, các nguồn cấp điện phải được đặt gần các thiết bị dùng điện.
- + Phần lớn các xí nghiệp hiện được cấp điện từ mạng của hệ thống điện khu vực (quốc gia).
- + Việc xây dựng các nguồn cung cấp tự dùng cho xí nghiệp chỉ nên được thực hiện cho một số trường hợp đặc biệt

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

- Các hộ ở xa hệ thống năng lượng, không có liên hệ với hệ thống hoặc khi hệ thống không đủ công suất.
- Khi có đòi hỏi cao về tính liên tục cấp điện, lúc này nguồn tự dùng đóng vai trò của nguồn dự phòng.
- Do quá trình công nghệ cần dùng một lượng lớn nhiệt năng, hơi nước nóng trường hợp này thường xây dựng nhà máy nhiệt điện vừa để cung cấp hơi vừa để cấp điện và hỗ trợ hệ thống điện

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

1.2. Yêu cầu với sơ đồ cung cấp điện

a) Độ tin cậy cấp điện

Sơ đồ phải đảm bảo tin cậy cấp điện theo yêu cầu của phụ tải.

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

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

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

b) An toàn cấp điện

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

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

c) Tính kinh tế

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

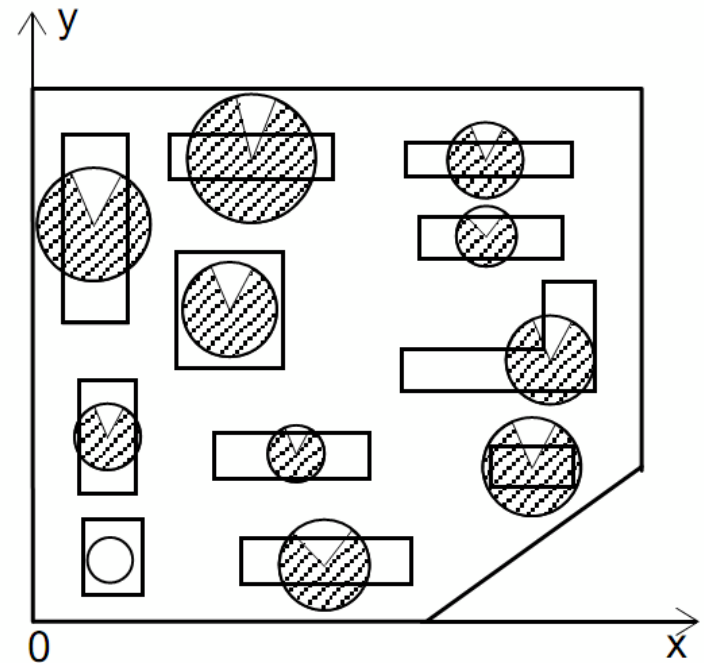
1.3. Biểu đồ phụ tải

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

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

S_i - phụ tải tính toán của phân xưởng i (kVA)

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



CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

- + Mỗi phân xưởng có một biểu đồ phụ tải, tâm trùng với tâm phụ tải. Gần đúng có thể lấy bằng tâm hình học của phân xưởng.
- + Các trạm biến áp phân xưởng phải đặt ở đúng hoặc gần tâm phụ tải để giảm độ dài mạng và giảm tổn thất.
- + Biểu đồ phụ tải cho ta biết sự phân bố, cơ cấu phụ tải

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

1.4. Xác định tâm qui ước của phụ tải điện

- Nếu trong phân xưởng có phụ tải phân bố đều trên diện tích nhà xưởng, thì tâm phụ tải có thể lấy trùng với tâm hình học của phân xưởng.
- Trường hợp phụ tải phân bố không đều tâm phụ tải của phân xưởng được xác định giống như trọng tâm của một khối vật thể.
- Lúc đó trọng tâm phụ tải là điểm $M(x_0, y_0, z_0)$ có các tọa độ:

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

S_i - phụ tải của phần xởng thứ i .

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

Lưu ý: Chỉ xét đến toạ độ theo chiều cao (trục Oz) khi phụ tải bố trí tại độ cao khác nhau

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

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

T_i - thời gian làm việc của phụ tải thứ i

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

2. Trạm biến áp

2.1. Phân loại và vị trí đặt trạm

a) Phân loại

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

b) Vị trí đặt trạm

- Nguyên tắc chung

+ Gần tâm phụ tải.

+ Không ảnh hưởng đi lại và sản xuất.

+ Điều kiện thông gió, phòng cháy, nổ tốt, tránh bụi, hơi hoá chất.

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

2.2. Lựa chọn số lượng, dung lượng máy biến áp cho trạm

a) Số lượng máy biến áp

- + Trạm 1 máy: loại trạm này tiết kiệm diện tích đất, vận hành đơn giản với chi phí vận hành thấp, 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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Hộ loại I: được cấp từ 2 nguồn độc lập (có thể lấy nguồn từ 2 trạm gần nhất mỗi trạm đó chỉ cần 1 máy).

Nếu hộ loại 1 nhận điện từ một 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.

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

Hộ loại III: trạm chỉ cần 1 máy.

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

b) Chọn dung lượng máy biến áp

Một số điểm cần lưu ý khi chọn dung lượng máy:

- + Dây công suất máy biến áp
- + Hiệu chỉnh nhiệt độ
- + Khả năng quá tải của máy
- + Phụ tải tính toán
- + Tham khảo số liệu dung lượng biến áp theo điều kiện tổn thất kim loại màu ít nhất.

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

- *Dãy công suất*

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

+ Trong cùng một xí nghiệp nên chọn cùng một cỡ công suất, nếu phụ tải P_{tt} khác nhau có thể lựa chọn nhiều hơn một loại nhưng không vượt quá 2-3 loại điều này thuận tiện cho thay thế, sửa chữa, dự trữ trong kho.

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

- Hiệu chỉnh nhiệt độ

Máy biến áp do Liên Xô chế tạo được qui định:

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

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

dung lượng máy biến áp cần được hiệu chỉnh theo môi trường lắp đặt thực tế

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

+ Trong điều kiện bình thường:

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

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

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

Trạm 2 máy:

$$k_{qt} \cdot S_{đm} \geq S_{sc}$$

Trạm n máy:

$$(n-1) \cdot k_{qt} \cdot S_{đm} \geq S_{sc}$$

khi không có số liệu có thể lấy $k_{qt} = 1,4$ với điều kiện hệ số tải trước sự cố không quá 93 % và không tải quá 3 ngày, mỗi ngày không quá 6 giờ.

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

2.3. Vận hành kinh tế trạm biến áp

a. Theo tổn thất công suất trong trạm biến áp

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

$$\Delta P'_0 = \Delta P_0 + k\Delta Q_0 \quad - \text{tổn thất không tải qui dẫn}$$

$$\Delta P'_N = \Delta P_N + k\Delta Q_N \quad - \text{tổn thất ngắn mạch qui dẫn}$$

k - hệ số qui đổi (còn gọi đương lượng kinh tế của công suất phản kháng) cho biết tổn thất công suất tác dụng do phải truyền tải công suất phản kháng

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Trường hợp có n máy giống nhau mắc song song

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

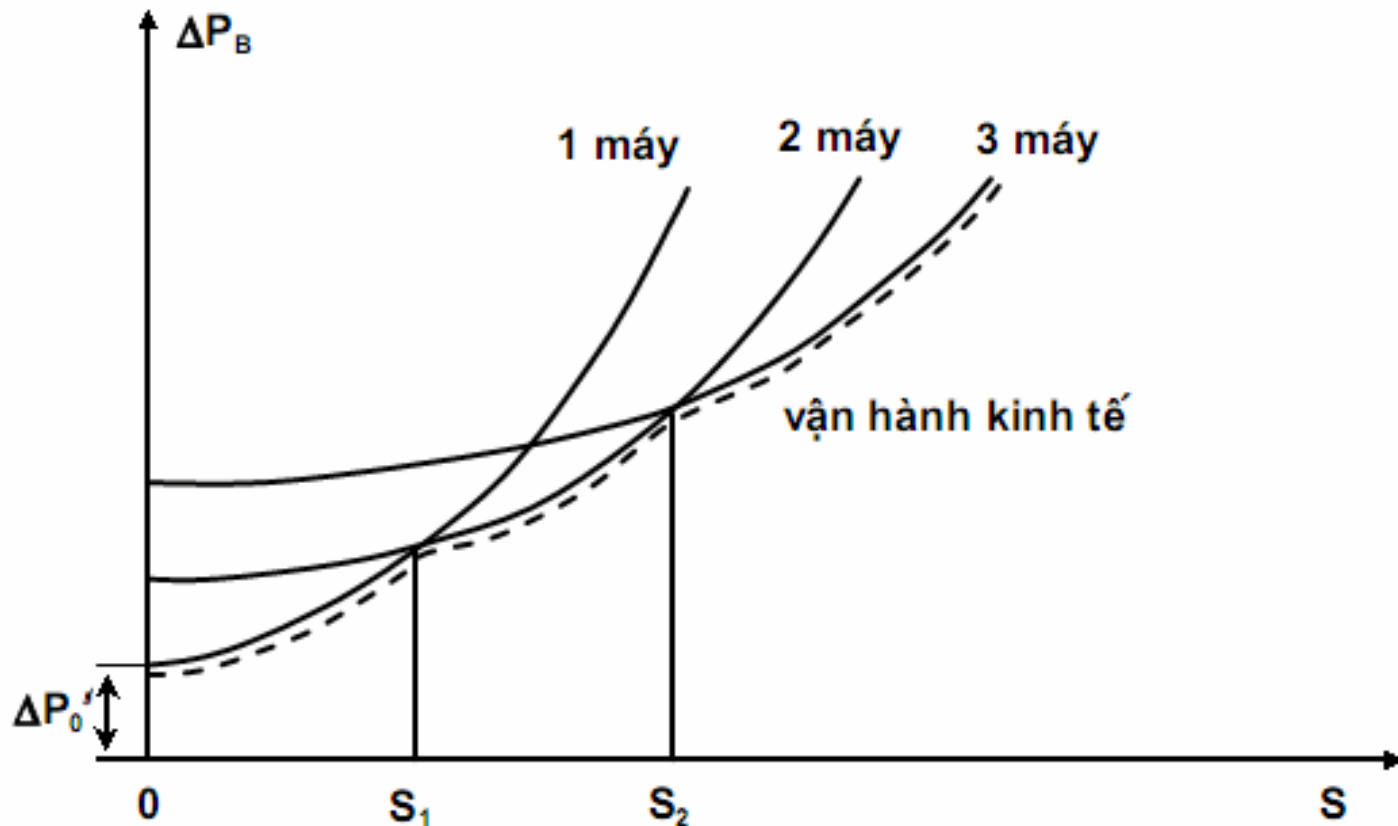
Như vậy giữa tổn thất và công suất có quan hệ

$$\Delta P'_{ba} = a + b \cdot S^2$$

$$\text{Với } a = n \cdot \Delta P'_0 \quad b = \frac{1}{n} \frac{\Delta P'_N}{S_{đm}^2}$$

Đường đồ thị biểu diễn tổn thất công suất là đường parabol, độ dốc phụ thuộc vào hệ số b

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP



Tổn thất trong trạm biến áp với các chế độ 1 máy, 2 máy và 3 máy biến áp làm việc

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

$$n \cdot \Delta P'_0 + \frac{1}{n} \Delta P'_N \left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}} \right)^2 = (n+1) \cdot \Delta P'_0 + \frac{1}{n+1} \Delta P'_N \left(\frac{S_{pt}}{S_{đm}} \right)^2$$

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Từ biểu thức có thể xác định được các giá trị S_1 và S_2 trên đồ thị

$$S_1 = S_{\text{đm}} \sqrt{2 \frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N}} \quad \text{ứng với } n = 1$$

$$S_2 = S_{\text{đm}} \sqrt{6 \frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N}} \quad \text{ứng với } n = 2$$

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Ví dụ: Trạm biến áp gồm 3 máy giống nhau có thông số $S_{\text{đm}} = 560$ kVA; $\Delta P_0 = 2,5$ kW; $\Delta P_N = 9,4$ kW. Hãy xác định thời điểm đóng thêm máy biến áp theo quan điểm vận hành kinh tế trạm biến áp.

Giải:

Thời điểm để đóng máy biến áp thứ 2

$$S_1 = S_{\text{đm}} \sqrt{2 \frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N}} = 560 \sqrt{2 \frac{2,5}{9,4}} = 408 \text{ (kVA)}$$

Thời điểm để đóng máy biến áp thứ 3

$$S_2 = S_{\text{đm}} \sqrt{6 \frac{\Delta P'_0}{\Delta P'_N}} = 560 \sqrt{6 \frac{2,5}{9,4}} = 707 \text{ (kVA)}$$

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

b. Theo tổn thất điện năng trong trạm biến áp

+ Phương thức vận hành theo tổn thất công suất nhỏ nhất như trên là đơn giản, tuy nhiên lại chưa hoàn toàn chính xác, do tính toán kinh tế kỹ thuật lại kể đến tổn thất điện năng, do đó yêu cầu đối với trạm biến áp là vận hành sao cho tổn thất điện năng trong trạm biến áp là nhỏ nhất.

+ Tổn thất điện năng ΔA hàng năm tính bằng biểu thức

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

Tối thiểu hóa hàm tổn thất bằng cách lấy đạo hàm của hàm $\Delta A = f(S)$ và cho bằng không

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

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

3. Đo lường và kiểm tra trạm biến áp

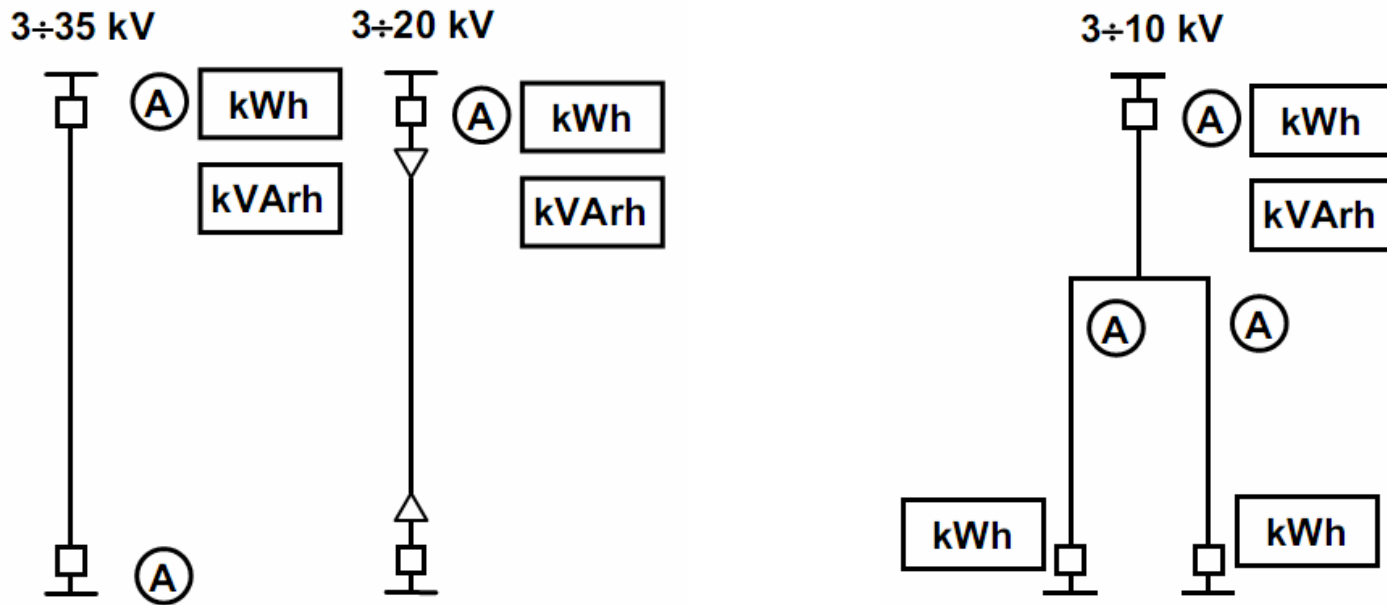
Các dụng cụ đo lường và kiểm tra trong các trạm biến áp và trạm phân phối trung tâm của xí nghiệp công nghiệp được đặt ra để theo dõi các chế độ làm việc của các trang thiết bị điện và xác định trạng thái.

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

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

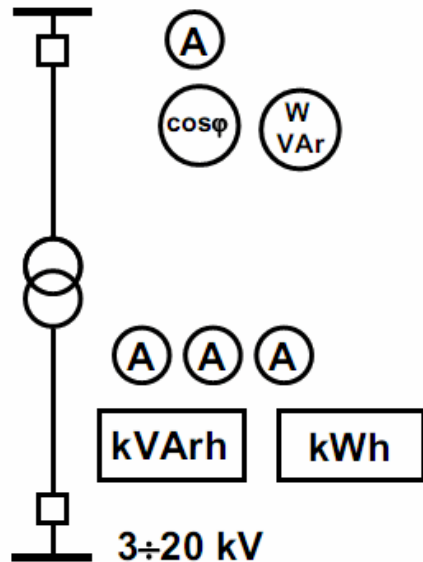
a. Với đường dây:



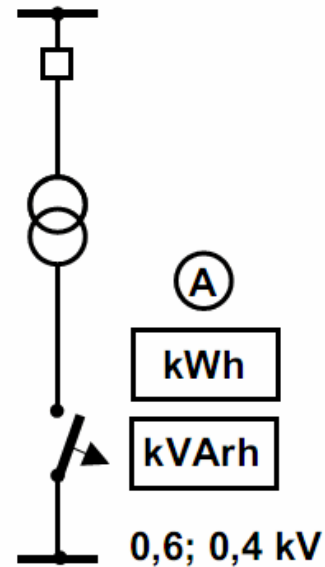
CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

b. Với các trạm biến áp:

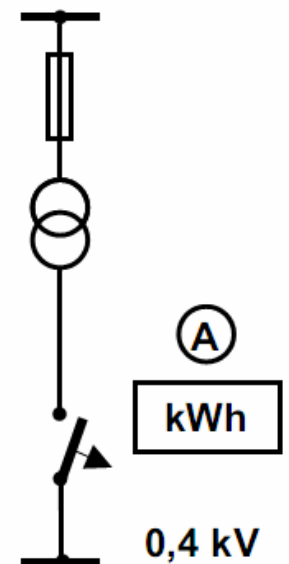
35÷220 kV



6÷20 kV



3÷20 kV



CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

4. Lựa chọn cấp điện áp cho hệ thống cung cấp điện

4.1. Các cấp điện áp dùng trong hệ thống

- Theo chức năng:
 - + Cung cấp trực tiếp cho thiết bị.
 - + Truyền tải điện năng đến hộ tiêu thụ.

a. Điện áp cấp đến thiết bị:

- + Thiết bị động lực: 127/220; 220/380; 380/660 V.
- + Các động cơ công suất lớn 6 ÷ 10 kV.
- + Thiết bị công nghệ khác: công suất đến 10 MVA cấp qua máy 6 ÷ 20 kV, công suất 15 ÷ 45 MVA cấp qua máy 35 ÷ 110 kV.
- + Thiết bị chiếu sáng 220; 110; 30; 12 V.

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

b. Điện áp truyền tải phân phối:

Từ nguồn (hệ thống) đến xí nghiệp (trạm biến áp trung tâm, trạm phân phối)

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

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

4.2. Lựa chọn điện áp tối ưu cho hệ thống cung cấp điện

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

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

So sánh và tìm ra Z_{min} từ đó xác định phương án được chọn và tìm được cấp điện áp tối ưu nằm trong dãy điện áp tiêu chuẩn

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

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

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

Tối thiểu hóa hàm chi phí từ đó tìm được U_{tu}

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

CHƯƠNG 4: SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Một số công thức kinh nghiệm để tính điện áp tối ưu theo các đại lượng: công suất, khoảng cách truyền tải và điện áp:

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

U (kV) - điện áp truyền tải.

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

P (MW) - công suất truyền tải

$$U = 16\sqrt[4]{P.l}$$

l (km) - khoảng cách cần truyền tải

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