

## Chương 3 CHỌN PHƯƠNG ÁN CUNG CẤP ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

### 2.1. Xác định cấp điện áp cho mạng điện

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. Ngoài ra còn hai yếu tố rất quan trọng trong lựa chọn cấp điện áp là những cấp điện áp thực tế hiện hành của lưới điện và điện áp làm việc của các thiết bị tải.

Sau đây là công thức tính chọn cấp điện áp theo kinh nghiệm của Đức và Hoa Kỳ.

Công thức của Vaykert - Đức

$$U = 3\sqrt{S} + 0,5l \quad 3.1$$

Công thức của Still - Hoa Kỳ

$$U = 4,34\sqrt{l + 16P} \quad 3.2$$

Trong đó: U - điện áp truyền tải, kV

S - công suất truyền tải, MVA

P - MW

l - khoảng cách cần truyền tải, km

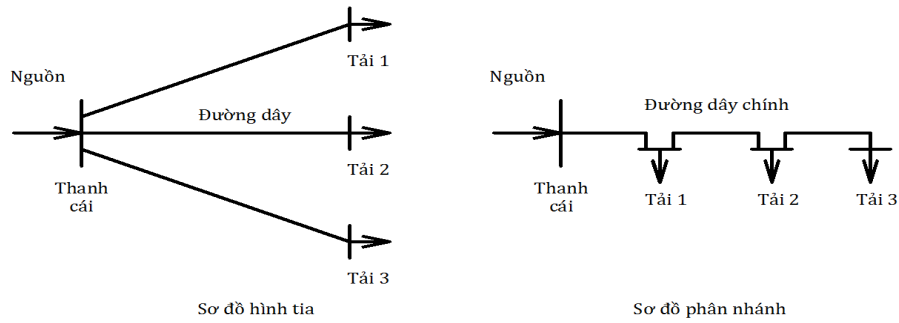
Thực tế, điện áp phụ thuộc rất nhiều yếu tố khác ngoài chiều dài đường dây và công suất, do đó trị số điện áp được tính theo công thức trên chỉ mang tính chất tham khảo. Có thể chọn cấp điện áp căn cứ vào công suất và khoảng cách truyền tải như bảng 3.1.

Bảng 3.1 giá trị gần đúng giữa U với S và l.

Cấp điện áp của lưới điện, U, [KV]	Loại đường dây	Công suất truyền tải, [KW]	Khoảng cách l, [km]
0,22	Trên không	<50	<0,15
	Cáp	<100	<0,20
0,38	Trên không	<100	<0,25
	Cáp	<175	<0,35
6	Trên không	<2000	5÷10
	Cáp	<3000	<8
10	Trên không	<3000	<8÷15
	Cáp	<5000	<10
22	Trên không	2000÷10000	20÷50
110	Trên không	10000÷50000	50÷150
220	Trên không	100000÷150000	200÷300

## 2.2. Sơ đồ mạng điện

Sơ đồ mạng điện là những hình thức bố trí đường dây tải điện để cung cấp cho các phụ tải. Tùy theo tính chất phân bố phụ tải mà người thiết kế sử dụng dạng sơ đồ cho hợp lý. Có hai dạng sơ đồ cơ bản là sơ đồ phân nhánh và hình tia ( hình 3.1).



Hình 3.1 Sơ đồ mạng điện

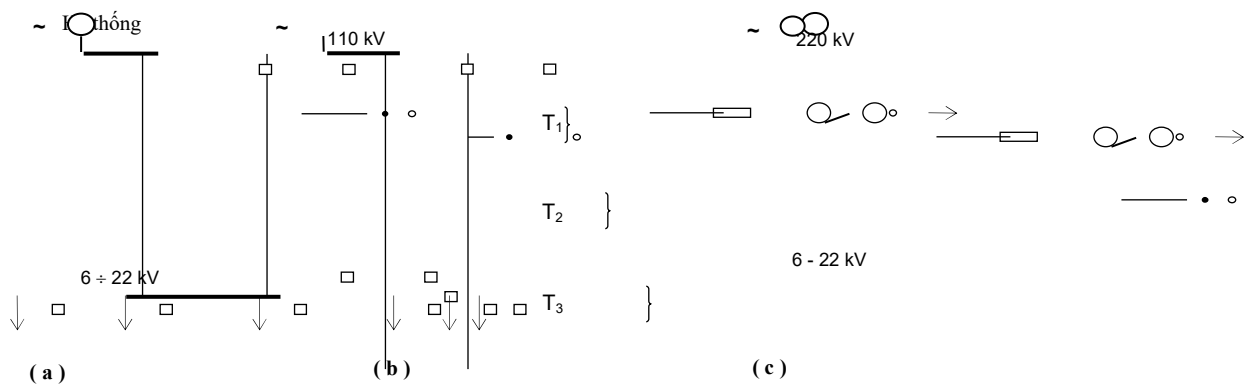
Sơ đồ hình tia thường được sử dụng trong trường hợp phụ tải phân bố đều và tải phân phối đặt gần trung tâm phụ tải.

Sơ đồ phân nhánh sử dụng trong trường hợp phụ tải phân bố trên diện tích hẹp, kéo dài hoặc nhóm máy có nhiều máy phụ (công suất rất nhỏ so với máy chính)

Trong nhiều trường hợp người ta có thể thiết kế một hệ thống điện hỗn hợp, trong đó có phần theo sơ đồ tia và phần khác của mạng theo sơ đồ phân nhánh, thậm chí nối mạch vòng.

### 2.2.1. Một số sơ đồ thường dùng

#### 2.2.1.1. Sơ đồ mạng cao áp ( như hình 3.2 (a,b,c) )

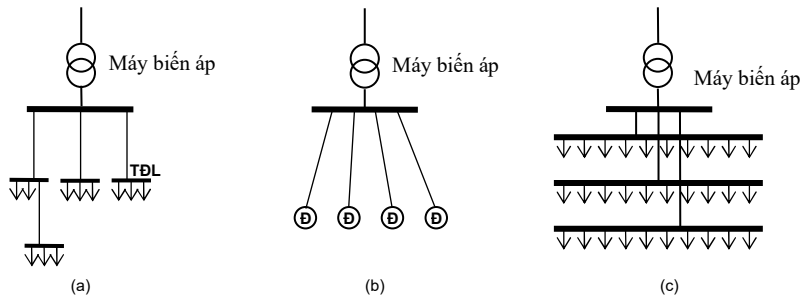


Hình 3.2 Sơ đồ mạng cao áp

Hình 3.2 a: Phụ tải được cấp bằng 2 đường dây song song, hình 3.2 b: đường dây cao thế lộ đôi dạng phân nhánh, hình 3.2 c: Đường dây cao áp song song sau đó hạ áp xuống trung áp.

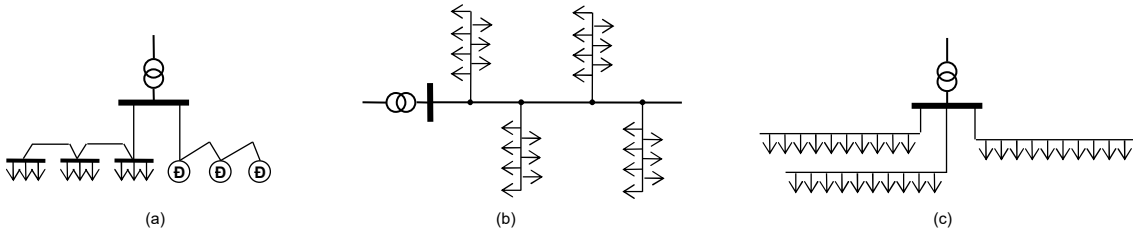
#### 2.2.1.2. Sơ đồ mạng hạ áp

Sơ đồ mạng hạ áp hình tia như hình 3.3 (a,b,c). Sơ đồ hình 3.3 (a): cung cấp cho phụ tải phân tán. Sơ đồ hình 3.3 (b): cung cấp cho phụ tải tập trung. Sơ đồ hình 3.3 (c): cung cấp cho phụ tải có mật độ tải cao.



Hình 3.3 Sơ đồ mạng hạ áp hình tia

Hình 3.4 (a,b,c) là sơ đồ phân nhánh mạng hạ áp. Sơ đồ hình 3.4 (a): là dạng hỗn hợp cung cấp cho 2 nhóm phụ tải. Sơ đồ hình 3.4 (b): cung cấp điện bằng đường dây trực. Sơ đồ hình 3.4 (c): về hình thức giống hình 3.4 (a).



Hình 3.4 Sơ đồ phân nhánh mạng hạ áp

## 2.3. Tính toán và chọn công suất máy biến áp phân xưởng

### 2.3.1. Khái niệm

Trạm biến áp là nơi biến đổi điện năng từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác đáp ứng nhu cầu sử dụng. Trong hệ thống điện có hai loại trạm biến áp là trạm tăng áp và trạm hạ áp. Nếu phân loại trạm theo những điều kiện khác nhau thì có các loại trạm biến áp sau.

#### Phân loại theo nhiệm vụ.

- Trạm biến áp trung gian: nhận điện của hệ thống điện ở cấp cao áp (110, 220 kV) để biến đổi thành cấp trung áp ( $U = 10; 22\text{kV}$ ).
- Trạm biến áp phân xưởng: nhận điện từ trạm biến áp trung gian biến đổi xuống các cấp điện áp thích hợp để phục vụ cho các phụ tải phân xưởng, thông thường cấp điện áp thông dụng trong công nghiệp và dân dụng là 0,4 kV.

#### Phân loại theo cấu trúc.

- Trạm biến áp ngoài trời: các thiết bị điện như dao cách ly, máy cắt, máy biến áp được đặt ngoài trời; các thiết bị phân phối phía điện áp thấp thì đặt trong nhà hoặc đặt trong tủ điện.
- Trạm biến áp trong nhà: tất cả các thiết bị đều đặt trong nhà.

### 2.3.2. Tính toán và chọn công suất máy biến áp phân xưởng

**Vị trí:** các trạm biến áp phải thỏa mãn yêu cầu:

- An toàn và liên tục cung cấp điện.
- Vị trí lắp đặt gần trung tâm phụ tải và thuận tiện cho nguồn cung cấp đi tới.
- Thao tác, vận hành và 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. Những đường dây dẫn đến trạm thường có cấp điện áp 110, 220 kV. Do trạm chiếm diện tích mặt bằng khá lớn vì thế không thể đưa trạm vào quá sâu trong xí nghiệp. Đối với trạm biến áp phân xưởng có thể ở bên ngoài, liền kề hoặc bên trong phân xưởng mặc dù về mặt lý thuyết cần chọn vị trí đặt trạm tại tâm phụ tải.

Số lượng máy biến áp cho một trạm: mỗi trạm nên đặt 1 máy, khi cần thiết có thể đặt 2 máy, không nên đặt nhiều hơn 3 máy.

- Trạm 1 máy: Tiết kiệm mặt bằng, vật tư, vận hành đơn giản. Nhưng không đảm bảo được độ tin cậy cung cấp điện như trạm 2 máy.
- Trạm 2 máy: độ tin cậy cao hơn trạm có 1 máy nhưng chi phí cao hơn.
- Trạm 3 máy: Chỉ được dùng vào trường hợp đặc biệt.

### 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,  $\cos\varphi$ , mức bằng phẳng của đồ thị phụ tải, tính chất tải.

Chọn dung lượng máy biến áp theo phụ tải tính toán là phương pháp đơn giản nhất.

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 tính chọn công suất cho một máy biến áp theo điều kiện sau.

$$n \cdot S_{dm} \geq S_{tt} \quad 3.4$$

Trong đó:  $S_{dm}$  là công suất 1 máy biến áp.

$S_{tt}$  là công suất tính toán của phụ tải mà trạm biến áp cung cấp điện.

$n$  là số lượng máy biến áp trong trạm.

Trong trường hợp trạm có 2 máy biến áp, để đáp ứng yêu cầu khi có một máy bị sự cố cần phải sửa chữa thì máy còn lại phải đảm bảo cung cấp điện đủ cho số lượng phụ tải tối thiểu nào đó gọi là phụ tải sự cố ( $S_{sc}$ ). Đối với trạm có 2 máy thì điều kiện là.

$$k_{qt} \cdot S_{dm} \geq S_{sc} \quad 3.5$$

Trong đó:  $k_{qt}$  – hệ số quá tải của máy biến áp.

$S_{sc}$  – là công suất tối thiểu của phụ tải khi xảy ra sự cố.

Khi không có số liệu về  $k_{qt}$  thì có thể lấy  $k_{qt} = 1,4$

**Ví dụ 3.1:** Hãy tính chọn công suất và số lượng máy biến áp của một trạm biến áp cung cấp cho phụ tải có  $S_{tt} = 80$  KVA, trong đó phụ tải loại I chiếm 60 KVA. Cấp điện áp 22/0,4 KV.

**Giải:**

Do có phụ tải loại I nên chọn trạm có 2 máy biến áp.

$$n \cdot S_{dm} \geq S_{tt} \implies S_{dm} \geq \frac{S_{tt}}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ (KVA)}$$

Tính theo công thức khi có sự cố.

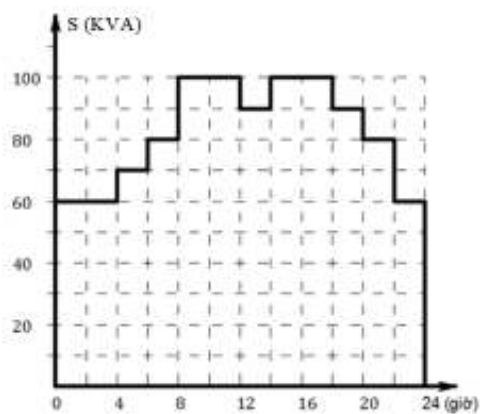
$$k_{qt} S_{dm} \geq S_{sc} \implies S_{dm} \geq \frac{S_{sc}}{k_{qt}} = \frac{60}{1,4} = 42,8 \text{ (KVA)}$$

Do vậy theo tính toán phải chọn  $S_{dm} \geq 42,8$  (KVA) – dựa vào bảng tra 10 chọn  $S_{BA} = 50$  (KVA).

Lý do: Không có máy có dung lượng từ 40 KVA đến cận 50 KVA.

### 2.3.3. Tính toán và chọn công suất máy biến áp theo đồ thị phụ tải

Cho đồ thị phụ tải ngày của một phân xưởng như sau :



Dung lượng máy biến áp được xác định theo công thức sau

$$S_{BA} \geq \frac{S_{max}}{K_{qt}}$$

Trong đó:

$S_{BA}$ : công suất biểu kiến máy biến áp

$S_{max}$ : công suất biểu kiến cực đại của phân xưởng

$K_{qt}$ : hệ số quá tải của máy biến áp.

Hệ số quá tải của máy biến áp được xác định như sau:

$$K_{qt} = 1 + (1 - K_{dk}) \cdot 0,3$$

Trong đó:

$K_{dk}$ : hệ số điền kín của đồ thị phụ tải

Hệ số điền kín của đồ thị phụ tải được tính theo công thức:

$$K_{dk} = \frac{P_{tb}}{P_{max}}$$

## 2.4. Vận hành kinh tế trạm biến áp

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. 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.

Vận hành kinh tế trạm biến áp là tìm cách vận hành sao cho vừa đạt được nhiệm vụ chính là cấp điện an toàn, đồng thời tiết kiệm nhất. Tiết kiệm ở đây nghĩa là làm sao để tăng tuổi thọ của thiết bị, giảm hư hỏng, giảm tổn hao. Vấn đề này chỉ có ý nghĩa khi trạm có từ 2 máy biến áp trở lên.

Tổn thất công suất trong máy biến áp được tính như sau:

$$\Delta P_{BA} = \Delta P_0 + \Delta P_N \left( \frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \quad 3.6$$

Trong đó:  $\Delta P_0$  [KW] – tổn thất công suất tác dụng không tải của mba (tổn hao sắt).

$\Delta P_N$  [KW] – tổn thất công suất tác dụng khi ngắn mạch (tổn hao đồng).

$S_{pt}$  [KVA] – là công suất của phụ tải.

$S_{dm}$  [KVA] – là công suất của mba.

Tổn thất công suất tác dụng cần thiết để vận chuyển công suất phản kháng bị tổn thất  $\Delta Q$  là.

$$k_{kt} \Delta P_{BA} = k_{kt} \left( \Delta Q_0 + \Delta Q_N \left( \frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \right) \quad 3.7$$

$$\Delta Q_0 = S_{dm} \frac{i_0 \%}{100} ; \quad \Delta Q_N = S_{dm} \frac{U_N \%}{100} \quad 3.8$$

Trong đó:  $k_{kt}$  [KW/KVAR] – đương lượng kinh tế của công suất phản kháng.

$\Delta Q_0$  [KW] – công suất phản kháng để từ hóa mba ở điện áp không đổi.

$\Delta Q_N$  [KW] – tổn thất công suất phản kháng khi ngắn mạch.

$i_0\%$  – dòng điện không tải mba tính theo %.

$U_N\%$  – điện áp ngắn mạch của mba tính theo %.

$$k_{kt} = 0,02 \div 0,15$$

Tổn thất toàn bộ trong mba là:

$$\Delta P'_{BA} = \Delta P_{BA} + k_{kt} \cdot \Delta Q = \Delta P_0 + k_{kt} \cdot \Delta Q_0 + \left( \Delta P_N + \Delta Q_N k_{kt} \right) \left( \frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \quad 3.9$$

Ta đặt:

$$\begin{aligned} \Delta P'_0 &= \Delta P_0 + k_{kt} \cdot \Delta Q_0 \\ \Delta P'_N &= \Delta P_N + \Delta Q_N k_{kt} \end{aligned} \quad 3.10$$

Công thức 3.9 trở thành:

$$\Delta P'_{BA} = \Delta P'_0 + \Delta P'_N \left( \frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \quad 3.11$$

Phương trình có dạng  $y = ax^2 + b$  là một đường parabol. Biến  $x$  là  $S_{pt}$ .

Trường hợp tổng quát trạm có  $n$  máy làm việc song song thì tổn thất của  $n$  máy tính theo công thức sau.

$$\Delta P'_{nBA} = n \cdot \Delta P'_0 + \frac{1}{n} \Delta P'_N \left( \frac{S_{pt}}{S_{dm}} \right)^2 \quad 3.12$$

Tổn thất được công suất trong trạm biến áp được biểu diễn bằng đồ thị như hình 3.5.

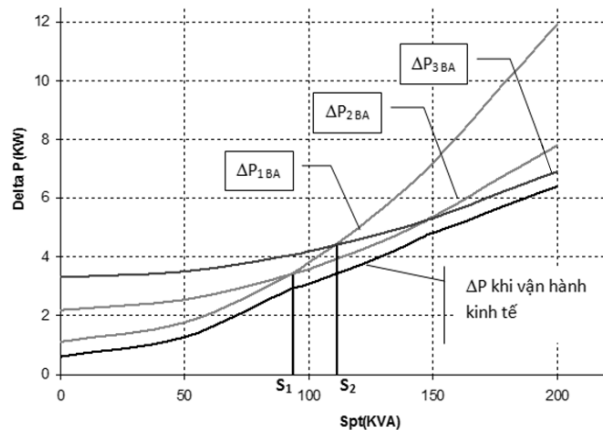
Khi  $S_{pt} < S_1$  vận hành 1 mba

Khi  $S_1 < S_{pt} < S_2$  vận hành 2 mba

Khi  $S_{pt} > S_2$  vận hành 3 mba

**Ví dụ 3.2:** Một trạm biến áp có 2 mba giống nhau có các thông số cơ bản như sau: điện áp 10/0,4 (KV); công suất 100 (KVA); tổn thất không tải  $\Delta P_0 = 730$  (W); tổn thất ngắn mạch  $\Delta P_N = 2400$  (W);  $U_N\% = 5,5$ ;  $i_0\% = 7,5$ .

Hãy tính toán vận hành kinh tế. Biết  $k_{kt} = 0,05$ , công suất tải lớn nhất là 250 (KVA).



Hình 3.5 Vận hành kinh tế trạm biến áp

**Giải:**

Ta có:

$$\Delta Q_0 = S_{\text{đm}} \frac{i_0 \%}{100} = 100 \frac{7.5}{100} = 7,5 (\text{KVAR})$$

$$\Delta Q_N = S_{\text{đm}} \frac{U_N \%}{100} = 100 \frac{5.5}{100} = 5,5 (\text{KVAR})$$

Suy ra

$$\Delta P'_0 = \Delta P_0 + k_{\text{kt}} \cdot \Delta Q_0 = 730 + 0,05 \cdot 7500 = 1105 (\text{W}) = 1,1 (\text{KW})$$

$$\Delta P'_N = \Delta P_N + \Delta Q_N k_{\text{kt}} = 2400 + 0,05 \cdot 5500 = 2675 (\text{W}) = 2,7 (\text{KW})$$

Tổn thất trong 1 mba là:

$$\Delta P'_{1\text{BA}} = \Delta P'_0 + \Delta P'_N \left( \frac{S_{\text{pt}}}{S_{\text{đm}}} \right)^2 = 1,1 + 2,7 \left( \frac{S_{\text{pt}}}{100} \right)^2 \quad (\text{a})$$

Tổn thất trong 2 mba là:

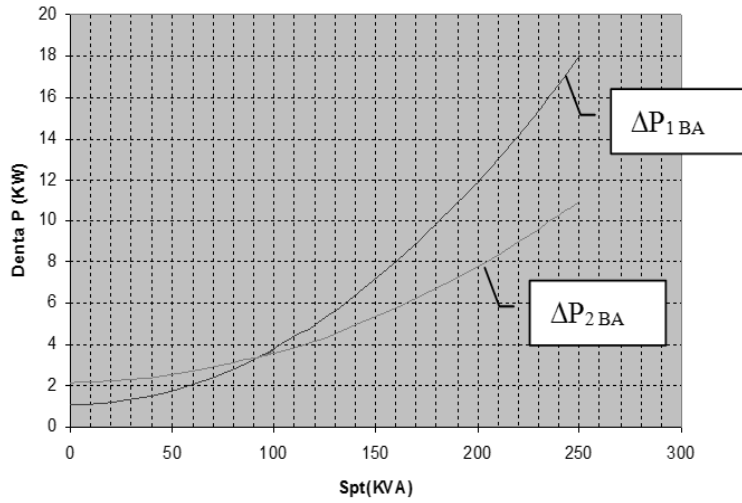
$$\Delta P'_{2\text{BA}} = 2 \cdot \Delta P'_0 + \frac{1}{2} \Delta P'_N \left( \frac{S_{\text{pt}}}{S_{\text{đm}}} \right)^2 = 2 \cdot 1,1 + \frac{1}{2} \cdot 2,7 \left( \frac{S_{\text{pt}}}{100} \right)^2 = 2,2 + 1,4 \left( \frac{S_{\text{pt}}}{100} \right)^2 \quad (\text{a})$$

Ta lập bảng tính tổn thất cho 2 trường hợp trên ứng với công suất tải thay đổi từ 0÷250(KVA)

$S_{\text{pt}}$	0	20	40	60	80	100	92	120	140	160	180	200	220	240	250
$\Delta P'_{1\text{BA}}$	1.1	1.21	1.53	2.07	2.83	3.8	3.39	4.99	6.39	8.01	9.85	11.9	14.2	16.7	18
$\Delta P'_{2\text{BA}}$	2.2	2.26	2.42	2.7	3.1	3.6	3.38	4.22	4.94	5.78	6.74	7.8	8.98	10.3	11



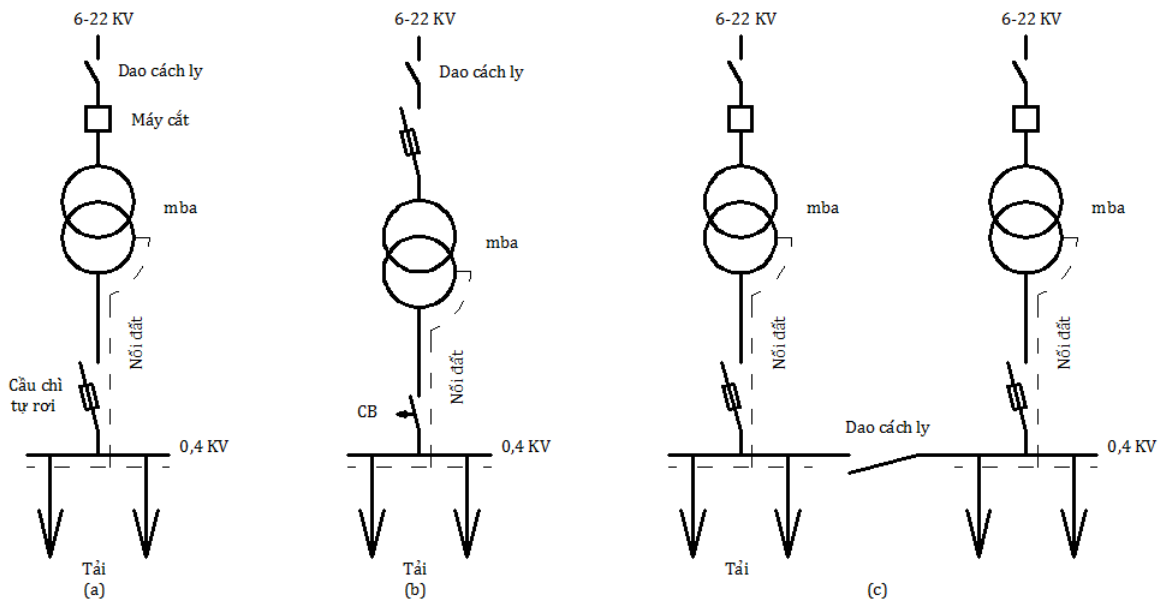
Tổn thất công suất trong trường hợp 1 và 2 máy



Hình 3.6 Tổn thất công suất trạm biến áp có 2 máy

Ta thấy tại vị trí có phụ tải 92 (KVA) thì tổn thất bằng nhau khi vận hành 1 hoặc 2 máy, vậy khi phụ tải < 92 (KVA) nên vận hành 1 máy và khi phụ tải > 92 (KVA) thì vận hành 2 máy.

### 2.5. Sơ đồ nối dây trạm biến áp phân xưởng

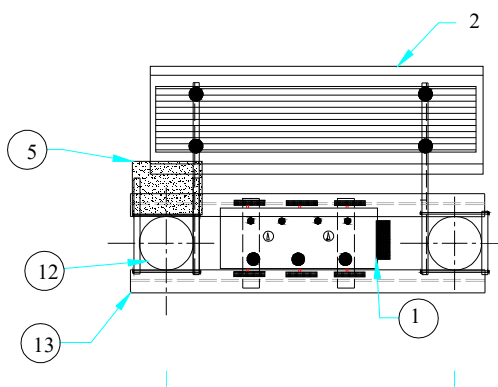


Hình 3.7 Sơ đồ nối dây trạm biến áp phân xưởng

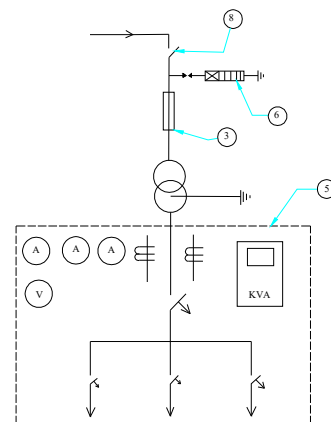
Sơ đồ của trạm có 1 mba như hình 3.7 (a,b): có thể sử dụng máy cắt và cầu chì tự rơi ở phía cao áp, còn phía hạ áp dùng cầu chì tự rơi ( hình a), hoặc sử dụng dao cách ly kết hợp cầu chì tự rơi ở phía cao áp và CB ở hạ áp ( hình b). Sơ đồ của trạm có 2 mba như hình 3.7 (c): phía hạ áp được liên kết bằng dao cách ly hoặc cầu dao.

Dưới đây là bản vẽ của một trạm biến áp thực tế.

KÝ HIỆU TRÊN BẢN VẼ	GHI CHÚ
1	Máy biến áp 10/0,4KV
2	Giàn theo tác
3	Cầu chì tự rơi
4	Sứ
5	Tủ hạ thế
6	Chống sét
7	Thanh truyền động dao cách ly
8	Dao cách ly
9	Thang
10	Thanh tiếp địa
11	Hộp dao cách ly
12	Cột bê tông
13	Giàn chữ I
14	Sứ cao áp
15	Dây cáp
16	Thanh dẫn

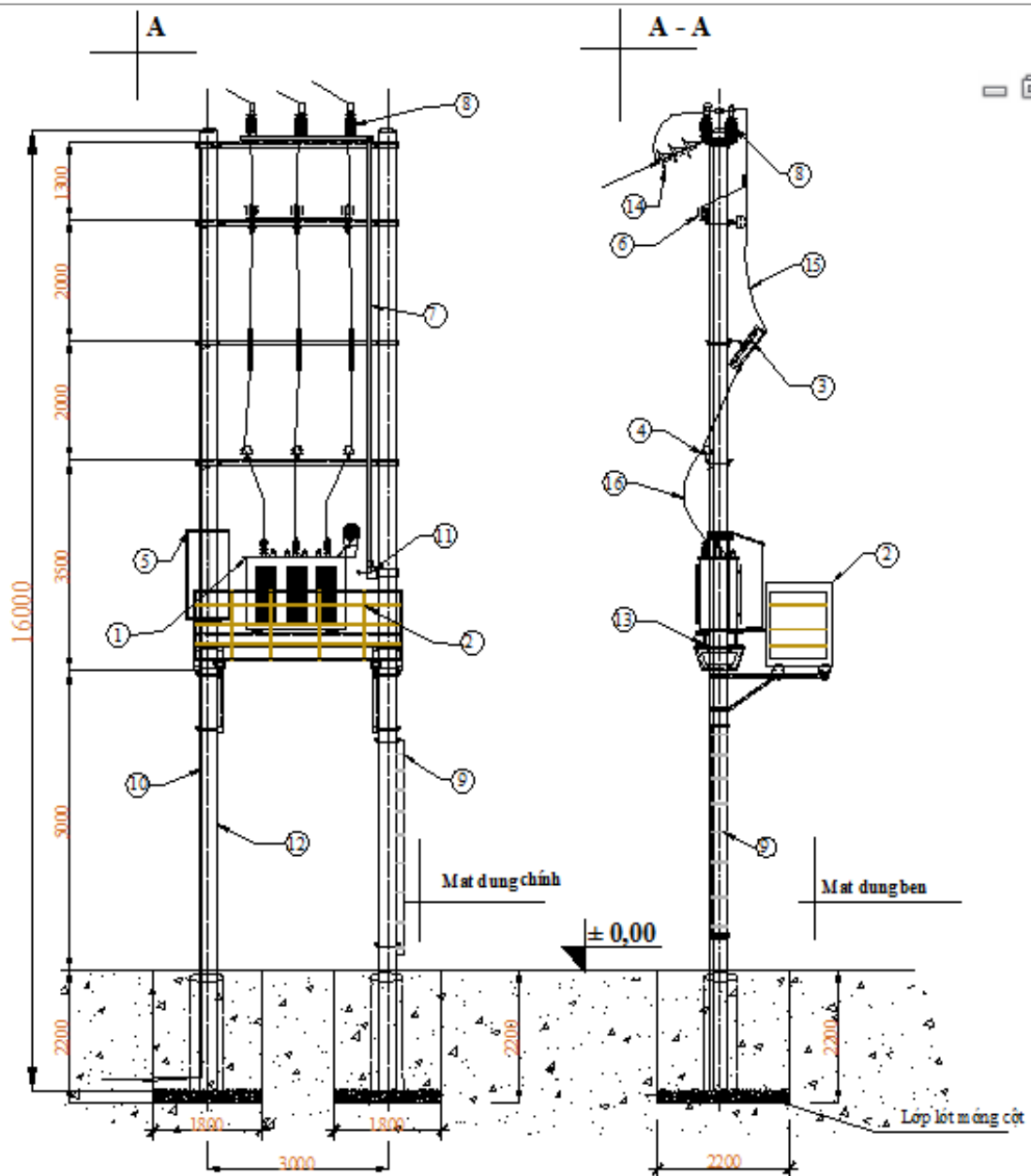


Hình 3.8 Mặt bằng Trạm biến áp



Hình 3.9 Sơ đồ nguyên lý trạm biến áp

## Bản vẽ trạm biến áp 10/04,KV

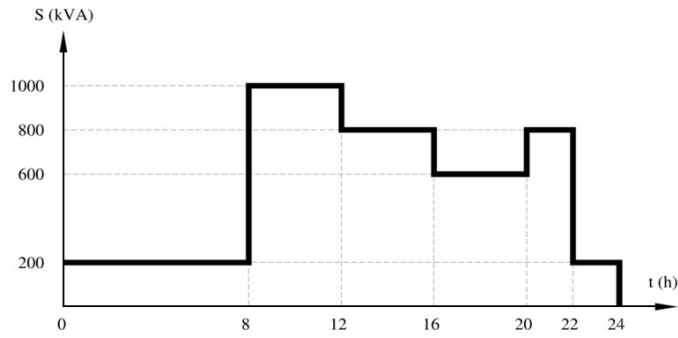


Hình 3.10 Kết cấu trạm biến áp

### CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

- 1 Hãy trình bày khái quát về lựa chọn cấp điện áp.
- 2 Hãy vẽ sơ đồ điện hình của mạng điện hình tia và mạng phân nhánh.
- 3 Hãy trình bày khái quát về trạm biến áp.
- 4 Hãy trình bày cách chọn dung lượng máy biến áp phân xưởng.
- 5\* Hãy trình bày phương pháp vận hành kinh tế trạm biến áp.
- 6 Đường dây trên không cấp nguồn cho phụ tải cách xa 5 km, công suất tải 20 MVA. Hãy tính chọn cấp điện áp hợp lý, nhận xét.
- 7 Hãy tính chọn công suất và số lượng máy biến áp của một trạm biến áp cung cấp cho phụ tải có  $S_{tt} = 200$  KVA, Phụ tải vận hành khi xảy ra sự cố 150 KVA, cấp điện áp 22/0,4 KV.

- 8\* Trạm biến áp 22/0,4 kV cung cấp cho phụ tải loại 3 có đồ thị phụ tải theo ngày và đêm trình bày ở hình. Chọn số lượng và dung lượng máy biến áp cho trạm biến áp trên ?



- 9\* Chọn số lượng và dung lượng máy biến áp của trạm biến áp 22/0,4 (KV) cung cấp điện cho nhà máy luyện kim có phụ tải điện tính toán là 1200 (KVA) trong hai trường hợp:
- Khi không biết phần trăm phụ tải loại 3 ?
  - Khi biết phần trăm phụ tải loại 3 là 20%?
- 10\* Một trạm biến áp có 2 mba giống nhau: điện áp 22/0,4 (KV); công suất 75 (KVA). Hãy tính toán vận hành kinh tế. Biết  $k_{kt} = 0,1$