



Electrical Delivery

Electrical-Electronic Faculty

CHƯƠNG 6

BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG



6.1 Tổng quan

- ✓ Trong hệ thống điện tồn tại các khái niệm như công suất tác dụng $P(\text{kW})$, công suất phản kháng $Q (\text{kVar})$, công suất biểu kiến $S(\text{kVA})$.
- ✓ Công suất tác dụng P sinh ra công có ích, biến đổi thành các dạng năng lượng khác
- ✓ Công suất phản kháng Q không sinh ra công vì vậy còn gọi là công suất vô công, tuy nhiên công suất phản kháng cần thiết để tạo từ trường phục vụ thực hiện quá trình biến đổi năng lượng.
- ✓ Công suất phản kháng được tiêu thụ bởi phụ tải như động cơ không đồng bộ, MBA, đường dây.
- ✓ Động cơ không đồng bộ tiêu thụ 60%-65%, MBA 20%-25% công suất phản kháng của lưới điện, phần còn lại là do đường dây và các phần tử khác tiêu thụ ; công suất này mang tính cảm.



Phân tích tổn hao công suất

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \Delta P_P + \Delta P_Q$$

ΔP_P –tổn hao do P gây ra

ΔP_Q –tổn hao do Q gây ra

1. Giả thiết cần truyền công suất P_1 cho tải thuần trở và điện áp là $1.05U_{đm}$

$$\Delta P_1 = 3I^2 R = \frac{P_1^2}{(1,05U_{đm})^2} R = \frac{0,91P_1^2}{U_{đm}^2} R$$

2. Giả thiết cần truyền công suất P_1 cho tải với $\cos\varphi=0.78$ và điện áp là $0.95U_{đm}$

$$\Delta P_2 = 3I^2 R = \frac{P_1^2}{(\cos\varphi)^2 (0,95U_{đm})^2} R = \frac{1,82P_1^2}{U_{đm}^2} R = 2\Delta P_1$$



Phân tích tổn hao công suất

Nhận xét

- ✓ Một phần tổn hao công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra
- ✓ Tổng tổn hao trong lưới điện chiếm 9-12%→phải giảm công suất phản kháng truyền trên đường dây và qua MBA bằng cách cấp nguồn công suất kháng tại chỗ : bù công suất phản kháng

Hệ số công suất của các thiết bị và đồ gia dụng thông thường

Equipment and appliances			cos φ	tan φ
■ Common induction motor	loaded at	0%	0.17	5.80
		25%	0.55	1.52
		50%	0.73	0.94
		75%	0.80	0.75
		100%	0.85	0.62
■ Incandescent lamps		1.0	0	
■ Fluorescent lamps (uncompensated)		0.5	1.73	
■ Fluorescent lamps (compensated)		0.93	0.39	
■ Discharge lamps		0.4 to 0.6	2.29 to 1.33	
■ Ovens using resistance elements		1.0	0	
■ Induction heating ovens (compensated)		0.85	0.62	
■ Dielectric type heating ovens		0.85	0.62	
■ Resistance-type soldering machines		0.8 to 0.9	0.75 to 0.48	
■ Fixed 1-phase arc-welding set		0.5	1.73	
■ Arc-welding motor-generating set		0.7 to 0.9	1.02 to 0.48	
■ Arc-welding transformer-rectifier set		0.7 to 0.8	1.02 to 0.75	
■ Arc furnace		0.8	0.75	

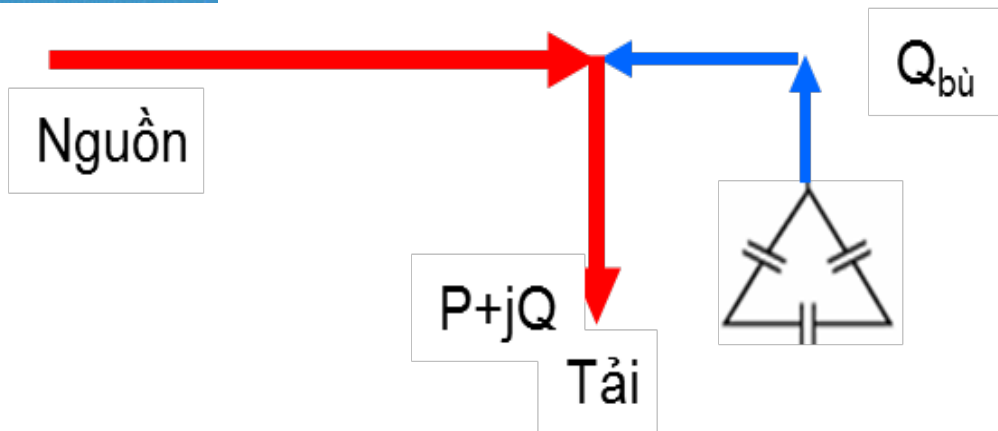


Kết luận

- ✓ Tổng hao ΔP và ΔU do Q làm tăng đầu tư ban đầu
- ✓ Q làm tăng S và tăng tải không cần thiết cho các phần tử lưới, vì dòng điện tăng
- ✓ Q làm giảm khả năng mang tải của đường dây và MBA
- ✓ Đầu tư phát và truyền tải Q từ máy phát đến tải lớn hơn nhiều so với việc tạo nguồn Q tại chỗ
- ✓ Hợp lý nếu máy phát cung cấp một phần Q , phần lớn còn bù tại chỗ



Nguyên lý bù CSPK



$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

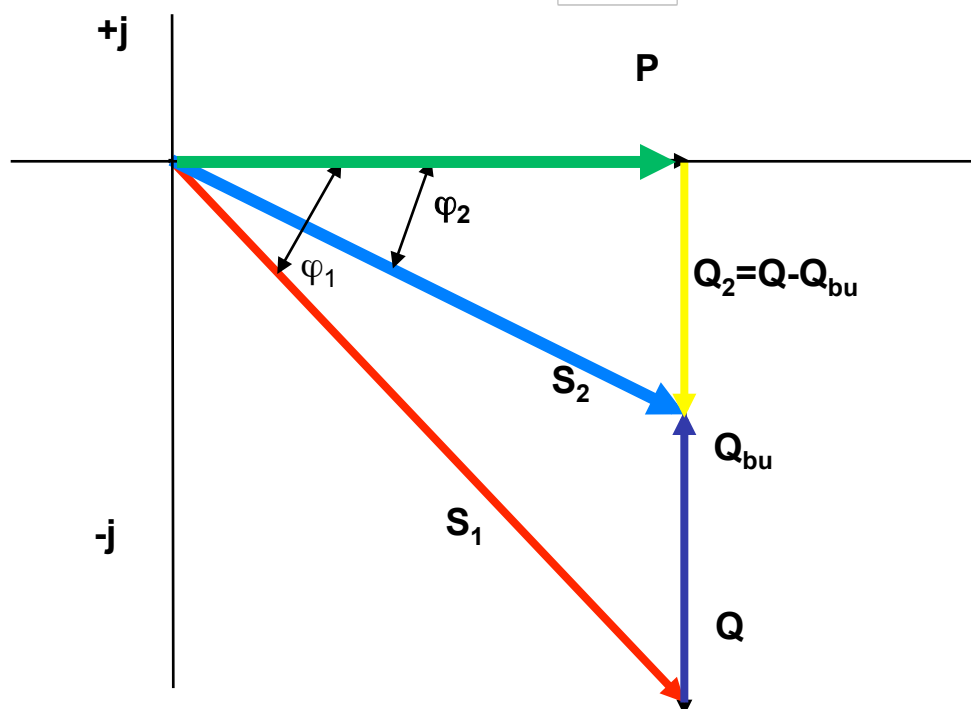
$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q - Q_{bu})^2}}$$

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q - Q_{bu})^2}{U^2} R$$

$$\Delta U_1 = \frac{PR + QX}{U}$$

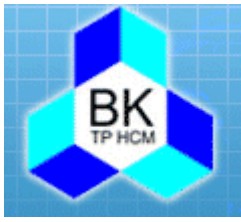
$$\Delta U_2 = \frac{PR + (Q - Q_{bu})X}{U} \quad 7$$





Mục đích bù công suất phản kháng

- ✓ Đảm bảo đạt hệ số công suất theo yêu cầu
- ✓ Nâng cao hệ số công suất của lưới điện.
- ✓ Nâng cao chất lượng điện năng lưới điện
- ✓ Giảm tổn hao công suất trong dây dẫn và MBA
- ✓ Giảm tổn hao điện áp, nâng cao điện áp tại nút
- ✓ Giảm công suất biểu kiến, giảm công suất phản kháng trong lưới
- ✓ Giảm đầu tư ban đầu cho MBA và dây dẫn do giảm dòng điện
- ✓ Giảm trung bình tổn hao công suất đến 0,081kW/kVar

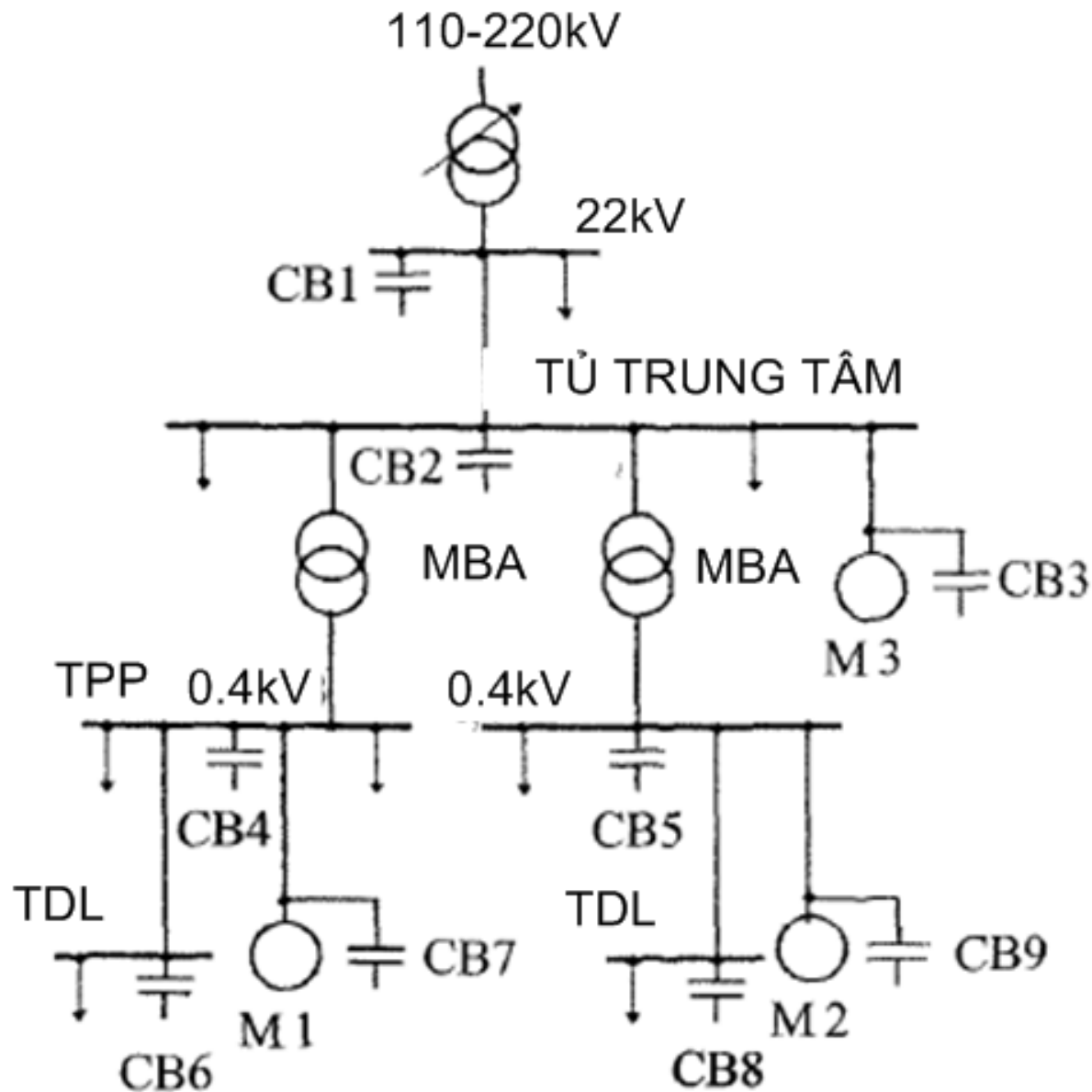


Thiết bị bù Q

- ✓ **Tụ bù:** thường sử dụng cho lưới điện hạ thế và trung thế cao thế với dung lượng vừa và nhỏ.
- ✓ **Máy bù đồng bộ** - động cơ điện đồng bộ ở chế độ quá kích từ phát Q cho lưới điện hạ thế và trung thế với dung lượng $Q_{bù}$ lớn.
- ✓ Thường tụ bù được mắc song song với thiết bị tiêu thụ điện (bù ngang)
- ✓ Trong một số trường hợp khi công suất $Q_{tải}$ của lưới thay đổi mạnh vì sử dụng lò hơi, thiết bị hàn, thì tụ nên mắc nối tiếp (bù dọc)



Vị trí lắp tụ bù Q





Vị trí lắp tụ bù Q

Bù riêng (CB_3, CB_7, CB_9)

- ✓ Bù riêng nên được xét đến khi công suất động cơ đáng kể so với công suất mạng điện
- ✓ Bộ tụ mắc trực tiếp vào đầu dây nối của thiết bị dùng điện có tính cảm.
- ✓ Bộ tụ được định mức (kvar) trong khoảng đến 25% giá trị công suất (kW) của động cơ.



Vị trí lắp tụ bù Q

Bù riêng thường đặt tại đầu cực động cơ

✓ Ưu điểm:

- Giảm tiền phạt do vấn đề tiêu thụ công suất phản kháng (kvar);
- Giảm dòng phản kháng tới động cơ;
- Giảm kích thước và tổn hao dây dẫn đối với tất cả dây dẫn.

✓ Nhược điểm

- Vận hành khó khăn
- Chỉ hoạt động khi động cơ làm việc
- Gây hiện tượng tự kích từ đối với động cơ



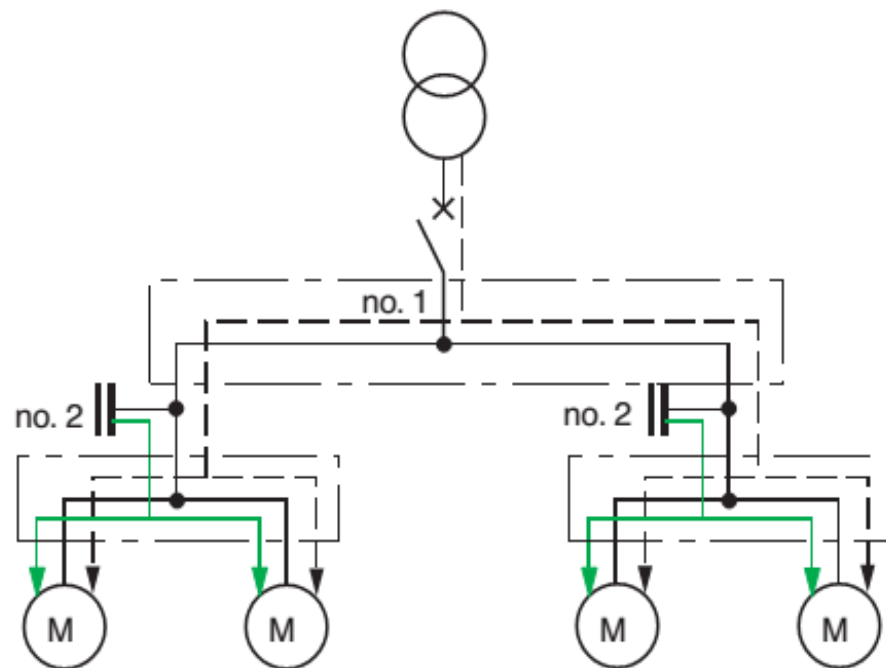
Vị trí lắp tụ bù Q

Bù theo nhóm (CB_6, CB_8)

Ưu điểm:

- Giảm tiền phạt do vấn đề tiêu thụ CSPK;
- Giảm dòng điện tới tủ động lực, phân phối
- Giảm tiết diện cáp đến các tủ phân phối;
- Giảm tổn hao trên dây dẫn
- Nhược điểm

Khi có sự thay đổi đáng kể của tải, xuất hiện nguy cơ bù dư và kèm theo hiện tượng quá điện áp.

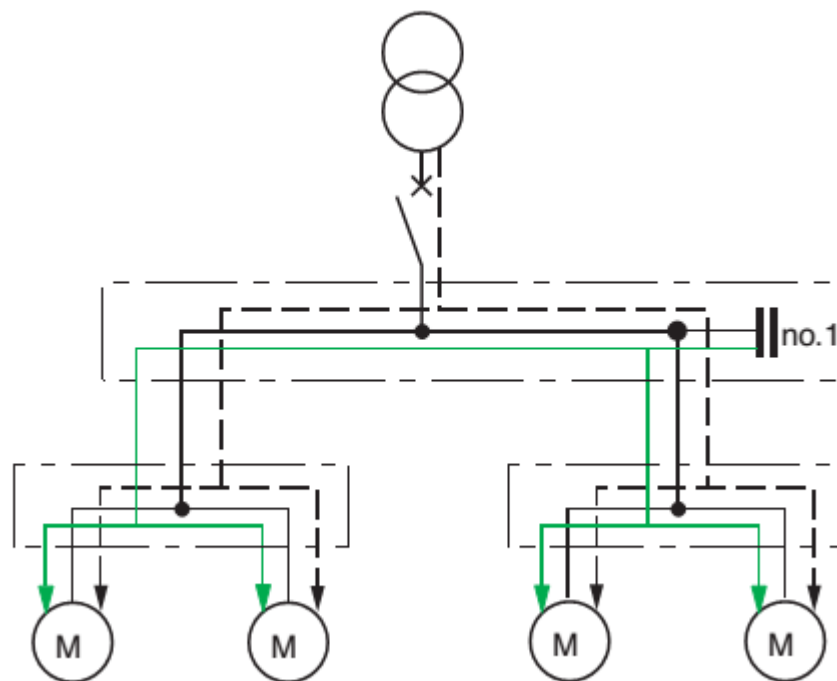




Vị trí lắp tụ bù Q

Bù tập trung (CB_1, CB_2, CB_4, CB_5)

- Áp dụng khi tải ổn định và liên tục.
- Bộ tụ đấu vào thanh góp áp của tủ phân phối chính và được đóng trong thời gian tải hoạt động





Vị trí lắp tụ bù Q

Bù tập trung

Ưu điểm

- Giảm tiền phạt do vấn đề tiêu thụ công suất phản kháng;
- Đơn giản trong vận hành và lắp đặt
- Làm nhẹ tải cho máy biến áp và do đó có khả năng phát triển thêm các phụ tải khi cần thiết.

Nhược điểm:

- Dòng điện phản kháng tiếp tục đi vào tất cả lộ ra từ phân phối chính của mạng hạ thế.
- Kích cỡ của dây dẫn, công suất tổn hao trên dây của mạng điện sau vị trí lắp tụ không được cải thiện



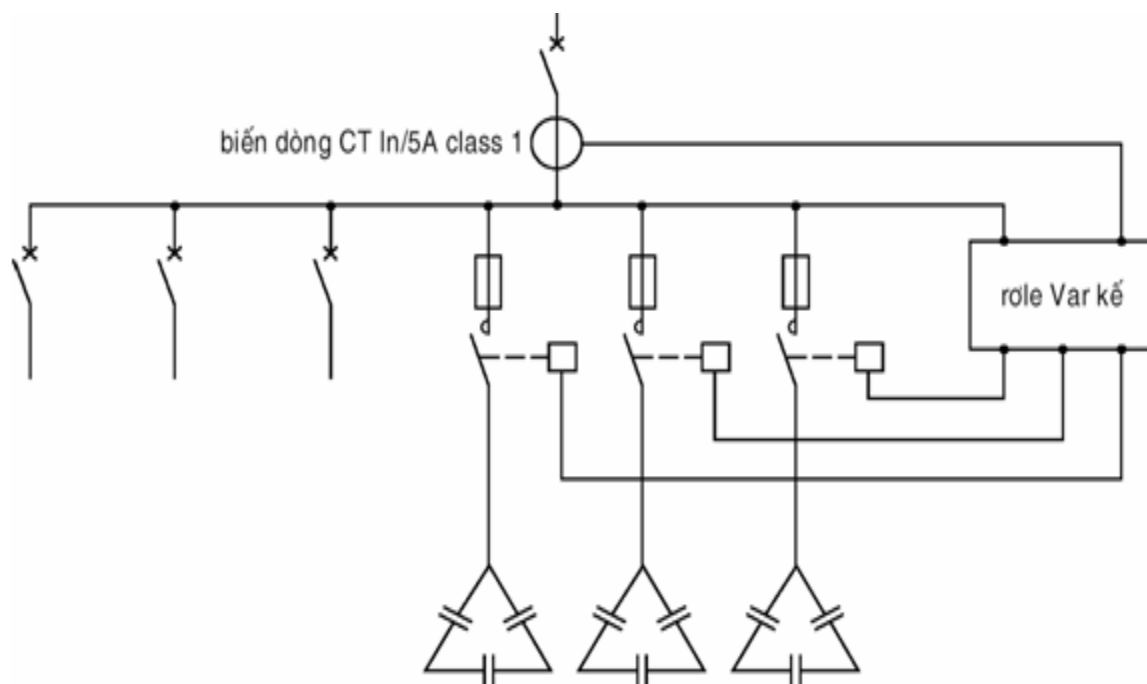
Phương thức bù Q bằng tụ điện

Bù nền và bù ứng động

- ✓ Bù nền là bù với công suất cố định, áp dụng cho dạng tải ổn định.
- ✓ Bù ứng động: thay đổi dung lượng bù theo hệ số công suất ; bắt buộc áp dụng khi $Q_{\text{bù}} \geq 15\% S_{\text{đmMBA}}$



Tụ bù cố định





Electrical Delivery

Thiết bị bù Q – hạ thế



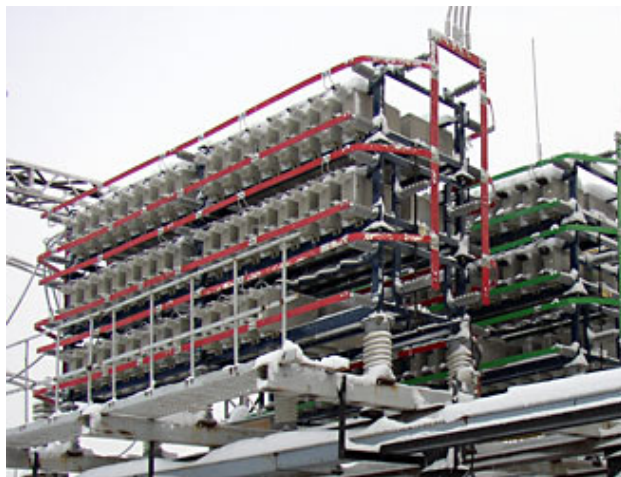


Thiết bị bù Q – trung thế





Thiết bị bù Q – cao thế





Tụ bù

Ưu điểm:

- Tổn hao trong tụ nhỏ $4,5\text{kW}/1\text{MVAr}$.
- Kích thước nhỏ, không có tiếng ồn vì không có máy điện quay
- Bảo trì đơn giản và rẻ tiền
- Có thể dễ dàng tăng giảm công suất
- Lắp đặt ở mọi vị trí theo yêu cầu



Tự bù

Nhược điểm:

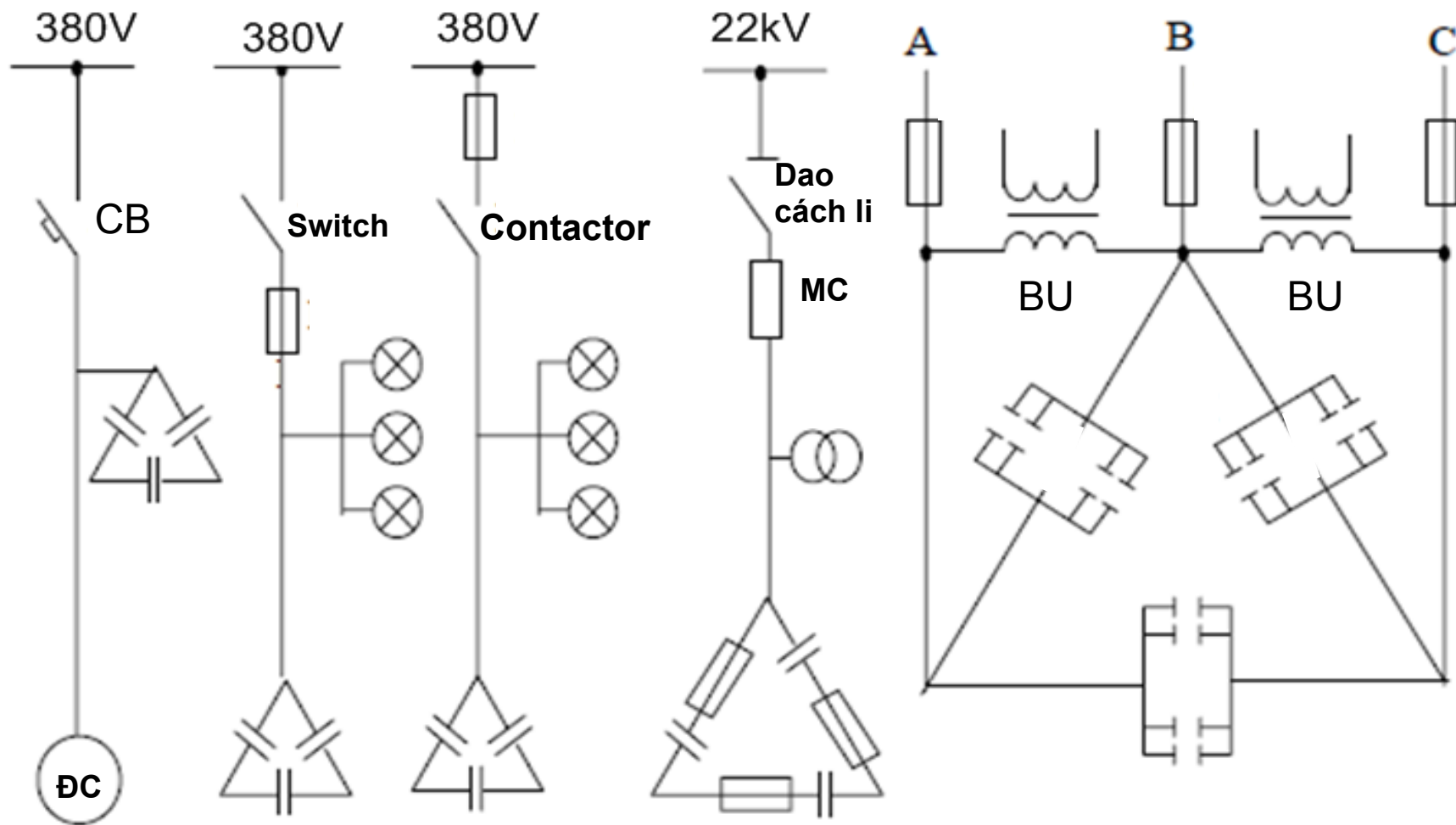
- công suất Q phát ra giảm khi điện áp giảm

$$Q_c = \left(\frac{U_{\text{lưới}}}{U_{\text{đm tu}}} \right)^2 Q_{\text{cđđ}}$$

- Sự phụ thuộc của công suất phát vào điện áp có thể gây ảnh hưởng dây chuyền ($Q \downarrow \rightarrow U \downarrow \rightarrow Q \downarrow \rightarrow U \downarrow$)
- Giảm tuổi thọ khi điện áp lưới có nhiều sóng hài



Sơ đồ kết nối tủ bù





Xác định dung lượng bù

Theo yêu cầu về hệ số công suất

✓ Dung lượng bù phụ thuộc vào hệ số công suất trước khi bù $\cos\varphi_1$ và hệ số công suất yêu cầu $\cos\varphi_2$

$$Q_{\text{bù}} = Q_1 - Q_2 = P(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2)$$



Xác định dung lượng bù

Theo yêu cầu chống
quá tải cho máy biến áp

$$Q_{\text{bù}} = Q_{\text{tt}} - Q_{\text{Bmax}}$$

Nếu $Q_{\text{bu}} \leq 0 \rightarrow$ không cần bù

Q_{Bmax} – công suất phản kháng lớn nhất mà MBA có thể truyền tải.

Q_{tt} – công suất phản kháng tải max

$$Q_{\text{Bmax}} = \sqrt{S_{\text{đmMBA}}^2 - P_{\text{tt}}^2}$$

tan φ	cos φ	Nominal rating of transformers (in kVA)											
		100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.00	1	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.20	0.98	98	157	245	309	392	490	617	784	980	1225	1568	1960
0.29	0.96	96	154	240	302	384	480	605	768	960	1200	1536	1920
0.36	0.94	94	150	235	296	376	470	592	752	940	1175	1504	1880
0.43	0.92	92	147	230	290	368	460	580	736	920	1150	1472	1840
0.48	0.90	90	144	225	284	360	450	567	720	900	1125	1440	1800
0.54	0.88	88	141	220	277	352	440	554	704	880	1100	1408	1760
0.59	0.86	86	138	215	271	344	430	541	688	860	1075	1376	1720
0.65	0.84	84	134	210	265	336	420	529	672	840	1050	1344	1680
0.70	0.82	82	131	205	258	328	410	517	656	820	1025	1312	1640
0.75	0.80	80	128	200	252	320	400	504	640	800	1000	1280	1600
0.80	0.78	78	125	195	246	312	390	491	624	780	975	1248	1560
0.86	0.76	76	122	190	239	304	380	479	608	760	950	1216	1520
0.91	0.74	74	118	185	233	296	370	466	592	740	925	1184	1480
0.96	0.72	72	115	180	227	288	360	454	576	720	900	1152	1440
1.02	0.70	70	112	175	220	280	350	441	560	700	875	1120	1400

Khả năng tải công suất P của máy biến áp đầy tải khi có hệ số $\cos\varphi$ tải khác nhau

An installation is supplied from a 630 kVA transformer loaded at 450 kW (P1) with a mean power factor of 0.8 lagging. The apparent power $S_1 = \frac{450}{0.8} = 562 \text{ kVA}$

The corresponding reactive power

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = 337 \text{ kvar}$$

The anticipated load increase $P_2 = 100 \text{ kW}$ at a power factor of 0.7 lagging.

The apparent power $S_2 = \frac{100}{0.7} = 143 \text{ kVA}$

The corresponding reactive power

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = 102 \text{ kvar}$$

What is the minimum value of capacitive kvar to be installed, in order to avoid a change of transformer?

Total power now to be supplied:

$$P = P_1 + P_2 = 550 \text{ kW}$$

The maximum reactive power capability of the 630 kVA transformer when delivering 550 kW is:

$$Q_m = \sqrt{S^2 - P^2} \quad Q_m = \sqrt{630^2 - 550^2} = 307 \text{ kvar}$$

Total reactive power required by the installation before compensation:

$$Q_1 + Q_2 = 337 + 102 = 439 \text{ kvar}$$

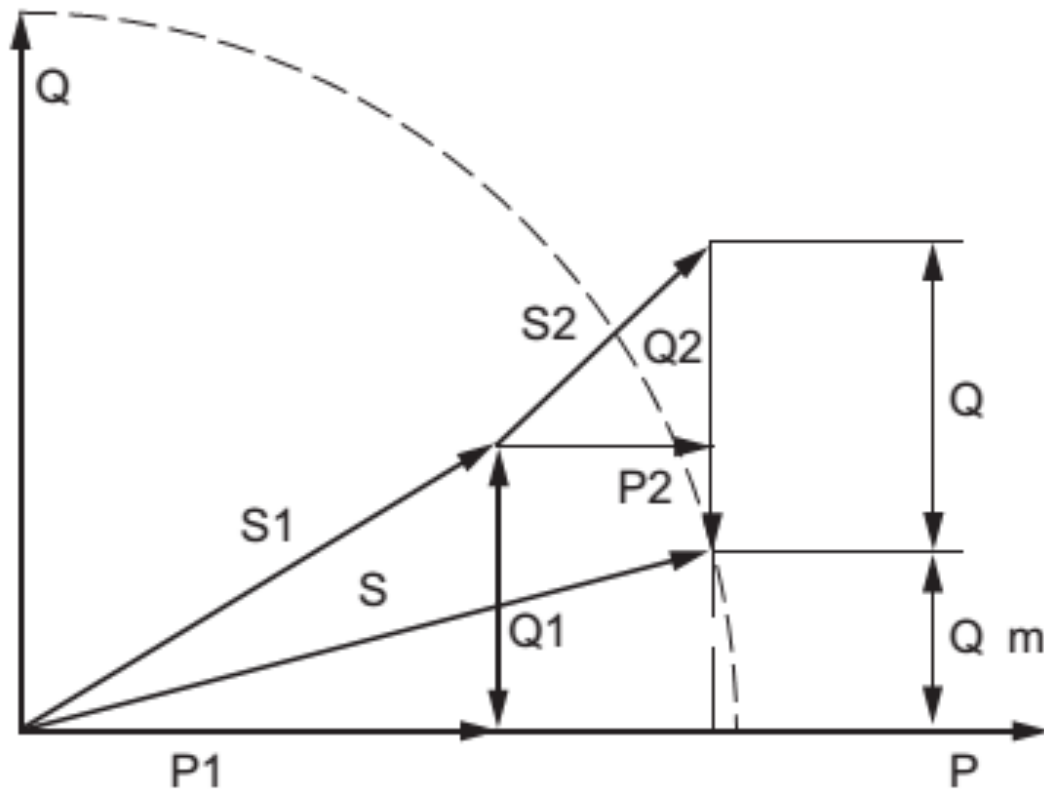
So that the minimum size of capacitor bank to install:

$$Q_{\text{kvar}} = 439 - 307 = 132 \text{ kvar}$$

It should be noted that this calculation has not taken account of load peaks and their duration.

The best possible improvement, i.e. correction which attains a power factor of 1 would permit a power reserve for the transformer of $630 - 550 = 80 \text{ kW}$.

The capacitor bank would then have to be rated at 439 kvar.



Bù Q cho phép tải của mạng tăng lên S2 , không cần thay MBA .

Công suất tối đa của trạm bằng CS S_{MBA}



Bài tập

Xác định dung lượng bù công suất phản kháng **theo yêu cầu chống quá tải cho MBA** . Công suất định mức của MBA là $S_{đm}=2000\text{kVA}$ cung cấp cho phụ tải $P_{tt}=5400\text{kW}$, $Q_{tt}=5510\text{kW}$

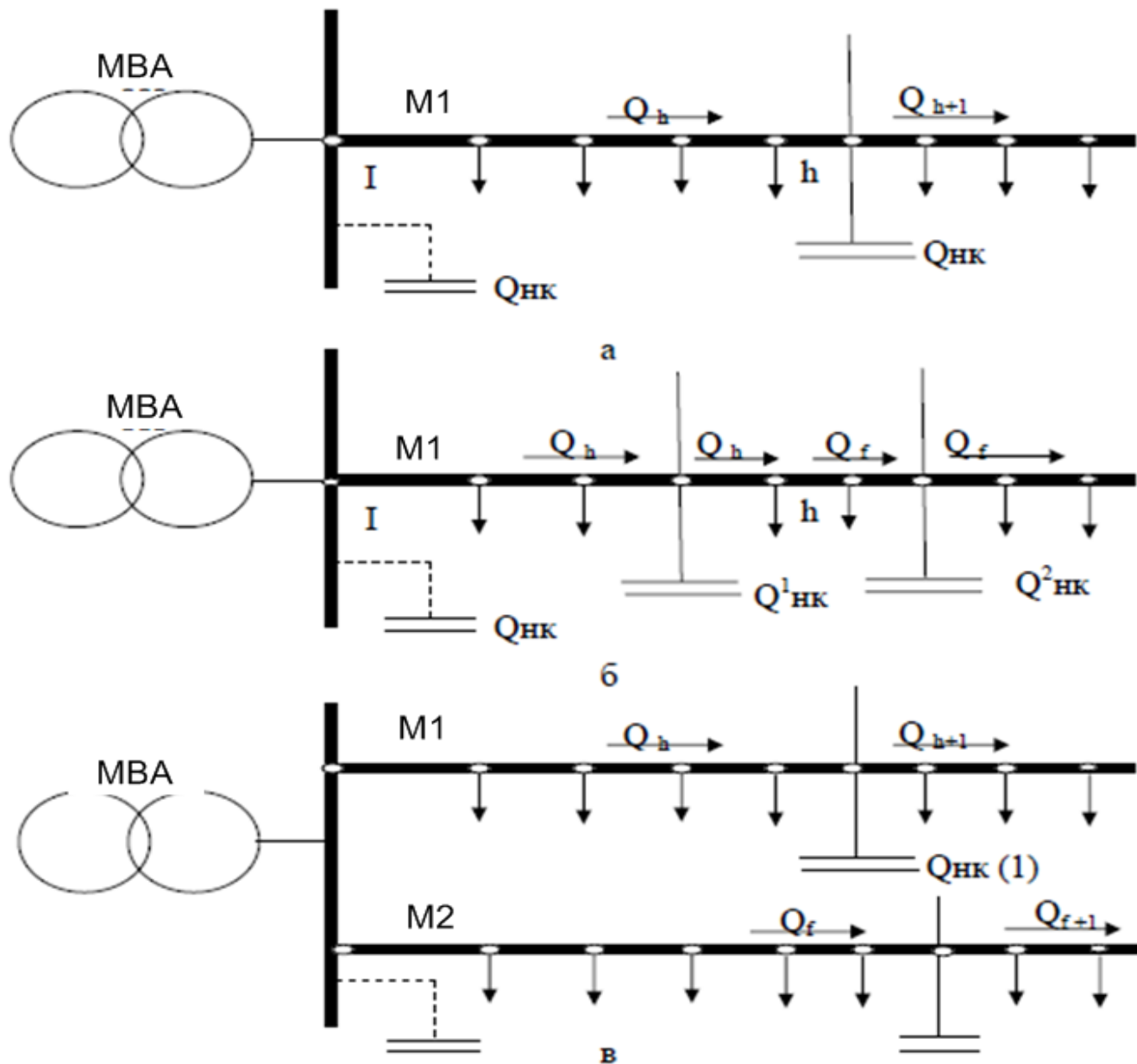
1. Xác định số lượng MBA trước bù theo điều kiện quá tải sự cố
2. Xác định dung lượng bù khi máy biến áp có $K_t=0,8$
3. Nếu biết $Q_{budm}=536\text{kVar}$ xác định số lượng tụ và hệ số công suất sau khi bù.



Phân bổ tụ bù công suất phản kháng trong lưới phân phối hạ thế

- ✓ Để giảm tổn hao công suất cần phân bổ CSPK hợp lý
- ✓ Nếu lưới phân phối chỉ sử dụng cáp, các tụ nên đặt tại các tủ điện.
- ✓ Nếu có nhiều trục chính cấp nguồn từ 1 MBA thì chỉ đặt 1 bộ tụ/1trục.
- ✓ Công suất bộ tụ tỷ lệ thuận với tải
- ✓ Trên 1 trục chính không đặt quá 2 bộ tụ có công suất gần nhau.
- ✓ Hệ thống tụ bù phải được trang bị thiết bị xả tụ

Sơ đồ bù CSPK



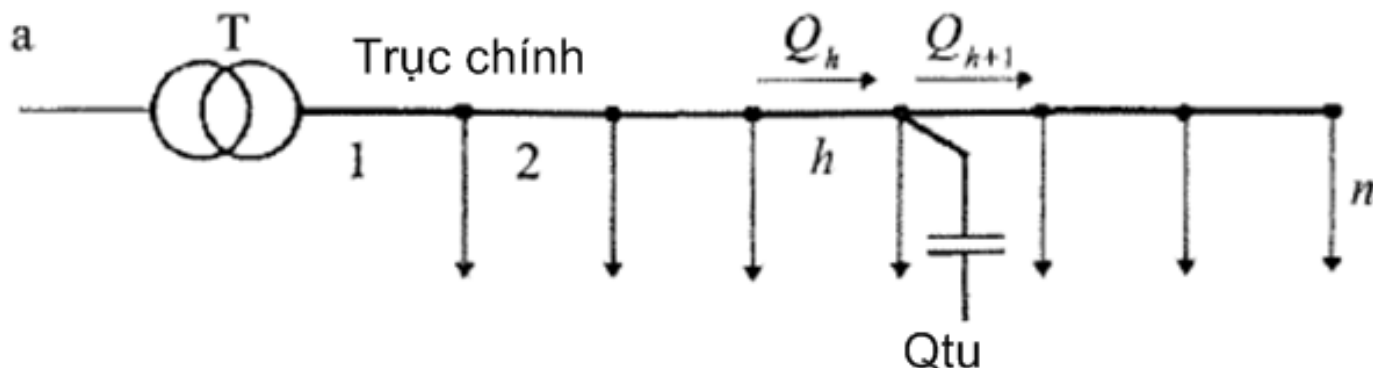


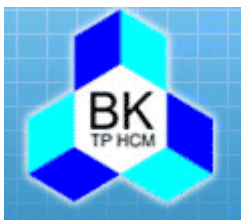
Phân bố công suất phản kháng trong lưới hạ thế

Phân bố công suất phản kháng trong lưới hạ thế

- ✓ Nếu phụ tải tập trung ở nửa cuối của trục chính thì chỉ nên đặt 1 bộ tụ. Vị trí đặt được xác định theo điều kiện sau:

$$Q_h \geq \frac{Q_{tu}}{2} \geq Q_{h+1}$$



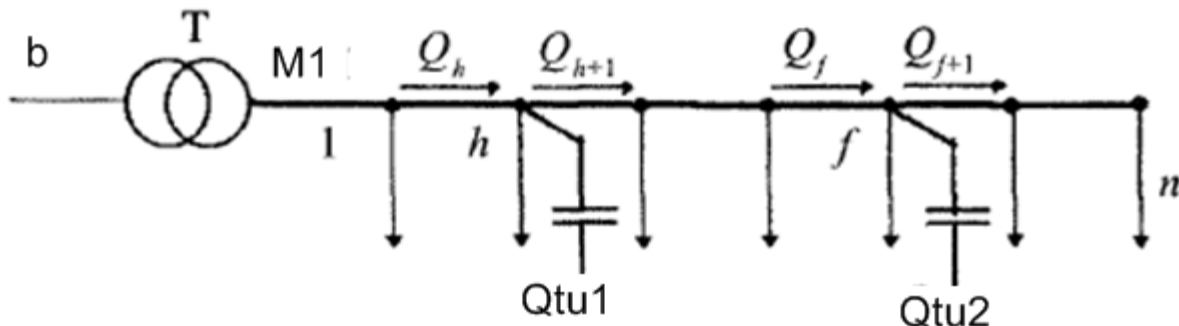


Phân bố công suất phản kháng trong lưới hạ thế

- ✓ Nếu gắn 2 bộ tụ vào 1 trục chính. Vị trí đặt được xác định theo điều kiện sau:

$$Q_f \geq \frac{Q_{tu2}}{2} \geq Q_{f+1}$$

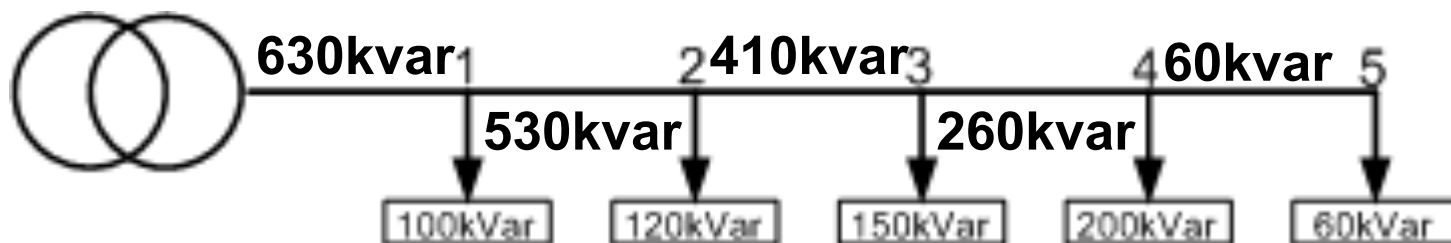
$$Q_h - Q_{tu2} \geq \frac{Q_{tu1}}{2} \geq Q_{h+1} - Q_{tu2}$$





Bài tập 1

Hãy xác định vị trí lắp đặt tụ bù 300 kVar trên hình sau



Tại 1 : $630 > 300/2$ và $300/2 < 510$

Tại 2 : $530 > 300/2$ và $410 > 300/2$

Tại 3 : $410 > 300/2$ và $300/2 < 260$

Tại 4 : $260 > 300/2 > 60$

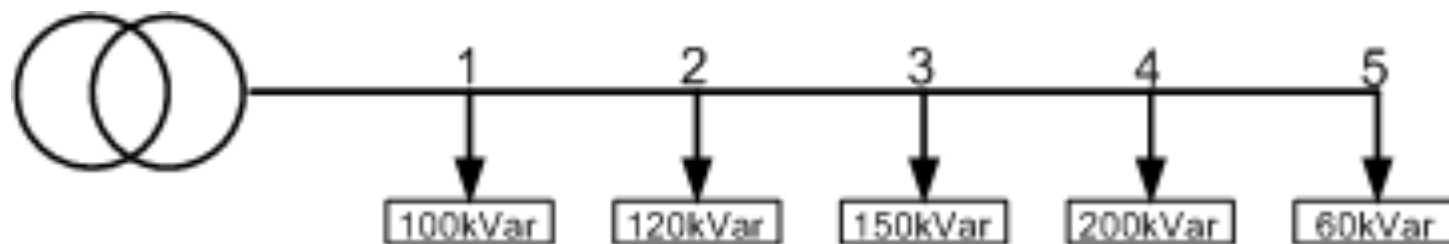
Tại 5 : $60 < 300/2$

chọn lắp tụ tại vị trí 4



Bài tập 2

Hãy xác định vị trí lắp đặt 2 tụ bù công suất lần lượt là $Q_{bu1}=150$ kVar; $Q_{bu2}=200$ kVar trên hình sau



Ví dụ

Một trạm điện cung cấp cho phụ tải 300 kVA ở hệ số công suất $\cos\varphi_1=0,8$ trễ. Một động cơ đồng bộ được đặt song song với tải. Tải của trạm là 300 kW với $\cos\varphi_2 = 0,95$ trễ. Xác định:

- a) Công suất kVA của động cơ đồng bộ;
- b) Hệ số công suất của động cơ.

Công suất kháng tổng

$$\begin{aligned}Q_t &= (P + P_m) \tan\varphi_2 \\Q_t &= 300 \times 0,3228 = 98,64 \text{ kVAr} \\Q - Q_t &= 180 - 98,64 = 81,36 \text{ kVAr} \\P_m &= 60 \text{ kW và } Q_m = 81,36 \text{ kVAr (sớm)}\end{aligned}$$

Công suất biểu kiến của động cơ

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{60^2 + 81,36^2} = 100 \text{ kVA}$$

Tải của trạm trước khi có động cơ

$$P = S \cos\varphi = 300 \times 0,80 = 240 \text{ kW}$$

Công suất phản kháng tương ứng

$$Q = S \sin\varphi_1 = 300 \times 0,60 = 180 \text{ kVA}$$

Tải tổng khi có động cơ

$$P_t = P + P_m = 300 \text{ kW (đã cho)}$$

Trong đó

$$P_m = 300 - 240 = 60 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned}\text{Hệ số công suất tổng hợp } \cos\varphi_2 &= 0,95 \\ \tan\varphi_2 &= 0,3228\end{aligned}$$

Hệ số công suất của động cơ

$$\cos\varphi_m = \frac{P_m}{S_m} = \frac{60}{100} = 0,6 \text{ (sớm)}$$



Xác định điện dung tụ bù

- ✓ Tụ bù có thể đấu theo sơ đồ hình Δ hoặc hình Y.
- ✓ Với cùng một công suất phản kháng $Q_{bù}$, điện dung của tụ khi đấu Δ nhỏ hơn đấu Y 3 lần.
- ✓ Khi đấu Y, mỗi tụ chịu điện áp pha.
- ✓ Khi đấu Δ , mỗi tụ chịu điện áp dây.

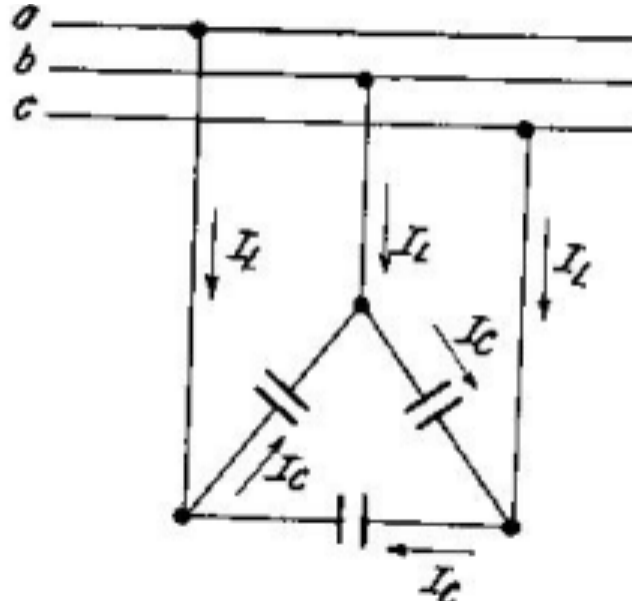


Khi tụ đấu hình tam giác (Δ)

$$I_L = \frac{Q_{bu}}{\sqrt{3}U_{day}}$$

$$I_C = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{Q_{bu}}{3U_{day}}$$

$$X_C = \frac{U_{day}}{I_C}$$



$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

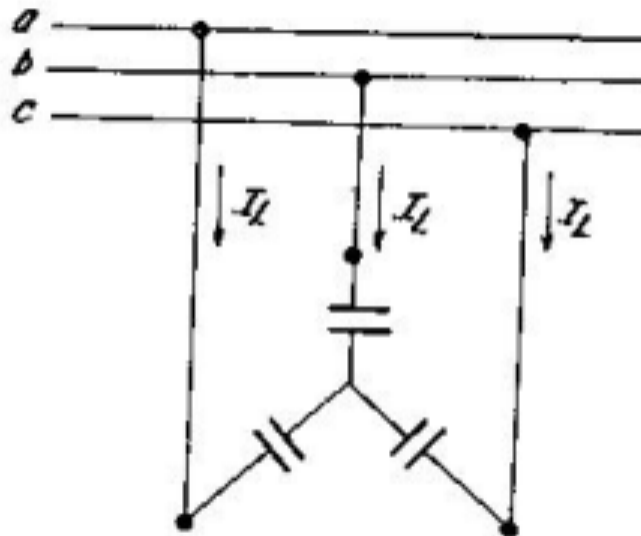


Khi tụ đấu hình sao (Y)

$$I_L = \frac{Q_{bu}}{\sqrt{3}U_{day}}$$

$$X_C = \frac{U_{day}}{\sqrt{3}I_C} = \frac{U_{pha}}{I_C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C}$$



$$I_C = I_L = \frac{Q_{bu}}{\sqrt{3}U_{day}}$$

So sánh tụ đầu (Δ) và tụ đầu Y

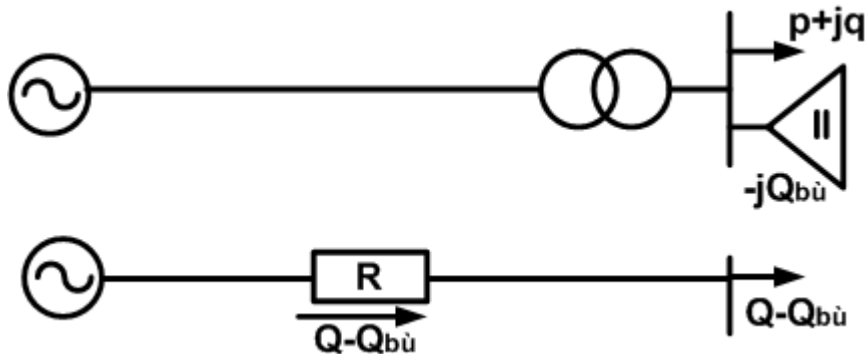
tụ đầu hình tam giác (Δ)	tụ đầu hình sao(Y)
$U_{\text{tụ}} = U_{\text{dây}}$	$U_{\text{tụ}} = U_{\text{pha}}$
Cùng Q_C	$C_Y = 3 C_{\Delta}$
Cùng C	$Q_{\Delta} = 3Q_Y$



Bài tập 3

Cho một nhà máy công nghiệp được cấp nguồn ba pha bởi MBA 22/04 kV có phụ tải là $S=1400+j1000$ (kVA).

1. Xác định dung lượng bù công suất phản kháng để hệ số công suất đạt 0.95.
2. Xác định điện dung của mỗi tụ điện nếu tụ điện đấu:
 - a. Tam giác
 - b. Sao



Bù kinh tế trong mạng điện

Hàm chi phí tính toán

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 = (a_{vh} + a_{tc}) K_0 \cdot Q_{bù} + C_0 \cdot \Delta P_0 \cdot Q_{bù} \cdot T + \frac{(Q - Q_{bù})^2}{U^2} \cdot R \tau C_0$$

Z_1 : Thành phần liên quan đến vốn đầu tư thiết bị bù

$$Z_1 = (a_{vh} + a_{tc}) K_0 \cdot Q_{bù}$$

K_0 là giá tiền một đơn vị dung lượng bù

Z_2 : Thành phần tổn thất điện năng trong thiết bị bù

$$Z_2 = C_0 \Delta P_0 Q_{bù} T$$

C_0 : tiền 1 kWh điện năng

ΔP_0 : tổn thất công suất trên một đơn vị thiết bị bù,

0,003÷0,005 kW/kVar

T : thời gian đóng tụ

Z_3 : thành phần tổn thất điện năng trong mạng điện sau khi đặt thiết bị bù

$$Z_3 = \frac{P^2 + (Q - Q_{bù})^2}{U^2} R \tau C_0$$

Bỏ qua tổn thất do P gây ra vì P không đổi trước và sau bù

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{\text{bù}}} = (a_{\text{vh}} + a_{\text{tc}})K_0 + C_0 \cdot \Delta P_0 \cdot T - \frac{2R\tau C_0}{U^2} (Q - Q_{\text{bù}}) = 0$$

$$Q_{\text{bù}} = Q - \frac{U^2 [(a_{\text{vh}} + a_{\text{tc}})K_0 + C_0 \cdot \Delta P_0 \cdot T]}{2C_0 R\tau}$$

Trường hợp $Q_{\text{bù}} < 0$ có nghĩa là đặt thiết bị bù là không kinh tế

Phân bố dung lượng bù trong mạng điện công nghiệp

Dung lượng bù được xác định theo công thức

$$Q_{\text{bù}, \Sigma} = P (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) \text{ kVar}$$

Tụ điện có thể đặt trong mạng điện trung áp hay trong mạng hạ áp

Xác định dung lượng tụ điện bù phía hạ áp

$$Z = (a_{\text{vh}} + a_{\text{tc}}) [k_{\text{ha}}^0 Q_{\text{bha}} + k_{\text{cao}}^0 (Q_{\text{b}\Sigma} - Q_{\text{bha}})] + \frac{(Q - Q_{\text{bha}})^2}{U^2} R_{\Sigma} c \tau + \Delta P_{\text{bu}}^0 c t Q_{\text{bha}}$$

k_{ha}^0 : đ / k var ha the

k_{cao}^0 : đ / k var cao the

ΔP_{bu}^0 : tổn thất CS tác dụng / đơn vị tụ bù ; t ; thời gian tụ làm việc (h/năm)

τ : thời gian tổn thất công suất cực đại (h/năm) ; R_{Σ} điện trở mạch nguồn

Q: công suất phản kháng của tải

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{\text{bha}}} = 0 \quad Q_{\text{bha}} = Q - \frac{U^2}{2R_{\Sigma}} \left[\frac{(a_{\text{vh}} + a_{\text{tc}})(k_{\text{ha}}^0 - k_{\text{cao}}^0)}{c \cdot \tau} + \Delta P_{\text{bu}}^0 \frac{t}{\tau} \right] 10^3$$

Q(kvar) ; U (kV) ; R_{Σ} (Ω) ; k_0 (đ/kvar) ; c (đ/kwh) , t (h) ; ΔP^0 (kW) ; Q_{bha} (kvar)

$$Q_{\text{bùcao}} = Q_{\text{b}\Sigma} - Q_{\text{bha}}$$

Ví dụ

Xí nghiệp được cung cấp từ 2 MBA15/0,4 kV ; $S_B=1000\text{kVA}$ / máy.

Tải : $p=1400\text{kW}$, $q= 1200\text{kvar}$, yêu cầu nâng $\cos\varphi_2=0,96$ Tính :

1. $Q_{\text{bù}}$ tổng

2. Tính $Q_{\text{bù}}$ phía hạ thế và cao thế MBA

Cho $a_{\text{vh}}=0,1$; $a_{\text{tc}} = 0,125$, $k_{\text{ha}}^0=200.10^3$ đ/kvar; $k_{\text{cao}}^0=110.10^3$ đ/kvar ;

$c=2000\text{đ/kwh}$; $t=4000\text{h/năm}$; $R_{\Sigma}=0,00289\Omega$; $\Delta P_{\text{bù}}^0=0,005$ kW/kVar

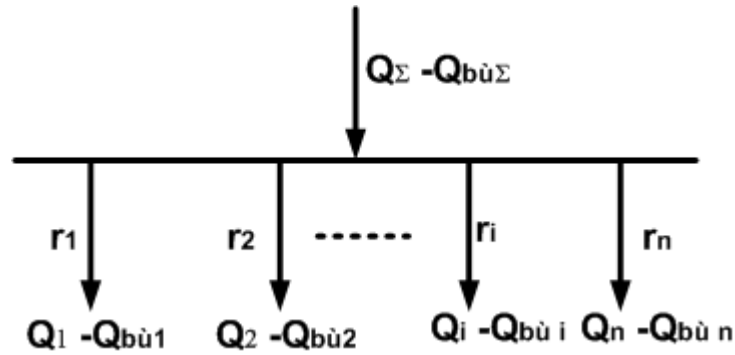
ĐS :

$$Q_{\text{bù}\Sigma}= 798 \text{ kvar}$$

$$Q_{\text{bùhạ}} = 798 \text{ kvar}$$

$$Q_{\text{bùcao}} = 0\text{kvar}$$

Phân phối dung lượng bù trong mạng hình tia



Tổng dung lượng cần bù là $Q_{bùΣ}$, phân phối dung lượng bù tổng đến các phụ tải trên các nhánh sao cho tổn thất công suất trên mạng là ít nhất.

$$\Delta P = \frac{(Q_1 - Q_{bu1})^2}{U^2} r_1 + \frac{(Q_2 - Q_{bu2})^2}{U^2} r_2 + \dots + \frac{(Q_n - Q_{bun})^2}{U^2} r_n = f(Q_{bu1}, Q_{bu2}, \dots, Q_{bun})$$

$$R_{td} = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right)^{-1}$$

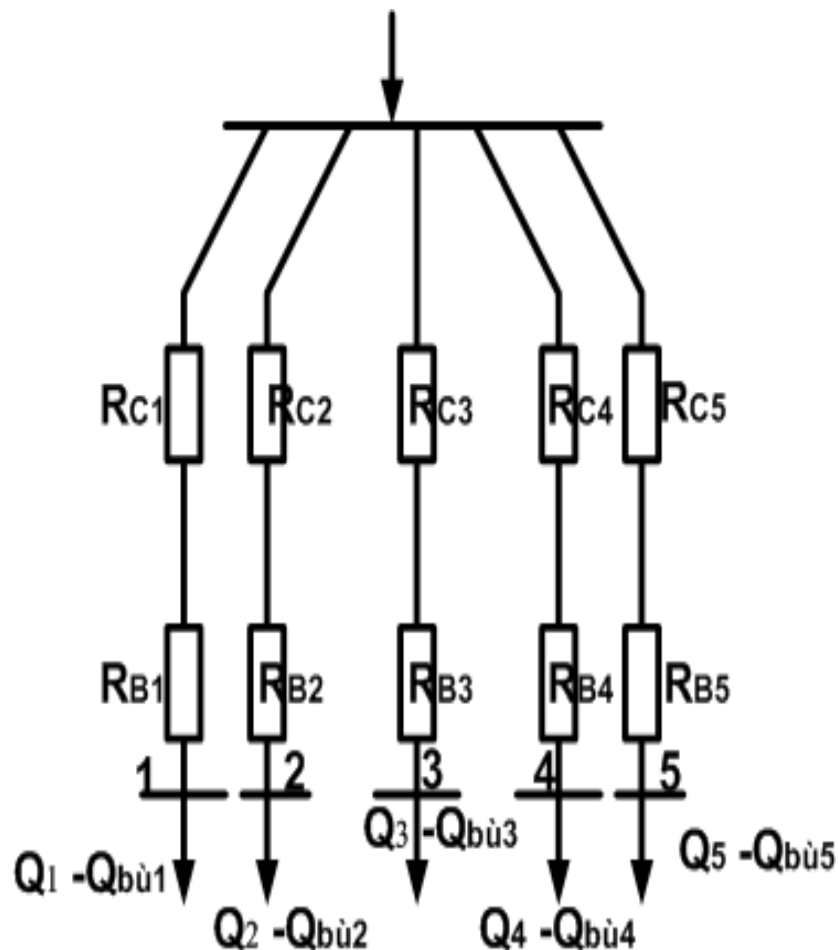
$$Q_{bun} = Q_n - \frac{(Q_{\Sigma} - Q_{bu\Sigma})}{r_n} R_{td} \left. \vphantom{Q_{bun}} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{bu1} &= Q_1 - \frac{(Q_{\Sigma} - Q_{bu\Sigma})}{r_1} R_{td} \\ Q_{bu2} &= Q_2 - \frac{(Q_{\Sigma} - Q_{bu\Sigma})}{r_2} R_{td} \end{aligned} \right\}$$

Ví dụ

Nhánh	R_B (Ω)	$R_C(\Omega)$	$R = R_B + R_C$
1	1,5	0,0368	1,5368
2	1,5	0,0515	1,5515
3	1,5	0,0735	1,5735
4	3	0,0588	3,0588
5	3	0,0882	3,0882

Tên trạm	Phụ tải phân xưởng S_{tt} (kVA)	R_B (Ω)
B_1	600+j400	1,5
B_2	450+j600	1,5
B_3	500+j500	1,5
B_4	400+j300	3
B_5	300+j300	3



Xác định dung lượng cần bù tại các thanh cái của trạm biến áp phân xưởng để nâng $\cos\varphi$ của xí nghiệp lên 0,95

$$S_{tt} = 2250 + j2100 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{2250}{\sqrt{2250^2 + 2100^2}} = 0,73$$

$$Q_{bu\Sigma} = P_{tt} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 2250(0,935 - 0,33) = 1350 \text{ K var}$$

$$R_{td} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} = 0,389 \Omega$$

$$Q_{bù1} = 400 - (2100 - 1350) \frac{0,389}{1,5368} = 210 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bù2} = 600 - (2100 - 1350) \frac{0,389}{1,5515} = 412 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bù3} = 500 - (2100 - 1350) \frac{0,389}{1,5735} = 315 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bù4} = 300 - (2100 - 1350) \frac{0,389}{3,0588} = 206 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bù5} = 300 - (2100 - 1350) \frac{0,389}{3,0882} = 207 \text{ kVAr}$$

Bài tập 4

1. Một trạm điện cung cấp cho các phụ tải:

i) Các động cơ cảm ứng: tổng 100HP; hệ số công suất 0,8; hiệu suất 88%

ii) Các động cơ đồng bộ: tổng 60HP; hiệu suất 85%

iii) Tải nhiệt, 25 kW, hệ số công suất :1

Khi tất cả các tải đạt cực đại, tìm hệ số công suất của động cơ đồng bộ sao cho hệ số công suất của trạm bằng: a) 1; b) 0,94 trễ (1HP = 746 W)

ĐS: a) 0,638 sớm b) 0,982 sớm

2.

i) Thay các động cơ đồng bộ trên bằng tụ điện . Tính Q_C sao cho $\cos\varphi_{\text{trạm}} = 1$.

ii) Tính C khi (a) tụ đấu Y ; (b) đấu Δ ; cho $U = 380 \text{ V}$.Kết luận .