

# Chương 08

## BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

**8.1 Khái niệm chung**

**8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất**

**8.3 Phân phối dung lượng bù**

**8.4 Chọn tụ điện**



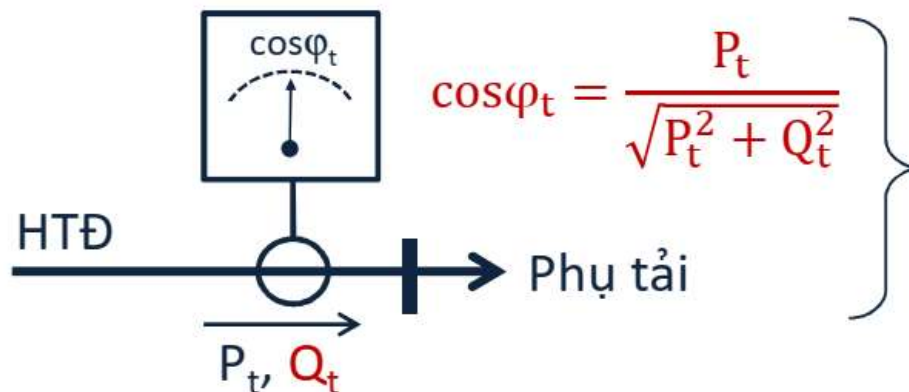
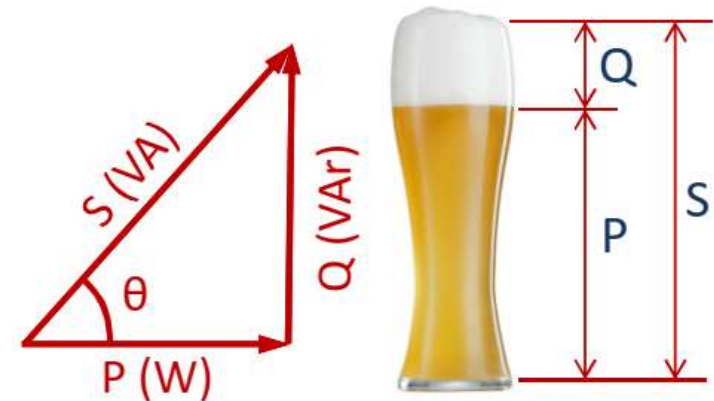
# 8.1 Khái niệm chung

## 1. Hệ số công suất

- Hệ thống xoay chiều, phụ tải nhận điện từ nguồn bao gồm:
  - Công suất tác dụng* (kW).
  - Công suất phản kháng* (kVar). (máy biến áp hoặc động cơ..., dùng để tạo ra từ trường)
- Tam giác công suất và hệ số công suất

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \leq 1$$

Cos  $\varphi$  càng lớn,  $Q \rightarrow 0$  và  $P \rightarrow S$

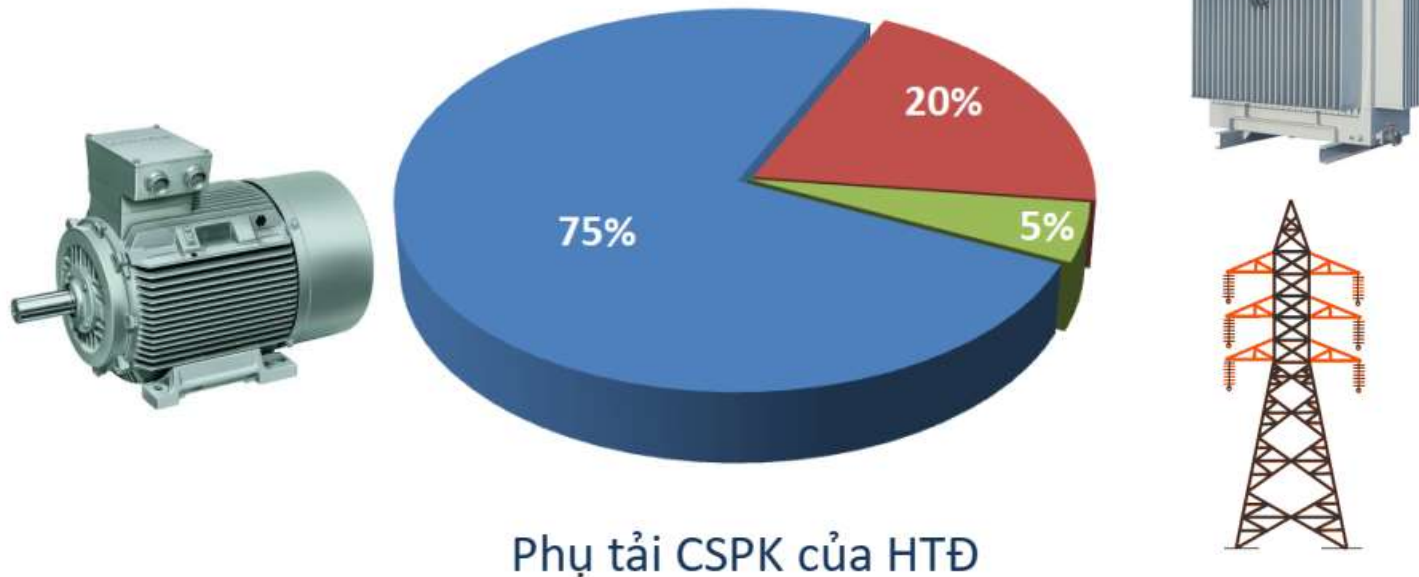


Cos  $\varphi$  tăng  $\Rightarrow Q_t$  từ HTĐ đến phụ tải càng giảm



# 8.1 Khái niệm chung

## 2. Nhu cầu sử dụng công suất phản kháng



- Máy biến áp (20%): Từ hóa trong lõi thép, điện năng  $\leftrightarrow$  điện năng .
- Đường dây (5%): Tự cảm, hổ cảm.
- Động cơ ( điện năng  $\leftrightarrow$  cơ năng) và các tải khác như đèn huỳnh quang, các quá trình hồ quang điện, kháng điện,..... (75%)



## 8.1 Khái niệm chung

### 3. Những lợi ích do tăng hệ số công suất

- Giảm tổn thất điện áp  $\Delta V = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{V}$
- Giảm tổn thất công suất và tổn thất điện năng (đường dây và máy biến áp)

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2 \downarrow}{V^2} \cdot R \quad \Delta A = \frac{P^2 + Q^2 \downarrow}{V^2} \cdot R \cdot \tau$$

- Tăng khả năng truyền tải công suất tác dụng của đường dây

$$I_{cp} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad P = \sqrt{3 \cdot U^2 \cdot I_{cp}^2 - Q^2}$$

- Giảm áp lực phát Q của nguồn điện
- Tránh quá tải lưới điện, trì hoãn đầu tư cho phát triển lưới điện

Nâng cao hệ số công suất được thực hiện bằng cách bù công suất phản kháng.



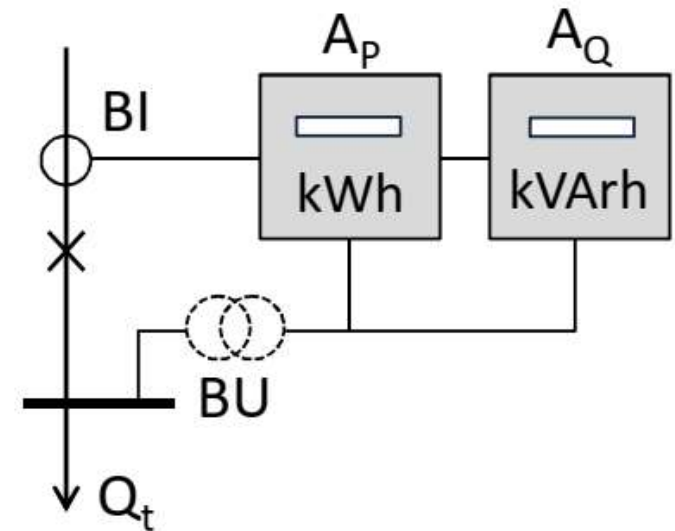
# 8.1 Khái niệm chung

## 4. Các định nghĩa $\cos\varphi$ phụ tải

- Hệ số  $\cos\varphi$  tức thời
- Hệ số  $\cos\varphi$  trung bình

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{P_{tb}}{\sqrt{P_{tb}^2 + Q_{tb}^2}} = \frac{A_P}{\sqrt{A_P^2 + A_Q^2}}$$

- Hệ số  $\cos\varphi$  tự nhiên:  $\cos\varphi$  trung bình của phụ tải khi chưa bù CSPK



$$P_{tb} = \frac{A_P}{T}; \quad Q_{tb} = \frac{A_Q}{T}$$

# Chương 07

## BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

8.1 Khái niệm chung

**8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất**

8.3 Phân phối dung lượng bù

8.4 Chọn tụ điện



## 8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất

### 1. Nâng cao hệ số công suất tự nhiên

Bù cosφ tự nhiên là thuật ngữ chỉ những giải pháp không cần đặt thiết bị bù mà làm cho trị số cosφ tăng lên

#### Các giải pháp nâng cao cosφ tự nhiên

\* **Đối với động cơ:** Cosφ tỷ lệ với hệ số tải của động cơ → nâng cao hệ số tải cũng đồng thời nâng cao cosφ của xí nghiệp

- Thay đổi và cải tiến qui trình công nghệ của thiết bị điện sao cho hợp lý nhất.
- Hạn chế động cơ chạy không tải theo hai cách:
  - + Hợp lý hóa các thao tác để các máy công tác có thời gian mang tải tối đa.
  - + Đặt thiết bị hạn chế thời gian không tải.
- Thay động cơ KĐB chạy non tải bằng các động cơ KĐB có công suất nhỏ phù hợp hơn.
- Dùng động cơ đồng bộ cho những ứng dụng ít phải thay đổi tốc độ như máy nén khí, máy bơm....

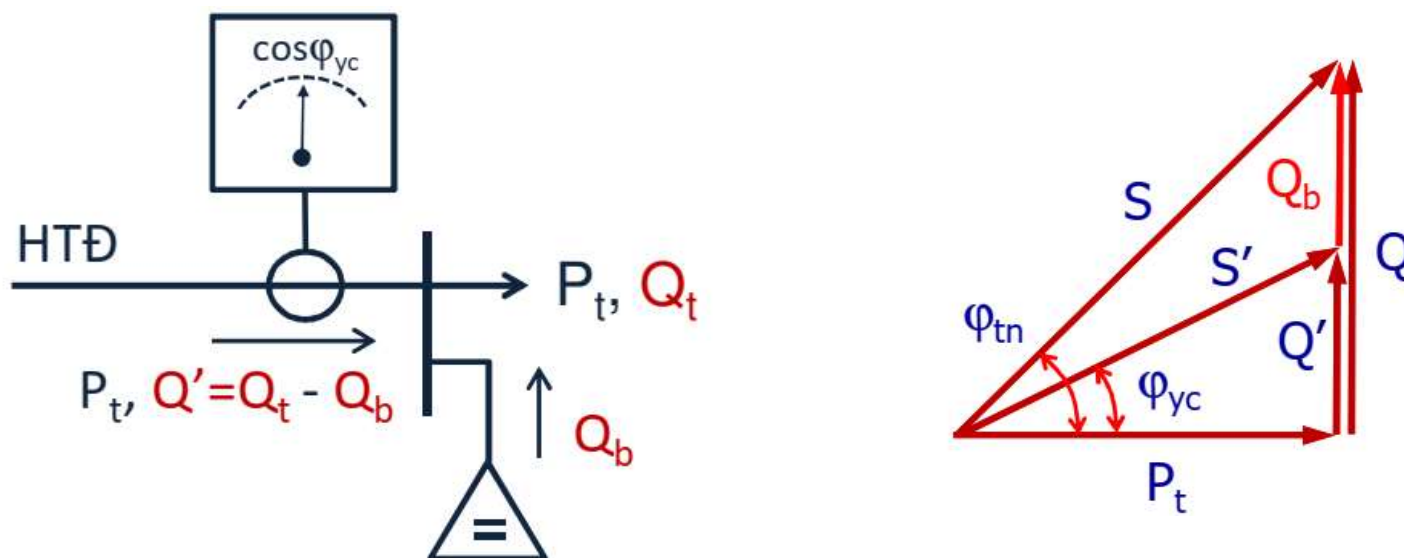
\* **Đối với máy biến áp:** Thay MBA non tải bằng các MBA có công suất nhỏ hơn, áp dụng bài toán vận hành kinh tế trạm biến áp khi công suất phụ tải thay đổi.



## 8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất

### 2. Nâng cao bằng bù công suất phản kháng

Xác định dung lượng bù công suất phản kháng:



- Trước bù:  $Q = Q_t = P_t \times \tan \varphi_{tn}$
- Sau bù:  $Q' = Q_t - Q_b = P_t \times \tan \varphi_{yc}$

$$Q_b = P_t \times (\tan \varphi_{tn} - \tan \varphi_{yc})$$

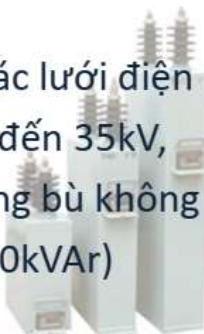





## 8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất

### 2. Nâng cao bằng bù công suất phản kháng

Các thiết bị bù CSPK:

Các thiết bị bù CSPK	Ưu điểm	Nhược điểm
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Tụ điện:</b> Dùng trong các lưới điện áp định mức đến 35kV, với dung lượng bù không lớn (<math>Q_b &lt; 5000\text{kVAR}</math>)</li></ul> 	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Vốn đầu tư thấp,</li><li>+ Kết cấu đơn giản, dễ lắp đặt,</li><li>+ Tổn thất CS thiết bị bù thấp,</li><li>+ Hiệu suất sử dụng cao, điều chỉnh dung lượng bù tương đối linh hoạt.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Nhạy cảm với dao động điện áp vì <math>Q_c = \omega C.U^2</math></li><li>– Quá áp trên 10% <math>\Rightarrow</math> hỏng.</li><li>– Tuổi thọ thấp (8-10 năm)</li><li>– Đóng tụ <math>\rightarrow</math> Dòng điện xung, Cắt tụ <math>\rightarrow</math> tồn tại điện áp dư.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Thiết bị bù tĩnh:</b> <b>SVC, STATCOM</b> Dùng để nâng cao CLĐN</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Có thể thu phát CSPK</li><li>+ Điều chỉnh điện áp.</li><li>+ Nâng cao CLĐN</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Vốn đầu tư rất lớn</li><li>– Vận hành phức tạp</li><li>– Sinh sóng hài</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Máy bù đồng bộ:</b> Bù tập trung tại các nút phụ tải lớn.</li></ul> 	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Làm việc được hai chế độ (thu và phát CSPK),</li><li>+ Công suất bù không phụ thuộc điện áp lưới điện.</li><li>+ Tuổi thọ cao (20-25 năm)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Vốn đầu tư lớn.</li><li>– Quản lý, vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa phức tạp (do có phần quay).</li></ul>
Động cơ KĐB rô to dây quấn được đồng bộ hóa	Tổn thất CS lớn, khả năng quá tải kém. Chỉ áp dụng khi không có các loại thiết bị bù trên đây	

# Chương 08

## BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

8.1 Khái niệm chung

8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất

**8.3 Phân phối dung lượng bù**

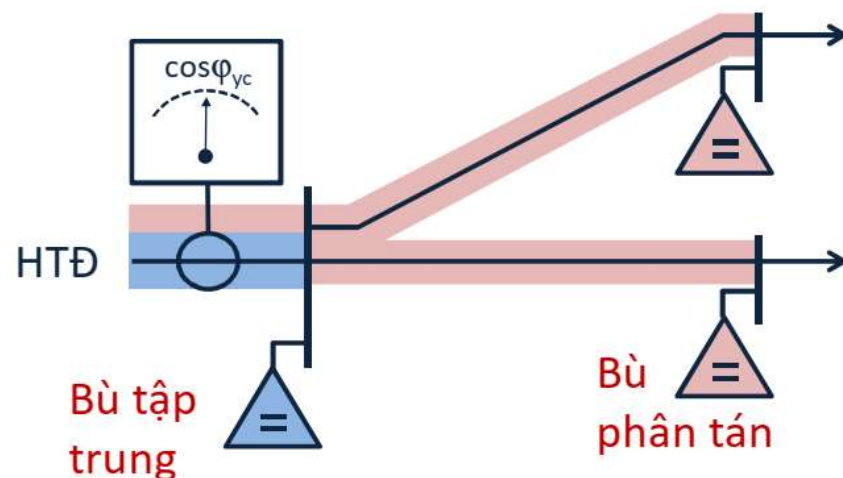
8.4 Chọn tụ điện



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 1. Chọn vị trí đặt thiết bị bù

Thiết bị bù thường được đặt gần với phụ tải cần bù, có 2 quan điểm đặt:



#### Đặt tập trung

Thường tại các trạm biến áp.  
Ưu điểm: dễ vận hành và tự động hóa, tận dụng hết công suất

#### Đặt phân tán

Tại các tủ phân phối, tủ động lực hoặc tại từng phụ tải.  
Ưu điểm: giảm được tổn thất trên hệ thống cung cấp điện



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 1. Chọn vị trí đặt thiết bị bù

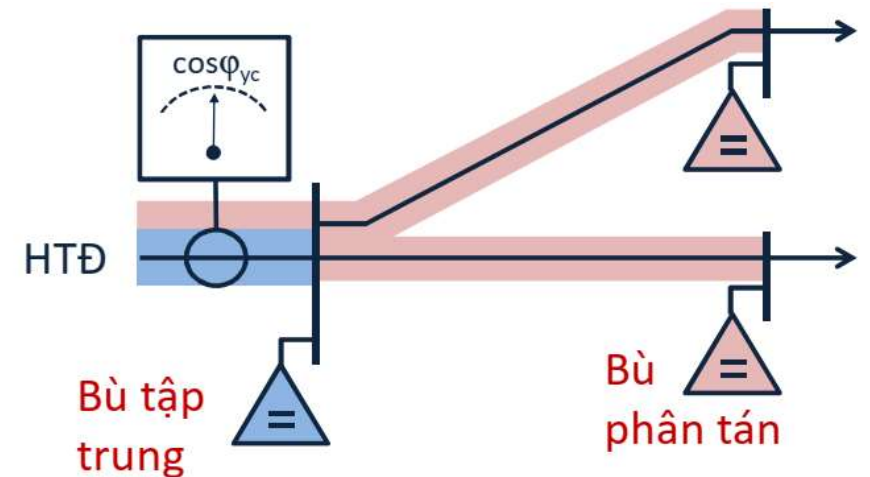
Xây dựng bài toán phân phối tối ưu dung lượng bù:

$$\begin{cases} Z(Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}) \Rightarrow \text{Min} \\ \sum_{i=1}^n Q_{bi} = Q_b \end{cases}$$

Z: Hàm chi phí HTCCĐ có đặt bù CSPK

$Q_{bi}$ : Dung lượng bù CSPK tại nút  $i$  ( $i=1 \div n$ ) trong HTCCĐ

$Q_b$ : Tổng dung lượng bù CSPK của HTCCĐ



Hai trường hợp phân phối dung lượng bù trong mạng điện xí nghiệp công nghiệp:

- Tính dung lượng bù đặt ở phía cao áp và hạ áp của máy biến áp
- Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia và liên thông



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 2. Bài toán phân phối dung lượng bù phía cao áp và hạ áp của trạm biến áp

Dựa trên hệ số  $\cos\varphi$  đã tính được lượng công suất cần bù là  $Q_b$ .

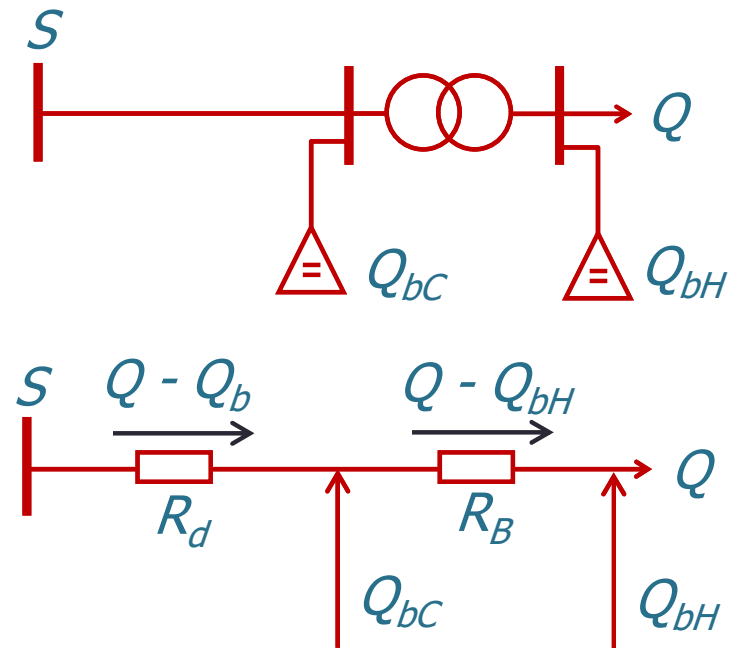
□ Giả thiết:

- Ảnh hưởng của  $Q_b$  đến hệ số tải nhỏ, bỏ qua.
- Tổng dung lượng bù không đổi.

$$Q_b = Q_{bC} + Q_{bH} = \text{const}$$

➤ Hàm chi phí:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \Rightarrow \text{Min}$$





## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 2. Bài toán phân phối dung lượng bù phía cao áp và hạ áp của trạm biến áp

- Vốn đầu tư cho thiết bị bù:

$$Z_1 = (k_{vh} + k_{tc}) \cdot [Q_{bC} \cdot V_C + Q_{bH} \cdot V_H]$$

$V_C$  và  $V_H$ : Suất vốn đầu tư cho một đơn vị dung lượng bù phía cao áp và hạ áp (đ/kVAr).

- Chi phí tổn thất điện năng hàng năm của thiết bị bù:

$$Z_2 = Q_b \cdot \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A$$

$\Delta P_b$ : Suất tổn thất công suất tác dụng cho một đơn vị dung lượng bù, (kW/kVAr)

$T_b$ : Thời gian vận hành thiết bị bù (1 năm = 8760h)



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### *2. Bài toán phân phối dung lượng bù phía cao áp và hạ áp của trạm biến áp*

- Chi phí tổn thất điện năng hàng năm của lưới điện sau khi đặt thiết bị bù:

$$Z_3 = \left\{ \frac{(Q - Q_{bH})^2}{U^2} \cdot R_B + \frac{(Q - Q_{b\Sigma})^2}{U^2} \cdot R_d \right\} \cdot \tau_b \cdot \alpha_A$$

$\tau_b$  : Thời gian tổn thất công suất lớn nhất của lưới điện khi có đóng thiết bị bù.

$\alpha_A$  : Giá điện năng (đ/kWh)

$U$  : Điện áp lưới phía cao áp của trạm

$R_B$  : Điện trở của trạm

$R_d$  : Điện trở của đường dây



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### *2. Bài toán phân phối dung lượng bù phía cao áp và hạ áp của trạm biến áp*

- Dung lượng bù phía cao và hạ áp của trạm là nghiệm của:

$$\frac{dZ}{dQ_{bH}} = (V_H - V_C) \cdot (k_{vh} + k_{tc}) - \frac{2 \cdot (Q - Q_{bH})}{U^2} \cdot R_B \cdot \tau_b \cdot \alpha_A = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_{bH} = Q - \frac{(V_H - V_C) \cdot (k_{vh} + k_{tc}) \cdot U^2}{2 \cdot R_B \cdot \tau_b \cdot \alpha_A} \\ Q_{bC} = Q_b - Q_{bH} \end{cases}$$





## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 3. Bài toán phân phối dung lượng bù trong lưới hình tia

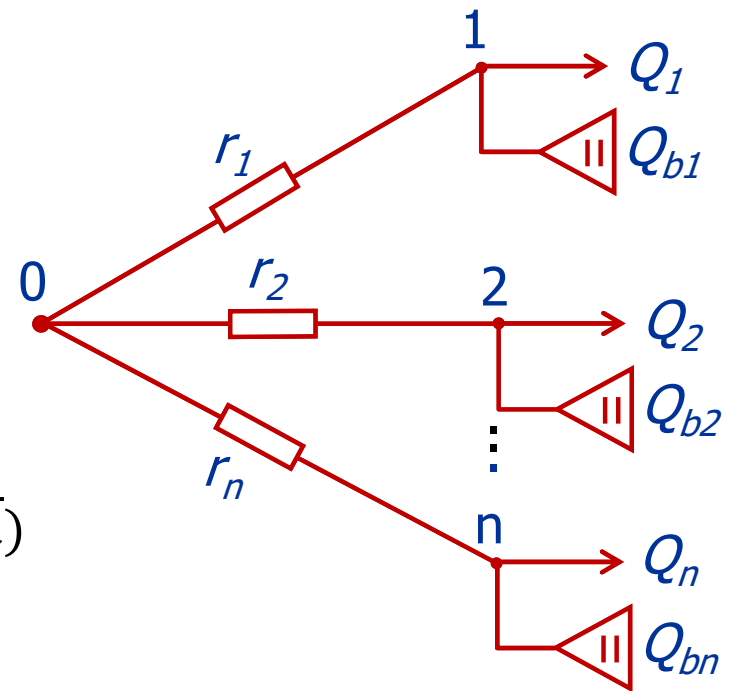
Dựa trên hệ số  $\cos\varphi$  đã tính được lượng công suất cần bù là  $Q_b$ .

$$Q_b = \sum_{i=1}^n Q_{bi} = \text{const}$$

Hàm chi phí: Do các thiết bị cùng cấp điện áp nên chỉ xét đến  $Z_3$

$$Z_3 = \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i - Q_{bi})^2}{U^2} \cdot r_i \cdot \tau_b \cdot \alpha_A = f(Q_{bi}, i = \overline{1, n})$$

$\rightarrow \text{Min}$





## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 3. Bài toán phân phối dung lượng bù trong lưới hình tia

Dung lượng bù trên mỗi nhánh:

$$Q_{bi} = Q_i - \frac{(Q - Q_b) \cdot R_{td}}{r_i} \Big|_{i=\overline{1,n}}$$

Trong đó

$$R_{td} = \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i} \right)^{-1}$$



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### Ví dụ

VD. 1. Mạng hình tia bốn nhánh, tổng dung lượng bù cho mạng là 1200kVAr. Thông số các nhánh như sau:

$$\begin{array}{ll} r_1 = 0.1\Omega; & Q_1 = 400 \text{ kVAr} \\ r_2 = 0.05\Omega; & Q_2 = 400 \text{ kVAr} \\ r_3 = 0.06\Omega; & Q_3 = 500 \text{ kVAr} \\ r_4 = 0.2\Omega; & Q_4 = 200 \text{ kVAr} \end{array}$$

Xác định  $Q_{c1}, Q_{c2}, Q_{c3}, Q_{c4}$

Giải :  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1500 \text{ kVAr}$

$$R_{eq} = \left( \sum_{k=1}^4 \frac{1}{r_k} \right)^{-1} = 0.0194\Omega$$

$$Q_{b1} = 400 - \frac{(1500 - 1200) \times 0.0194}{0.1} = 341,8 \text{ kVAr}$$

Tương tự,  $Q_{b2} = 283,6\text{kVAr}$  ;  $Q_{b3} = 403\text{kVAr}$  ;  $Q_{b4} = 170,9\text{kVAr}$



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

### 4. Bài toán phân phối dung lượng bù trong lưới liên thông

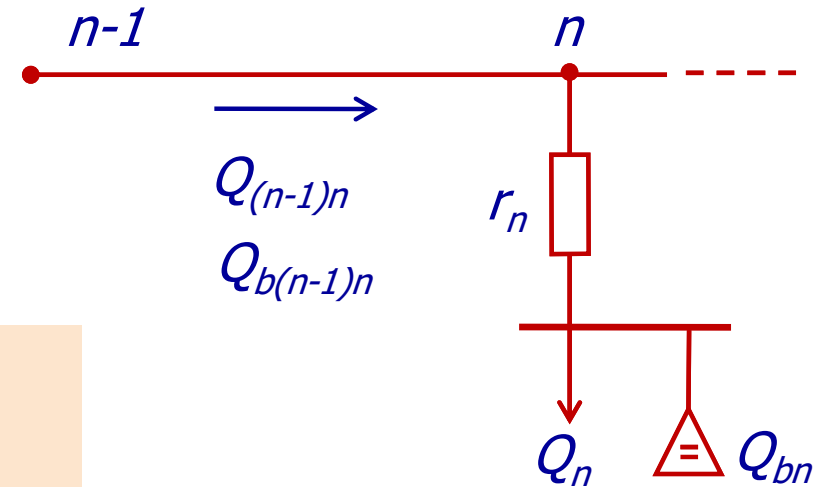
$$Q_{bn} = Q_n - \frac{(Q_{(n-1)n} - Q_{b(n-1)n}) \cdot R_{tdn}}{r_n}$$

Trong đó

$Q_{(n-1)n}$  : CSPK chạy từ nút n-1 đến nút n

$Q_{b(n-1)n}$  : Tổng CSPK bù cần phân phối tại nút n.

$R_{tdn}$  : Điện trở tương đương của phần mạch giữa nút n và các phụ tải phía sau.



Hãy nhìn và giải sơ đồ liên thông như thể nhiều sơ đồ hình tia liên tiếp nhau



## 8.3 Phân phối dung lượng bù

VD. 2. Tổng dung lượng bù là 250kVAr. Thông số đường dây

$$\begin{aligned} r_3 &= 0.025 \, \Omega; & Q_3 &= 50 \, \text{kVAr} \\ r_2 &= 0.012 \, \Omega; & Q_2 &= 250 \, \text{kVAr} \\ r_{12} &= 0.004 \, \Omega; & Q_{12} &= Q_2 + Q_3 = 300 \, \text{kVAr} \\ r_1 &= 0.008 \, \Omega; & Q_1 &= 100 \, \text{kVAr} \end{aligned}$$

Xác định  $Q_{b1}$ ,  $Q_{b2}$ ,  $Q_{b3}$

Giải:  $Q = Q_1 + Q_{12} = 400 \, \text{kVAr}$

$$R_{eq2} = r_2 // r_3 = 0.008 \, \Omega$$

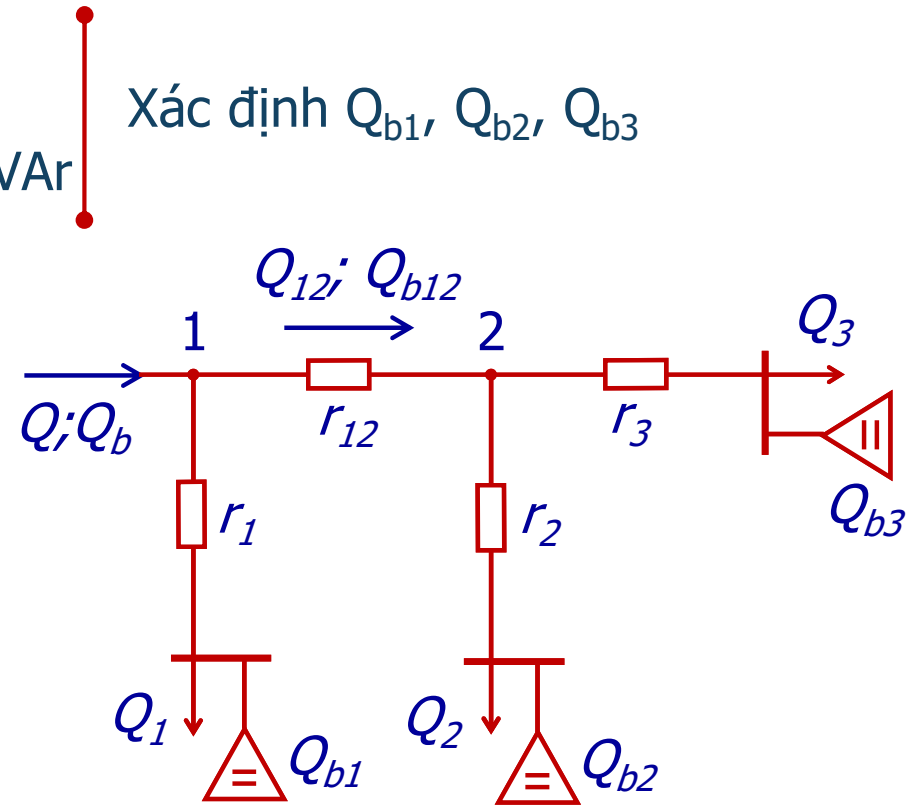
$$R_{eq1} = r_1 // (R_{eq2} + r_{12}) = 0.0048 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= Q_1 - \frac{(Q - Q_b) \cdot R_{eq1}}{r_1} \\ &= 100 - \frac{(400 - 250) \times 0.0048}{0.008} = 10 \, \text{kVAr} \end{aligned}$$

$$Q_{b12} = Q_c - Q_{b1} = 250 - 10 = 240 \, \text{kVAr}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{(Q_{12} - Q_{b12}) \cdot R_{eq2}}{r_2} = 250 - \frac{(300 - 240) \times 0.008}{0.012} = 209,5 \, \text{kVAr}$$

$$Q_{b3} = Q_{b12} - Q_{b2} = 30,5 \, \text{kVAr}$$



# Chương 08

## BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

8.1 Khái niệm chung

8.2 Các biện pháp nâng cao hệ số công suất

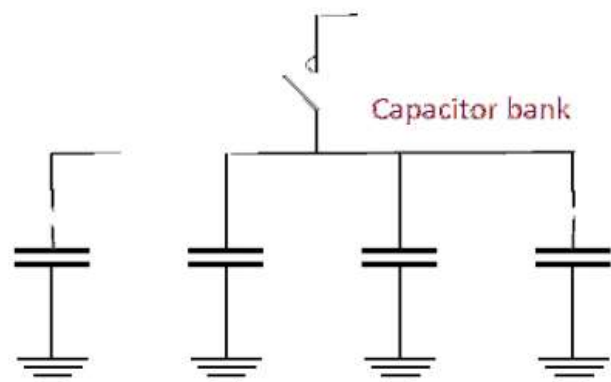
8.3 Phân phối dung lượng bù

**8.4 Chọn tụ điện**

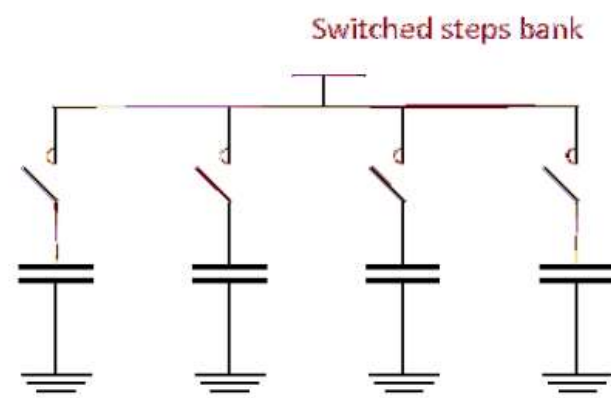


## 8.4 Chọn tụ điện

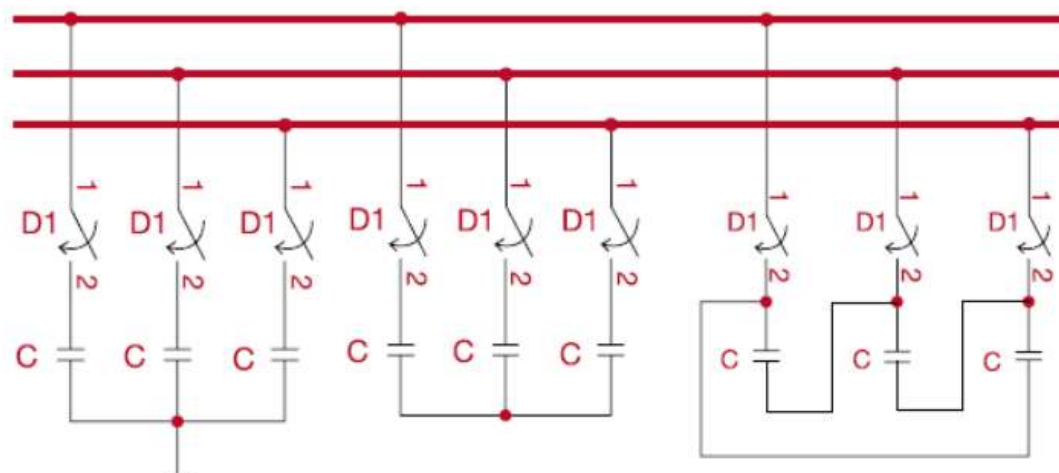
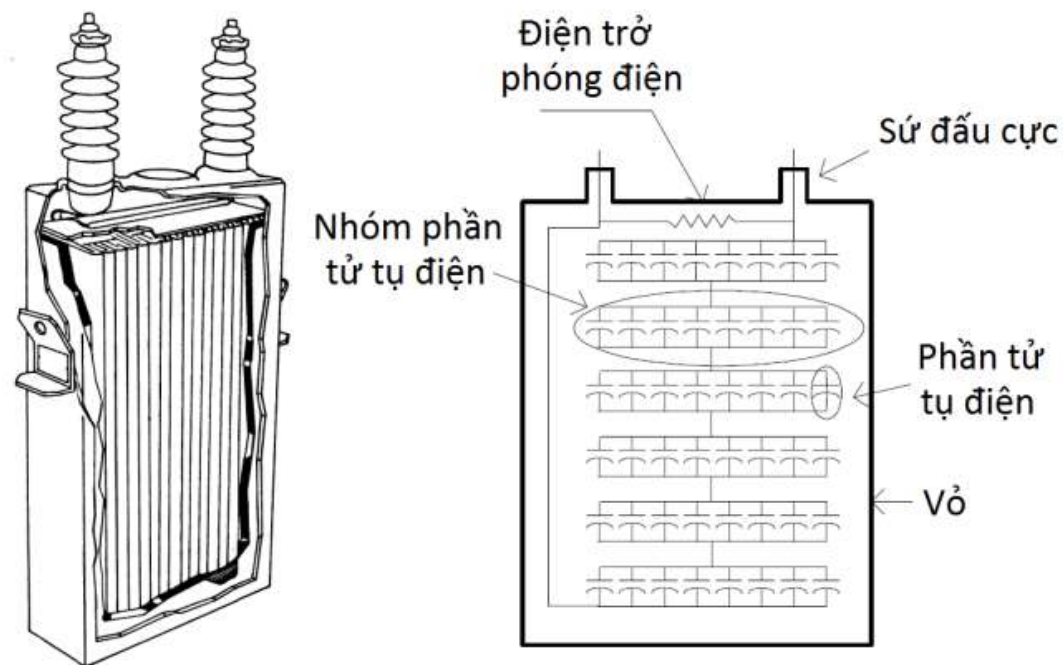
### 1. Kết cấu và đấu nối



Capacitor bank



Switched steps bank



Sao nối đất

Sao cách đất

Tam giác



## 8.4 Chọn tụ điện

### 1. Kết cấu và đấu nối

- Tụ điện 3 pha đấu sao / tam giác:

Đấu nối tụ	$\Delta$	Y
Điện áp tụ điện	Điện áp dây $\Rightarrow$ Tăng chi phí cách điện	Điện áp pha $\Rightarrow$ Chi phí cách điện thấp
Công suất kVAR tụ điện	$Q_b = \omega \cdot C \cdot U_{PP}^2$ $= \omega \cdot C \cdot 3 \cdot U_{PN}^2$	$Q_b = \omega \cdot C \cdot U_{PN}^2$
Phụ tải không đối xứng	Không ảnh hưởng	$\Rightarrow$ KĐX điện áp pha $\Rightarrow Q_b$ không đều $\Rightarrow$ Tăng mất đối xứng
Ngắn mạch tụ điện	Không gây quá áp	Quá tải tụ (quá áp) hai pha còn lại
Áp dụng (IEEE1036)	Lưới điện $U_{dm} \leq 2400V$	Lưới điện $U_{dm} > 2400V$





## 8.4 Chọn tụ điện

### 1. Kết cấu và đấu nối

- ❑ Tụ điện 3 pha đấu sao nối đất / sao cách đất:

	$Y_0$	$Y$
Ưu điểm	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tránh quá điện áp trung tính</li><li>▪ Tạo mạch lọc sóng hài</li><li>▪ Giảm điện áp phục hồi đối với thiết bị đóng cắt (máy cắt)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Giảm sóng hài bậc <math>3n</math>, dòng thứ không và dòng phóng khi có ngắn mạch chạm đất.</li><li>▪ Tránh dòng inrush xuất hiện trong hệ thống nối đất trạm</li></ul>
Nhược điểm	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tăng nhiều các đường dây viễn thông do sóng hài</li><li>▪ Sóng hài và dòng inrush có thể làm bảo vệ mất chọn lọc</li><li>▪ Dòng inrush trong mạch nối đất trạm gây hư hỏng BI đo lường</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Quá điện áp trung tính khi có quá điện áp sét.</li><li>▪ Quá điện áp lớn trên 2 pha còn lại khi ngắn mạch tụ 1 pha</li></ul>
Áp dụng	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cho lưới trung tính nối đất</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Cho lưới trung tính cách đất</li></ul>



## 8.4 Chọn tụ điện

### 2. Dòng điện xung kích khi đóng tụ vào lưới

- Khi đóng 1 tụ vào lưới:

Dòng điện đóng tụ:  $I_m$  (inrush current)

$$I_m = U_m \times \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{L_H + L}} \approx \sqrt{2} \times \frac{U_{đm}}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{L_H}}$$

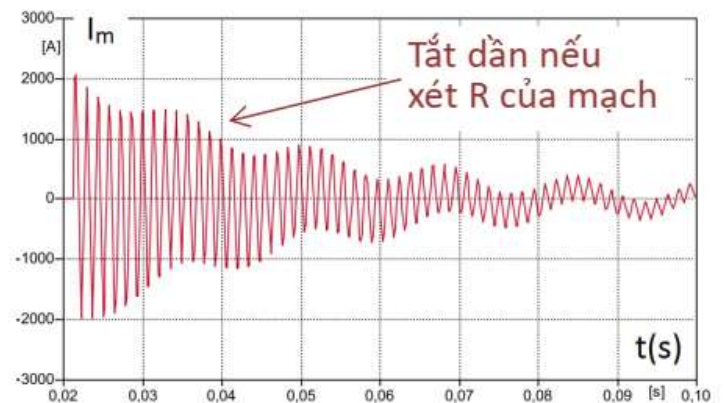
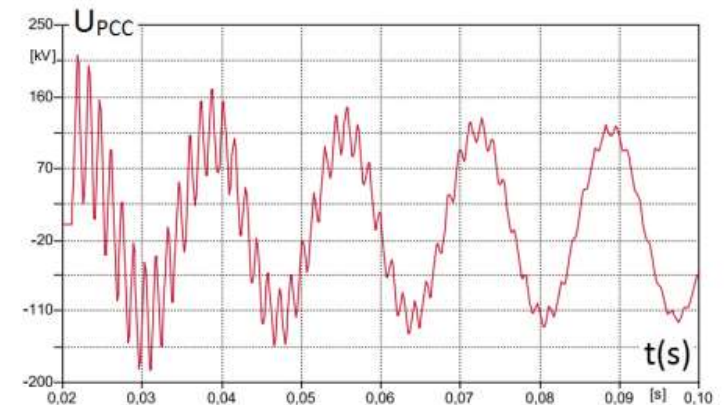
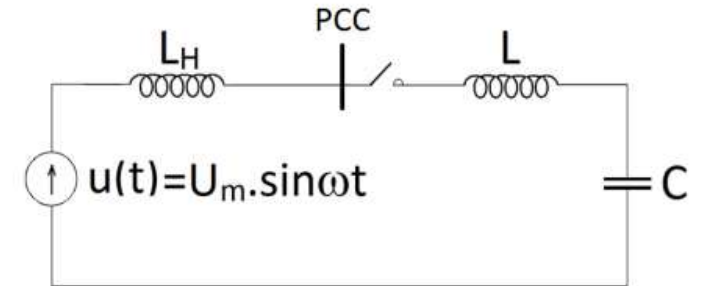
- So sánh với dòng định mức của tụ

$$\frac{I_m}{I_{đm.C}} = \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{L_H \cdot C}} = \frac{\sqrt{2 \cdot S_N}}{\sqrt{Q}}$$

$$I_{đm.C} = \omega \cdot C \cdot \frac{U_{đm}}{\sqrt{3}}$$

$S_N$ : Công suất ngắn mạch của HTĐ tại PCC:  $S_N = \frac{U_{đm}^2}{2\pi f \cdot L_H}$

$Q$ : Công suất bù của bộ tụ,  $Q = 2\pi f \cdot C \cdot U_{đm}^2$





## 8.4 Chọn tụ điện

### 2. Dòng điện xung kích khi đóng tụ vào lưới

- Khi đóng 1 tụ vào lưới:

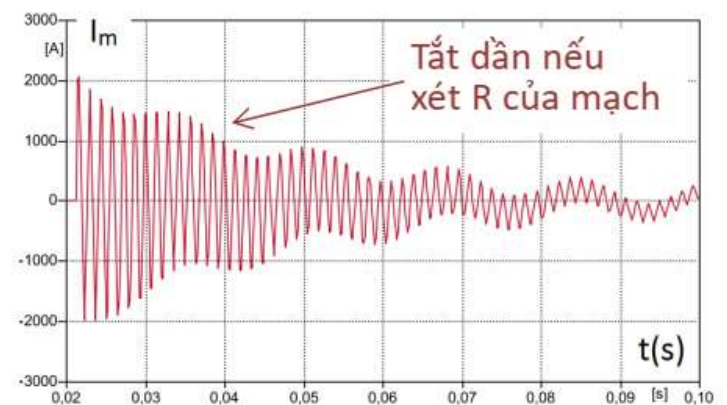
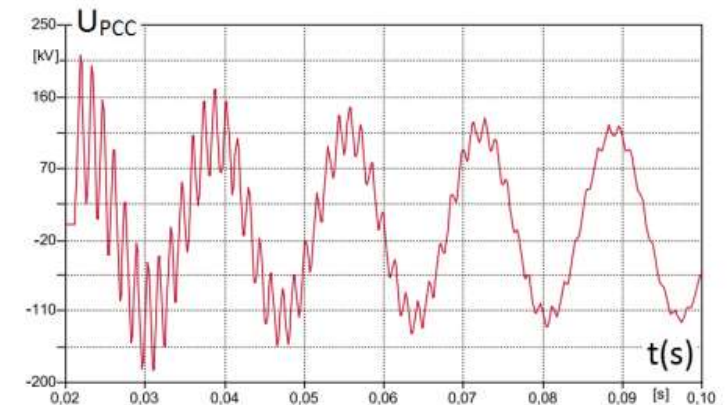
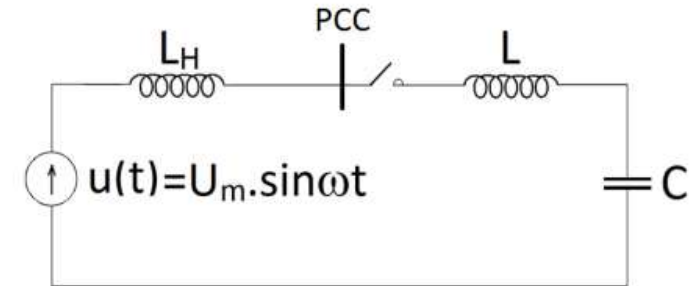
Tần số dao động sau khi đóng tụ:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_H \cdot C}} = f \cdot \frac{\sqrt{S_N}}{\sqrt{Q}}$$

$S_N$ : Công suất ngắn mạch của HTĐ tại PCC:

$$S_N = \frac{U_{dm}^2}{2\pi f \cdot L_H}$$

$Q$ : Công suất bù của bộ tụ,  $Q = 2\pi f \cdot C \cdot U_{dm}^2$





## 8.4 Chọn tụ điện

### 2. Dòng điện xung kích khi đóng tụ vào lưới

**Ví dụ:** Đóng tụ bù cố định 250kVAr với  $U_{đm} = 6\text{kV}$  vào lưới có công suất ngắn mạch tại điểm đóng tụ là  $S_N = 250\text{MVA}$

$$\frac{I_m}{I_{đm.C}} = \frac{\sqrt{2 \cdot S_N}}{\sqrt{Q}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 250 \cdot 10^3}}{\sqrt{250}} = 44,7(\text{lần})$$

$$f_o = f \times \frac{\sqrt{S_N}}{\sqrt{Q}} = 50 \times \frac{\sqrt{250 \cdot 10^3}}{\sqrt{250}} = 1582(\text{Hz})$$



## 8.4 Chọn tụ điện

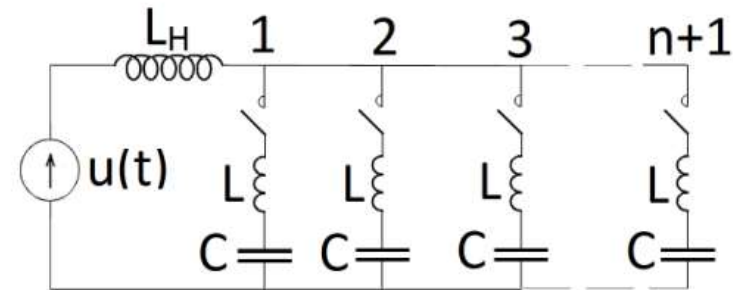
### 2. Dòng điện xung kích khi đóng tụ vào lưới

- Đóng tụ điện thứ  $n+1$  vào lưới khi đã nối  $n$  tụ điện

- Dòng điện đóng tụ

$$I_m = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_{dm} \frac{n}{n+1} \times \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{L}}$$

$$\Rightarrow \frac{I_m}{I_{dm.C}} = \sqrt{2} \times \frac{n}{n+1} \times \frac{f_o}{f}$$



- Trong đó tần số dao động tự nhiên:  $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$





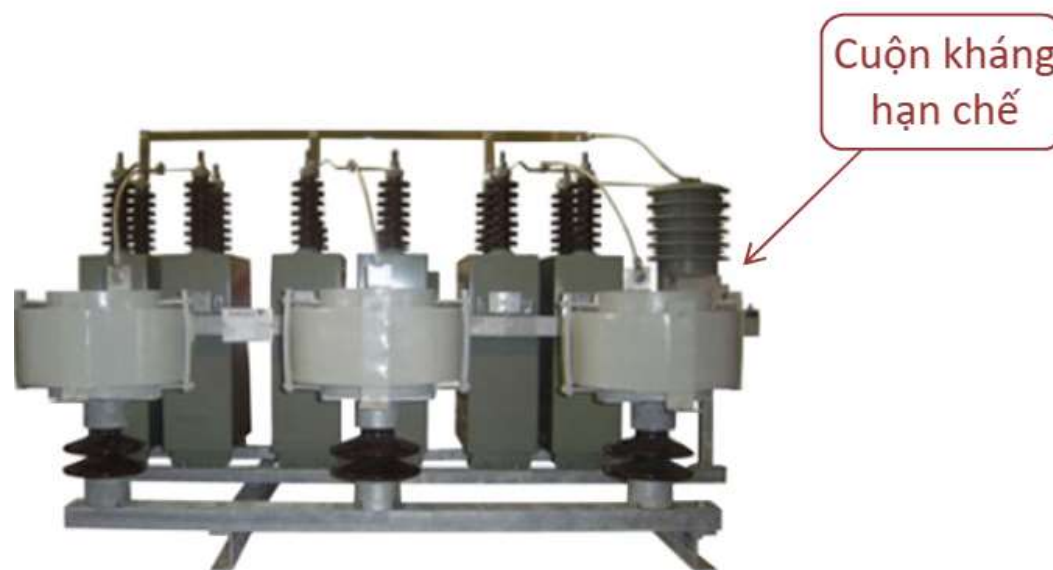
## 8.4 Chọn tụ điện

### 2. Dòng điện xung kích khi đóng tụ vào lưới

- ❑ Hạn chế dòng điện xung kích khi đóng tụ điện vào lưới
  - Đối với tụ hạ áp: Sử dụng mạch tiếp điểm phụ nối với điện trở hạn chế R, ghép kèm với công tác tơ đóng cắt mạch nối tụ.
  - Đối với tủ trung áp: Sử dụng điện kháng ghép nối tiếp với tụ điện.



Contactor hạ áp với  
điện trở hạn chế



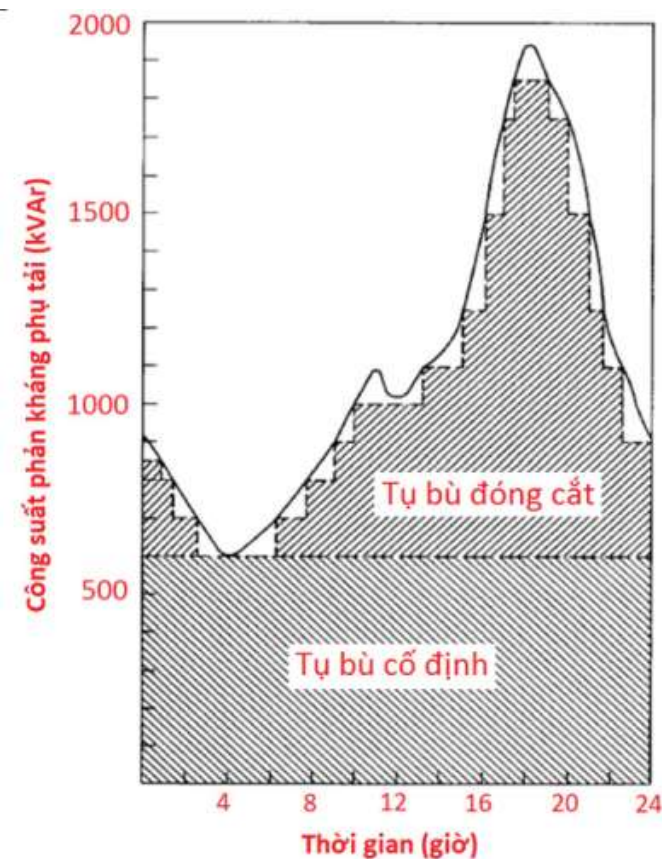
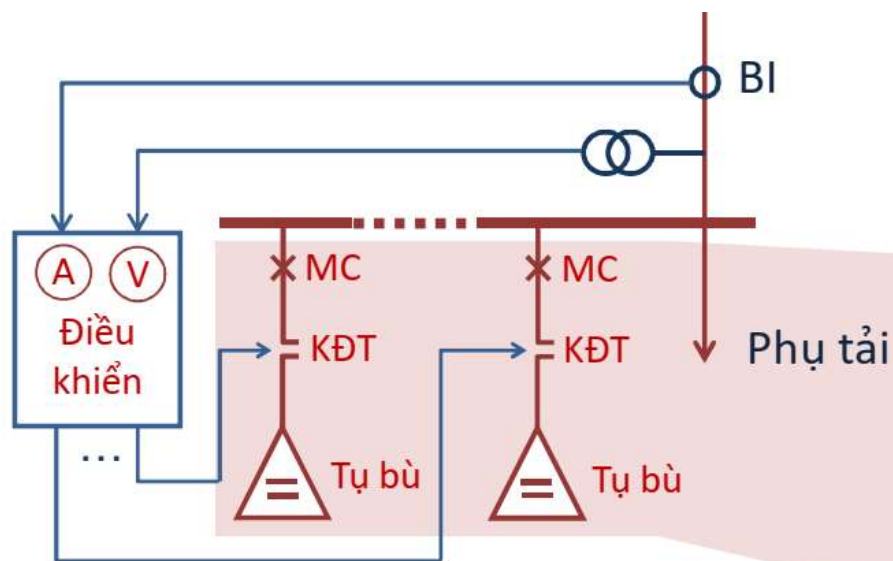
Điện kháng hạn chế ghép trực tiếp với  
mạch tụ điện trung áp



## 8.4 Chọn tụ điện

### 3. Nguyên tắc đóng cắt tụ điện

- ❑ Theo thời gian
- ❑ Theo dòng điện
- ❑ Theo điện áp
- ❑ Theo chiều CSPK





## 8.4 Chọn tụ điện

### 3. Nguyên tắc đóng cắt tụ điện

#### ❑ **Vận hành tụ điện:**

- Đối với lưới điện cao áp tụ điện được đặt trong phòng riêng.
- Đối với lưới điện hạ áp, tụ được lắp trong tủ tụ bù, có thể đặt cạnh các tủ phân phối điện.
- Lưu ý chống cháy nổ tụ điện khi vận hành (do quá điện áp đặt lên tụ) hoặc phát nóng do tổn thất công suất tác dụng của bản thân trụ.

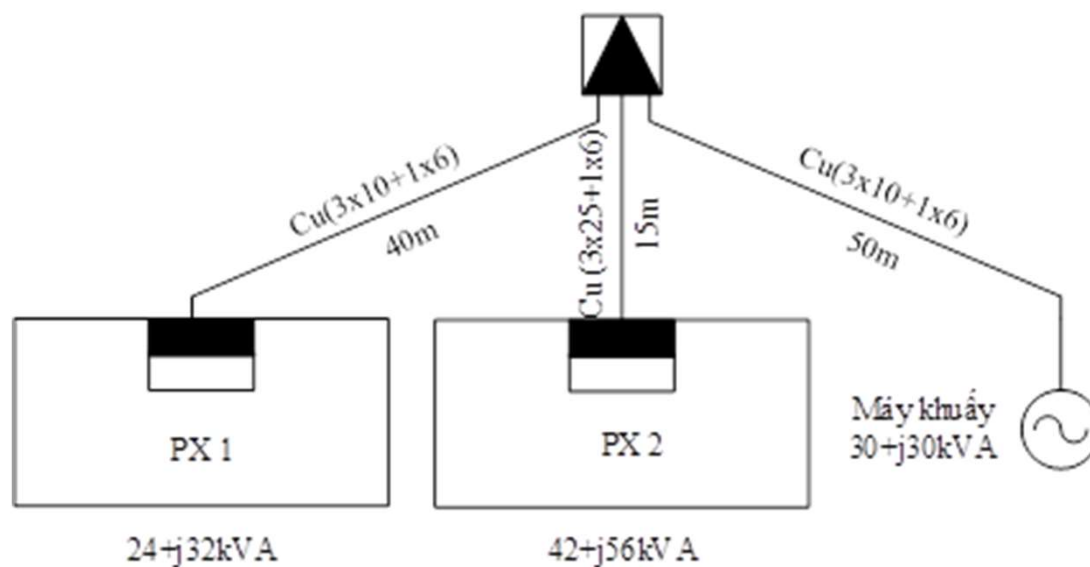




## 8.4 Chọn tụ điện

### Bài tập 8.1

Một xí nghiệp có mặt bằng cấp điện như hình. Yêu cầu tính toán thiết kế bù dùng tụ điện sao cho  $\cos\phi$  của nhà máy lên 0,95





## 8.4 Chọn tụ điện

### Giải

Với hệ thống cấp điện trên, tối ưu hơn cả là bù phân tán tại 3 điểm: phân xưởng 1, phân xưởng 2 và cực động cơ máy khuấy 30 kW.

Công suất tổng của xí nghiệp:

$$\dot{S} = 24 + j32 + 42 + j56 + 30 + j30 = 96 + j118 \text{ kVA}$$

Hệ số công suất của xí nghiệp:  $\cos \varphi = \frac{96}{\sqrt{96^2 + 118^2}} = 0,63$

Dung lượng bù tổng:  $Q_b = P.(tg \varphi_1 - tg \varphi_2) = 96.(1,23 - 0,33) = 86 \text{ kVAr}$

Công suất bù tại PX1:  $Q_{b1} = 32 - (118 - 86) \frac{0,009}{0,08} = 28,4 \text{ kVAr}$

Công suất bù tại PX2:  $Q_{b2} = 56 - (118 - 86) \frac{0,009}{0,012} = 32 \text{ kVAr}$

Công suất bù tại PX3:  $Q_{b3} = 30 - (118 - 86) \frac{0,009}{0,062} = 25,6 \text{ kVAr}$

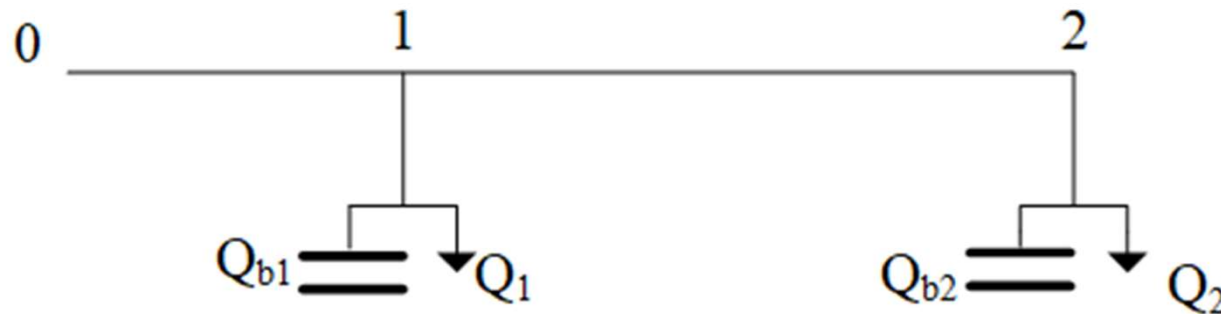
Thứ tự	Vị trí đặt	Loại tủ bù	Số pha	$Q_{bi}, \text{kVAr}$	Số lượng
1	Phân xưởng 1	KC2-0,38-28-3Y1	3	28	1
2	Phân xưởng 2	KC2-0,38-36-3Y3	3	36	1
3	Máy khuấy	KC2-0,38-28-3Y1	3	28	1



## 8.4 Chọn tụ điện

### Bài 8.2

Hãy xác định dung lượng bù tối ưu cho mạng điện hạ áp 0,38 kV với sơ đồ như hình, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là  $v_b = 140.10^3$  đ/kVAr; suất tổn thất trong tụ bù  $\Delta P_b = 0,004 kW / kVAr$ ; giá thành tổn thất  $c_\Delta = 750$  đ/kWh. Công suất phản kháng trong mạng điện là  $Q_1 = 45$ ; và  $Q_2 = 28,5$ . Đường dây được làm bằng dây dẫn A-50 với chiều dài  $l_{01} = 469$  m và  $l_{12} = 313$  m; tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn  $p = 0,18$ ; thời gian vận hành trong năm  $t = 8760$  h; thời gian tổn thất công suất cực đại 2678 h.





## 8.4 Chọn tụ điện

### Giải

Trước hết ta xác định các tham số của mạng điện: Căn cứ vào mã hiệu dây dẫn A-50 ta tìm được giá trị  $r_0 = 0,64 \Omega / km$ , từ đó xác định giá trị điện trở của các đoạn dây:

$$R_1 = r_0 l_{01} = 0,64 \cdot 0,469 = 0,30 \Omega$$

$$R_2 = r_0 l_{12} = 0,64 \cdot 0,313 = 0,20 \Omega$$

Tổng công suất phản kháng trong mạng:

$$Q_\Sigma = Q_1 + Q_2 = 45 + 28,5 = 73,5 kVAr$$

Hệ phương trình nhận được từ đạo hàm chi phí quy đổi:

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_1} = p \cdot v_b + \Delta P_b t c_\Delta - \frac{2c_\Delta \tau R_1}{U^2} \cdot 10^{-3} \cdot (Q_\Sigma - Q_{b1} - Q_{b2}) = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_2} = p \cdot v_b + \Delta P_b t c_\Delta - \frac{2c_\Delta \tau R_1}{U^2} \cdot 10^{-3} \cdot [R_1 \cdot (Q_\Sigma - Q_{b1} - Q_{b2}) + R_2 \cdot (Q_2 - Q_{b2})] = 0$$



## 8.4 Chọn tụ điện

### *Giải*

Thay số vào ta được hệ phương trình:

$$\begin{cases} 51,48 - 8,35(73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) = 0 \\ 51,48 - 8,35[0,3(73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) + 0,2(28,5 - Q_{b2})] = 0 \end{cases}$$

$$Q_{b1} = \frac{33,67 - 21,59}{0,2} = 60,41 kVAr$$

$$Q_{b2} = 67,33 - 60,41 = 6,92 kVAr$$

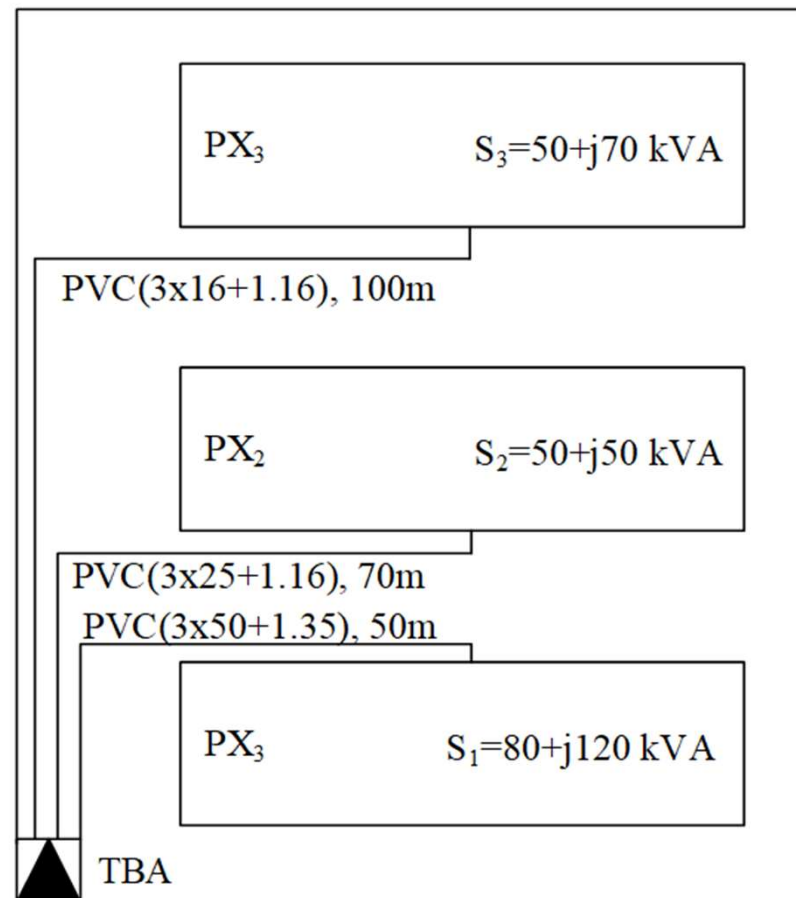
Ta chọn tụ công suất  $Q_{01} = 65 kVAr$  đặt tại điểm 1, còn tại điểm 2 không cần đặt tụ vì hiệu quả kinh tế sẽ không đáng kể.



## 8.4 Chọn tụ điện

### Bài 8.3

Xí nghiệp cơ khí gồm 3 phân xưởng có mặt bằng và số liệu phụ tải cho trên hình. Yêu cầu đặt tụ bù bên cạnh các tủ phân phối của 3 phân xưởng để nâng  $\cos\phi$  lên 0,95.





## 8.4 Chọn tụ điện

*Giải*

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 180 + j240 (kVA)$$

Tổng công suất tính toán của xí nghiệp:  $tg\varphi_1 = \frac{Q_{\Sigma}}{P} = \frac{240}{180} = 1,33$

$$\cos\varphi_2 = 0,95 \rightarrow tg\varphi_2 = 0,33$$

Tổng công suất phản kháng cần bù tại 3 phân xưởng để nâng  $\cos\phi$  của xí nghiệp lên 0,95 là:

$$Q_{b\Sigma} = P(tg\varphi_1 - tg\varphi_2) = 180(1,33 - 0,33) = 180(kVar)$$

Đường dây	Loại cáp	$l(m)$	$r_0 (\Omega / km)$	$R(\Omega)$
TBA-PX1	PVC(3x50+1,35)	50	0,387	0,0194
TBA-PX2	PVC(3x25+1,16)	70	0,727	0,0509
TBA-PX3	PVC(3x16+1,10)	100	1,15	0,115

Điện trở tương đương của lưới điện hạ áp xí nghiệp:

$$R_{td} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{0,0194} + \frac{1}{0,0509} + \frac{1}{0,115}} = 0,0126(\Omega)$$



## 8.4 Chọn tụ điện

*Giải*

$$Q_{b1} = 120 - (240 - 180) \cdot \frac{0,0126}{0,0194} = 81(kVar)$$

$$Q_{b2} = 50 - (240 - 180) \cdot \frac{0,0126}{0,0509} = 35(kVar)$$

$$Q_{b3} = 70 - (240 - 180) \cdot \frac{0,0126}{0,115} = 64(kVar)$$

Nơi đặt	Loại tụ	Số lượng	$Q_b(kVar)$	$U_{cắm}(V)$	$I_{cắm}(A)$	Số pha
PX1	DLE-4D40 K5S	2	40	440	52,4	3
PX2	DLE-4D40 K5S	1	40	440	52,4	3
PX3	DLE-4D75 K5S	1	75	440	98,4	3

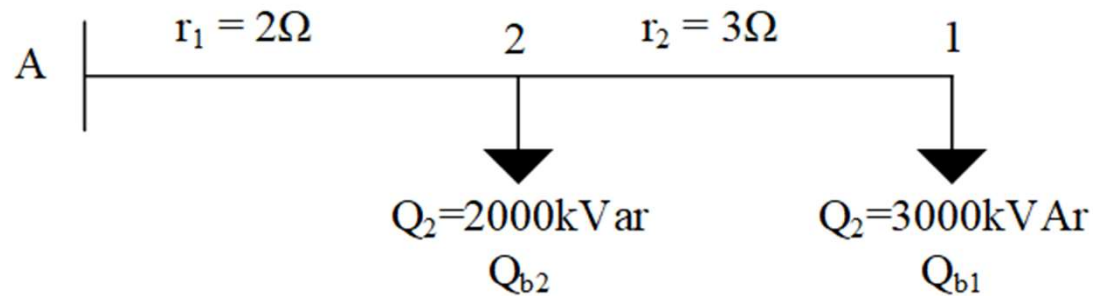




## 8.4 Chọn tụ điện

### Bài 8.4

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:



Các số liệu cần thiết:

$$K_b^0 = 70 \text{ đ/kVAr}; \Delta P^0 = 0,005 \text{ kW / kVAr}; C = 0,1 \text{ đ/kWh};$$

$$a_{vh} = 0,1; a_{tc} = 0,125; \tau = 2500 \text{ h}; T_{\max} = 4500 \text{ h}$$

Thông số các phụ tải là công suất cực đại. Thời gian đóng điện của tụ lấy bằng  $T_{\max}$



## 8.4 Chọn tụ điện

*Giải*

Hàm chi phí tính toán tổng:

$$Z = (0,1 + 0,125).70.(Q_{b1} + Q_{b2}) + 0,1.0,005.(Q_{b1} + Q_{b2}).4500 \\ + \frac{0,1.2500}{10^2} [(3000 - Q_{b1})^2 .3 + (5000 - Q_{b1} - Q_{b2})^2 .2]$$

Giải hệ  $\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0; \frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 0$ , tìm được:

$$Q_{b1} = 3000 kVAr, Q_{b2} = -200 kVAr < 0; \rightarrow \text{?????}$$

