



# CHƯƠNG 8: Nâng cao chất lượng điện năng trong cung cấp điện

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên



# MỤC LỤC CHƯƠNG 8

---

## 8.1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 8.2. ĐIỀU CHỈNH ĐỘ LỆCH ĐIỆN ÁP PHỤ TẢI ĐIỆN

8.2.1. Xác định độ lệch điện áp

8.2.2. Các biện pháp điều chỉnh điện áp trong hệ thống cung cấp điện

## 8.3. BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT TẠI PHỤ TẢI

8.3.1. Đặt vấn đề

8.3.2. Khái niệm hệ số công suất ( $\cos\phi$ ) của phụ tải

8.3.3. Ý nghĩa của việc bù công suất phản kháng nâng cao hệ số  $\cos\phi$  của phụ tải

8.3.4. Các định nghĩa về hệ số công suất  $\cos\phi$

8.3.5. Các biện pháp nâng cao hệ số  $\cos\phi$  của phụ tải

8.3.6. Phân phối dung lượng bù công suất phản kháng trong mạng điện công nghiệp

8.3.7. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

## 8.4. KHÁI NIỆM VỀ ĐỘ TIN CẬY VÀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG

8.4.1. Độ tin cậy cung cấp điện

8.4.2. Chất lượng điện năng

# 1. Khái niệm chất lượng điện năng

## □ Yêu cầu về chất lượng điện năng (CLĐN)

- ❖ Ngoài cấp điện đủ thì cần đảm bảo chất lượng
  - Cần cung cấp các công cụ, biện pháp đảm bảo CLĐN
- ❖ CLĐN quan hệ nhiều yếu tố → Rất khó khăn để đảm bảo
- ❖ Hai tiêu chí chính đánh giá:  $U, f$

## □ Điện áp 3 pha AC → 5 đại lượng CLĐN

- ❖ Độ lệch điện áp (tốc độ  $<1\%$  trong 1s):  $q_U = \frac{U - U_{\text{đm}}}{U_{\text{đm}}} 100\%$
- ❖ Độ dao động điện áp (tốc độ không  $<1\%$  trong 1s):  $\delta_U = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{đm}}} 100\%$
- ❖ Độ không sin:  $K_{\text{non-sin}} = \frac{U_{\gamma\Sigma} (= \sqrt{\sum_{\gamma=2}^{\infty} U_{\gamma}^2})}{U_1} 100\%$  ( $<5\%$  thì coi là sin, xét  $\gamma \leq 13$ )
- ❖ Độ không đối xứng:  $K_2 = \frac{U_2}{U_{\text{phađm}}} 100\% = \frac{\dot{U}_A + a^2 \dot{U}_B + a \dot{U}_C}{\sqrt{3} U_{\text{đm}}} 100\%$  ( $<1\%$  coi đxứng)
- ❖ Độ lệch trung tính:  $K_0 = \frac{U_0}{U_{\text{phađm}}} 100\% = \frac{|\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C|}{\sqrt{3} U_{\text{đm}}} 100\%$

# 1. Khái niệm chất lượng điện năng

## □ Tần số → 2 đại lượng CLĐN

- Độ lệch so với định mức (lấy trong 10 phút):  $q_f = \frac{f - f_{đm}}{f_{đm}} 100\%$
  - Độ dao động tần số (<0.2Hz trong 1s):  $p_f = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{đm}} 100\%$
- Nhiệm vụ của A0, không phải góc nhìn của hộ tiêu thụ.

## □ Ngoài ra:

- CLĐN còn đánh giá bằng chỉ tiêu độ tin cậy cung cấp điện

## □ Nâng cao chất lượng điện năng

CLĐN ảnh hưởng trực tiếp tới số lượng, chất lượng sản phẩm

- Khi thiết kế: tìm hiểu quy trình công nghệ, đánh giá ảnh hưởng CLĐN đến sản phẩm → Đưa ra giải pháp hợp lý nâng cao CLĐN
- Khi vận hành: tuân thủ quy trình vận hành đảm bảo CLĐN

## 2. Độ lệch điện áp

### □ Độ lệch điện áp (tốc độ $<1\%U_{đm}$ trong 1s)

$$\diamond \Delta U = U - U_{đm}; q_U = \Delta U\% = \frac{U - U_{đm}}{U_{đm}} 100\%$$

$$\diamond \text{Khi có nhiều nguyên nhân: } \Delta U = \sum_{i=1}^N \Delta U_i \text{ (nguyên nhân thứ } i \text{)}$$

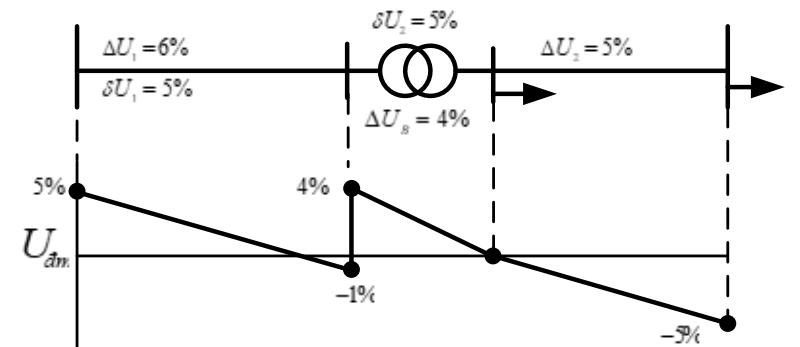
### □ Cho phép $\Delta U_{cp}\%$ :

- Đối với thiết bị chiếu sáng:  $-2,5\% \div 5\%$
- Đối với động cơ điện:  $-5\% \div 10\%$
- Đối với các thiết bị khác:  $\pm 5\%$
- Khi động cơ khởi động hoặc lưới sự cố:  $-10\% \div 20\%$

### □ Xác định độ lệch điện áp

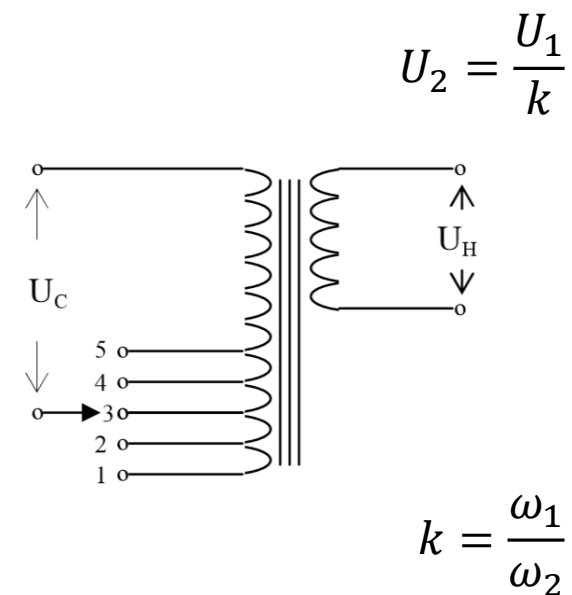
$$\Delta U\% = \sum \delta U\% - \sum \Delta U_{đd}\% - \sum \Delta U_B\%$$

$\delta U\%$  - độ tăng điều chỉnh đầu phân áp và các biện pháp điều chỉnh điện áp khác,  $\Delta U_{đd}\%$  - tổn thất điện áp trên đường dây,  $\Delta U_B\%$  - tổn thất điện áp trên MBA



## 2. Các biện pháp điều chỉnh điện áp

1. **Chọn sơ đồ hợp lý:** dẫn sâu, đặt TBA tại tâm tải
2. **Thay đổi tiết diện dây:** tăng vốn  $\rightarrow$  áp dụng tải quan trọng
3. **Điều chỉnh đồ thị phụ tải bằng phẳng:** không cần vốn
4. **Điều chỉnh điện áp máy phát điện:** tại các nhà máy
5. **Tụ điện:**
  - Mắc song song (bù ngang):  $\Delta U\% = \frac{PR + (Q - Q_{bù})X}{U^2}$
  - Mắc nối tiếp (bù dọc):  $Z = R + j(X_L - X_C)$
6. **Dùng máy bù đồng bộ:** tác dụng lớn, giá thành cao
7. **Máy biến áp bằng tay/tự động điều chỉnh điện áp**



## 2. Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

### □ Điều kiện:

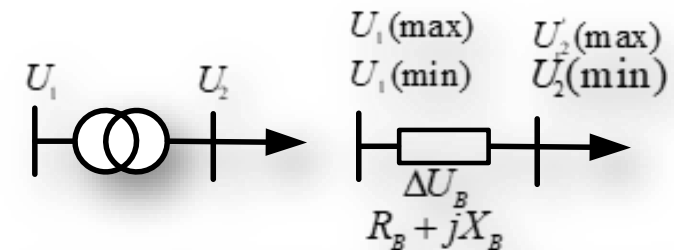
❖ Đảm bảo phụ tải max, min điện áp hạ áp trong giới hạn cho phép

- Tỷ số MBA:  $k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_{phân áp}}{U_{20}}$
- Tải min:  $U_{phân áp(max)} = U'_{2(max)} \frac{U_{20}}{U_{2(max)}} = (U_{1(max)} - \Delta U_{B(min)}) \frac{U_{20}}{U_{2(max)}}$
- Tải max:  $U_{phân áp(min)} = U'_{2(min)} \frac{U_{20}}{U_{2(min)}} = (U_{1(min)} - \Delta U_{B(max)}) \frac{U_{20}}{U_{2(min)}}$
- $U_{1(max)}$ : điện áp cao áp ứng với phụ tải nhỏ nhất
- $U_{1(min)}$ : điện áp cao áp ứng với phụ tải lớn nhất

❖ Giá trị cho trước:

- $U_{1(max)}, U_{1(min)}$  - Số liệu do hệ thống điện cung cấp;
- $U_{2(max)} = 1.05U_{2đm}; U_{2(min)} = 0.95U_{2đm}; U_{20} = 1.1U_{2đm}$

❖ Chọn:  $U_{phân áp} = \frac{U_{phân áp(max)} + U_{phân áp(min)}}{2}$ , Kiểm tra:  $U_{2(max)}, U_{2(min)}$



Máy biến áp hạ áp và sơ đồ thay thế

## 2. Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

□ **Ví dụ:** Chọn đầu phân áp cho MBA TM-1000/35

$$U_{1(max)} = 33kV, U_{1(min)} = 32kV; \frac{U_{1đm}}{U_{2đm}} = \frac{35kV}{10kV}$$

$$\Delta P_0 = 5.1kW; \Delta P_N = 15kW; U_N\% = 6,5;$$

$$\Delta U_{cp}\% \leq 5\%; S_{đm} = 1000kVA; S_{max} = 1200 + j900kVA; S_{min} = 420 + j495kVA$$

□ **Giải**

- Tham số của MBA:  $R_B = \frac{\Delta P_N U_{1đm}^2}{S_{đm}^2} 10^3 = \frac{15 \cdot 35^2}{1000^2} 10^3 = 18.375\Omega; X_B = \frac{U_N\% U_{1đm}^2}{S_{đm}} 10 = \frac{6,5 \cdot 35^2}{1000} 10 = 79,625\Omega$
- Tổn thất trong MBA:  $\Delta U_{B(max)} = \frac{1200 \cdot 18,375 + 900 \cdot 79,625}{35} 10^{-3} = 2,678kV; \Delta U_{B(min)} = \frac{420 \cdot 18,375 + 495 \cdot 79,625}{35} 10^{-3} = 1,347kV$



## 2. Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

### ❖ Tính đầu phân áp

- Phụ tải nhỏ nhất:  $U_{phân\ áp(max)} = (33 - 1,347) \frac{11}{10,5} = 33,16kV$
- Phụ tải lớn nhất:  $U_{phân\ áp(min)} = (32 - 2,678) \frac{11}{9,5} = 35,11kV$

### ❖ Đầu phân áp trung bình: $U_{phân\ áp} = \frac{33,16+35,11}{2} = 34,135kV$

### ❖ MBA TM-1000 có đầu phân áp tiêu chuẩn 33,25kV; 35kV và 36,75kV → Chọn $U_{phân\ áp} = 33,25kV$

### ❖ Kiểm tra điện áp thực tế phía thứ cấp

- Phụ tải min:  $U_{2(max)} = (33 - 1,347) \frac{11}{33,25} = 10.47kV \rightarrow \Delta U\% = +4,7\%$
- Phụ tải max:  $U_{2(min)} = (32 - 2,678) \frac{11}{32,25} = 9.7kV \rightarrow \Delta U\% = -3\%$

→ Cả hai chế độ làm việc trong giới hạn cho phép:  $\Delta U\% \leq \pm 5\%$

## 2. Vị trí tiến hành điều chỉnh điện áp

---

### ❑ Ở thanh cái trạm phát điện hay ở TBATG

- ❖ Thay đổi kích từ của máy phát điện (tăng điện áp nguồn)
  - Điện áp thanh cái thay đổi
  - Ảnh hưởng chung đến toàn mạng điện
  - Điện áp gần MF tăng cao phù hợp phụ tải quanh đó
- ❖ TBATG/KV cấp điện cho vùng rộng lớn (tăng Q về MBA)
  - MBA tự động điều chỉnh dưới tải OLTC
  - MBA thường + máy bù đồng bộ công suất lớn ở hạ áp

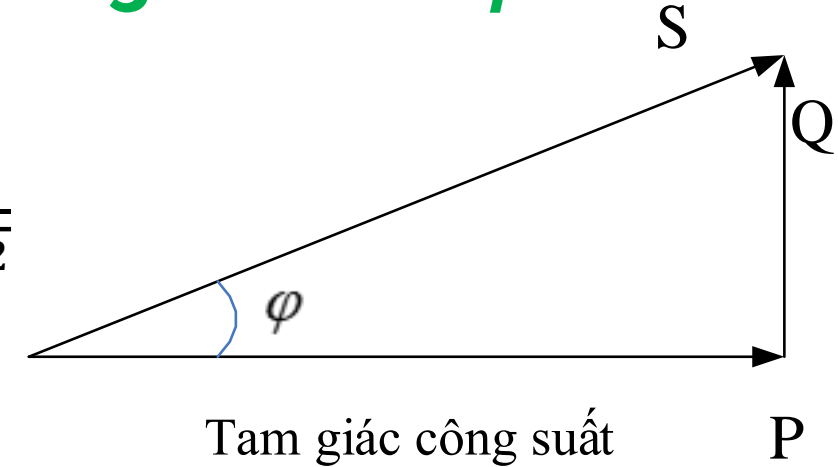
### ❑ Riêng cho từng điểm trong mạng điện

- ❖ Có yêu cầu cao về chỉ số điện áp
- ❖ Đặt ngay tại phụ tải (MBA tự động điều chỉnh điện áp, tụ,...)
- ❖ Cần nhiều thiết bị điều khiển phân tán

### 3. Khái niệm bù công suất phản kháng nâng cao $\cos\varphi$

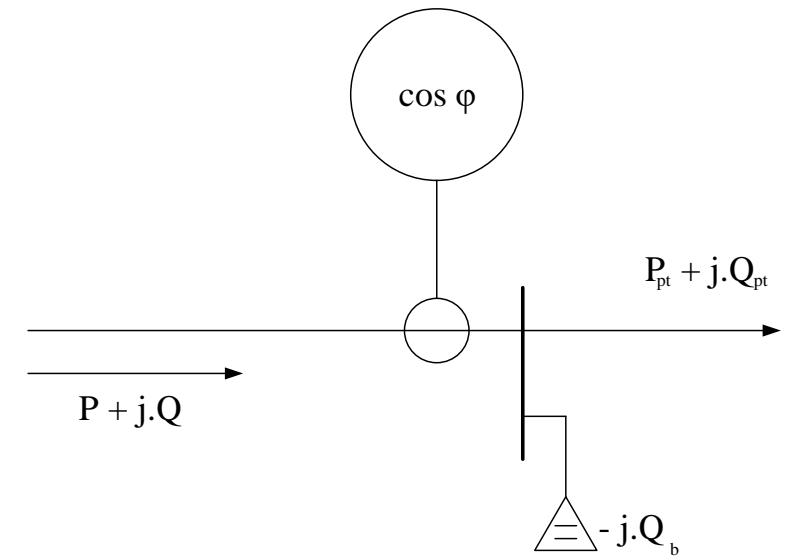
#### ❑ Hệ số công suất $\cos\varphi$

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



#### ❑ Đo hệ số $\cos\varphi$

- Dùng  $\cos\varphi$  mét
- Với  $P_{pt}$  nhất định,  $\cos\varphi$  nhỏ thì  $Q$  cấp lớn
- $\cos\varphi$  được DSO giám sát chặt chẽ vì kinh tế
- Quy định ví dụ  $\cos\varphi > 0.85$



Đo hệ số  $\cos\varphi$  phụ tải

### 3. Ý nghĩa bù công suất phản kháng nâng cao $\cos\varphi$

#### ❑ Sự cần thiết của công suất phản kháng

- Không sinh công nhưng tạo từ trường quay nên luôn tồn tại
- Trong MBA, hiện tượng cảm ứng giúp năng lượng truyền tải

#### ❑ Tỷ lệ tiêu thụ Q trong hệ thống điện

- Động cơ điện: 60÷65%
- Máy biến áp: 20÷25%
- Đường dây tải điện, điện kháng và các thiết bị khác: 5÷10%

#### ❑ Lợi ích cấp Q tại phụ tải

- Giảm sức ép phát Q từ nguồn
- Giảm tổn thất công suất và điện năng:  $\Delta P \downarrow = \frac{P^2 + Q^2 \downarrow}{U^2} \cdot R$
- Giảm tổn thất điện áp:  $\Delta U \downarrow = \frac{P \cdot R + Q \downarrow \cdot X}{U}$
- Tăng khả năng truyền tải:  $I_{cp} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U}$  hay là  $P \uparrow = \sqrt{3U \cdot I_{cp} - Q^2} \downarrow$



### 3. Các định nghĩa về $\cos\varphi$

#### ❑ Hệ số công suất tức thời ( $\cos\varphi_{tt}$ ):

- Đo bằng  $\cos\varphi$  mét
- Đo từ các giá trị tức thời:  $\cos\varphi_{tt} = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{3}UI}$

#### ❑ Hệ số công suất trung bình ( $\cos\varphi_{tb}$ ):

- Là giá trị trung bình của  $\cos\varphi_{tb}$  trong một chu kỳ thời gian khảo sát (ví dụ 1 ca tải, 1 ngày đêm, 1 tháng...).
- Dùng để đánh giá mức độ sử dụng điện tiết kiệm và hợp lý.

#### ❑ Hệ số công suất tự nhiên ( $\cos\varphi_{tn}$ ):

- Là hệ số công suất trung bình ( $\cos\varphi_{tb}$ ) trong thời gian một năm khi chưa thực hiện đặt bù.
- Dùng làm cơ sở để nâng cao  $\cos\varphi$  và xác định dung lượng bù công suất phản kháng.

### 3. Các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$ : Không thiết bị bù

#### ❑ Thay đổi cải tiến quy trình công nghệ

- Ví dụ: đúc tiên tiến giảm độ dư phôi → Giảm nguyên công cắt gọt; gia công tốc độ cao và dùng nhiều dao → rút ngắn time

#### ❑ Thay động cơ không đồng bộ non tải bằng động cơ nhỏ

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Q_0 + (Q_{đm} - Q_0)k_{pt}^2}{P_{đm} \cdot k_{pt}}}}$$

$Q_0$ : CSPK động cơ lúc không tải (60-70%)  
 $Q_{đm}$ : CSPK định mức

$k_{pt} = \frac{P}{P_{đm}}$ : hệ số phụ tải (0.45; 0.75)

#### ❑ Hạn chế động cơ chạy không tải

- Hợp lý hóa thao tác để mang tải tối đa
- Đặt thiết bị ngắt điện sau một thời gian chạy không tải

#### ❑ Động cơ đồng bộ thay động cơ không đồng bộ

#### ❑ Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ

#### ❑ Thay máy biến áp làm việc non tải bằng máy biến áp nhỏ

### 3. Các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$ : *Bù công suất Q*

#### ❑ **Đương lượng kinh tế của Q: $k_{kt}$**

❖ Là lượng P tiết kiệm được khi bù.

$$k_{kt} = \frac{\delta\Delta P}{Q_{bù}} = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{Q_{bù}} = \frac{QR}{U^2} \left( 2 - \frac{Q_{bù}}{Q} \right) \text{ với } \Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R; \Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q - Q_{bù})^2}{U^2} \cdot R$$

❖ Thực tế  $Q_{bù} \ll Q$  nên coi  $\frac{Q_{bù}}{Q} \approx 0$ :  $k_{kt} = \frac{2QR}{U^2}$

- Q và R càng lớn thì  $k_{kt}$  càng lớn → Phụ tải phản kháng càng lớn và càng xa nguồn thì việc bù càng có hiệu quả kinh tế.

❖ Thực tế  $k_{kt} = 0,02 \div 0,12$  kW/kVAR như cho trong bảng.

Hệ dùng điện	$k_{kt}$
Do máy phát điện cung cấp	0,02 ÷ 0,04
Qua một lần biến áp	0,04 ÷ 0,06
Qua hai lần biến áp	0,05 ÷ 0,07
Qua ba lần biến áp	0,08 ÷ 0,12

### 3. Các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$ : Bù công suất Q

#### ❑ Xác định dung lượng bù công suất phản kháng

❖ Công suất bù yêu cầu:  $Q_{b\Sigma} = (tg\varphi_{tn} - tg\varphi_{yc}) \cdot P_t$

❖ Công suất bù tối ưu:

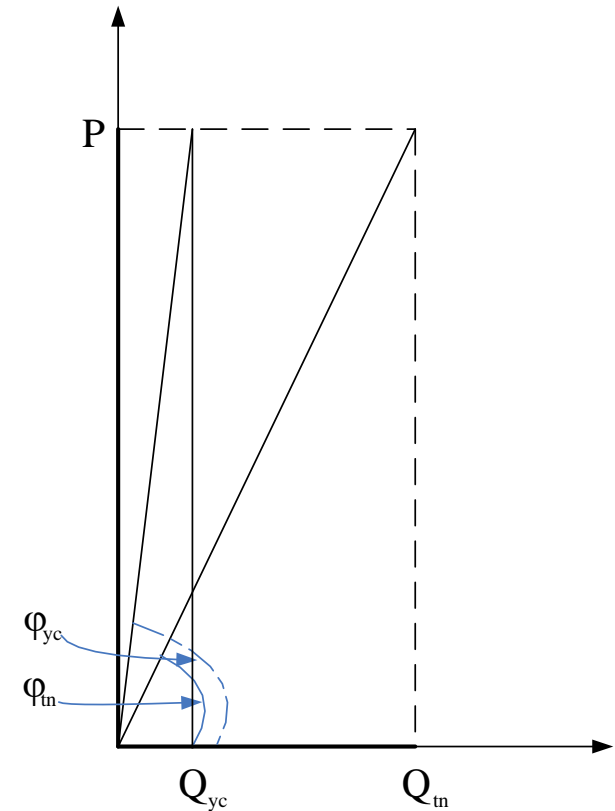
- Công suất tác dụng tiết kiệm được:

$$\begin{aligned}\Delta P_{tk} &= k_{kt} \cdot Q_{bù} - k_{bù} \cdot Q_{bù} \\ &= \frac{QR}{U^2} \left( 2 - \frac{Q_{bù}}{Q} \right) \cdot Q_{bù} - k_{bù} \cdot Q_{bù} \\ &= \left( \frac{2RQ}{U^2} - k_{bù} \right) \cdot Q_{bù} - \frac{RQ_{bù}^2}{U^2}\end{aligned}$$

- $k_{bù}$ : suất tổn thất P trong thiết bị bù

- Đạo hàm theo  $Q_{bù}$

$$\frac{\partial \Delta P_{tk}}{\partial Q_{bù}} = \frac{2RQ}{U^2} - k_{bù} - \frac{2RQ_{bù}}{U^2} = 0 \rightarrow Q_{bù.t.ư} = Q - \frac{U^2}{2R} \cdot k_{bù}$$



Bù công suất phản kháng



### 3. Các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$ : Bù công suất Q

#### ❑ Chọn các thiết bị bù

##### ❖ Tụ điện tĩnh

- **Ưu:** tổn thất công suất và điện năng thấp; dễ tháo lắp; dễ ghép nối điều chỉnh dung lượng bù; vốn đầu tư thấp.
- **Nhược:** nhạy cảm với dao động điện áp ( $Q_c = \omega \cdot C \cdot U^2$ ); quá áp trên 10%, tụ có thể nổ, cháy; kết cấu kém chắc chắn; khi đóng tụ có dòng điện xung kích, khi cắt có tồn tại điện áp dư.
- **Ứng dụng:** xí nghiệp nhỏ, <35kV,  $Q_{bù} < 5000\text{kVAr}$

##### ❖ Máy bù đồng bộ: ~ máy phát đồng bộ thiếu/quá kích thích

- **Ưu:** chạy 2 chế độ, điều chỉnh được điện áp đầu cực, không phụ thuộc điện áp lưới
- **Nhược:** quản lý vận hành khó do phần tử quay, lắp ráp, bảo dưỡng, sửa chữa phức tạp, vốn lớn
- **Ứng dụng:** phụ tải công suất lớn, bù tập trung

##### ❖ Động cơ không đồng bộ roto dây quấn được đồng bộ hóa:

- Loại bù kém nhất do tổn thất công suất lớn, khả năng quá tải kém

# 3. Phân phối dung lượng bù

## ❑ Chọn vị trí

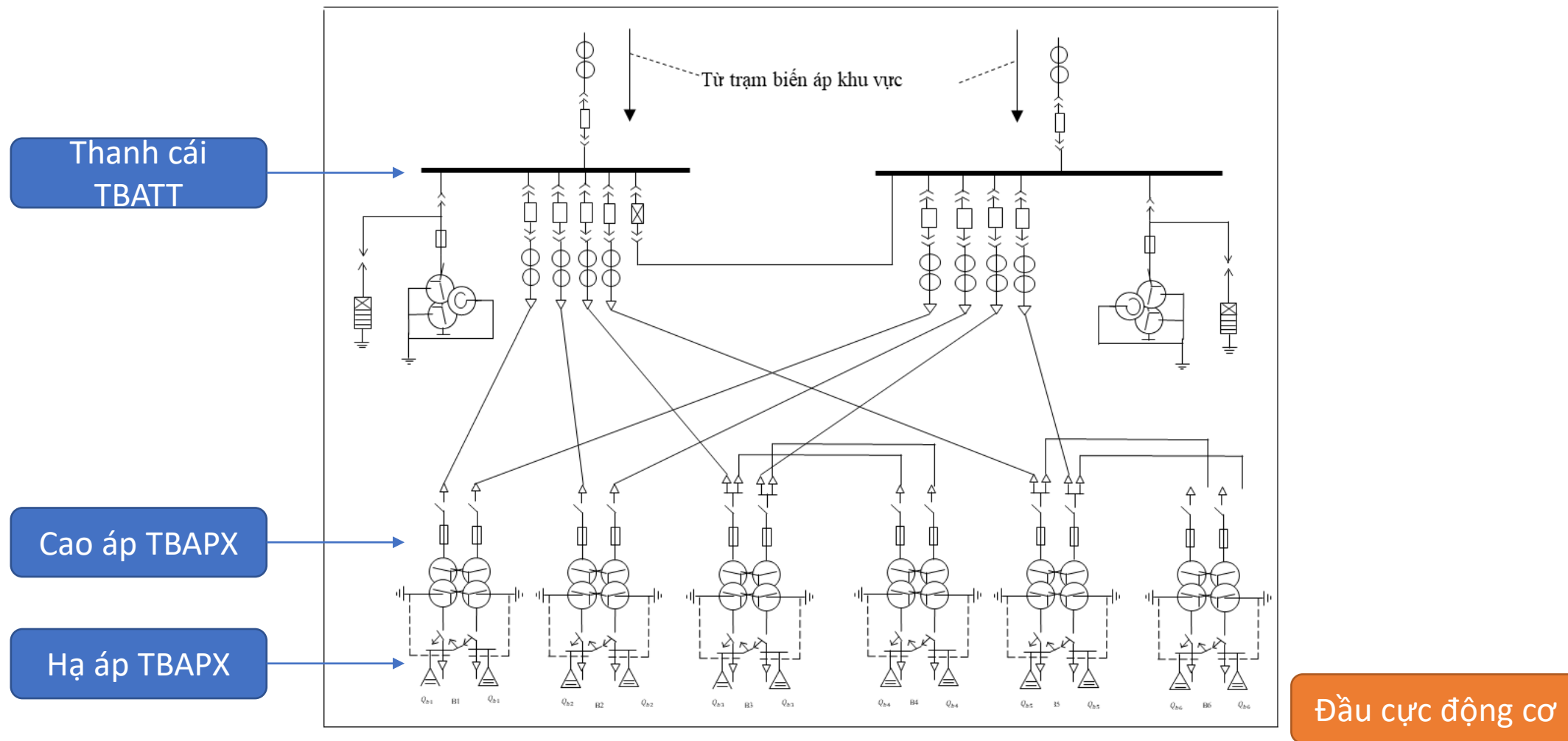
### ❖ Đặt tập trung

- Thường là tại phía cao áp các trạm biến áp
- **Ưu:** Dễ vận hành, tự động hóa, tận dụng tối đa dung lượng bù
- **Nhược:** Không bù Q ở mạng điện áp thấp

### ❖ Đặt phân tán

- **Tại từng thiết bị điện:** Giảm được nhiều tổn thất nhưng hiệu suất sử dụng không cao
- **Tại các tủ phân phối:** hiệu suất sử dụng cao, giảm được tổn thất cả mạng cao và hạ áp, nhưng phân tán nên khó quản lý
- **Tại thanh cái điện áp thấp TBAPX:** khi dung lượng bù lớn, yêu cầu tự điều chỉnh điện áp, công suất MBA giảm do giảm Q. Nhưng, không giảm tổn thất trong mạng phân xưởng

### 3. Phân phối dung lượng bù



*Ví dụ bù cho hệ thống cung cấp điện của một nhà máy công nghiệp*

### 3. Phân phối dung lượng bù

#### ❑ Thiết lập bài toán phân phối dung lượng bù trong mạng điện xí nghiệp công nghiệp

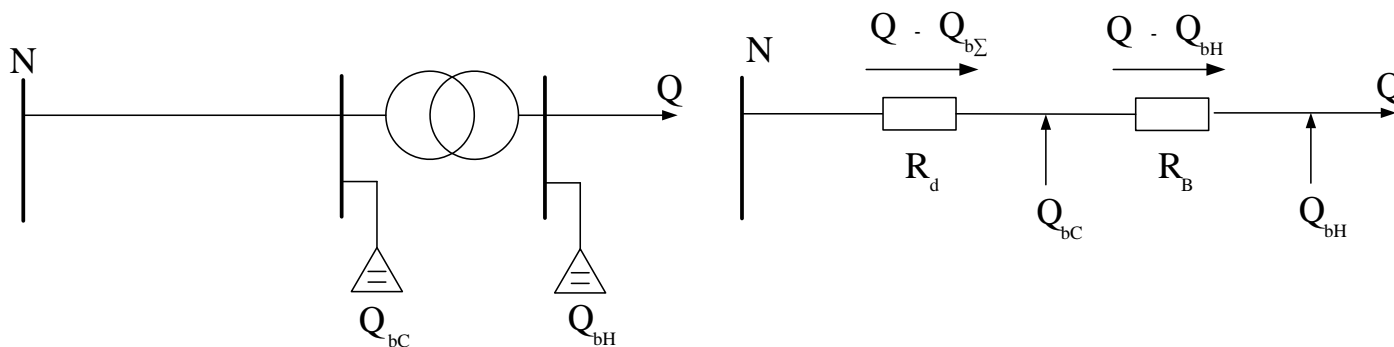
❖ Bài toán tối ưu hàm chi phí tính toán

❖ Tính dung lượng bù phía cao áp và hạ áp MBA

$$\begin{cases} C_{tt}(Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}) \rightarrow \min \\ Q_{b1} + Q_{b2} + \dots + Q_{bn} = Q_{b\Sigma} \end{cases}$$

■ Lập bài toán:

- Đặt phía cao: giảm giá do ít thiết bị điều chỉnh và bù  $Q_{MBA}$
- Đặt phía thấp: giảm tổn thất, lựa chọn MBA nhỏ
- Xác định  $Q_{bC}, Q_{bH}$  với  $Q_{bC} + Q_{bH} = Q_{b\Sigma}$



Phân phối dung lượng bù phía mạng cao áp và hạ áp



### 3. Phân phối dung lượng bù

#### ❖ Giải

▪ Chi phí tính toán:  $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 = Z(Q_{bC}, Q_{bH})$

✓  $Z_1$ : Thành phần vốn đầu tư cho thiết bị bù

$$Z_1 = (k_{vh} + k_{hq})[Q_{bC}V_C + Q_{bH}V_H] = (k_{vh} + k_{hq})[Q_{b\Sigma}V_C + Q_{bH}(V_H - V_C)]$$

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

✓  $Z_2$  là chi phí tổn thất điện năng hàng năm

$$Z_2 = Q_{b\Sigma} \cdot \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A$$

•  $\Delta P_b$ : Suất tổn thất công suất tác dụng cho một đơn vị dung lượng bù (kW/kVAr) ( $k_{bù}$  slide16)

•  $T_b$ : Thời gian vận hành thiết bị bù.

•  $\alpha_A$ : Suất chi phí tổn thất điện năng.

✓  $Z_3$ : chi phí tổn thất điện năng của lưới sau bù.

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

### 3. Phân phối dung lượng bù

#### ❖ Giải

- Xác định  $Q_{bC}$  và  $Q_{bH} \rightarrow \min Z(Q_{bC}, Q_{bH})$ :

$$\frac{\partial C_{tt}}{\partial Q_{bH}} = 0$$
$$\Rightarrow (V_H - V_C) \cdot (k_{vh} + k_{hq}) + \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A - \frac{2 \cdot (Q - Q_{bH})}{U^2} \cdot R_B \cdot \tau_b \cdot \alpha_A = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Q_{bH} = Q - \frac{[(V_H - V_C) \cdot (k_{vh} + k_{hq}) + \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A] \cdot U^2}{2 \cdot R_B \cdot \tau_b \cdot \alpha_A} \\ Q_{bC} = Q_{b\Sigma} - Q_{bH} \end{cases}$$

### 3. Phân phối dung lượng bù

#### ❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia:

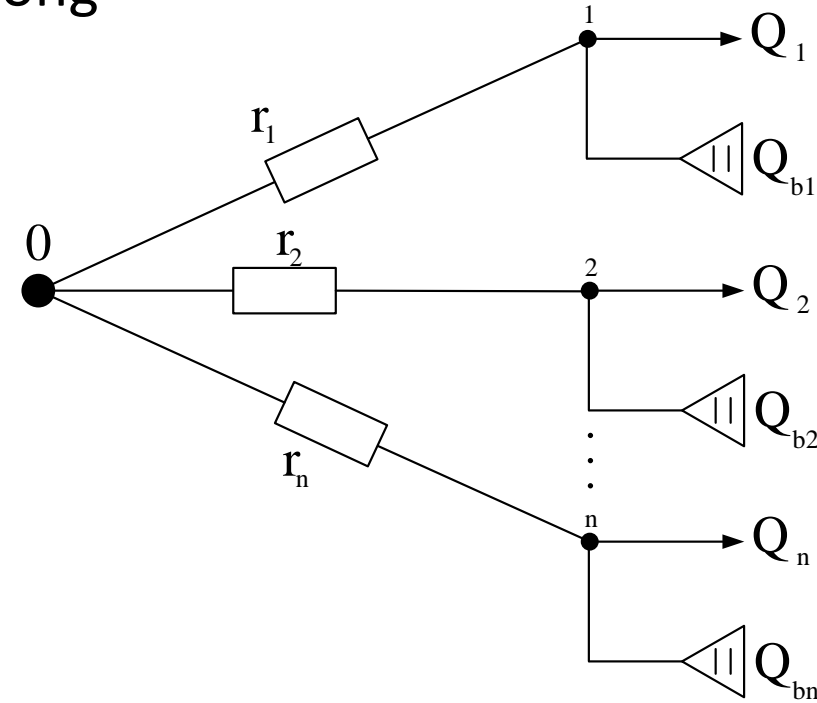
- $n$  nhánh cần bù tổng  $Q_b \rightarrow Q_{bi}$ ?
- Lập hàm chi phí (**cùng cấp điện áp**)

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

$$\text{Ràng buộc: } \sum_{i=1}^n Q_{bi} - Q_b = \varphi(Q_{bi}, i = \overline{1, n})$$

- Phương pháp nhân tử Lagrange: có thể chọn  $\lambda$  sao cho

$$F = f(Q_{bi}, i = \overline{1, n}) + \lambda \cdot \varphi(Q_{bi}, i = \overline{1, n}) \text{ có } \left. \frac{\partial F}{\partial Q_{bi}} \right|_{i=\overline{1, n}} = 0$$



Mạng hình tia

### 3. Phân phối dung lượng bù

#### ❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia (tiếp):

- Chọn  $\lambda = \frac{2.L}{U^2} \tau_b \alpha_A$
- $L = (Q - Q_b) \cdot R_{tđ}$  ;
- $Q = \sum_{i=1}^n Q_i$ ;  $Q_b = \sum_{i=1}^n Q_{bi}$
- $R_{tđ} = \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i} \right)^{-1}$  : Điện trở tương đương toàn mạng hình tia
- Dung lượng bù tối ưu các nhánh:

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

- **Chú ý**:  $Q_{bi} < 30$  kVAR ở mạng hạ áp hoặc  $Q_{bi} < 100$  kVAR ở mạng trung áp  $\rightarrow$  chuyển lên nhánh trước đặt cho **tiện**



### 3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia (tiếp):

▪ Ví dụ:

Mạng hình tia bốn nhánh. Thông số các nhánh như sau

$$r_1 = 0,1 \, \Omega; Q_1 = 400 \, \text{kVAr}; r_2 = 0,05 \, \Omega; Q_2 = 400 \, \text{kVAr}$$

$$r_3 = 0,06 \, \Omega; Q_3 = 500 \, \text{kVAr}; r_4 = 0,2 \, \Omega; Q_4 = 200 \, \text{kVAr}$$

Biết tổng dung lượng bù cho mạng là  $Q_b = 1200 \, \text{kVAr}$ .

Xác định  $Q_{b1}, Q_{b2}, Q_{b3}, Q_{b4}$  ?

▪ Giải:

$$R_{td} = r_1 // r_2 // r_3 // r_4 = 0,0194 \, \Omega$$

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

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q - Q_b) \cdot R_{td}}{r_1} = 400 - \frac{(1500 - 1200) \cdot 0,0194}{0,1} = 341 \, \text{kVAr}$$

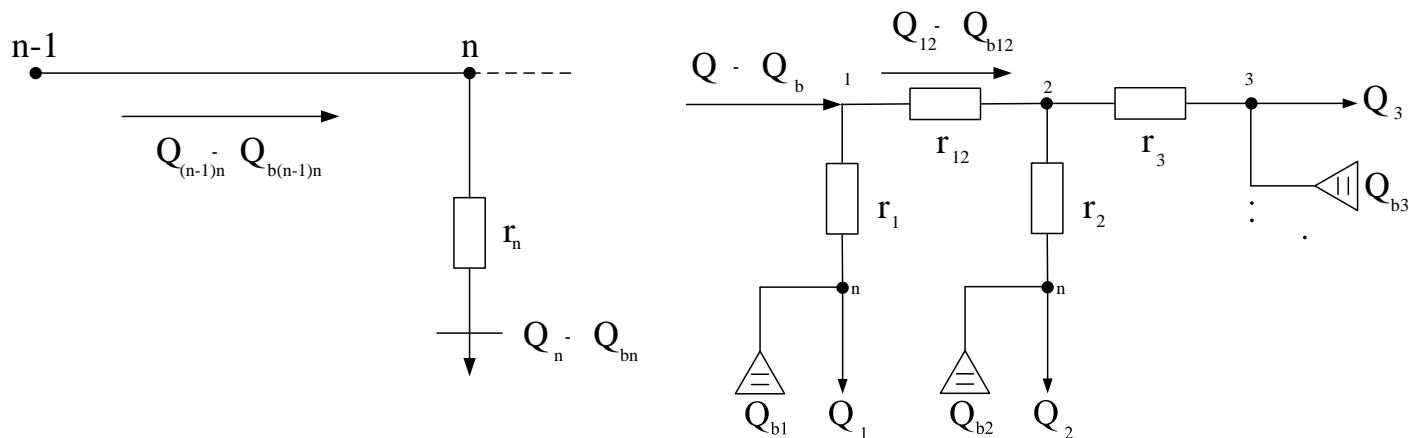
$$\text{Tương tự } Q_{b2} = 284 \, \text{kVAr}; Q_{b3} = 403 \, \text{kVAr}; Q_{b4} = 171 \, \text{kVAr}$$

### 3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng liên thông:

- Coi như nhiều mạng hình tia nối tiếp
- Dung lượng bù tại nút  $n$ :  $Q_{bn} = Q_n - \frac{(Q_{(n-1)n} - Q_{b(n-1)n}) \cdot R_{tdn}}{r_n}$ 
  - $Q_{(n-1)n}$ : CSPK 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 giữa nút  $n$  và các nút sau



### 3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng liên thông: (tiếp)

$$r_3 = 0,025 \, \Omega; Q_3 = 50 \, \text{kVAr}; r_2 = 0,012 \, \Omega; Q_2 = 200 \, \text{kVAr}$$

$$r_{12} = 0,004 \, \Omega; Q_{12} = Q_2 + Q_3 = 250 \, \text{kVAr}; r_1 = 0,008 \, \Omega; Q_1 = 100 \, \text{kVAr}; Q_b = 250 \, \text{kVAr};$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 350 \, \text{kVAr}$$

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

**Giải:**  $R_{td2} = r_2 // r_3 = 0,008 \, \Omega$ ;  $R_{td1} = r_1 // (R_{td2} + r_{12}) = 0,0048 \, \Omega$

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q - Q_b) \cdot R_{td1}}{r_1} = 100 - \frac{(350 - 250) \cdot 0,0048}{0,008} = 40 \, \text{kVAr}$$

$$Q_{b12} = Q_b - Q_{b1} = 250 - 40 = 210 \, \text{kVAr}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{(Q_{12} - Q_{b12}) \cdot R_{td2}}{r_2} = 200 - \frac{(250 - 210) \cdot 0,008}{0,012} = 173 \, \text{kVAr}$$

$$Q_{b3} = Q_3 - \frac{(Q_{12} - Q_{b12}) \cdot R_{td2}}{r_3} = 25 - \frac{(250 - 210) \cdot 0,008}{0,025} = 37 \, \text{kVAr}$$

### 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

#### □ Chọn tụ điện

- Điện áp bộ tụ bù chọn theo điện áp định mức của lưới điện.
- Có thể nối tiếp một số tụ điện để điện áp cả bộ bằng định mức
- Dung lượng của bộ tụ:

$$Q_b = \frac{U^2}{X_C} = \omega \cdot C \cdot U^2 = 2\pi f \cdot C \cdot U^2 = 314 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot U^2 \text{ (kVAr)}$$

- $C$ : Điện dung của bộ tụ ( $\mu F$ )
- $U$ : Điện áp đặt lên cực của bộ tụ (kV)
- Công suất phản kháng do tụ điện sinh ra tỷ lệ với bình phương điện áp đặt lên cực

➔ Cần cho tụ điện làm việc đúng điện áp định mức để tận dụng hiệu suất của nó.

# 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

## □ Sơ đồ nối dây

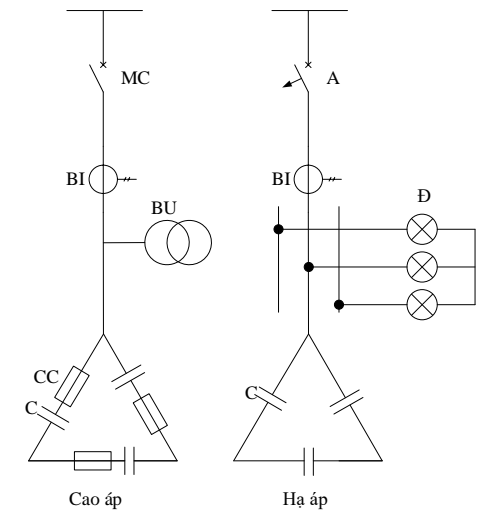
### ❖ Đối với lưới điện cao áp

- Chế tạo dưới dạng tụ một pha.
- Sơ đồ đấu bộ tụ điện 3 pha hình tam giác
- Mỗi pha có cầu chì bảo vệ riêng
- Bảo vệ bằng máy cắt/máy cắt phụ tải/cầu chì
- BU BI

- Cấp tín hiệu cho mạch bảo vệ/điều khiển đóng cắt tụ bù.
- BU để phóng điện cho tụ điện khi nó được cắt ra khỏi mạng nên nó được nối dưới máy cắt và ngay đầu cực tụ điện.
- Bù cho động cơ → Cuộn Stator làm điện trở phóng điện.

### ❖ Đối với lưới hạ áp

- Chế tạo dưới dạng tụ 3 pha đã được đấu sẵn hình tam giác.
- Bảo vệ bằng áp tô mát /cầu dao cầu chì hoặc công tắc tơ cầu chì.
- Mạch các bóng đèn dùng làm điện trở phóng điện



Các sơ đồ bù CSPK trong lưới điện trung áp và hạ áp

### 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

#### □ Cấu trúc và kết nối tụ 3 pha

Connection	Delta	Wye
Capacitor terminal voltage	Phase-to-phase voltage ⇒ Increase insulation cost	phase-to-neutral voltage ⇒ reduce insulation cost
Capacitor unit's capacity (kVAr)		
Unbalanced loads	No effect	Unbalanced voltage ⇒ Qc not the same each phase ⇒ Cause more unbalancing
Capacitor short-circuit	No overvoltage	Overload (due to overvoltage) on two phases
Applications (IEEE1036)	$U_r \leq 2400V$	$U_r > 2400V$

# 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

## □ Cấu trúc và kết nối tụ 3 pha

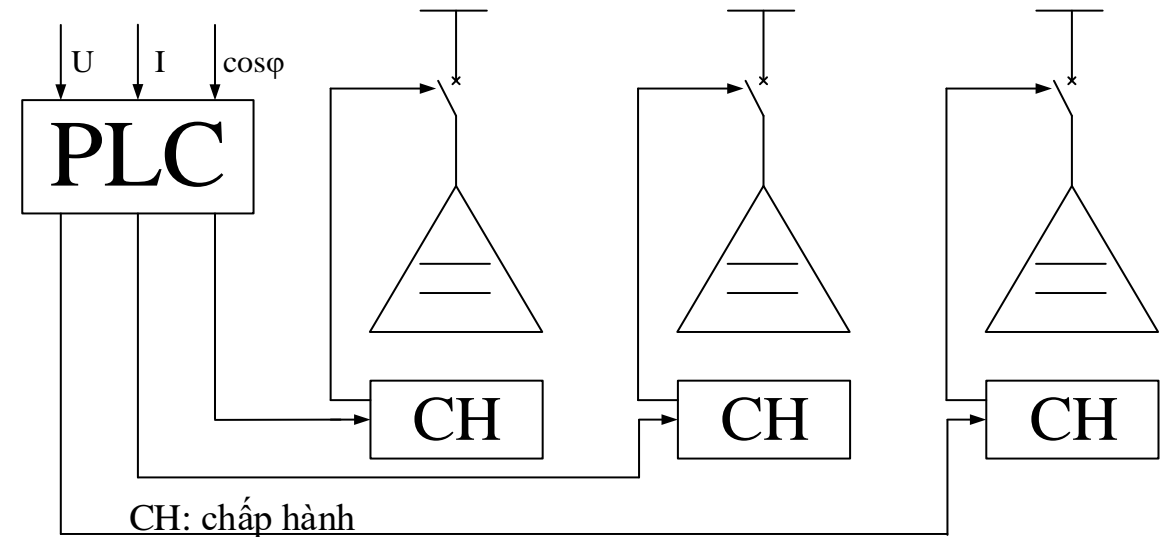
	Grounded Wye	Ungrounded Wye
Advantage	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ No overvoltage at the neutral</li><li>▪ Harmonics filtering</li><li>▪ Reduce recovery voltage for circuit breakers</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Eliminate 3n harmonics, zero sequence current and earth fault current.</li><li>▪ Limit inrush current in substation grounding system</li></ul>
Disadvantage	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Increased interference on telecom circuits due to harmonic circulation</li><li>▪ Inrush currents and harmonics may cause misoperation/overoperation on protective devices</li><li>▪ Inrush current in grounding system can damage current transformers</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Overvoltage at the neutral when lightning.</li><li>▪ Overvoltage on two phases when a capacitor unit is short-circuited</li></ul>
App.	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Neutral grounded network</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ungrounded network</li></ul>



# 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

## ❑ Điều chỉnh dung lượng bù

- ❖ Mỗi Q lại có một  $Q_{bù}$  tối ưu:
  - Dung lượng cố định  $\rightarrow$  điều chỉnh nhảy cấp  $\rightarrow$  có thiếu có thừa
  - Dung lượng nhỏ để dễ thay đổi  $\rightarrow$  điều khiển bảo vệ khó
- ❖ Điều chỉnh tự động thực hiện với bù tập trung theo nguyên tắc
  - Theo điện áp: đóng vào khi  $<U_{đm}$  và ngược lại
  - Theo thời gian: căn cứ đồ thị phụ tải ổn định
  - Theo dòng điện phụ tải: dòng tăng thì đóng thêm
  - Theo hướng Q: chạy từ nguồn đến tải thì đóng thêm
- ❖ Kết hợp các nguyên tắc trên và dùng PLC

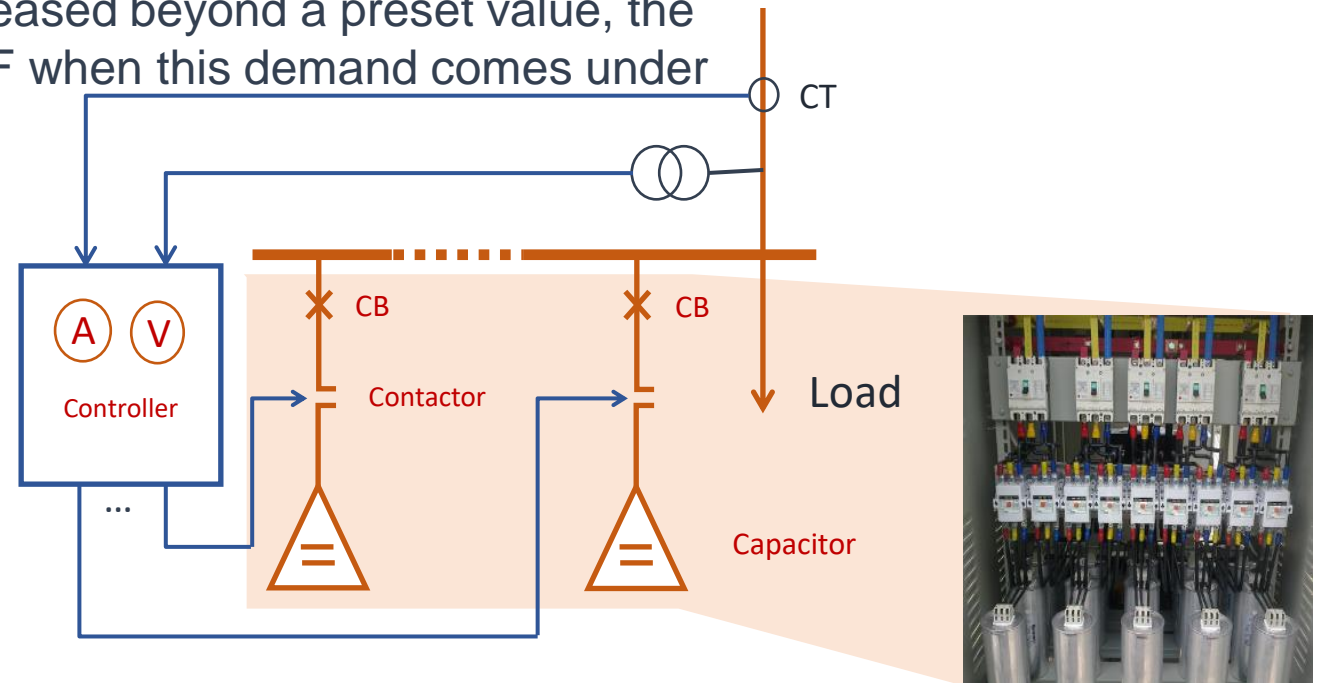


Tự động điều khiển dung lượng bù dùng PLC

# 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

## □ Điều khiển tụ bù

- *On voltage profile of the system.* Capacitor may be switched on just below a certain preset voltage level of the system and switched OFF above a preset higher voltage level.
- *On the Amp of the load.*
- *On the Var load.* When Var demand is increased beyond a preset value, the bank is switched ON and it is switched OFF when this demand comes under another lower preset value.
- *On power factor.* When the PF of the system comes below a predetermined value the bank is automatically switched ON to improve the PF.
- *Using timer.* Capacitor bank can also be switched ON at the start and switched OFF at end of every shift of a factory.



### 3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

#### ❑ Vận hành tụ điện

- Đặt nơi cao ráo, ít bụi bặm, không dễ cháy nổ, ăn mòn.
- Với cao áp, đặt trong phòng riêng: chống cháy nổ, ra vào thuận tiện, thông gió tốt, không dùng chiếu sáng tự nhiên,...
- Với hạ áp, đặt ngay trong nhà xưởng vì ít có khả năng cháy nổ nhưng ở nơi khô ráo thoáng mát; lắp trong tủ tụ bù cạnh tủ phân phối động lực.
- Chống cháy nổ tụ điện: quá điện áp đặt lên tụ hoặc phát nóng gây phình tụ điện do tổn thất công suất tác dụng bản thân tụ
- **Chú ý:** Để tránh ảnh hưởng dao động điện áp, một số tụ điện chế tạo với điện áp định mức cao hơn của mạng là 5% (tụ 10,5kV, 6,3kV)

## 4. Độ tin cậy

---

### □ Khái niệm

- Độ tin cậy cung cấp điện là mức độ đảm bảo cung cấp điện liên tục cho hộ dùng điện với chất lượng định trước và thời gian định trước.
- Độ tin cậy cung cấp điện là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng điện năng.
- Cho dù các chỉ tiêu điện áp, tần số được đảm bảo mà điện năng lại không được cấp liên tục thì hệ thống cung cấp điện cũng không đem lại hiệu quả kinh tế.
- Độ tin cậy cung cấp điện được xét tới trong giai đoạn thiết kế cũng như vận hành và áp dụng nhiều biện pháp khác nhau.

## 4. Độ tin cậy

### □ Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

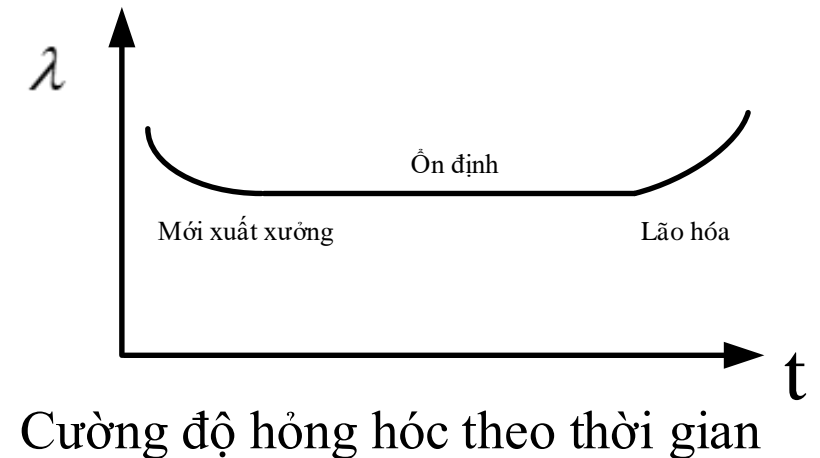
❖ Mức độ đảm bảo cung cấp điện liên tục phụ thuộc vào đặc điểm phụ tải loại I, II, III

❖ Các chỉ tiêu cơ bản để đánh giá và so sánh giữa các p/án:

- Tổn thất kinh tế do ngừng cấp điện  $C_{mđ}$ : phức tạp, ko đủ data
- Cường độ hỏng hóc  $\lambda$  (lần/năm)
- Thời gian phục hồi trung bình  $T_{ph}$

❖ Các chỉ tiêu khác dựa trên  $\lambda, T_{ph}$ :

- Xác suất làm việc tin cậy:  $P(t) = e^{-\lambda t}$
- Thời gian làm việc trung bình:  $T_{tb} = 1/\lambda$
- Hệ số sẵn sàng:  $k_{ss} = \frac{T_{tb}}{T_{tb} + T_{ph}}$



## 4. Độ tin cậy

---

### ❑ Các biện pháp nâng cao độ tin cậy cung cấp điện

#### ❖ Trong giai đoạn Thiết kế:

- Chọn sơ đồ đơn giản nhất
- Chọn sơ đồ độc lập như hình tia
- Sử dụng bảo vệ cầu chì, dao cách ly phân đoạn,...
- Đặt mạch dự phòng (đường dây, MBA)

#### ❖ Trong giai đoạn lắp đặt, sử dụng thiết bị điện

- Chất lượng tốt, phù hợp hoàn cảnh sử dụng

#### ❖ Giai đoạn vận hành

- Quy trình công nghệ chặt chẽ, tránh sự cố
- Thường xuyên kiểm tra bảo quản sửa chữa
- Điều khiển tự động, tin hiệu hóa...cô lập nhanh sự cố,
- Tích lũy kinh nghiệm kiến nghị cơ quan sản xuất, lắp đặt

## 4. Độ tin cậy

### □ Các bước tính toán độ tin cậy cung cấp điện

#### ❖ Phân tích độ tin cậy của phần tử:

- ✓ Vị trí trong hệ thống, hoàn cảnh làm việc, trạng thái hỏng hóc
- ✓ Tra cường độ hỏng hóc  $\lambda$
- ✓ Tính xác suất làm việc tin cậy:  $P(t) = e^{-\lambda t}$

#### ❖ Phân tích độ tin cậy của HTCCĐ

- ✓ Xác định trạng thái hỏng hóc tùy mục đích:  $t > t_{cp}, \Delta U > \Delta U_{cp}$
- ✓ Xác định sơ đồ logic độ tin cậy: các phần tử chính, dự phòng

#### ❖ Tính các chỉ tiêu tin cậy của HTCCĐ

- ✓ Xác suất làm việc tin cậy của HTCCĐ:  $P_{ht}(t) = e^{-\lambda_{ht}t}$ 
  - Nối tiếp:  $P_{ht}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) = e^{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i}$
  - Song song:  $P_{ht}(t) = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - e^{-\lambda_i t})$



## 4. Độ tin cậy

### ❖ Tính các chỉ tiêu tin cậy của HTCCĐ (tiếp)

✓ Tính cường độ hỏng hóc của HT:  $\lambda_{ht} = -\ln P_{ht}(t = 1)$  lần/giờ

- Nối tiếp:  $\lambda_{ht} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$

- Song song:  $\lambda_{ht} = -\ln(1 - \prod_{i=1}^m (1 - e^{-\lambda_i}))$

✓ Tính thời gian làm việc tin cậy trung bình:  $T_{tb} = \frac{1}{\lambda_{ht}}$

✓ Tính thời gian phục hồi:  $T_{ph} = \frac{8760}{\lambda_{ht}} t_{ph}$ ;  $t_{ph}$ : t/g 1 lần phục hồi

✓ Tính thời gian vận hành cho phép:  $t_{cp} = -\frac{1}{\lambda_{ht}} \ln P_{cp}$

- $P_{cp}$  là độ tin cậy cho phép của HTCCĐ

- $t > t_{cp}$ : tiến hành sửa chữa, thay thế phục hồi độ tin cậy

## 4. Độ tin cậy

### ❑ Ví dụ 1

❖ Biết cường độ hỏng hóc của cầu dao và máy cắt là  $\lambda_1 = 0,4 \cdot 10^{-6}$  lần/giờ và của MBA là  $\lambda_2 = 1,88 \cdot 10^{-6}$  lần/giờ

➔ Tính độ tin cậy của hệ thống sau thời gian làm việc  $t=10^4$  giờ ứng với trường hợp có và không có mạch dự phòng.

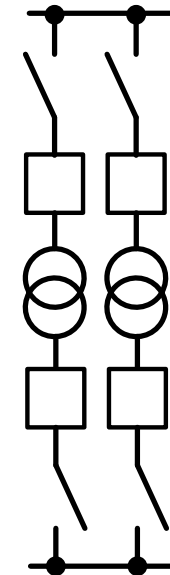
❖ Giải

✓ Không dự phòng:

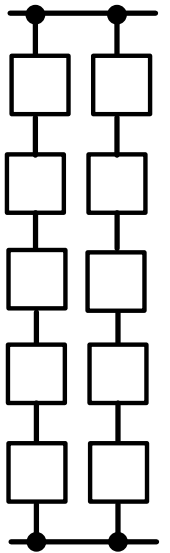
$$P_1(t) = e^{-t \sum_{i=1}^5 \lambda_i} = e^{-3,48 \cdot 10^{-6} t} = 0.965$$

✓ Có dự phòng:

$$\begin{aligned} P_2(t) &= 1 - \prod_{i=1}^2 \left( 1 - e^{-t \sum_{i=1}^5 \lambda_i} \right) \\ &= 1 - \left( 1 - e^{-3,48 \cdot 10^{-6} t} \right)^2 = 0.998 \end{aligned}$$



a) Sơ đồ nguyên lý



b) Sơ đồ logic

## 4. Độ tin cậy

### □ Ví dụ 2

- Mạch điện gồm 5 phần tử nối tiếp; Độ tin cậy các phần tử hệ thống như nhau là  $p=0,9$ .
- ➔ Tìm số mạch dự phòng với  $P_{cp}=0,7$ .
- *Giải*
  - Độ tin cậy của một mạch:  $P_1 = p^5$
  - Độ tin cậy của hệ thống có  $m$  mạch dự phòng:
    - $P_{ht} = 1 - (1 - p^5)^{m+1}$
  - Điều kiện:  $P_{ht} \geq P_{cp} \Leftrightarrow m \geq \frac{\ln(1-P_{cp})}{\ln(1-p^5)} - 1 \Leftrightarrow m \geq 0,3$
  - Chọn số mạch dự phòng là 1.

## 4. Chất lượng điện năng

---

### □ Khái niệm

#### ❖ Quan điểm truyền thống:

- Tần số do cơ quan điều khiển hệ thống điện quốc gia điều chỉnh, có tính chất toàn hệ thống (49.5-50,5Hz)
- Điện áp trung và hạ áp được giao động  $\pm 5\%$ , các xí nghiệp, phân xưởng yêu cầu cao (may, hóa chất, cơ khí chính xác, điện tử...) chỉ được phép dao động  $\pm 2,5\%$ .

#### ❖ Quan điểm mới: bất cứ vấn đề nào liên quan đến sai lệch điện áp, dòng điện, tần số so với tiêu chuẩn gây hậu quả

- Sụt giảm điện áp ngắn hạn (dưới 0.9pu trong 0,5 chu kỳ) và mất điện (điện áp cả 3 pha giảm 0.1pu); quá điện áp
- Sóng hài: thành phần bậc cao trong U, I (tải phi tuyến..)
- Không đối xứng

## 4. Chất lượng điện năng

### □ Dao động điện áp

- ❖ Biến thiên của điện áp trong khoảng thời gian tương đối ngắn
  - Tần số 2-3 lần/giờ,  $\delta U = 3 - 5\% U_{đm}$
  - Tần số 2-3 lần/phút,  $\delta U = 1 - 1,5\% U_{đm}$
  - Tần số 2-3 lần/giây,  $\delta U = 0,5\% U_{đm}$
- ❖ Do phụ tải lớn tiêu thụ đột biến công suất tác dụng và phản kháng như các lò hồ quang, máy hàn, máy cán thép cỡ lớn...
- ❖ Mức độ dao động phụ thuộc vào tỷ số công suất nguồn/phụ tải biến thiên:  $>10$  thì chỉ xảy ra cục bộ tại điểm phụ tải làm việc.
  - Dao động điện áp khi động cơ làm việc có biến đổi phụ tải lớn:  $\delta U\% = \frac{\Delta Q}{S_N} 100$
  - Dao động điện áp khi lò hồ quang làm việc:  $\delta U\% = \frac{S_B}{S_N} 100$

## 4. Chất lượng điện năng

---

### ❑ Dao động điện áp (tiếp)

❖ Biện pháp hạn chế dao động điện áp:

- Tăng công suất nguồn gấp nhiều lần phụ tải biến đổi lớn nhất
- Cung cấp cho phụ tải biến đổi lớn bằng đường dây và MBA riêng
- Tránh tập trung các phụ tải biến đổi lớn vào một điểm
- Giảm điện kháng của đường dây cung cấp cho phụ tải lớn, bằng cách dùng đường cáp hoặc thanh dẫn.
- Dùng thiết bị điều chỉnh điện áp nhanh chống dao động U
- Đặt bù công suất phản kháng nhanh chóng cấp cho tải
- Áp dụng biện pháp giảm dao động điện áp khi thiết kế truyền động điện, nhất là khi dùng các hệ truyền động van. Biện pháp hạn chế dòng điện mở máy động cơ lồng sóc lớn.

## 4. Chất lượng điện năng

---

### ❑ Độ không sin điện áp và sóng hài bậc cao

- ❖ Nguồn sóng hài: các bộ biến đổi van, lò hồ quang, máy hàn...
- ❖ Sóng điều hòa bậc cao của dòng điện và điện áp
  - Gây tổn hao, phát nóng thiết bị điện
  - Tăng nhanh quá trình già hóa của vật liệu cách điện
  - Ảnh hưởng xấu với chế độ làm việc của các bộ biến đổi van (đổi chiều không hoàn toàn)
  - Thiết bị đo lường, điều khiển tác động không chính xác
- ❖ Biện pháp hạn chế
  - Với các bộ biến đổi van thì nên dùng sơ đồ chỉnh lưu nhiều pha (12,24,36,48).
  - Lọc không tích cực, tích cực



## 4. Chất lượng điện năng

### ❑ Chế độ không cân bằng

❖ Nếu trong mạng điện có các phụ tải một pha công suất lớn như máy hàn, lò điện,... thì gây nên hiện tượng phụ tải không cân bằng, kéo theo điện áp không cân bằng làm lệch điểm trung tính của mạng điện.

❖ Độ không cân bằng trong phạm vi cho phép nếu:  $\frac{S_N}{S_{1fa}} \geq 50$

- $S_N$  công suất ngắn mạch tại điểm có phụ tải 1 pha;
- $S_{1fa}$  - công suất phụ tải 1 pha

❖ Giảm độ không cân bằng:

- Phân đều phụ tải một pha lên ba pha của lưới,
- Phân định lịch vận hành của các phụ tải một pha

➔ làm việc rải đều trong các ca sản xuất của xí nghiệp.

## 4. Chất lượng điện năng

### □ Ảnh hưởng chất lượng điện năng đến hộ tiêu thụ

❖ Các dụng cụ đốt nóng, các bếp điện trở: tỷ lệ  $U^2$

✓ 1 pha:  $\Delta P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ , 3 pha:  $\Delta P = 3I^2 R = 3 \left( \frac{U}{\sqrt{3}R} \right)^2 R = \frac{U^2}{R}$ .

❖ Đèn:

✓ Đèn huỳnh quang, tăng 10%  $U_{đm}$  → tuổi thọ đèn giảm 20-25%.

✓ Đèn có khí, giảm 20%  $U_{đm}$  thì bị tắt.

❖ Đài phát thanh thiết bị vô tuyến điện, thu phát, tự động hóa rất nhạy cảm với sự thay đổi điện áp.

❖ Tự điện tĩnh:  $Q$  tỷ lệ  $f, U^2$ :  $Q_{bù} = \frac{U^2}{X_C} = U^2 \omega C = U^2 2\pi f C$

❖ Động cơ điện: tốc độ quay của từ trường động cơ xác định bởi tần số lưới  
→ trượt giá trị định mức gây rối loạn quy trình

## 4. Chất lượng điện năng

### ❑ Tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng điện năng (tính theo U)

- ❖ Thiết bị cho phép các chỉ tiêu lệch ở mức độ nhất định
  - ❖ Chi phí đầu tư tỷ lệ nghịch với độ lệch chất lượng điện năng
  - ❖ Độ lệch lớn thì chi phí trong hệ thống điện ít nhưng thiệt hại nhiều cho hộ tiêu thụ.
- ➔ Cần có một độ lệch tối ưu (số lần và khoảng thời gian) để cho phép chi phí tổng cộng của nền kinh tế là nhỏ nhất.

❖ Khai triển hàm chi phí theo điện áp  $U$ :

$$\zeta = \zeta_0 + \frac{\partial \zeta}{\partial U} \delta U + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (\delta U)^2 + \dots$$

$\zeta$  và  $\zeta_0$  là chi phí tương ứng với điện áp  $U$  và điện áp tối ưu  $U_0$ ;  $\delta U = U - U_0$

❖ **Thiệt hại** do điện áp  $U$  không đủ chất lượng:

$$H = \zeta - \zeta_0 = \frac{\partial \zeta}{\partial U} \delta U + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (\delta U)^2 + \dots$$

## 4. Chất lượng điện năng

### □ Tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng điện năng (tiếp)

❖ Nếu chi phí  $\zeta$  khi điện áp đúng bằng **điện áp tối ưu  $U_0$**  thì  $\frac{\partial \zeta}{\partial U} = 0$ , bỏ qua thành phần bậc cao:

$$H = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (\delta U)^2 + \dots \approx \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (U - U_0)^2 = K(U - U_0)^2$$

➔ Thiệt hại tỷ lệ với bình phương độ lệch điện áp  $U$  so với điện áp tối ưu  $U_0$  với giả thiết: trong thời gian xem xét điện áp  $U$  không thay đổi.

❖ Thiệt hại trong khoảng thời gian  $T$ :

$$H_T = \int_0^T K(U - U_0)^2 dt = KT \left( \frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt - 2U_0 \frac{1}{T} \int_0^T U dt + U_0^2 \right)$$

## 4. Chất lượng điện năng

### □ Tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng điện năng (tiếp)

$$\begin{aligned} \bullet U_{tb} &= \frac{1}{T} \int_0^T U dt ; U_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt} ; U_{tbbp}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt \\ \bullet D(U) &= \frac{1}{T} \int_0^T (U - U_{tb})^2 dt = \frac{1}{T} \left( \int_0^T U^2 dt - 2U_{tb} \int_0^T U dt \right) + U_{tb}^2 = \\ &U_{tbbp}^2 - U_{tb}^2 \end{aligned}$$

$$\rightarrow H_T = KT(U_{tbbp}^2 - 2U_0 U_{tb} + U_0^2) = KT[D(U) + (U_{tb} - U_0)^2]$$

### **Hai phần của thiệt hại do lệch điện áp và các giải pháp:**

- (1) Tỷ lệ với phương sai nghĩa là độ lệch trung bình bình phương so với giá trị trung bình  $\rightarrow$  đặt các thiết bị điều chỉnh đặc biệt
- (2) Bình phương của độ lệch trung bình so với giá trị điện áp tối ưu  $U_0 \rightarrow$  thay đổi hệ số MBA và điều chỉnh dung lượng bù.

# THE END!

---

# Q&A