

# Chương 05

## Tính toán về điện trong hệ thống cung cấp điện

**5.1 Khái niệm chung**

**5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện**

**5.3 Phân bố công suất trên mạng điện**

**5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện**

**5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện**

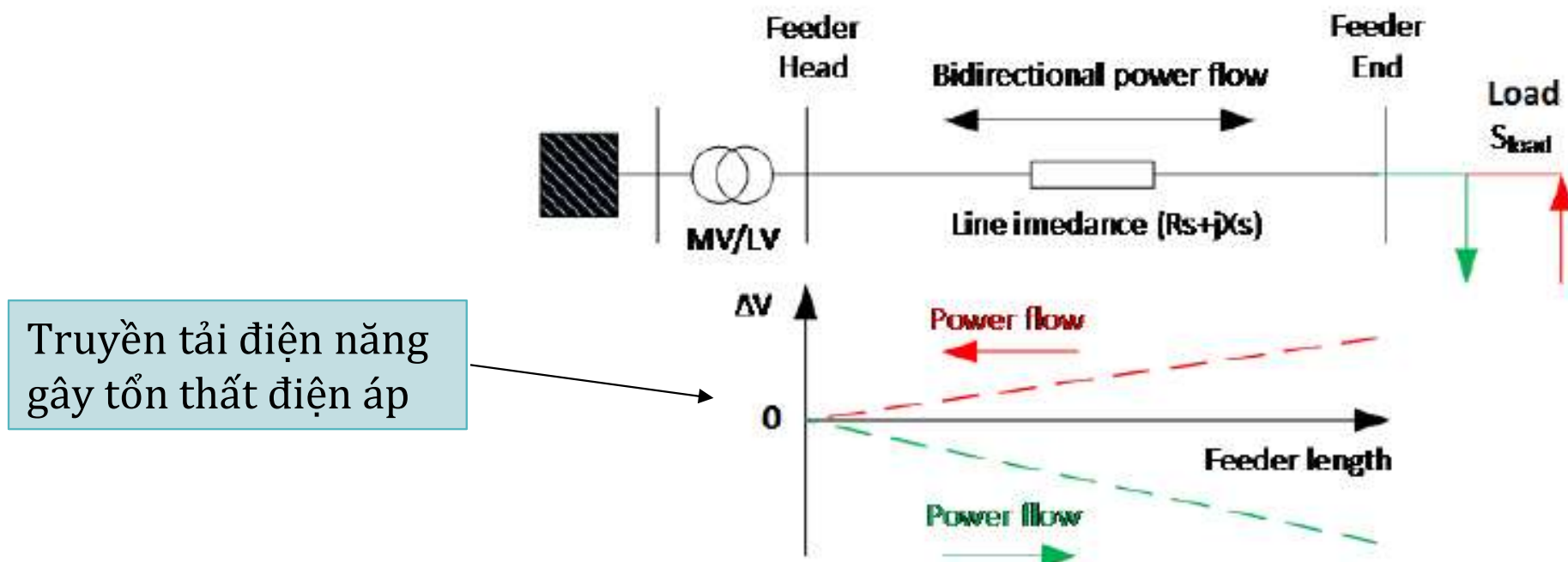
**5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện**



## 5.1 Khái niệm chung

176

### Nội dung chính chương 5



Sau khi thiết kế, cần kiểm tra xem **các thông số chế độ của hệ thống cung cấp điện** bao gồm điện áp tại các nút và dòng công suất trên tất cả các nhánh của sơ đồ cung cấp điện có đảm bảo yêu cầu chất lượng điện năng hay không?

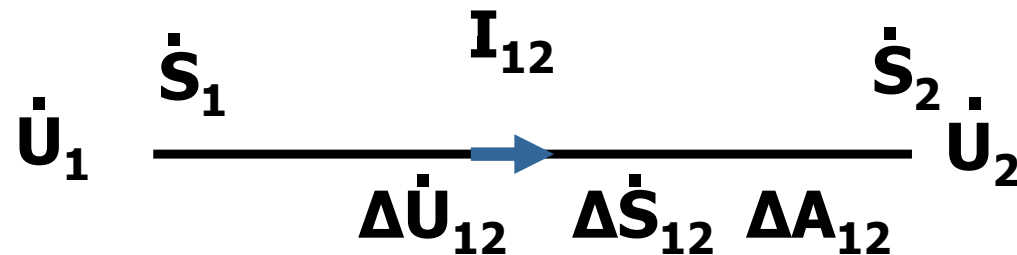


## 5.1 Khái niệm chung

177

### Nội dung chính chương 5 (tiếp)

**Tính toán các thông số của mạng điện trong chế độ xác lập**



- Xác định dòng công suất (chiều và trị số) → xác định được mức độ mang tải của thiết bị (quá tải hay không)
- Xác định tổn thất điện áp ( $\Delta U$ ) và  $U$  tại các nút trên mạng điện → chất lượng điện áp tại các nút.
- Xác định tổn thất công suất ( $\Delta P$ ) và tổn thất điện năng ( $\Delta A$ ) trên mạng điện

Chế độ xác lập: là chế độ tồn tại lâu dài, các thông số chế độ ( $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $f$ , ...) biến đổi chậm quanh giá trị trung bình.

→ **Thành lập sơ đồ thay thế** của mạng điện để tính toán các thông số chế độ xác lập



## 5.1 Khái niệm chung

178

### Bài toán đặt ra

- Số liệu ban đầu
  - Sơ đồ lưới điện,
  - Các thông số của đường dây và máy biến áp,
  - Điện áp nguồn  $U_0$
  - Công suất các nút phụ tải.
- Nhiệm vụ tính toán
  - Dòng điện và công suất chạy trên các nhánh
  - Tổn thất công suất trên các nhánh
  - Tổn thất điện áp các nhánh và điện áp các nút trên lưới.
  - Tổn thất điện năng trên lưới điện.

# Chương 05

## Tính toán về điện trong hệ thống cung cấp điện

5.1 Khái niệm chung

**5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện**

5.3 Tổn thất điện áp trên mạng điện

5.4 Tổn thất công suất trên mạng điện

5.5 Tổn thất điện năng trên mạng điện



## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

180

### 1. Sơ đồ thay thế đường dây

Thông số đường dây đặc trưng cho quá trình vật lý xảy ra trong dây dẫn khi có điện áp đặt lên hoặc dòng điện xoay chiều đi qua.

- Phát nóng do hiệu ứng Joule: **Điện trở ( $r_0$ )**
- Dòng điện XC gây nên **từ trường** tự cảm của từng dây dẫn và hồ cảm giữa các dây dẫn với nhau. **Điện kháng ( $x_0$ )**
- Điện áp cao áp gây ra **điện trường** lớn trên bề mặt dây dẫn (hiện tượng ion hóa không khí quanh dây dẫn, hiện tượng vầng quang) gây ra tổn hao: **Điện dẫn ( $g_0$ )**
- Điện áp xoay chiều gây nên điện trường giữa các dây dẫn với nhau và với đất như các bản tụ điện: **Dung dẫn ( $b_0$ )**



## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

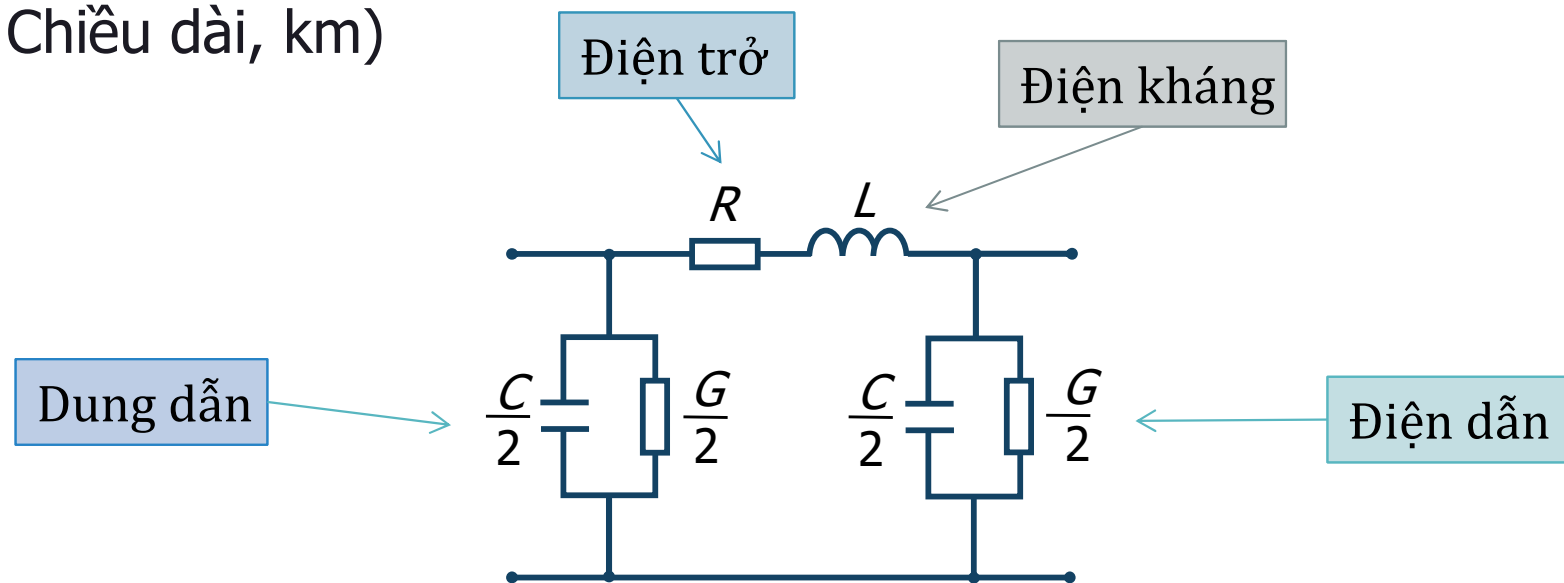
181

### 1. Sơ đồ thay thế đường dây

Sơ đồ thay thế và cách xác định các thông số

– *Mạng 2 cửa hình  $\pi$*

- Tổng trở:  $Z=R+jX=(r_0+jx_0).l$
- Tổng dẫn:  $Y=G+jB=(g_0+jb_0).l$
- ( $l$ : Chiều dài, km)



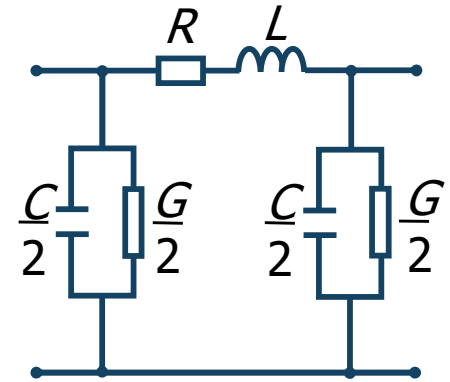


## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

182

### 1. Sơ đồ thay thế đường dây

#### Sơ đồ thay thế và cách xác định các thông số



- *Điện trở*

- Điện trở một chiều ( $\Omega/\text{m}$ ):  $R_0 = \frac{\rho}{F}$

- Điện trở thay đổi theo nhiệt độ:

$$R_t = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

$t_0$  : Nhiệt độ thiết kế ( **$20^\circ\text{C}$** )

$R_0$  : Điện trở ở  $t_0$  ( $\Omega$ )

$\alpha$  : Hệ số nhiệt của điện trở

$\rho$  : Điện trở suất của dây dẫn ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

$F$  : Thiết diện dây dẫn ( $\text{m}^2$ )

$$\text{Cu: } \alpha = 3,93 \cdot 10^{-3} (1/^\circ\text{C})$$

$$\text{Al: } \alpha = 4,03 \cdot 10^{-3} (1/^\circ\text{C})$$

- Điện trở xoay chiều: mật độ dòng điện phân bố không đều do hiệu ứng bề mặt,  $R_{xc} > R_{dc}$ . Ở tần số 50Hz, sự khác nhau không đáng kể ( $\sim 0 \div 2\%$ ) nên coi  $R_{xc} \sim R_{dc}$

Trong thiết kế, tra điện trở đơn vị  $r_0$  do nhà sản xuất cung cấp.

$$R_D = r_0 l$$





## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

183

### 1. Sơ đồ thay thế đường dây

#### Sơ đồ thay thế và cách xác định các thông số

- Điện kháng*

$$L = \frac{\mu_0}{8\pi} \left( 1 + 4 \ln \frac{D_m}{r} \right) = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{D_m}{0.779r} \quad (\text{H/km})$$

$$X_L = 2\pi fL = 0.1213 \times \ln \frac{D_m}{0.779r}$$

$\mu_0$  : Từ thẩm của không khí ( $4\pi \cdot 10^{-4} \text{H/km}$ )

$r$  : Bán kính dây dẫn (m)

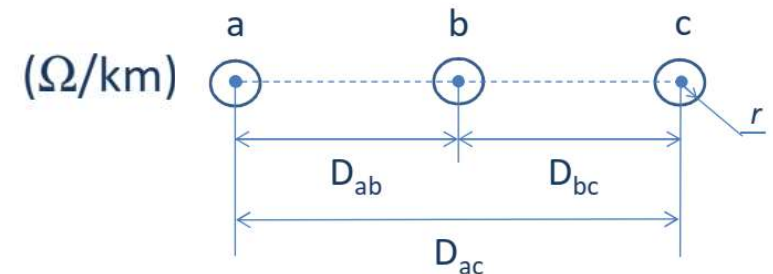
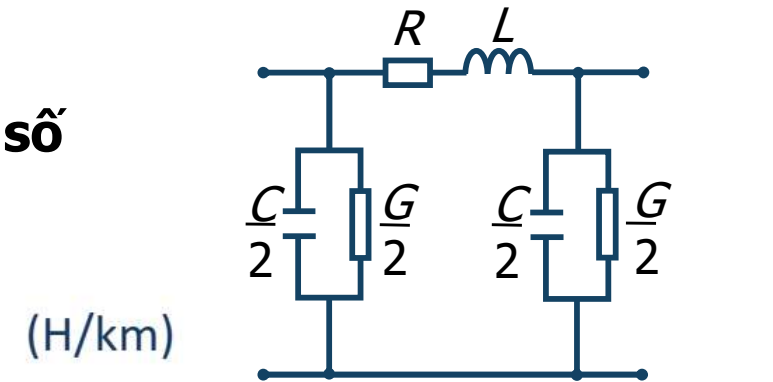
$D_m$  : Khoảng cách trung bình hình học (GMD) (m)

$$D_m = \sqrt[3]{(D_{ab} \times D_{bc} \times D_{ac})}$$

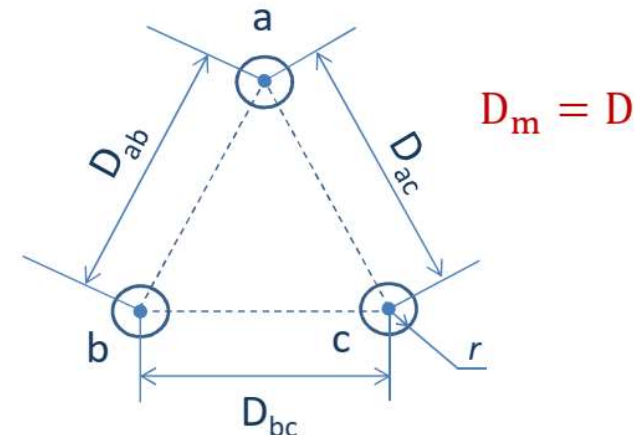
$D_{ab}, D_{bc}, D_{ac}$  : Khoảng cách giữa các pha

Trong thiết kế, tra điện kháng đơn vị  $x_0$  do nhà sản xuất cung cấp.

$$X_D = x_0 l$$



$$D_m = \sqrt[3]{2} \cdot D = 1.26D$$





## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

184

### 1. Sơ đồ thay thế đường dây

#### Sơ đồ thay thế và cách xác định các thông số

- Dung dẫn*

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D_m}{r}} = \frac{10^{-9}}{18 \times \ln \frac{D_m}{r}} \quad (\text{F/km}) ; \quad X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (\Omega/\text{km})$$

$\epsilon_0$  : Khoảng cách không gian (  $\epsilon_0 = \frac{1}{36 \times \pi \times 10^9} \text{ F/m}$  )

$r$  : Bán kính ngoài của dây dẫn (m)

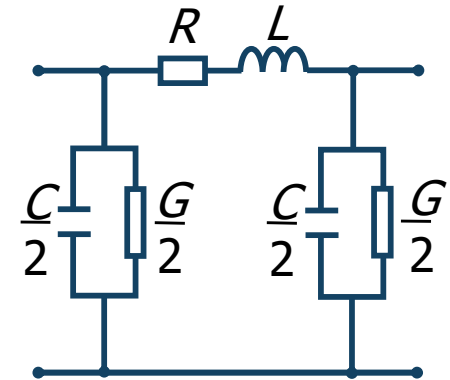
$D_m$  : Khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn (GMD) (m)

- Điện dẫn*

$$G = \frac{\Delta P_{c0}}{U_n^2} \quad (1/\Omega\text{km})$$

$\Delta P_{c0}$  : Suất tổn thất vầng quang (W/km)

$U_n$  : Điện áp định mức (kV)



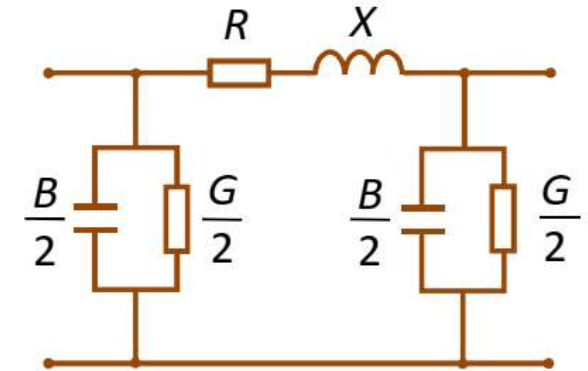


## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

185

### 1. Sơ đồ thay thế đường dây

- Sơ đồ mạng 2 cửa hình  $\pi$
- Thông số tập trung
- Tổng trở:  $Z = R + jX = r_o.l + jx_o.l$
- Tổng dẫn:  $Y = G + jB = g_o.l + jb_o.l$



- ĐDK 110kV,
- Cáp ngầm 35-22kV,
- Cáp ngầm dưới 22kV khoảng cách dài:

Bỏ qua G

- ĐDK trung áp,
- Cáp ngầm dưới 22kV khoảng cách ngắn (<1km):

Bỏ qua Y

- Dây dẫn hạ áp:

Bỏ qua Y, X

Tổng trở của đường dây có n mạch song song:

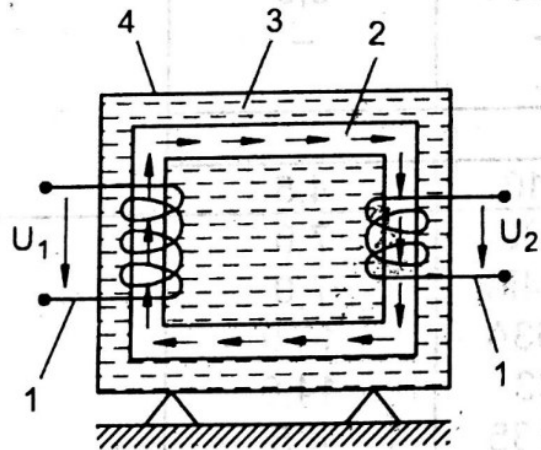
$$Z_D = \frac{1}{n} \cdot (R_D + jX_D)$$



## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

187

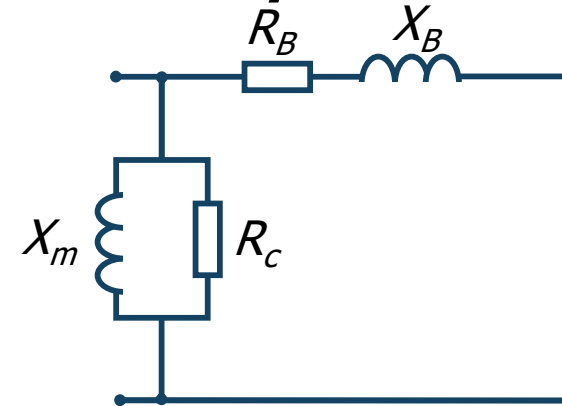
### 2. Sơ đồ thay thế MBA



#### Cấu tạo:

1. Cuộn dây
2. Lõi thép
3. Dầu MBA
4. Vỏ máy

#### Sơ đồ thay thế

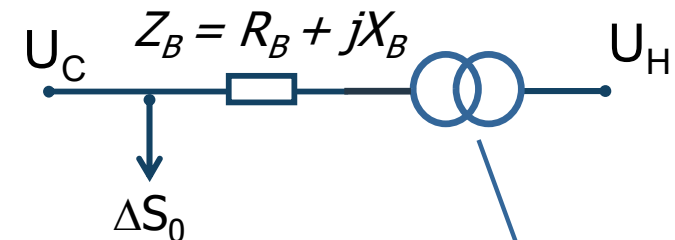


#### Đặc trưng vật lý của các thông số MBA

$Z_B$ : đặc trưng cho tổn thất trên cuộn dây của MBA (phát nóng, từ hóa 2 cuộn dây)

$\Delta S_0$ : Tổn thất trong Lõi thép (tổn thất không tải)

#### Sơ đồ thay thế gần đúng



MBA lý tưởng

$$k = \frac{U_{Cđm}}{U_{Hđm}}$$

$R_b, X_b$ :	Điện trở và điện kháng vòng dây
$R_c$ :	Điện trở do tổn thất trong lõi thép
$X_m$ :	Điện kháng do từ trường



## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

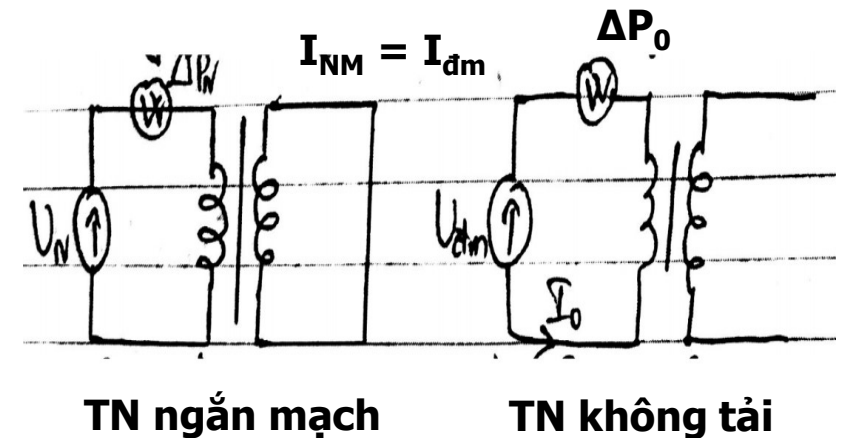
188

### 2. Sơ đồ thay thế MBA

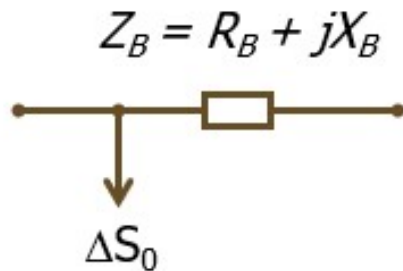
#### Sơ đồ thay thế và cách xác định các thông số

Các số liệu kỹ thuật của MBA 2 cuộn dây

- Điện áp định mức:  $U_{cđm} / U_{hđm}$  (kV)
  - Công suất định mức:  $S_{đm}$  (kVA)
  - Các thông số kỹ thuật thí nghiệm MBA
    - + Thí nghiệm ngắn mạch ( $\Delta P_N, U_N\%$ )
    - + Thí nghiệm không tải ( $\Delta P_0, I_0\%$ )
- được cung cấp bởi nhà sản xuất



$$Z_b = R_b + jX_b$$



$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j\Delta Q_0$$

$$R_b = \Delta P_N \cdot \frac{U_{cđm}^2}{S_{đm}^2}$$

$$X_b = \frac{U_N\% \cdot U_{cđm}^2}{100 S_{đm}}$$

$$\Delta Q_0 = \frac{I_0\% \cdot S_{đm}}{100}$$

$\Delta P_N, \Delta P_0$ : Tổn thất có tải và không tải  
 $U_N\%$ : Điện áp ngắn mạch (%)  
 $I_0$ : Dòng điện không tải (từ trường)

Sơ đồ m MBA làm việc //

$$Z_{mB} = \frac{1}{m} Z_b, \Delta S_{0mB} = m \cdot \Delta S_{01B}$$

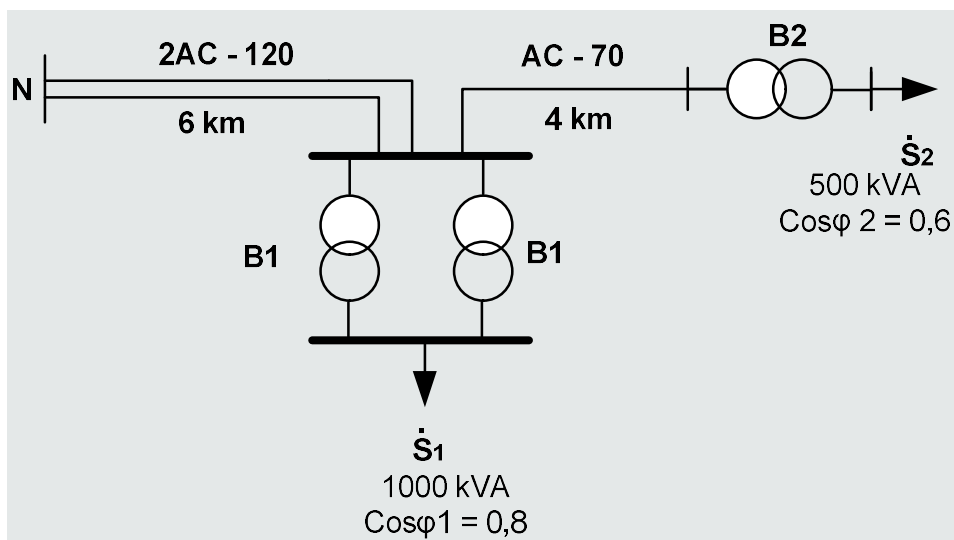


## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

189

### 3. Ví dụ

#### Lập sơ đồ thay thế của mạng điện sau



- $U_{dm} = 22\text{kV}$  ( $D_{tb} = 2,5\text{m}$ )
- **B1:**  $S_{dm} = 2500 \text{ kVA}$ ;  $U_{dm} \text{ 22/0,4kV}$
- **B2:**  $S_{dm} = 1000 \text{ kVA}$ ;  $U_{dm} \text{ 22/0,4kV}$

Loại dây	$r_o$ ( $\Omega/\text{km}$ )	$x_o$ ( $\Omega/\text{km}$ )
AC-70	0,46	0,396
AC-120	0,24	0,379

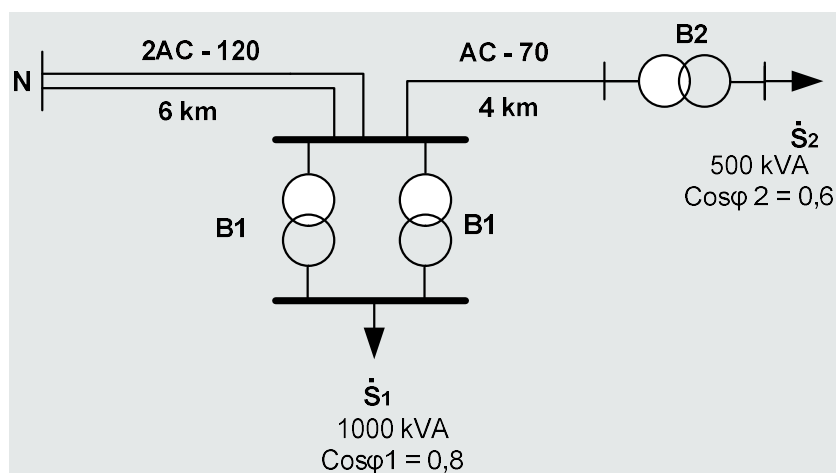
$S_{dm}$ MBA (kVA)	$\Delta P_0$ (kW)	$\Delta P_N$ (kW)	$I_0\%$	$U_N\%$
1000	1,57	9,5	1,3	5
2500	3,3	20,41	0,8	6



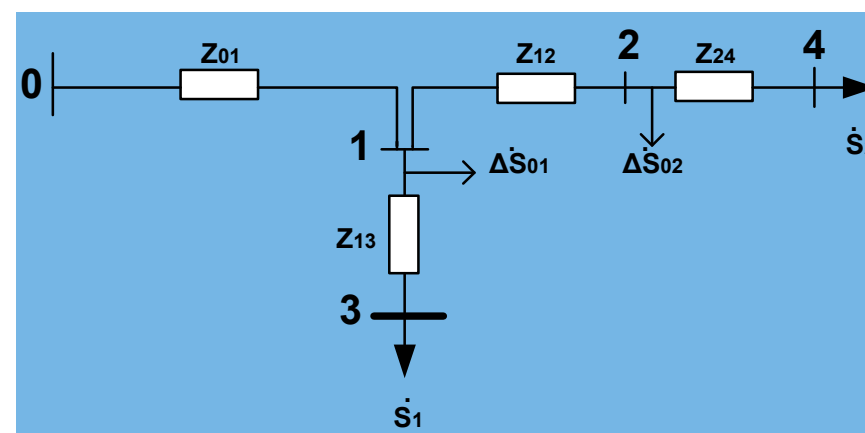
## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

190

### 3. Ví dụ



Giải





## 5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

191

### 3. Ví dụ

#### Kết quả

$$Z_{01} = 0,72 + j 1,137 (\Omega)$$

$$\Delta S_{01} = 6,6 + j 40 (\text{kVA})$$

$$Z_{12} = 1,84 + j 1,584 (\Omega)$$

$$\Delta S_{02} = 1,57 + j 13 (\text{kVA})$$

$$Z_{13} = 0,79 + j 5,81 (\Omega)$$

$$S_1 = 800 + j 600 (\text{kVA})$$

$$Z_{24} = 4,6 + j 24,2 (\Omega)$$

$$S_2 = 300 + j 400 (\text{kVA})$$



# Chương 05

## Tính toán về điện trong hệ thống cung cấp điện

5.1 Khái niệm chung

5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

**5.3 Phân bố công suất trên mạng điện**

5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện



## 5.3 Phân bố công suất trên mạng điện

193

**Trong lưới cung cấp điện, cho phép Bỏ qua tổn thất công suất khi tính toán dòng công suất chạy trong mạng điện**

\* **Mạng điện hở** → đã biết chiều dòng công suất

**Nguyên tắc chung:** Tính từ phía phụ tải về phía nguồn và áp dụng định luật Kirchhoff I tại các nút:

**Tổng dòng công suất vào bằng tổng dòng công suất ra**

Dòng công suất trên các nhánh:

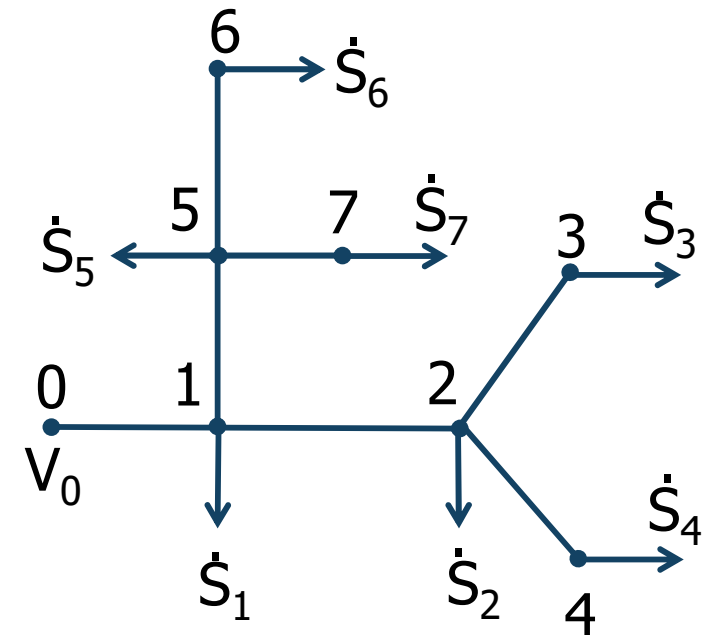
$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 \qquad \dot{S}_{24} = \dot{S}_4$$

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_6 \qquad \dot{S}_{57} = \dot{S}_7$$

$$\dot{S}_{12} = \dot{S}_2 + \dot{S}_{22} + \dot{S}_{24} = \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4$$

$$\dot{S}_{15} = \dot{S}_5 + \dot{S}_{56} + \dot{S}_{57} = \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_7$$

$$\dot{S}_{01} = \dot{S}_1 + \dot{S}_{12} + \dot{S}_{15} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_7$$





## 5.3 Phân bố công suất trên mạng điện

194

**Trong lưới cung cấp điện, cho phép Bỏ qua tổn thất công suất khi tính toán dòng công suất chạy trong mạng điện**

\* **Mạng điện kín** → chưa biết chiều dòng công suất

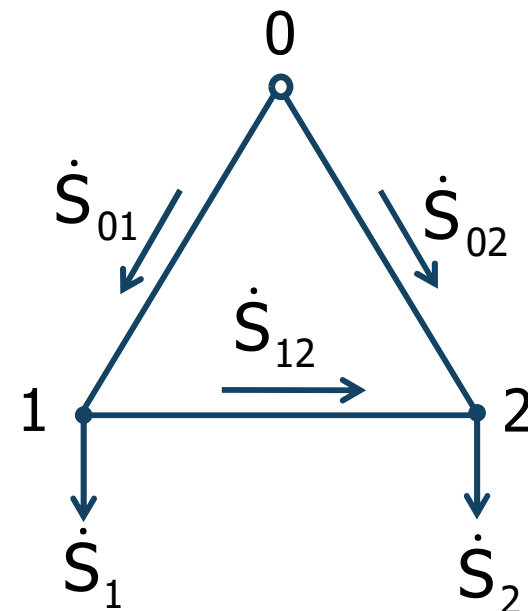
**Bài toán** → Biết  $\dot{S}_1, \dot{S}_2$  cần tìm  $\dot{S}_{01}, \dot{S}_{02}, \dot{S}_{12}$

**Nguyên tắc chung:** Áp dụng định luật Kirchhoff I, II để tìm dòng công suất chảy trên các nhánh

Định luật Kirchhoff I tại nút phụ tải 1 và 2

$$\dot{S}_{01} - \dot{S}_{12} - \dot{S}_1 = 0 \quad (1)$$

$$\dot{S}_{02} + \dot{S}_{12} - \dot{S}_2 = 0 \quad (2)$$



Định luật Kirchhoff II cho mạch vòng

Trong đó

$$\dot{I}_{01} = \frac{\dot{S}_{01}^*}{\sqrt{3} U_0} \cong \frac{\dot{S}_{01}^*}{\sqrt{3} U_r}$$

$$\dot{I}_{12} \cong \frac{\dot{S}_{12}^*}{\sqrt{3} U_r}$$

$$\dot{I}_{02} \cong \frac{\dot{S}_{02}^*}{\sqrt{3} U_r}$$

$$\dot{I}_{01} \cdot Z_{01} + \dot{I}_{12} \cdot Z_{12} - \dot{I}_{02} \cdot Z_{02} = 0 \quad (3)$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{01}^* \cdot Z_{01} + \dot{S}_{12}^* \cdot Z_{12} - \dot{S}_{02}^* \cdot Z_{02} = 0 \quad (3')$$



## 5.3 Phân bố công suất trên mạng điện

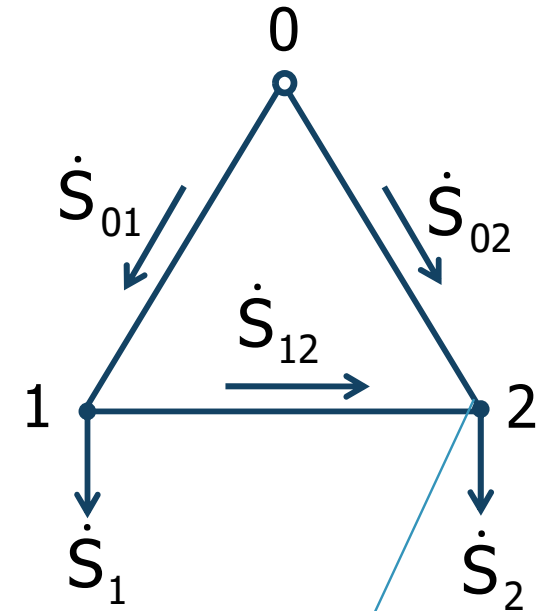
195

**Giải hệ 3pt, 3 ẩn số suy ra nghiệm**

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{S}_{01} - \dot{S}_{12} - \dot{S}_1 = 0 \\ \dot{S}_{02} + \dot{S}_{12} - \dot{S}_2 = 0 \\ \dot{S}_{01} \cdot Z_{01}^* + \dot{S}_{12} \cdot Z_{12}^* - \dot{S}_{02} \cdot Z_{02}^* = 0 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{S}_{01} = \dot{S}_{12} + \dot{S}_1 \\ \dot{S}_{02} = \dot{S}_2 - \dot{S}_{12} \\ (\dot{S}_{12} + \dot{S}_1) \cdot \widehat{Z_{01}} + \dot{S}_{12} \cdot \widehat{Z_{12}} - (\dot{S}_2 - \dot{S}_{12}) \cdot \widehat{Z_{02}} = 0 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{S}_{12} = \frac{\dot{S}_2 \cdot \widehat{Z_{02}} - \dot{S}_1 \cdot \widehat{Z_{01}}}{\widehat{Z_{01}} + \widehat{Z_{12}} + \widehat{Z_{02}}} \\ \dot{S}_{01} = \dot{S}_{12} + \dot{S}_1 \\ \dot{S}_{02} = \dot{S}_2 - \dot{S}_{12} \end{array} \right.$$



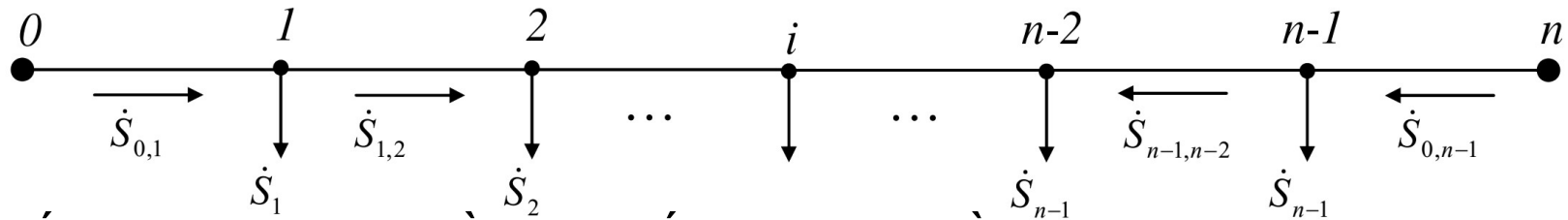
Điểm phân công suất



## 5.3 Phân bố công suất trên mạng điện

196

Lưới kín dạng tổng quát có  $n$  nút, trong đó  $n-1$  nút là nút phụ tải, nút  $0 \equiv n$  là nút nguồn



Công suất trên hai nhánh đầu tiên nối với nút nguồn

$$\begin{cases} \dot{S}_{0,1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \dot{S}_i \cdot \hat{Z}_{i,n}^{\Delta}}{\hat{Z}_{\Sigma}} \\ \dot{S}_{0,n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \dot{S}_i \cdot \hat{Z}_{0,i}^{\Delta}}{\hat{Z}_{\Sigma}} \end{cases}$$

Trong đó

$\hat{Z}_{\Sigma}$  : Tổng các tổng trở của tất cả các nhánh trên mạch vòng kín.

$\hat{Z}_{i,n}^{\Delta}$  : Tổng trở của đoạn đường dây từ nút  $i$  đến nút  $n$ .

$\hat{Z}_{0,i}^{\Delta}$  : Tổng trở của đoạn đường dây từ nút  $0$  đến nút  $i$ .

$\dot{S}_i$  : Phụ tải nút  $i$ .



## 5.3 Tổn thất điện áp trên mạng điện

197

### Bài tập

**Tính phân bố dòng công suất trên mạng điện sau**

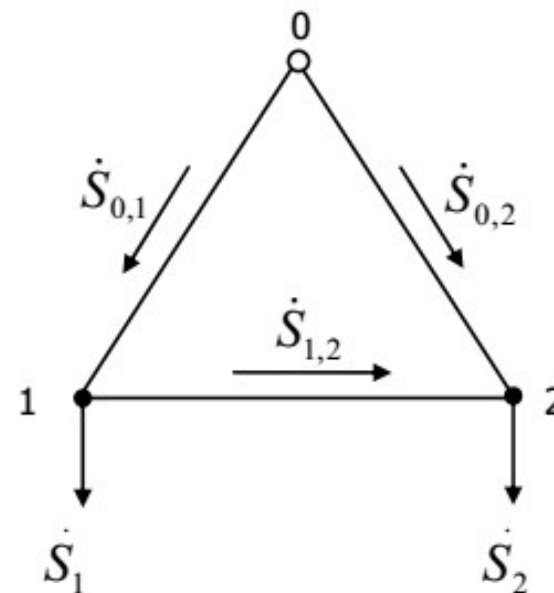
Hai phụ tải 1 và 2 lấy điện từ lưới 35kV

$$S_1 = 25 + j20 \text{ MVA}$$

$$S_2 = 15 + j12 \text{ MVA}$$

Thông số đường dây:

- Đoạn 01: AC-120, 30km
- Đoạn 12: AC-95, 30km
- Đoạn 02: AC-95, 40km



# Chương 05

## Tính toán về điện trong hệ thống cung cấp điện

5.1 Khái niệm chung

5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

5.3 Phân bố công suất trên mạng điện

**5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện**

5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

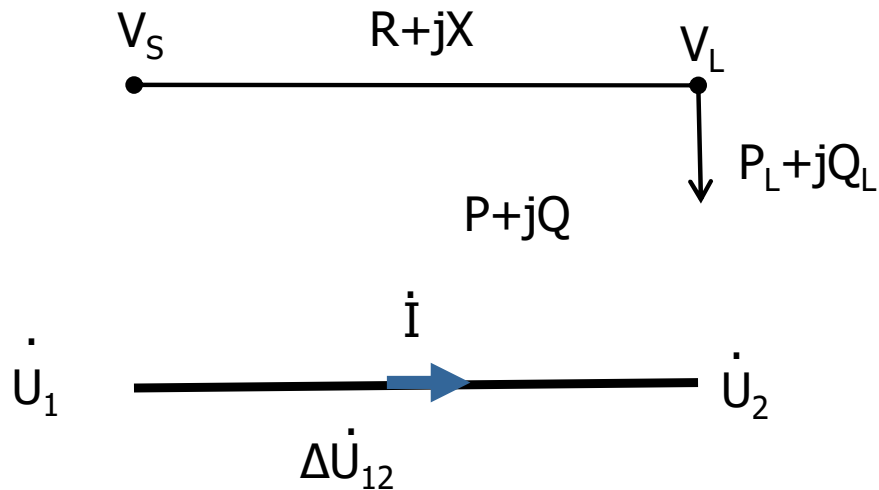


## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

200

### a. Công thức tổng quát

#### Sơ đồ thay thế



$$\Delta \dot{V} = \dot{V}_S - \dot{V}_L = \sqrt{3} \dot{I} \cdot (R + jX)$$

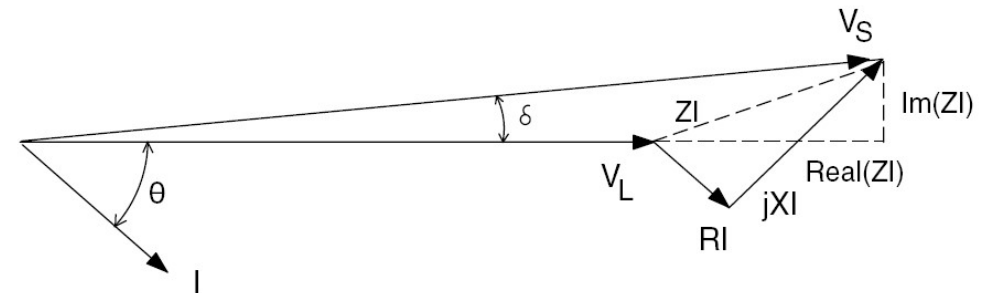
$$\Delta \dot{V} = \sqrt{3} \cdot \frac{S^*}{\sqrt{3} \cdot V^*} \cdot (R + jX)$$

$$\Delta \dot{V} = \frac{(P - jQ)(R + jX)}{V^*}$$

$$\text{Coi } \dot{V} = V_{\text{đm}} = V \angle 0$$

$$\Delta \dot{V} = \frac{(PR + QX)}{V} + j \frac{(PX - QR)}{V} \approx \frac{(PR + QX)}{V}$$

#### Biểu diễn véc tơ



$$\dot{S} = \sqrt{3} \dot{U} \cdot \dot{I}^* \rightarrow \dot{I} = \frac{S^*}{\sqrt{3} \cdot U^*}$$

$$S^* = P - jQ$$

$$\Delta V = \frac{(PR + QX)}{V} \rightarrow \text{Số thực}$$





## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

201

### a. Công thức tổng quát

\* Một số giả thiết gần đúng khi tính tổn thất điện cho lưới CCĐ

1. Khi tính tổn thất  $\Delta V$  coi điện áp lưới bằng  $V_{dm}$
2. Bỏ qua tổn thất công suất  $\rightarrow$  dòng công suất là dòng cung cấp cho các phụ tải
3. Trong biểu thức tính  $\Delta V$  bỏ qua thành phần ảo do có giá trị nhỏ

### Kết luận

$$\Delta V = \frac{(PR + QX)}{V}$$

$$V_2 = V_1 - \Delta V$$

R, X: Điện trở và điện kháng

$V_1$ : Điện áp nút 1 (điện áp dây)

$V_2$ : Điện áp nút 2 (điện áp dây)

V: Điện áp định mức của mạng điện (điện áp dây)

I: Dòng tải ( trên 1 pha)

P, Q: công suất tải 3 pha kW và kVAr chạy trên đoạn đường dây giữa hai nút

( cần phân biệt với công suất phụ tải – xem slide tiếp theo)

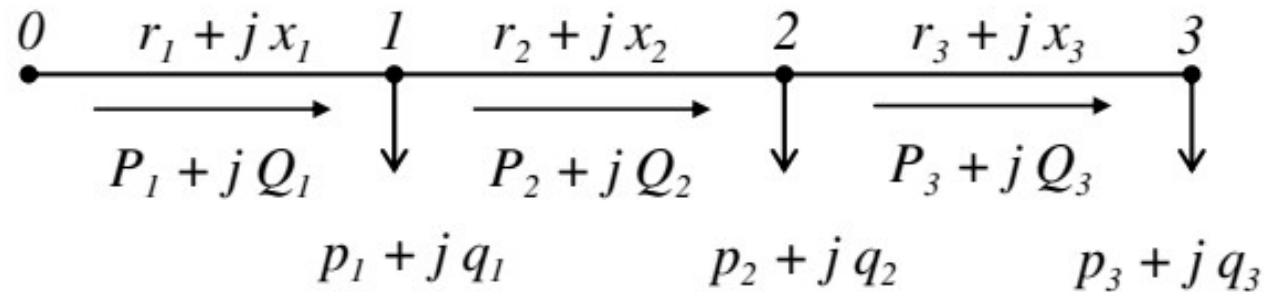


## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

202

### a. Công thức tổng quát

Tổn thất điện áp trên đường dây có nhiều phụ tải



$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i)}{U_{dm}} \quad [\text{V}]$$



## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

203

### a. Công thức tổng quát

Note: Tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải phân bố đều

Xác định tổn thất điện áp do công suất tác dụng gây trên đoạn đường dây  $dx$  tại chiều dài đường dây  $x$  từ cuối

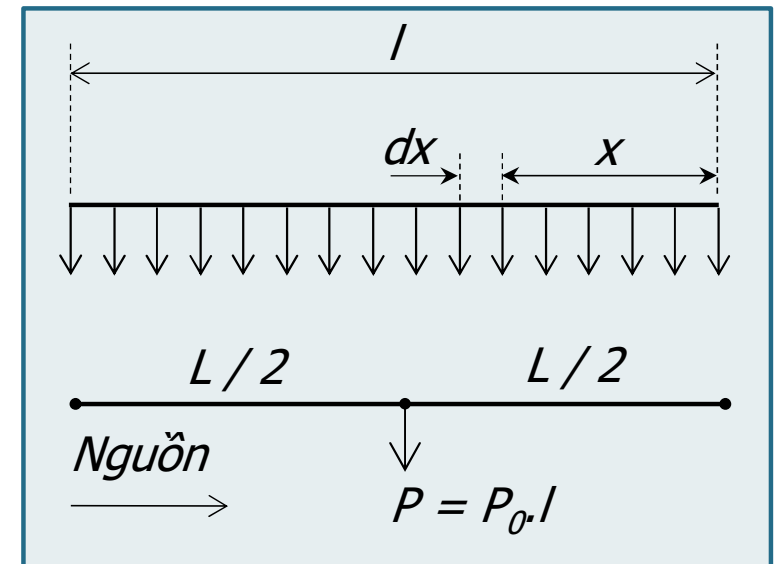
$$d\Delta V_{Px} = \frac{P_x \cdot dR_x}{V} = \frac{P_0 \cdot x \cdot r_0 \cdot dx}{V}$$

Tổng tổn thất điện áp do công suất tác dụng

$$\Delta V_P = \int_0^l \frac{P_0 \cdot r_0 \cdot x \cdot dx}{V} = \frac{P_0 \cdot r_0 \cdot l^2}{2 \cdot V} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot V}$$

Tương tự,  $\Delta V_Q = \frac{Q \cdot X}{2 \cdot V}$

$$\Delta V = \Delta V_P + \Delta V_Q = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{2 \cdot V}$$



Tương đương phụ tải tập trung ở vị trí  $L/2$



## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

204

### b. Tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện $\Delta U_{\max}$

**Định nghĩa:** là tổn thất điện áp tính từ nguồn đến điểm có điện áp thấp nhất trong mạng điện

**Điểm có khả năng điện áp thấp nhất:**  
**{3; 4; 6; 7}**

$$\Delta V = \frac{(PR + Q)}{V}$$

**Tính tổn thất từ nguồn đến các điểm trên**

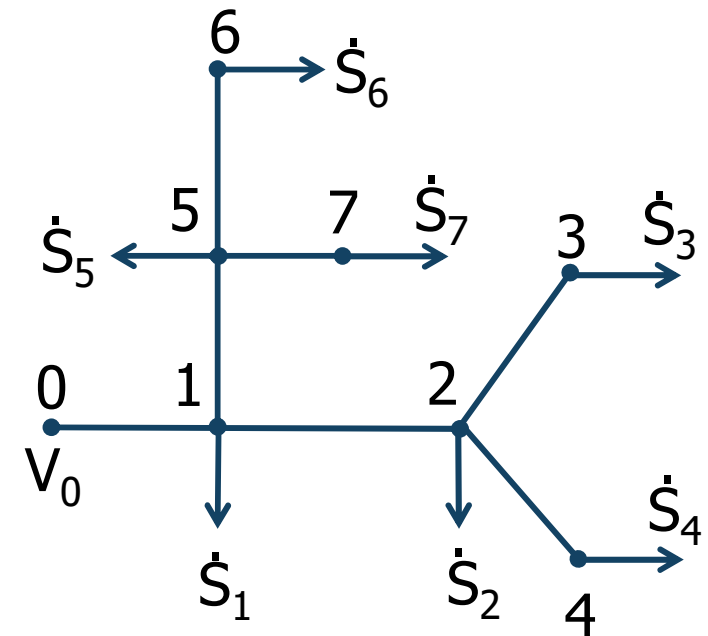
$$\Delta U_{0-3} = \Delta U_{0-1} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3}$$

$$\Delta U_{0-4} = \Delta U_{0-1} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-4}$$

$$\Delta U_{0-6} = \Delta U_{0-1} + \Delta U_{1-5} + \Delta U_{5-6}$$

$$\Delta U_{0-7} = \Delta U_{0-1} + \Delta U_{1-5} + \Delta U_{5-7}$$

$$\Delta U_{\max} = \max\{\Delta U_{0-3}; \Delta U_{0-4}; \Delta U_{0-6}; \Delta U_{0-7}\}$$

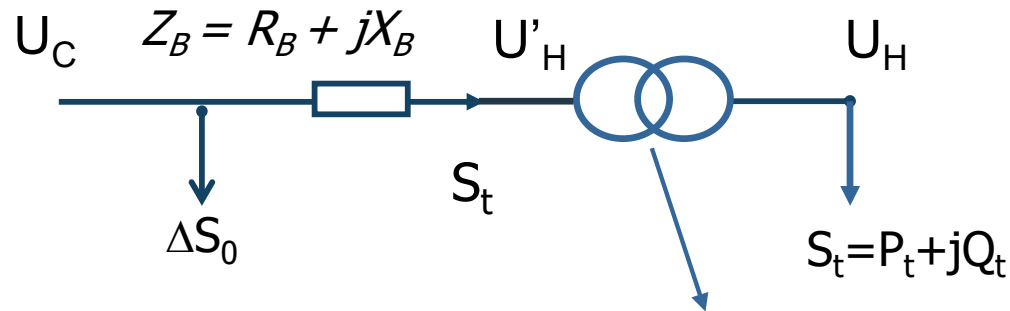




## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

205

### c. Tổn thất điện áp trên tổng trở của máy biến áp



MBA lý tưởng  $k = \frac{U_{Cđm}}{U_{Hđm}}$

$$\Delta U_B = \frac{P_t R_B + Q_t X_t}{U_{Cđm}}$$

- Biết điện áp phía hạ áp  $U_H$ , tính điện áp phía cao áp:

$$U_C = kU_H + \Delta U_B$$

- Biết điện áp phía cao áp  $U_C$ , tính điện áp phía hạ áp:

$$U_H = (U_C - \Delta U_B)/k$$



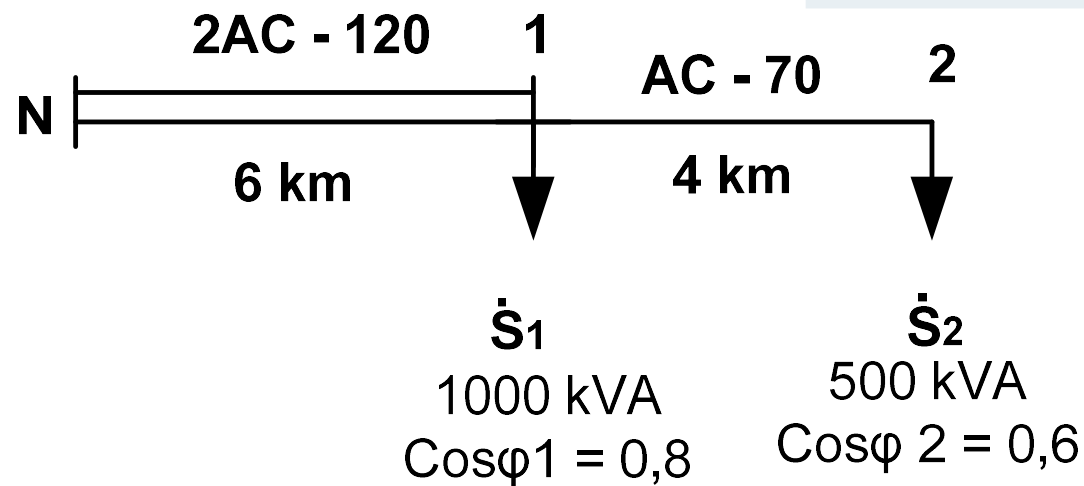
## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

206

d. Ví dụ

**Biết  $V_1 = 10,3$  kV. Tính  $V_N$  và  $V_2$**

Loại dây	$r_o$ ( $\Omega/\text{km}$ )	$x_o$ ( $\Omega/\text{km}$ )
AC-70	0,46	0,4
AC-120	0,24	0,4



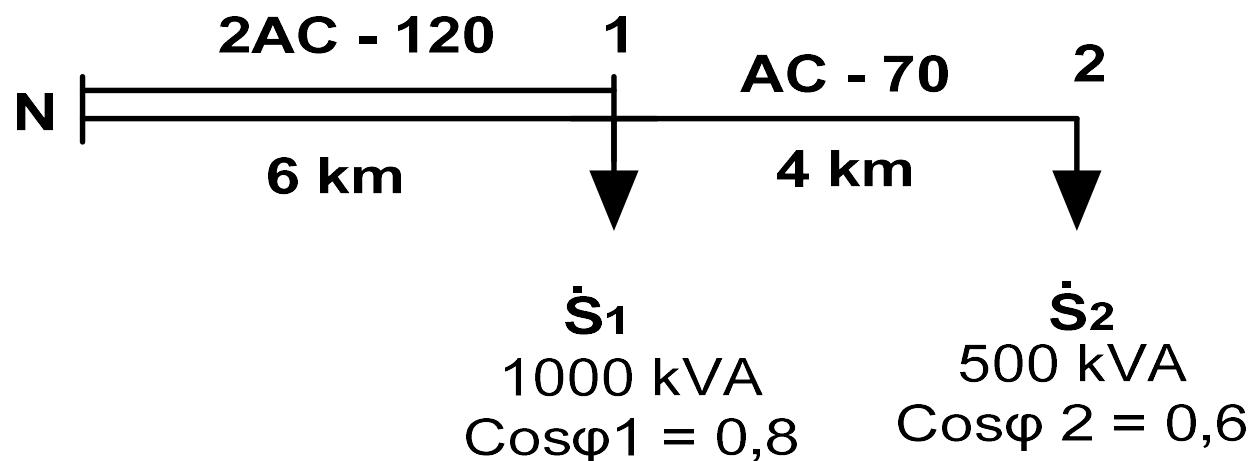


## 5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện

207

d. Ví dụ

**Đáp án**



Phân đoạn	$R_0$	$x_0$	số mạch	$l$ (km)	$R$	$X$	$P$	$Q$	Tổn thất điện áp (V)
N-1	0.24	0.4	2	6	0.72	1.2	1100	1000	199.2
1-2	0.46	0.4	1	4	1.84	1.6	300	400	119.2
								Tổng	318.4
Udm(kV)	S1	Cosy1	P1	Q1					
10	1000	0.8	800	600					
	S2	Cosy2	P2	Q2					
	500	0.6	300	400					
V1 (V)	10300								
VN	10499.2								
V2	10180.8								

# Chương 05

## Tính toán về điện trong hệ thống cung cấp điện

**5.1 Khái niệm chung**

**5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện**

**5.3 Phân bố công suất trên mạng điện**

**5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện**

**5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện**

**5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện**





## 5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

209

### a. Tổn thất công suất trên đường dây

$$\Delta \dot{S} = \Delta P + j\Delta Q$$

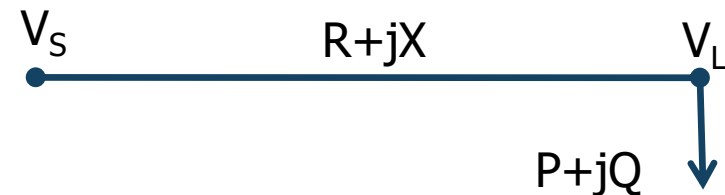
- Tổn thất công suất tác dụng

$$\Delta P \cong 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \times \left( \frac{S}{\sqrt{3}V_L} \right)^2 \times R$$

$$= \frac{S^2}{V_L^2} \times R \cong \frac{P^2 + Q^2}{V^2} \times R$$

- Tổn thất công suất phản kháng

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} \times X$$



R, X: Tổng trở 1 pha

V: Điện áp định mức

V<sub>S</sub>: Điện áp nguồn

V<sub>L</sub>: Điện áp tải

I: Dòng điện tải

P, Q: Công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải 3 pha

$$\Delta \dot{S} = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} \cdot (R + jX)$$



## 5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

210

### a. Tổn thất công suất trên đường dây

**Note:** Tổn thất công suất của đường dây có phụ tải phân bố đều

Mật độ phụ tải  $I_0$  (A/m), chiều dài  $l$  (m)

Tổn thất công suất trên vi phân  $dx$  của đường dây

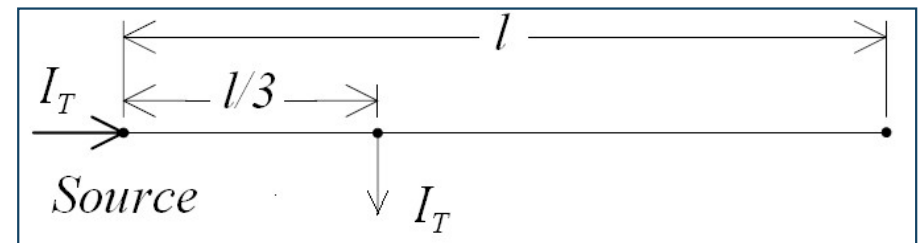
$$d(\Delta P_x) = 3.I_x^2.R_x = 3.(I_0.x)^2.r_0.dx$$

Tổn thất trên toàn tuyến:

$$\Delta P = \int_0^l 3.I_0^2.r_0.x^2.dx = I_0^2.r_0.l^3 = I^2.R$$

Tương tự ta có

$$\Delta \dot{S} = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} \cdot (R + jX)/3$$



Tương đương phụ tải tập trung ở vị trí  $L/3$



## 5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

211

### b. Tổn thất công suất trên MBA

Tổn thất công suất trên MBA gồm có 2 thành phần

- Tổn thất công suất không tải (tổn hao sắt)

$$\Delta S_0 = m(\Delta P_0 + j\Delta Q_0)$$

- Tổn thất công suất có tải (tổn hao đồng)

$$Z_{mB} = \frac{1}{m} \cdot \frac{P^2 + Q^2}{V^2} \cdot (R_b + jX_b)$$

$$R_b = \Delta P_N \cdot \frac{U_{cđm}^2}{S_{đmBA}^2} \quad X_b = \frac{U_N \% \cdot U_{cđm}^2}{100 S_{đmBA}}$$

$$\Delta Q_0 = \frac{I_0 \% \cdot S_{đmBA}}{100}$$

Nếu MBA có  $U_{cđm} = V$  (điện áp định mức của mạng điện)

$$\Delta P = m \times \Delta P_0 + \frac{1}{m} \cdot \Delta P_N \cdot \frac{S^2}{S_{đmBA}^2}$$

$$\Delta Q = m \times \frac{I_0 \% \times S_{đmBA}}{100} + \frac{1}{m} \times \frac{U_N \% \times S^2}{100 S_{đmBA}}$$

$$\Delta S_{BA} = \Delta P + j\Delta Q$$

$\Delta P_N, \Delta P_0$ :	Tổn thất có tải và không tải
$U_N \%$ :	Điện áp ngắn mạch (%)
$I_0$ :	Dòng điện không tải (từ trường)

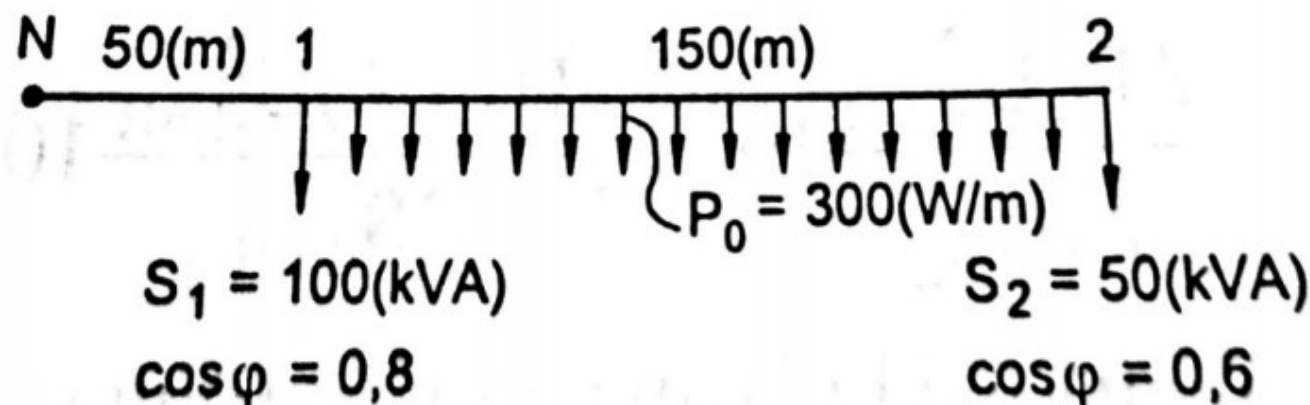


## 5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

212

### c. Ví dụ

Ví dụ 2.4 tr. 78



Tính tổn thất công suất và tổn thất điện áp của đường dây hạ áp trên. Biết loại dây là cáp PVC mã 4G70 do Lens chế tạo

4G70	$r_o (\Omega/\text{km})$	$x_o (\Omega/\text{km})$
	0,268	0,1

Phụ tải phân bố đều	$P_o (\text{W/m})$	$\cos \varphi$
	300	0,85

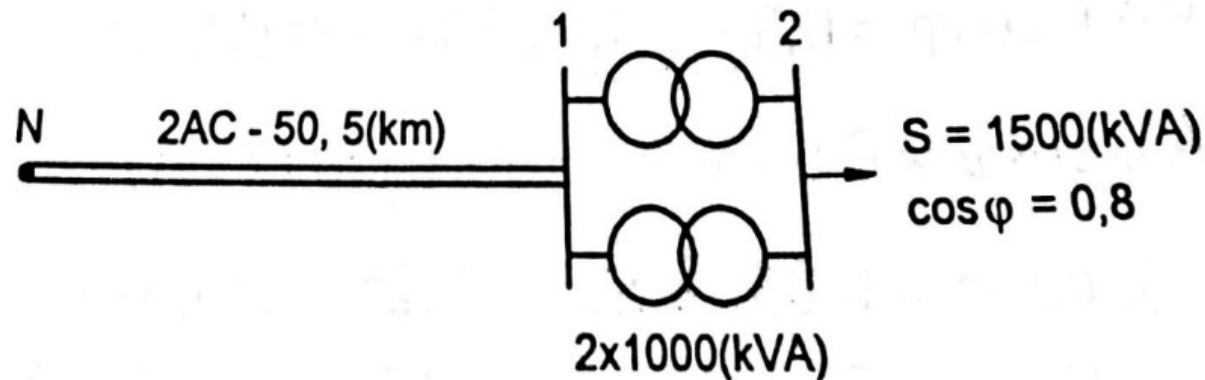


## 5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

214

### c. Ví dụ

Ví dụ 2.5 tr. 80



Tính tổn thất công suất trên lưới điện trên. Biết MBA 22/0,4kV do Công ty thiết bị điện Đông Anh chế tạo



## 5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện

215

### Giải

### Trình tự thực hiện

Bước 1: Thành lập sơ đồ thay thế

- Chuyển đổi phụ tải phân bố đều về phụ tải tập trung
- Tra các thông số kỹ thuật của đường dây và MBA

Bước 2: Tính toán phân bố dòng công suất qua các tổng trở

Bước 3: Tính toán tổn thất điện áp và tổn thất công suất trên các phần tử

# Chương 05

## Tính toán về điện trong hệ thống cung cấp điện

**5.1 Khái niệm chung**

**5.2 Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện**

**5.3 Phân bố công suất trên mạng điện**

**5.4 Tổn thất điện áp trên mạng điện**

**5.5 Tổn thất công suất trên mạng điện**

**5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện**



## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

217

### a. Công thức tổng quát

#### \* Theo đồ thị phụ tải

- Tổn thất điện năng
  - Định nghĩa ( $\Delta A$ ) :

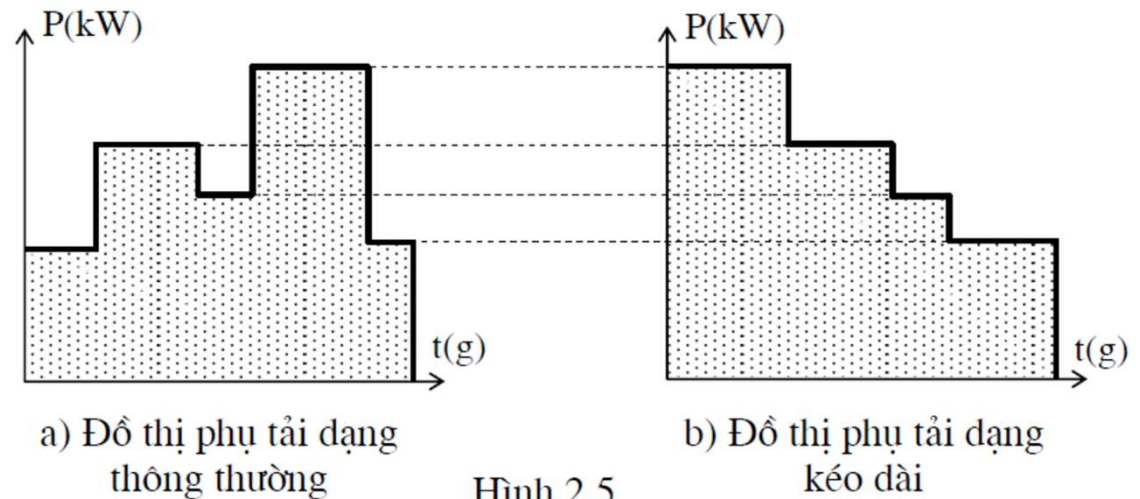
$$\Delta A = \int_0^T \Delta P(t) dt$$

$\Delta P(t)$  : Tổn thất công suất của lưới điện

T: Khoảng thời gian trên đồ thị phụ tải

#### Nhận xét:

- Chính xác
- Tính toán nhiều
- Chỉ áp dụng được khi biết đồ thị phụ tải





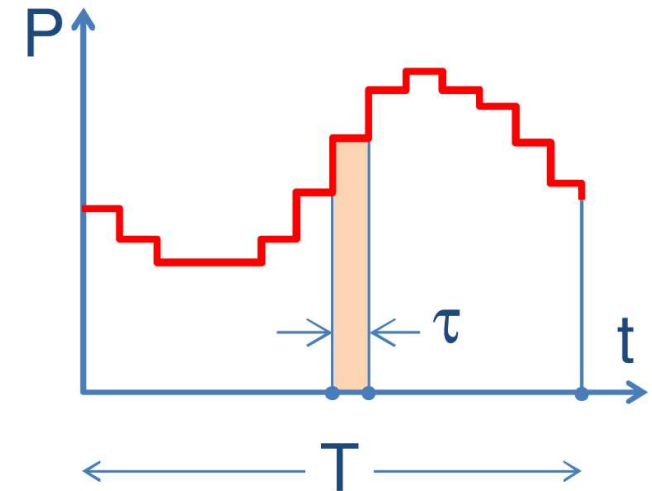


## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

218

### a. Công thức tổng quát

\* Theo đồ thị phụ tải



- Tổn thất điện năng đường dây

$$\Delta A = \int_0^T \Delta P(t) dt = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot \Delta t_i = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} \cdot R \cdot \Delta t_i$$

- Tổn thất điện năng trạm biến áp

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot T + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_N \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{S_{dm.B}^2} \cdot \Delta t_i \right)$$

n : Số máy biến áp trong trạm biến áp

T : Thời gian đóng điện trạm biến áp



## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

219

### a. Công thức tổng quát

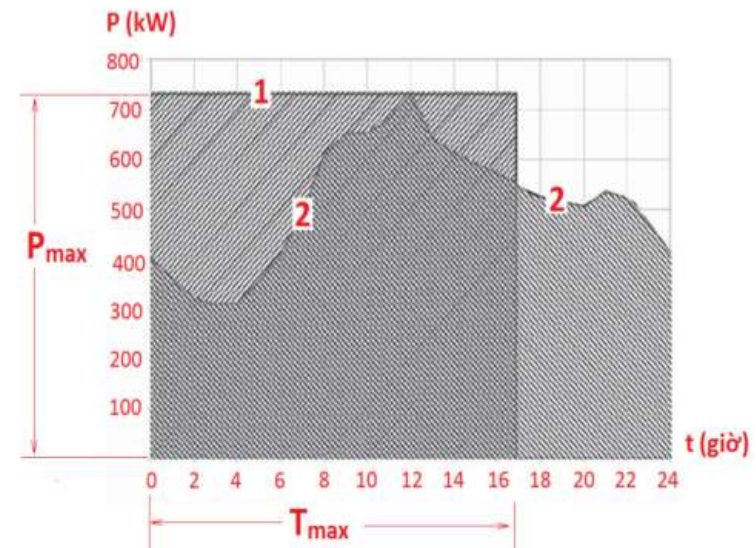
\* Theo thời gian tổn thất lớn nhất

- Tổn thất điện năng đường dây

$$\Delta A = \Delta P_{\max} \cdot \tau = \frac{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot R \cdot \tau$$

- Tổn thất điện năng trạm biến áp

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 \cdot T + \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{S_{\max}}{S_{\text{đm.B}}} \right)^2 \cdot \Delta P_N \cdot \tau$$



n : Số máy biến áp trong trạm biến áp

T : Thời gian đóng điện trạm biến áp

$\tau$  : Thời gian tổn thất công suất lớn nhất của đường dây, trạm biến áp

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760$$

$T_{\max}$  : Thời gian sử dụng công suất lớn nhất của phụ tải

1 : Diện tích  $P_{\max} \times T_{\max}$  2 : ĐTP

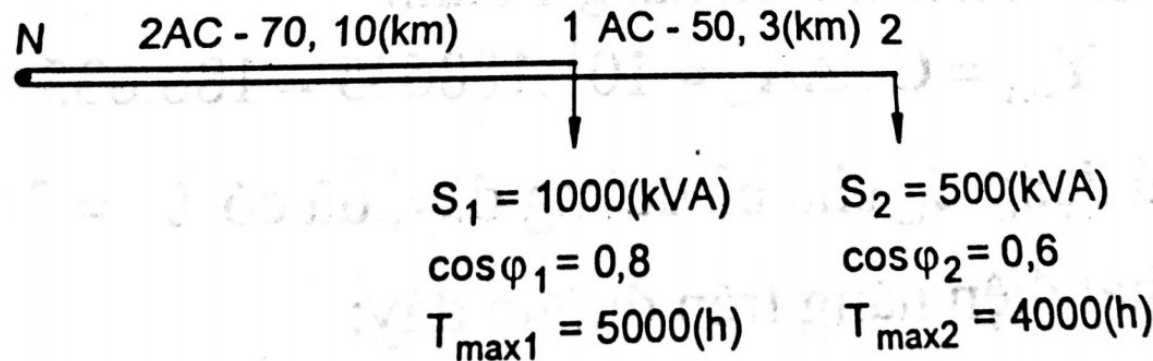


## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

222

d. Ví dụ 1

Ví dụ 2.6 tr. 91



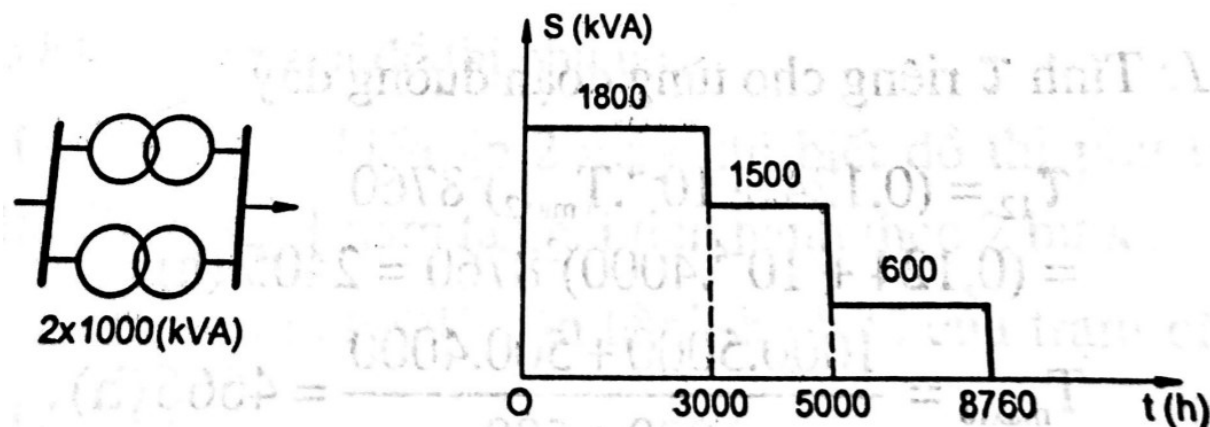
Tính giá tổn thất điện năng trên đường dây 10kV cấp điện cho 2 nhà máy. Biết giá  $c = 1000\text{đ}/\text{kWh}$ .



## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

223

### d. Ví dụ 2



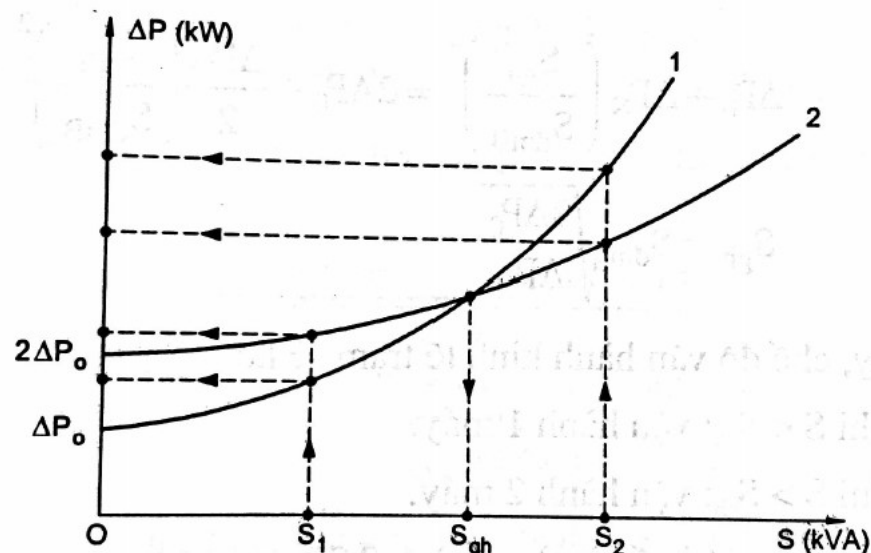
Tính giá tổn thất điện năng cho TBA cung cấp cho phụ tải có đồ thị như trên hình vẽ.

Biết thông số MBA:  $S_{dm} = 1000\text{kVA}$ ,  $\Delta P_0 = 4,9 (\text{kW})$ ,  $\Delta P_N = 15 (\text{kW})$ ,  $c = 1000\text{đ/kWh}$ . Tính cho 2 trường hợp:

1. Vận hành // 2 máy suốt năm
2. Vận hành theo chế độ kinh tế



## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện



Hình 2.30. Đường cong tổn thất công suất trên trạm biến áp

1.  $\Delta P_B = f(S)$  khi vận hành 1 máy

2.  $\Delta P_B = f(S)$  khi vận hành 2 máy

$$\Delta P_0 + \Delta P_N \left( \frac{S_{gh}}{S_{dmB}} \right)^2 = 2\Delta P_0 + \frac{\Delta P_N}{2} \left( \frac{S_{gh}}{S_{dmB}} \right)^2$$

Suy ra

$$S_{gh} = S_{dm} \sqrt{\frac{2\Delta P_0}{\Delta P_N}}$$

Nếu  $S > S_{gh}$  vận hành 2 máy và ngược lại



## 5.6 Tổn thất điện năng trên mạng điện

### Bài tập

- **Phụ tải của xí nghiệp:**  $S_1 = 1000\text{kVA}$ ,  $\cos\varphi_1 = 0,8$ ;  $S_2 = 3000\text{kVA}$ ,  $\cos\varphi_2 = 0,6$ ;  $S_3 = 2000\text{kVA}$ ,  $\cos\varphi_3 = 0,8$
- **Dây dẫn:** AC-70 có  $r_o = 0,46\Omega/\text{km}$
- **Trạm biến áp:** 2 MBA;  $S_{\text{đmB}} = 4000\text{kVA}$ , 35/10kV  
 $\Delta P_o = 12,5\text{kW}$ ;  $\Delta P_N = 42\text{kW}$   
 $T_{\text{max}}$  của các xí nghiệp đều bằng 5000 giờ.

Tổn thất điện năng  
mạng điện ?

