

Bài tập ôn thi giữa kỳ

Môn học Thiết kế hệ thống điện

SVTH: Thi Minh Nhựt – Email: thiminhnhut@gmail.com

Thời gian: Ngày 11 tháng 10 năm 2016

Mục lục

1	Các thông số đường dây truyền tải trên không	1
1.1	Điện trở của đường dây truyền tải trên không	1
1.2	Xác định khoảng cách trung bình hình học và bán kính trung bình hình học giữa các dây dẫn	2
1.3	Điện cảm và cảm kháng	4
1.4	Điện dung, dung kháng và dung dẫn	4
1.5	Một số đơn vị dùng đo kích thước và chiều dài dây dẫn	5
1.6	Bài tập về các thông số đường dây truyền tải trên không	5
2	Tính toán các tham số của đường dây truyền tải	9
2.1	Đường dây truyền tải	9
2.2	Công thức tổng quát của mô hình đường dây truyền tải	10
2.3	Đường dây truyền tải ngắn	10
2.4	Đường dây truyền tải trung bình	10
2.5	Đường dây truyền tải dài	11
2.6	Bài tập tính toán các tham số của đường dây truyền tải	12
	Tài liệu tham khảo	21

1 Các thông số đường dây truyền tải trên không

1.1 Điện trở của đường dây truyền tải trên không

- Với dây dẫn có chiều dài l (m), tiết diện dây dẫn A (m^2), điện trở suất ρ (Ωm), điện trở R được xác định:

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (\Omega)$$

- Giá trị của điện trở suất ρ (Ωm) ở 20^0C :

Dây đồng thường, dẫn điện 100%	$\rho = 1.724 \times 10^{-8}$
Dây đồng kéo cứng, dẫn điện 97.3%	$\rho = 1.78 \times 10^{-8}$
Dây đồng nhôm, dẫn điện 61%	$\rho = 2.86 \times 10^{-8}$
Dây sắt hoặc dây thép	$\rho = 12.2 \times 10^{-8}$

Bảng 1: Giá trị điện trở suất ρ của một số kim loại ở $t^0 = 20^0C$

- Với R_0 là điện trở ở 20^0C , điện trở thay đổi theo nhiệt độ t được xác định bằng công thức:

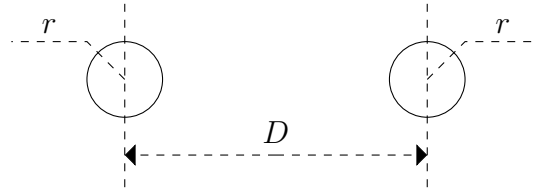
$$R = R_0 [1 + \alpha (t - 20)]$$

Kim loại	Điện trở suất (Ωm)	Hệ số nhiệt điện trở α ($^0C^{-1}$)
Nhôm	2.83×10^{-8}	0.0039
Đồng cứng	1.77×10^{-8}	0.00382
Đồng thường	1.72×10^{-8}	0.00393
Sắt	10.00×10^{-8}	0.0050
Thép	$(12 \div 88) \times 10^{-8}$	$0.001 \div 0.005$
Bạc	1.53×10^{-8}	0.0038
Đồng thau	$(6.4 \div 8.4) \times 10^{-8}$	0.0020

Bảng 2: Hệ số nhiệt điện trở α và điện trở suất ρ của một số kim loại ở $t^0 = 20^0C$

1.2 Xác định khoảng cách trung bình hình học và bán kính trung bình hình học giữa các dây dẫn

a. Mạch một pha có 2 dây dẫn song song, mỗi dây gồm 1 sợi



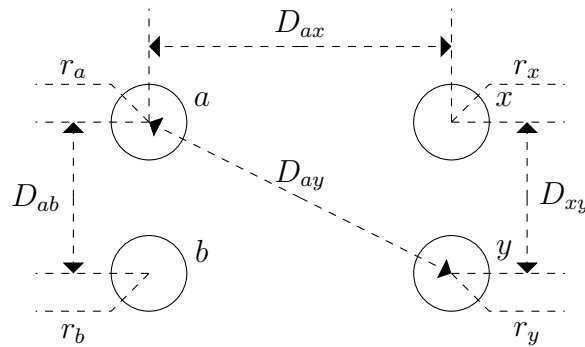
Hình 1: Mạch một pha có hai dây dẫn song song

Giả thiết Cho đường dây một pha gồm 2 dây dẫn song song, đặt cách nhau một khoảng D , mỗi dây dẫn có bán kính là r được mô tả trên hình 1.

Kết quả

- Khoảng cách trung bình hình học – GMD: $D_m = D$.
- Bán kính trung bình hình học – GMR: $D_s = r' = re^{-0.25}$.

b. Đường dây một pha mạch kép



Hình 2: Đường dây một pha mạch kép

Giả thiết Cho đường dây một pha gồm 2 dây dẫn song song với các kích thước và khoảng cách được mô tả trên hình 2.

Kết quả

- Khoảng cách trung bình hình học – GMD: $D_m = \sqrt[4]{D_{ax}D_{ay}D_{bx}D_{by}}$
- Bán kính trung bình hình học – GMR:
 - Dây dẫn ab : $D_s = \sqrt[4]{r'_a r'_b D_{ab} D_{ba}}$
 - Dây dẫn xy : $D_s = \sqrt[4]{r'_x r'_y D_{xy} D_{yx}}$
- * Các giá trị r' có được bằng cách tra bảng 3 trang 3.

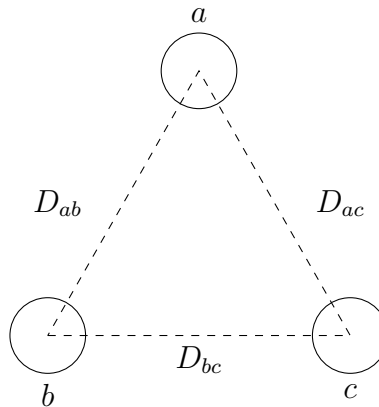
c. Dây dẫn bên nhiều sợi

Với dây dẫn bên nhiều sợi, khoảng cách trung bình hình học – GMD được cho trong bảng 3.

Số sợi	GMD	Số sợi	GMD
1	$0.779R$	91	$0.774R$
7	$0.726R$	127	$0.776R$
19	$0.758R$	30 (2 lớp)	$0.826R$
37	$0.768R$	26 (2 lớp)	$0.809R$
61	$0.772R$	54 (3 lớp)	$0.810R$
R là bán kính ngoài của dây dẫn bên nhiều sợi			

Bảng 3: GMD của dây dẫn nhiều sợi

d. Mạch ba pha lộ đơn



Hình 3: Mạch ba pha lộ đơn

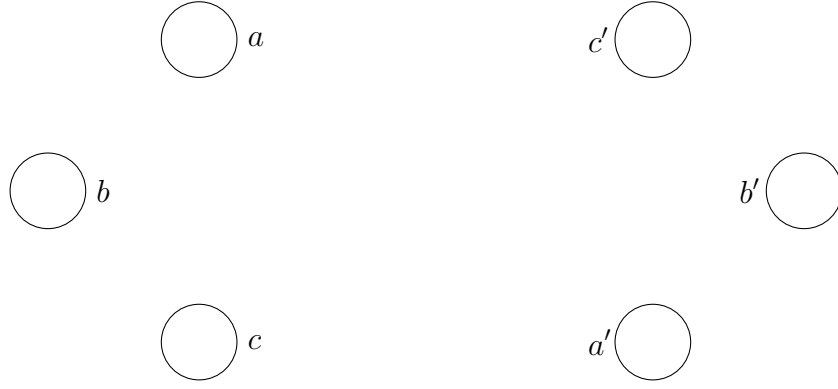
Giả thiết Cho đường dây ba pha lộ đơn như hình 3.

Kết quả

- Khoảng cách trung bình hình học – GMD: $D_m = \sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ac}}$.
- Bán kính trung bình hình học – GMR: $D_s = \sqrt[3]{r'_a r'_b r'_c}$.
- * Các giá trị r' có được bằng cách tra bảng 3 trang 3.

e. Mạch ba pha đường lộ kép

Giả thiết Cho đường dây ba pha lộ kép thực hiện đảo pha như hình 4.



Hình 4: Mạch ba pha đảo pha trên đường dây lộ kép

Kết quả

- Khoảng cách trung bình hình học – GMD: $D_m = \sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{AC}}$. Với:

$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}D_{a'b}D_{a'b'}}; \quad D_{BC} = \sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}D_{b'c}D_{b'c'}}; \quad D_{AC} = \sqrt[4]{D_{ac}D_{ac'}D_{a'c}D_{a'c'}}$$

- Bán kính trung bình hình học – GMR: $D_s = \sqrt[3]{D_{sA}D_{sB}D_{sC}}$. Với:

$$D_{sA} = \sqrt{r'D_{aa'}}; \quad D_{sB} = \sqrt{r'D_{bb'}}; \quad D_{sC} = \sqrt{r'D_{cc'}}$$

* Các giá trị r' có được bằng cách tra bảng 3 trang 3.

1.3 Điện cảm và cảm kháng

- Điện cảm trên 1 km của dây dẫn: $L_0 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_m}{D_s}$ (H/km).
- Điện kháng trên 1 km dây dẫn: $x_0 = \omega L_0 = 2\pi f L_0$ (Ω/km).
- Điện cảm trên toàn bộ đường dây có chiều dài l (km): $L = L_0 \times l$.
- Điện kháng trên toàn bộ đường dây có chiều dài l (km): $X = x_0 \times l$.

1.4 Điện dung, dung kháng và dung dẫn

- Điện dung trên một km so với trung tính:

$$C_0 = \frac{1}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{D_m}{D_s}} \quad (F/km)$$

* *Lưu ý:* Khi tính điện dung thì thay $r' = r$ vào các công thức tính D_s và D_m được xác định như các công thức ở phần 1.2 trang 2.

- Dung kháng trên một km :

$$x_0 = \frac{1}{\omega C_0} = \frac{18 \times 10^6 \times \ln \frac{D_m}{D_s}}{2\pi f} \quad (\Omega/km)$$

- Dung dẫn trên một km :

$$b_0 = \omega C_0 = \frac{2\pi f}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{D_m}{D_s}} \quad (\Omega^{-1}/km)$$

- Điện dung trên toàn bộ đường dây có chiều dài l (km): $C = C_0 \times l$.
- Dung kháng trên toàn bộ đường dây có chiều dài l (km): $X = x_0 \times l$.
- Dung dẫn trên toàn bộ đường dây có chiều dài l (km): $B = b_0 \times l$.

1.5 Một số đơn vị dùng đo kích thước và chiều dài dây dẫn

$1 \text{ mil} = 10^{-3} \text{ inch} = 2.54 \times 10^{-3} \text{ inch}$	
$1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm}$	$1 \text{ cm} = 0.3937 \text{ inch} = 393.7 \text{ mil}$
$1 \text{ mile} = 1609 \text{ m} = 1.609 \text{ km}$	$1 \text{ km} = 0.6214 \text{ mile}$
$1 \text{ foot} = 30.48 \text{ cm} = 3.048 \text{ dm}$	$1 \text{ m} = 3.281 \text{ foot}$
$1 \text{ foot} = 12 \text{ inch}$	
$1 \text{ CM} = 5.067 \text{ mm}^2$	$1 \text{ MCM} = 10^3 \text{ CM}$

Bảng 4: Đơn vị thường dùng để đo kích thước dây dẫn

1.6 Bài tập về các thông số đường dây truyền tải trên không

1. Tính điện cảm của mỗi km đường dây truyền tải trên không một pha, dây dẫn bằng đồng, đặt cách nhau $1m$ và đường kính 1 cm .

Bài giải bài tập 1

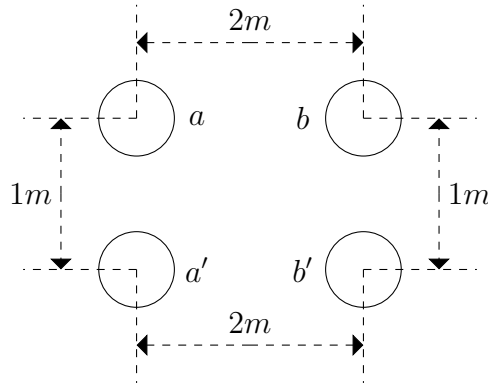
- Xác định D_m và D_s :

$$D_m = D = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$D_s = r' = r \times e^{-0.25} = \frac{1}{2} \times e^{-0.25} = 0.389 \text{ cm}$$

- Nên: $L_0 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_m}{D_s} = L_0 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{100}{0.389} = 1.110 \times 10^{-3} \text{ (H/km)} .$

2. Một đường dây một pha gồm 2 dây dẫn a, a' song song và dây dẫn b, b' tạo đường dây về. Khoảng cách được cho trên hình 5. Tính điện cảm của đường dây (đi và về) trên mỗi km , biết đường kính của mỗi dây làm 2.6 cm .



Hình 5: Sơ đồ minh họa cho bài tập 2

Bài giải bài tập 2

- Bán kính dây dẫn $r_a = r_{a'} = r_b = r_{b'} = r = \frac{2.6}{2} = 1.3 \text{ cm} = 1.3 \times 10^{-2} \text{ m}$.
- Khoảng cách: $D_{ab'} = D_{a'b} = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5} \text{ m}$.
- Xác định D_m và D_s :

$$\begin{aligned}
 D_m &= \sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}D_{a'b}D_{a'b'}} = \sqrt[4]{2 \times \sqrt{5} \times \sqrt{5} \times 2} = 2.115 \text{ m} \\
 D_{s_{aa'}} &= \sqrt[4]{r'_a r'_{a'} D_{aa'} D_{aa'}} = \sqrt[4]{r_a e^{-0.25} r_{a'} e^{-0.25} D_{aa'} D_{aa'}} \\
 &= \sqrt{r e^{-0.25} D_{aa'}} = \sqrt{1.3 \times 10^{-2} \times e^{-0.25} \times 1} = 0.101 \text{ m} \\
 D_{s_{bb'}} &= \sqrt[4]{r'_b r'_{b'} D_{bb'} D_{bb'}} = \sqrt[4]{r_b e^{-0.25} r_{b'} e^{-0.25} D_{bb'} D_{bb'}} \\
 &= \sqrt{r e^{-0.25} D_{bb'}} = \sqrt{1.3 \times 10^{-2} \times e^{-0.25} \times 1} = 0.101 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Xác định của đường dây đi và về trên mỗi km :

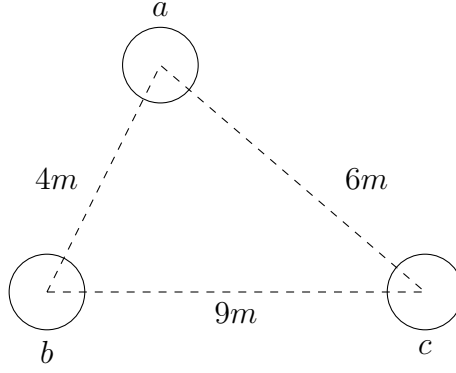
$$\begin{aligned}
 L_{0_{aa'}} &= 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_m}{D_{s_{aa'}}} = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{2.115}{0.101} = 6.083 \times 10^{-4} \text{ (H/km)} \\
 L_{0_{bb'}} &= 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_m}{D_{s_{bb'}}} = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{2.115}{0.101} = 6.083 \times 10^{-4} \text{ (H/km)}
 \end{aligned}$$

- Một đường dây truyền tải trên không 3 pha, đường kính mỗi dây là 1.8 cm và được bố trí như hình 6. Tải cân bằng và dây có hoán đổi vị trí. Tìm điện cảm của đường dây trên từng km mỗi pha.

Bài giải bài tập 3

- Ta có: bán kính dây dẫn $r = \frac{1.8}{2} = 0.9 \text{ cm} = 9 \times 10^{-3} \text{ m}$.
- Suy ra: $r'_a = r'_b = r'_c = r e^{-0.25} = 9 \times 10^{-3} \times e^{-0.25} = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$.
- Xác định D_m và D_s :

$$\begin{aligned}
 D_m &= \sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ac}} = \sqrt[3]{4 \times 9 \times 6} = 6 \text{ m} \\
 D_s &= \sqrt[3]{r'_a r'_b r'_c} = \sqrt[3]{7 \times 10^{-3} \times 7 \times 10^{-3} \times 7 \times 10^{-3}} = 7 \times 10^{-3} \text{ m}
 \end{aligned}$$

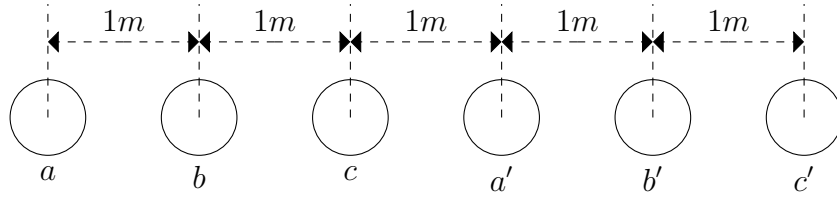


Hình 6: Sơ đồ minh họa cho bài tập 3

- Điện cảm trên mỗi km của mỗi pha:

$$L_0 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_m}{D_s} = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{6}{7 \times 10^{-3}} = 1.35 \times 10^{-3} \text{ (H/km)}$$

4. Đường dây 3 pha mạch kép, gồm các dây dẫn a, a', b, b' và c, c' tương ứng a, b, c như hình 6. Mỗi dây dẫn cách nhau $1m$, đường kính mỗi dây làm $2cm$. Tính điện cảm của đường dây mạch kép trên mỗi km từng pha và điện kháng mỗi pha trên mỗi km đường dây với tần số 50 Hz .



Hình 7: Sơ đồ minh họa cho bài tập 4

Bài giải bài tập 4

- Ta có: bán kính dây dẫn $r = \frac{2}{2} = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$.
- Suy ra: $r'_a = r'_{a'} = r'_b = r'_{b'} = r'_c = r'_{c'} = r' = re^{-0.25} = 0.01 \times e^{-0.25} = 7.88 \times 10^{-3} \text{ m}$.
- Xác định D_m và D_s :

- Xác định D_{AB}, D_{BC}, D_{AC} :

$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}D_{a'b}D_{a'b'}} = \sqrt[4]{1 \times 4 \times 2 \times 1} = \sqrt[4]{8} \text{ m}$$

$$D_{BC} = \sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}D_{b'c}D_{b'c'}} = \sqrt[4]{1 \times 4 \times 2 \times 1} = \sqrt[4]{8} \text{ m}$$

$$D_{AC} = \sqrt[4]{D_{ac}D_{ac'}D_{a'c}D_{a'c'}} = \sqrt[4]{2 \times 5 \times 1 \times 2} = \sqrt[4]{20} \text{ m}$$

- Suy ra: $D_m = \sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{AC}} = \sqrt[3]{\sqrt[4]{8} \times \sqrt[4]{8} \times \sqrt[4]{20}} = 1.815 \text{ m}$.

- Xác định D_{sA}, D_{sB}, D_{sC} :

$$D_{sA} = \sqrt{r'D_{aa'}} = \sqrt{7.88 \times 10^{-3} \times 3} = 0.153 \text{ m}$$

$$D_{sB} = \sqrt{r'D_{bb'}} = \sqrt{7.88 \times 10^{-3} \times 3} = 0.153 \text{ m}$$

$$D_{sC} = \sqrt{r'D_{cc'}} = \sqrt{7.88 \times 10^{-3} \times 3} = 0.153 \text{ m}$$

– Suy ra: $D_s = \sqrt[3]{D_{sA}D_{sB}D_{sC}} = \sqrt[3]{0.153 \times 0.153 \times 0.153} = 0.153 \text{ m}$.

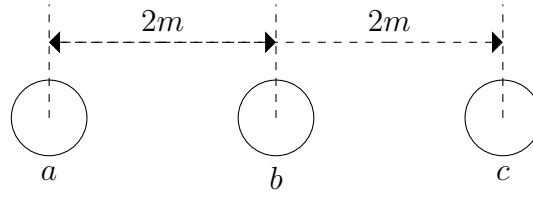
- Điện cảm trên mỗi km của mỗi pha trên đường dây mạch kép:

$$L_0 = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{D_m}{D_s} = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{1.815}{0.153} = 4.947 \times 10^{-4} \text{ (H/km)}$$

- Điện kháng trên mỗi km của mỗi pha trên đường dây mạch kép:

$$x_0 = 2\pi f L_0 = 2\pi \times 50 \times 4.947 \times 10^{-4} = 0.155 \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

5. Một đường dây ba pha có đường kính mỗi dây là 2 cm đặt cách nhau 2 m theo đường nằm ngang như hình 8. Tìm điện dung của mỗi pha đối với trung tính trên 100 km đường dây.



Hình 8: Sơ đồ minh họa cho bài tập 5

Bài giải bài tập 5

- Ta có: bán kính dây dẫn $r_a = r_b = r_c = r = \frac{2}{2} = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$.
- Xác định D_m và D_s :

$$D_m = \sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ac}} = \sqrt[3]{2 \times 2 \times 4} = 2.520 \text{ m}$$

$$D_s = \sqrt[3]{r_a r_b r_c} = \sqrt[3]{0.01 \times 0.01 \times 0.01} = 0.01 \text{ m}$$

- Điện dung trên mỗi km chiều dài:

$$C_0 = \frac{1}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{D_m}{D_s}} = \frac{1}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{2.520}{0.01}} = 1 \times 10^{-8} \text{ (F/km)}$$

- Điện dung trên 100 km đường dây: $C = C_0 l = 10^{-8} \times 100 = 10^{-6} \text{ (F)}$

2 Tính toán các tham số của đường dây truyền tải

2.1 Đường dây truyền tải

Với đường dây truyền tải, ta cần khảo sát các thông số: *điện áp, dòng điện, công suất và hệ số công suất ở đầu gửi và đầu nhận.*

Việc lựa chọn đường dây truyền tải theo yêu cầu: *tổn thất công suất nhỏ nhất, hiệu quả cao trong vận hành và độ sụt áp trong giới hạn cho phép.*

Phân loại đường dây truyền tải:

- Đường dây ngắn: chiều dài $l < 80 \text{ km}$.
- Đường dây trung bình: chiều dài $80 \text{ km} \leq l \leq 240 \text{ km}$.
- Đường dây dài: chiều dài $l > 240 \text{ km}$.

Thông số đường dây:

- Tổng trở: $\bar{Z} = (r_0 + jx_0)l = (r_0 + j\omega L_0)l$.
- Tổng dẫn: $\bar{Y} = (g_0 + jb_0)l \approx jb_0l = j\omega C_0l$.

Gọi V_S và V_R lần lượt là *điện áp pha đầu gửi và điện áp pha đầu nhận.*

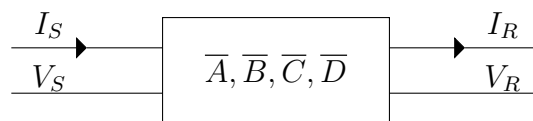
- Phần trăm sụt áp: $\Delta U\% = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\%$
- Các công thức tính công suất:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi = 3U_P I_P \cos \varphi; & Q &= \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi = 3U_P I_P \sin \varphi; \\ S &= \sqrt{3}U_L I_L = 3U_P I_P; & \bar{S} &= \sqrt{3}\bar{U}_L \bar{I}_L^* = 3\bar{U}_P \bar{I}_P^* = P + jQ \\ P &= S \cos \varphi; \quad Q = S \sin \varphi = P \tan \varphi; & S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \end{aligned}$$

- Tổn hao công suất trên đường dây truyền tải: $\Delta P = P_S - P_R$.
- Hiệu suất của đường dây: $\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\%$
- Hệ số công suất: $\cos \varphi = \cos(\varphi_V - \varphi_I)$.

Mô hình hóa của đường dây truyền tải:

- Mô hình hóa: hình 9.



Hình 9: Mô hình hóa của đường dây truyền tải

- Phương trình quan hệ dòng điện và điện áp giữa đầu gửi với đầu nhận:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{A} & \bar{B} \\ \bar{C} & \bar{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_R \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} \iff \begin{cases} \bar{V}_S = \bar{A}.\bar{V}_R + \bar{B}.\bar{I}_R \\ \bar{I}_S = \bar{C}.\bar{V}_R + \bar{D}.\bar{I}_R \end{cases}$$

- Với các thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ được xác định tùy theo *loại đường dây* (đường dây ngắn, đường dây trung bình, đường dây dài) và *mô hình hóa* của đường dây (mạch T chuẩn, mạch Π chuẩn).

2.2 Công thức tổng quát của mô hình đường dây truyền tải

- Sử dụng công thức tổng quát cho kết quả chính xác hơn so với các công thức gần đúng (các công thức của đường dây trung bình).
- Công thức tổng quát khai triển 3 số hạng đầu trong khai triển *Maclaurin*:

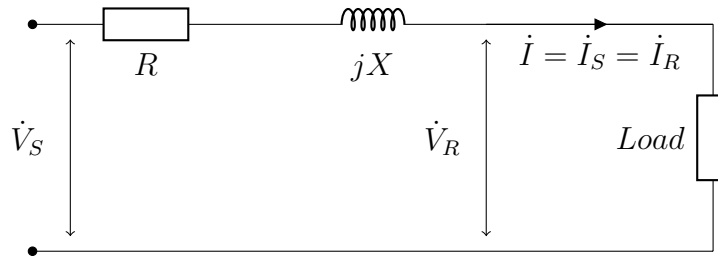
$$\bar{A} = \bar{D} = 1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{2} + \frac{\bar{Y}^2.\bar{Z}^2}{24}; \quad \bar{B} = \bar{Z} \left(1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{6} + \frac{\bar{Y}^2.\bar{Z}^2}{120} \right); \quad \bar{C} = \bar{Y} \left(1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{6} + \frac{\bar{Y}^2.\bar{Z}^2}{120} \right)$$

2.3 Đường dây truyền tải ngắn

- Chiều dài đường dây: $l < 80 \text{ km}$.
- Giá trị của thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ trong mạch tương đương *tổng trở nối tiếp*:

$$\bar{A} = \bar{D} = 1; \quad \bar{B} = \bar{Z}; \quad \bar{C} = 0$$

- Sơ đồ tương đương cho đường dây ngắn: hình 10.



Hình 10: Mạch tương đương cho đường dây ngắn (pha với trung tính)

2.4 Đường dây truyền tải trung bình

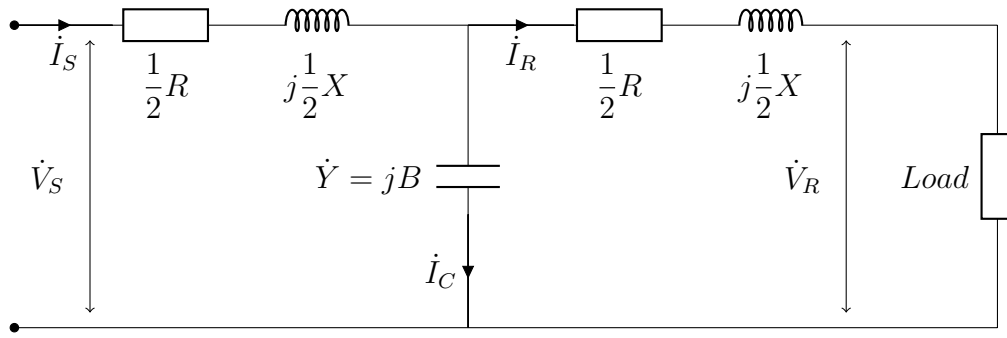
- Chiều dài đường dây: $80 \text{ km} \leq l \leq 240 \text{ km}$.
- Giá trị của thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$

– Mạch tương đương T chuẩn:

$$\bar{A} = \bar{D} = 1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{2}; \quad \bar{B} = \bar{Z} \left(1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{4} \right); \quad \bar{C} = \bar{Y}$$

– Mạch tương đương Π chuẩn:

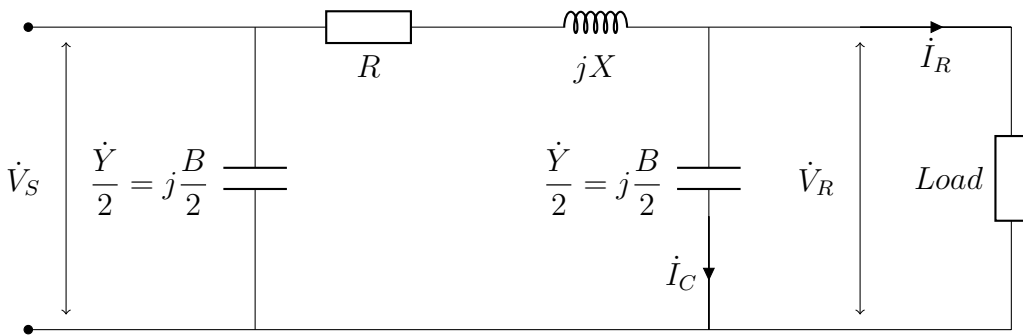
$$\bar{A} = \bar{D} = 1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{2}; \quad \bar{B} = \bar{Z}; \quad \bar{C} = \bar{Y} \left(1 + \frac{\bar{Y}.\bar{Z}}{4} \right)$$



Hình 11: Mạch tương đương hình T chuẩn cho đường dây trung bình

– Sơ đồ tương đương cho đường dây trung bình:

- * Sơ đồ tương đương hình T chuẩn: hình 11.
- * Sơ đồ tương đương hình Π chuẩn: hình 12.



Hình 12: Mạch tương đương hình Π chuẩn cho đường dây trung bình

2.5 Đường dây truyền tải dài

- Chiều dài đường dây: $l > 240 \text{ km}$.
- Giá trị của thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ trong mạch tương đương *thông số rải*:

$$\bar{A} = \bar{D} = \cosh \theta; \quad \bar{B} = \bar{Z}_C \sinh \theta; \quad \bar{C} = \frac{\sinh \theta}{\bar{Z}_C}$$

với $\theta = l\sqrt{\bar{z} \cdot \bar{y}}$ và $\bar{Z}_C = \sqrt{\frac{\bar{z}}{\bar{y}}}$.

- Một số công thức liên quan đến số phức cần cho mô hình tính toán đường dây dài:

* Căn bậc hai của số phức: $w = (r \angle \varphi)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{r} \angle \frac{\varphi}{2}$

* Hàm lượng giác *hyperbolic* với số phức (khi tính toán chuyển sang chế độ *radian*):

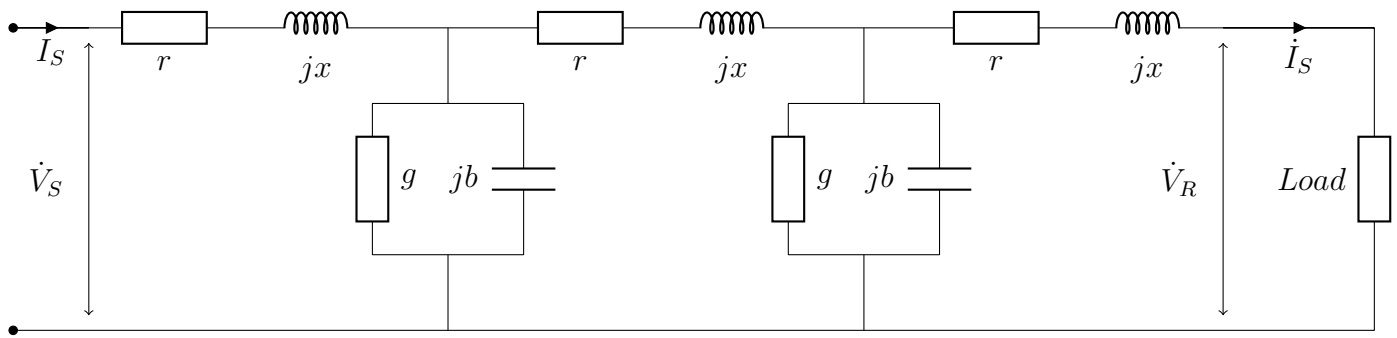
$$\sinh(a + jb) = \sinh a \cos b + j \cosh a \sin b$$

$$\cosh(a + jb) = \cosh a \cos b + j \sinh a \sin b$$

* Hàm lượng giác của hàm *hyperbolic*:

$$\sinh \theta = \frac{e^\theta - e^{-\theta}}{2}; \quad \cosh \theta = \frac{e^\theta + e^{-\theta}}{2}$$

- Sơ đồ tương đương cho đường dây dài: hình 13.



Hình 13: Các thông số rải của đường dây truyền tải dài

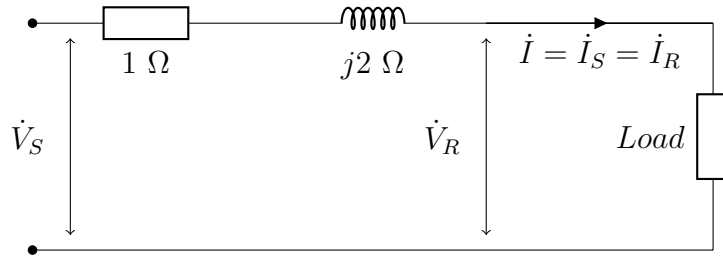
2.6 Bài tập tính toán các tham số của đường dây truyền tải

1. Một đường dây 3 pha, 11 kV, dài 10 km chuyển cho đầu nhận tải 5000 kW, $\cos \varphi_R = 0.8$ (trễ). Điện trở mỗi pha trên một km là 0.1 Ω và cảm kháng mỗi pha trên một km là 0.2 Ω . Tính:
 - a. Vẽ sơ đồ thay thế cho mô hình đường dây ngắn.
 - b. Các thông số $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}, \overline{D}$ của đường dây.
 - c. Điện áp và dòng điện đầu gửi.
 - d. Hệ số công suất đầu gửi.
 - e. Góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận.
 - f. Độ sụt áp.
 - g. Công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi.
 - h. Tổn thất công suất trên đường dây.
 - i. Hiệu suất truyền tải.
 - j. Vẽ giản đồ vector.
- * Lưu ý: Làm tròn kết quả 2 chữ số sau dấu phẩy.

Bài giải bài tập 1

- Ta có: $\overline{Z} = (r_0 + jx_0)l = (0.1 + j0.2) \times 10 = 1 + j2 = 2.24 \angle 63.43^\circ$ (Ω).
- Chọn $\overline{V}_R = \frac{11}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 6.35 \angle 0^\circ$ (kV)
- Suy ra: $I_R = \frac{P_R}{\sqrt{3}V_R \cos \varphi} = \frac{5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 11 \times 0.8} = 0.33 \times 10^3 \text{ A} = 0.33$ (kA).
- Có $\cos \varphi_R = 0.8$ (trễ) $\Rightarrow \varphi_R = +36.87^\circ$.
- Có $\varphi_R = \varphi_{V_R} - \varphi_{I_R} \Rightarrow \varphi_{I_R} = \varphi_{V_R} - \varphi_R = 0^\circ - 36.87^\circ = -36.87^\circ$.
- Nên: $\overline{I}_R = 0.33 \angle -36.87^\circ$ (kA).

a. Sơ đồ tương đương cho đường dây ngắn: hình 14.



Hình 14: Mạch tương đương cho đường dây ngắn trong bài tập 1

b. Thông số $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}, \overline{D}$ cho mô hình đường dây ngắn

$$\overline{A} = \overline{D} = 1; \quad \overline{B} = \overline{Z} = 2.24 \angle 63.43^\circ (\Omega); \quad \overline{C} = 0$$

c. Xác định điện áp đầu gửi \overline{V}_S và dòng điện đầu gửi \overline{I}_S

• Ta có:

$$\begin{bmatrix} \overline{V}_S \\ \overline{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{A} & \overline{B} \\ \overline{C} & \overline{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{V}_R \\ \overline{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2.24 \angle 63.43^\circ \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6.35 \angle 0^\circ \\ 0.33 \angle -36.87^\circ \end{bmatrix}$$

• Điện áp đầu gửi:

$$\overline{V}_S = \overline{A} \cdot \overline{V}_R + \overline{B} \cdot \overline{I}_R = 1 \times 6.35 \angle 0^\circ + 2.24 \angle 63.43^\circ \times 0.33 \angle -36.87^\circ = 7.02 \angle 2.70^\circ (kV)$$

• Điện áp dây đầu gửi: $V_{LS} = \sqrt{3} V_R = \sqrt{3} \times 7.02 = 12.16 (kV)$.

• Dòng điện đầu gửi:

$$\overline{I}_S = \overline{C} \cdot \overline{V}_R + \overline{D} \cdot \overline{I}_R = 0 \times 6.35 \angle 0^\circ + 1 \times 0.33 \angle -36.87^\circ = 0.33 \angle -36.87^\circ (kA)$$

d. Xác định hệ số công suất đầu gửi $\cos \varphi_S$

$$\cos \varphi_S = \cos (\varphi_{V_S} - \varphi_{I_S}) = \cos [2.70^\circ - (-36.87^\circ)] = \cos 39.57^\circ = 0.77$$

e. Xác định góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận $\Delta \varphi_V$

$$\Delta \varphi_V = \varphi_{V_S} - \varphi_{V_R} = 2.70^\circ - 0^\circ = 2.70^\circ$$

f. Xác định độ sụt áp ΔU

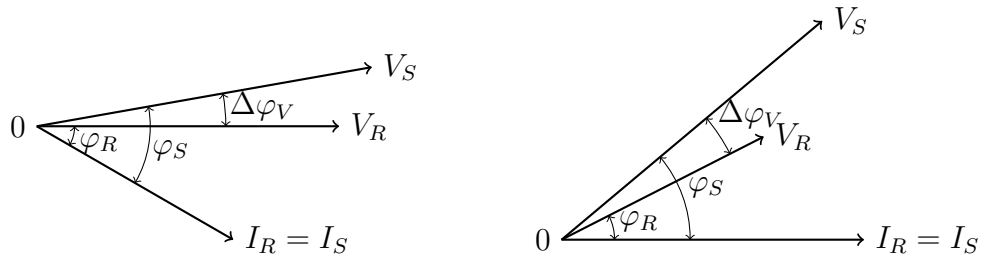
$$\Delta U \% = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \% = \frac{7.02 - 6.35}{6.35} \times 100 \% = 10.55 \%$$

g. Xác định công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi P_S, Q_S, S_S

$$\begin{aligned} \overline{S}_S &= 3 \overline{V}_S \cdot \overline{I}_S^* = 3 \times 7.02 \angle 2.70^\circ \times 0.33 \angle +36.87^\circ = 5.36 + j4.43 (MVA) \\ \Rightarrow P_S &= 5.36 MW; \quad Q_S = 4.43 MVar \end{aligned}$$

h. Xác định tổn thất công suất ΔP

$$\Delta P = P_S - P_R = 5.36 - 5 = 0.36 (MW)$$



Hình 15: Giải đồ vector cho bài tập 1

i. Xác định hiệu suất η

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{5}{5.36} \times 100\% = 93.28\%$$

j. Vẽ giản đồ vector: hình 15.

2. Một đường dây 3 pha, 110 kV , $f = 50 \text{ Hz}$, dài 150 km chuyển cho đầu nhận tải 40000 kW , $\cos \varphi_R = 0.8$ (trễ). Điện trở mỗi pha trên một km là 0.15Ω , dung dẫn mỗi pha trên một km là $10 \times 10^{-6} \Omega^{-1}$ và cảm kháng mỗi pha trên một km là 0.6Ω . Thực hiện tính toán trên 3 mô hình: mô hình T chuẩn, mô hình Π chuẩn và mô hình tổng quát.

- Vẽ sơ đồ thay thế cho mô hình đường dây trung bình cho mạch tương ứng.
- Các thông số $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}, \overline{D}$ của đường dây.
- Điện áp và dòng điện đầu gửi.
- Độ lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận.
- Hệ số công suất đầu gửi.
- Công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi.
- Tổn thất công suất trên đường dây.
- Độ sụt áp của đường dây.
- Hiệu suất truyền tải.
- Vẽ giản đồ vector.

* Lưu ý: Làm tròn kết quả 2 chữ số sau dấu phẩy.

Bài giải bài tập 2

- Ta có:

$$\overline{Z} = (r_0 + jx_0)l = (0.15 + j0.6) \times 150 = 22.5 + j90 = 92.77 \angle 75.96^\circ (\Omega)$$

$$\overline{Y} = (g_0 + jb_0)l \approx jb_0l = j10 \times 10^{-6} \times 150 = j1.5 \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ (\Omega^{-1})$$

- Chọn $\overline{V}_R = \frac{110}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 63.51 \angle 0^\circ (\text{kV})$

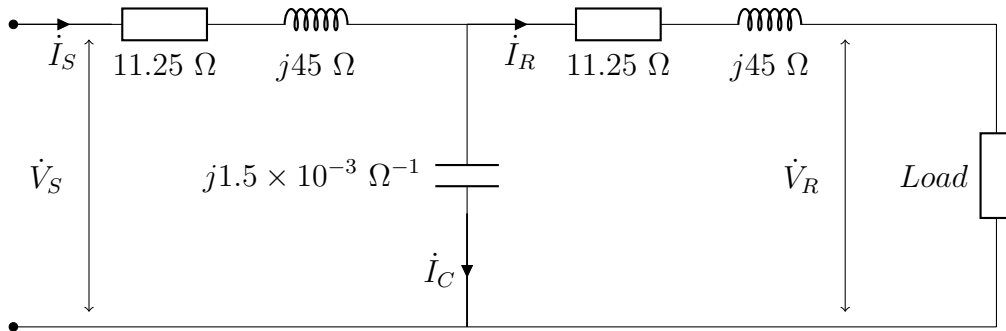
- Suy ra: $I_R = \frac{P_R}{\sqrt{3}V_R \cos \varphi_R} = \frac{40 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 110 \times 0.8} = 0.26 \times 10^3 \text{ A} = 0.26 (\text{kA})$.

- Có $\cos \varphi_R = 0.8$ (trễ) $\Rightarrow \varphi_R = 36.87^\circ$.

- Có $\varphi_R = \varphi_{V_R} - \varphi_{I_R} \Rightarrow \varphi_{I_R} = \varphi_{V_R} - \varphi_R = 0^\circ - 36.87^\circ = -36.87^\circ$.
- Nên: $\bar{I}_R = 0.26 \angle -36.87^\circ$ (kA).

★ **Mô hình T chuẩn**

a. Sơ đồ tương đương hình T chuẩn: hình 16.



Hình 16: Mạch tương đương hình T cho đường dây trung bình trong bài tập 2

b. Thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ cho mô hình T chuẩn

$$\begin{aligned}\bar{A} = \bar{D} &= 1 + \frac{\bar{Y} \cdot \bar{Z}}{2} = 1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \times 92.77 \angle 75.96^\circ}{2} = 0.93 \angle 1.04^\circ \\ \bar{B} &= \bar{Z} \left(1 + \frac{\bar{Y} \cdot \bar{Z}}{4} \right) = 92.77 \angle 75.96^\circ \left(1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \times 92.77 \angle 75.96^\circ}{4} \right) \\ &= 89.64 \angle 76.46^\circ (\Omega) \\ \bar{C} = \bar{Y} &= 1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ (\Omega^{-1})\end{aligned}$$

c. Xác định điện áp đầu gửi \bar{V}_S và dòng điện đầu gửi \bar{I}_S

- Ta có:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{A} & \bar{B} \\ \bar{C} & \bar{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_R \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.93 \angle 1.04^\circ & 89.64 \angle 76.46^\circ \\ 1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ & 0.93 \angle 1.04^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 63.51 \angle 0^\circ \\ 0.26 \angle -36.87^\circ \end{bmatrix}$$

- Điện áp đầu gửi:

$$\begin{aligned}\bar{V}_S &= \bar{A} \cdot \bar{V}_R + \bar{B} \cdot \bar{I}_R = 0.93 \angle 1.04^\circ \times 63.51 \angle 0^\circ + 89.64 \angle 76.46^\circ \times 0.26 \angle -36.87^\circ \\ &= 78.64 \angle 11.68^\circ \text{ (kV)}\end{aligned}$$

- Điện áp dây đầu gửi: $V_{LS} = \sqrt{3} \times V_S = \sqrt{3} \times 78.64 = 136.21$ (kV).
- Dòng điện đầu gửi:

$$\begin{aligned}\bar{I}_S &= \bar{C} \cdot \bar{V}_R + \bar{D} \cdot \bar{I}_R = 1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \times 63.51 \angle 0^\circ + 0.93 \angle 1.04^\circ \times 0.26 \angle -36.87^\circ \\ &= 0.20 \angle -13.28^\circ \text{ (kA)}\end{aligned}$$

d. Xác định góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận $\Delta\varphi_V$

$$\Delta\varphi_V = \varphi_{V_S} - \varphi_{V_R} = 11.68^\circ - 0^\circ = 11.68^\circ$$

e. Xác định hệ số công suất đầu gửi $\cos\varphi_S$

$$\cos\varphi_S = \cos(\varphi_{V_S} - \varphi_{I_S}) = \cos[11.68^\circ - (-13.28^\circ)] = \cos 24.96^\circ = 0.91$$

f. Xác định công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi P_S, Q_S, S_S

$$\bar{S}_S = 3\bar{V}_S \cdot \bar{I}_S^* = 3 \times 78.64 \angle 11.68^\circ \times 0.20 \angle +13.28^\circ = 42.78 + j19.91 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow P_S = 42.78 \text{ MW}; \quad Q_S = 19.91 \text{ MVar}$$

g. Xác định tổn thất công suất ΔP

$$\Delta P = P_S - P_R = 42.78 - 40 = 2.78 \text{ (MW)}$$

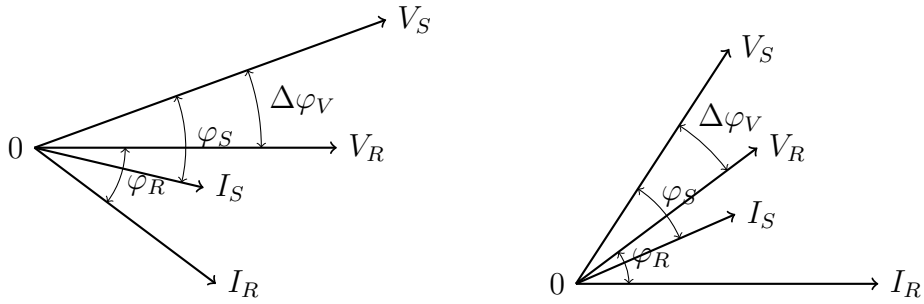
h. Xác định độ sụt áp ΔU

$$\Delta U\% = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\% = \frac{78.64 - 63.51}{63.51} \times 100\% = 23.82\%$$

i. Xác định hiệu suất η

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{40}{42.78} \times 100\% = 93.50\%$$

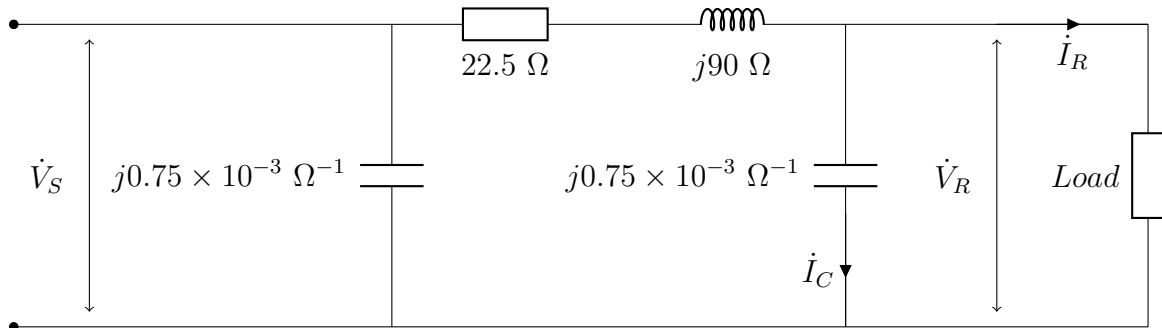
j. Vẽ giản đồ vector: hình 17.



Hình 17: Giản đồ vector cho bài tập 2

★ Mô hình Π chuẩn

a. Sơ đồ tương đương hình Π chuẩn: hình 18.



Hình 18: Mạch tương đương hình Π cho đường dây trung bình trong bài tập 2

b. Thông số $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}, \overline{D}$ cho mô hình Π chuẩn

$$\begin{aligned}\overline{A} = \overline{D} &= 1 + \frac{\overline{Y} \cdot \overline{Z}}{2} = 1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^0 \times 92.77 \angle 75.96^0}{2} = 0.93 \angle 1.04^0 \\ \overline{B} = \overline{Z} &= 92.77 \angle 75.96^0 \text{ } (\Omega) \\ \overline{C} = \overline{Y} \left(1 + \frac{\overline{Y} \cdot \overline{Z}}{4} \right) &= 1.5 \times 10^{-3} \angle 90^0 \left(1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^0 \times 92.77 \angle 75.96^0}{4} \right) \\ &= 1.45 \times 10^{-3} \angle 90.5^0 \text{ } (\Omega^{-1})\end{aligned}$$

c. Xác định điện áp đầu gửi \overline{V}_S và dòng điện đầu gửi \overline{I}_S

• Ta có:

$$\begin{bmatrix} \overline{V}_S \\ \overline{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{A} & \overline{B} \\ \overline{C} & \overline{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{V}_R \\ \overline{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.93 \angle 1.04^0 & 92.77 \angle 75.96^0 \\ 1.45 \times 10^{-3} \angle 90.5^0 & 0.93 \angle 1.04^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 63.51 \angle 0^0 \\ 0.26 \angle -36.87^0 \end{bmatrix}$$

• Điện áp pha đầu gửi:

$$\begin{aligned}\overline{V}_S &= \overline{A} \cdot \overline{V}_R + \overline{B} \cdot \overline{I}_R = 0.93 \angle 1.04^0 \times 63.51 \angle 0^0 + 92.77 \angle 75.96^0 \times 0.26 \angle -36.87^0 \\ &= 79.46 \angle 11.82^0 \text{ } (kV)\end{aligned}$$

• Điện áp dây đầu gửi: $V_{LS} = \sqrt{3} \times V_S = \sqrt{3} \times 79.46 = 137.63 \text{ } (kV)$.

• Dòng điện đầu gửi:

$$\begin{aligned}\overline{I}_S &= \overline{C} \cdot \overline{V}_R + \overline{D} \cdot \overline{I}_R = 1.45 \times 10^{-3} \angle 90.5^0 \times 63.51 \angle 0^0 + 0.93 \angle 1.04^0 \times 0.26 \angle -36.87^0 \\ &= 0.20 \angle -14.22^0 \text{ } (kA)\end{aligned}$$

d. Xác định góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận $\Delta\varphi_V$

$$\Delta\varphi_V = \varphi_{V_S} - \varphi_{V_R} = 11.82^0 - 0^0 = 11.82^0$$

e. Xác định hệ số công suất đầu gửi $\cos \varphi_S$

$$\cos \varphi_S = \cos (\varphi_{V_S} - \varphi_{I_S}) = \cos [11.82^0 - (-14.22^0)] = \cos 26.04^0 = 0.90$$

f. Xác định công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi P_S, Q_S, S_S

$$\begin{aligned}\overline{S}_S &= 3\overline{V}_S \cdot \overline{I}_S^* = 3 \times 79.46 \angle 11.82^0 \times 0.20 \angle +14.22^0 = 42.84 + j20.93 \text{ } (MVA) \\ \implies P_S &= 42.84 \text{ } MW; \quad Q_S = 20.93 \text{ } MVAr\end{aligned}$$

g. Xác định tổn thất công suất ΔP

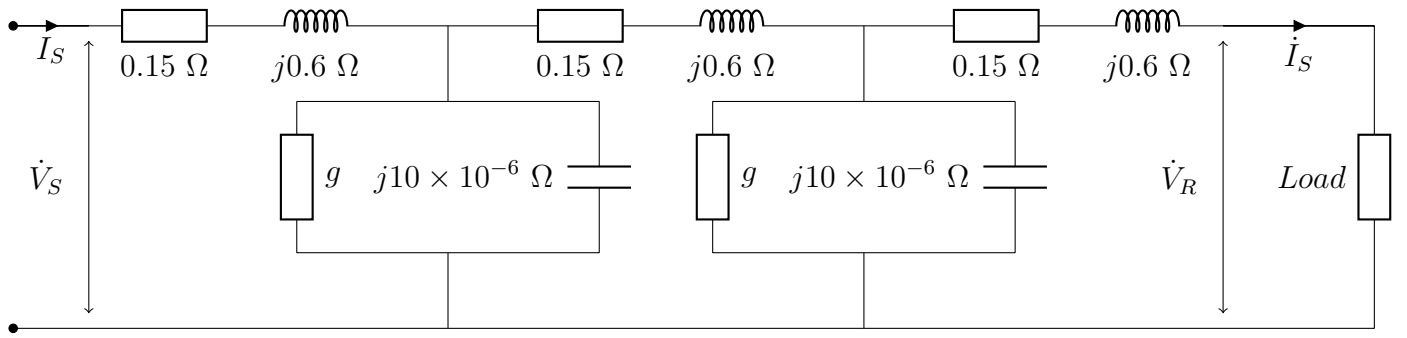
$$\Delta P = P_S - P_R = 42.84 - 40 = 2.84 \text{ } (MW)$$

h. Xác định độ sụt áp ΔU

$$\Delta U\% = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\% = \frac{79.46 - 63.51}{63.51} \times 100\% = 25.11\%$$

i. Xác định hiệu suất η

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{40}{42.84} \times 100\% = 93.37\%$$



Hình 19: Mạch thông số rải cho đường dây trung bình trong bài tập 2

j. Vẽ giản đồ vector: hình 17 trang 16.

★ **Mô hình tổng quát**

a. Sơ đồ tương đương cho đường dây dài: hình 19.

b. Thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ cho mô hình tổng quát

$$\begin{aligned}\bar{A} = \bar{D} &= 1 + \frac{\bar{Y} \cdot \bar{Z}}{2} + \frac{\bar{Y}^2 \cdot \bar{Z}^2}{24} \\ &= 1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \times 92.77 \angle 75.96^\circ}{2} + \frac{(1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ)^2 \cdot (92.77 \angle 75.96^\circ)^2}{24} \\ &= 0.93 \angle 1.01^\circ \\ \bar{B} &= \bar{Z} \left(1 + \frac{\bar{Y} \cdot \bar{Z}}{6} + \frac{\bar{Y}^2 \cdot \bar{Z}^2}{120} \right) \\ &= 92.77 \angle 75.96^\circ \left[1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \times 92.77 \angle 75.96^\circ}{6} + \frac{(1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ)^2 \cdot (92.77 \angle 75.96^\circ)^2}{120} \right] \\ &= 90.70 \angle 76.29^\circ \text{ (}\Omega\text{)} \\ \bar{C} &= \bar{Y} \left(1 + \frac{\bar{Y} \cdot \bar{Z}}{6} + \frac{\bar{Y}^2 \cdot \bar{Z}^2}{120} \right) \\ &= 1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \left[1 + \frac{1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ \times 92.77 \angle 75.96^\circ}{6} + \frac{(1.5 \times 10^{-3} \angle 90^\circ)^2 \cdot (92.77 \angle 75.96^\circ)^2}{120} \right] \\ &= 1.47 \times 10^{-3} \angle 90.33^\circ \text{ (}\Omega^{-1}\text{)}\end{aligned}$$

c. Xác định điện áp đầu gửi \bar{V}_S và dòng điện đầu gửi \bar{I}_S

• Ta có:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{A} & \bar{B} \\ \bar{C} & \bar{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_R \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.93 \angle 1.01^\circ & 90.70 \angle 76.29^\circ \\ 1.47 \times 10^{-3} \angle 90.33^\circ & 0.93 \angle 1.01^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 63.51 \angle 0^\circ \\ 0.26 \angle -36.87^\circ \end{bmatrix}$$

• Điện áp pha đầu gửi:

$$\begin{aligned}\bar{V}_S &= \bar{A} \cdot \bar{V}_R + \bar{B} \cdot \bar{I}_R = 0.93 \angle 1.01^\circ \times 63.51 \angle 0^\circ + 90.70 \angle 76.29^\circ \times 0.26 \angle -36.87^\circ \\ &= 78.91 \angle 11.71^\circ \text{ (kV)}\end{aligned}$$

• Điện áp dây đầu gửi: $V_{LS} = \sqrt{3} \times V_S = \sqrt{3} \times 78.91 = 136.68 \text{ (kV)}$.

- Dòng điện đầu gửi:

$$\begin{aligned}\bar{I}_S &= \bar{C} \cdot \bar{V}_R + \bar{D} \cdot \bar{I}_R = 1.47 \times 10^{-3} \angle 90.33^\circ \times 63.51 \angle 0^\circ + 0.93 \angle 1.01^\circ \times 0.26 \angle -36.87^\circ \\ &= 0.20 \angle -13.88^\circ \text{ (kA)}\end{aligned}$$

- d. Xác định góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận $\Delta\varphi_V$

$$\Delta\varphi_V = \varphi_{V_S} - \varphi_{V_R} = 11.71^\circ - 0^\circ = 11.71^\circ$$

- e. Xác định hệ số công suất đầu gửi $\cos\varphi_S$

$$\cos\varphi_S = \cos(\varphi_{V_S} - \varphi_{I_S}) = \cos[11.71^\circ - (-13.88^\circ)] = \cos 25.59^\circ = 0.90$$

- f. Xác định công suất tác dụng, công suất biểu kiến ở đầu gửi P_S, Q_S, S_S

$$\begin{aligned}\bar{S}_S &= 3\bar{V}_S \cdot \bar{I}_S^* = 3 \times 78.91 \angle 11.71^\circ \times 0.20 \angle +13.88^\circ = 42.70 + j20.45 \text{ (MVA)} \\ \Rightarrow P_S &= 42.70 \text{ MW}; \quad Q_S = 20.45 \text{ MVar}\end{aligned}$$

- g. Xác định tổn thất công suất ΔP

$$\Delta P = P_S - P_R = 42.70 - 40 = 2.70 \text{ (MW)}$$

- h. Xác định độ sụt áp ΔU

$$\Delta U\% = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\% = \frac{78.91 - 63.51}{63.51} \times 100\% = 24.27\%$$

- i. Xác định hiệu suất η

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{40}{42.70} \times 100\% = 93.68\%$$

- j. Vẽ giản đồ vector: hình 17 trang 16.

3. Một đường dây 3 pha, 345 kV, $f = 60\text{Hz}$, dài 500 km chuyển cho đầu nhận tải 200 MW, $\cos\varphi_R = 0.886$ (trễ). Điện trở mỗi pha trên một km là 0.08 Ω , dung dẫn mỗi pha trên một km là $4 \times 10^{-6} \Omega^{-1}$ và cảm kháng mỗi pha trên một km là 0.6 Ω . Tính:

- Vẽ sơ đồ thay thế cho mô hình đường dây dài.
- Các thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ của đường dây.
- Điện áp và dòng điện đầu gửi.
- Hệ số công suất đầu gửi.
- Góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu gửi.
- Độ sụt áp.
- Công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi.
- Tổn thất công suất trên đường dây.
- Hiệu suất truyền tải.
- Vẽ giản đồ vector.

* Lưu ý: Làm tròn kết quả 2 chữ số sau dấu phẩy.

Bài giải bài tập 3

- Ta có:

$$\bar{z} = r_0 + jx_0 = 0.08 + j0.6 = 0.61\angle 82.41^\circ \text{ } (\Omega/km)$$

$$\bar{y} = g_0 + jb_0 \approx jb_0 = j4 \times 10^{-6} = j2 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-6}\angle 90^\circ \text{ } (\Omega^{-1}/km)$$

$$\begin{aligned} \theta = l\sqrt{\bar{z}\bar{y}} &= 500 \times \sqrt{0.61\angle 82.41^\circ \times 4 \times 10^{-6}\angle 90^\circ} = 500 \times \sqrt{2.44 \times 10^{-6}\angle 172.41^\circ} \\ &= 500 \times \sqrt{2.44 \times 10^{-6}}\angle \frac{172.41^\circ}{2} = 0.78\angle 86.21^\circ = 0.05 + j0.78 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$Z_C = \sqrt{\frac{\bar{z}}{\bar{y}}} = \sqrt{\frac{0.61\angle 82.41^\circ}{4 \times 10^{-6}\angle 90^\circ}} = \sqrt{152500\angle -7.59^\circ}\sqrt{152500\angle -\frac{7.59^\circ}{2}} = 390.51\angle -3.80^\circ \Omega$$

- Tính $\cosh \theta$ và $\sinh \theta$:

$$\begin{aligned} \cosh \theta &= \cosh(0.05 + j0.78) = \cosh 0.05 \cos 0.78 + j \sinh 0.05 \sin 0.78 \text{ (đơn vị tính là rad)} \\ &= 0.71 + j0.04 = 0.71\angle 3.22^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sinh \theta &= \sinh(0.05 + j0.78) = \sinh 0.05 \cos 0.78 + j \cosh 0.05 \sin 0.78 \text{ (đơn vị tính là rad)} \\ &= 0.04 + j0.70 = 0.70\angle 86.73^\circ \end{aligned}$$

- Chọn $\bar{V}_R = \frac{345}{\sqrt{3}}\angle 0^\circ = 199.19\angle 0^\circ \text{ (kV)}$

- Suy ra: $I_R = \frac{P_R}{\sqrt{3}V_R \cos \varphi} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 345 \times 0.886} = 0.38 \text{ (kA)}.$

- Có $\cos \varphi_R = 0.886$ (trễ) $\implies \varphi_R = +30.00^\circ$.

- Có $\varphi_R = \varphi_{V_R} - \varphi_{I_R} \implies \varphi_{I_R} = \varphi_{V_R} - \varphi_R = 0^\circ - 30.00^\circ = -30.00^\circ$.

- Nên: $\bar{I}_R = 0.38\angle -30.00^\circ \text{ (kA)}.$

a. Thông số $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ cho mô hình tổng quát

$$\bar{A} = \bar{D} = \cosh \theta = 0.71\angle 3.22^\circ$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_C \sinh \theta = 390.51\angle -3.80^\circ \times 0.70\angle 86.73^\circ = 273.36\angle 82.93^\circ \text{ } (\Omega)$$

$$\bar{C} = \frac{\sinh \theta}{\bar{Z}_C} = \frac{0.70\angle 86.73^\circ}{390.51\angle -3.80^\circ} = 1.79 \times 10^{-3}\angle 90.53^\circ$$

b. Xác định điện áp đầu gửi \bar{V}_S và dòng điện đầu gửi \bar{I}_S

- Ta có:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{A} & \bar{B} \\ \bar{C} & \bar{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_R \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.71\angle 3.22^\circ & 273.36\angle 82.93^\circ \\ 1.79 \times 10^{-3}\angle 90.53^\circ & 0.71\angle 3.22^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ 0.38\angle -30.00^\circ \end{bmatrix}$$

- Điện áp đầu gửi:

$$\begin{aligned} \bar{V}_S &= \bar{A}.\bar{V}_R + \bar{B}.\bar{I}_R = 0.71\angle 3.22^\circ \times 199.19\angle 0^\circ + 273.36\angle 82.93^\circ \times 0.38\angle -30.00^\circ \\ &= 223.14\angle 24.02^\circ \text{ (kV)} \end{aligned}$$

- Điện áp dây đầu gửi: $V_{LS} = \sqrt{3}V_R = \sqrt{3} \times 223.14 = 386.49 \text{ (kV)}.$

- Dòng điện đầu gửi:

$$\begin{aligned}\bar{I}_S &= \bar{C} \cdot \bar{V}_R + \bar{D} \cdot \bar{I}_R = 1.79 \times 10^{-3} \angle 90.53^\circ \times 199.19 \angle 0^\circ + 0.71 \angle 3.22^\circ \times 0.38 \angle -30.00^\circ \\ &= 0.33 \angle 44.69^\circ \text{ (kA)}\end{aligned}$$

c. Xác định hệ số công suất đầu gửi $\cos \varphi_S$

$$\cos \varphi_S = \cos (\varphi_{V_S} - \varphi_{I_S}) = \cos [24.02^\circ - 44.69^\circ] = \cos (-20.67^\circ) = 0.94$$

d. Xác định góc lệch pha giữa điện áp đầu gửi và đầu nhận $\Delta \varphi_V$

$$\Delta \varphi_V = \varphi_{V_S} - \varphi_{V_R} = 24.02^\circ - 0^\circ = 24.02^\circ$$

e. Xác định độ sụt áp ΔU

$$\Delta U\% = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\% = \frac{223.14 - 199.19}{199.19} \times 100\% = 12.02\%$$

f. Xác định công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến ở đầu gửi P_S, Q_S, S_S

$$\begin{aligned}\bar{S}_S &= 3 \bar{V}_S \cdot \bar{I}_S^* = 3 \times 223.14 \angle 24.02^\circ \times 0.33 \angle -44.69^\circ = 206.69 - j77.98 \text{ (MVA)} \\ \Rightarrow P_S &= 206.69 \text{ MW}; \quad Q_S = 77.98 \text{ MVar}\end{aligned}$$

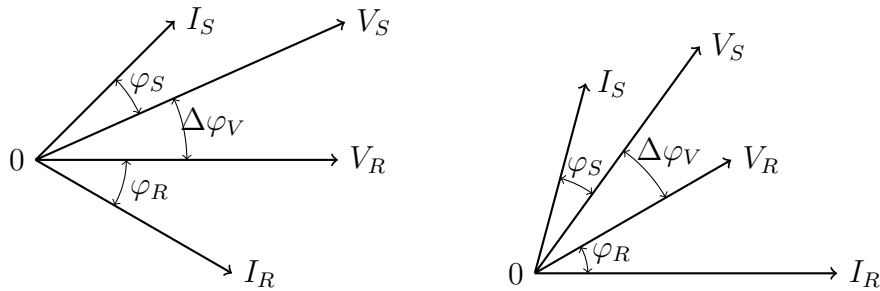
g. Xác định tổn thất công suất ΔP

$$\Delta P = P_S - P_R = 206.69 - 200 = 6.69 \text{ (MW)}$$

h. Xác định hiệu suất η

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\% = \frac{200}{206.69} \times 100\% = 96.76\%$$

i. Vẽ giản đồ vector: hình 20.



Hình 20: Giản đồ vector cho bài tập 3

Tài liệu tham khảo

- [1.] Nguyễn Hoàng Việt – Hồ Văn Hiến – Phan Thị Thanh Bình – Võ Văn Huy Hoàng, *Thiết kế hệ thống điện*, Tái bản lần thứ hai, NXB ĐHQG TP. Hồ Chí Minh, Năm 2004.
- [2.] Hồ Văn Hiến, *Hệ thống điện Truyền tải và Phân Phối*, Tái bản lần thứ nhất, NXB ĐHQG TP. Hồ Chí Minh, Năm 2005.