

CHƯƠNG II

DỰ KIẾN CÁC PHƯƠNG ÁN VỀ MẬT KỸ THUẬT

I. LỰA CHỌN ĐIỆN ÁP TẢI ĐIỆN:

1. Chọn điện áp tải điện:

Khoảng cách từ nguồn đến các phụ tải:

- Phụ tải 1: $l_1 = 10\sqrt{5^2 + 2^2} = 10\sqrt{29} = 53,852 \text{ (km)}$.
- Phụ tải 2: $l_2 = 10\sqrt{4^2 + 2^2} = 20\sqrt{5} = 44,721 \text{ (km)}$.
- Phụ tải 3: $l_3 = 30 \text{ (km)}$.
- Phụ tải 4: $l_4 = 10\sqrt{4^2 + 3^2} = 50 \text{ (km)}$.

Theo công thức Still ta tìm được điện áp:

$$U = 4,34\sqrt{l + 0,016P} \text{ (kV)}$$

Trong đó: -P: công suất truyền tải, (kW) - l: khoảng cách truyền tải, (km)

$$U_1 = 4,34\sqrt{l_1 + 0,016P_1} = 4,34\sqrt{53,852 + 0,016 \times 20000} = 83,915 \text{ (kV)}$$

Tương tự áp dụng phần mềm ta tính được:

$$U_2 = 88,17 \text{ (kV)}; U_3 = 83,03 \text{ (kV)}; U_4 = 90,4 \text{ (kV)}$$

Vậy: Chọn cấp điện áp gần nhất là: $U_{dm} = 110 \text{ (kV)}$

2.1 LỰA CHỌN CẤP ĐIỆN ÁP TẢI ĐIỆN

Nhập giá trị:	
P1 (MW) <input type="text" value="20"/>	L1 (km) <input type="text" value="53.852"/>
P2 (MW) <input type="text" value="23"/>	L2 (km) <input type="text" value="44.721"/>
P3 (MW) <input type="text" value="21"/>	L3 (km) <input type="text" value="30"/>
P4 (MW) <input type="text" value="24"/>	L4 (km) <input type="text" value="50"/>

Kết quả 1

Xuất kết quả:

Áp dụng công thức Still, tính được các giá trị điện áp:

U1 (kV) <input type="text" value="83.915"/>	U3 (kV) <input type="text" value="83.0291"/>
U2 (kV) <input type="text" value="88.1694"/>	U4 (kV) <input type="text" value="90.4138"/>

Từ các giá trị điện áp trên, ta chọn cấp điện áp định mức cho mạng điện.

2.2 LỰA CHỌN MẬT ĐỘ DÒNG KINH TẾ

Nhập giá trị:	
P1 (MW) <input type="text" value="20"/>	T max 1 <input type="text" value="4900"/>
P2 (MW) <input type="text" value="23"/>	T max 2 <input type="text" value="5100"/>
P3 (MW) <input type="text" value="21"/>	T max 3 <input type="text" value="4600"/>
P4 (MW) <input type="text" value="24"/>	T max 4 <input type="text" value="5500"/>

Kết quả 2

Xuất kết quả:

+ T max TB

+ T max TB > 5000 (giờ/năm), j_{kt} = A/mm²

+ T max TB < 3000 (giờ/năm), j_{kt} = A/mm²

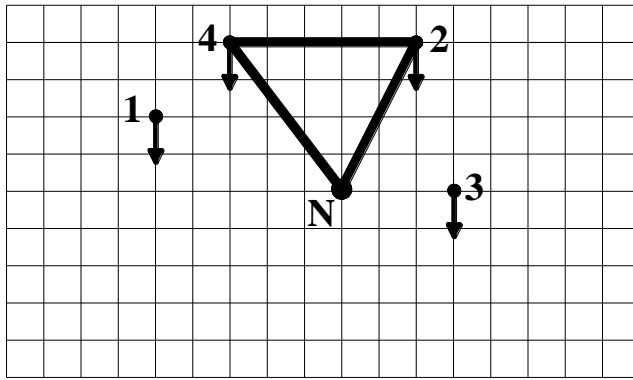
+ 3000 < T max TB < 5000 (giờ/năm), j_{kt} = A/mm²

$$T_{max tb} = \frac{\sum P_i T_{max i}}{\sum P_i} = \frac{20 \times 4900 + 23 \times 5100 + 21 \times 4600 + 24 \times 5500}{20 + 23 + 21 + 24} = 5044,32 \text{ (giờ/năm)}$$

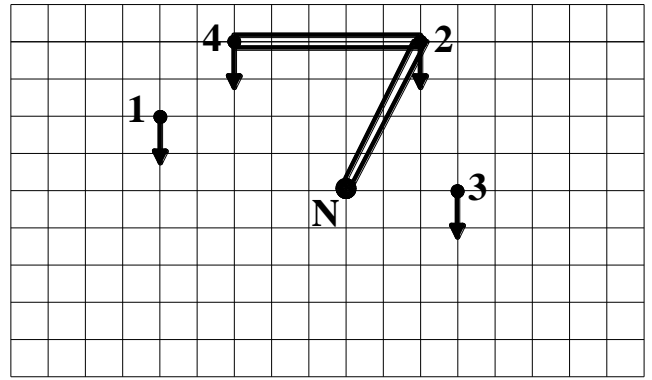
Ta sử dụng loại dây nhôm trần lõi thép (AC) và căn cứ vào bảng 2.3 trang 18 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1 nên ta chọn mật độ dòng kinh tế là: $j_{kt} = 1,0 \text{ (A/mm}^2\text{)}$

2. Các phương án đi dây:

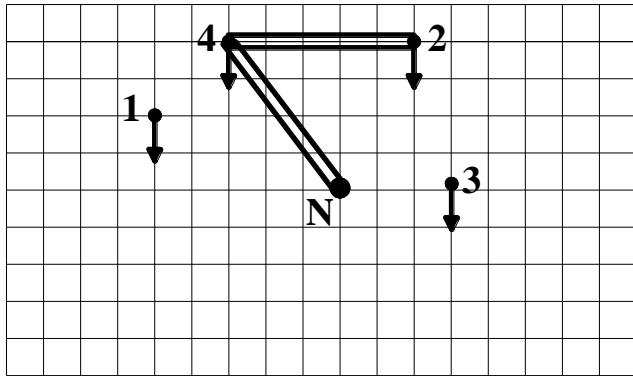
2.1 Khu vực I: gồm các phương án 1,2,3,4.



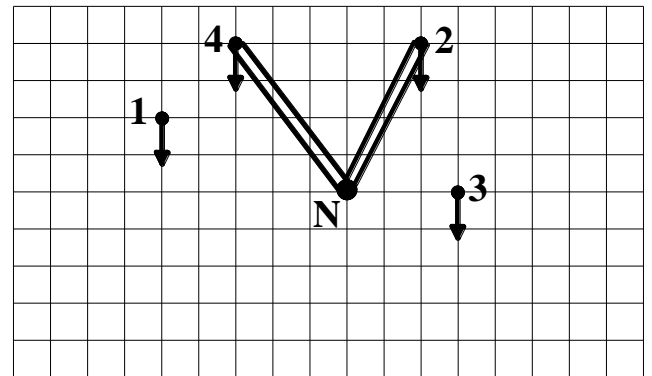
Phương án 1



Phương án 2



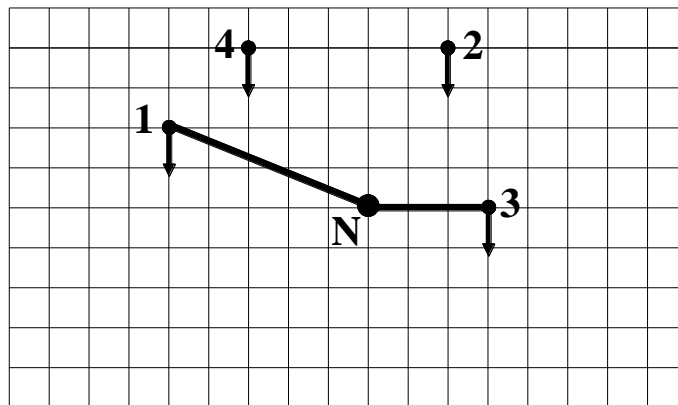
Phương án 3



Phương án 4

Loại bỏ phương án 3 vì công suất trên đoạn N-4 gánh luôn công suất phụ tải 2 và chiều dài đoạn N-4 ($l=50\text{km}$) dài hơn đoạn N-2 ($l=44,721\text{km}$), do đó chi phí đầu tư cao nên không kinh tế.

2.2 Khu vực II: gồm phương án 5.

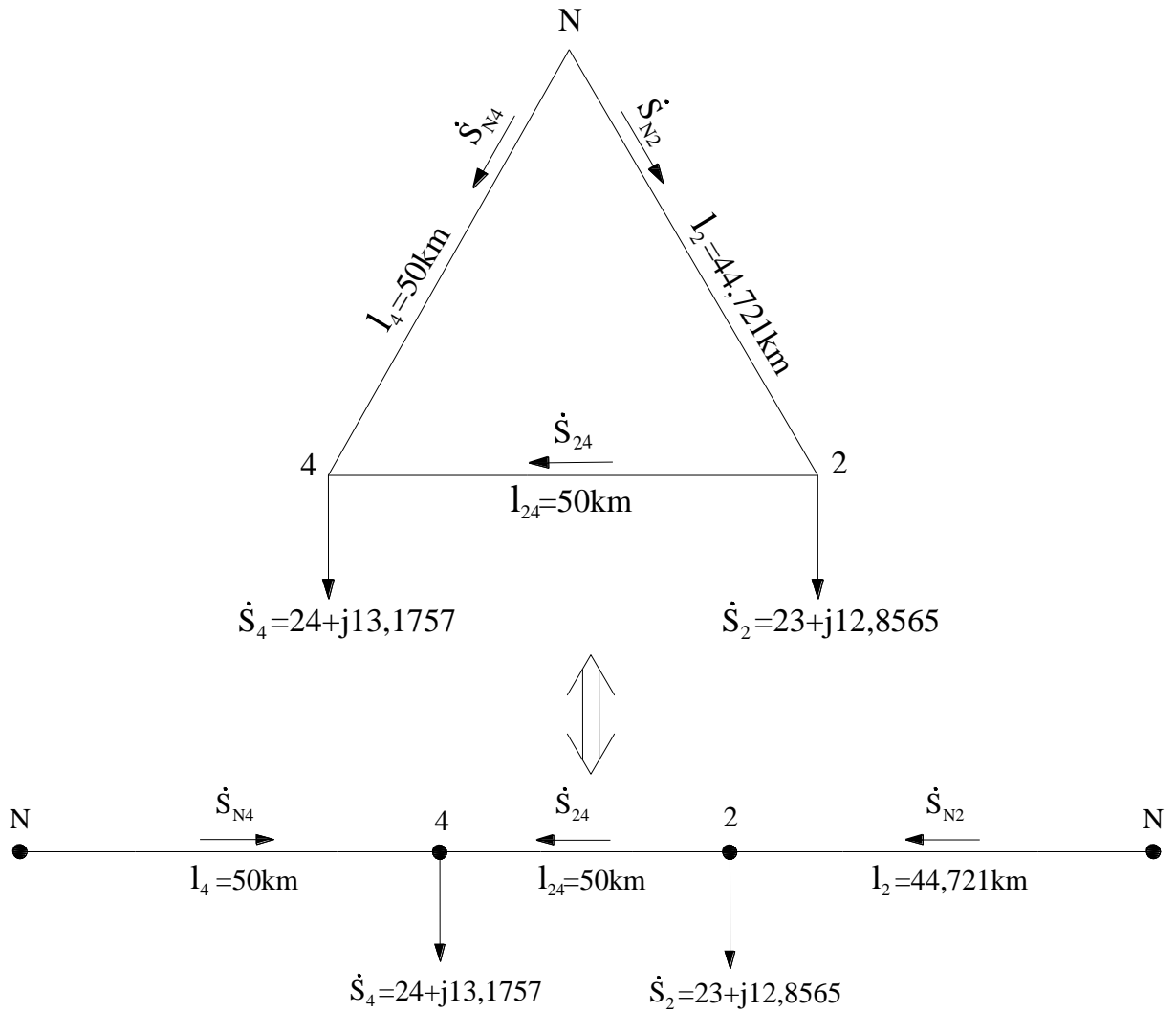


Phương án 5

II. CHỌN TIẾT DIỆN DÂY:

1. Khu vực I:

a. Phương án 1: Đường dây mạng kín.



$$\dot{S}_{N4} = \frac{\dot{S}_4(l_{24} + l_2) + \dot{S}_2 l_2}{l_2 + l_4 + l_{24}}$$

$$\Leftrightarrow \dot{S}_{N4} = \frac{(24 + j13,1757)(94,721) + (23 + j12,8565)(44,721)}{144,721} = 22,816 + j12,5965 \text{ (MVA)}$$

$$\dot{S}_{N2} = \frac{\dot{S}_4 l_4 + \dot{S}_2 (l_{24} + l_4)}{l_2 + l_4 + l_{24}} = \frac{(24 + j13,1757)(50) + (23 + j12,8565)(100)}{144,721} = 24,185 + j13,4357 \text{ (MVA)}$$

Kiểm tra lại:

- $\dot{S}_{N2} + \dot{S}_{N4} = \dot{S}_2 + \dot{S}_4$
- $\dot{S}_2 + \dot{S}_4 = (23 + j12,8565) + (24 + j13,1757) = 47 + j26,0322 \text{ (MVA)}$
- $\dot{S}_{N2} + \dot{S}_{N4} = (24,185 + j13,4357) + (22,816 + j12,5965) = 47 + j26,0322 \text{ (MVA)}$
- $\dot{S}_{24} = \dot{S}_{N2} - \dot{S}_2 = (24,185 + j13,4357) - (23 + j12,8565) = 1,185 + j0,5792 \text{ (MVA)}$

Vậy: chiều công suất chạy từ 2 đến 4.

Đoạn N-4:

$$I_{\max N4} = \frac{\dot{S}_{N4 \max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{P_{N4 \max}^2 + Q_{N4 \max}^2}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{22,816^2 + 12,5965^2}}{\sqrt{3} \times 110} 10^3 = 136,7914 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow F_{ktN4} = \frac{I_{\max N4}}{j_{kt}} = \frac{136,7914}{1} = 136,7914 \text{ (mm}^2) \Rightarrow \text{Chọn AC-150 (mm}^2)$$

Đoạn N-2:

$$I_{\max N2} = \frac{\dot{S}_{N2\max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{P_{N2\max}^2 + Q_{N2\max}^2}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{24,185^2 + 13,4357^2}}{\sqrt{3}x110} 10^3 = 145,2117(A)$$

$$\Rightarrow F_{ktN2} = \frac{I_{\max N2}}{j_{kt}} = \frac{145,2117}{1} = 145,2117 \text{ (mm}^2) \Rightarrow \text{Chọn AC-150 (mm}^2)$$

Đoạn 2-4:

$$I_{\max 24} = \frac{\dot{S}_{24\max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{P_{24\max}^2 + Q_{24\max}^2}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{1,185^2 + 0,5792^2}}{\sqrt{3}x110} 10^3 = 6,9228(A)$$

$$\Rightarrow F_{kt24} = \frac{I_{\max 24}}{j_{kt}} = \frac{6,9228}{1} = 6,9228 \text{ (mm}^2) \Rightarrow \text{Chọn AC-70 (mm}^2)$$

Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ $k=0,81$ tra bảng PL2.7 trang 121 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1.

Dòng điện cho phép của dây dẫn tra bảng PL2.6 trang 121 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1.

Đoạn	Loại dây	Dòng cho phép
N-2	AC-150	$0,81 \times 445 = 360,45 \text{ (A)}$
N-4	AC-150	$0,81 \times 445 = 360,45 \text{ (A)}$
2-4	AC-70	$0,81 \times 275 = 222,75 \text{ (A)}$

Kiểm tra điều kiện phát nóng khi ngưng một lộ. Trường hợp nặng nề nhất khi ngưng đoạn N-4.

Kiểm tra đoạn N-2:

$$I_{cb\max N2} = \frac{\dot{S}_{N2\max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{(P_{4\max} + P_{2\max})^2 + (Q_{4\max} + Q_{2\max})^2}}{\sqrt{3}xU_{dm}} =$$

$$\Leftrightarrow I_{cb\max N2} = \frac{\sqrt{(24+23)^2 + (13,1757+12,8565)^2}}{\sqrt{3}x110} 10^3 = 281,998(A)$$

$$\Rightarrow I_{cb\max N2} = 281,998(A) < I_{cp} = 360,45(A) \text{ (thỏa điều kiện)}$$

Kiểm tra đoạn 2-4:

$$I_{cb\max 24} = \frac{\dot{S}_{24\max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{P_{24\max}^2 + Q_{24\max}^2}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{24^2 + 13,1757^2}}{\sqrt{3}x110} 10^3 = 143,702(A)$$

$$\Rightarrow I_{cb\max N2} = 143,702(A) < I_{cp} = 222,75(A) \text{ (thỏa điều kiện)}$$

2.5 CHỌN DÂY DẪN CHO MẠCH VÒNG KÍN

Nhập giá trị:

U đm (kV)	110	j kt (A/mm ²)	1
P1 (MW)	24	P2(MW)	23
Q1 (MVar)	13.1757	Q2(MVar)	12.8565
L N1 (km)	50	L N2 (km)	44.721
L 12 (km)	50		

Kết quả 3

Xuất kết quả:

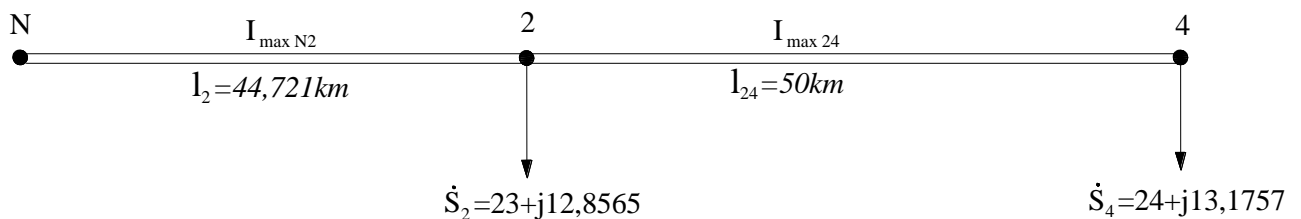
Với đường dây II_1	Với đường dây II_2	Với đường dây 1_2
AC 150	AC 150	AC 70

Sự cố đứt một đường dây II_1 hoặc II_2

Sự cố nặng nề nhất là khi đứt N-1 hoặc N-2

Với đường dây II_1 hoặc II_2	Với đường dây 1_2
AC 150	AC 70

b. Phương án 2: Đường dây lộ kép hình tia liên thông.



Đoạn 2-4:

$$I_{\max 24} = \frac{\dot{S}_{24\max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{P_{24\max}^2 + Q_{24\max}^2}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{24^2 + 13,1757^2}}{\sqrt{3} \times 110} 10^3 = 143,702 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow F_{kt 24} = \frac{I_{\max 24}}{2xj_{kt}} = \frac{143,702}{2 \times 1} = 71,851 \text{ (mm}^2) \Rightarrow \text{Chọn AC-70 (mm}^2)$$

Đoạn N-2:

$$I_{\max N2} = \frac{\dot{S}_{N2\max}}{\sqrt{3}xU_{dm}} = \frac{\sqrt{(24+23)^2 + (12,8565+13,1757)^2}}{\sqrt{3} \times 110} 10^3 = 281,998 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow F_{kt N2} = \frac{I_{\max N2}}{2xj_{kt}} = \frac{281,998}{2 \times 1} = 140,999 \text{ (mm}^2) \Rightarrow \text{Chọn AC-150 (mm}^2)$$

Đoạn	Loại dây	Dòng cho phép
N-2	AC-150	0,81x445=360,45 (A)
2-4	AC-70	0,81x275=222,75 (A)

Kiểm tra điều kiện phát nóng khi ngưng một lộ

Kiểm tra đoạn N-2:

$$I_{cb \max N2} = 2 \times 140,999 = 281,998 \text{ (A)} < I_{cp} = 360,45 \text{ (A)} \text{ (thỏa điều kiện)}$$

Kiểm tra đoạn 2-4:

$$I_{cb \max 24} = 2 \times 71,851 = 143,702 \text{ (A)} < I_{cp} = 222,75 \text{ (A)} \text{ (thỏa điều kiện)}$$

2.4 CHỌN DÂY DẪN HÌNH TIA LỘ KÉP

Nhập giá trị:

U đm (kV)

j_{kt} (A/mm²)

P (MW)

Q (MVar)

Kết quả 2

Xuất kết quả:

F kinh tế

Chọn dây dẫn AC

2.4 CHỌN DÂY DẪN HÌNH TIA LỘ KÉP

Nhập giá trị:

U đm (kV)

j_{kt} (A/mm²)

P (MW)

Q (MVar)

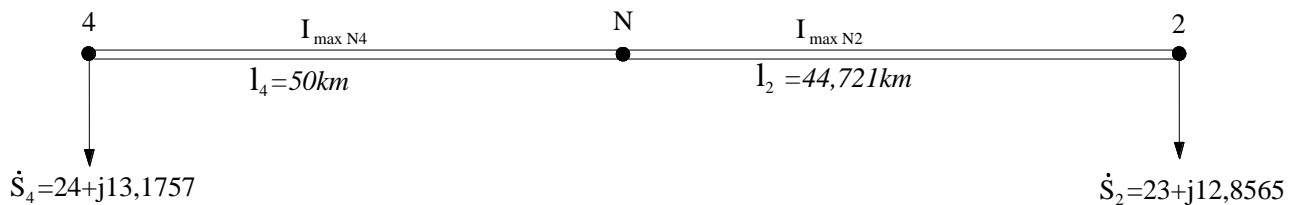
Kết quả 2

Xuất kết quả:

F kinh tế

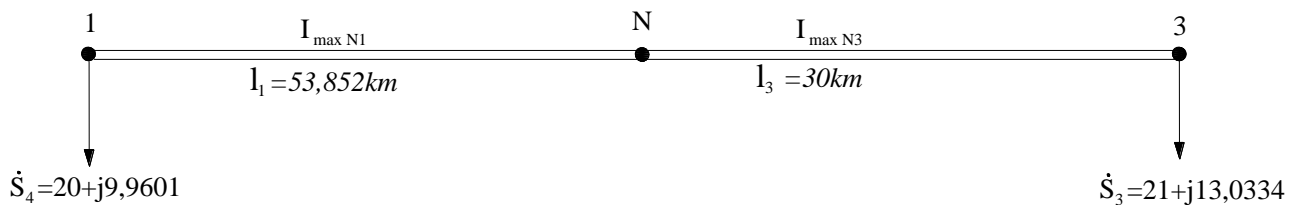
Chọn dây dẫn AC

c. **Phương án 4: Đường dây lộ kép hình tia.** Tương tự phương án 2 áp dụng phần mềm ta tính được kết quả như sau:



Đoạn	Loại dây	Dòng cho phép
N-2	AC-70	0,81x275=222,75 (A)
N-4	AC-70	0,81x275=222,75 (A)

2. Khu vực II: Phương án 5:



Đoạn N-1:

$$I_{\max N1} = \frac{\dot{S}_{N1\max}}{\sqrt{3}xU_{\dot{d}m}} = \frac{\sqrt{P_{N1\max}^2 + Q_{N1\max}^2}}{\sqrt{3}xU_{\dot{d}m}} = \frac{\sqrt{20^2 + 9,9601^2}}{\sqrt{3}x110} 10^3 = 117,269 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow F_{ktN1} = \frac{I_{\max N1}}{j_{kt}} = \frac{117,269}{1} = 117,269 \text{ (mm}^2\text{)} \Rightarrow \text{Chọn AC-120 (mm}^2\text{)}$$

Đoạn N-2: Tương tự như trên áp dụng phần mềm tính được kết quả chọn dây như bảng sau:

Đoạn	Loại dây	Dòng cho phép
N-1	AC-120	0,81x380=307,8 (A)

N-3	AC-120	$0,81 \times 380 = 307,8 \text{ (A)}$
-----	--------	---------------------------------------

BẢNG TỔNG KẾT CÁC PHƯƠNG ÁN

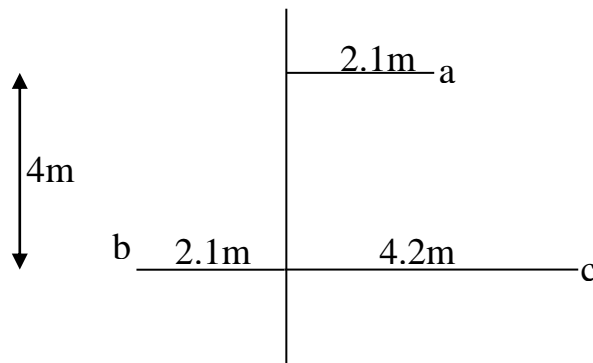
Khu vực	Phương án	Đoạn	Số lộ	Loại dây	Dòng cho phép	Ghi chú
Khu vực I	Phương án 1	N-2	1	AC-150	$0,81 \times 445 = 360,45 \text{ (A)}$	
		N-4	1	AC-150	$0,81 \times 445 = 360,45 \text{ (A)}$	
		2-4	1	AC-70	$0,81 \times 275 = 222,75 \text{ (A)}$	
	Phương án 2	N-2	2	AC-150	$0,81 \times 445 = 360,45 \text{ (A)}$	
		2-4	2	AC-70	$0,81 \times 275 = 222,75 \text{ (A)}$	
	Phương án 4	N-2	2	AC-70	$0,81 \times 275 = 222,75 \text{ (A)}$	
		N-4	2	AC-70	$0,81 \times 275 = 222,75 \text{ (A)}$	
Khu vực II	Phương án 5	N-1	1	AC-120	$0,81 \times 380 = 307,8 \text{ (A)}$	
		N-3	1	AC-120	$0,81 \times 380 = 307,8 \text{ (A)}$	

III. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ ĐƯỜNG DÂY:

1. Khu vực I:

a. Đường dây lộ đơn:

Chọn trụ cho đường dây vận hành lộ đơn **hình PL5.5 trụ kim loại 110kV** trang 157 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1 có thông số như hình vẽ.



Các khoảng cách:

- $D_{ab} = \sqrt{4^2 + (2,1 + 2,1)^2} = 5,8 \text{ (m)}$
- $D_{bc} = 6,3 \text{ (m)}$
- $D_{ac} = \sqrt{4^2 + 2,1^2} = 4,5177 \text{ (m)}$

Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha của đường dây lộ đơn:

- $D_m = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}} = \sqrt[3]{5,8 \times 6,3 \times 4,52} = 5,4856 \text{ (m)}$

Phương án 1:

❖ **Đoạn N-2 và N-4: AC-150**, tra bảng phụ lục 2.1 trang 116 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1 ta có: $d=17 \text{ (mm)} \Rightarrow r=8,5 \text{ (mm)}$

Bán kính tư thân của một dây (35sợi) ta có: $r' = 0,768.r = 0,768 \times 8,5 = 6,528 \text{ (mm)}$

✓ **Điện trở:** $r_0 = 0,21 \text{ (}\Omega/\text{km)}$

✓ **Cảm kháng:**

$$D_s = r' = 6,528(\text{mm})$$

$$x_0 = 2 \times 10^{-4} \times 2 \times \pi f \ln \frac{D_m}{D_s} = 2 \times 10^{-4} \times 2 \times 3,14 \times 50 \times \ln \frac{5,4856}{6,528 \times 10^{-3}} = 0,423 (\Omega/\text{km})$$

✓ **Dung dẫn:**

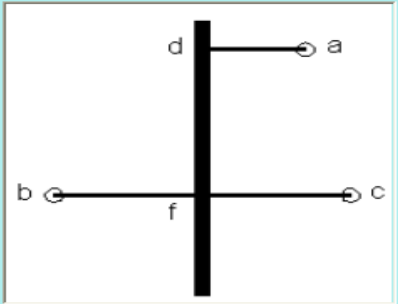
$$D_s = r = 8,5(\text{mm})$$

$$b_0 = \frac{2\pi f}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{D_m}{D_s}} = \frac{2 \times 3,14 \times 50}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{5,4856}{8,5 \times 10^{-3}}} = 2,697 \times 10^{-6} (1/\Omega \text{km})$$

2.8 THÔNG SỐ (R,X,Y) ĐƯỜNG DÂY LỘ ĐƠN

Nhập giá trị:

Dad	2.1
Dbf	2.1
Dcf	4.2
Ddf	4
AC	150
r0(ohm/km)	0.21
r(mm)	8.5
L(m)	44.721
Số sợi d.cáp	35



Kết quả 3

Xuất kết quả:

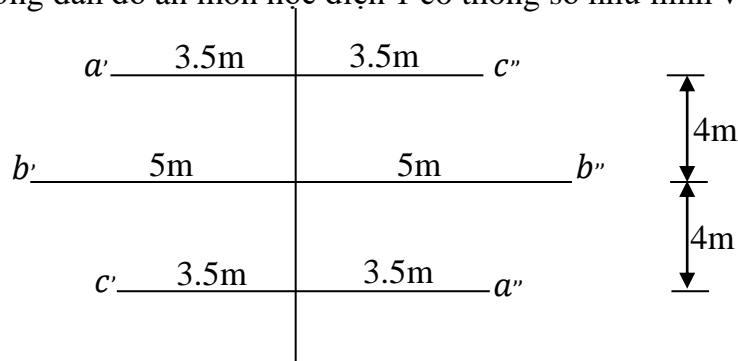
r0 lộ đơn	x0 lộ đơn	b0*10^-6
0.21	0.4231	2.6976
R	X	B*10^-6
9.3914	18.9213	120.6413

✚ **Đoạn 2-4: AC-70**, Tương tự áp dụng phần mềm tính toán cho đường dây lộ đơn kết quả như sau:

Đoạn	Dây	Ch.dài (km)	r_0 (Ω /Km)	x_0 (Ω /Km)	b_0 ($1/\Omega \text{km}$)	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ ($1/\Omega$)
N-2	AC-150	44,721	0,21	0,423	$2,697 \times 10^{-6}$	9,3	18,73	$1,206 \times 10^{-4}$
N-4	AC-150	50	0,21	0,423	$2,697 \times 10^{-6}$	10,5	21,15	$1,3485 \times 10^{-4}$
2-4	AC-70	50	0,46	0,452	$2,5406 \times 10^{-6}$	23	22,6	$1,2703 \times 10^{-4}$

b. Đường dây lộ kép:

Chọn trụ cho đường dây vận hành lộ kép **hình PL5.12** trụ kim loại **110kV-2** mạch trang 161 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1 có thông số như hình vẽ.



Các khoảng cách:

- $D_{a'b'} = D_{b'c'} = D_{a''b''} = D_{b''c''} = \sqrt{1,5^2 + 4^2} = 4,272(\text{m})$
- $D_{b'b''} = 10(\text{m})$
- $D_{a'c'} = D_{a''c''} = 8(\text{m})$
- $D_{a'bb'} = D_{a''bb''} = D_{c'bb'} = D_{c''bb''} = \sqrt{8,5^2 + 4^2} = 9,3941(\text{m})$
- $D_{a'aa'} = D_{c'cc'} = \sqrt{8^2 + 7^2} = 10,6301(\text{m})$

Giữa nhóm dây pha A và nhóm dây pha B:

$$- D_{AB} = D_{BC} = \sqrt[4]{D_{a'b'} D_{a'b''} D_{a''b''} D_{a'b'}} = \sqrt[4]{4,272^2 \times 9,3941^2} = 6,3349(\text{m})$$

Giữa nhóm dây pha B và nhóm dây pha C:

$$- D_{AB} = D_{BC} = 6,3349(\text{m})$$

Giữa nhóm dây pha C và nhóm dây pha A:

$$- D_{CA} = \sqrt[4]{D_{c'a'} D_{c'a''} D_{c''a''} D_{c'a'}} = \sqrt[4]{8^2 \times 7^2} = 7,4833(\text{m})$$

Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha của đường dây lộ kép:

$$- D_m = \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{CA}} = \sqrt[3]{7,4833 \times 6,3349^2} = 6,6966(\text{m})$$

Phương án 2: Đường dây lộ kép hình tia liên thông.

➤ **Lúc vận hành bình thường:**

❖ **Đoạn 2-4: AC-70** tra bảng phụ lục 2.1 t trang 116 sách hướng dẫn đồ án môn học điện 1 ta có: $d=11,4(\text{mm}) \Rightarrow r=5,7(\text{mm})$

$$✓ \text{ Điện trở: } r_0 = \frac{0,46}{2} = 0,23(\Omega/\text{km})$$

Bán kính tư thân của một dây (7sợi) ta có: $r' = 0,726r = 0,726 \times 5,7 = 4,1382(\text{mm})$

Giữa các dây thuộc pha .

- $D_{SA} = D_{SC} = \sqrt{r' D_{a'a''}} = \sqrt{4,1382 \times 10^{-3} \times 10,6301} = 0,2097(\text{m})$
- $D_{SB} = \sqrt{r' D_{b'b''}} = \sqrt{4,1382 \times 10^{-3} \times 10} = 0,2034(\text{m})$
- $D_S = \sqrt[3]{D_{SA} D_{SB} D_{SC}} = \sqrt[3]{0,2097^2 \times 0,2034} = 0,2075(\text{m})$

✓ **Cảm kháng:**

$$x_0 = 2 \times 10^{-4} \times 2 \times \pi f \ln \frac{D_m}{D_S} = 2 \times 10^{-4} \times 2 \times 3,14 \times 50 \times \ln \frac{6,6966}{0,2075} = 0,2183 (\Omega/\text{km})$$

✓ **Dung dẫn:**

$$D_{SA}' = D_{SC}' = \sqrt{r' D_{a'a''}} = \sqrt{5,7 \times 10^{-3} \times 10,6301} = 0,2462 (\text{m})$$

$$D_{SB}' = \sqrt{r' D_{b'b''}} = \sqrt{5,7 \times 10^{-3} \times 10} = 0,2387 (\text{m})$$

$$D_s = \sqrt[3]{D_{SA} D_{SB} D_{SC}} = \sqrt[3]{0,2462^2 \times 0,2387} = 0,2437 \text{ (m)}$$

$$b_0 = \frac{2\pi f}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{D_m}{D_s}} = \frac{2 \times 3,14 \times 50}{18 \times 10^6 \times \ln \frac{6,6996}{0,2437}} = 5,2674 \times 10^{-6} \text{ (1/}\Omega\text{km)}$$

2.6 THÔNG SỐ (R,X,Y) ĐƯỜNG DÂY LỘ KÉP

Nhập giá trị:

Da'c"

Db'b"

Dc'a"

h1

h2

AC

r0(ohm/km)

r(mm)

L(m)

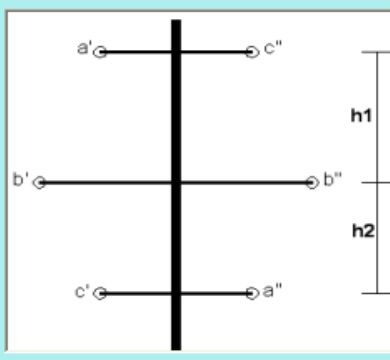
Số sợi d.cáp

☒ Bình thường ☐ Sự cố

Kết quả 1

Xuất kết quả:

r0 lộ kép	x0 lộ kép	b0*10^-6
0.23	0.2183	5.2672
R	X	B*10^-6
11.5	10.913	263.3587



Đoạn N-2: AC-150 Tương tự **phương án 2** áp dụng phần mềm tính toán cho đường dây lộ đơn kết quả như sau:

Đoạn	Dây	Ch.dài (km)	r_0 (Ω /Km)	x_0 (Ω /Km)	b_0 (1/ Ω km)	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ (1/ Ω)
2-4	AC-70	50	0,23	0,218	$5,2674 \times 10^{-6}$	11,5	10,9	$2,6336 \times 10^{-4}$
N-2	AC-150	44,721	0,105	0,204	$5,6051 \times 10^{-6}$	4,696	9,120	$2,5067 \times 10^{-4}$

➤ **Lúc vận hành ngưng một lộ:** Tương tự như trường hợp lộ đơn của phương án 1 áp dụng phần mềm tính toán kết quả như bảng sau:

Đoạn	Dây	Ch.dài (km)	r_0 (Ω /Km)	x_0 (Ω /Km)	b_0 (1/ Ω km)	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ (1/ Ω)
2-4	AC-70	50	0,46	0,449	$2,555 \times 10^{-6}$	23	22,45	$1,2775 \times 10^{-4}$
N-2	AC-150	44,721	0,21	0,420	$2,713 \times 10^{-6}$	9,39	18,78	$1,2132 \times 10^{-4}$

Phương án 4: Đường dây lộ kép hình tia. Tương tự **phương án 2** áp dụng phần mềm tính toán cho đường dây lộ đơn kết quả như sau: **AC-70**

➤ **Lúc vận hành bình thường 2 lộ:**

Đoạn	Dây	Ch.dài (km)	r_0	x_0	b_0	R	X	$b_0.l$
------	-----	-------------	-------	-------	-------	---	---	---------

			$(\frac{\Omega}{Km})$	$(\frac{\Omega}{Km})$	$(\frac{1}{\Omega km})$	(Ω)	(Ω)	$(\frac{1}{\Omega})$
N-2	AC-70	44,721	0,23	0,218	$5,2674 \times 10^{-6}$	10,29	9,75	$2,3555 \times 10^{-4}$
N-4	AC-70	50	0,23	0,218	$5,2674 \times 10^{-6}$	11,5	10,9	$2,6336 \times 10^{-4}$

➤ **Lúc vận hành ngưng một lộ:**

Đoạn	Dây	Ch.dài (km)	r_0 $(\frac{\Omega}{Km})$	x_0 $(\frac{\Omega}{Km})$	b_0 $(\frac{1}{\Omega km})$	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ $(\frac{1}{\Omega})$
N-2	AC-70	44,721	0,46	0,449	$2,555 \times 10^{-6}$	20,57	20,08	$1,1426 \times 10^{-4}$
N-4	AC-70	50	0,46	0,449	$2,555 \times 10^{-6}$	23	22,45	$1,2775 \times 10^{-4}$

2. Khu vực II:

✚ **Phương án 5:** Đường dây lộ đơn hình tia. Tương tự **phương án 1** áp dụng phần mềm tính toán cho đường dây lộ đơn kết quả như sau: **AC-120**

Đoạn	Dây	Ch.dài (km)	r_0 $(\frac{\Omega}{Km})$	x_0 $(\frac{\Omega}{Km})$	b_0 $(\frac{1}{\Omega km})$	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ $(\frac{1}{\Omega})$
N-1	AC-120	53,852	0,27	0,4301	$2,6518 \times 10^{-6}$	14,54	23,16	$1,4281 \times 10^{-4}$
N-3	AC-120	30	0,27	0,4301	$2,6518 \times 10^{-6}$	8,1	12,90	$0,79554 \times 10^{-4}$

BẢNG TỔNG HỢP THÔNG SỐ ĐƯỜNG DÂY VẬN HÀNH BÌNH THƯỜNG

P. án	Đoạn	Số lộ	Dây	Ch.dài (km)	r_0 $(\frac{\Omega}{km})$	x_0 $(\frac{\Omega}{km})$	b_0 $(\frac{1}{\Omega km})$	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ $(\frac{1}{\Omega})$
Khu vực I										
1	N-2	1	AC-150	44,721	0,21	0,423	$2,697 \times 10^{-6}$	9,3	18,73	$1,206 \times 10^{-4}$
	N-4	1	AC-150	50	0,21	0,423	$2,697 \times 10^{-6}$	10,5	21,15	$1,3485 \times 10^{-4}$
	2-4	1	AC-70	50	0,46	0,452	$2,5406 \times 10^{-6}$	23	22,6	$1,2703 \times 10^{-4}$
2	2-4	2	AC-70	50	0,23	0,218	$5,2674 \times 10^{-6}$	23	10,9	$2,6336 \times 10^{-4}$
	N-2	2	AC-150	44,721	0,105	0,204	$5,6051 \times 10^{-6}$	4,696	9,120	$2,5067 \times 10^{-4}$
4	N-2	2	AC-70	44,721	0,23	0,218	$5,2674 \times 10^{-6}$	10,29	9,75	$2,3555 \times 10^{-4}$
	N-4	2	AC-70	50	0,23	0,218	$5,2674 \times 10^{-6}$	11,5	10,9	$2,6336 \times 10^{-4}$
Khu vực II										
5	N-1	1	AC-120	53,852	0,27	0,4301	$2,6518 \times 10^{-6}$	14,54	23,16	$1,4281 \times 10^{-4}$
	N-3	1	AC-120	30	0,27	0,4301	$2,6518 \times 10^{-6}$	8,1	12,90	$0,79554 \times 10^{-4}$

BẢNG TỔNG HỢP THÔNG SỐ ĐƯỜNG DÂY VẬN HÀNH KHI NGỪNG MỘT LỘ

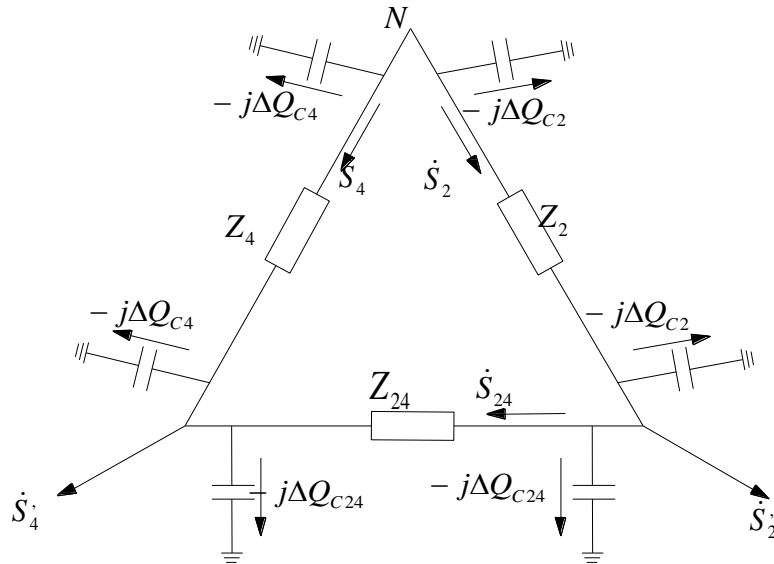
P. án	Đoạn	Số lộ	Dây	Ch.dài (km)	r_0 $(\frac{\Omega}{km})$	x_0 $(\frac{\Omega}{km})$	b_0 $(\frac{1}{\Omega km})$	R (Ω)	X (Ω)	$b_0.l$ $(\frac{1}{\Omega})$
2	2-4	2	AC-70	50	0,46	0,449	$2,555 \times 10^{-6}$	23	22,45	$1,2775 \times 10^{-4}$
	N-2	2	AC-150	44,721	0,21	0,420	$2,713 \times 10^{-6}$	9,39	18,78	$1,2132 \times 10^{-4}$
4	N-2	2	AC-70	44,721	0,46	0,449	$2,555 \times 10^{-6}$	20,57	20,08	$1,1426 \times 10^{-4}$
	N-4	2	AC-70	50	0,46	0,449	$2,555 \times 10^{-6}$	23	22,45	$1,2775 \times 10^{-4}$

IV. TÍNH TỔN THẤT CÔNG SUẤT VÀ SỤT ÁP:

1. Khu vực phụ tải liên tục:

a. Phương án 1:

❖ Lúc vận hành bình thường:



Tính công suất do phân nửa điện dung của đường dây sinh ra:

$$\Delta Q_2 = \frac{1}{2} b_{02} l_2 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,697 \times 10^{-6} \times 44,721 \times 10^2 = 0,729 \text{ (MVar)}$$

$$\Delta Q_4 = \frac{1}{2} b_{04} l_4 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,697 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^2 = 0,816 \text{ (MVar)}$$

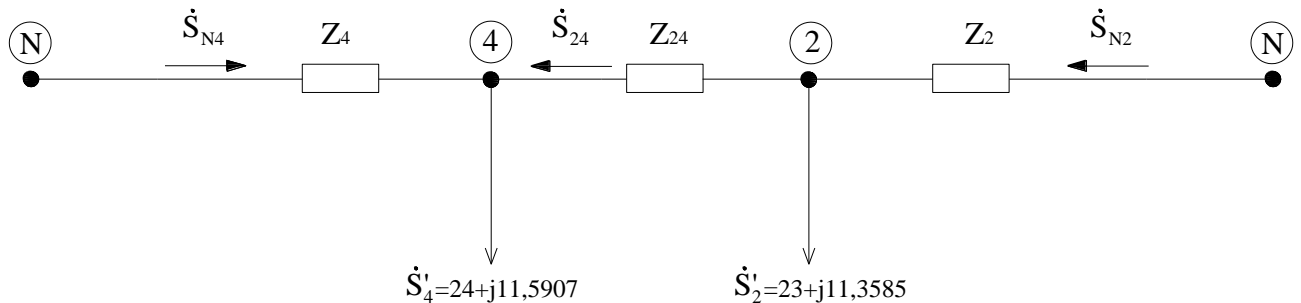
$$\Delta Q_{24} = \frac{1}{2} b_{024} l_{24} U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,5406 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^2 = 0,769 \text{ (MVar)}$$

Tính công suất tính toán ở các nút:

$$\dot{S}'_2 = \dot{S}_2 - j\Delta Q_{C2} - j\Delta Q_{C24} = 23 + j12,8565 - j0,729 - j0,769 = 23 + j11,3585 \text{ (MVA)}$$

$$\dot{S}'_4 = \dot{S}_4 - j\Delta Q_{C4} - j\Delta Q_{C24} = 24 + j13,1757 - j0,816 - j0,769 = 24 + j11,5907 \text{ (MVA)}$$

Sơ đồ thay thế với phụ tải tính toán:



Với:

- $Z_2 = R_2 + jX_2 = 9,3 + j18,73 (\Omega)$
- $Z_4 = R_4 + jX_4 = 10,5 + j21,15 (\Omega)$
- $Z_{24} = R_{24} + jX_{24} = 23 + j22,6 (\Omega)$

Tính dòng công suất trên đường dây nối với nguồn:

$$\dot{S}_{N2}^* = \frac{\dot{S}_4^* Z_4 + \dot{S}_2^* (Z_{24} + Z_4)}{Z_2 + Z_4 + Z_{24}}$$

$$\Leftrightarrow \dot{S}_{N2}^* = \frac{(24 - j1,5907)(10,5 + j21,15) + (23 - j1,3585)(33,5 + j43,75)}{42,8 + j62,48} = 24,1878 - j1,6732$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{N2} = 24,1878 + j1,6732 (\text{MVA})$$

$$\dot{S}_{N4}^* = \frac{\dot{S}_2^* Z_2 + \dot{S}_4^* (Z_{24} + Z_2)}{Z_2 + Z_4 + Z_{24}}$$

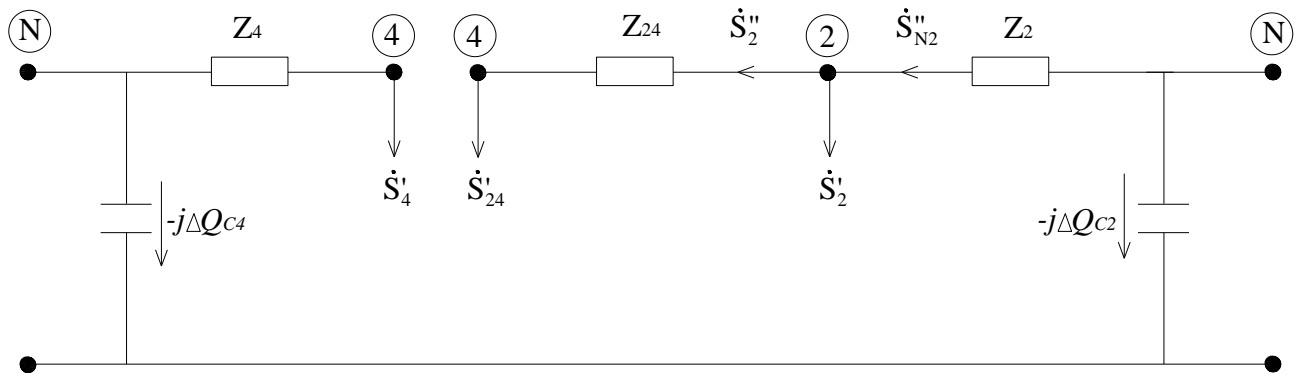
$$\Leftrightarrow \dot{S}_{N4}^* = \frac{(23 - j1,3585)(9,3 + j18,73) + (24 - j1,5907)(32,3 + j41,33)}{42,8 + j62,48} = 22,8122 - j1,2759$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{N4} = 22,8122 + j1,2760 (\text{MVA})$$

$$\text{Tính: } \dot{S}_{24} = \dot{S}_{N2} - \dot{S}_2 = (24,1878 + j1,6732) - (23 + j1,3585) = 1,1878 + j0,3147 (\text{MVA})$$

\Rightarrow Chiều công suất đi từ 2 đến 4.

Tính tổn thất công suất và sụt áp trên đường dây theo sơ đồ tương đương như sau:



Xét nhánh N-4.

- Tổn thất công suất tác dụng do $R_4 = 10,5\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N4} = \frac{P_4^2 + Q_4^2}{U_{dm}^2} R_4 = \frac{22,8122^2 + 1,2760^2}{110^2} 10,5 = 0,453 (\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do $X_4 = 21,15\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{N4} = \frac{P_4^2 + Q_4^2}{U_{dm}^2} X_4 = \frac{22,8122^2 + 1,2760^2}{110^2} 21,15 = 0,913 (\text{MVar})$$

- Sụt áp trên đoạn N-4.

$$\Delta U_{N4} \% = \frac{P_4 R_4 + Q_4 X_4}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{22,8122 \times 10,5 + 1,2760 \times 21,15}{110^2} 100\% = 3,951\%$$

Xét nhánh N-2-4.

- Sụt áp trên đoạn 2-4.

$$\Delta U_{24} \% = \frac{P_{24} R_{24} + Q_{24} X_{24}}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{1,1878 \times 23 + 0,3147 \times 22,6}{110^2} 100\% = 0,285\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do $R_{24} = 23\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{24} = \frac{P_{24}^2 + Q_{24}^2}{U_{dm}^2} R_{24} = \frac{1,1878^2 + 0,3147^2}{110^2} 23 = 0,00287 (\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do $X_{24} = 22,6\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{24} = \frac{P_{24}^2 + Q_{24}^2}{U_{dm}^2} X_{24} = \frac{1,1878^2 + 0,3147^2}{110^2} 22,6 = 0,00282(\text{MVar})$$

- Công suất ở đầu tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_2'' = \dot{S}_{24} + (\Delta P_{24} + j\Delta Q_{24}) = 1,1878 + j0,3147 + 0,00287 + j0,00282 = 1,1907 + j0,3175(\text{MVA})$$

- Công suất ở cuối tổng trở đoạn N-2.

$$\dot{S}_{N2}'' = \dot{S}_2 + \dot{S}_2'' = 23 + j11,3585 + 1,1907 + j0,3175 = 24,1907 + j11,676(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-2.

$$\Delta U_{N2} \% = \frac{P_{N2}'' R_2 + Q_{N2}'' X_2}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{24,1907 \times 9,3 + 11,676 \times 18,73}{110^2} 100\% = 3,667\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng **R₂=9,3Ω** gây ra.

$$\Delta P_{N2} = \frac{P_{N2}''^2 + Q_{N2}''^2}{U_{dm}^2} R_2 = \frac{24,1907^2 + 11,676^2}{110^2} 9,3 = 0,555(\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do **X₂=18,73Ω** gây ra.

$$\Delta Q_{N2} = \frac{P_{N2}''^2 + Q_{N2}''^2}{U_{dm}^2} X_2 = \frac{24,1907^2 + 11,676^2}{110^2} 18,73 = 1,117(\text{MVar})$$

- **Tổn thất công suất tác dụng trên toàn đường dây.**

$$\Delta P = \Delta P_{24} + \Delta P_{N2} = 0,00287 + 0,555 = 0,558(\text{MW})$$

- **Sụt áp trên toàn đường dây.**

$$\Delta U \% = \Delta U_{24} \% + \Delta U_{N2} \% = 0,285\% + 3,667\% = 3,952\% < 10\%$$

2.10 TÍNH TOÁN TỔN THẤT CHO MẠCH VÒNG KÍN

Nhập giá trị:			
U dm(V)	110	Q2(MVar)	12.8565
P1 (MW)	24	R N2(ohm)	9.3
Q1(MVar)	13.1757	X N2(ohm)	18.73
R N1(ohm)	10.5	Y_N2*10 ⁴ (1/ohm)	1.206
X N1(ohm)	21.15	R 12(ohm)	23
Y_N1*10 ⁴ (1/ohm)	1.3485	X 12(ohm)	22.6
P2(MW)	23	Y_12*10 ⁴ (1/ohm)	1.2703

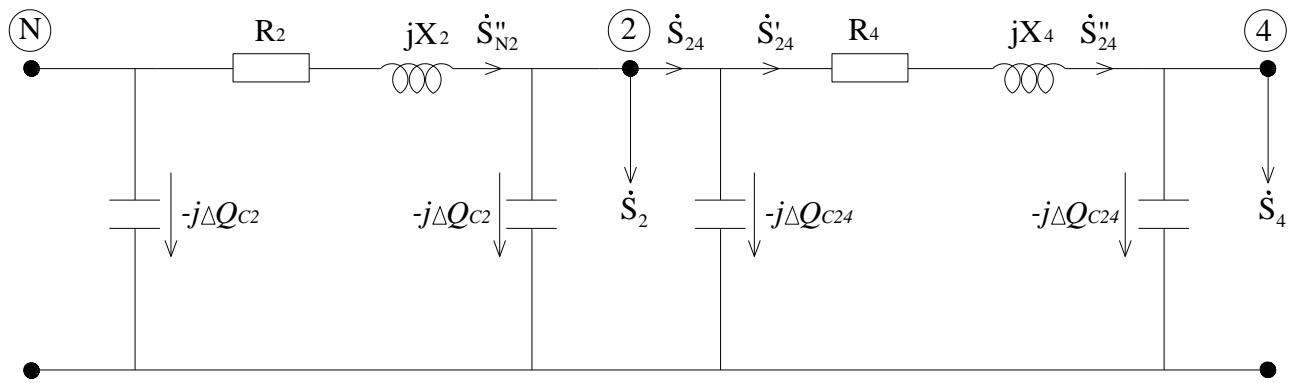
Kết quả 2

Xuất kết quả:			
Delta U 12%	0.2846	Delta U pa%	3.9509
Delta U N1%	3.9506	Delta P pa	1.1194
Delta U N2%	3.6667		

+ Trường hợp Delta U%≤10%(trước sự cố) hoặc Delta U%≤20%(sau sự cố), đây dẫn bạn chọn thỏa điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

+ Trường hợp Delta U%>10%(trước sự cố) hoặc Delta U%>20%(sau sự cố), bạn nên nâng cao tiết diện dây dẫn.

❖ **Lúc vận hành cưỡng bức:** Trường hợp nặng nề nhất khi **ngưng đoạn N-4**. Mạng điện kín trở thành mạng hở và sơ đồ thay thế đường dây hình tia liên thông như sau:



- Công suất cuối tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24}'' = \dot{S}_4 - j\Delta Q_{C24} = 24 + j13,1757 - j0,769 = 24 + j12,4067(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn 2-4.

$$\Delta U_{24} \% = \frac{P_{24}'' R_{24} + Q_{24}'' X_{24}}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{24 \times 23 + 12,4067 \times 22,6}{110^2} 100\% = 6,879\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do $R_4 = 23\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{24} = \frac{P_{24}''^2 + Q_{24}''^2}{U_{dm}^2} R_4 = \frac{24^2 + 12,4067^2}{110^2} 23 = 1,387(\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do $X_4 = 22,6\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{24} = \frac{P_{24}''^2 + Q_{24}''^2}{U_{dm}^2} X_4 = \frac{24^2 + 12,4067^2}{110^2} 22,6 = 1,363(\text{MVar})$$

2.9 TÍNH TOÁN TỔN THẤT ĐƯỜNG DÂY HÌNH TIA

Nhập giá trị:

U dm(V)	110	X (ohm)	22.6
P (MW)	24	R (ohm)	23
Q (MVar)	13.1757	Y*e-4(1/ohm)	1.2703

☒ Bình thường

☐ Sự cố

Kết quả 1

Xuất kết quả:

Delta P	1.3875	Delta Q	1.3634
Delta U%	6.8794		

+ Trường hợp Delta U% ≤ 10% (trước sự cố) hoặc Delta U% ≤ 20% (sau sự cố),
dây dẫn bạn chọn thỏa điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

+ Trường hợp Delta U% > 10% (trước sự cố) hoặc Delta U% > 20% (sau sự cố),
bạn nên nâng cao tiết diện dây dẫn.

- Công suất ở đầu tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24}' = \dot{S}_{24}'' + (\Delta P_{24} + j\Delta Q_{24}) = 24 + j12,4067 + 1,387 + j1,363 = 25,387 + j13,7697(\text{MVA})$$

- Công suất ở đầu đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24} = \dot{S}_{24}' - j\Delta Q_{C24} = 25,387 + j13,7697 - j0,769 = 25,387 + j13,001(\text{MVA})$$

- Công suất ở cuối tổng trở của đoạn N-2.

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{24} - j\Delta Q_{C2} + \dot{S}_2 = 48,387 + j25,1285(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-2.

$$\Delta U_{N2} \% = \frac{P_{N2} R_2 + Q_{N2} X_2}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{48,387 \times 9,3 + 25,1285 \times 18,73}{110^2} 100\% = 7,609\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do $R_2=9,3\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N2} = \frac{P_{N2}^2 + Q_{N2}^2}{U_{dm}^2} R_2 = \frac{48,387^2 + 25,1285^2}{110^2} 9,3 = 2,285(\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do $X_2=18,73\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{N2} = \frac{P_{N2}^2 + Q_{N2}^2}{U_{dm}^2} X_2 = \frac{48,387^2 + 25,1285^2}{110^2} 18,73 = 4,602(\text{MVar})$$

- Tổn thất công suất tác dụng trên toàn đường dây.

$$\Delta P = \Delta P_{N2} + \Delta P_{24} = 2,285 + 1,387 = 3,672(\text{MW})$$

- Sụt áp trên đoạn N-2-4.

$$\Delta U \% = \Delta U_{N2} \% + \Delta U_{24} \% = 7,609\% + 6,879\% = 14,398\% < 20\%$$

2.9 TÍNH TOÁN TỔN THẤT ĐƯỜNG DÂY HÌNH TIA

Nhập giá trị:

U dm(V)	110	X (ohm)	18.73
P (MW)	48.387	R (ohm)	9.3
Q (MVar)	25.8575	Y*e-4(1/ohm)	1.206

☒ Bình thường

☐ Sự cố

Kết quả 1

Xuất kết quả:

Delta P	2.2848	Delta Q	4.6016
Delta U%	7.6086		

+ Trường hợp Delta U% <= 10% (trước sự cố) hoặc Delta U% <= 20% (sau sự cố),
dây dẫn bạn chọn thỏa điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

+ Trường hợp Delta U% > 10% (trước sự cố) hoặc Delta U% > 20% (sau sự cố),
bạn nên nâng cao tiết diện dây dẫn.

b. Phương án 2: Đường dây lộ kép hình tia liên thông.

❖ Lúc vận hành bình thường:

Ta có:

$$Z_2 = R_2 + jX_2 = 4,696 + j9,12(\Omega)$$

$$Z_4 = R_4 + jX_4 = 11,5 + j10,9(\Omega)$$

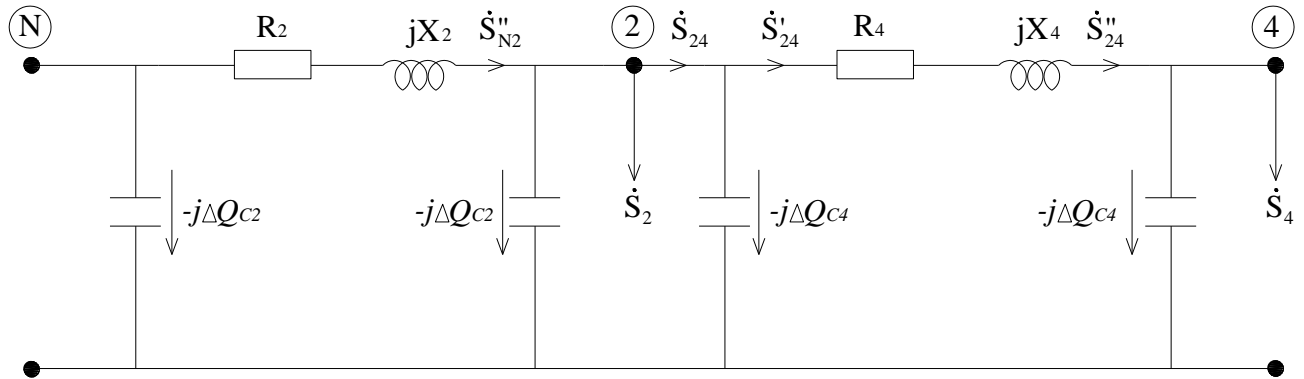
$$\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2 = 23 + j12,8565(\text{MVA})$$

$$\dot{S}_4 = P_4 + jQ_4 = 24 + j13,1757(\text{MVA})$$

$$\Delta Q_2 = \frac{1}{2} b_{02} l_2 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 5,6051 \times 10^{-6} \times 44,721 \times 110^2 = 1,517(\text{MVar})$$

$$\Delta Q_4 = \frac{1}{2} b_{04} l_4 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 5,2674 \times 10^{-6} \times 50 \times 110^2 = 1,593 \text{ (MVar)}$$

Tính tổn thất công suất và sụt áp trên đường dây theo sơ đồ tương đương như sau:



- Công suất cuối tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24}'' = \dot{S}_4 - j\Delta Q_{C4} = 24 + j13,1757 - j1,593 = 24 + j11,5827 \text{ (MVA)}$$

- Sụt áp trên đoạn 2-4.

$$\Delta U_{24} \% = \frac{P_{24}'' R_4 + Q_{24}'' X_4}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{24 \times 11,5 + 11,5827 \times 10,9}{110^2} 100\% = 3,324\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do **R₄=11,5Ω** gây ra.

$$\Delta P_{24} = \frac{P_{24}''^2 + Q_{24}''^2}{U_{dm}^2} R_4 = \frac{24^2 + 11,5827^2}{110^2} 11,5 = 0,6749 \text{ (MW)}$$

- Tổn thất công suất phản kháng do **X₄=10,9Ω** gây ra.

$$\Delta Q_{24} = \frac{P_{24}''^2 + Q_{24}''^2}{U_{dm}^2} X_4 = \frac{24^2 + 11,5827^2}{110^2} 10,9 = 0,6397 \text{ (MVar)}$$

- Công suất ở đầu tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24}' = \dot{S}_{24}'' + (\Delta P_{24} + j\Delta Q_{24}) = 24 + j11,5827 + 0,6749 + j0,6397 = 24,675 + j12,222 \text{ (MVA)}$$

- Công suất ở đầu đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24} = \dot{S}_{24}' - j\Delta Q_{C4} = 24,675 + j12,222 - j1,593 = 24,675 + j10,629 \text{ (MVA)}$$

- Công suất ở cuối tổng trở của đoạn N-2.

$$\dot{S}_{N2}'' = \dot{S}_{24} - j\Delta Q_{C2} + \dot{S}_2 = 24,675 + j10,629 - j1,517 + 23 + j12,8565 = 47,675 + j21,969 \text{ (MVA)}$$

- Sụt áp trên đoạn N-2.

$$\Delta U_{N2} \% = \frac{P_{N2}'' R_2 + Q_{N2}'' X_2}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{47,675 \times 4,696 + 21,969 \times 9,12}{110^2} 100\% = 3,506\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do **R₂=4,696Ω** gây ra.

$$\Delta P_{N2} = \frac{P_{N2}''^2 + Q_{N2}''^2}{U_{dm}^2} R_2 = \frac{47,675^2 + 21,969^2}{110^2} 4,696 = 1,069 \text{ (MW)}$$

- Tổn thất công suất phản kháng do **X₂=9,12Ω** gây ra.

$$\Delta Q_{N2} = \frac{P_{N2}''^2 + Q_{N2}''^2}{U_{dm}^2} X_2 = \frac{47,675^2 + 21,969^2}{110^2} 9,12 = 2,077 \text{ (MVar)}$$

- Sụt áp trên toàn đoạn N-2-4:

$$\Delta U \% = \Delta U_{N2} \% + \Delta U_{24} \% = 3,324\% + 3,506\% = 6,83\% < 10\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng trên toàn đường dây:

$$\Delta P = \Delta P_{N2} + \Delta P_{24} = 1,069 + 0,6749 = 1,744 \text{ (MW)}$$

❖ **Lúc vận hành cưỡng bức:**

Ta có:

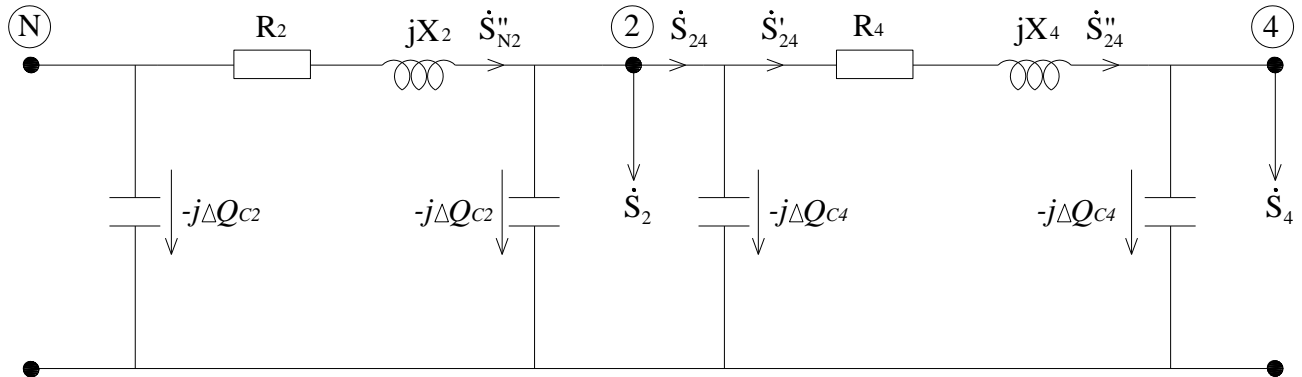
$$Z_2 = R_2 + jX_2 = 9,39 + j18,78(\Omega)$$

$$Z_4 = R_4 + jX_4 = 23 + j22,45(\Omega)$$

$$\Delta Q_2 = \frac{1}{2} b_{02} l_2 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,713 \times 10^{-6} \times 44,721 \times 10^2 = 0,734 \text{ (MVar)}$$

$$\Delta Q_4 = \frac{1}{2} b_{04} l_4 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,555 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^2 = 0,773 \text{ (MVar)}$$

Tính tổn thất công suất và sụt áp trên đường dây theo sơ đồ tương đương như sau:



- Công suất cuối tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24} = \dot{S}_4 - j\Delta Q_{C4} = 24 + j13,1757 - j0,773 = 24 + j12,4027 \text{ (MVA)}$$

- Sụt áp trên đoạn 2-4.

$$\Delta U_{24} \% = \frac{P_{24}'' R_4 + Q_{24}'' X_4}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{24 \times 23 + 12,4027 \times 22,45}{110^2} 100\% = 6,863\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do **R₄=23Ω** gây ra.

$$\Delta P_{24} = \frac{P_{24}''^2 + Q_{24}''^2}{U_{dm}^2} R_4 = \frac{24^2 + 12,4027^2}{110^2} 23 = 1,387 \text{ (MW)}$$

- Tổn thất công suất phản kháng do **X₄=22,45Ω** gây ra.

$$\Delta Q_{24} = \frac{P_{24}''^2 + Q_{24}''^2}{U_{dm}^2} X_4 = \frac{24^2 + 12,4027^2}{110^2} 22,45 = 1,354 \text{ (MVar)}$$

- Công suất ở đầu tổng trở của đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24} = \dot{S}_{24}'' + (\Delta P_{24} + j\Delta Q_{24}) = 24 + j12,4027 + 1,387 + j1,354 = 25,387 + j13,7567 \text{ (MVA)}$$

- Công suất ở đầu đoạn 2-4.

$$\dot{S}_{24} = \dot{S}_{24}' - j\Delta Q_{C4} = 25,387 + j13,7567 - j0,773 = 25,387 + j12,9837 \text{ (MVA)}$$

- Công suất ở cuối tổng trở của đoạn N-2.

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{24} - j\Delta Q_{C2} + \dot{S}_2 = 25,387 + j12,9837 - j0,734 + 23 + j12,8565 = 48,387 + j25,106 \text{ (MVA)}$$

- Sụt áp trên đoạn N-2.

$$\Delta U_{N2} \% = \frac{P_{N2}'' R_2 + Q_{N2}'' X_2}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{48,387 \times 9,39 + 25,106 \times 18,78}{110^2} 100\% = 7,652\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do **R₂=9,39Ω** gây ra.

$$\Delta P_{N2} = \frac{P_{N2}''^2 + Q_{N2}''^2}{U_{dm}^2} R_2 = \frac{48,387^2 + 25,106^2}{110^2} 9,39 = 2,306 \text{ (MW)}$$

- Tổn thất công suất phản kháng do **X₂=18,78Ω** gây ra.

$$\Delta Q_{N2} = \frac{P_{N2}''^2 + Q_{N2}''^2}{U_{dm}^2} X_2 = \frac{48,387^2 + 25,106^2}{110^2} 18,78 = 4,612 \text{ (MVar)}$$

- Sụt áp trên toàn đoạn N-2-4:

$$\Delta U \% = \Delta U_{N2} \% + \Delta U_{24} \% = 6,863\% + 7,652\% = 14,515\% < 20\%$$

- **Tổn thất công suất tác dụng trên toàn đường dây:**

$$\Delta P = \Delta P_{N2} + \Delta P_{24} = 1,387 + 2,306 = 3,693(\text{MW})$$

c. Phương án 4: Đường dây lộ kép hình tia.

❖ Lúc vận hành bình thường:

Ta có:

$$Z_2 = R_2 + jX_2 = 10,29 + j9,75(\Omega)$$

$$Z_4 = R_4 + jX_4 = 11,5 + j10,9(\Omega)$$

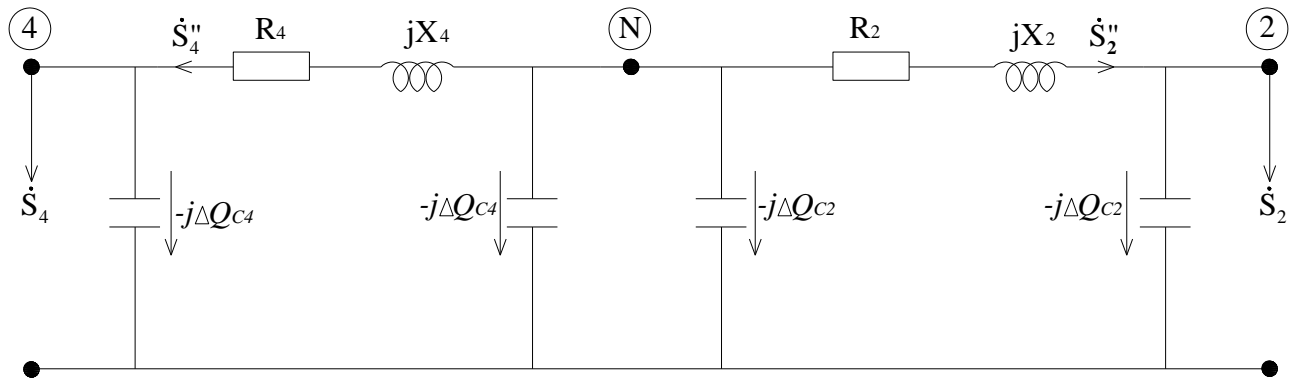
$$\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2 = 23 + j12,8565(\text{MVA})$$

$$\dot{S}_4 = P_4 + jQ_4 = 24 + j13,1757(\text{MVA})$$

$$\Delta Q_2 = \frac{1}{2} b_{02} l_2 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 5,2674 \times 10^{-6} \times 44,721 \times 10^2 = 1,425 (\text{MVar})$$

$$\Delta Q_4 = \frac{1}{2} b_{04} l_4 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 5,2674 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^2 = 1,593 (\text{MVar})$$

Tính tổn thất công suất và sụt áp trên đường dây theo sơ đồ tương đương như sau:



➤ Xét nhánh N-4.

- Công suất cuối tổng trở của đoạn N-4.

$$\dot{S}_4'' = \dot{S}_4 - j\Delta Q_{C4} = 24 + j13,1757 - j1,593 = 24 + j11,5827(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-4.

$$\Delta U_{N4} \% = \frac{P_4'' R_4 + Q_4'' X_4}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{24 \times 11,5 + 11,5827 \times 10,9}{110^2} 100\% = 3,324\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do **R₄=11,5Ω** gây ra.

$$\Delta P_{N4} = \frac{P_4''^2 + Q_4''^2}{U_{dm}^2} R_4 = \frac{24^2 + 11,5827^2}{110^2} 11,5 = 0,675(\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do **X₄=10,9Ω** gây ra.

$$\Delta Q_{N4} = \frac{P_4''^2 + Q_4''^2}{U_{dm}^2} X_4 = \frac{24^2 + 11,5827^2}{110^2} 10,9 = 0,640(\text{MVar})$$

➤ Xét nhánh N-2.

- Công suất ở cuối tổng trở của đoạn N-2.

$$\dot{S}_2'' = \dot{S}_2 - j\Delta Q_{C2} = 23 + j12,8565 - j1,425 = 23 + j11,4315(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-2.

$$\Delta U_{N2} \% = \frac{P_2'' R_2 + Q_2'' X_2}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{23 \times 10,29 + 11,4315 \times 9,75}{110^2} 100\% = 2,877\%$$

- Tổng thất công suất tác dụng do $R_2=10,29\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N2} = \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_{dm}^2} R_2 = \frac{23^2 + 11,4315^2}{110^2} 10,29 = 0,561(\text{MW})$$

- Tổng thất công suất phản kháng do $X_2=9,75\Omega$ gây ra.

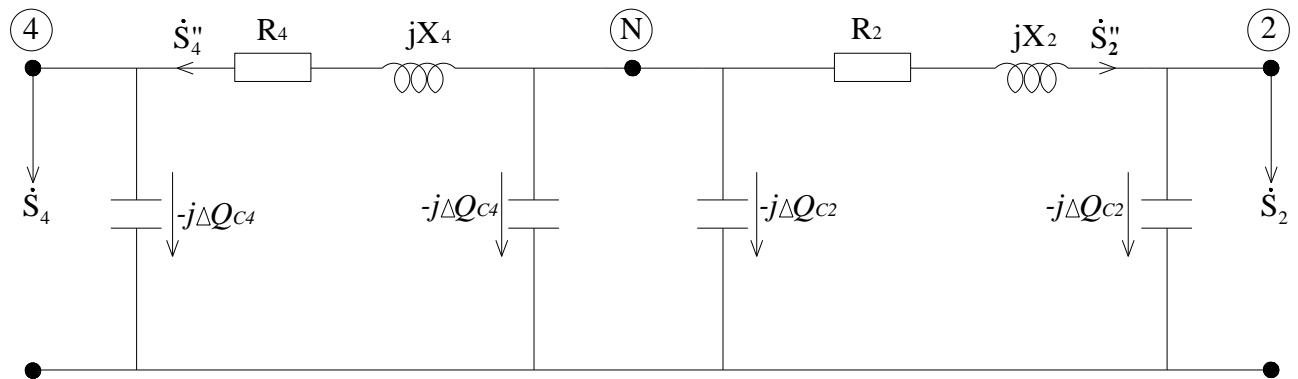
$$\Delta Q_{N2} = \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_{dm}^2} X_2 = \frac{23^2 + 11,4315^2}{110^2} 9,75 = 0,532(\text{MVar})$$

- **Tổng thất công suất tác dụng trên toàn mạng:**

$$\Delta P = \Delta P_{N4} + \Delta P_{N2} = 0,675 + 0,561 = 1,236(\text{MW})$$

❖ Lúc vận hành cưỡng bức:

Tính tổn thất công suất và sụt áp trên đường dây theo sơ đồ tương đương như sau:



Ta có:

$$Z_2 = R_2 + jX_2 = 20,57 + j20,08(\Omega)$$

$$Z_4 = R_4 + jX_4 = 23 + j22,45(\Omega)$$

$$\Delta Q_2 = \frac{1}{2} b_{02} l_2 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,555 \times 10^{-6} \times 44,721 \times 110^2 = 0,691(\text{MVar})$$

$$\Delta Q_4 = \frac{1}{2} b_{04} l_4 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,555 \times 10^{-6} \times 50 \times 110^2 = 0,773(\text{MVar})$$

➤ Xét nhánh N-4:

- Công suất cuối tổng trở của đoạn N-4.

$$\dot{S}_4 = \dot{S}_4 - j\Delta Q_{c4} = 24 + j13,1757 - j773 = 24 + j12,4027(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-4.

$$\Delta U_{N4} \% = \frac{P_4' R_4 + Q_4' X_4}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{24 \times 23 + 12,4027 \times 22,45}{110^2} 100\% = 6,863\%$$

- Tổng thất công suất tác dụng do $R_4=23\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N4} = \frac{P_4'^2 + Q_4'^2}{U_{dm}^2} R_4 = \frac{24^2 + 12,4027^2}{110^2} 23 = 1,387(\text{MW})$$

- Tổng thất công suất phản kháng do $X_4=22,45\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{N4} = \frac{P_4'^2 + Q_4'^2}{U_{dm}^2} X_4 = \frac{24^2 + 12,4027^2}{110^2} 22,45 = 1,354(\text{MVar})$$

➤ Xét nhánh N-2.

- Công suất ở cuối tổng trở của đoạn N-2.

$$\dot{S}_2'' = \dot{S}_2 - j\Delta Q_{C2} = 23 + j12,8565 - j0,691 = 23 + j12,1655(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-2.

$$\Delta U_{N2} \% = \frac{P_2'' R_2 + Q_2'' X_2}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{23 \times 20,57 + 12,1655 \times 20,08}{110^2} 100\% = 5,929\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do $R_2 = 20,57\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N2} = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_{dm}^2} R_2 = \frac{23^2 + 12,1655^2}{110^2} 20,57 = 1,151(\text{MW})$$

- Tổn thất công suất phản kháng do $X_2 = 20,08\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{N2} = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_{dm}^2} X_2 = \frac{23^2 + 12,1655^2}{110^2} 20,08 = 1,124(\text{MVar})$$

- **Tổn thất công suất tác dụng trên toàn mạng:**

$$\Delta P = \Delta P_{N4} + \Delta P_{N2} = 1,387 + 1,151 = 2,538(\text{MW})$$

2. Khu vực II: Phương án 5: Đường dây lộ đơn hình tia.

Ta có:

$$Z_1 = R_1 + jX_1 = 14,54 + j23,16(\Omega)$$

$$Z_3 = R_3 + jX_3 = 8,1 + j12,9(\Omega)$$

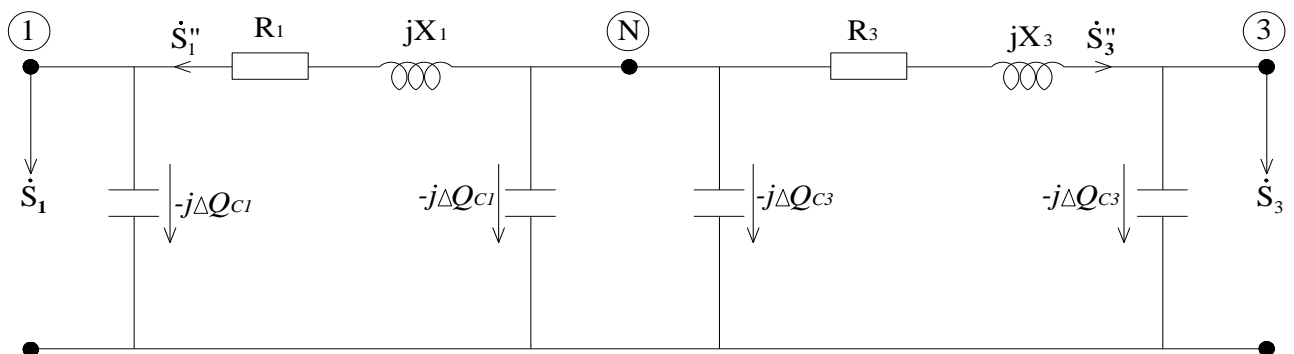
$$\dot{S}_1 = P_1 + jQ_1 = 20 + j9,9601(\text{MVA})$$

$$\dot{S}_3 = P_3 + jQ_3 = 21 + j13,0334(\text{MVA})$$

$$\Delta Q_1 = \frac{1}{2} b_{01} I_1 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,6518 \times 10^{-6} \times 53,852 \times 110^2 = 0,864(\text{MVar})$$

$$\Delta Q_3 = \frac{1}{2} b_{03} I_3 U_{dm}^2 = \frac{1}{2} 2,6518 \times 10^{-6} \times 30 \times 110^2 = 0,481(\text{MVar})$$

Tính tổn thất công suất và sụt áp trên đường dây theo sơ đồ tương đương như sau:



➤ Xét nhánh N-1:

- Công suất cuối tổng trở của đoạn N-1.

$$\dot{S}_1'' = \dot{S}_1 - j\Delta Q_{C1} = 20 + j9,9601 - j0,864 = 20 + j9,0961(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-4.

$$\Delta U_{N1} \% = \frac{P_1'' R_1 + Q_1'' X_1}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{20 \times 14,54 + 9,0961 \times 23,16}{110^2} 100\% = 4,144\%$$

- Tổn thất công suất tác dụng do $R_1 = 14,54\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N1} = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_{dm}^2} R_1 = \frac{20^2 + 9,0961^2}{110^2} 14,54 = 0,5801(\text{MW})$$

- Tổng thất công suất phản kháng do $X_1=23,16\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{N1} = \frac{P_{N1}^2 + Q_{N1}^2}{U_{dm}^2} X_1 = \frac{20^2 + 9,0961^2}{110^2} 23,16 = 0,924(\text{MVar})$$

➤ **Xét nhánh N-3:**

- Công suất ở cuối tổng trở của đoạn N-3.

$$\dot{S}_3 = \dot{S}_3 - j\Delta Q_{C3} = 21 + j13,0334 - j0,481 = 21 + j12,5524(\text{MVA})$$

- Sụt áp trên đoạn N-3.

$$\Delta U_{N3} \% = \frac{P_3 R_{32} + Q_3 X_3}{U_{dm}^2} 100\% = \frac{21 \times 8,1 + 12,5524 \times 12,9}{110^2} 100\% = 2,744\%$$

- Tổng thất công suất tác dụng do $R_3=8,1\Omega$ gây ra.

$$\Delta P_{N3} = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_{dm}^2} R_3 = \frac{21^2 + 12,5524^2}{110^2} 8,1 = 0,401(\text{MW})$$

- Tổng thất công suất phản kháng do $X_3=12,9\Omega$ gây ra.

$$\Delta Q_{N3} = \frac{P_3^2 + Q_3^2}{U_{dm}^2} X_3 = \frac{21^2 + 12,5524^2}{110^2} 12,9 = 0,638(\text{MVar})$$

- **Tổng thất công suất tác dụng trên toàn mạng:**

$$\Delta P = \Delta P_{N1} + \Delta P_{N3} = 0,581 + 0,401 = 0,982(\text{MW})$$

BẢNG TỔNG HỢP TỔN THẤT CÔNG SUẤT VÀ SỤT ÁP.

A. KHI VẬN HÀNH BÌNH THƯỜNG.

Khu vực	P.án	Đoạn	Số lộ	Tiết diện	$\Delta U\%$	ΔP (MW)	$\Sigma \Delta P$ (MW)
I	1	N-2	1	AC-150	3,667	0,555	1,011
		N-4	1	AC-150	3,951	0,453	
		2-4	1	AC-70	0,285	0,00287	
	2	2-4	2	AC-70	3,324	0,6749	1,744
		N-2	2	AC-150	3,506	1,069	
	4	N-2	2	AC-70	2,877	0,561	1,236
		N-4	2	AC-70	3,324	0,675	
II	5	N-1	1	AC-120	4,144	0,5801	0,981
		N-3	1	AC-120	2,744	0,401	

B. KHI CƯỜNG BỨC.

Khu vực	P.án	Đoạn	Số lộ	Tiết diện	$\Delta U\%$	ΔP (MW)	$\Sigma \Delta P$ (MW)
I	1	2-4	1	AC-70	6,879	1,387	3,672
		N-2	1	AC-150	7,609	2,285	
	2	2-4	1	AC-70	6,863	1,387	3,693
		N-2	1	AC-150	7,652	2,306	
	4	N-2	1	AC-70	6,863	1,387	2,538
		N-4	1	AC-70	5,929	1,151	

V. CHỌN BÁT SÚ:

Đường dây cao áp trên không dùng chuỗi sứ treo ở các trụ trung gian và chuỗi sứ căng tại các trụ dừng giữa, trụ néo gốc và trụ cuối. Số bát sứ tùy theo cấp điện cho trong bảng.

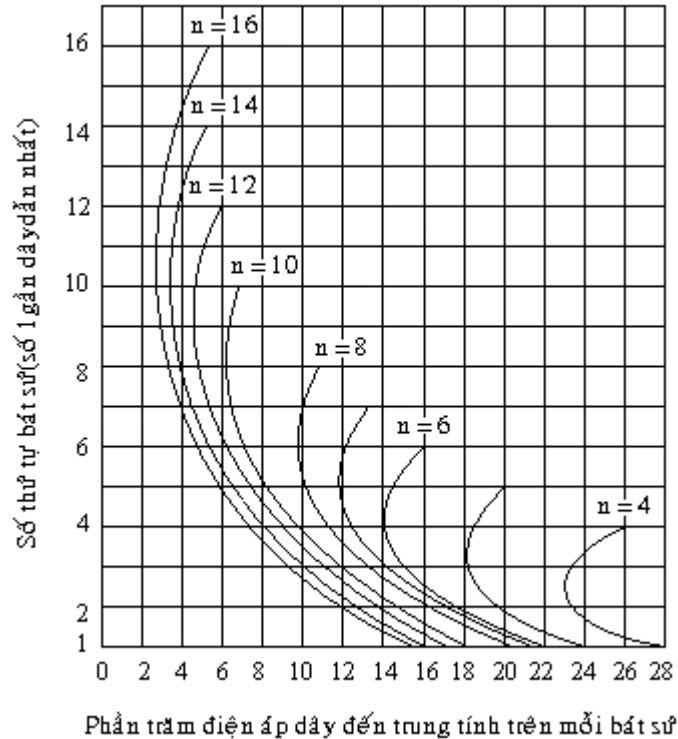
U _{dm} (kv)	Số bát sứ của chuỗi sứ
----------------------	------------------------

Điện áp phân bố trên các chuỗi sứ không đều nhau do có điện dung phân bố giữa các bát sứ với kết cấu xà, trụ điện. Điện áp phân bố lớn nhất trên các bát sứ gần dây dẫn nhất (sứ số 1). Sau đây là đồ thị phân bố điện áp chuỗi sứ.

Chuỗi sứ đường dây 110kV gồm 8 bát sứ. Theo đồ thị điện áp e_1 trên chuỗi thứ nhất có treo với dây dẫn bằng khoảng 21% điện áp E giữa dây và đất ($E = U_{dm} / \sqrt{3}$) hay: $\frac{e_1}{E} = 0,21$

$$\text{Hiệu suất chuỗi sứ: } \eta_{chuois\grave{u}} = \frac{E}{n.e_1} = \frac{1}{n.(e_1/E)} = \frac{1}{8 \times 0,21} = 0,595 = 59,5\%$$

n : số bát sứ trong chuỗi sứ.



Phân bố điện áp trong chuỗi sứ không có vòng chắn gồm từ 4 bát đến 16 bát

VI. CHỈ TIÊU VỀ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG DO ĐIỆN DUNG ĐƯỜNG DÂY:

Điện trở đặc tính hay điện trở xung của đường dây:

$$R_c = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} (\Omega)$$

R_c vào khoảng 400 (Ω) đối với đường dây đơn.

R_c vào khoảng 200 (Ω) đối với đường dây lộ kép.

Công suất tự nhiên hay phụ tải điện trở xung SIL cho bởi.

$$SIL = \frac{U_{dm}^2}{R_c} (\text{MW})$$

Công suất kháng do điện dung đường dây phát lên trong mỗi 100km chiều dài đường dây:

$$Q_{C(100)} = U_{dm}^2 (100.b_0) (\text{MVar})$$

Chỉ tiêu thiết kế $Q_c \leq 0,125.SIL$ hay $\frac{Q_c}{SIL} \leq 12,5\%$

❖ Phương án 1:

Đoạn N-2 & N-4:

$$Q_{C(100)} = U_{dm}^2 (100.b_0) = 110^2 \times 100 \times 2,697 \times 10^{-6} = 3,264 \text{ (MVar)}$$

$$R_c = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} = \sqrt{\frac{0,423}{2,6966 \times 10^{-6}}} = 396,031 (\Omega)$$

$$12,5\% SIL = 12,5\% \frac{U_{dm}^2}{R_c} = 12,5\% \frac{110^2}{396,031} = 3,819 \text{ (MW)}$$

❖ Tương tự áp dụng phần mềm tính cho các phương án còn lại kết quả như sau:

Phương án	Đoạn	Số lộ	Q_c (MVar)	12,5%SIL
1	N-2	1	3,264	3,819
	N-4	1	3,264	3,819
	2-4	1	3,074	3,586
2	2-4	2	6,373	7,435
	N-2	2	6,782	7,928
3	4-2	2	6,373	7,435
	N-4	2	6,782	7,928
4	N-2	2	6,373	7,435
	N-4	2	6,373	7,435
5	N-1	1	3,2087	3,756
	N-3	1	3,2087	3,756

Kết luận: Các đường dây trên đều đạt yêu cầu về chỉ tiêu công suất kháng.

VII. TỔN HAO VÀNG QUANG:

Điện áp vận hành:

$$U_p = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}} = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63,509 \text{ (KV)}$$

Điện áp tới hạn phát sinh vàng quang:

$$U_0 = 21,1.m_0.\delta.r.2,303\log\frac{D}{r} \text{ (KV)}$$

Trong đó:

- m_0 : hệ số dạng của bề mặt dây. Đối với dây bên chọn $m_0 = 0,82$
- δ : thừa số mật độ của không khí. $\delta = \frac{3,92b}{273+t}$, $b = 76 \text{ cmHg}$
- D : khoảng cách trung bình giữa các pha (cm).
- r : bán kính dây (cm).

Khi điện áp vận hành vượt quá điện áp tới hạn, tổn hao vàng quang trên mỗi pha là:

$$\Delta P = \frac{241}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{r}{D}} (U - U_0)^2 \times 10^{-5} \text{ (kw/km/pha)}$$

Với:

- f : thông số,

- U, U_0 : các điện áp pha (kV).

Tổn hao vàng quang trên mỗi km đường dây khi thiết kế được giới hạn khoảng 0,6 kw/km/3pha trong điều kiện khí hậu tốt.

✚ Xét dây AC-70 đối với đường dây lộ kép:

$$U_0 = 21,1 \times 0,82 \times 0,57 \times 0,999 \times 2,303 \log \frac{669,7}{0,57} = 69,03 \text{ (KV)}$$

$\Rightarrow U < U_0$ nên không có vàng quang.

✚ Xét dây AC-70 đối với đường dây lộ đơn:

$$U_0 = 21,1 \times 0,82 \times 0,57 \times 0,999 \times 2,303 \log \frac{548,7}{0,57} = 67,69 \text{ (KV)}$$

$\Rightarrow U < U_0$ nên không có vàng quang.