

Bài tập ngắn mạch

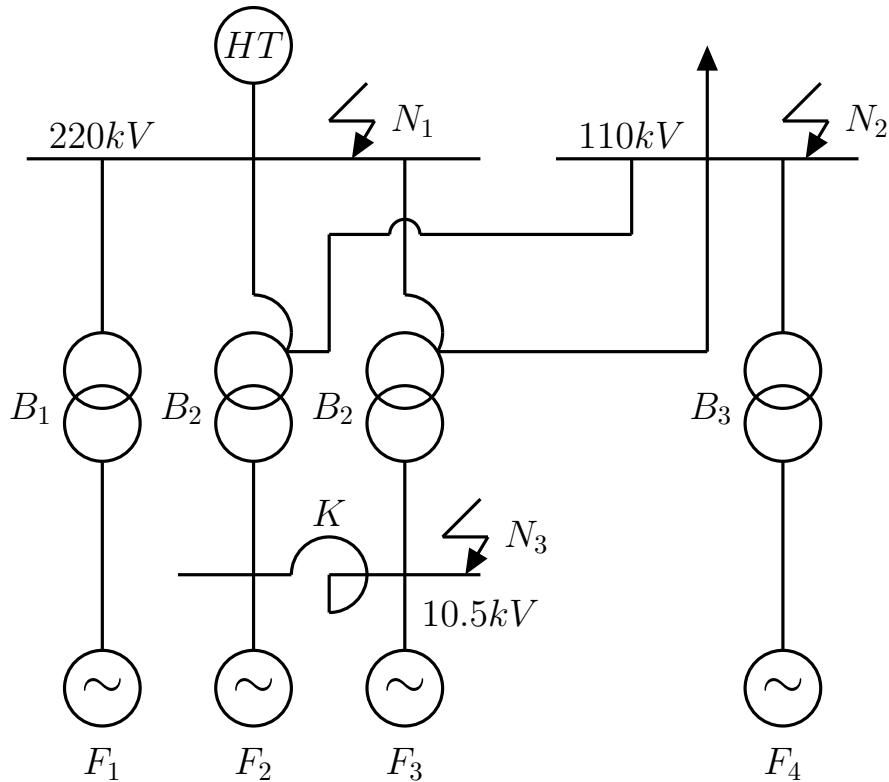
SVTH: Thi Minh Nhựt – Email: thiminhnhut@gmail.com

Ngày 28 tháng 08 năm 2016

Bài tập 1

Đề bài Cho sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện như hình 1 với các thông số như sau:

- *Sơ đồ nguyên lý*: hình 1.



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý

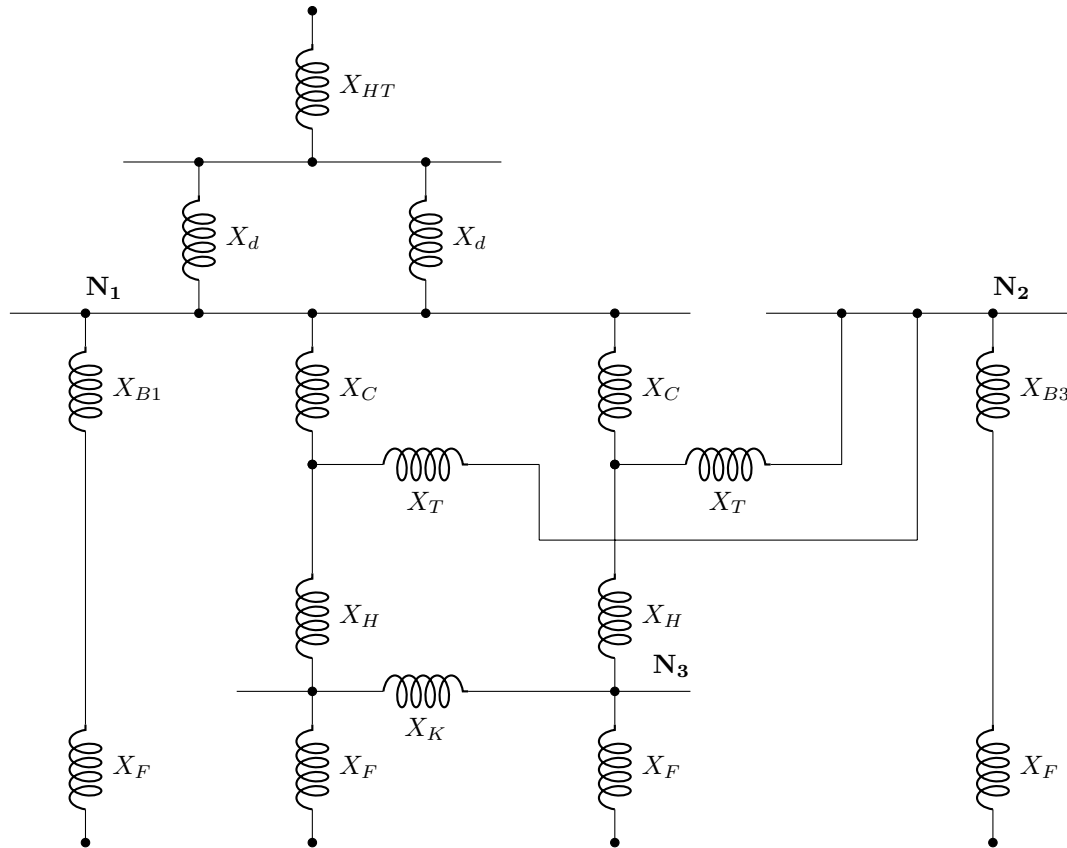
- *Hệ thống*: $S_{dm\Sigma} = 5000 \text{ MVA}$; $U_{HT} = 220 \text{ kV}$; $x_{dm}^* = 0.3$.
- *Máy phát điện F*: nhiệt điện
 $F_1 = F_2 = F_3 = F_4$; $S_{dm} = 125 \text{ MVA}$; $U_{dm} = 10.5 \text{ kV}$; $x_d'' = 0.192$
- *Máy biến áp*:
 B_1 : $S_{dm} = 125 \text{ MVA}$; $U_N\% = 11$
 B_2 : $S_{dm} = 125 \text{ MVA}$; $U_N\%_{CH} = 31$; $U_N\%_{CT} = 11$; $U_N\%_{TH} = 19$
 B_3 : $S_{dm} = 125 \text{ MVA}$; $U_N\% = 10.5$

- Đường dây kép: $220\text{ kV}; l = 100\text{ km}$.
- Kháng điện: $x_k\% = 10\%; I_{dm} = 3000\text{ A}; U_{dm} = 10.5\text{ kV}$.

Yêu cầu Tính ngắn mạch tại các điểm N_1, N_2, N_3 .

Bài giải

- *Bước 1:* Vẽ sơ đồ mô hình hóa của hệ thống: hình 2.



Hình 2: Sơ đồ mô hình hóa

- *Bước 2:* Chọn S_{cb} và U_{cb} để tính I_{cb} .
 - Chọn $S_{cb} = 1000\text{ MVA}$ và $U_{cb} = [230, 115, 10.5]\text{ kV}$.
 - Tính giá trị dòng điện cơ bản:

$$I_{cb(220kV)} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \times U_{cb1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 230} = 2.5102\text{ kA}$$

$$I_{cb(110kV)} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \times U_{cb2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5.0204\text{ kA}$$

$$I_{cb(10.5kV)} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \times U_{cb3}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10.5} = 54.9857\text{ kA}$$

- *Bước 3:* Tính giá trị điện kháng của các phần tử trong hệ thống.

- Hệ thống: $X_1 = X_{HT} = x_{dm}^* \times \frac{S_{cb}}{S_{\Sigma HT}} = 0.3 \times \frac{1000}{5000} = 0.06$
- Đường dây kép: $X_2 = X_d = x_0 \times l \times \frac{S_{cb}}{U_{cb_1}^2} = 0.4 \times 100 \times \frac{1000}{230^2} = 0.7561$
- Máy biến áp B_1 : $X_3 = X_{B1} = \frac{U_N\%}{100} \times \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{11}{100} \times \frac{1000}{125} = 0.88$
- Máy biến áp B_3 : $X_4 = X_{B3} = \frac{U_N\%}{100} \times \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{10.5}{100} \times \frac{1000}{125} = 0.84$
- Máy biến áp tự ngẫu $B2$:

+ Tính điện áp ngắn mạch trên các cuộn:

$$U_N\%_C = \frac{1}{2} \times \left(U_N\%_{CT} + \frac{U_N\%_{CH}}{\alpha} - \frac{U_N\%_{TH}}{\alpha} \right) = \frac{1}{2} \times \left(11 + \frac{31}{0.5} - \frac{19}{0.5} \right) = 17.5$$

$$U_N\%_T = \frac{1}{2} \times \left(U_N\%_{CT} + \frac{U_N\%_{TH}}{\alpha} - \frac{U_N\%_{CH}}{\alpha} \right) = \frac{1}{2} \times \left(11 + \frac{19}{0.5} - \frac{31}{0.5} \right) = 0$$

$$U_N\%_H = \frac{1}{2} \times \left(\frac{U_N\%_{CH}}{\alpha} + \frac{U_N\%_{TH}}{\alpha} - U_N\%_{CT} \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{31}{0.5} + \frac{19}{0.5} - 11 \right) = 44.5$$

+ Điện kháng cơ bản trên các cuộn:

$$X_5 = X_C = \frac{U_N\%_C}{100} \times \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{17.5}{100} \times \frac{1000}{125} = 1.4$$

$$X_6 = X_T = \frac{U_N\%_T}{100} \times \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{0}{100} \times \frac{1000}{125} = 0.0$$

$$X_7 = X_H = \frac{U_N\%_H}{100} \times \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{44.5}{100} \times \frac{1000}{125} = 3.56$$

- Kháng điện: $X_8 = X_K = \frac{x_K\%}{100} \times \frac{I_{cb_2}}{I_{dm}} = \frac{10}{100} \times \frac{54.9857}{3000 \times 10^{-3}} = 1.8329$
- Máy phát: $X_9 = X_F = \frac{x_d''\%}{100} \times \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{0.192 \times 100}{100} \times \frac{1000}{125} = 1.536$

- *Bước 4:* Biến đổi về sơ đồ đẳng trị cho từng điểm ngắn mạch.

– **Điểm ngắn mạch N1**

* Do $X_T = 0$ và X_K không ảnh hưởng đến điểm ngắn mạch N_1 , nên bỏ qua, được sơ đồ hình 3. Ta có:

$$+ X_{10} = X_3 \text{ nt } X_9: X_{10} = X_3 + X_9 = 0.88 + 1.536 = 2.416$$

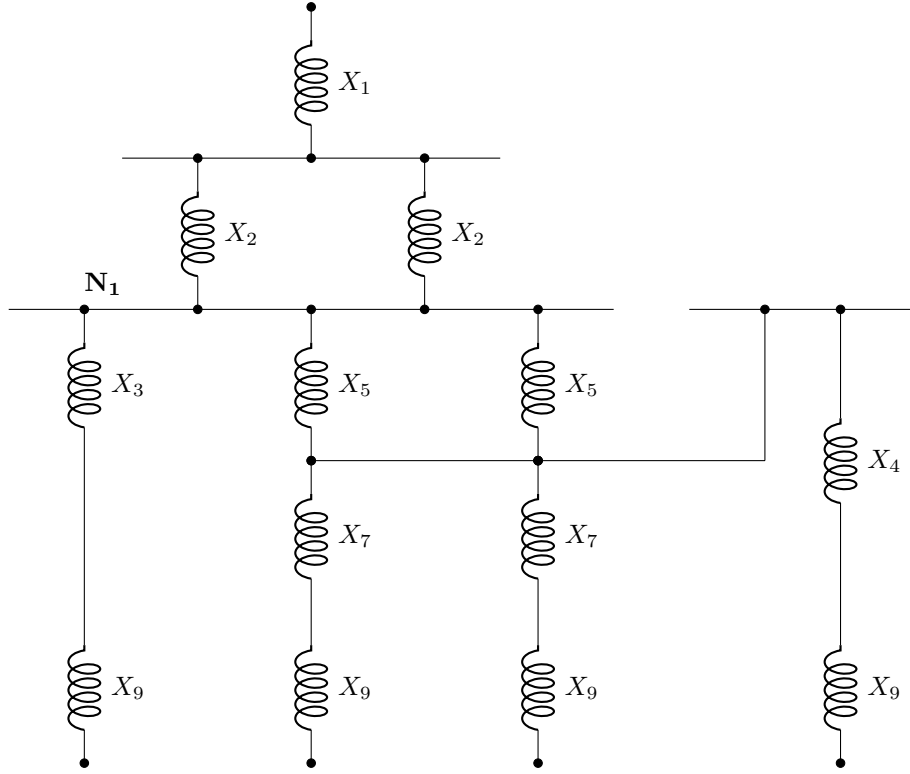
$$+ X_{11} = X_7 \text{ nt } X_9: X_{11} = X_7 + X_9 = 3.56 + 1.536 = 5.096$$

$$+ X_{12} = X_4 \text{ nt } X_9: X_{12} = X_4 + X_9 = 0.84 + 1.536 = 2.376$$

$$+ X_{13} = X_5 \text{ ss } X_5: X_{13} = \frac{X_5}{2} = \frac{1.4}{2} = 0.7$$

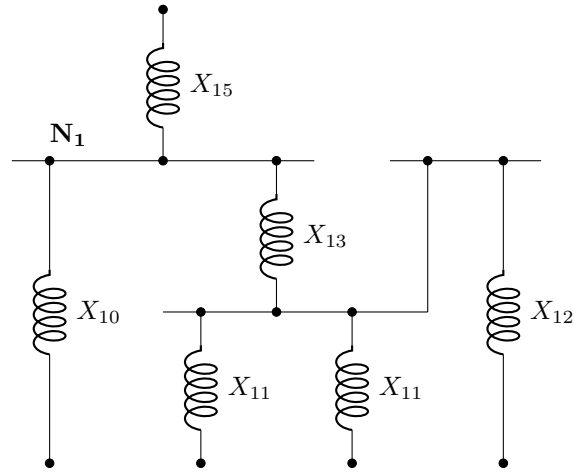
$$+ X_{14} = X_2 \text{ ss } X_2: X_{14} = \frac{X_2}{2} = \frac{0.7561}{2} = 0.378$$

$$+ X_{15} = X_1 \text{ nt } X_{14}: X_{15} = X_1 + X_{14} = 0.06 + 0.378 = 0.438$$



Hình 3: Sơ đồ tương đương 1 cho điểm ngắn mạch N_1

* Sơ đồ tương đương 2 cho điểm N_1 : hình 4. Ta có



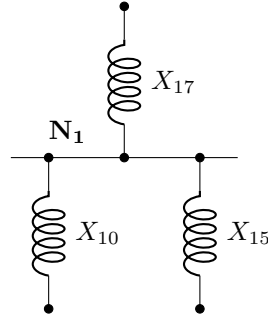
Hình 4: Sơ đồ tương đương 2 cho điểm ngắn mạch N_1

+ $X_{16} = X_{11} \text{ ss } X_{11} \text{ ss } X_{12}$:

$$\frac{1}{X_{16}} = \frac{1}{X_{11}} + \frac{1}{X_{11}} + \frac{1}{X_{12}} = \frac{1}{5.096} + \frac{1}{5.096} + \frac{1}{2.376} \Rightarrow X_{16} = 1.2295$$

+ $X_{17} = X_{16} \text{ nt } X_{13}$: $X_{17} = X_{13} + X_{16} = 0.7 + 1.2295 = 1.9295$

* Sơ đồ tương đương 3 cho điểm N_1 : hình 5.



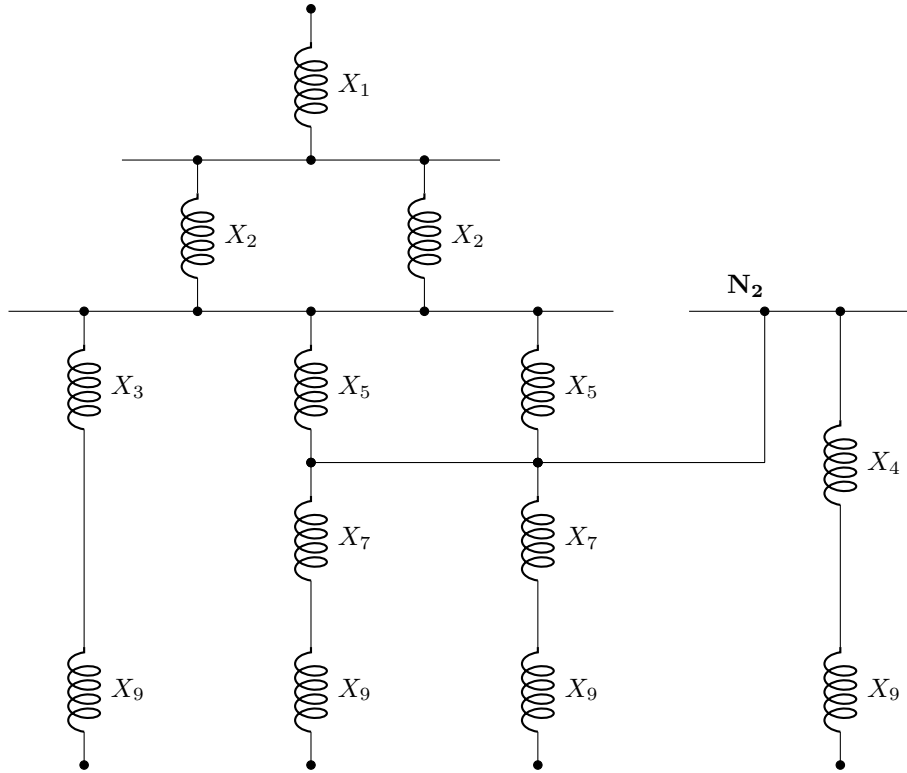
Hình 5: Sơ đồ tương đương 3 cho điểm ngắn mạch N_1

Ta có: $X_{\Sigma N1} = X_{10} \text{ ss } X_{15} \text{ ss } X_{17}$:

$$\frac{1}{X_{\Sigma N1}} = \frac{1}{X_{10}} + \frac{1}{X_{15}} + \frac{1}{X_{17}} = \frac{1}{2.416} + \frac{1}{0.438} + \frac{1}{1.9295} \Rightarrow X_{\Sigma N1} = 0.311$$

– **Điểm ngắn mạch $N2$**

* Do $X_T = 0$ và X_K không ảnh hưởng đến điểm ngắn mạch N_2 , nên bỏ qua, được sơ đồ hình 6. Ta có:



Hình 6: Sơ đồ tương đương 1 cho điểm ngắn mạch N_2

$$+ X_{10} = X_3 \text{ nt } X_9: X_{10} = X_3 + X_9 = 0.88 + 1.536 = 2.416$$

$$+ X_{11} = X_7 \text{ nt } X_9: X_{11} = X_7 + X_9 = 3.56 + 1.536 = 5.096$$

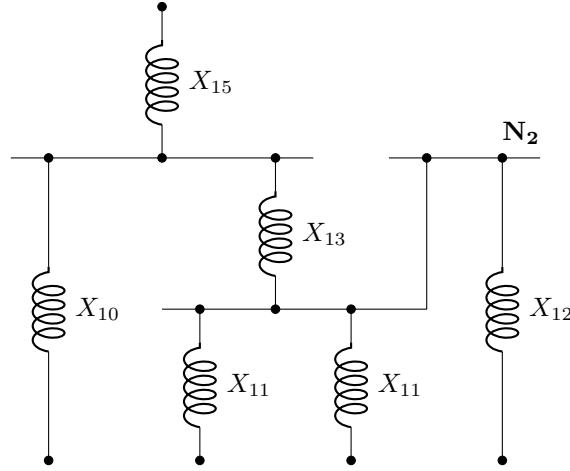
$$+ X_{12} = X_4 \text{ nt } X_9: X_{12} = X_4 + X_9 = 0.84 + 1.536 = 2.376$$

$$+ X_{13} = X_5 \text{ ss } X_5: X_{13} = \frac{X_5}{2} = \frac{1.4}{2} = 0.7$$

$$+ X_{14} = X_2 \text{ ss } X_2: X_{14} = \frac{X_2}{2} = \frac{0.7561}{2} = 0.378$$

$$+ X_{15} = X_1 \text{ nt } X_{14}: X_{15} = X_1 + X_{14} = 0.06 + 0.378 = 0.438$$

* Sơ đồ tương đương 2 cho điểm N_2 : hình 7. Ta có:



Hình 7: Sơ đồ tương đương 2 cho điểm ngắn mạch N_2

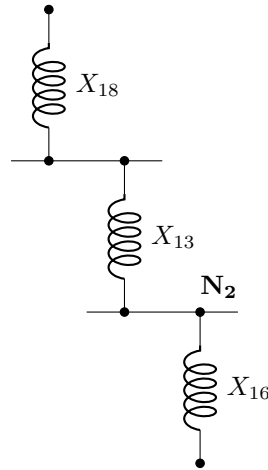
$$+ X_{16} = X_{11} \text{ ss } X_{11} \text{ ss } X_{12} :$$

$$\frac{1}{X_{16}} = \frac{1}{X_{11}} + \frac{1}{X_{11}} + \frac{1}{X_{12}} = \frac{1}{5.096} + \frac{1}{5.096} + \frac{1}{2.376} \Rightarrow X_{16} = 1.2295$$

$$+ X_{18} = X_{10} \text{ ss } X_{15} :$$

$$\frac{1}{X_{18}} = \frac{1}{X_{10}} + \frac{1}{X_{15}} = \frac{1}{2.416} + \frac{1}{0.438} \Rightarrow X_{18} = 0.3708$$

* Sơ đồ tương đương 3 cho điểm N_2 : hình 8. Ta có:



Hình 8: Sơ đồ tương đương 3 cho điểm ngắn mạch N_2

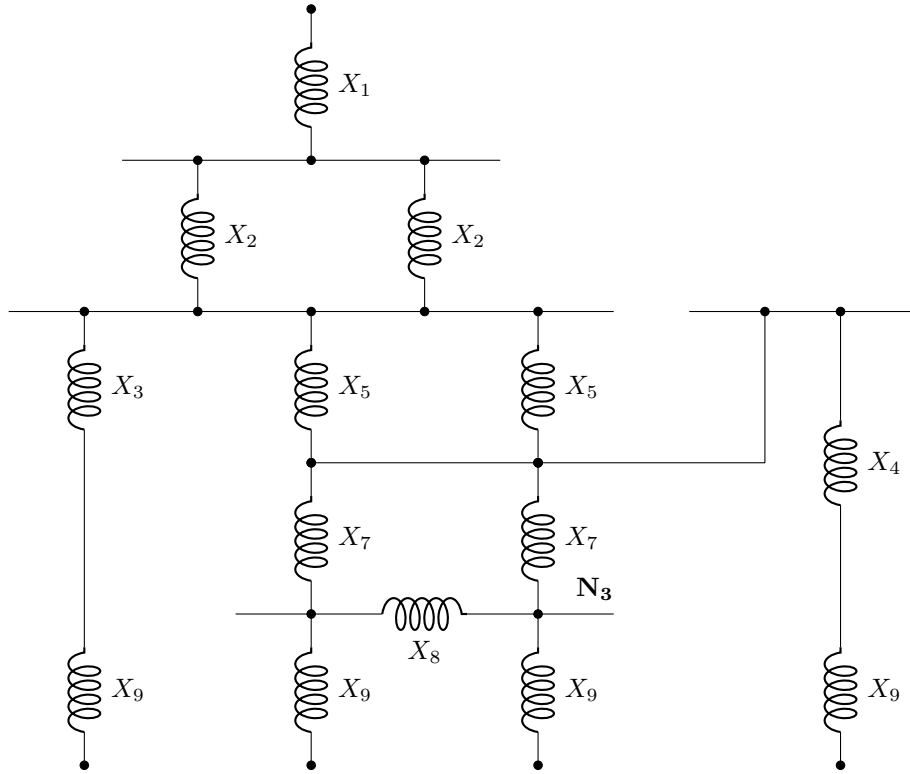
$$+ X_{19} = X_{18} \text{ nt } X_{13} : X_{19} = X_{18} + X_{13} = 0.3708 + 0.7 = 1.0708$$

$$+ X_{\Sigma N2} = X_{16} \text{ ss } X_{19} :$$

$$\frac{1}{X_{\Sigma N2}} = \frac{1}{X_{16}} + \frac{1}{X_{19}} = \frac{1}{1.2295} + \frac{1}{1.0708} \Rightarrow X_{\Sigma N2} = 0.5723$$

– Điểm ngắn mạch N_3

* Do $X_T = 0$ nên bỏ qua, được sơ đồ hình 9. Ta có:



Hình 9: Sơ đồ tương đương 1 cho điểm ngắn mạch N_3

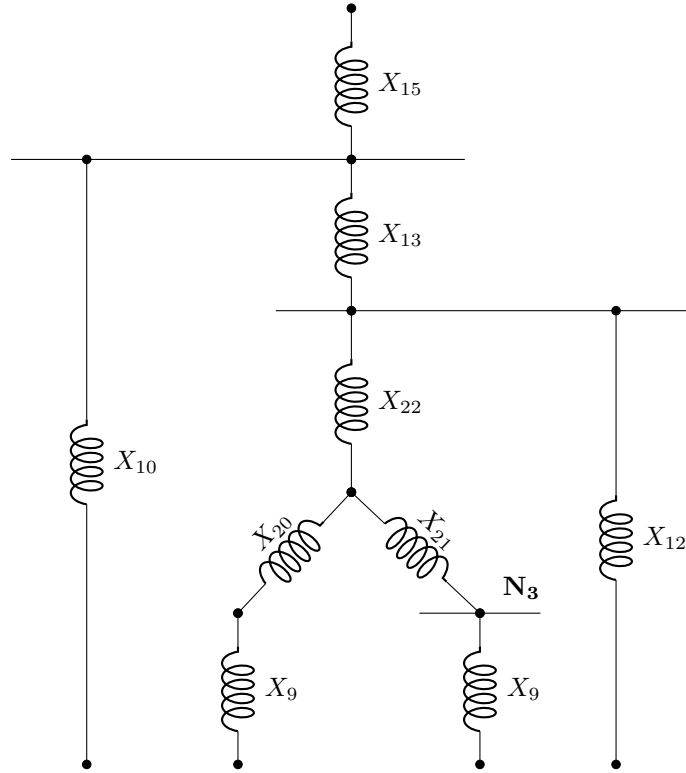
- + $X_{10} = X_3$ nt X_9 : $X_{10} = X_3 + X_9 = 0.88 + 1.536 = 2.416$
- + $X_{12} = X_4$ nt X_9 : $X_{12} = X_4 + X_9 = 0.84 + 1.536 = 2.376$
- + $X_{13} = X_5$ ss X_5 : $X_{13} = \frac{X_5}{2} = \frac{1.4}{2} = 0.7$
- + $X_{14} = X_2$ ss X_2 : $X_{14} = \frac{X_2}{2} = \frac{0.7561}{2} = 0.378$
- + $X_{15} = X_1$ nt X_{14} : $X_{15} = X_1 + X_{14} = 0.06 + 0.378 = 0.438$
- + Biến đổi $\Delta - Y$ cho X_7, X_7, X_8 :

$$X_{20} = \frac{X_7 \times X_8}{X_7 + X_7 + X_8} = \frac{3.56 \times 1.8329}{3.56 + 3.56 + 1.8329} = 0.7288$$

$$X_{21} = \frac{X_7 \times X_8}{X_7 + X_7 + X_8} = \frac{3.56 \times 1.8329}{3.56 + 3.56 + 1.8329} = 0.7288$$

$$X_{22} = \frac{X_7 \times X_7}{X_7 + X_7 + X_8} = \frac{3.56 \times 3.56}{3.56 + 3.56 + 1.8329} = 1.4156$$

* Sơ đồ tương đương 2 cho điểm N_3 : hình 10. Ta có:



Hình 10: Sơ đồ tương đương 2 cho điểm ngắn mạch N_3

+ $X_{18} = X_{10}$ ss X_{15} :

$$\frac{1}{X_{18}} = \frac{1}{X_{10}} + \frac{1}{X_{15}} = \frac{1}{2.416} + \frac{1}{0.438} \Rightarrow X_{18} = 0.3708$$

+ $X_{19} = X_{18}$ nt X_{13} : $X_{19} = X_{18} + X_{13} = 0.3708 + 0.7 = 1.0708$

+ $X_{23} = X_9$ nt X_{20} : $X_{23} = X_9 + X_{20} = 1.536 + 0.7288 = 2.2648$

* Sơ đồ tương đương 3 cho điểm N_3 : hình 11. Ta có:

+ $X_{24} = X_{12}$ ss X_{19} :

$$\frac{1}{X_{24}} = \frac{1}{X_{12}} + \frac{1}{X_{19}} = \frac{1}{2.376} + \frac{1}{1.0708} \Rightarrow X_{24} = 0.7381$$

+ $X_{25} = X_{22}$ nt X_{24} : $X_{25} = X_{22} + X_{24} = 1.4156 + 0.7381 = 2.1537$

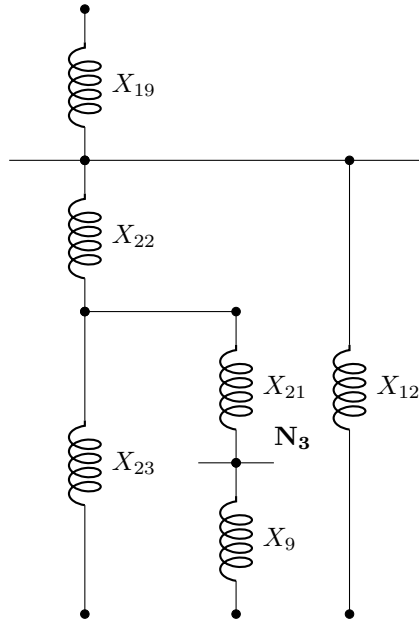
+ $X_{26} = X_{23}$ ss X_{25} :

$$\frac{1}{X_{26}} = \frac{1}{X_{23}} + \frac{1}{X_{25}} = \frac{1}{2.2648} + \frac{1}{2.1537} \Rightarrow X_{26} = 1.1039$$

+ $X_{27} = X_{21}$ nt X_{26} : $X_{27} = X_{21} + X_{26} = 0.7288 + 1.1039 = 1.8327$

+ $X_{\Sigma N3} = X_9$ ss X_{27} :

$$\frac{1}{X_{\Sigma N3}} = \frac{1}{X_9} + \frac{1}{X_{27}} = \frac{1}{1.536} + \frac{1}{1.8327} \Rightarrow X_{\Sigma N3} = 0.8356$$



Hình 11: Sơ đồ tương đương 3 cho điểm ngắn mạch N_3

- *Bước 5:* Tính dòng điện ngắn mạch tại các điểm $N1, N2, N3$.

$$I_{N1}^* = \frac{1}{X_{\Sigma N1}} = \frac{1}{0.311} = 3.2154 \Rightarrow I_{N1} = I_{N1}^* \times I_{cbN1} = 3.2154 \times 2.5102 = 8.0713 \text{ kA}$$

$$I_{N2}^* = \frac{1}{X_{\Sigma N2}} = \frac{1}{0.5723} = 1.7473 \Rightarrow I_{N2} = I_{N2}^* \times I_{cbN2} = 1.7473 \times 5.0204 = 8.7721 \text{ kA}$$

$$I_{N3}^* = \frac{1}{X_{\Sigma N3}} = \frac{1}{0.8356} = 1.1967 \Rightarrow I_{N3} = I_{N3}^* \times I_{cbN3} = 1.1967 \times 54.9857 = 65.8014 \text{ kA}$$

- *Bước 6:* Chọn hệ số xung kích k_{xk} .

Với công suất biểu kiến của máy biến áp, ta có: $k_{xk} = 1.8$

- *Bước 7:* Tính dòng điện ngắn mạch xung kích.

$$I_{xkN1} = \sqrt{2} \times I_{N1} \times k_{xk} = \sqrt{2} \times 8.0713 \times 1.8 = 20.5462 \text{ kA}$$

$$I_{xkN2} = \sqrt{2} \times I_{N2} \times k_{xk} = \sqrt{2} \times 8.7721 \times 1.8 = 22.3301 \text{ kA}$$

$$I_{xkN3} = \sqrt{2} \times I_{N3} \times k_{xk} = \sqrt{2} \times 65.8014 \times 1.8 = 167.503 \text{ kA}$$

- *Bước 8:* Tổng hợp kết quả tính toán vào bảng 1.

STT	Điểm ngắn mạch	U_{dm} (kV)	Thành phần tham gia	Mục đích tính toán	X_{Σ}	I_{cb}^*	I_N (kA)	I_{xk} (kA)
1	$N1$	220	Tất cả	Chọn các khí cụ điện cấp 220kV	0.311	3.2154	8.0713	20.5462
2	$N2$	110	Tất cả	Chọn các khí cụ điện cấp 110kV	0.5723	1.7473	8.7721	22.3301
3	$N3$	10.5	Tất cả	Chọn các khí cụ điện cấp 10.5kV	0.8356	1.1967	65.8014	167.503

Bảng 1: Kết quả tính toán các điểm ngắn mạch trong bài 1