

LỜI NÓI ĐẦU

Điện năng đã và đang chứng tỏ vai trò quan trọng trong đời sống và sự phát triển của xã hội. Nhu cầu sử dụng điện đang ngày một tăng cao đòi hỏi phải xây dựng nhưng nhà máy điện mới để đáp ứng. Đi đôi với việc xây dựng các nhà máy thì việc thiết kế vận hành các đường dây truyền tải là một việc không kém phần quan trọng. Yêu cầu đặt ra đối với mạng điện là phải có độ tin cậy cao, chất lượng tốt nhưng phải có chi phí thấp nhất.

Là sinh viên ngành hệ thống điện, việc tập thiết kế mạng lưới điện là một việc làm rất cần thiết. Với sự giúp đỡ tận tình của thầy cô trong bộ môn, đặc biệt là Th. S Hoàng Thu Hà, em đã hoàn thành bản đồ án của mình. Trong quá trình thực hiện đồ án không tránh khỏi những sai sót, kính mong các thầy chỉ dẫn để em có thể hiểu sâu sắc và đồ án của em được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn !

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Chương I. Cân bằng công suất trong hệ thống	3
Chương II. So sánh kinh tế kỹ thuật các phương án	6
Chương III. Lựa chọn máy biến áp và sơ đồ nối dây chi tiết	30
Chương IV. Tính phân bố công suất trong toàn bộ mạng điện, Tính điện áp của các nút trong mạng điện	34
Chương V. Điều chỉnh điện áp trong hệ thống	41
Chương VI. Tính các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật của mạng điện	45

CHƯƠNG I

CÂN BẰNG CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG

Mục đích của chương này là xem khả năng cung cấp và tiêu thụ điện trong hệ thống có cân bằng hay không. Và tính toán để biết được mạng điện có cân bù công suất phản kháng không.

I. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT TÁC DỤNG

Nguồn cung cấp đủ công suất:

$$\Sigma P_{yc} = \Sigma P_F = m \Sigma P_{ptmax} + \Sigma \Delta P_{md} + \Sigma P_{dt} + \Sigma P_{td}$$

Trong đó:

ΣP_F là tổng công suất tác dụng phát ra do các máy phát điện của các nhà máy điện trong hệ thống.

ΣP_{pt} là tổng phụ tải tác dụng cực đại của các hộ tiêu thụ

$\Sigma \Delta P_{md}$ là tổng tổn thất công suất tác dụng trên đường dây và MBA

ΣP_{td} là tổng công suất tự dùng của các nhà máy điện

ΣP_{dt} là tổng công suất dự trữ

m là hệ số đồng thời; $m = 1$

Một cách gần đúng ta sử dụng công thức:

$$\Sigma P_F = \Sigma P_{pt} + 5\% \Sigma P_{pt}$$

$$\Sigma P_{pt} = 3,2 + 2,6 + 3,2 + 3,0 + 1,8 + 2,5 = 16,3 MVA$$

Vậy:

$$\Sigma P_F = 16,3 + 0,05 \cdot 16,3 = 17,12 MVA$$

II. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

Phương trình cân bằng công suất phản kháng :

$$\Sigma Q_F = \Sigma Q_{yc}$$

- ΣQ_F là tổng công suất phản kháng do nhà máy điện phát ra.

$$\Sigma Q_F = \Sigma P_F \times \text{tg}\varphi_F$$

mà ta có : $\cos\varphi_F = 0,85 \Rightarrow \text{tg}\varphi_F = 0,62$

$$\Rightarrow \Sigma Q_F = 17,12 \times 0,62 = 10,61 MVar$$

- ΣQ_{yc} là tổng công suất phản kháng tiêu thụ.

$$\Sigma Q_{yc} = m \Sigma Q_{ptmax} + \Sigma \Delta Q_{MBA} + \Sigma \Delta Q_{DZ} - \Sigma Q_C + \Sigma Q_{dt} + \Sigma Q_{td}$$

Trong đó:

ΣQ_{ptmax} là tổng phụ tải phản kháng cực đại của các hộ tiêu thụ;

$\Sigma \Delta Q_{MBA}$ là tổng tổn thất công suất phản kháng trong các trạm biến áp;

$\Sigma \Delta Q_{DZ}$ là tổng tổn thất công suất phản kháng trong cảm kháng của các đường dây trong mạng điện;

ΣQ_C là tổng công suất phản kháng do điện dung của các đường dây sinh ra

ΣP_{td} là tổng công suất phản kháng tự dùng trong nhà máy điện;

ΣP_{dt} là tổng công suất phản kháng dự trữ trong hệ thống

Do có các điện dung ký sinh nên: $\Sigma Q_{DZ} = \Sigma Q_C$

Do nguồn công suất là vô cùng lớn nên ta lấy
$$\begin{cases} \Sigma Q_{td} = \Sigma Q_{dt} = 0 \\ \Sigma \Delta Q_{MBA} = 15\% \Sigma Q_{ptmax} \end{cases}$$

$$\cos\varphi_{pt} = 0,8 \Rightarrow \text{tg}\varphi_{pt} = 0,75$$

$$\Sigma Q_{ptmax} = \Sigma P_{ptmax} \times \text{tg}\varphi_{pt} = 16,3 \times 0,75 = 12,23 \text{ MVar}$$

$$\Sigma Q_{yc} = (1+15\%) \Sigma Q_{ptmax} = (1 + 0,15) \times 12,23 = 14,06 \text{ MVar}$$

Ta nhận thấy $\Sigma Q_F = 10,61 \text{ MVar} < \Sigma Q_{yc} = 14,06 \text{ MVar}$ do đó phải bù công suất phản kháng.

Công suất phản kháng cần phải bù:

$$\Sigma Q_{bù} = Q_{yc} - Q_{tt} = 14,06 - 10,61 = 3,35 \text{ MVar}$$

Khi tiến hành bù cưỡng bức tại các nút, ưu tiên bù các điểm có công suất lớn và phụ tải ở xa nguồn, sao cho công suất mới $\cos\varphi_m$ có giá trị trong khoảng 0,85÷0,95 (không bù cao hơn nữa vì sẽ không kinh tế và ảnh hưởng tới tính ổn định của hệ thống điện).

Công suất bù cho hệ tiêu thụ thứ i được tính theo công thức sau:

$$Q_{bù} = Q_i - P_i \cdot \text{tg}\varphi_m$$

Trong đó:

P_i , Q_i là công suất của hệ tiêu thụ trước khi bù;

$\cos\varphi_m$: hệ số công suất của hệ thứ i sau khi bù.

Ta chọn 3 vị trí bù tại phụ tải 1, 3, 6. Kết quả bù được cho trong **bảng 2.1**.

Bảng 2.1: Kết quả bù sơ bộ chế độ phụ tải cực đại

Phụ tải	P_{max} (MW)	Trước bù	Bù	Sau bù	$\text{Cos}\varphi_m$
		Q_{max} (MVar)	Q_b (MVar)	Q'_{max} (MVar)	
1	3,20	2,40	1,26	1,26	0,93
2	2,60	1,95		1,95	0,80
3	3,20	2,40	1,26	1,26	0,93
4	3,00	2,25		2,25	0,80
5	1,80	1,35		1,35	0,80
6	2,50	1,88	0,92	0,92	0,938
Tổng	16,30	12,23	3,45	9	

Bảng 2.2: Kết quả bù sơ bộ chế độ phụ tải cực tiểu

Phụ tải	P_{\min} (MW)	Trước bù	Sau bù	$\cos\varphi_m$
		Q_{\min} (MVar)	Q'_{\min} (MVar)	
1	2,00	1,50	7,11	0,79
2	1,00	0,75	12,0	0,75
3	1,50	1,13	5,93	0,59
4	2,00	1,50	9,00	1,50
5	1,90	1,43	9,00	1,43
6	1,50	1,13	6,49	0,55
Tổng	9,90	7,43		5,61

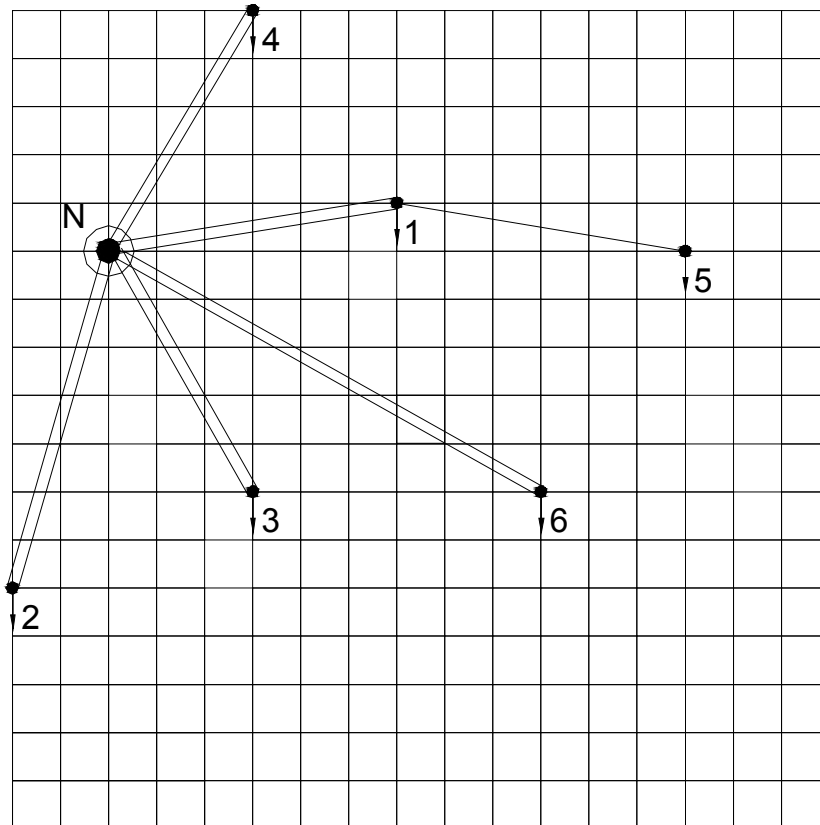
CHƯƠNG II

CHỌN PHƯƠNG ÁN HỢP LÝ VỀ KINH TẾ - KỸ THUẬT

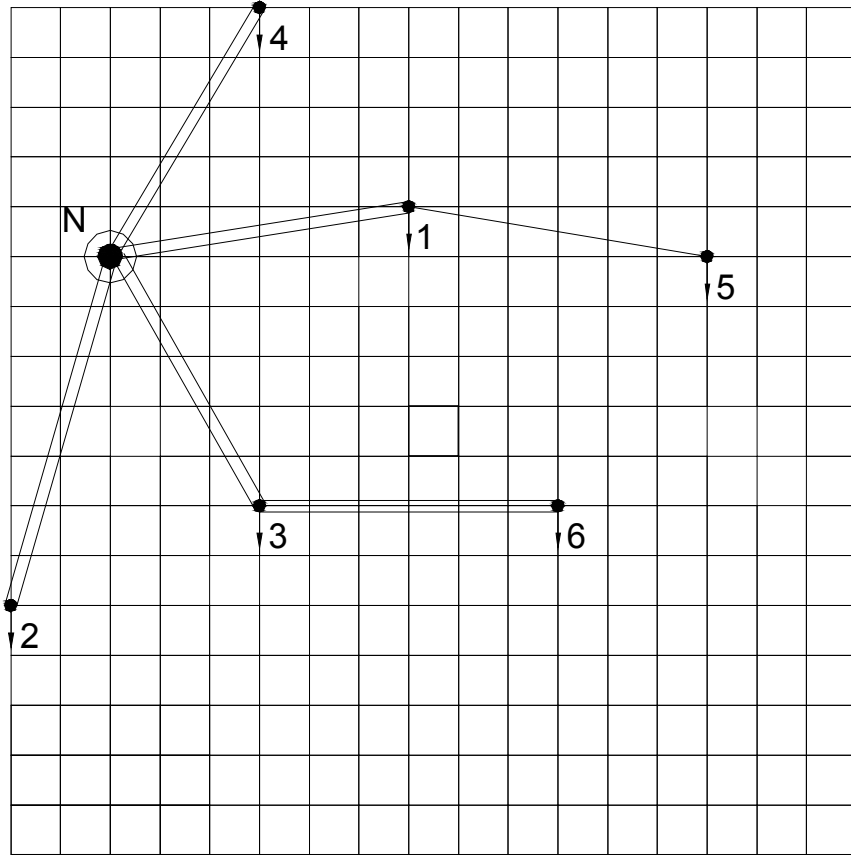
I. DỰ KIẾN CÁC PHƯƠNG ÁN NỐI DÂY

Dựa vào vị trí tương hỗ giữa các phụ tải với nhau và giữa các phụ tải với nguồn cung cấp, ta dự kiến 5 phương án nối dây như sau.

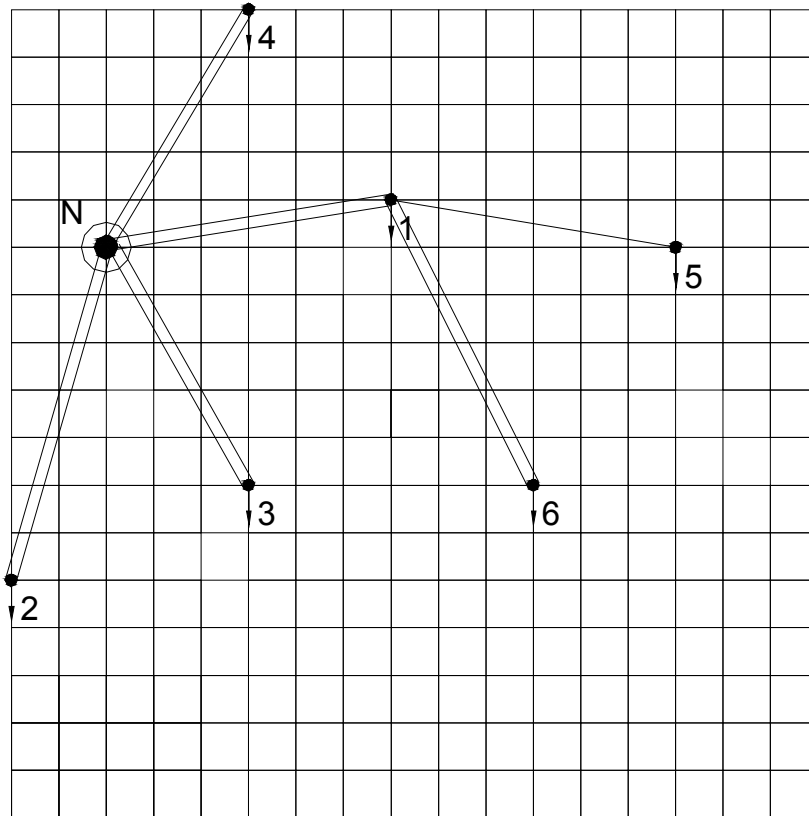
1) Phương án 1



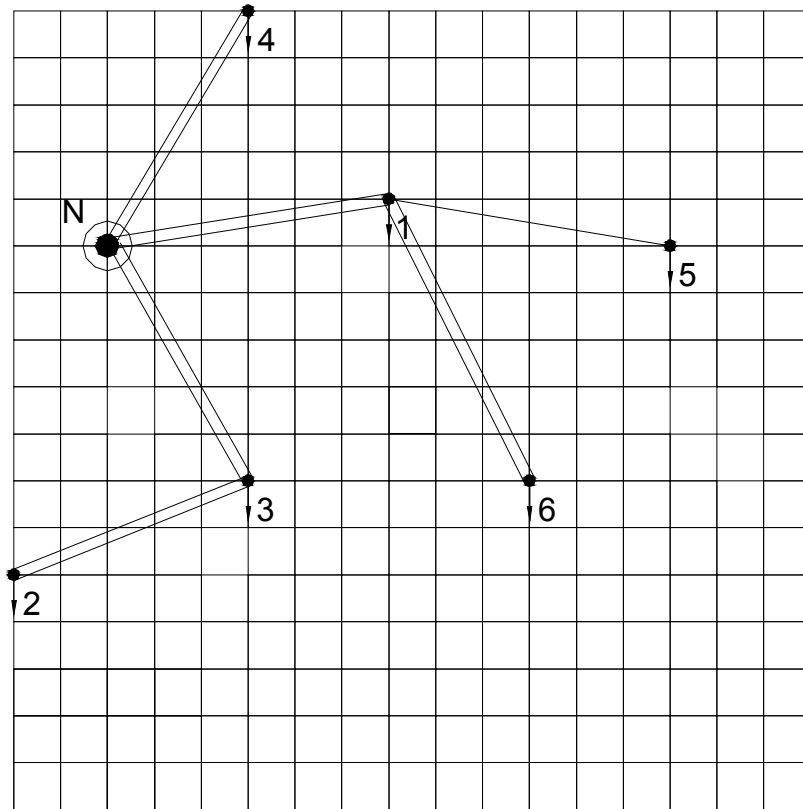
2) Phương án 2



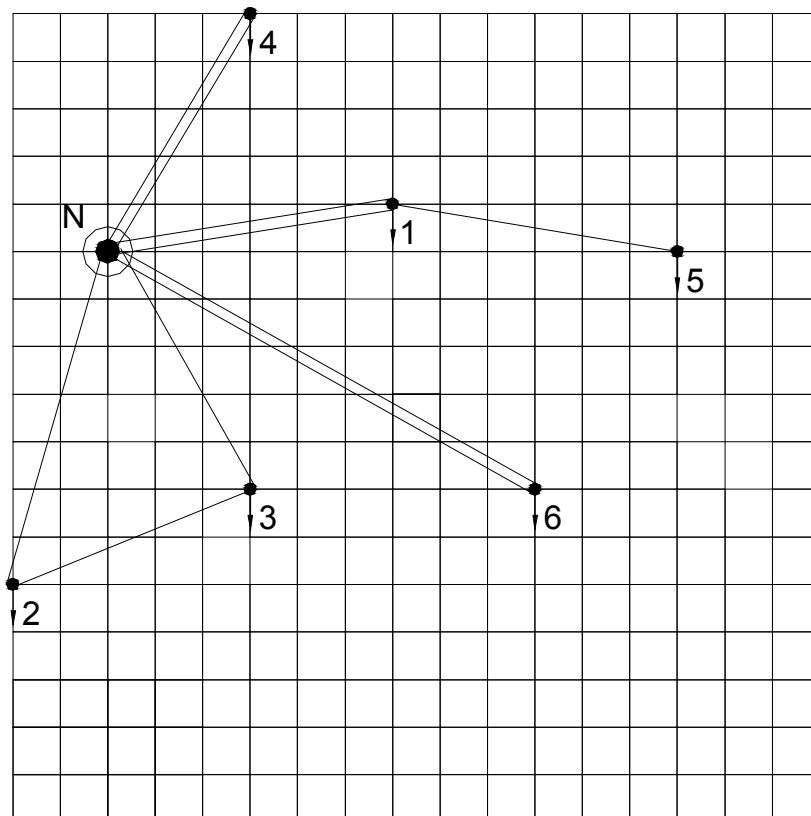
3) Phương án 3



4) Phương án 4



5) Phương án 5



II. LỰA CHỌN ĐIỆN ÁP ĐỊNH MỨC CỦA MẠNG ĐIỆN

- Để cho đơn giản khi tính, cho phép nối các đường dây hình tia từ nguồn cung cấp đến các phụ tải.
- Xác định chiều dài các đoạn đường dây L_i (km) theo định lý Pitago; công suất truyền tải trên các đoạn P_i (MW) đã cho sẵn.
- Điện áp của mỗi đoạn đường dây được xác định theo công thức :

$$U_i = 4,34 \cdot \sqrt{L_i + 16 P_i} , kV$$

Bảng 2.1 : Bảng tổng kết tính điện áp qua các đoạn đường dây

Đoạn ĐD	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6
l , km	30,41	36,40	29,15	29,15	30,41	51,48
P , MW	3,20	2,60	3,20	3,00	1,80	2,50
U , kV	45,60	38,33	38,90	38,12	33,40	41,51

Từ bảng trên ta chọn được $U_{dm} = 35 kV$

III. TÍNH TOÁN CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA TỪNG PHƯƠNG ÁN

- Ở phần này ta sẽ thực hiện tính toán các chỉ tiêu kỹ thuật ở trường hợp phụ tải cực đại và trường hợp sau sự cố. Riêng đối với trường hợp sau sự cố chỉ xét sự cố đứt một mạch của đường dây mạch kép (Không xét sự cố xếp chồng).
- Lấy khoảng cách trung bình hình học giữa các pha là $D_{tb} = 3m$

- Do điện áp của mạng là 35kV nên tiết diện tối thiểu của dây dẫn là $F_{\min} = 35\text{mm}^2$, dây nhôm lõi thép AC.
- Chọn dây theo J_{kt} và kiểm tra điều kiện phát nóng và tổn thất vầng quang:

$$I_{lv\max}, I_{cb} \leq I_{cp}$$
$$\Delta U_{bt}, \Delta U_{sc} \leq \Delta U_{cp}$$

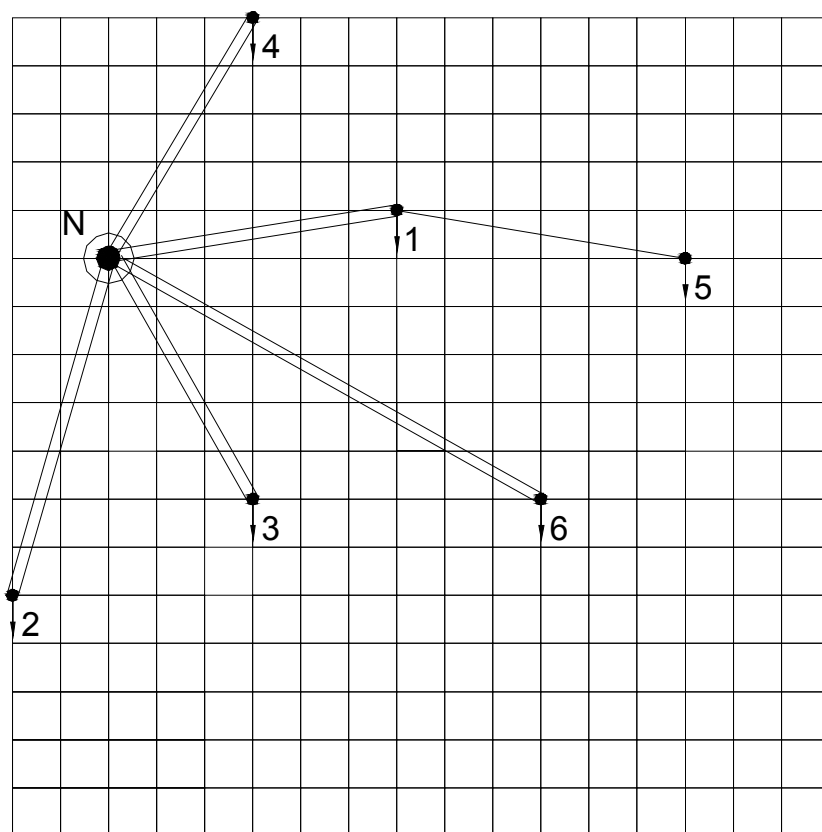
Sau đây ta sẽ tính cụ thể từng phương án

Bảng 2.2 : Công suất các phụ tải khi cực đại

CS \ Phụ tải	1	2	3	4	5	6
P_{\max}	3,20	2,60	3,20	3,00	1,80	2,50
Q_{\max}	1,26	1,95	1,26	2,25	1,35	0,92

Theo đề bài, $T_{\max} = 2600\text{h} \Rightarrow$ tra bảng ta được $J_{kt} = 1,3\text{A/mm}^2$

1) Phương án I



a) Chọn tiết diện các đoạn dây dẫn

* Đoạn N-1

+ Công suất chạy qua đoạn N-1:

$$\dot{S}_{N-1} = \dot{S}_1 + \dot{S}_5 = 3,2 + j.1,26 + 1,8 + j.1,35 = 5 + j.2,61 \text{ MVA}$$

+ Dòng điện chạy qua đoạn N-1:

$$I_{N-1} = \frac{S_{N-1}}{2\sqrt{3}.U_{dm}} \cdot 10^3 = \frac{\sqrt{5^2 + 2,61^2}}{2\sqrt{3}.35} \cdot 10^3 = 46,54 \text{ A}$$

+ Tiết diện của đoạn N-1:

$$F_{N-1} = \frac{I_{N-1}}{J_{kt}} = \frac{46,54}{1,3} = 35,8 \text{ mm}^2$$

⇒ Chọn $F_{N-1tc} = 50 \text{ mm}^2$ có $I_{cp} = 210 \text{ A}$

+ Khi ngừng một mạch : $I_{sc} = 2 \cdot I_{N-1} = 2 \cdot 46,54 = 93,08 \text{ A} < I_{cp} = 210 \text{ A}$

Vậy tiết diện đoạn N-1 chọn là hợp lý.

Tính toán tương tự cho các đường dây còn lại, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.3. Thông số của các đường dây trong mạng điện

Đường dây	Dòng điện tính toán I (A)	Tiết diện kinh tế F_{kt} (mm ²)	Dòng điện sự cố trên dây I_{sc} (A)	Dây dẫn	Dòng điện cho phép $k \times I_{cp}$ (A)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)
N--1	46,54	35,80	93,08	2AC-50	210	0,63	0,443
N--2	26,81	20,62	53,61	2AC-35	175	0,91	0,445
N--3	28,38	21,83	56,76	2AC-35	175	0,91	0,445
N--4	30,93	23,79	61,86	2AC-35	175	0,91	0,445
1--5	37,12	28,55	37,12	AC-35	175	0,91	0,445
N--6	21,98	16,91	43,96	2AC-35	175	0,91	0,445

b) Tính tổn thất điện áp

❖ **Xác định ΔU_{maxbt} %**

* Đoạn N-1-5

- Tổng trở của đoạn đường dây N-1 :

$$Z_{N-1} = \frac{1}{2} I_1 (r_0 + j x_0) = \frac{1}{2} \cdot 30,41 \cdot (0,63 + j 0,443) = 9,58 + j 6,74 \Omega$$

- Tổn thất điện áp trên đoạn N-1

$$\Delta U_{N-1bt} \% = (5 \cdot 9,58 + 2,61 \cdot 6,74) \cdot \frac{100}{35^2} = 5,35 \%$$

- Tổng trở của đoạn đường dây 1-5:

$$Z_{1-5} = 1(r_0 + j x_0) = 30,41 \cdot (0,91 + j 0,445) = 27,68 + j 13,53 \Omega$$

- Tổn thất điện áp trên đoạn 1-5

$$\Delta U_{1-5bt} \% = (1,8 \cdot 27,68 + 1,35 \cdot 13,53) \cdot \frac{100}{35^2} = 5,56 \%$$

- Vậy $\Delta U_{N-1-5bt} \% = \Delta U_{N-1bt} \% + \Delta U_{1-5bt} \% = 5,35 + 5,56 = 10,91 \%$

❖ **Xác định ΔU_{maxsc} %**

* Đoạn N-1-5

- Khi ngừng một mạch trên đoạn N-1, tổn thất điện áp trên đoạn này bằng:

$$\Delta U_{N-1sc} \% = 2 \times 5,35 \% = 10,7 \%$$

- Vậy $\Delta U_{N-1-5sc} \% = \Delta U_{N-1sc} \% + \Delta U_{1-5bt} \% = 10,7 + 5,56 = 16,26 \%$

- Tính toán tương tự cho các đường dây còn lại, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.4 : Kết quả chọn tiết diện dây phương án I

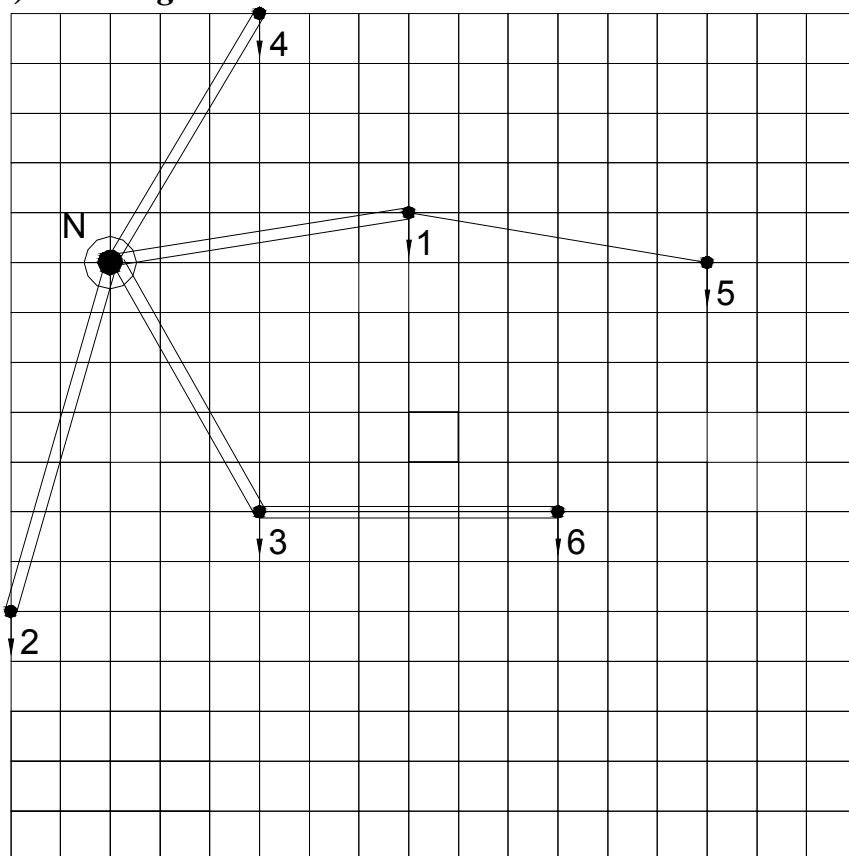
Đoạn ĐĐ	N-1	N-2	N-3	N-4	1-5	N-6
$\Delta U_{bt} \%$	5,35	4,80	4,13	4,44	5,56	5,64
$\Delta U_{sc} \%$	10,70	9,61	8,27	8,88	5,56	11,29

Vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong phương án I:

$$\Delta U_{bt} \% = \Delta U_{N-1-5 \text{ bt}} \% = 10,91 \%$$

$$\Delta U_{sc} \% = \Delta U_{N-1-5sc} \% = 16,26\%$$

2) Phương án II



a) Chọn tiết diện các đoạn dây dẫn

Tính toán tương tự phương án 1, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.5. Thông số của các đường dây trong mạng điện

Đường dây	Dòng điện tính toán I (A)	Tiết diện kinh tế F_{kt} (mm ²)	Dòng điện sự cố trên dây I_{sc} (A)	Dây dẫn	Dòng điện cho phép $k \times I_{cp}$ (A)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)
N--1	46,54	35,80	93,08	2AC-50	210	0,63	0,443
N--2	26,81	20,62	53,61	2AC-35	175	0,91	0,445
N--3	50,35	38,73	100,71	2AC-50	210	0,63	0,443
N--4	30,93	23,79	61,86	2AC-35	175	0,91	0,445
1--5	37,12	28,55	37,12	AC-35	175	0,91	0,445
3--6	21,98	16,91	43,96	2AC-35	175	0,91	0,445

b) Tính tổn thất điện áp

❖ Xác định ΔU_{maxbt} %

- Tính toán tương tự PA1:

Bảng 2.6 : Kết quả chọn tiết diện dây phương án II

Đoạn ĐĐ	N-1	1-2	N -3	N -4	1-5	3 -6
$\Delta U_{bt} \%$	5,35	4,80	5,43	4,44	5,56	3,29
$\Delta U_{sc} \%$	10,70	9,61	10,85	8,88	5,56	6,58

Tổn thất điện áp trên đoạn N-1-5

$$\Delta U_{bt} \% = \Delta U_{N-1-5 \text{ bt}} \% = 10,91 \%$$

$$\Delta U_{sc} \% = \Delta U_{N-1-5 \text{ sc}} \% = 16,26\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn N-3-6

$$\Delta U_{N-3-6 \text{ bt}} \% = 5,43\% + 3,29\% = 8,72\%$$

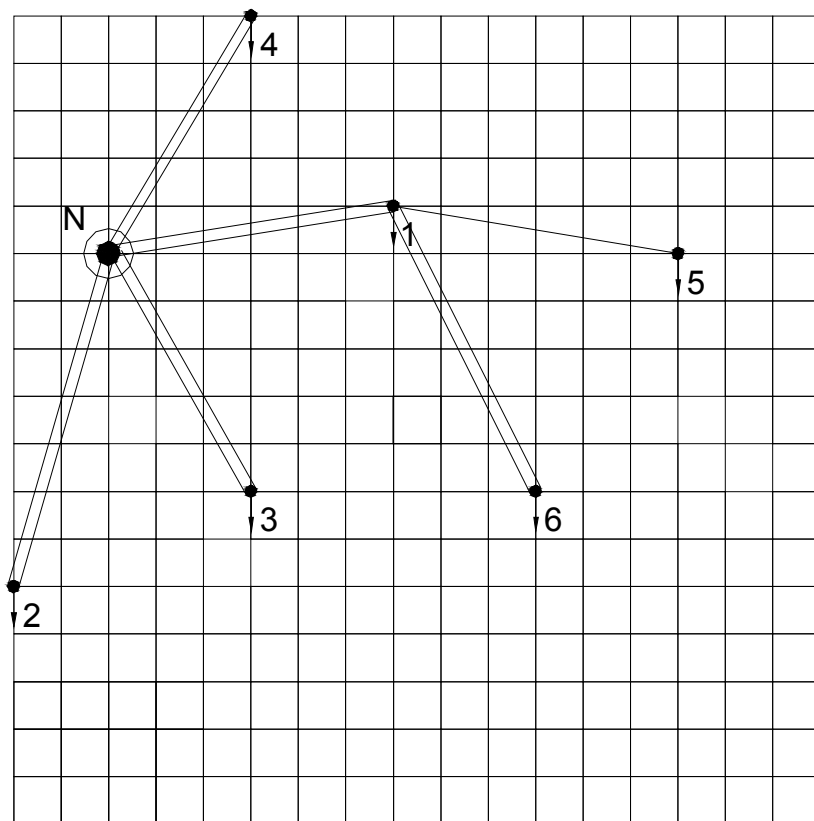
$$\Delta U_{N-3-6 \text{ sc}} \% = 2 \cdot 5,43\% + 3,29\% = 14,14\%$$

Vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong phương án II:

$$\Delta U_{bt} \% = 10,91 \%$$

$$\Delta U_{sc} \% = 16,26\%$$

3) Phương án III



a) **Chọn tiết diện các đoạn dây dẫn**
Tính toán tương tự, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.7. Thông số của các đường dây trong mạng điện

Đường dây	Dòng điện tính toán I (A)	Tiết diện kinh tế F_{kt} (mm ²)	Dòng điện sự cố trên dây I_{sc} (A)	Dây dẫn	Dòng điện cho phép $k \times I_{cp}$ (A)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)
N--1	68,39	52,61	136,79	2AC-70	265	0,45	0,420
N--2	26,81	20,62	53,61	2AC-35	175	0,91	0,445
N--3	28,38	21,83	56,76	2AC-35	175	0,91	0,445
N--4	30,93	23,79	61,86	2AC-35	175	0,91	0,445
1--5	37,12	28,55	37,12	AC-35	175	0,91	0,445
1--6	21,98	16,91	43,96	2AC-35	175	0,91	0,445

– Điện áp

❖ Xác định $\Delta U_{maxbt} \%$

Bảng 2.8: Kết quả chọn tiết diện dây phương án III

Đoạn ĐĐ	N-1	1-2	N-3	3-4	1-5	1-6
$\Delta U_{bt} \%$	6,03	4,80	4,13	4,44	5,56	3,68
$\Delta U_{sc} \%$	12,07	9,61	8,27	8,88	5,56	7,35

Tổn thất điện áp trên đoạn N-1-5

$$\Delta U_{N-1-5bt} \% = 6,03\% + 5,56\% = 11,59\%$$

$$\Delta U_{N-1-5sc} \% = 2 \cdot 6,03\% + 5,56\% = 17,63\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn N-1-6

$$\Delta U_{N-1-6bt} \% = 6,03\% + 3,68\% = 9,71\%$$

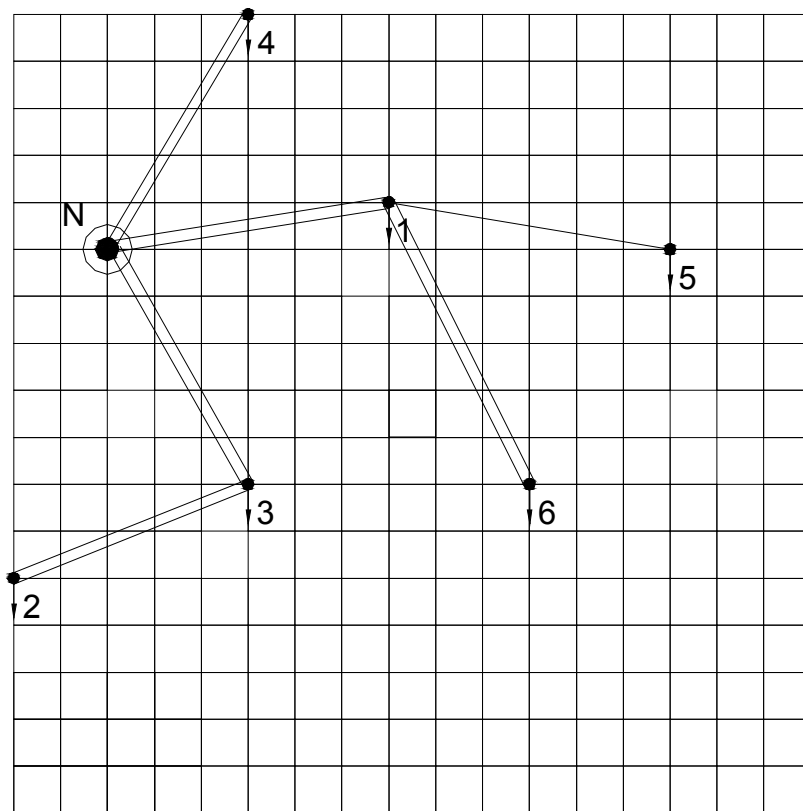
$$\Delta U_{N-1-6sc} \% = 2 \cdot 6,03\% + 3,68\% = 15,74\%$$

Vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong phương án III:

$$\Delta U_{bt} \% = 11,59\%$$

$$\Delta U_{sc} \% = 17,63\%$$

4) Phương án IV



a) Chọn tiết diện các đoạn dây dẫn

Tính toán tương tự, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.9. Thông số của các đường dây trong mạng điện

Đường dây	Dòng điện tính toán I (A)	Tiết diện kinh tế F_{kt} (mm ²)	Dòng điện sự cố trên dây I_{sc} (A)	Dây dẫn	Dòng điện cho phép $k \times I_{cp}$ (A)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)
N--1	68,39	52,61	136,79	2AC-70	265	0,45	0,420
3--2	26,81	20,62	53,61	2AC-35	175	0,91	0,445
N--3	54,69	42,07	109,39	2AC-50	210	0,63	0,443
N--4	30,93	23,79	61,86	2AC-35	175	0,91	0,445
1--5	37,12	28,55	37,12	AC-35	175	0,91	0,445
1--6	21,98	16,91	43,96	2AC-35	175	0,91	0,445

Bảng 2.10 : Kết quả chọn tiết diện dây phương án IV

Đoạn ĐD	N-1	3-2	N-3	N-4	1-5	1-6
$\Delta U_{bt} \%$	6,03	3,55	6,04	4,44	5,56	3,68
$\Delta U_{sc} \%$	12,07	7,11	12,09	8,88	5,56	7,35

Tổn thất điện áp trên đoạn N-1-5

$$\Delta U_{N-1-5bt} \% = 6,03\% + 5,56\% = 11,59\%$$

$$\Delta U_{N-1-5sc} \% = 2 \cdot 6,03\% + 5,56\% = 17,63\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn N-1-6

$$\Delta U_{N-1-6bt} \% = 6,03\% + 3,68\% = 9,71\%$$

$$\Delta U_{N-1-6sc} \% = 2 \cdot 6,03\% + 3,68\% = 15,74\%$$

Tổn thất điện áp trên đoạn N-3-2

$$\Delta U_{N-3-2bt} \% = 6,04 + 3,55 = 9,6 \%$$

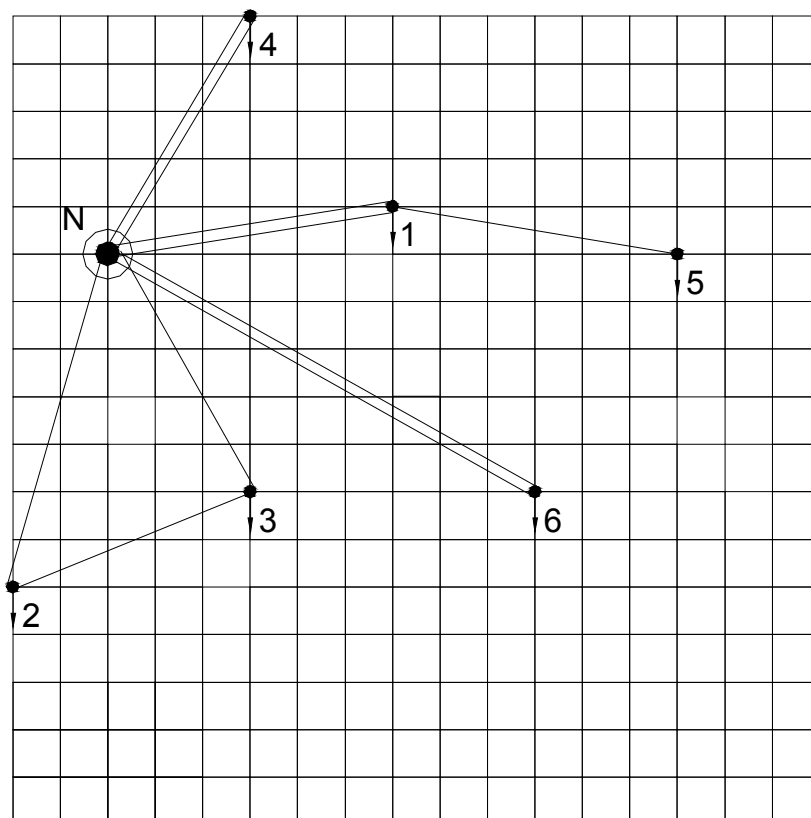
$$\Delta U_{N-3-2sc} \% = 2 \cdot 6,04 + 3,55 = 15,64 \%$$

Vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong phương án IV:

$$\Delta U_{bt} \% = 11,59\%$$

$$\Delta U_{sc} \% = 17,63\%$$

5) Phương án V



a). Chọn tiết diện các đoạn dây dẫn

+ Đối với đoạn N-2-3-N:

Để xác định dòng công suất giả thiết rằng, mạch N-2-3-N là mạng đồng nhất có cùng tiết diện:

Công suất truyền trên đoạn N- 2:

$$S_{N-2} = \frac{S_2 \cdot (l_{23} + l_{N3}) + S_3 \cdot l_{N2}}{l_{N2} + l_{23} + l_{N3}} = \frac{(2,6 + j1,95)(29,15 + 26,93) + (3,2 + j1,26) \cdot 29,15}{36,4 + 29,15 + 26,93}$$

$$= 2,59 + j. 1,58 \text{ MVA}$$

Công suất truyền trên đoạn 3-2:

$$S_{3-2} = S_2 - S_{N2} = 2,6 + j. 1,95 - (2,59 + j. 1,58) = 0,01 + j.0,37 \text{ MVA}$$

Công suất truyền trên đoạn N-3:

$$S_{N-3} = S_3 + S_{3-2} = 3,21 + j 1,63 \text{ MVA}$$

Chọn tiết diện dây dẫn

- Lộ N-2:
$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{35\sqrt{3}} \cdot 10^3 = 46,54 \text{ A}$$

$$F_{KT} = \frac{I_{\max}}{1,3} = \frac{46,54}{1,3} = 35,8 \text{ mm}^2$$

Sử dụng dây dẫn có tiết diện tiêu chuẩn là 50 mm^2 có $I_{CP} = 210 \text{ A}$

Đối với lộ 3-2:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{35\sqrt{3}} \cdot 10^3 = 6,09 \text{ A}$$

$$F_{KT} = \frac{I_{\max}}{1,3} \cdot 10^3 = \frac{6,09}{1,3} = 4,68 \text{ mm}^2$$

Sử dụng dây dẫn có tiết diện tiêu chuẩn là 50 mm^2 có $I_{CP} = 210 \text{ A}$

- Lộ N-3:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{35\sqrt{3}} \cdot 10^3 = 59,48 \text{ A}$$

$$F_{KT} = \frac{I_{\max}}{1,3} = \frac{59,48}{1,3} = 45,75 \text{ mm}^2$$

Sử dụng dây dẫn có tiết diện tiêu chuẩn là 50 mm^2 có $I_{CP} = 210 \text{ A}$

+ Khi sự cố ở mạch N-2:

Công suất truyền trên đoạn N-3:

$$S_{N3} = S_2 + S_3 = 5,8 + j 3,21 \text{ MVA}$$

Công suất truyền trên đoạn 3-2:

$$S_{3-2} = S_2 = 2,6 + j 1,95 \text{ MVA}$$

+ Khi sự cố ở mạch N-3:

Công suất truyền trên đoạn N2:

$$S_{N2SC} = S_2 + S_3 = 5,8 + j 3,21 \text{ MVA}$$

Công suất truyền trên đoạn 2-3:

$$S_{2-3} = S_3 = 3,2 + j 1,26 \text{ MVA}$$

Như vậy dòng sự cố lớn nhất:

$$I_{\max N2} = I_{\max N4} = 34,81 \text{ A} < I_{CP}$$

$$I_{\max 2-3SC} = \frac{S_3}{35 \cdot \sqrt{3}} = 18,06 A < I_{CP}. \text{ Thỏa mãn.}$$

Tính toán tương tự cho các đường dây còn lại, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.11. Thông số của các đường dây trong mạng điện

Đường dây	Dòng điện tính toán I (A)	Tiết diện kinh tế F_{kt} (mm ²)	Dòng điện sự cố trên dây I_{sc} (A)	Dây dẫn	Dòng điện cho phép $k \times I_{cp}$ (A)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)
N--1	46,54	35,80	93,08	2AC-50	210	0,63	0,443
N--2	49,99	38,46	49,99	AC-50	210	0,63	0,443
N--3	59,48	45,75	59,48	AC-50	210	0,63	0,443
N--4	30,93	23,79	61,86	2AC-35	175	0,91	0,445
1--5	37,12	28,55	37,12	AC-35	175	0,91	0,445
N--6	21,98	16,91	43,96	2AC-35	175	0,91	0,445
3--2	6,09	4,68	18,06	AC-35	175	0,91	0,445

b). Tính tổn thất điện áp

❖ **Xác định ΔU_{maxbt} %**

❖ **Xác định ΔU_{maxbt} %**

+Tổn thất trên lộ N-2-3- N:

- Nhận thấy điểm 2 là điểm phân công suất tác dụng và phản kháng nên tổn thất từ nguồn đến nút 2 là lớn nhất ở chế độ xác lập.

Đối với lộ N -2:

$$\Delta U_{N2bt} = \frac{P_{N2} \cdot R_{N2} + Q_{N2} \cdot X_{N2}}{110^2} \cdot 100 = 6,92 \%$$

Đối với lộ N -3:

$$\Delta U_{N3bt} = \frac{P_{N3} \cdot R_{N3} + Q_{N3} \cdot X_{N3}}{110^2} \cdot 100 = 6,54 \%$$

Đối với lộ 2-3:

$$\Delta U_{2-3bt} = \frac{P_{2-3} \cdot R_{2-3} + Q_{2-3} \cdot X_{2-3}}{110^2} \cdot 100 = 0,39 \%$$

Vậy $\Delta U_{N-3-2-Nbt} = \max(\Delta U_{N2bt} ; \Delta U_{N3bt} + \Delta U_{3-2bt}) = 6,93\%$

- Trong chế độ sự cố:

❖ **Xác định $\Delta U_{maxsc} \%$**

* **Mạng kín N-2-3- N**

Khi sự cố trên đoạn N-2:

$$\Delta U_{N3} = \frac{(P_2 + P_3).R_{N3} + (Q_2 + Q_3).X_{N3}}{35^2} \cdot 100 = 12,09$$

$$\Delta U_{3-2} = \frac{P_2.R_{3-2} + Q_2.X_{3-2}}{110^2} \cdot 100 = 7,11 \%$$

Khi sự cố trên đoạn N3:

$$\Delta U_{N2} = \frac{(P_2 + P_3).R_{N2} + (Q_2 + Q_3).X_{N2}}{110^2} \cdot 100 = 15,09 \%$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{P_3.R_{2-3} + Q_3.X_{2-3}}{35^2} \cdot 100 = 7,64 \%$$

Vậy: $\Delta U_{N2-3-Nsc} = 15,09 + 7,64 = 22,73 \%$

Tính toán tương tự cho các đường dây còn lại, kết quả thể hiện trong bảng:

Bảng 2.12 : Kết quả phương án V

Lộ ĐĐ	N-1	3-2	N-3	N-4	1-5	N-6	2-3
$\Delta U_{bt} \%$	5,35	6,92	6,54	4,44	5,56	5,64	0,39
$\Delta U_{sc} \%$	10,70	15,09	12,09	8,88	5,56	11,29	7,64

Vậy tổn thất điện áp lớn nhất trong phương án V:

$$\Delta U_{bt} \% = \Delta U_{N-1-5 \text{ bt}} \% = 10,91 \%$$

$$\Delta U_{sc} \% = \Delta U_{N2-3-Nsc} = 22,73 \%$$

Để thuận tiện khi so sánh các phương án về kỹ thuật, các giá trị tổn thất điện áp cực đại của các phương án được tổng hợp ở bảng 2.8.

Bảng 2.13: Chỉ tiêu kỹ thuật của các phương án so sánh

Tổn thất điện áp	Phương án				
	I	II	III	IV	V
$\Delta U_{\max bl} \%$	10,91	10,91	11,59	11,59	10,91
$\Delta U_{\max sc} \%$	16,26	16,26	17,63	17,63	22,73

Vậy các phương án 1, 2, 3, 4 đạt yêu cầu về kỹ thuật

IV. TÍNH TOÁN CHỈ TIÊU KINH TẾ

Vì các phương án so sánh của mạng điện có cùng điện áp định mức, do đó để đơn giản không cần tính vốn đầu tư vào các trạm hạ áp.

* Chỉ tiêu kinh tế được sử dụng khi so sánh các phương án là các chi phí tính toán hàng năm, được xác định theo công thức:

$$Z = (a_{tc} + a_{vhd}) \cdot K_d + \Delta A \cdot c$$

Trong đó: a_{tc} là hệ số hiệu quả của vốn đầu tư ; $a_{tc} = 0,125$

a_{vhd} là hệ số vận hành đối với các đường dây trong mạng điện ; $a_{vhd} = 0,04$

K_d là tổng các vốn đầu tư về đường dây

ΔA là tổng tổn thất điện năng hàng năm

c là giá 1kWh điện năng tổn thất ; $c = 500\text{đ/kWh}$

* Đối với các đường dây trên không hai mạch đặt trên cùng một cột, tổng vốn đầu tư để xây dựng các đường dây có thể xác định theo công thức:

$$K_d = \sum 1,6 \cdot k_{0i} \cdot l_i$$

Trong đó: k_{0i} là giá thành 1km đường dây một mạch. đ/km

l_i là chiều dài đoạn đường dây thứ i, km

* Tổn thất điện năng trên đường dây được xác định theo công thức:

$$\Delta A = \sum \Delta P_{i \max} \cdot \tau$$

Trong đó: $\Delta P_{i \max}$ là tổn thất công suất trên đường dây thứ i khi phụ tải cực đại
 τ là thời gian tổn thất công suất cực đại

- Tổn thất công suất trên đường dây thứ i có thể tính:

$$\sum \Delta P_{i \max} = \frac{P_{i \max}^2 + Q_{i \max}^2}{U_{dm}^2} \times R_i$$

Trong đó: U_{dm} là điện áp định mức của mạng điện;

$P_{i \max}$, $Q_{i \max}$ là công suất tác dụng và phản kháng chạy trên đường dây trong chế độ phụ tải cực đại;

R_i là điện trở tác dụng của đường dây thứ i.

- Thời gian tổn thất công suất cực đại có thể tính:

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

T_{\max} là thời gian sử dụng phụ tải cực đại trong năm

1) Phương án I

• **Tính tổn thất công suất tác dụng trên đường dây**

- Tổn thất công suất tác dụng trên đường dây N-1:

$$\Delta P_{N-1} = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{110^2} \times R_{N-1} = \frac{5^2 + 2,61^2}{110^2} \times \frac{0,63 \cdot 30,41}{2} = 0,25 MW$$

- Tổn thất công suất trên các đường dây còn lại được tính tương tự

• **Tính vốn đầu tư xây dựng mạng điện**

Giả thiết rằng các đường dây trên không hai mạch được đặt trên cùng cột thép.

- Vốn đầu tư xây dựng đường dây N-1

$$K_1 = 1,6 \times 286 \cdot 10^6 \times 30,41 = 13917,36 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

- Vốn đầu tư xây dựng các đường dây còn lại được tính tương tự

Ta có bảng sau kết quả tính toán sau:

Bảng 2.14: Tổn thất công suất và vốn đầu tư xây dựng các đường dây của phương án I

Lộ ĐZ	P _i (MW)	Q _i (MW)	l (km)	r ₀ (Ω/km)	k ₀ 10 ⁶ đ/km	ΔP	K _i (10 ⁶ đ)
N--1	5,00	2,61	30,41	0,63	286	0,25	13917,36
N--2	2,60	1,95	36,40	0,91	272	0,14	15841,52
N--3	3,20	1,26	29,15	0,91	272	0,13	12688,15
N--4	3,00	2,25	29,15	0,91	272	0,15	12688,15
1--5	1,80	1,35	30,41	0,91	272	0,11	8272,56
N--6	2,50	0,92	51,48	0,91	272	0,14	13917,36
Tổng						0,92	85811,03

• **Xác định chi phí vận hành hàng năm**

* Tổng các chi phí vận hành hàng năm được xác định theo công thức:

$$Y = a_{vhd} \cdot K_d + \Delta A \cdot c$$

- Thời gian tổn thất công suất lớn nhất bằng:

$$\tau = (0,124 + 2600 \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 = 1291,71 \text{ h}$$

- Tổn thất điện năng trong mạng điện:

$$\Delta A = \Sigma \Delta P_{i \max} \cdot \tau = 0,92 \times 1291,71 = 1191,52 \text{ MWh}$$

- Chi phí vận hành hàng năm bằng:

$$Y = 0,04 \cdot 85811,03 \cdot 10^6 + 1191,52 \cdot 10^3 \cdot 500 = 6602,53 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

* Chi phí tính toán hàng năm:

$$Z = a_{vhd} \cdot K_d + Y = 0,125 \times 85811,03 \cdot 10^6 + 6602,53 \cdot 10^6 = 14754,58 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

2) Phương án II

Bảng 2.15: Tổn thất công suất và vốn đầu tư xây dựng các đường dây của phương án II

Lộ ĐZ	P _i (MW)	Q _i (MW)	l (km)	r ₀ (Ω/km)	k ₀ 10 ⁶ đ/km	ΔP	K _i (10 ⁶ đ)
N--1	5,00	2,61	30,41	0,63	286	0,25	13917,36
N--2	2,60	1,95	36,40	0,91	272	0,14	15841,52
N--3	5,70	2,19	29,15	0,63	286	0,28	13341,22
N--4	3,00	2,25	29,15	0,91	272	0,15	12688,15
1--5	1,80	1,35	30,41	0,91	272	0,11	8272,56
3--6	2,50	0,92	30,00	0,91	272	0,08	13056,00
Tổng						1,02	77116,81

- Tổn thất điện năng trong mạng điện:

$$\Delta A = \sum \Delta P_{i \max} \cdot \tau = 1313,69 \text{ MWh}$$

- Chi phí vận hành hàng năm bằng:

$$Y = 6055,02 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

* Chi phí tính toán hàng năm:

$$Z = a_{tc} \cdot K_d + Y = 13381,12 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

3) Phương án III

Bảng 2.15: Tổn thất công suất và vốn đầu tư xây dựng các đường dây của phương án III

Lộ ĐZ	P_i (MW)	Q_i (MW)	l (km)	r_0 (Ω /km)	k_0 10^6 đ/km	ΔP	K_i (10^6 đ)
N--1	2,00	7,50	3,54	30,41	300	0,38	14598,63
N--2	2,00	2,60	1,95	36,40	272	0,14	15841,52
N--3	2,00	3,20	1,26	29,15	272	0,13	12688,15
N--4	2,00	3,00	2,25	29,15	272	0,15	12688,15
1--5	1,00	1,80	1,35	30,41	272	0,11	8272,56
1--6	2,00	2,50	0,92	33,54	272	0,09	14597,05
		Tổng				1,01	78686,06

- Tổn thất điện năng trong mạng điện:

$$\Delta A = \sum \Delta P_{i_{\max}} \cdot \tau = 1304,96 \text{ MWh}$$

- Chi phí vận hành hàng năm bằng:

$$Y = 6160,5 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

* Chi phí tính toán hàng năm:

$$Z = a_{tc} \cdot K_d + Y = 13635,68 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

4) Phương án IV

Bảng 2.16: Tổn thất công suất và vốn đầu tư xây dựng các đường dây của phương án IV

Lộ ĐZ	P _i (MW)	Q _i (MW)	l (km)	r ₀ (Ω/km)	k ₀ 10 ⁶ đ/km	ΔP	K _i (10 ⁶ đ)
N--1	2,00	7,50	3,54	30,41	300	0,38	14598,63
3--2	2,00	2,60	1,95	26,93	272	0,11	11718,12
N--3	2,00	5,80	3,21	29,15	286	0,33	13341,22
N--4	2,00	3,00	2,25	29,15	272	0,15	12688,15
1--5	1,00	1,80	1,35	30,41	272	0,11	8272,56
1--6	2,00	2,50	0,92	33,54	272	0,09	14597,05
Tổng						1,17	75215,73

- Tổn thất điện năng trong mạng điện:

$$\Delta A = \sum \Delta P_{i_{\max}} \cdot \tau = 1517,18 \text{ MWh}$$

- Chi phí vận hành hàng năm bằng:

$$Y = 6023,69 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

* Chi phí tính toán hàng năm:

$$Z = a_{tc} \cdot K_d + Y = 13169,18 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của cả 5 phương án so sánh được tổng hợp trong bảng 2.12.

Bảng 2.12: Tổng hợp các chỉ tiêu KT - KT của các phương án so sánh

Các chỉ tiêu	Phương án				
	I	II	III	IV	V
$\Delta U_{\max bt} \%$	10,91	10,91	11,59	11,59	10,91
$\Delta U_{\max sc} \%$	16,26	16,26	17,63	17,63	22,73
Z.10 ⁶ đ	14754,58	13381,12	13635,68	13169,18	-

Từ bảng trên ta nhận thấy phương án III và phương án IV có chi phí tính toán chênh lệch nhau không quá 5%, trong đó phương án II có tổn thất điện áp nhỏ nên ta chọn phương án II là phương án thiết kế.

CHƯƠNG III

CHỌN MÁY BIẾN ÁP TRONG CÁC TRẠM HẠ ÁP -
CHỌN SƠ ĐỒ CỦA CÁC TRẠM BIẾN ÁP -
SƠ ĐỒ NỐI DÂY TOÀN MẠNG ĐIỆN

I. CHỌN SỐ LƯỢNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA CÁC MÁY BIẾN ÁP

Với các phụ tải là loại 1 thì trong mỗi trạm hạ áp cần phải đặt 2 máy biến áp, với các phụ tải là loại 3 thì trong mỗi trạm hạ áp cần phải đặt 1 máy biến áp.

Trong trường hợp tổng quát, trạm có n máy biến áp làm việc nếu xảy ra sự cố 1 máy biến áp thì các máy biến áp còn lại phải cung cấp đủ công suất cho các phụ tải loại I đồng thời cho phép các máy biến áp làm việc quá tải với $k = 40\%S_{dm}$ hay $k = 1,4S_{dm}$ và cho phép quá tải trong 5 ngày đêm, mỗi ngày không quá 6 giờ.

Công suất của mỗi máy biến áp được xác định theo CT :

- Trong trường hợp có 2 máy

$$S_b \geq \frac{S_{max}}{k(n-1)}$$

$$\text{Khi } \begin{cases} n = 2 \\ k = 1,4 \end{cases} \Rightarrow S_b \geq \frac{S_{max}}{1,4(2-1)} = \frac{S_{max}}{1,4}$$

- Trong trường hợp có 1 máy

$$S_b \geq \frac{S_{max}}{1}$$

- Chọn máy biến áp cho trạm số 1:

$$S_{b1} \geq \frac{S_{N-1}}{1,4} = \frac{\sqrt{3,2^2 + 1,26^2}}{1,4} = 2,46MVA$$

Tra bảng chọn được máy biến áp cho trạm số 1 là : TMH-2500/35.

- Các trạm còn lại tính tương tự.

Bảng 3.1 : Bảng tổng kết chọn máy biến áp các phụ tải

Phụ tải	1	2	3	4	5	6
S_{tt} , MVA	2,46	2,32	2,46	2,68	2,25	1,90
S_{dmB} , MVA	2,5	2,5	2,5	4	2,5	2,5

Từ các máy biến áp vừa tìm được tra bảng số liệu máy biến áp ta có bảng sau :

Bảng 3.2 : Số liệu tính toán của các máy biến áp

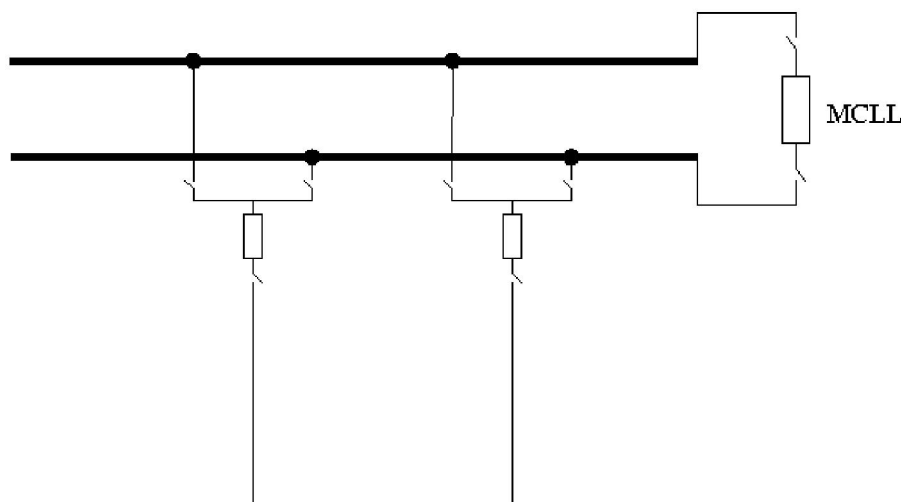
MBA	các số liệu kỹ thuật						Số liệu tính toán		
	U_{m} (kV)		$U_n\%$	P_n (kW)	P_0 (kW)	$I_0\%$	R (Ω)	X(Ω)	Q_0 (kVAr)
	Cao	Hạ							
TMH-4000/35.	35	10,5	7,50	33,50	6,70	1	2,80	25,20	40,00
TMH-2500/35.	35	10,5	6,50	24,25	5,10	1,1	5,20	35,00	27,50
TMH-1600/35.	35	10,5	6,50	17,25	3,15	1,4	9,10	54,90	22,40

II. CHỌN CÁC SƠ ĐỒ TRẠM VÀ VẼ SƠ ĐỒ MẠNG ĐIỆN

Sơ đồ nối các trạm gồm có: trạm nguồn và các trạm hạ áp.

1. Trạm nguồn

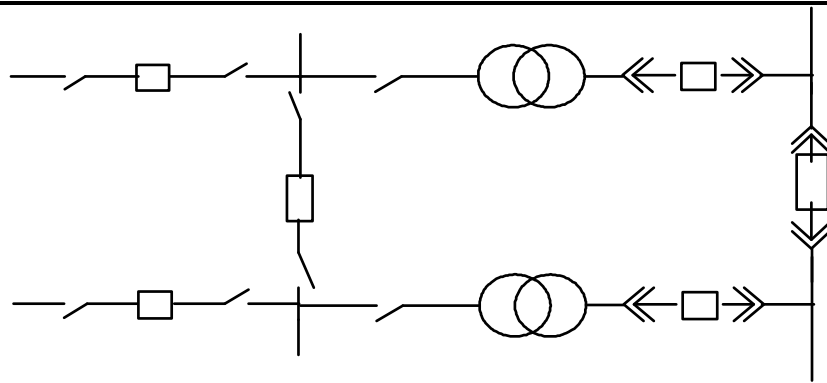
Do phụ tải là các hộ tiêu thụ loại 1 nên để đảm bảo cung cấp điện an toàn và liên tục ta sử dụng sơ đồ hai hệ thống 2 thanh góp.



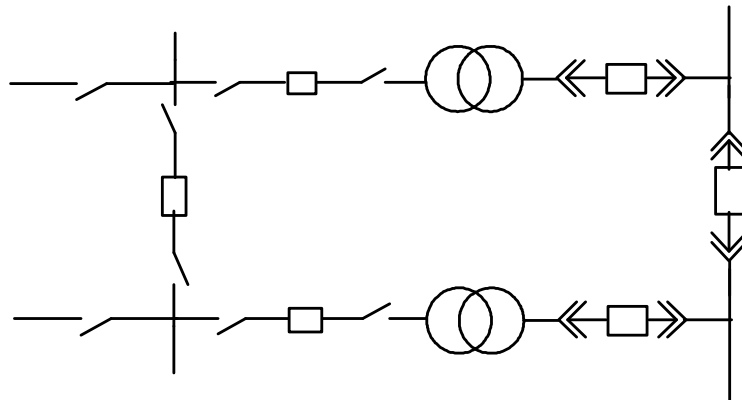
2. Trạm cuối

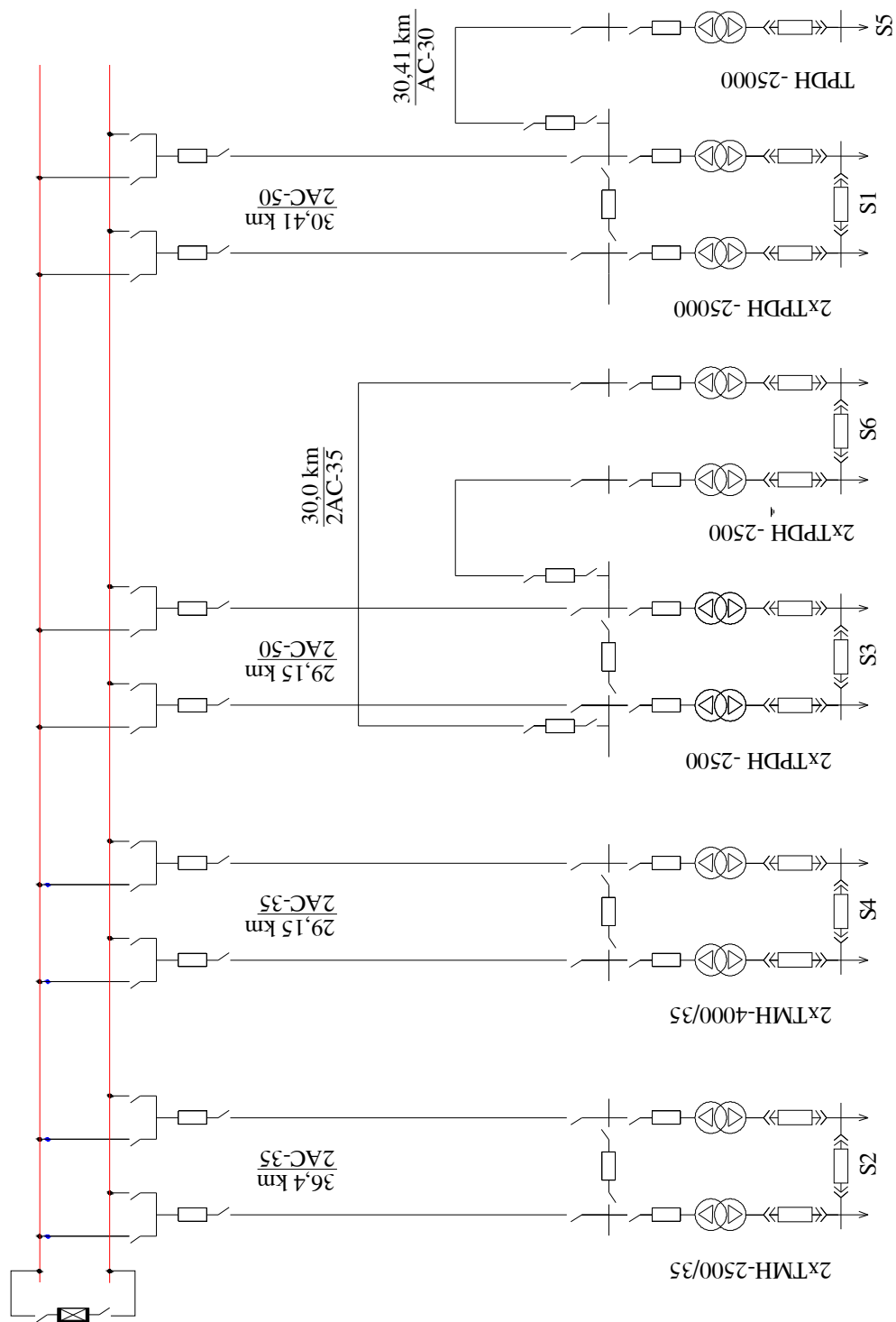
Ở trạm cuối có các trường hợp xảy ra như sau:

- Nếu đường dây dài ($l \geq 70$ km) và trên đường dây hay xảy ra sự cố. Khi đó các máy cắt đặt ở cuối đường dây (dùng sơ đồ cầu máy cắt):



- Nếu đường dây ngắn ($l < 70$ km) và ít xảy ra sự cố thì máy cắt đặt phía máy biến áp. Mục đích để thao tác đóng cắt máy biến áp theo chế độ công suất của trạm (phụ tải cực đại, phụ tải cực tiểu của trạm). Khi đó sơ đồ của trạm cuối:





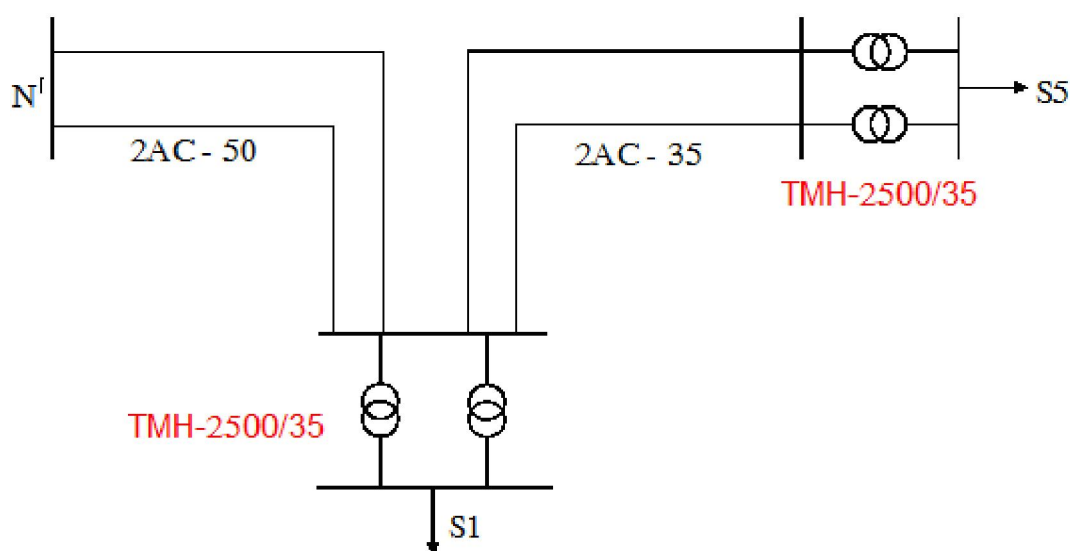
CHƯƠNG IV CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH CỦA MẠNG ĐIỆN

I. CHẾ ĐỘ PHỤ TẢI CỰC ĐẠI

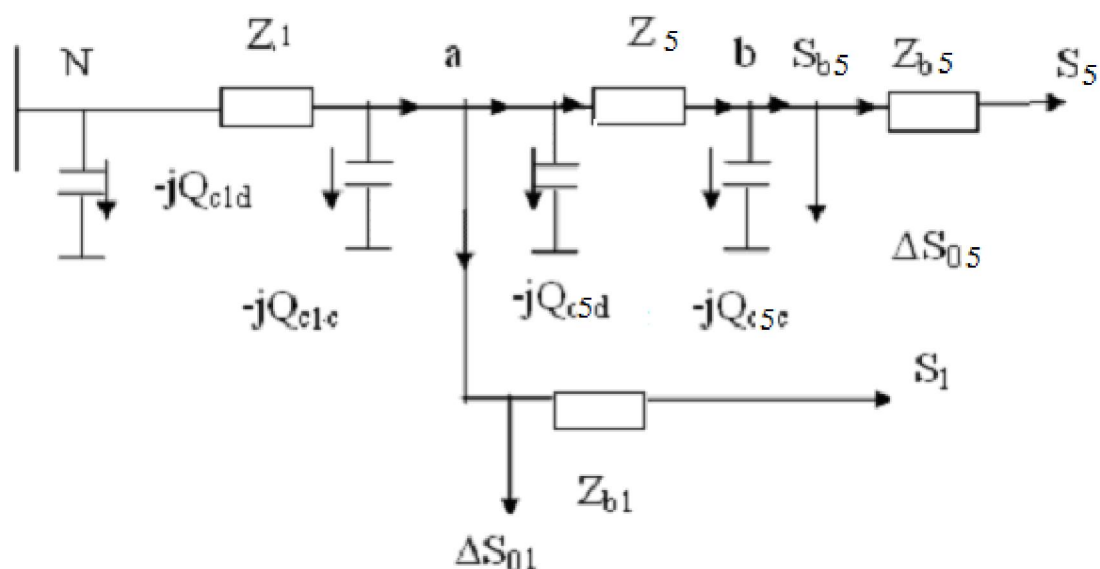
Nội dung của phần này là phải xác định các trạng thái vận hành điển hình của mạng điện, cụ thể là phải tính chính xác tình trạng phân bố công suất trên các đoạn đường dây của mạng điện trong biến áp trạng thái: phụ tải cực đại, phụ tải cực tiểu và sự cố. Trong mỗi trạng thái đều tính đầy đủ các tổn thất thực tế vận hành đồng thời cũng phải kể cả đến công suất phản kháng do đường dây sinh ra. Dưới đây ta tính toán cho từng lộ đường dây riêng biệt trong các trạng thái vận hành của nó và có quy ước sau:

- Sau khi vẽ sơ đồ thay thế, ta lần lượt tính từ phụ tải ngược lên đầu nguồn, tại mỗi điểm ta đều ghi rõ trị số của các dòng công suất.
- Phụ tải nếu có bù kinh tế thì dùng phụ tải sau khi đã bù
- Vì điện áp tại phụ tải chưa biết, nên trong quá trình tính ngược lên để tìm công suất đầu nguồn, ta dùng điện áp định mức của mạng điện để tính.

1. Đoạn N-1-5:



Sơ đồ thay thế của mạng điện:



$$Z_{1-5} = l_3(r_0 + j x_0) = 13,65 + j 6,68 \ \Omega$$

$$\frac{B_5}{2} = \frac{1}{2} b_0 \cdot l_2 = 0,77 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

$$Z_{N1} = \frac{1}{2} l_1 (r_0 + j x_0) = 9,58 + j 6,74 \ \Omega$$

$$\frac{B_1}{2} = b_0 \cdot l_1 = 0,80 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

❖ Máy biến áp B₁:

$$\Delta \dot{S}_0 = 2(\Delta P_0 + \Delta Q_0) = 2(5,1 + j 27,5) \cdot 10^{-3} = 0,01 + j 0,06 \text{ MVA}$$

$$Z_b = \frac{1}{2} (R_b + j X_b) = \frac{1}{2} (52 + j 35) = 2,6 + j 17,5 \ \Omega$$

❖ Máy biến áp B₅:

$$\Delta \dot{S}_0 = 2(\Delta P_0 + \Delta Q_0) = 2(5,1 + j 27,5) \cdot 10^{-3} = 0,01 + j 0,06 \text{ MVA}$$

$$Z_b = \frac{1}{2} (R_b + j X_b) = \frac{1}{2} (52 + j 35) = 2,6 + j 17,5 \ \Omega$$

Vì biết điện áp ở đầu đường dây và công suất phụ tải nên tính chế độ được thực hiện theo 2 giai đoạn

a) *Giai đoạn I* :

Tổn thất công suất trong máy biến áp B₅:

$$\Delta \dot{S}_{b5} = \frac{P_5^2 + Q_5^2}{U_{dm}^2} Z_{b5} = \frac{1,8^2 + 1,35^2}{35^2} (2,6 + j 17,5) = 0,02 + j 0,14 \text{ MVA}$$

– Dòng công suất trước tổng trở của máy biến áp B₅:

$$\dot{S}_{b5} = \dot{S}_5 + \Delta \dot{S}_{b5} = 1,8 + j 1,35 + 0,02 + j 0,14 = 1,82 + j 1,49 \text{ MVA}$$

- Dòng công suất vào cuộn dây cao áp máy biến áp B₅ :

$$\dot{S}_{c5} = \dot{S}_{b5} + \Delta \dot{S}_{05} = 1,82 + j 1,49 + 0,01 + j 0,06 = 1,83 + j 1,52 \text{ MVA}$$

- Công suất điện dung ở cuối đường dây 1-5 :

$$Q_{c5c} = U_{dm}^2 \frac{B_5}{2} = 35^2 \cdot 0,39 \cdot 10^{-4} = 0,05 \text{ MVar}$$

- Công suất sau tổng trở đường dây 1-5 :

$$\dot{S}_{1-5}'' = \dot{S}_{c5} - j Q_{c5c} = 1,83 + j 1,52 - j 0,05 = 1,83 + j 1,47 \text{ MVA}$$

- Tổn thất công suất trên đường dây 1-5:

$$\Delta \dot{S}_{d1-5} = \frac{(P_{1-5}'')^2 + (Q_{1-5}'')^2}{U_{dm}^2} \cdot Z_{1-5} = \frac{1,83^2 + 1,47^2}{35^2} (13,65 + j 6,68) = 0,12 + j 0,06 \text{ MVA}$$

- Công suất trước tổng trở đường dây 1-5:

$$\dot{S}_{1-5}' = \dot{S}_{1-5}'' + \Delta \dot{S}_{d1-5} = 1,83 + j 1,47 + 0,12 + j 0,06 = 1,95 + j 1,49 \text{ MVA}$$

- Công suất điện dung ở đầu đường dây 1-5:

$$Q_{c5d} = Q_{c5c} = 0,05 \text{ MVar}$$

- Công suất đầu đường dây 1-5:

$$\dot{S}_{1-5} = \dot{S}_{1-5}' - j Q_{c5d} = 1,95 + j 1,49 - j 0,05 = 1,95 + j 1,44 \text{ MVA}$$

Tổn thất công suất trong máy biến áp B₁:

$$\Delta \dot{S}_{b1} = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_{dm}^2} Z_{b1} = \frac{3,2^2 + 1,26^2}{35^2} (2,6 + j 17,5) = 0,03 + j 0,17 \text{ MVA}$$

- Dòng công suất trước tổng trở của máy biến áp B₁ :

$$\dot{S}_{b1} = \dot{S}_1 + \Delta \dot{S}_{b1} = 3,2 + j 1,26 + 0,03 + j 0,17 = 3,23 + j 1,43 \text{ MVA}$$

- Dòng công suất vào cuộn dây cao áp máy biến áp B₁ :

$$\dot{S}_{c1} = \dot{S}_{b1} + \Delta \dot{S}_{01} = 3,23 + j 1,43 + 0,01 + j 0,06 = 3,24 + j 1,49 \text{ MVA}$$

- Công suất điện dung ở cuối đường dây N-1 :

$$Q_{c1c} = U_{dm}^2 \frac{B_1}{2} = 35^2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-4} = 0,1 \text{ MVar}$$

- Công suất sau tổng trở đường dây N-1:

$$\begin{aligned} \dot{S}_{N-1}'' &= \dot{S}_{c1} + \dot{S}_{1-5} - jQ_{c1} = 3,24 + j1,49 + 1,95 + j1,44 - j0,1 \\ &= 5,19 + j2,88 \text{ MVA} \end{aligned}$$

- Tổn thất công suất trên đường dây :

$$\Delta \dot{S}_{d1} = \frac{(P_{N-1}'')^2 + (Q_{N-1}'')^2}{U_{dm}^2} \cdot Z_{d1} = \frac{5,19^2 + 2,88^2}{35^2} (9,58 + j6,74) = 0,28 + j0,19 \text{ MVA}$$

- Công suất trước tổng trở đường dây N-1:

$$S_{N-1}' = S_{N-1}'' + \Delta S_{d1} = 5,19 + j2,88 + 0,28 + j0,19 = 5,46 + j3,07 \text{ MVA}$$

- Công suất điện dung ở đầu đường dây :

$$Q_{c1d} = Q_{c1c} = 0,1 \text{ MVar}$$

- Công suất đầu đường dây :

$$S_{N-1} = S' - jQ_{cd} = 5,46 + j3,07 - j0,1 = 5,46 + j2,97 \text{ MVA}$$

b) Giai đoạn II : Tính điện áp các nút

- Tổn thất điện áp trên đường dây N-1

$$\Delta U_{dN-1} = \frac{P_{N-1}' \cdot R_{d1} + Q_{N-1}' \cdot X_{d1}}{U_{CS}} = \frac{5,46 \cdot 9,58 + 3,07 \cdot 6,74}{38,5} = 1,9 \text{ kV}$$

- Điện áp tại nút a:

$$U_a = U_{cs} - U_{d1} = 38,5 - 1,9 = 36,6 \text{ kV}$$

- Tổn thất điện áp trong máy biến áp B₁ :

$$\Delta U_{b1} = \frac{P_{b1} \cdot R_{b1} + Q_{b1} \cdot X_{b1}}{U_a} = \frac{3,23 \cdot 2,6 + 1,43 \cdot 17,5}{36,6} = 0,91 \text{ kV}$$

- Điện áp trên thanh góp hạ áp MBA B₁ đã quy đổi về phía điện áp cao :

$$U'_1 = U_a - \Delta U_{b1} = 36,6 - 0,91 = 35,69 \text{ kV}$$

Ta có bảng tổng kết sau

Bảng kết quả tính điện áp và tổn thất điện áp trong chế độ phụ tải cực đại.

Bảng 4.1: Các dòng công suất và tổn thất công suất trong tổng trở máy biến áp và trên đường dây nối với nhà máy điện

Đường dây	S (MVA)	S' (MVA)	S'' (MVA)	S _B (MVA)
N--1	5,46 +j 2,97	5,46 +j 3,07	5,19 +j 2,88	3,23 +j 1,43
N--2	2,78 +j 2,00	2,78 +j 2,11	2,63 +j 2,04	2,62 +j 2,10
N--3	6,14 +j 2,44	6,14 +j 2,53	5,84 +j 2,32	3,23 +j 1,43
N--4	3,19 +j 2,37	3,19 +j 2,46	3,03 +j 2,38	3,02 +j 2,39
1--5	1,95 +j 1,49	1,95 +j 1,53	1,83 +j 1,47	1,82 +j 1,49
3--6	2,61 +j 0,93	2,61 +j 1,02	2,53 +j 0,98	2,52 +j 1,02

Bảng 4.2: Điện áp các nút, tổn thất điện áp

Phụ tải	1	2	3	4	5	6
U _i , kV	35,69	35,68	35,70	36,06	32,77	34,76

II. CHẾ ĐỘ PHỤ TẢI CỰC TIỂU

Ta có công suất phụ tải ở chế độ này như sau:

Bảng 4.3 : Công suất các phụ tải khi cực tiểu

Phụ tải \ Công suất	Phụ tải					
	1	2	3	4	5	6
P _{min}	2,00	1,00	1,50	2,00	1,90	1,50
Q _{min}	0,79	0,75	0,59	1,50	1,43	0,55

Trong chế độ này có thể cắt bớt 1 máy biến áp trong các trạm song cần thỏa mãn điều kiện:

$$S_{pt} < S_{gh} = S_{dm} \sqrt{\frac{m(m-1)\Delta P_0}{\Delta P_n}}$$

- **Trạm số 1**

$$S_{pt1} = \sqrt{P_{1min}^2 + Q_{1min}^2} = 2,38 \text{ MVA}$$

$$S_{gh1} = S_{dm} \sqrt{\frac{m(m-1)\Delta P_0}{\Delta P_n}} = 2,5 \sqrt{\frac{2.5,1}{24,25}} = 1,62 \text{ MVA}$$

• **Các trạm còn lại tính tương tự**

Ta có bảng tổng kết sau:

Bảng 4.4: Giá trị S_{pt} và S_{gh} của các trạm hạ áp

Phụ tải	1	2	3	4	6
S_{gh} , MVA	1,62	1,62	1,62	2,53	1,62
S_{pt} , MVA	2,15	1,25	1,61	2,50	1,6

Từ bảng trên ta thấy ở chế độ phụ tải cực tiểu ta có thể cắt bớt 1 máy biến áp ở các trạm 2, 3, 4, 6.

Tính toán tương tự cho các nhánh còn lại kết quả trình bày trong bảng:

Bảng 4.4: Các dòng công suất và tổn thất công suất trong tổng trở máy biến áp và trên đường dây nối với nhà máy điện

Đường dây	S (MVA)	S' (MVA)	S'' (MVA)	S_B (MVA)
N--1	4,26 +j 2,42	4,26 +j 2,52	4,09 +j 2,40	2,01 +j 0,86
N--2	1,03 +j 0,60	1,03 +j 0,72	1,01 +j 0,71	1,01 +j 0,79
N--3	3,14 +j 1,04	3,14 +j 1,13	3,06 +j 1,08	1,51 +j 0,67
N--4	2,09 +j 1,52	2,09 +j 1,61	2,02 +j 1,58	2,01 +j 1,63
1--5	2,07 +j 1,59	2,07 +j 1,63	1,93 +j 1,57	1,92 +j 1,59
3--6	1,55 +j 0,48	1,55 +j 0,57	1,52 +j 0,56	1,51 +j 0,63

Bảng kết quả tính điện áp và tổn thất điện áp trong chế độ phụ tải cực tiểu.

Bảng 4.5: Điện áp các nút, tổn thất điện áp

Phụ tải	1	2	3	4	5	6
U'_i , kV	32,74	33,38	33,05	32,53	28,85	32,34

III. CHẾ ĐỘ SAU SỰ CỐ

Xét trường hợp sự cố khi ngừng một mạch trên các dây nối từ nguồn cung cấp đến các phụ tải và không xét sự cố xếp chồng.

Bảng 4.7: Các dòng công suất và tổn thất công suất trong tổng trở máy biến áp và trên đường dây nối với nhà máy điện

Đường dây	S (MVA)	S' (MVA)	S'' (MVA)	S _B (MVA)
N--1	5,74 +j 3,27	5,74 +j 3,32	5,19 +j 2,93	3,23 +j 1,43
N--2	2,94 +j 2,19	2,94 +j 2,25	2,63 +j 2,10	2,62 +j 2,10
N--3	6,44 +j 2,74	6,44 +j 2,79	5,84 +j 2,37	3,23 +j 1,43
N--4	3,36 +j 2,54	3,36 +j 2,59	3,03 +j 2,43	3,02 +j 2,39
1--5	1,95 +j 1,49	1,95 +j 1,53	1,83 +j 1,47	1,82 +j 1,49
3--6	2,61 +j 0,93	2,61 +j 1,02	2,53 +j 0,98	2,52 +j 1,02

Bảng kết quả tính điện áp và tổn thất điện áp trong chế độ sau sự cố.

Bảng 4.8: Điện áp các nút, tổn thất điện áp

Phụ tải	1	2	3	4	5	6
U _i , kV	33,51	33,78	33,52	34,34	30,40	32,53

CHƯƠNG V
CHỌN PHƯƠNG THỨC ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP
TRONG CÁC TRẠM BIẾN ÁP

Trong hệ thống điện, do đường dây truyền tải điện năng dài nên tổn thất điện năng trên đường dây truyền tải điện năng từ nguồn đến các hộ tiêu thụ có giá trị lớn. Đồng thời sự thay đổi phụ tải từ giá trị lớn nhất đến giá trị nhỏ nhất dẫn đến sự thay đổi giá trị điện áp do đó ta cần phải tiến hành điều chỉnh điện áp để đảm bảo các chế độ yêu cầu của điện áp. Các hộ phụ tải ở đồ án môn học này là các hộ tiêu thụ loại I có yêu cầu điều chỉnh điện áp khác thường nên ta phải dùng máy biến áp điều chỉnh dưới tải và độ lệch cho phép trên thanh góp hạ áp của trạm được quy định như sau:

- Trong chế độ phụ tải lớn nhất : $dU\% = +5 \%$
- Trong chế độ phụ tải nhỏ nhất : $dU\% = 0 \%$
- Trong chế độ sau sự cố : $dU\% = 0 \div +5 \%$

Dựa vào yêu cầu điều chỉnh của phụ tải ta xác định được điện áp yêu cầu của các hộ phụ tải như sau:

$$U_{ycmax} = U_{dm} + 0,05.U_{dm} = 10 + 0,05.10 = 10,5 \text{ kV}$$

$$U_{ycmin} = U_{dm} = 10 \text{ kV}$$

$$U_{yesc} = U_{dm} + 0,05.U_{dm} = 10 + 0,05.10 = 10,5 \text{ kV}$$

Bảng 5.1 : Chế độ điện áp trên các thanh góp hạ áp quy đổi về phía cao áp

TBA	U_{qmax} , kV	U_{qmin} , kV	U_{qsc} , kV
1	35,69	32,74	33,51
2	35,68	33,38	33,78
3	35,70	33,05	33,52
4	36,06	32,53	34,34
5	32,77	28,85	30,40
6	34,76	32,34	32,53

Bảng 5.2: Thông số điều chỉnh của máy biến áp điều chỉnh dưới tải

Thứ tự đầu điều chỉnh	Điện áp bổ sung (kV)	Điện áp đầu điều chỉnh (kV)
1	5	40
2	2,5	37,5
3	0	35
4	-2,5	32,5
5	-5	30

1. Chế độ phụ tải cực đại

- Trạm biến áp 1:

$$U_{dc\max} = \frac{U_{q\max} \cdot U_{hdm}}{U_{yeln}} = \frac{35,69 \times 11}{10,5} = 37,39 \text{ kV}$$

⇒ Chọn đầu điều chỉnh tiêu chuẩn $n = 2 : U_{tc\max} = 37,5 \text{ (kV)}$

- Điện áp thực trên thanh góp hạ áp :

$$U_{t\max} = \frac{U_{q\max} \cdot U_{hdm}}{U_{tc\max}} = \frac{35,69 \times 11}{37,5} = 10,47 \text{ kV}$$

- Độ lệch điện áp :

$$\Delta U_{1\max} \% = \frac{U_{t\max} - U_{dm}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{10,47 - 10}{10} \cdot 100 = 4,7\%$$

⇒ Thỏa mãn điều kiện điều chỉnh điện áp

- Các trạm biến áp còn lại : Tính tương tự

Bảng 5.3 : Kết quả tính điều chỉnh điện áp ở chế độ cực đại

Phụ tải	$U_{dc\max}$	$U_{tc\max}$	$U_{t\max}$	$\Delta U_{\max} \%$
1	37,388	37,50	10,469	4,69
2	37,375	37,50	10,465	4,65
3	37,396	37,50	10,471	4,71
4	37,773	37,50	10,576	5,76
5	34,334	35,00	10,300	3,00
6	36,418	37,50	10,197	1,97

2. Chế độ phụ tải cực tiểu

Bảng 5.4 : Kết quả tính điều chỉnh điện áp ở chế độ cực tiểu

Phụ tải	U_{demin}	U_{temin}	U_{tmin}	$\Delta U_{min} \%$
1	36,015	37,50	9,604	-3,96
2	36,722	37,50	9,792	-2,08
3	36,353	37,50	9,694	-3,06
4	35,785	35,00	10,224	2,24
5	31,737	32,50	9,765	-2,35
6	35,571	35,00	10,163	1,63

3. Chế độ sau sự cố

Bảng 5.5: Kết quả tính điều chỉnh điện áp ở chế độ sau sự cố

Phụ tải	U_{dsc}	U_{tsc}	U_{tsc}	$\Delta U_{\text{sc}} \%$
1	35,106	35,00	10,532	5,32
2	35,390	35,00	10,617	6,17
3	35,118	35,00	10,535	5,35
4	35,977	35,00	10,793	7,93
5	31,849	32,50	10,290	2,90
6	34,076	35,00	10,223	2,23

CHƯƠNG VI

CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT CỦA MẠNG ĐIỆN

I. VỐN ĐẦU TƯ XÂY DỰNG MẠNG ĐIỆN

Tổng vốn đầu tư để xây dựng mạng điện:

$$K = K_d + K_t$$

Trong đó:

- K_d là tổng vốn đầu tư xây dựng đường dây trong mạng điện; đã tính ở mục II chương III:

$$K_d = 77,12 \cdot 10^9 \text{ đ}$$

- K_t là tổng vốn đầu tư xây dựng các trạm biến áp trong mạng điện trong đó:

$$K_t = 125,4 \cdot 10^9 \text{ đ}$$

Vậy ta có:

$$K = 77,12 \cdot 10^9 + 125,4 \cdot 10^9 = 202,52 \cdot 10^9 \text{ đ}$$

II. TỔN THẤT CÔNG SUẤT TÁC DỤNG TRONG MẠNG ĐIỆN

Tổn thất công suất tác dụng trong mạng điện gồm có tổn thất công suất trên đường dây và tổn thất công suất tác dụng trong các trạm biến áp ở chế độ phụ tải cực đại.

Theo kết quả tính toán ở mục I chương IV ta có:

- Tổng tổn thất công suất tác dụng trên các đường dây:

$$\Delta P_d = 1,09 \text{ MW}$$

- Tổng tổn thất công suất tác dụng trong các cuộn dây của các máy biến áp :

$$\Delta P_b = 0,13 \text{ MW}$$

- Tổng tổn thất công suất trong lõi thép của các máy biến áp :

$$\Delta P_o = \sum \Delta P_{io} = 0,06 \text{ MW}$$

- Vậy tổng tổn thất công suất tác dụng trong mạng điện:

$$\Delta P = \Delta P_d + \Delta P_b + \Delta P_o = 1,09 + 0,13 + 0,06 = 1,27 \text{ MW}$$

- Tổn thất công suất tác dụng trong mạng điện tính theo %:

$$\Delta P \% = \frac{\Delta P}{\sum P_{\max}} \times 100 \% = \frac{1,27}{16,3} \times 100 \% = 7,81 \%$$

III. TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG TRONG MẠNG ĐIỆN

Tổng tổn thất điện năng trong mạng điện có thể xác định theo công thức:

$$\Delta A = (\Delta P_d + \Delta P_b) \cdot \tau + \Delta P_o \cdot t$$

Trong đó:

τ : thời gian tổn thất công suất lớn nhất

t : thời gian các máy biến áp làm việc trong năm

Do các máy biến áp vận hành song song trong cả năm cho nên $t = 8760\text{h}$

- Thời gian tổn thất công suất lớn nhất:

$$\begin{aligned}\tau &= (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 \\ &= (0,124 + 2600 \cdot 10^{-4})^2 \times 8760 = 1291,71 \text{ h}\end{aligned}$$

- Tổng tổn thất điện năng trong mạng điện :

$$\Delta A = (71,09 + 0,13) \cdot 1291,71 + 0,06 \cdot 8760 = 2087,43 \text{ MWh}$$

- Tổng điện năng các hộ tiêu thụ nhận được trong năm :

$$A = \Sigma P_{\max} \times T_{\max} = 16,3 \times 2600 = 42,38 \text{ MWh}$$

- Tổn thất điện năng trong mạng điện tính theo %:

$$\Delta A \% = \frac{\Delta A}{A} \times 100\% = \frac{2087,43}{42,38 \cdot 10^3} \times 100 = 4,93\%$$

IV. TÍNH CHI PHÍ VÀ GIÁ THÀNH

1) Chi phí vận hành hàng năm

Các chi phí vận hành mạng điện hàng năm được xác định theo công thức:

$$Y = a_{\text{vhd}} \cdot K_d + a_{\text{vht}} \cdot K_t + \Delta A \cdot c$$

Trong đó:

a_{vhd} là hệ số vận hành đường dây ; $a_{\text{vhd}} = 0,04$

a_{vht} là hệ số vận hành các thiết bị trong các trạm biến áp ; $a_{\text{vht}} = 0,1$

c là giá thành 1 kWh điện năng tổn thất

Như vậy:

$$Y = 0,04 \times 77,12 \cdot 10^9 + 0,1 \times 125,4 \cdot 10^9 + 2078,43 \cdot 10^6 \cdot 500 = 13,59 \cdot 10^9 \text{ đ}$$

2) Chi phí tính toán hàng năm

Chi phí tính toán hàng năm được xác định theo công thức:

$$Z = a_{\text{tc}} \cdot K + Y$$

Trong đó: a_{tc} là hệ số định mức hiệu quả của các vốn đầu tư ; $a_{\text{tc}} = 0,125$

Do đó chi phí tính toán bằng:

$$Z = 0,125 \times 202,52 \cdot 10^9 + 13,59 \cdot 10^9 = 38,9 \cdot 10^9 \text{ đ}$$

3) Giá thành chuyên tải điện năng

Giá thành truyền tải điện năng được xác định theo công thức:

$$\beta = \frac{Y}{A} = \frac{13,59 \cdot 10^9}{42,23 \cdot 10^7} = 320,59 \text{ đ/kWh}$$

4) Giá thành xây dựng 1MW công suất phụ tải trong chế độ cực đại

Giá thành xây dựng 1MW công suất phụ tải được xác định theo biểu thức:

$$K_o = \frac{K}{\sum P_{\max}} = \frac{202,52 \cdot 10^9}{16,3} = 12,42 \cdot 10^9 \text{ đ/MW}$$