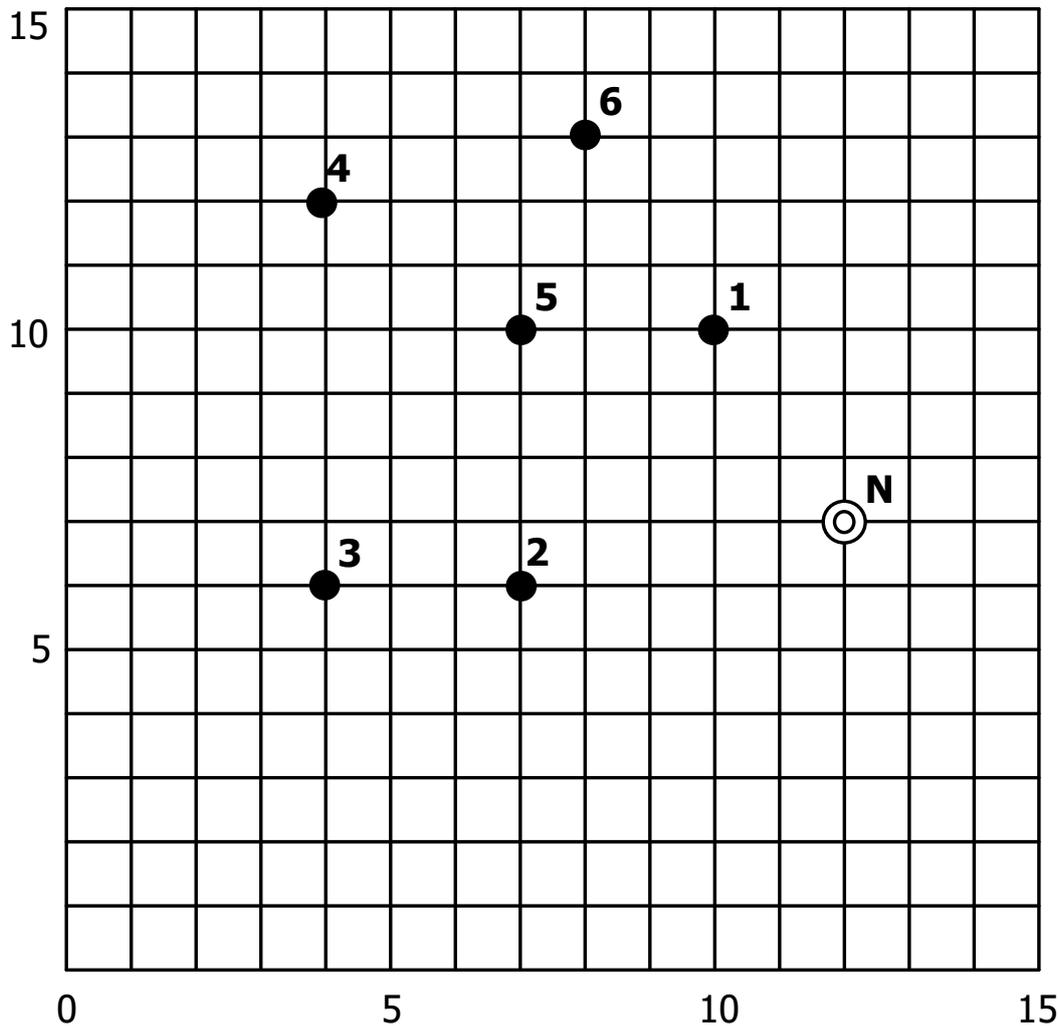


## EE3820 ĐỒ ÁN II

1. Tên đề tài thiết kế : **Thiết kế lưới điện khu vực**
2. Họ và tên sinh viên : **PHẠM HUY HÙNG**
3. Cán bộ hướng dẫn : **Phạm Năng Văn**
4. Các số liệu : Sơ đồ mặt bằng của nguồn và các phụ tải cho trên hình 1.  
Các số liệu của phụ tải cho trong bảng 1.

**Hình 1. Sơ đồ mặt bằng của nguồn và các phụ tải**

Tỉ lệ: 1 ô = 10 km



**Ghi chú:**

- ⊙ Nguồn
- Tải

**Bảng 1. Các số liệu của phụ tải**

Các thông số	Các hệ tiêu thụ					
	1	2	3	4	5	6
Phụ tải cực đại (MW)	25	18	35	28	25	25
Hệ số công suất	0,9					
Mức đảm bảo cung cấp điện	I	I	I	I	I	I
Yêu cầu điều chỉnh điện áp	$\delta U_{\max} = 5\%$ ; $\delta U_{\min} = 0\%$ ; $\delta U_{sc} = 5\%$					
Thời gian sử dụng công suất cực đại (h)	5500					
Điện áp định mức lưới điện hạ áp (kV)	22	22	22	10	10	10

Ghi chú:  $\delta U_{\max}$ ,  $\delta U_{\min}$ ,  $\delta U_{sc}$  – tương ứng là độ lệch điện áp so với điện áp định mức trong chế độ max, chế độ min và chế độ sau sự cố một phần tử (tính theo % điện áp định mức của mạng).

Phụ tải cực tiểu bằng 50% phụ tải cực đại.

Hệ số công suất trung bình trên thanh góp cao áp của nguồn điện bằng 0,85.

Hệ số đồng thời  $m = 1$ .

Giá 1 kWh điện năng tổn thất: 1500 đồng/kWh

## 5. Nhiệm vụ thiết kế

- Phân tích nguồn và phụ tải. Cân bằng công suất trong hệ thống điện.
- Chọn phương án hợp lý về kinh tế - kỹ thuật (**chọn tiết diện dây dẫn theo khoảng chia kinh tế**).
- Chọn số lượng và công suất của máy biến áp trong trạm giảm áp. Vẽ sơ đồ nối dây chi tiết của mạng điện.
- Tính toán các chế độ vận hành của mạng điện và chọn phương thức điều chỉnh điện áp phù hợp với yêu cầu của các phụ tải (**yêu cầu sử dụng phân mềm**).
- Tính các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tổng hợp của mạng điện thiết kế.

Ngày nhận đề:

Ngày hoàn thành:

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**

**PHẠM NĂNG VĂN**

# PHỤ LỤC

**Bảng PL1-Thông số kỹ thuật của dây nhôm lõi thép ACSR**

Tiết diện định mức, mm <sup>2</sup>	Tiết diện tính toán của dây dẫn, mm <sup>2</sup>		Đường kính tính toán, mm		Điện trở khi nhiệt độ 20°C, Ω	Dòng điện cho phép khi đặt ngoài trời, A
	Phần nhôm	Lõi thép	Dây dẫn	Lõi thép		
25	22,8	3,8	6,6	2,2	1,38	135
35	36,9	6,2	8,4	2,8	0,85	170
50	48,3	8,0	9,6	3,2	0,65	220
70	63,0	11,3	11,4	3,8	0,46	275
95	95,4	15,9	13,5	4,5	0,33	335
120	115	22,0	15,2	6,0	0,27	360
150	148	25,6	17,0	6,6	0,21	445
185	181	34,4	19,0	7,5	0,17	515
240	238	43,5	21,6	8,4	0,132	610
300	295	56,3	24,2	9,6	0,107	700
400	396	72,2	28,0	11,0	0,080	800

**Bảng PL2-Thông số kỹ thuật của máy biến áp ba pha hai cuộn dây 110 kV**

S <sub>đm</sub>	U <sub>Cđm</sub>	U <sub>Hđm</sub>	U <sub>N</sub>	ΔP <sub>N</sub>	ΔP <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	R <sub>B</sub>	X <sub>B</sub>	ΔQ <sub>o</sub>
MVA	kV	kV	%	kW	kW	%	Ω	Ω	kVAr
16	115	38,5(23,5/11)	10,5	85	21	0,85	4,38	86,7	136
25	115	38,5(23,5/11)	10,5	120	29	0,8	2,54	55,9	200
32	115	38,5(23,5/11)	10,5	145	35	0,75	1,87	43,5	240
40	115	38,5(23,5/11)	10,5	175	42	0,7	1,44	34,8	280
63	121 (115)	38,5(23,5/11/10,5)	10,5	260	59	0,65	0,87	22	410
80	121	10,5	10,5	315	70	0,6	0,65	17,3	480

**Bảng PL3-Vốn đầu tư cho đường dây 110 kV sử dụng cột thép**

Dây dẫn	Giá tiền 1 mạch (triệu đồng/km)
ACSR-70	2000
ACSR-95	2038
ACSR-120	2256
ACSR-150	2420
ACSR-185	2503
ACSR-240	3145

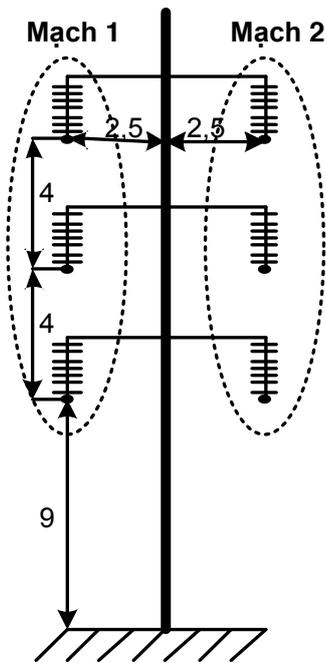
**Ghi chú:** Vốn đầu tư của đường dây hai mạch cùng một cột bằng vốn đầu tư của đường dây một mạch nhân với hệ số 1,6.

**Bảng PL4-Vốn đầu tư cho trạm biến áp 110 kV (Máy biến áp có điều áp dưới tải)**

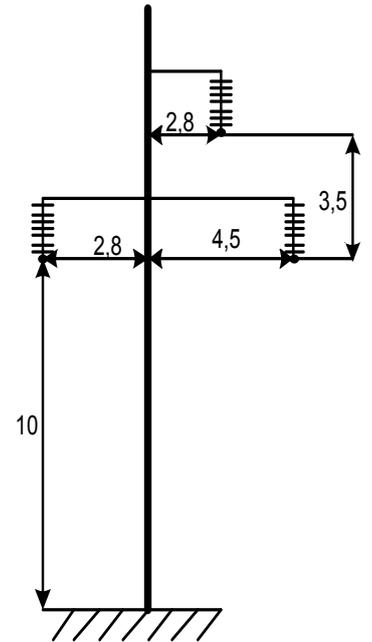
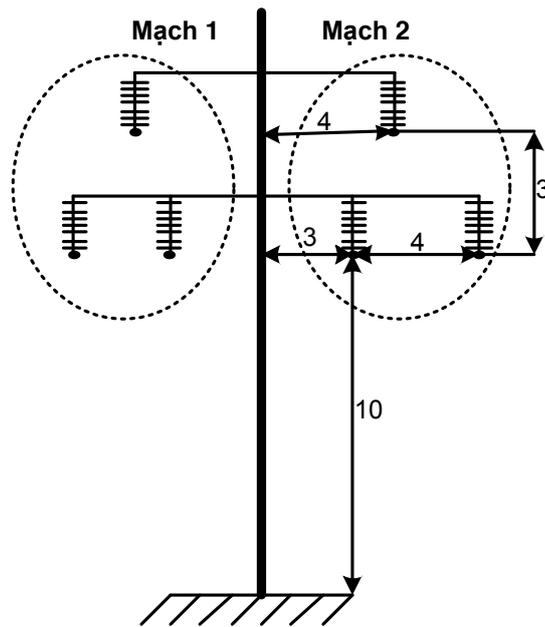
Công suất 1 máy biến áp trong trạm (MVA)	Vốn đầu tư trạm 1 máy biến áp (tỷ đồng)
63	45
40	36
32	29
25	22
16	15

**Ghi chú:** Vốn đầu tư của trạm gồm hai máy biến áp bằng vốn đầu tư của trạm một máy biến áp nhân với hệ số 1,8.

Hình PL5-Một số cách bố trí dây dẫn trên cột 110 kV



*Cột hai mạch*



*Cột một mạch*

## LỜI CẢM ƠN

Em xin trân trọng gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy ThS. Phạm Năng Văn, người đã tận tình hướng dẫn, sửa chữa và nhận xét để em có thể hoàn thành đồ án. Qua quá trình thực hiện đồ án bản thân em đã học được rất nhiều kiến thức và kinh nghiệm quý báu.

Tuy em đã rất cố gắng để hoàn thành đồ án nhưng chắc chắn sẽ còn nhiều thiếu sót cần được điều chỉnh và bổ sung. Em rất mong nhận được ý kiến đóng góp thêm từ thầy để đồ án ngày càng hoàn thiện.

Sinh viên thực hiện

Phạm Huy Hùng

## MỤC LỤC

1	PHÂN TÍCH HỆ THỐNG ĐIỆN CẦN THIẾT KẾ. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT ...	10
1.1	Phân tích đặc điểm của nguồn và phụ tải .....	10
1.1.1	Sơ đồ mặt bằng của mạng điện .....	10
1.1.2	Số liệu về nguồn cung cấp .....	10
1.1.3	Số liệu về phụ tải.....	11
1.2	Cân bằng công suất tác dụng.....	12
1.3	Cân bằng công suất phản kháng .....	13
2	LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN HỢP LÍ VỀ KINH TẾ KỸ THUẬT .....	14
2.1	Nêu các phương án lưới điện.....	14
2.1.1	Nguyên tắc thành lập phương án lưới điện .....	14
2.1.2	Các phương án.....	15
2.2	Trình tự tính toán kỹ thuật các phương án .....	18
2.2.1	Phân bố công suất trong lưới điện.....	18
2.2.2	Lựa chọn điện áp định mức.....	18
2.2.3	Lựa chọn tiết diện dây dẫn .....	18
2.2.3.1	Xác định khoảng chia kinh tế.....	19
2.2.3.2	Kiểm tra điều kiện vàng quang và độ bền cơ học .....	23
2.2.4	Tính toán các thông số của đường dây.....	25
2.2.4.1	Xét cột 1 mạch.....	26
2.2.4.2	Xét cột 2 mạch.....	26
2.2.5	Xác định sơ bộ tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện .....	28
2.3	TÍNH TOÁN KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN.....	29
2.3.1	Tính toán kỹ thuật phương án 1 .....	29
2.3.1.1	Sơ đồ lưới điện .....	29
2.3.1.2	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện.....	29
2.3.1.3	Lựa chọn điện áp định mức .....	30

2.3.1.4	Tính toán tiết diện dây dẫn .....	30
2.3.1.5	Tính toán thông số của các đường dây .....	31
2.3.1.6	Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện .....	32
2.3.1.6.1	Chế độ bình thường .....	32
2.3.1.6.2	Chế độ sự cố .....	33
2.3.2	Tính toán kỹ thuật các phương án 2 .....	35
2.3.2.1	Sơ đồ lưới điện .....	35
2.3.2.2	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện .....	35
2.3.2.3	Lựa chọn điện áp định mức .....	36
2.3.2.4	Tính toán tiết diện dây dẫn .....	36
2.3.2.5	Tính toán thông số của các đường dây .....	37
2.3.2.6	Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện .....	38
2.3.2.6.1	Chế độ bình thường .....	38
2.3.2.6.2	Chế độ sự cố .....	39
2.3.3	Tính toán kỹ thuật phương án 3 .....	42
2.3.3.1	Sơ đồ lưới điện .....	42
2.3.3.2	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện .....	42
2.3.3.3	Lựa chọn điện áp định mức .....	43
2.3.3.4	Tính toán tiết diện dây dẫn .....	43
2.3.3.5	Tính toán thông số của các đường dây .....	44
2.3.3.6	Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện .....	45
2.3.3.6.1	Chế độ bình thường .....	45
2.3.3.6.2	Chế độ sự cố .....	46
2.3.4	Tính toán kỹ thuật phương án 4 .....	48
2.3.4.1	Sơ đồ lưới điện .....	48
2.3.4.2	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện .....	48
2.3.4.3	Lựa chọn điện áp định mức .....	49
2.3.4.4	Tính toán tiết diện dây dẫn .....	50

2.3.4.5	Tính toán thông số của các đường dây .....	52
2.3.4.6	Tính toán lại phân bố công suất sau khi chọn tiết diện dây dẫn đường dây dây 53	
2.3.4.7	Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện.....	55
2.3.4.7.1	Chế độ bình thường.....	55
2.3.4.7.2	Chế độ sự cố.....	56
2.3.5	Tính toán kỹ thuật phương án 5 .....	59
2.3.5.1	Sơ đồ lưới điện .....	59
2.3.5.2	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện.....	59
2.3.5.3	Lựa chọn điện áp định mức .....	60
2.3.5.4	Tính toán tiết diện dây dẫn.....	61
2.3.5.5	Tính toán thông số của các đường dây.....	63
2.3.5.6	Tính toán lại phân bố công suất sau khi chọn tiết diện dây dẫn từng đường dây .....	64
2.3.5.7	Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện.....	66
2.3.5.7.1	Chế độ bình thường.....	66
2.3.5.7.2	Chế độ sự cố.....	67
3	SO SÁNH KINH TẾ CÁC PHƯƠNG ÁN .....	70
3.1	Phương án 1 .....	70
3.2	Phương án 2 .....	71
3.3	Phương án 3 .....	71
3.4	Phương án 5 .....	72
3.5	Tổng kết các phương án .....	73
4	CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ SƠ ĐỒ NỐI DÂY .....	73
4.1	Chọn máy biến áp trong trạm biến áp hạ áp.....	73
4.2	Sơ đồ nối dây chi tiết.....	74
4.2.1	Thanh góp nhà máy.....	74
4.2.2	Sơ đồ trạm biến áp hạ áp.....	75
4.2.3	Sơ đồ nối điện toàn lưới điện .....	77

5	TÍNH TOÁN CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH CỦA MẠNG ĐIỆN.....	78
5.1	Mô hình cân bằng công suất nút. Phương pháp Newton Raphson.....	78
5.1.1	Mô hình cân bằng công suất nút .....	78
5.1.2	Phương pháp Newton Raphson.....	81
5.1.2.1	Thuật toán chung.....	81
5.1.2.2	Thuật toán Newton Raphson áp dụng cho hệ thống điện.....	83
5.2	Tính toán chế độ xác lập của lưới điện cần thiết kế .....	84
5.2.1	Chế độ phụ tải cực đại.....	84
5.2.2	Chế độ phụ tải cực tiểu.....	89
5.2.3	Chế độ sau sự cố.....	94
6	ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN .....	104
6.1	Khái quát chung.....	104
6.2	Thuật toán Newton-Raphson trong lựa chọn nấc phân áp cho các máy biến áp có điều chỉnh điện áp .....	105
6.3	Tính chọn đầu phân áp cho các trạm biến áp có điều áp dưới tải trong các chế độ	109
6.3.1	Chế độ phụ tải cực đại.....	109
6.3.2	Chế độ phụ tải cực tiểu.....	111
6.3.3	Chế độ sau sự cố.....	113
7	CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ- KỸ THUẬT TỔNG HỢP CỦA LƯỚI ĐIỆN.....	117
7.1	Vốn đầu tư cho mạng điện.....	117
7.2	Tổn thất công suất tác dụng trong lưới điện.....	118
7.3	Tổn thất điện năng trong lưới điện .....	119
7.4	Giá thành truyền tải điện năng.....	119
7.4.1	Chi phí vận hành hàng năm.....	119
7.4.2	Giá thành truyền tải điện năng .....	120
7.4.3	Giá thành xây dựng 1MW công suất phụ tải trong chế độ cực đại.....	120

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Sơ đồ mặt bằng nguồn và phụ tải .....	10
Hình 2.1 Phương án 1 .....	15
Hình 2.2 Phương án 2 .....	16
Hình 2.3 Phương án 3 .....	16
Hình 2.4 Phương án 4 .....	17
Hình 2.5 Phương án 5 .....	17
Hình 2.6 Chi phí vòng đời của các loại đường dây (Lộ đơn).....	22
Hình 2.7 Chi phí vòng đời của các loại dây (Lộ kép) .....	22
Hình 2.8 Cấu trúc cột 2 mạch và cột 1 mạch.....	25
Hình 4.1 Sơ đồ hai thanh góp .....	75
Hình 4.2 Sơ đồ cầu trong.....	76
Hình 4.3 Sơ đồ cầu ngoài .....	76
Hình 5.1 Mô hình công suất nút .....	78
Hình 5.2 Hàm $W(x)$ .....	81
Hình 5.3 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm PSS/E trong chế độ phụ tải cực đại.....	87
Hình 5.4 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm PSS/E trong chế độ phụ tải cực tiểu .....	93
Hình 5.5 Chế độ sau sự cố ứng với sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động ...	97
Hình 5.6 Chế độ sau sự cố ứng với sự cố một mạch đường dây N-5 ngừng hoạt động .	100
Hình 5.7 Chế độ sau sự cố ứng với sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động .	103
Hình 6.1 Sơ đồ thay thế của máy biến áp có điều chỉnh điện áp.....	107
Hình 6.2 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ phụ tải cực đại..	110
Hình 6.3 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ phụ tải cực tiểu.	112
Hình 6.4 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ sự cố N1 .....	114
Hình 6.5 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ sự cố N5 .....	115
Hình 6.6 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ sự cố N2 .....	116

## DANH MỤC BẢNG SỐ LIỆU

Bảng 1.1 Giá trị công suất của các phụ tải .....	12
Bảng 2.1 Vốn đầu tư cho đường dây 110kV sử dụng cột thép .....	19
Bảng 2.2 Điện trở của các loại dây dẫn ở nhiệt độ $20^{\circ}C$ .....	20
Bảng 2.3 Hàm chi phí vòng đời của các loại dây (Lộ đơn).....	20
Bảng 2.4 Hàm chi phí vòng đời của các loại dây (Lộ kép).....	21
Bảng 2.5 Dòng điện cho phép với từng loại dây .....	23
Bảng 2.6 Bảng chọn tiết diện kinh tế theo khoảng chia kinh tế cho lộ đơn .....	24
Bảng 2.7 Bảng chọn tiết diện kinh tế theo khoảng chia kinh tế cho lộ kép .....	24
Bảng 2.8 Bảng thông số các đường dây .....	28
Bảng 2.9 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 1) .....	30
Bảng 2.10 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 1) .....	31
Bảng 2.11 Thông số của các đường dây (phương án 1).....	32
Bảng 2.12 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 1).....	33
Bảng 2.13 Tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 1).....	34
Bảng 2.14 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 2).....	36
Bảng 2.15 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 2).....	37
Bảng 2.16 Thông số của các đường dây (phương án 2).....	38
Bảng 2.17 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 2).....	39
Bảng 2.18 Tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 2).....	41
Bảng 2.19 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 3).....	43
Bảng 2.20 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 3).....	44
Bảng 2.21 Thông số của các đường dây (phương án 3).....	45
Bảng 2.22 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 3).....	46
Bảng 2.23 Tổn thất điện áp trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 3).....	47

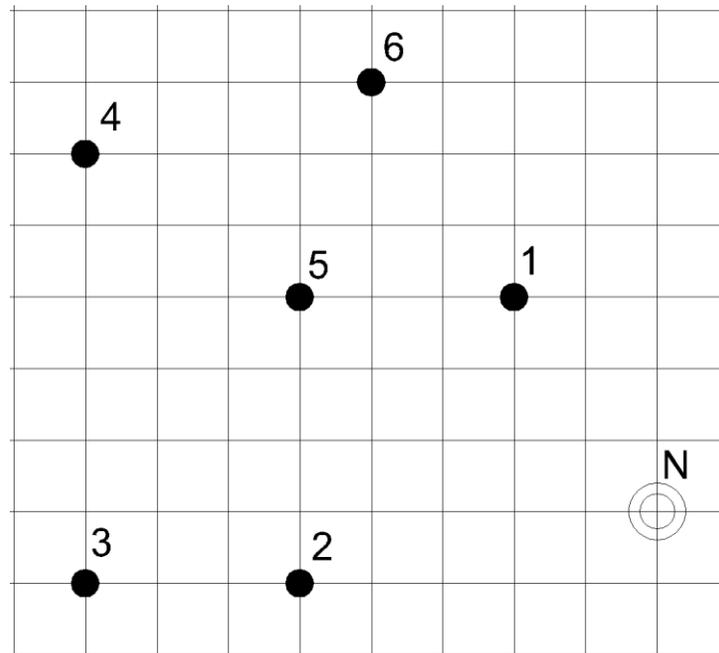
Bảng 2.24 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 4) .....	49
Bảng 2.25 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 4) .....	52
Bảng 2.26 Thông số của các đường dây (phương án 4) .....	53
Bảng 2.27 Phân bố công suất các đường dây sau khi chọn tiết diện dây dẫn (phương án 4) .....	55
Bảng 2.28 Tồn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 4).....	56
Bảng 2.29 Tồn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 4).....	58
Bảng 2.30 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 5) .....	60
Bảng 2.31 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 5) .....	63
Bảng 2.32 Thông số của các đường dây (phương án 5).....	64
Bảng 2.33 Phân bố công suất các đường dây sau khi chọn tiết diện dây dẫn (phương án 5) .....	66
Bảng 2.34 Tồn thất điện áp trên các đường dây chế độ bình thường (phương án 5).....	67
Bảng 2.35 Tồn thất điện áp trên các đường dây chế độ bình thường và sự cố (phương án 5).....	69
Bảng 2.36 Chỉ tiêu kỹ thuật của các phương án so sánh .....	70
Bảng 3.1 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 1 .....	70
Bảng 3.2 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 2.....	71
Bảng 3.3 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 3.....	72
Bảng 3.4 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 5.....	72
Bảng 3.5 Chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của các phương án so sánh.....	73
Bảng 4.1 Kết quả chọn máy biến áp ở các trạm hạ áp .....	74
Bảng 5.1 Bảng thông số nút trong chế độ phụ tải cực đại.....	84
Bảng 5.2 Thông số các đường dây chế độ phụ tải cực đại trong hệ đơn vị tương đối.....	85
Bảng 5.3 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ phụ tải cực đại.....	88
Bảng 5.4 Điện áp và góc pha tại các nút .....	88
Bảng 5.5 Thông số phụ tải chế độ cực tiểu .....	89
Bảng 5.6 Bảng thông số nút trong chế độ phụ tải cực tiểu.....	89

Bảng 5.7 Thông số các đường dây chế độ phụ tải cực tiêu trong hệ đơn vị tương đối.....	90
Bảng 5.8 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ phụ tải cực tiêu .....	91
Bảng 5.9 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ phụ tải cực tiêu .....	91
Bảng 5.10 Bảng thông số nút trong chế độ sau sự cố.....	94
Bảng 5.11 Thông số các đường dây chế độ sau sự cố N1 trong hệ đơn vị tương đối.....	95
Bảng 5.12 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ sau sự cố N1 .....	95
Bảng 5.13 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ sau sự cố N1 .....	96
Bảng 5.14 Thông số các đường dây chế độ sau sự cố N5 trong hệ đơn vị tương đối.....	98
Bảng 5.15 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ sau sự cố N5 .....	98
Bảng 5.16 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ sau sự cố N5 .....	99
Bảng 5.17 Thông số các đường dây chế độ sau sự cố N2 trong hệ đơn vị tương đối.....	101
Bảng 5.18 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ sau sự cố N2 .....	101
Bảng 5.19 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ sau sự cố N2 .....	102
Bảng 6.1 Thông số điều chỉnh của MBA có điều áp dưới tải .....	105
Bảng 6.2 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ phụ tải cực đại.....	109
Bảng 6.3 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ phụ tải cực tiêu .....	111
Bảng 6.4 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ sau sự cố N1 .....	113
Bảng 6.5 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ sau sự cố N5 .....	113
Bảng 6.6 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ sau sự cố N2 .....	113
Bảng 7.1 Vốn đầu tư cho đường dây 110kV sử dụng cột thép .....	117
Bảng 7.2 Vốn đầu tư xây dựng các đường dây .....	117
Bảng 7.3 Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của lưới điện thiết kế .....	120

# 1 PHÂN TÍCH HỆ THỐNG ĐIỆN CẦN THIẾT KẾ. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT

## 1.1 Phân tích đặc điểm của nguồn và phụ tải

### 1.1.1 Sơ đồ mặt bằng của mạng điện



Hình 1.1 Sơ đồ mặt bằng nguồn và phụ tải

### 1.1.2 Số liệu về nguồn cung cấp

- Mạng lưới có 1 nguồn cung cấp điện ( thanh cái cao áp hoặc trạm biến áp trung gian)
- Nguồn điện cung cấp đủ công suất tác dụng cho phụ tải.
- Hệ số công suất trung bình trên thanh góp cao áp của nguồn điện bằng 0,85
- Điện áp vận hành
  - + Chế độ phụ tải cực đại: 110% điện áp định mức
  - + Chế độ cực tiểu: 105% điện áp định mức.
  - + Chế độ sự cố: 110% điện áp định mức.

**1.1.3 Số liệu về phụ tải**

Các thông số	Các hộ tiêu thụ					
	1	2	3	4	5	6
Phụ tải cực đại (MW)	25	18	35	28	25	25
Hệ số công suất	0,9					
Mức đảm bảo cung cấp điện	I	I	I	I	I	I
Yêu cầu điều chỉnh điện áp	$\delta U_{\max} = 5\%$ , $\delta U_{\min} = 0\%$ , $\delta U_{sc} = 5\%$					
Thời gian sử dụng công suất cực đại (h)	5500					
Điện áp định mức lưới điện hạ áp (kV)	22	22	22	10	10	10

- Phụ tải cực tiểu bằng 50% phụ tải cực đại.
- Hệ số đồng thời  $m = 1$ .
- Phụ tải không tăng trưởng theo thời gian.
- Tính toán các phụ tải
- + Phụ tải 1

$$Q_{\max} = P_{\max} \cdot \tan \varphi = 25 \cdot \tan(25,8419) = 12,108 \text{ MVAr}$$

$$P_{\min} = 50\% \cdot \tan \varphi = 50\% \cdot 25 = 12,5 \text{ MW}$$

$$Q_{\min} = P_{\min} \cdot \tan \varphi = 12,5 \cdot \tan(25,8419) = 6,054 \text{ MVAr}$$

Tính toán tương tự ta có bảng 1.1:

*Bảng 1.1 Giá trị công suất của các phụ tải*

Phụ tải	MAX			MIN		
	P, MW	Q, MVar	S, MVA	P, MW	Q, MVar	S, MVA
1	25	12,10805262	25+12,10805262i	12,5	6,05402631	12,5+6,05402631i
2	18	8,717797887	18+8,71779789i	9	4,35889894	9+4,35889894i
3	35	16,95127367	35+16,95127367i	17,5	8,47563683	17,5+8,47563683i
4	28	13,56101894	28+13,56101894i	14	6,78050947	14+6,78050947i
5	25	12,10805262	25+12,10805262i	12,5	6,05402631	12,5+6,05402631i
6	25	12,10805262	25+12,10805262i	12,5	6,05402631	12,5+6,05402631i

### 1.2 Cân bằng công suất tác dụng

- Một đặc điểm rất quan trọng của hệ thống điện là truyền tải tức thời điện năng từ các nguồn đến các hộ tiêu thụ và không thể tích trữ điện năng. Tính chất này xác định đồng bộ của quá trình sản xuất và tiêu thụ điện năng.
- Thực hiện trong chế độ phụ tải cực đại, phản ánh tần số trong hệ thống điện. Cân bằng công suất tác dụng được thực hiện trong các nhà máy điện bằng cách sử dụng bộ điều tốc.
- Tại mỗi thời điểm trong chế độ xác lập của hệ thống, các nhà máy của hệ thống cần phải phát công suất bằng với công suất của các hộ tiêu thụ bao gồm cả công suất tổn thất trong lưới điện. Nghĩa là cần phải thực hiện đúng sự cân bằng giữa công suất phát và công suất tiêu thụ.
- Ngoài ra để đảm bảo cho hệ thống vận hành bình thường, cần phải có dự trữ nhất định của công suất tác dụng trong hệ thống. Dự trữ trong hệ thống điện là một vấn đề quan trọng liên quan đến vận hành cũng như sự phát triển của hệ thống.
- Phương trình cân bằng công suất tác dụng trong hệ thống:

$$P_{ND} \geq P_{YC} = m \cdot \sum_{i=1}^6 P_{pt \max i} + \Delta P$$

Trong đó:

$\sum_{i=1}^6 P_{pt \max}$  : Tổng công suất của các phụ tải trong chế độ cực đại

$\Delta P$  : Tổn thất công suất trong lưới điện

$$\text{Khi tính sơ bộ lấy } \Delta P = 5\% \left( m \cdot \sum_{i=1}^6 P_{pt \max} \right)$$

$m$  : Hệ số đồng thời

Do đó tổng công suất của các phụ tải ở chế độ cực đại:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^6 P_{pt \max} &= P_{pt \max 1} + P_{pt \max 2} + P_{pt \max 3} + P_{pt \max 4} + P_{pt \max 5} + P_{pt \max 6} \\ &= 25 + 18 + 35 + 28 + 25 + 25 = 156 \text{ MW} \end{aligned}$$

Tổng tổn thất công suất tác dụng của lưới điện khi tính sơ bộ:

$$\Delta P = 5\% \left( m \cdot \sum_{i=1}^6 P_{pt \max} \right) = 5\% \cdot 156 = 7,8 \text{ MW}$$

Tổng công suất yêu cầu của lưới điện:

$$P_{yc} = m \cdot \sum_{i=1}^6 P_{pt \max} + \Delta P = 163,8 \text{ MW}$$

Vậy tổng công suất của nguồn phải lớn hơn 163,8MW

### 1.3 Cân bằng công suất phản kháng

- Các hệ tiêu thụ không chỉ tiêu thụ công suất tác dụng mà còn tiêu thụ cả công suất phản kháng.
- Biểu thức cân bằng công suất phản kháng:

$$Q_{ND} \geq Q_{yc} = m \cdot \sum_{i=1}^6 Q_{pt \max i} + \Delta Q_{MBA} + \Delta Q_L - Q_C$$

Trong đó:

$\sum_{i=1}^6 Q_{pt \max i}$  : Công suất phản kháng yêu cầu của phụ tải

$\Delta Q_{MBA}$  : Tổn thất công suất phản kháng trong máy biến áp

$\Delta Q_L$ : Tổn thất công suất phản kháng trong lưới điện

$\Delta Q_c$ : Công suất phản kháng do đường dây sinh ra

- Do chưa có mạng điện nên lấy sơ bộ:

$$\Delta Q_{MBA} = 15\% \cdot (m \cdot \sum_{i=1}^6 Q_{pt \max i})$$

$$\Delta Q_L = \Delta Q_c$$

Công suất phản kháng của nguồn:

$$Q_{ND} = P_{ND} \cdot \tan \varphi_{ND} = 101,514 \text{ MVar}$$

- Tổng công suất phản kháng của các phụ tải trong chế độ max:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^6 Q_{pt \max i} &= Q_{pt \max 1} + Q_{pt \max 2} + Q_{pt \max 3} + Q_{pt \max 4} + Q_{pt \max 5} + Q_{pt \max 6} \\ &= 75,549 \text{ MVar} \end{aligned}$$

Tổng tổn thất trong máy biến áp:

$$\Delta Q_{MBA} = 15\% \cdot (m \cdot \sum_{i=1}^6 Q_{pt \max i}) = 11,332 \text{ MVar}$$

Vậy tổng công suất yêu cầu của các hộ tiêu thụ:

$$Q_{yc} = \sum_{i=1}^6 Q_{pt \max i} + \Delta Q_{MBA} = 75,549 + 11,332 = 86,881 \text{ MVar}$$

Ta thấy công suất phản kháng do nguồn cấp lớn hơn công suất phản kháng yêu cầu của các hộ tiêu thụ do đó nguồn cung cấp đủ công suất phản kháng cho mạng điện và không cần bù.

## 2 LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN HỢP LÝ VỀ KINH TẾ KỸ THUẬT

### 2.1 Nêu các phương án lưới điện

#### 2.1.1 Nguyên tắc thành lập phương án lưới điện

- Tính toán lựa chọn phương án cung cấp điện hợp lý phải dựa trên nhiều nguyên tắc, nhưng nguyên tắc chủ yếu và quan trọng nhất của công tác thiết kế mạng điện là cung cấp điện kinh tế với chất lượng và độ tin cậy cao. Mục đích tính toán thiết kế là nhằm tìm ra phương án phù hợp. Làm được điều đó thì vấn đề đầu tiên cần phải giải quyết là lựa chọn sơ đồ cung cấp điện. Trong đó những công việc phải tiến hành đồng thời như lựa chọn điện áp làm việc, tiết diện dây dẫn, tính toán các thông số kỹ thuật, kinh tế ...
- Trong quá trình thành lập phương án nối điện ta phải chú ý tới các nguyên tắc sau đây: Đảm bảo độ tin cậy theo yêu cầu. Mạng điện phải đảm bảo tính an toàn cung

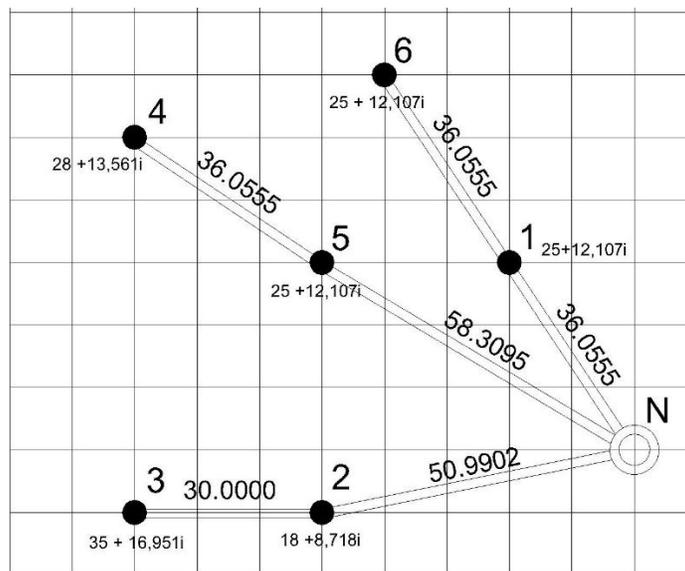
cấp điện liên tục, mức độ đảm bảo cung cấp điện phụ thuộc vào hộ tiêu thụ. Đối với phụ tải loại I phải đảm bảo cấp điện liên tục không được phép gián đoạn trong bất cứ tình huống nào, vì vậy trong phương án nối dây phải có đường dây dự phòng (2 đường dây độc lập: 2 đường dây song song hoặc mạch vòng kín).

- Đảm bảo chất lượng điện năng (tần số, điện áp, ...)
- Chỉ tiêu kinh tế cao, vốn đầu tư thấp, tổn thất nhỏ, chi phí vận hành hàng năm nhỏ.
- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị. Vận hành đơn giản, linh hoạt và có khả năng phát triển.

### 2.1.2 Các phương án

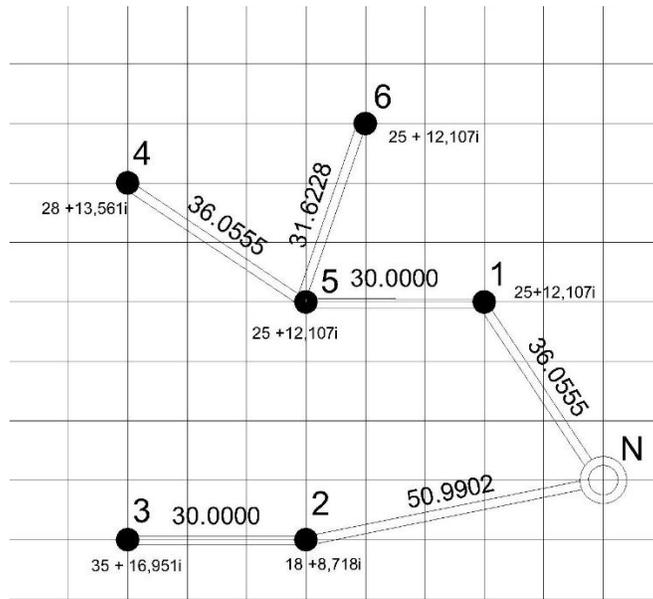
Kết hợp với việc phân tích nguồn và phụ tải ở trên nhận thấy: có 6 phụ tải đều là hộ loại I, yêu cầu độ tin cậy cung cấp điện cao. Do đó phải sử dụng các biện pháp cung cấp điện như: lộ kép, mạch vòng. Từ phương pháp trên ta lập được các phương án như sau

- **Phương án 1**



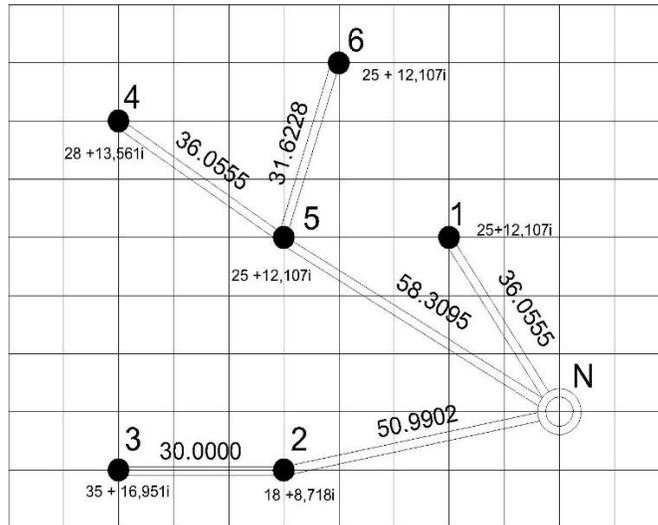
Hình 2.1 Phương án 1

– Phương án 2



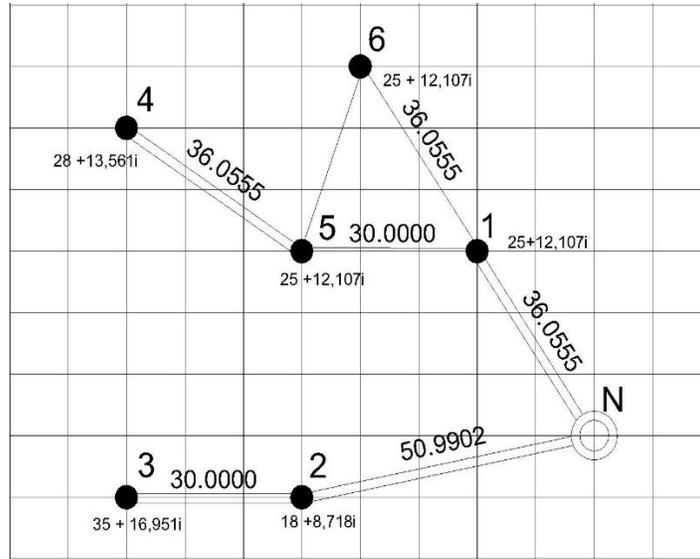
Hình 2.2 Phương án 2

– Phương án 3



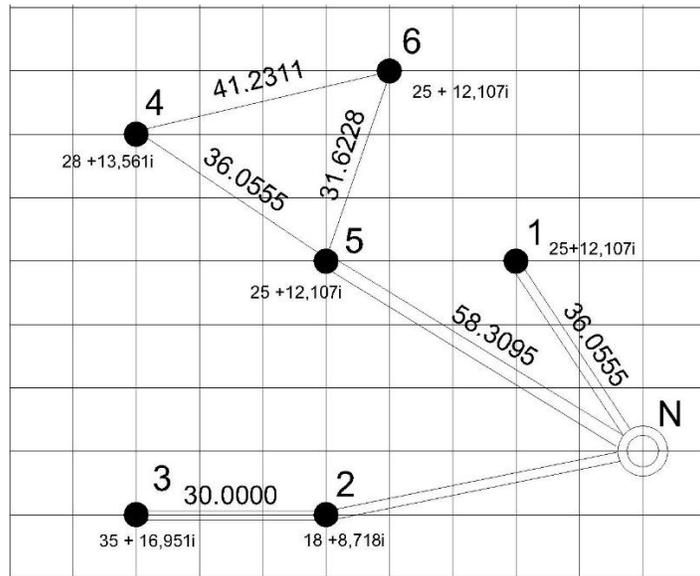
Hình 2.3 Phương án 3

– Phương án 4



Hình 2.4 Phương án 4

– Phương án 5



Hình 2.5 Phương án 5

## 2.2 Trình tự tính toán kĩ thuật các phương án

### 2.2.1 Phân bố công suất trong lưới điện

Dựa vào cấu trúc lưới điện ta tính sơ bộ dòng công suất tác dụng và dòng công suất phản kháng chạy trong từng đường dây của đường dây.

### 2.2.2 Lựa chọn điện áp định mức

Lựa chọn điện áp định mức cho mạng điện là nhiệm vụ rất quan trọng, vì trị số điện áp ảnh hưởng trực tiếp đến các chỉ tiêu kinh tế, kĩ thuật của mạng điện. Để chọn cấp điện áp hợp lí phải thoả mãn yêu cầu sau:

- Đáp ứng được yêu cầu mở rộng phụ tải sau này.
- Đảm bảo tổn thất điện áp từ nguồn đến phụ tải.
- Khi điện áp tăng cao thì tổn thất càng bé, sử dụng ít kim loại màu. Nhưng khi điện áp càng cao thì chi phí xây dựng mạng điện càng lớn và giá thành thiết bị càng cao. Vì vậy phải chọn điện áp như thế nào để phù hợp điều kiện về kinh tế- kĩ thuật.

Lựa chọn điện áp tối ưu theo công thức Still

$$U_{dmi} = 4,34 \cdot \sqrt{L_i + 16 \cdot P_i} \quad (\text{kV})$$

Trong đó

$L_i$  : Chiều dài của đường dây truyền tải thứ i (km)

$P_i$  : Công suất truyền tải trên đường dây thứ i (MW)

### 2.2.3 Lựa chọn tiết diện dây dẫn

Trình tự tính toán lựa chọn dây dẫn theo phương pháp khoảng chia kinh tế:

- Tính dòng điện chạy trong đường dây ở chế độ phụ tải cực đại  $I_{\max}$  và dòng điện trong trường hợp sự cố lớn nhất  $I_{sc \max}$
- Dựa vào dòng điện lớn nhất trong chế độ cực đại và dòng điện sự cố lớn nhất để loại bỏ những dây dẫn không thoả mãn điều kiện phát nóng.
- Dựa vào  $I_{\max}$  để lựa chọn tiết diện dây dẫn phù hợp theo khoảng chia kinh tế

**2.2.3.1 Xác định khoảng chia kinh tế**

Ta xây dựng phương trình chi phí vòng đời của đường dây bao gồm chi phí vốn ban đầu để xây dựng đường dây và chi phí hằng năm cho vận hành và bảo dưỡng đường dây.

Chi phí vòng đời của đường dây nếu chỉ tính đến chi phí cho tổn thất điện năng và chi phí hoạt động- bảo quản, không tính tổn thất công suất, độ tin cậy là:

$$\begin{aligned}
 CP_{cd0} &= V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} \cdot V_0 + n \cdot c_{\Delta A}) \cdot \left(\frac{1}{(1+r)^t}\right) \\
 &= V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} \cdot V_0 + 3 \cdot n \cdot c_A \cdot R \cdot \tau \cdot I_{\max}^2) \cdot \left(\frac{1}{(1+r)^t}\right) \quad (1)
 \end{aligned}$$

Trong đó  $a_{hb}$  : Chi phí cho hoạt động- bảo dưỡng. Với  $a_{hb} = 0,8\%$

$V_0$  : Vốn đầu tư cho đường dây 110kV sử dụng cột thép

$c_A$  : Giá 1kWh điện năng tổn thất: 1500 đồng/kWh

$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3979,458 \text{ h}$

$r$  : Hệ số khấu hao. Với  $r = 10\%$

$N$  : Số năm đường dây hoạt động. Với  $N = 30$  năm

$I_{\max}$  : Dòng điện làm việc ở chế độ phụ tải cực đại (A)

$R$  : Điện trở của dây ( $\Omega$ )

$n$  : Số mạch đường dây

*Bảng 2.1 Vốn đầu tư cho đường dây 110kV sử dụng cột thép*

Dây dẫn	Giá tiền 1 mạch (triệu đồng/km)
ACSR-70	2000
ACSR-95	2038
ACSR-120	2256
ACSR-150	2420
ACSR-185	2503
ACSR-240	3145

Bảng 2.2 Điện trở của các loại dây dẫn ở nhiệt độ 20°C

Dây dẫn	Điện trở khi nhiệt độ 20°C ,Ω
ACSR-70	0,46
ACSR-95	0,33
ACSR-120	0,27
ACSR-150	0,21
ACSR-185	0,17
ACSR-240	0,32

➤ Hàm chi phí vòng đời của 1km đường dây lộ đơn

Xét dây dẫn ACSR-70

Thay số vào (1) ta có

$$\begin{aligned}
 CP_{vd0} &= V_0 + \sum_{t=1}^{30} (a_{hb} \cdot V_0 + 3 \cdot c_A \cdot n \cdot R \cdot \tau \cdot I_{\max}^2) \cdot \left(\frac{1}{(1+r)^t}\right) \\
 &= 2000 + \sum_{t=1}^{30} (0.008 \cdot 2000 + 3 \cdot 1500 \cdot 10^{-9} \cdot 0,46 \cdot 3979,458 \cdot I_{\max}^2) \cdot \left(\frac{1}{(1+0.1)^t}\right) \\
 &= 2150,8 + 0,0777 \cdot I_{\max}^2
 \end{aligned}$$

Tương tự xét cho các loại dây khác ta được bảng 2.3 kết quả hàm chi phí vòng đời của 1km đường dây lộ đơn:

Bảng 2.3 Hàm chi phí vòng đời của các loại dây (Lộ đơn)

Dây dẫn	Hàm chi phí vòng đời, triệu đồng/km
ACSR-70	$2150,8 + 0,0777 \cdot I_{\max}^2$
ACSR-95	$2191,7 + 0,0557 \cdot I_{\max}^2$
ACSR-120	$2426,1 + 0,0456 \cdot I_{\max}^2$
ACSR-150	$2602,5 + 0,0355 \cdot I_{\max}^2$
ACSR-185	$2691,8 + 0,0287 \cdot I_{\max}^2$
ACSR-240	$3382,2 + 0,0223 \cdot I_{\max}^2$

- Hàm chi phí vòng đời của 1km đường dây lộ kép

Hàm chi phí vòng đời của 1km đường dây lộ kép được tính theo công thức:

$$CP_{vd0} = 1,6.V_0 + \sum_{t=1}^{30} (a_{hb} \cdot 1,6.V_0 + 2.3.c_A \cdot R \cdot \tau \cdot I_{max}^2) \cdot \left(\frac{1}{(1+r)^t}\right) \quad (2)$$

Xét đường dây ACSR-70

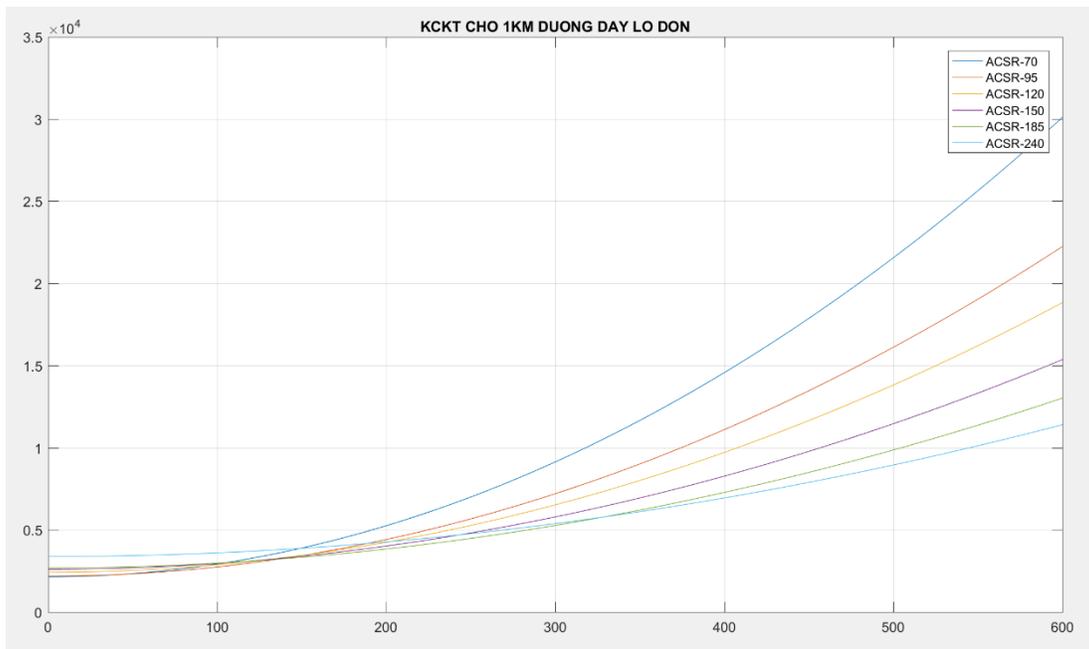
Thay số vào (2) ta có:

$$\begin{aligned} CP_{vd0} &= 1,6.V_0 + \sum_{t=1}^{30} (a_{hb} \cdot 1,6.V_0 + 2.3.c_A \cdot R \cdot \tau \cdot I_{max}^2) \cdot \left(\frac{1}{(1+r)^t}\right) \\ &= 1,6.2000 + \sum (0.008.2000.1,6 + 6.500.10^{-9}.0,46.3979,458.I_{max}^2) \left(\frac{1}{(1+0.1)^t}\right) \\ &= 3441,3 + 0,1553 \cdot I_{max}^2 \end{aligned}$$

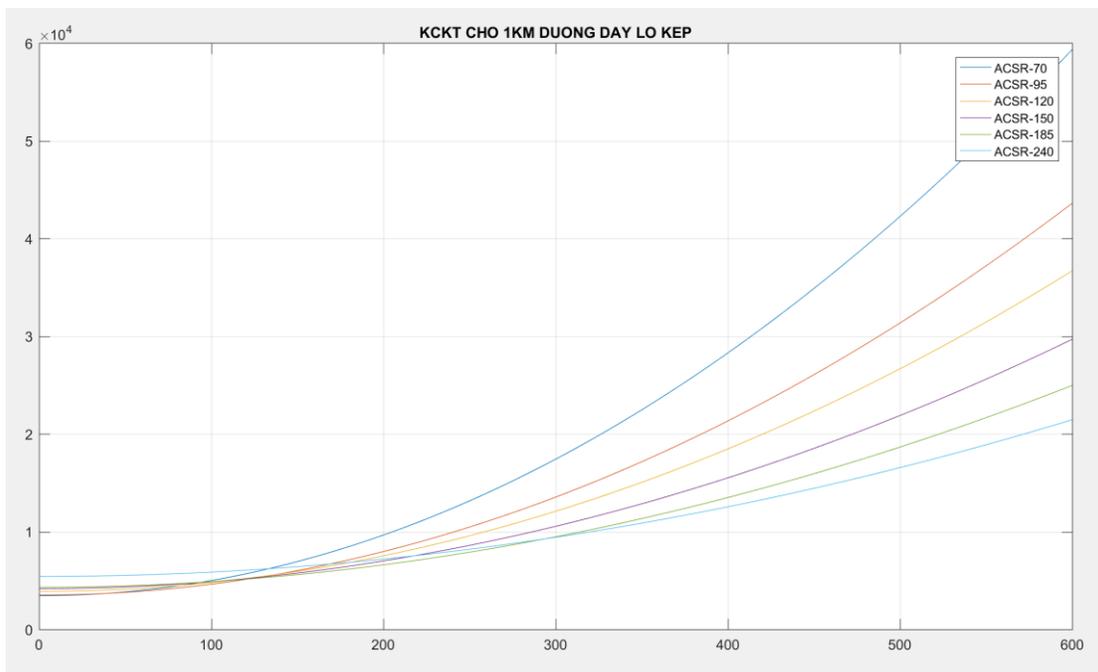
Tương tự xét cho các loại dây khác ta có bảng 2.4 chi phí vòng đời của 1km đường dây lộ kép

*Bảng 2.4 Hàm chi phí vòng đời của các loại dây (Lộ kép)*

Dây dẫn	Hàm chi phí vòng đời , triệu đồng/km
ACSR-70	$3441,3 + 0,1553 \cdot I_{max}^2$
ACSR-95	$3506,7 + 0,1114 \cdot I_{max}^2$
ACSR-120	$3881,8 + 0,0912 \cdot I_{max}^2$
ACSR-150	$4164 + 0,0709 \cdot I_{max}^2$
ACSR-185	$4306,8 + 0,0574 \cdot I_{max}^2$
ACSR-240	$5411,5 + 0,0446 \cdot I_{max}^2$



Hình 2.6 Chi phí vòng đời của các loại đường dây (Lộ đơn)



Hình 2.7 Chi phí vòng đời của các loại dây (Lộ kép)

Như vậy sau khi đã biết được dòng điện chạy trên đường dây chế độ phụ tải cực đại  $I_{max}$ , dòng điện sự cố lớn nhất  $I_{sc max}$  của mạch đường dây đang xét ta tìm được dòng điện lớn

nhất chạy qua đường dây trong chế độ bình thường và sự cố. Từ đó loại bỏ những dây không đạt yêu cầu về điều kiện phát nóng. Tra đồ thị với những loại dây còn lại, với  $I_{\max}$  đã biết ta chọn được tiết diện dây dẫn có lợi ích kinh tế cao nhất.

*Bảng 2.5 Dòng điện cho phép với từng loại dây*

Loại dây	ACSR-70	ACSR-95	ACSR-120	ACSR-150	ACSR-185	ACSR-240
$I_{cp}$ (A)	275	335	360	445	515	610

Với  $\max\{I_{\max}; I_{sc\max}\} \leq 275A$  : Tất cả dây dẫn đều thỏa mãn dòng điện cho phép

Với  $275A \leq \max\{I_{\max}; I_{sc\max}\} \leq 335A$  : Ta loại dây ACSR-70 vì không thỏa mãn điều kiện phát nóng

Với  $335A \leq \max\{I_{\max}; I_{sc\max}\} \leq 360A$  : Ta loại dây ACSR-70, ACSR-95 vì không thỏa mãn điều kiện phát nóng

Với  $360A \leq \max\{I_{\max}; I_{sc\max}\} \leq 445A$  : Ta loại dây ACSR-70, ACSR-95, ACSR-120 vì không thỏa mãn điều kiện phát nóng

Với  $445A \leq \max\{I_{\max}; I_{sc\max}\} \leq 515A$  : Ta loại dây ACSR-70, ACSR-95, ACSR-120, ACSR-150 vì không thỏa mãn điều kiện phát nóng

Với  $515A \leq \max\{I_{\max}; I_{sc\max}\} \leq 610A$  : Ta chỉ sử dụng dây ACSR-240

Dựa vào đồ thị hình 2.6 ta có bảng 2.6 và 2.7 kết quả chọn tiết diện dây dẫn theo khoảng chia kinh tế kinh tế cho đường dây lộ đơn và lộ kép

### 2.2.3.2 Kiểm tra điều kiện vàng quang và độ bền cơ học

- Khi cường độ điện trường trên bề mặt dây dẫn cao hơn 16kV/cm thì xảy qua vàng quang điện: lớp không khí xung quang dây dẫn bị ion hóa, tạo ra vàng quang điện và tiếng nổ lách tách, điện năng phóng ra không khí gây tổn thất. Tổn thất vàng quang còn phụ thuộc thời tiết, không khí ẩm làm tăng hồ quang. Đường kính tối thiểu ở cấp điện áp 110kV là 11,3mm, do ở phạm vi đồ án chỉ sử dụng các dây ACSR-70, ACSR-95, ACSR-120, ACSR-150, ACSR-185, ACSR-240 do đó các loại dây điều thỏa mãn điều kiện vàng quang.
- Đối với lưới điện 110kV trở lên tiết diện tối thiểu theo điều kiện cơ học nhỏ hơn tiết diện tối thiểu theo điều kiện vàng quang nên không phải kiểm tra điều kiện này.

*Bảng 2.6 Bảng chọn tiết diện kinh tế theo khoảng chia kinh tế cho lộ đơn*

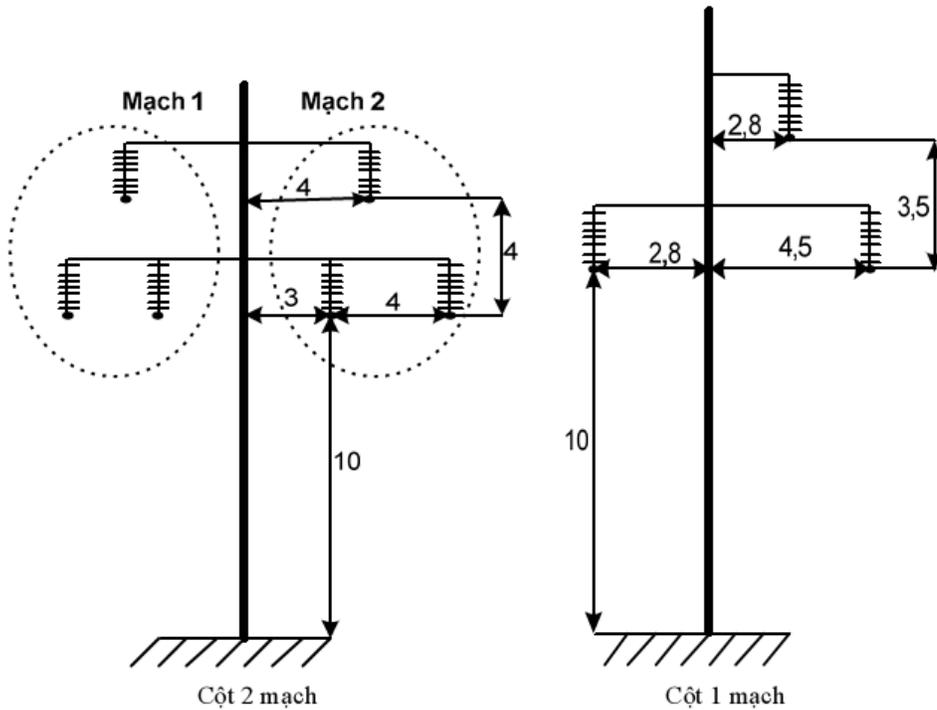
$\max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 275A$	0-43,1524	43,1524-136,0666	136,0666-275	
	ACSR-70	ACSR-95	ACSR-185	
$275A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 335A$	0 -136,07		136,07-328,07	328,07-335
	ACSR-95		ACSR-185	ACSR-240
$335A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 360A$	0-125,44		125,44-328,07	328,07-360
	ACSR-120		ACSR-185	ACSR-240
$360A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 445A$	0-114,97		114,97-328,07	328,07-445
	ACSR-150		ACSR-185	ACSR-240
$445A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 515A$	0 -328,07		328,07-515	
	ACSR-185		ACSR-240	
$515A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 610A$	0-610			
	ACSR-240			

*Bảng 2.7 Bảng chọn tiết diện kinh tế theo khoảng chia kinh tế cho lộ kép*

$\max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 275A$	0-54,5840	54,5840-121,7017	121,7017-275	
	ACSR-70	ACSR-95	ACSR-185	
$275A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 335A$	0 -121,70		121,70-293,43	293,43-335
	ACSR-95		ACSR-185	ACSR-240
$335A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 360A$	0-112,2		112,2-293,43	293,43-335
	ACSR-120		ACSR-185	ACSR-240
$360A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 445A$	0-102,83		102,83-293,43	293,43-445
	ACSR-150		ACSR-185	ACSR-240
$445A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 515A$	0 -293,43		293,43-515	
	ACSR-185		ACSR-240	
$515A \leq \max\{I_{max}; I_{scmax}\} \leq 610A$	0-610			
	ACSR-240			

**2.2.4 Tính toán các thông số của đường dây**

Trong đồ án, sử dụng dây nhôm lõi thép (ACSR) bố trí 2 lộ với phụ tải loại I. Đối với mạch vòng sử dụng 1 lộ



Hình 2.8 Cấu trúc cột 2 mạch và cột 1 mạch

Vi dây dẫn các pha đặt không đối xứng, cảm kháng giữa các pha sẽ khác nhau. Để khắc phục nhược điểm này, cần dùng biện pháp hoán vị đường dây.

Cảm kháng trên 1km đường dây:

$$x_0 = \omega \cdot \left( \frac{1}{2} + 4,6 \cdot \log \frac{D_{tb}}{R} \right) \cdot 10^{-4} \quad (\Omega / \text{km})$$

Trong đó:

$\omega$  : Tần số của dòng điện xoay chiều (Hz)

R: Bán kính của dây dẫn (m)

$D_{tb}$  : Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha (m)

Điện dẫn phản kháng trên 1km đường dây:

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{D_{tb}}{R}\right)} \quad (1/\Omega km)$$

### 2.2.4.1 Xét cột 1 mạch

Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha được tính theo công thức:

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{ac} \cdot D_{bc}} \quad (m)$$

Trong đó:  $D_{ab}$ ,  $D_{ac}$ ,  $D_{bc}$  lần lượt là khoảng cách giữa các dây dẫn pha A,B,C,A',B',C'

$$\text{Ta có } D_{ab} = \sqrt{5,6^2 + 3,5^2} = 6,604m$$

$$D_{ac} = \sqrt{1,7^2 + 3,5^2} = 3,891m$$

$$D_{bc} = 2,8 + 4,5 = 7,3m$$

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{ac} \cdot D_{bc}} = 5,724m$$

### 2.2.4.2 Xét cột 2 mạch

Khoảng cách trung bình hình học giữa các pha tính theo công thức

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_a \cdot D_b \cdot D_c} \quad (m)$$

Trong đó:

$$D_a = \frac{\sqrt{D_{ab} \cdot D_{ab'} \cdot D_{ac} \cdot D_{ac'}}}{D_{aa'}}$$

$$D_b = \frac{\sqrt{D_{ba} \cdot D_{ba'} \cdot D_{bc} \cdot D_{bc'}}}{D_{bb'}}$$

$$D_c = \frac{\sqrt{D_{ca} \cdot D_{ca'} \cdot D_{cb} \cdot D_{cb'}}}{D_{cc'}}$$

$D_{ab}$ ,  $D_{bc}$ ,  $D_{ac}$ ,  $D_{ab'}$ ,  $D_{ba'}$ ,  $D_{ac'}$ ,  $D_{ca'}$ ,  $D_{cb'}$ ,  $D_{bc'}$ ,  $D_{aa'}$ ,  $D_{bb'}$ ,  $D_{cc'}$  lần lượt là khoảng cách tương ứng giữa các pha A,B,C,A',B',C'

$$\text{Nên } D_a = \frac{\sqrt{D_{ab} \cdot D_{ab'} \cdot D_{ac} \cdot D_{ac'}}}{D_{aa'}} = 4,266m$$

$$D_b = \frac{\sqrt{D_{ba} \cdot D_{ba'} \cdot D_{bc} \cdot D_{bc'}}}{D_{bb'}} = 3,142m$$

$$D_c = \frac{\sqrt{D_{ca} \cdot D_{ca'} \cdot D_{cb} \cdot D_{cb'}}}{D_{cc'}} = 5,992m$$

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_a \cdot D_b \cdot D_c} = 4,108m$$

Xét đường dây ACSR-70 có R=5,7mm

➤ Cột 1 mạch

$$x_0 = \omega \cdot \left( \frac{1}{2} + 4,6 \cdot \log \frac{D_{tb}}{R} \right) \cdot 10^{-4} = 0,449 \text{ } \Omega / km$$

$$b_0 = \frac{7,58}{\log\left(\frac{D_{tb}}{R}\right)} \cdot 10^{-6} = 2,727 \cdot 10^{-6} \text{ } 1 / \Omega km$$

➤ Cột 2 mạch

$$x_0 = \omega \cdot \left( \frac{1}{2} + 4,6 \cdot \log \frac{D_{tb}}{R} \right) \cdot 10^{-4} = 0,428 \text{ } \Omega / km$$

$$b_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{D_{tb}}{R}\right)} = 2,876 \text{ } 1 / \Omega km$$

Tính tương tự ta có bảng 2.8 thông số các loại dây

*Bảng 2.8 Bảng thông số các đường dây*

Loại dây	Đường kính,m	$x_0, \Omega/km$		$b_0, 10^{-6} / \Omega.km$		$r_0, \Omega/km$
		Cột 1 mạch	Cột 2 mạch	Cột 1 mạch	Cột 2 mạch	
ACSR-70	11,4	0,449	0,428	2,727	2,876	0,46
ACSR-95	13,5	0,439	0,418	2,588	2,722	0,33
ACSR-120	15,2	0,431	0,41	2,727	2,876	0,27
ACSR-150	17	0,424	0,403	2,588	2,722	0,21
ACSR-185	19	0,417	0,396	2,727	2,876	0,17
ACSR-240	21,6	0,409	0,388	2,588	2,722	0,132

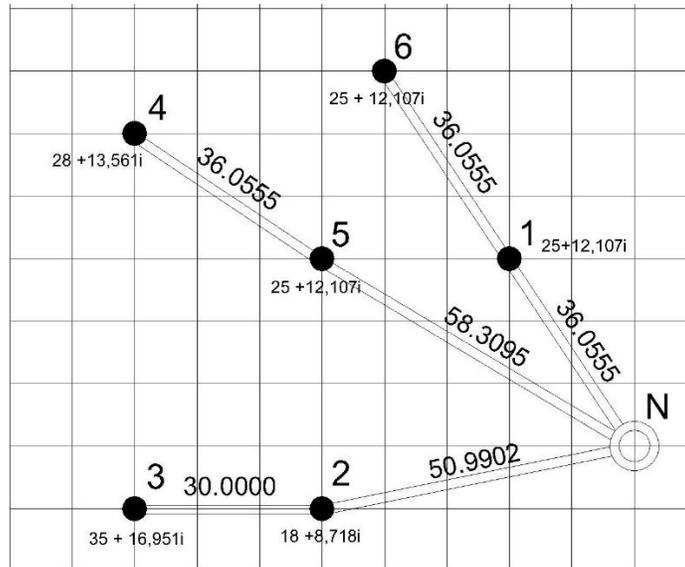
**2.2.5 Xác định sơ bộ tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện**

Tổn thất điện áp lớn nhất là tổn thất điện áp của các đường dây tham gia vào đường nối từ điểm nguồn đến điểm có điện áp thấp nhất. Tính trong cả chế độ bình thường và chế độ sự cố. Ở trong phạm vi đồ án này, ta xét tiêu chuẩn N-1 để tính tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện.

## 2.3 TÍNH TOÁN KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN

### 2.3.1 Tính toán kỹ thuật phương án 1

#### 2.3.1.1 Sơ đồ lưới điện



#### 2.3.1.2 Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện

Xét đường dây N-2-3 vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

Xét đường dây N-4-5, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{54} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N5} = \dot{S}_{54} + \dot{S}_5 = 53 + 25,668i \text{ MVA}$$

Xét đường dây N-1-6, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{16} = \dot{S}_6 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N1} = \dot{S}_{16} + \dot{S}_1 = 50 + 24,214i \text{ MVA}$$

*Bảng 2.9 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 1)*

Đường dây	Công suất ,MVA	Chiều dài ,km
N-1	50 + 24,214i	36,06
1-6	25 + 12,107i	36,06
N-5	53 + 25,668i	58,31
5-4	28 + 13,561i	36,06
N-2	53 + 25,669i	50,99
2-3	35 + 16,951i	30

**2.3.1.3 Lựa chọn điện áp định mức**

Áp dụng công thức mục 2.2.2 ta tính được điện áp trên các nhánh

$$U_{N1} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 50} = 125,49 \text{ kV}$$

$$U_{16} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 25} = 90,628 \text{ kV}$$

$$U_{N5} = 4,34 \cdot \sqrt{59,31 + 16 \cdot 53} = 130,656 \text{ kV}$$

$$U_{54} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 28} = 95,486 \text{ kV}$$

$$U_{N2} = 4,34 \cdot \sqrt{50,99 + 16 \cdot 53} = 130,127 \text{ kV}$$

$$U_{23} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 35} = 105,418 \text{ kV}$$

⇒ Ta chọn cấp điện áp truyền tải là  $U_{dm} = 110 \text{ kV}$

**2.3.1.4 Tính toán tiết diện dây dẫn**

Dòng điện bình thường trong chế độ cực đại được tính theo công thức:

$$I_{\max i} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}}$$

Trong đó

$S_i$  : Công suất trong đường dây thứ i (MVA)

n : Số mạch

- Xét đường dây N-1

$$I_{\max N1} = \frac{S_{N1}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{50^2 + 24,214^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 145,793 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-1 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-1 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max N1} = 2 \cdot 145,793 = 291,586 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-185

- Tính tương tự ta có bảng 2.10 kết quả chọn tiết diện dây dẫn của các đường dây

*Bảng 2.10 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 1)*

Đường dây	Số lộ	$I_{\max}$ , A	$I_{sc \max}$ , A	Loại dây
N-1	2	145,793	291,586	ACSR-185
1-6	2	72,897	145,794	ACSR-95
N-5	2	154,542	309,084	ACSR-185
5-4	2	81,645	163,29	ACSR-95
N-2	2	154,543	309,086	ACSR-185
2-3	2	102,057	204,114	ACSR-95

### 2.3.1.5 Tính toán thông số của các đường dây

- Xét đường dây N-1, theo phần 2.3.1.4 ta chọn được loại dây ACSR-185

Điện trở của đường dây N-1 là:

$$R = r_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,17 \cdot \frac{36,06}{2} = 3,065 \text{ } \Omega$$

Điện kháng của đường dây N-1 là:

$$X = x_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,396 \cdot \frac{36,06}{2} = 7,14 \text{ } \Omega$$

- Tính toán tương tự cho các đường dây khác ta có bảng 2.11 thông số của các đường dây

Bảng 2.11 Thông số của các đường dây (phương án 1)

Đường dây	Số lộ	Chiều dài (m)	Loại dây	$x_0$ ( $\Omega / km$ )	$r_0$ ( $\Omega / km$ )	X ( $\Omega$ )	R ( $\Omega$ )
N-1	2	36,06	ACSR-185	0,396	0,17	7,14	3,065
1-6	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,537	5,95
N-5	2	58,31	ACSR-185	0,396	0,17	11,545	4,956
5-4	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,537	5,95
N-2	2	50,99	ACSR-185	0,396	0,17	10,096	4,334
2-3	2	30	ACSR-95	0,418	0,33	6,27	4,95

### 2.3.1.6 Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện

#### 2.3.1.6.1 Chế độ bình thường

Tổn thất điện năng của một đường dây được xác định bằng công thức:

$$\Delta U_{bt}^i = \frac{P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i}{U_{dm}} \text{ kV}$$

Trong đó

$P_i, Q_i$  lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của đường dây thứ i

$R_i, X_i$  lần lượt là điện trở và điện kháng của đường dây thứ i

- Xét đường dây N-1

$$\Delta U_{bt}^{N1} = \frac{P_{N1} \cdot R_{N1} + Q_{N1} \cdot X_{N1}}{U_{dm}} = \frac{50.3,065 + 24,214.7,14}{110} = 2,96 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{bt}^{N1}\% = \frac{\Delta U_{bt}^{N1}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{2,96}{110} \cdot 100 = 2,691\%$$

- Tính toán tương tự ta được bảng 2.12 kết quả tổn thất điện áp của các đường dây

Bảng 2.12 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 1)

Đường dây	$\Delta U_{bt}$ ,kV	$\Delta U_{bt}$ % ,%
N-1	2,96	2,691
1-6	2,182	1,984
N-5	5,082	4,62
5-4	2,444	2,222
N-2	4,444	4,04
2-3	2,541	2,31

Do đó

$$\Delta U_{bt}^{N16}\% = \Delta U_{bt}^{N1}\% + \Delta U_{bt}^{16}\% = 4,675\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N54}\% = \Delta U_{bt}^{N5}\% + \Delta U_{bt}^{54}\% = 6,842\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N23}\% = \Delta U_{bt}^{N2}\% + \Delta U_{bt}^{23}\% = 6,35\%$$

### 2.3.1.6.2 Chế độ sự cố

Quy ước  $\Delta U_{sc(i)}^k$  : tổn thất điện áp trong chế độ sự cố trên đường dây k ứng với trường hợp đường dây i ngừng hoạt động

Đối với các đường dây mạch kép hình tia thì khi xảy ra sự cố ngừng hoạt động một mạch đường dây thì:  $\Delta U_{sc}\% = 2 \cdot \Delta U_{bt}\%$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N1)}^{N16}\% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{N1}\% + \Delta U_{bt}^{16}\% = 7,366\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 1-6 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(16)}^{N16}\% = \Delta U_{bt}^{N1}\% + 2 \cdot \Delta U_{bt}^{16}\% = 6,659\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-5 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N5)}^{N54} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 11,462\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 5-4 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(54)}^{N54} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + 2.\Delta U_{bt}^{54} \% = 9,064\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N2} \% + \Delta U_{bt}^{23} \% = 10,39\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 2-3 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(23)}^{N23} \% = \Delta U_{bt}^{N2} \% + 2.\Delta U_{bt}^{23} \% = 8,66\%$$

Do đó  $\Delta U_{sc \max}^{N16} = \max \{ \Delta U_{sc(N1)}^{N16} \% ; \Delta U_{sc(16)}^{N16} \% \} = 7,366\%$

$$\Delta U_{sc \max}^{N54} = \max \{ \Delta U_{sc(N5)}^{N54} \% ; \Delta U_{sc(54)}^{N54} \% \} = 11,462\%$$

$$\Delta U_{sc \max}^{N23} = \max \{ \Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% ; \Delta U_{sc(23)}^{N23} \% \} = 10,39\%$$

- Ta có bảng 2.13 tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố

Bảng 2.13 Tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 1)

Đường dây	$\Delta U_{bt} \% , \%$	$\Delta U_{sc} \% , \%$	$\Delta U_{maxbt} \% , \%$	$\Delta U_{maxsc} \% , \%$
N-1	2,691	5,382	4,675	7,366
1-6	1,984	3,968		
N-5	4,62	9,24	6,842	11,462
5-4	2,222	4,444		
N-2	4,04	8,08	6,35	10,39
2-3	2,31	4,62		

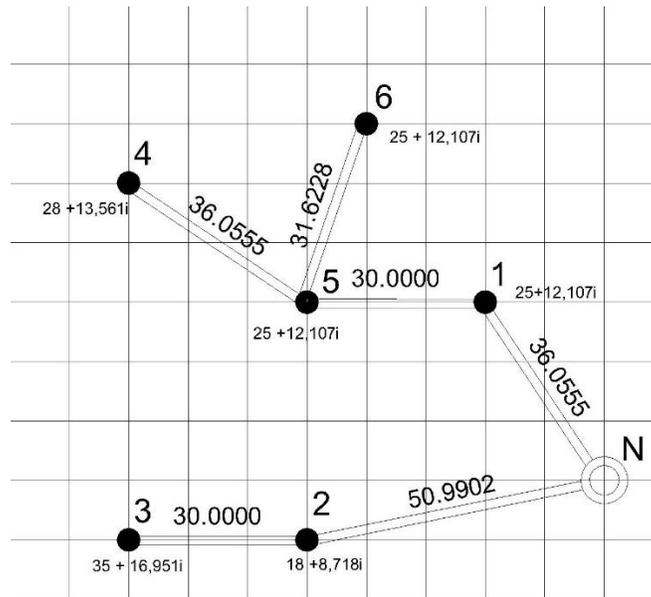
Vậy tổn thất điện áp lớn của lưới điện trong các chế độ:

Trong chế độ bình thường là 6,842% ứng với trường hợp đường dây N-5-4.

Trong chế độ sự cố là 11,462% ứng với trường hợp đường dây N-5-4 khi đường dây N-5 ngừng hoạt động.

### 2.3.2 Tính toán kỹ thuật các phương án 2

#### 2.3.2.1 Sơ đồ lưới điện



#### 2.3.2.2 Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện

Xét đường dây N-2-3 vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

Xét đường dây N-1-5-4-6, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{54} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_6 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{15} = \dot{S}_{54} + \dot{S}_{56} + \dot{S}_5 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N1} = \dot{S}_{15} + \dot{S}_1 = 103 + 49,882i \text{ MVA}$$

Bảng 2.14 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 2)

Đường dây	Công suất, MVA	Chiều dài, km
N-1	103 + 49,882i	36,06
1-5	78 + 37,775i	30
5-4	28 + 13,561i	36,06
5-6	25 + 12,107i	31,62
N-2	53 + 25,669i	50,99
2-3	35 + 16,951i	30

### 2.3.2.3 Lựa chọn điện áp định mức

Áp dụng công thức mục 2.2.2 ta tính được điện áp trên các nhánh

$$U_{N1} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 103} = 178,102 \text{ kV}$$

$$U_{15} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 78} = 155,151 \text{ kV}$$

$$U_{54} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 28} = 95,486 \text{ kV}$$

$$U_{56} = 4,34 \cdot \sqrt{31,62 + 16 \cdot 25} = 90,166 \text{ kV}$$

$$U_{N2} = 4,34 \cdot \sqrt{50,99 + 16 \cdot 53} = 130,127 \text{ kV}$$

$$U_{23} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 35} = 105,418 \text{ kV}$$

⇒ Ta chọn cấp điện áp truyền tải là  $U_{dm} = 110 \text{ kV}$

### 2.3.2.4 Tính toán tiết diện dây dẫn

Dòng điện bình thường trong chế độ cực đại được tính theo công thức:

$$I_{\max i} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}}$$

Trong đó  $S_i$  : Công suất trong đường dây thứ i (MVA)

$n$  : Số mạch

- Xét đường dây N-1

$$I_{\max N1} = \frac{S_{N1}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{103^2 + 49,882^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 300,335 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-1 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-1 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max N1} = 2 \cdot 300,335 = 600,67 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-240

- Tính toán tương tự ta có bảng 2.15 tiết diện dây dẫn của các đường dây

*Bảng 2.15 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 2)*

Đường dây	Số lộ	$I_{\max}$ , A	$I_{sc \max}$ , A	Loại dây
N-1	2	300,335	600,67	ACSR-240
1-5	2	227,439	454,878	ACSR-185
5-4	2	81,645	163,29	ACSR-95
5-6	2	72,897	145,794	ACSR-95
N-2	2	154,543	309,086	ACSR-185
2-3	2	102,057	204,114	ACSR-95

### 2.3.2.5 Tính toán thông số của các đường dây

- Xét đường dây N-1 theo phần 2.3.2.4 ta chọn được loại dây ACSR-240

Điện trở của đường dây N-1 là:

$$R = r_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,132 \cdot \frac{36,06}{2} = 2,38 \text{ } \Omega$$

Điện kháng của đường dây N-1 là:

$$X = x_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,388 \cdot \frac{36,06}{2} = 7 \ \Omega$$

- Tương tự tính cho các đường dây khác ta có bảng 2.16 thông số của các đường dây

Bảng 2.16 Thông số của các đường dây (phương án 2)

Đường dây	Số lộ	Chiều dài (m)	Loại dây	$x_0$ ( $\Omega / km$ )	$r_0$ ( $\Omega / km$ )	X ( $\Omega$ )	R ( $\Omega$ )
N-1	2	36,06	ACSR-240	0,388	0,132	7	2,38
1-5	2	30	ACSR-185	0,396	0,17	5,94	2,55
5-4	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,537	5,95
5-6	2	31,62	ACSR-95	0,418	0,33	6,609	5,217
N-2	2	50,99	ACSR-185	0,396	0,17	10,096	4,334
2-3	2	30	ACSR-95	0,418	0,33	6,27	4,95

### 2.3.2.6 Tổng thất điện áp lớn nhất của lưới điện

#### 2.3.2.6.1 Chế độ bình thường

Tổng thất điện năng của một đường dây được xác định bằng công thức:

$$\Delta U_{bt}^i = \frac{P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i}{U_{dm}} \text{ kV}$$

Trong đó

$P_i, Q_i$  lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của đường dây thứ i

$R_i, X_i$  lần lượt là điện trở và điện kháng của đường dây thứ i

- Xét đường dây N-1

$$\Delta U_{bt}^{N1} = \frac{P_{N1} \cdot R_{N1} + Q_{N1} \cdot X_{N1}}{U_{dm}} = \frac{103.2,38 + 49,882.7}{110} = 5,403 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{bt}^{N1} \% = \frac{\Delta U_{bt}^{N1}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{5,403}{110} \cdot 100 = 4,912\%$$

- Tính toán tương tự ta được bảng 2.17 tổn thất điện áp của các đường dây

Bảng 2.17 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 2)

Đường dây	$\Delta U_{bt}$ , kV	$\Delta U_{bt} \%$ , %
N-1	5,403	4,912
1-5	3,848	3,498
5-4	2,444	2,222
5-6	1,913	1,739
N-2	4,444	4,04
2-3	2,541	2,31

Do đó

$$\Delta U_{bt}^{N154} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 10,632\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N156} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 10,149\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N23} \% = \Delta U_{bt}^{N2} \% + \Delta U_{bt}^{23} \% = 6,35\%$$

### 2.3.2.6.2 Chế độ sự cố

Quy ước  $\Delta U_{sc(i)}^k$  : tổn thất điện áp trong chế độ sự cố trên đường dây k ứng với trường hợp đường dây i ngừng hoạt động

Đối với các đường dây mạch kép hình tia thì khi xảy ra sự cố ngừng hoạt động một mạch đường dây thì:  $\Delta U_{sc} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt} \%$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N1)}^{N156} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 15,061\%$$

$$\Delta U_{sc(N1)}^{N154} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 15,544\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 1-5 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(15)}^{N156} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + 2.\Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 13,647\%$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{N154} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + 2.\Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 14,13\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 5-4 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(54)}^{N154} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + 2.\Delta U_{bt}^{54} \% = 12,854\%$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{N156} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 10,149$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 5-6 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(56)}^{N156} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + 2.\Delta U_{bt}^{56} \% = 11,888\%$$

$$\Delta U_{sc(56)}^{N154} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 10,632\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N2} \% + \Delta U_{bt}^{23} \% = 10,39\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 2-3 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(23)}^{N23} \% = \Delta U_{bt}^{N2} \% + 2.\Delta U_{bt}^{23} \% = 8,66\%$$

$$\text{Do đó } \Delta U_{sc \max}^{N156} \% = \max \left\{ \Delta U_{sc(N1)}^{N156} \% ; \Delta U_{sc(15)}^{N156} \% ; \Delta U_{sc(56)}^{N156} \% ; \Delta U_{sc(54)}^{N156} \% \right\} = 15,061\%$$

$$\Delta U_{sc \max}^{N154} \% = \max \left\{ \Delta U_{sc(N1)}^{N154} \% ; \Delta U_{sc(15)}^{N154} \% ; \Delta U_{sc(56)}^{N154} \% ; \Delta U_{sc(54)}^{N154} \% \right\} = 15,544\%$$

$$\Delta U_{sc \max}^{N23} \% = \max \left\{ \Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% ; \Delta U_{sc(23)}^{N23} \% \right\} = 10,39\%$$

- Ta có bảng 2.18 tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố

Bảng 2.18 Tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 2)

Đường dây	$\Delta U_{bt} \% , \%$	$\Delta U_{sc} \% , \%$	$\Delta U_{maxbt} \% , \%$	$\Delta U_{maxsc} \% , \%$
N-1	4,912	9,824	10,632 <sup>(1)</sup>	15,544 <sup>(2)</sup>
1-5	3,498	6,996		
5-4	2,222	4,444		
5-6	1,739	3,478		
N-2	4,04	8,08	6,35	10,39 <sup>(3)</sup>
2-3	2,31	4,62		

$$(1) \max \{ \Delta U_{bt}^{N154} \% , \Delta U_{bt}^{N156} \% \}$$

$$(2) \max \{ \Delta U_{sc \max}^{N154} \% ; \Delta U_{sc \max}^{N156} \% \}$$

$$(3) \max \{ \Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% ; \Delta U_{sc(23)}^{N23} \% \}$$

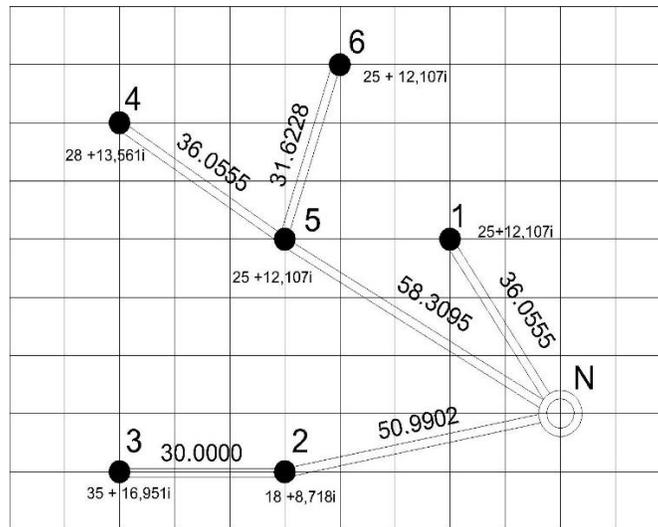
Vậy tổn thất điện áp lớn của mạng điện trong các chế độ:

Trong chế độ bình thường là 10,632% ứng với trường hợp đường dây N-1-5-4

Trong chế độ sự cố là 15,544% ứng với trường hợp đường dây N-1-5-4 khi đường dây N-1 ngừng hoạt động.

### 2.3.3 Tính toán kĩ thuật phương án 3

#### 2.3.3.1 Sơ đồ lưới điện



#### 2.3.3.2 Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện

Xét đường dây N-2-3 vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

Xét đường dây N-1, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{N1} = \dot{S}_1 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

Xét đường dây N-5-4-6, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{54} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_6 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N5} = \dot{S}_{54} + \dot{S}_{56} + \dot{S}_5 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

*Bảng 2.19 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 3)*

Đường dây	Công suất, MVA	Chiều dài, km
N-1	25 + 12,107i	36,06
N-5	78 + 37,775i	58,31
5-4	28 + 13,561i	36,06
5-6	25 + 12,107i	31,62
N-2	53 + 25,669i	50,99
2-3	35 + 16,951i	30

**2.3.3.3 Lựa chọn điện áp định mức**

Áp dụng công thức mục 2.2.2 ta tính được điện áp trên các nhánh

$$U_{N1} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 25} = 90,628 \text{ kV}$$

$$U_{N5} = 4,34 \cdot \sqrt{58,31 + 16 \cdot 78} = 156,86 \text{ kV}$$

$$U_{54} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 28} = 95,486 \text{ kV}$$

$$U_{56} = 4,34 \cdot \sqrt{31,62 + 16 \cdot 25} = 90,166 \text{ kV}$$

$$U_{N2} = 4,34 \cdot \sqrt{50,99 + 16 \cdot 53} = 130,127 \text{ kV}$$

$$U_{23} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 35} = 105,418 \text{ kV}$$

⇒ Ta chọn cấp điện áp truyền tải là  $U_{dm} = 110 \text{ kV}$

**2.3.3.4 Tính toán tiết diện dây dẫn**

Dòng điện bình thường trong chế độ cực đại được tính theo công thức:

$$I_{\max i} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}}$$

Trong đó

$S_i$  : Công suất trong đường dây thứ i (MVA)

n : Số mạch

- Xét đường dây N-1

$$I_{\max N1} = \frac{S_{N1}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{25^2 + 12,107^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 72,897 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-1 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-1 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max N1} = 2 \cdot 72,897 = 145,794 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-95

- Tính toán tương tự ta có bảng 2.20 tiết diện dây dẫn của các đường dây

*Bảng 2.20 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 3)*

Đường dây	Số lộ	$I_{\max}$ , A	$I_{sc \max}$ , A	Loại dây
N-1	2	72,897	145,794	ACSR-95
N-5	2	227,439	454,878	ACSR-185
5-4	2	81,645	163,29	ACSR-95
5-6	2	72,897	145,794	ACSR-95
N-2	2	154,543	309,086	ACSR-185
2-3	2	102,057	204,114	ACSR-95

### 2.3.3.5 Tính toán thông số của các đường dây

- Xét đường dây N-1 theo phần 2.3.3.4 ta chọn được loại dây ACSR-95

Điện trở của đường dây N-1 là:

$$R = r_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,33 \cdot \frac{36,06}{2} = 5,95 \text{ } \Omega$$

Điện kháng của đường dây N-1 là:

$$X = x_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,418 \cdot \frac{36,06}{2} = 7,537 \ \Omega$$

- Tương tự tính cho các đường dây khác ta có bảng 2.21 thông số của các đường dây

Bảng 2.21 Thông số của các đường dây (phương án 3)

Đường dây	Số lộ	Chiều dài (m)	Loại dây	$x_0$ ( $\Omega / km$ )	$r_0$ ( $\Omega / km$ )	X ( $\Omega$ )	R ( $\Omega$ )
N-1	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,537	5,95
N-5	2	58,31	ACSR-185	0,396	0,17	11,545	4,956
5-4	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,537	5,95
5-6	2	31,62	ACSR-95	0,418	0,33	6,609	5,217
N-2	2	50,99	ACSR-185	0,396	0,17	10,096	4,334
2-3	2	30	ACSR-95	0,418	0,33	6,27	4,95

### 2.3.3.6 Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện

#### 2.3.3.6.1 Chế độ bình thường

Tổn thất điện năng của một đường dây được xác định bằng công thức:

$$\Delta U_{bt}^i = \frac{P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i}{U_{dm}} \text{ kV}$$

Trong đó

$P_i, Q_i$  lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của đường dây thứ i

$R_i, X_i$  lần lượt là điện trở và điện kháng của đường dây thứ i

- Xét đường dây N-1

$$\Delta U_{bt}^{N1} = \frac{P_{N1} \cdot R_{N1} + Q_{N1} \cdot X_{N1}}{U_{dm}} = \frac{25,5,95 + 12,107,7,537}{110} = 2,182 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{bt}^{N1} \% = \frac{\Delta U_{bt}^{N1}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{2,182}{110} \cdot 100 = 1,984\%$$

- Tính toán tương tự ta được bảng 2.22 tổn thất điện áp của các đường dây

Bảng 2.22 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 3)

Đường dây	$\Delta U_{bt}$ , kV	$\Delta U_{bt} \%$ , %
N-1	5,403	4,912
N-5	7,479	6,8
5-4	2,444	2,222
5-6	1,913	1,739
N-2	4,444	4,04
2-3	2,541	2,31

Do đó  $\Delta U_{bt}^{N54} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 9,022\%$

$$\Delta U_{bt}^{N56} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 8,539\%$$

### 2.3.3.6.2 Chế độ sự cố

Quy ước  $\Delta U_{sc(i)}^k$  : tổn thất điện áp trong chế độ sự cố trên đường dây k ứng với trường hợp đường dây i ngừng hoạt động.

Đối với các đường dây mạch kép hình tia thì khi xảy ra sự cố ngừng hoạt động một mạch đường dây thì:  $\Delta U_{sc} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt} \%$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N1)}^{N1} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{N1} \% = 3,968\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-5 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N5)}^{N56} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 15,339\%$$

$$\Delta U_{sc(N5)}^{N54} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 15,822\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 5-4 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(54)}^{N54} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + 2.\Delta U_{bt}^{54} \% = 11,244\%$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{N56} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% = 8,539\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 5-6 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(56)}^{N56} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + 2.\Delta U_{bt}^{56} \% = 10,278\%$$

$$\Delta U_{sc(56)}^{N54} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 9,022\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N2} \% + \Delta U_{bt}^{23} \% = 10,39\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 2-3 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(23)}^{N23} \% = \Delta U_{bt}^{N2} \% + 2.\Delta U_{bt}^{23} \% = 8,66\%$$

$$\text{Do đó } \Delta U_{sc \max}^{N54} = \max \{ \Delta U_{sc(N5)}^{N54} \% ; \Delta U_{sc(54)}^{N54} \% ; \Delta U_{sc(56)}^{N54} \% \} = 15,822\%$$

$$\Delta U_{sc \max}^{N56} = \max \{ \Delta U_{sc(N5)}^{N56} \% ; \Delta U_{sc(54)}^{N56} \% ; \Delta U_{sc(56)}^{N56} \% \} = 15,399\%$$

$$\Delta U_{sc \max}^{N23} = \max \{ \Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% ; \Delta U_{sc(23)}^{N23} \% \} = 10,39\%$$

Bảng 2.23 Tổng thất điện áp trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 3)

Đường dây	$\Delta U_{bt} \%$	$\Delta U_{sc} \%$	$\Delta U_{maxbt} \%$	$\Delta U_{maxsc} \%$
N-1	1,984	3,968	1,984	3,968
N-5	6,8	13,6	9,022 <sup>(1)</sup>	15,822 <sup>(2)</sup>
5-4	2,222	4,444		
5-6	1,739	3,478		
N-2	4,04	8,08	6,35	10,39

2-3	2,31	4,62		
-----	------	------	--	--

$$(1): \max \left\{ \Delta U_{bt}^{N54} \%, \Delta U_{bt}^{N56} \% \right\}$$

$$(2): \max \left\{ \Delta U_{sc \max}^{N54}, \Delta U_{sc \max}^{N56} \right\}$$

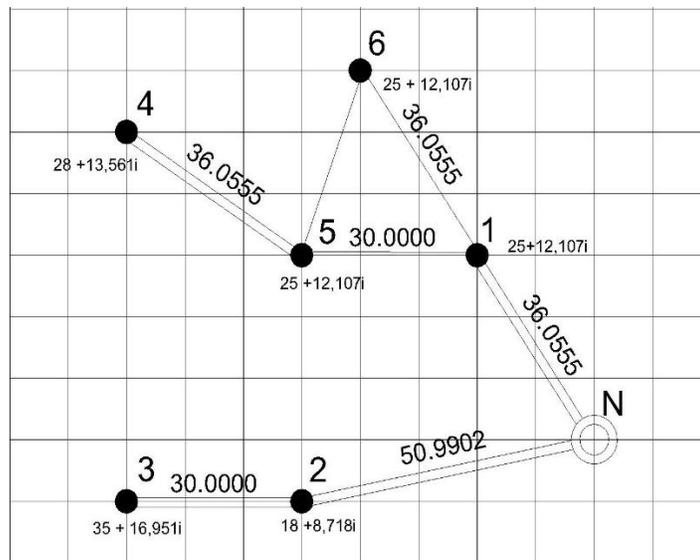
Vậy tổn thất điện áp lớn của mạng điện trong các chế độ:

Trong chế độ bình thường là 9,022% ứng với đường dây N-5-4

Trong chế độ sự cố là 15,822% ứng với trường hợp đường dây N-5-4 khi đường dây N-5 ngừng hoạt động

### 2.3.4 Tính toán kĩ thuật phương án 4

#### 2.3.4.1 Sơ đồ lưới điện



#### 2.3.4.2 Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện

Xét đường dây N-2-3, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

Xét đường dây 4-5, vì là lộ đường dây hình tia do đó

$$\dot{S}_{54} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

Xét mạch vòng 1-6-5 cấp điện từ đường dây N-1

$$\text{Ta có } \dot{S}_{16} = \frac{\dot{S}_6 \cdot (L_{56} + L_{15}) + (\dot{S}_4 + \dot{S}_5) \cdot L_{15}}{L_{15} + L_{16} + L_{56}} = 32,049 + 15,521i \text{ MVA}$$

$$\text{Do } \dot{S}_{16} > \dot{S}_6 \Rightarrow \text{Dòng công suất đi từ } 6 \rightarrow 5$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{65} = \dot{S}_{16} - \dot{S}_6 = 7,05 + 3,414i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{15} = (\dot{S}_4 + \dot{S}_5) - \dot{S}_{65} = 45,95 + 22,254i \text{ MVA}$$

$$\text{Nên } \dot{S}_{N1} = \dot{S}_{15} + \dot{S}_{16} + \dot{S}_1 = 103 + 49,882i \text{ MVA}$$

*Bảng 2.24 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 4)*

Đường dây	Công suất, MVA	Chiều dài, km
N-1	103 + 49,882i	36,06
1-6	32,049 + 15,521i	36,06
1-5	45,95 + 22,254i	30
6-5	7,05 + 3,414i	31,62
5-4	28 + 13,561i	36,06
N-2	53 + 25,669i	50,99
2-3	35 + 16,951i	30

### 2.3.4.3 Lựa chọn điện áp định mức

Áp dụng công thức mục 2.2.2 ta tính được điện áp trên các nhánh

$$U_{N1} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 103} = 178,102 \text{ kV}$$

$$U_{16} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 32,049} = 101,675 \text{ kV}$$

$$U_{15} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 45,95} = 120,054 \text{ kV}$$

$$U_{65} = 4,34 \cdot \sqrt{31,62 + 16 \cdot 7,05} = 52,156 \text{ kV}$$

$$U_{N2} = 4,34 \cdot \sqrt{50,99 + 16 \cdot 53} = 130,127 \text{ kV}$$

$$U_{23} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16 \cdot 35} = 105,418 \text{ kV}$$

⇒ Ta chọn cấp điện áp truyền tải là  $U_{dm} = 110$  kV

#### 2.3.4.4 Tính toán tiết diện dây dẫn

Dòng điện bình thường trong chế độ cực đại được tính theo công thức:

$$I_{\max i} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}}$$

Trong đó

$S_i$  : Công suất trong đường dây thứ i (MVA)

n : Số mạch

➤ Xét đường dây N-1

$$I_{\max N1} = \frac{S_{N1}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{103^2 + 49,882^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 300,335 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-1 ngừng hoạt động  
Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-1 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max N1} = 2 \cdot 300,335 = 600,67 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-240

➤ Xét đường dây 1-6

$$I_{\max 16} = \frac{S_{16}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{32,049^2 + 15,521^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 186,902 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 1-5 ngừng hoạt động  
Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 1-6 là:

$$I_{sc \max 16} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_5 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_5 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 454,877 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 1-5

$$I_{\max 15} = \frac{S_{15}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{45,95^2 + 22,254^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 267,971 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 1-6 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 1-5 là:

$$I_{sc \max 15} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_5 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_5 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 454,877 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 6-5

$$I_{\max 65} = \frac{S_{65}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{7,05^2 + 3,414^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 41,113 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 1-5 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 6-5 là:

$$I_{sc \max 15} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_5)^2 + (Q_4 + Q_5)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 309,084 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-95

➤ Xét đường dây 5-4

$$I_{\max 54} = \frac{S_{54}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{28^2 + 13,561^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 81,645 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây 5-4 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 5-4 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max 54} = 2 \cdot 81,645 = 163,29 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-95

➤ Xét đường dây N-2

$$I_{\max N2} = \frac{S_{N2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{53^2 + 25,669^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 154,543 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-2 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-2 là:

$$I_{sc \max N2} = 2 \cdot I_{\max N2} = 2 \cdot 154,543 = 309,086 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 2-3

$$I_{\max 23} = \frac{S_{23}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{35^2 + 16,951^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 102,057 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây 2-3 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 2-3 là:

$$I_{sc \max N1} = 2.I_{\max N1} = 2.102,057 = 204,114 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-95

*Bảng 2.25 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 4)*

Đường dây	Số lộ	$I_{\max}$ , A	$I_{sc \max}$ , A	Loại dây
N-1	2	300,339	600,678	ACSR-240
1-6	1	186,909	454,977	ACSR-185
1-5	1	267,973	454,877	ACSR-185
6-5	1	41,113	309,084	ACSR-95
5-4	2	81,645	163,29	ACSR-95
N-2	2	154,543	309,086	ACSR-185
2-3	2	102,057	204,114	ACSR-95

**2.3.4.5 Tính toán thông số của các đường dây**

- Xét đường dây N-1 theo phần 2.3.4.4 ta chọn được loại dây ACSR-240

Điện trở của đường dây N-1 là:

$$R = r_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,132 \cdot \frac{36,06}{2} = 2,38 \text{ } \Omega$$

Điện kháng của đường dây N-1 là:

$$X = x_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,388 \cdot \frac{36,06}{2} = 6,996 \text{ } \Omega$$

- Tương tự tính cho các đường dây khác ta có bảng 2.26 thông số của các đường dây

Bảng 2.26 Thông số của các đường dây (phương án 4)

Đường dây	Số lộ	Chiều dài (m)	Loại dây	$x_0$ ( $\Omega / km$ )	$r_0$ ( $\Omega / km$ )	X ( $\Omega$ )	R ( $\Omega$ )
N-1	2	36,06	ACSR-240	0,388	0,132	6,996	2,38
1-6	1	36,06	ACSR-185	0,417	0,17	15,037	6,13
1-5	1	30	ACSR-185	0,417	0,17	12,51	5,1
6-5	1	31,62	ACSR-95	0,439	0,33	13,881	10,435
5-4	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,519	5,95
N-2	2	50,99	ACSR-185	0,396	0,17	10,096	4,334
2-3	2	30	ACSR-95	0,418	0,33	6,27	4,95

### 2.3.4.6 Tính toán lại phân bố công suất sau khi chọn tiết diện dây dẫn đường dây

- Xét đường dây N-2-3, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

- Xét đường dây 4-5, vì là lộ đường dây hình tia do đó

$$\dot{S}_{54} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

- Xét mạch vòng 1-6-5 cấp điện từ đường dây N-1

$$\text{Ta có } \dot{S}_{16} = \frac{\dot{S}_6 \cdot (\bar{Z}_{65} + \bar{Z}_{15}) + (\dot{S}_4 + \dot{S}_5) \cdot \bar{Z}_{15}}{\bar{Z}_{15} + \bar{Z}_{16} + \bar{Z}_{65}} = 31,906 + 14,677i \text{ MVA}$$

$$\text{Do } \dot{S}_{16} > \dot{S}_6 \Rightarrow \text{Dòng công suất đi từ } 6 \rightarrow 5$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{65} = \dot{S}_{16} - \dot{S}_6 = 6,906 + 2,57i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{15} = (\dot{S}_4 + \dot{S}_5) - \dot{S}_{65} = 46,094 + 23,098i \text{ MVA}$$

$$\text{Nên } \dot{S}_{N1} = \dot{S}_{15} + \dot{S}_{16} + \dot{S}_1 = 103 + 49,882i \text{ MVA}$$

Kiểm tra lại tiết diện dây dẫn sau khi tính lại phân bố công suất trong mạch vòng kín

- Xét đường dây 1-6

$$I_{\max 16} = \frac{S_{16}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{31,906^2 + 14,677^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 184,332 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 1-5 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 1-6 là:

$$I_{sc \max 16} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_5 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_5 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 454,877 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta thấy dây ACSR-185 vẫn thỏa mãn.

- Xét đường dây 1-5

$$I_{\max 15} = \frac{S_{15}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{46,094^2 + 23,098^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 270,607 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 1-6 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 1-5 là:

$$I_{sc \max 15} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_5 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_5 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 454,877 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta thấy dây ACSR-185 vẫn thỏa mãn.

- Xét đường dây 6-5

$$I_{\max 65} = \frac{S_{65}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{6,906^2 + 2,57^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 38,676 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 1-5 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 6-5 là:

$$I_{sc \max 15} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_5)^2 + (Q_4 + Q_5)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 309,084 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta thấy dây ACSR-95 vẫn thỏa mãn

Bảng 2.27 Phân bố công suất các đường dây sau khi chọn tiết diện dây dẫn (phương án 4)

Đường dây	Công suất, MVA	Chiều dài, km	Tổng trở Z, Ω
N-1	103 + 49,882i	36,06	2,38 + 6,996i
1-6	31,906 + 14,677i	36,06	6,13 + 15,037i
1-5	46,094 + 23,098i	30	5,1 + 12,51i
6-5	6,906 + 2,57i	31,62	10,435 + 13,881i
5-4	28 + 13,561i	36,06	5,95 + 7,519i
N-2	53 + 25,669i	50,99	4,334 + 10,096i
2-3	35 + 16,951i	30	4,95 + 6,27i

### 2.3.4.7 Tồn thất điện áp lớn nhất của lưới điện

#### 2.3.4.7.1 Chế độ bình thường

Tồn thất điện năng của một đường dây được xác định bằng công thức:

$$\Delta U_{bt}^i = \frac{P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i}{U_{dm}} \text{ kV}$$

Trong đó

$P_i, Q_i$  lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của đường dây thứ i

$R_i, X_i$  lần lượt là điện trở và điện kháng của đường dây thứ i

➤ Xét đường dây N-1

$$\Delta U_{bt}^{N1} = \frac{P_{N1} \cdot R_{N1} + Q_{N1} \cdot X_{N1}}{U_{dm}} = \frac{103 \cdot 2,38 + 49,882 \cdot 6,996}{110} = 5,401 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{bt}^{N1} \% = \frac{\Delta U_{bt}^{N1}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{5,401}{110} \cdot 100 = 4,91\%$$

- Tính toán tương tự ta được bảng 2.28 tổn thất điện áp của các đường dây

Bảng 2.28 Tổn thất điện áp của các đường dây chế độ bình thường (phương án 4)

Đường dây	$\Delta U_{bt}$ , kV	$\Delta U_{bt}$ %, %
N-1	5,401	4,91
1-6	3,784	3,44
1-5	4,764	4,331
6-5	0,979	0,89
5-4	2,442	2,22
N-2	4,444	4,04
2-3	2,541	2,31

Do đó  $\Delta U_{bt}^{N154}\% = \Delta U_{bt}^{N1}\% + \Delta U_{bt}^{15}\% + \Delta U_{bt}^{54}\% = 11,461\%$

$$\Delta U_{bt}^{N1654}\% = \Delta U_{bt}^{N1}\% + \Delta U_{bt}^{16}\% + \Delta U_{bt}^{65}\% + \Delta U_{bt}^{54}\% = 11,46\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N23}\% = \Delta U_{bt}^{N2}\% + \Delta U_{bt}^{23}\% = 6,35\%$$

### 2.3.4.7.2 Chế độ sự cố

Quy ước  $\Delta U_{sc(i)}^k$  : tổn thất điện áp trong chế độ sự cố trên đường dây k ứng với trường hợp đường dây i ngừng hoạt động.

Đối với các đường dây mạch kép hình tia thì khi xảy ra sự cố ngừng hoạt động một mạch đường dây thì:  $\Delta U_{sc}\% = 2.\Delta U_{bt}\%$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N1)}^{N1}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N1}\% = 9,82\%$$

$$\Delta U_{sc(N1)}^{N154}\% = \Delta U_{sc(N1)}^{N1}\% + \Delta U_{bt}^{15}\% + \Delta U_{bt}^{54}\% = 16,371\%$$

$$\Delta U_{bt(N1)}^{N1654} \% = \Delta U_{sc(N1)}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{16} \% + \Delta U_{bt}^{65} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 16,37\%$$

- Xét sự cố một mạch đường dây 5-4 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(54)}^{54} \% = 2.\Delta U_{bt}^{54} \% = 4,44\%$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{N154} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{15} \% + \Delta U_{sc(54)}^{54} \% = 13,681\%$$

$$\Delta U_{bt(5-4)}^{N1654} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{bt}^{16} \% + \Delta U_{bt}^{65} \% + \Delta U_{sc(54)}^{54} \% = 13,68\%$$

- Xét đường dây 1-5

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 1-5 là khi đường dây 1-6 ngừng hoạt động. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{15} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_6 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{sc(16)}^{15} \% = \frac{78.5,1 + 37,775.12,51}{110^2} .100 = 7,193\%$$

$$\Delta U_{sc(16)}^{56} \% = \frac{25.10,435 + 12,107.13,881}{110^2} .100 = 3,545\%$$

$$\Delta U_{sc(16)}^{N154} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{sc(16)}^{15} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 14,323\%$$

$$\Delta U_{sc(16)}^{N156} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{sc(16)}^{15} \% + \Delta U_{sc(16)}^{56} \% = 15,648\%$$

- Xét đường dây 1-6

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 1-6 là khi đường dây 1-5 ngừng hoạt động. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{16} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{65} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 = 53 + 25,668i \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{16} \% = \frac{78.6,13 + 37,775.15,037}{110^2} .100 = 8,646\%$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{65} \% = \frac{53.10,435 + 25,668.13,881}{110^2} .100 = 7,515\%$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{N1654} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{sc(15)}^{16} \% + \Delta U_{sc(15)}^{65} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 23,291\%$$

➤ Xét đường dây 6-5

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 6-5 là khi đường dây 1-5 ngừng hoạt động. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{16} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{65} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 = 53 + 25,668i \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{16} \% = \frac{78.6,13 + 37,775.15,037}{110^2} .100 = 8,646\%$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{65} \% = \frac{53.10,435 + 25,668.13,881}{110^2} .100 = 7,515\%$$

$$\Delta U_{sc(15)}^{N1654} \% = \Delta U_{bt}^{N1} \% + \Delta U_{sc(15)}^{16} \% + \Delta U_{sc(15)}^{65} \% + \Delta U_{bt}^{54} \% = 23,291\%$$

➤ Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N2} \% + \Delta U_{bt}^{23} \% = 10,39\%$$

➤ Xét sự cố một mạch đường dây 2-3 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(23)}^{N23} \% = \Delta U_{bt}^{N2} \% + 2.\Delta U_{bt}^{23} \% = 8,66\%$$

Bảng 2.29 Tổn thất điện áp trên các đường dây trong chế độ bình thường và sự cố (phương án 4)

Đường dây	$\Delta U_{bt} \% , \%$	$\Delta U_{sc} \% , \%$	$\Delta U_{maxbt} \% , \%$	$\Delta U_{maxsc} \% , \%$
N-1	4,91	9,82	11,461 <sup>(1)</sup>	23,291 <sup>(2)</sup>
1-6	3,44	8,646		
1-5	4,331	7,193		
6-5	0,89	7,515		
5-4	2,22	4,44		
N-2	4,04	8,08	6,35	10,39 <sup>(3)</sup>
2-3	2,31	4,62		

- (1)  $\max \{ \Delta U_{bt}^{N154} \% ; \Delta U_{bt}^{N1654} \% \}$
- (2) Tổng thất điện áp lớn nhất trong chế độ sự cố của phần đường dây N-1-5-4 và N-1-6-5-4 ứng với trường hợp đường dây 1-5 ngừng hoạt động
- (3)  $\max \{ \Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% ; \Delta U_{sc(23)}^{N23} \% \}$

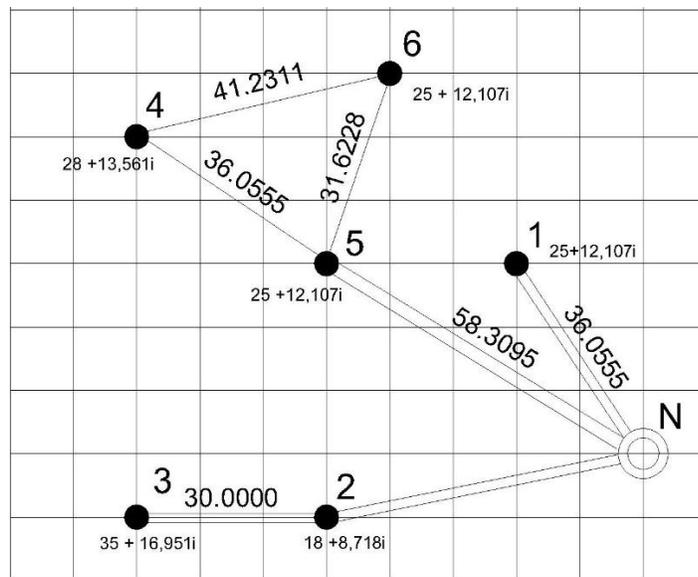
Vậy tổn thất điện áp lớn của mạng điện trong các chế độ:

Trong chế độ bình thường là 11,461% ứng với trường hợp đường dây N-1-5-4

Trong chế độ sự cố là 23,291% ứng với trường hợp đường dây N-1-6-5-4 khi đường dây 1-5 ngừng hoạt động

### 2.3.5 Tính toán kỹ thuật phương án 5

#### 2.3.5.1 Sơ đồ lưới điện



#### 2.3.5.2 Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong lưới điện

Xét đường dây N-2-3, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

Xét đường dây N-1, vì là lộ đường dây hình tia do đó

$$\dot{S}_{N1} = \dot{S}_1 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

Xét mạch vòng 4-6-5 cấp điện từ đường dây N-1

$$\text{Ta có } \dot{S}_{54} = \frac{\dot{S}_4 \cdot (L_{64} + L_{56}) + \dot{S}_6 \cdot L_{56}}{L_{54} + L_{64} + L_{56}} = 25,988 + 12,586i \text{ MVA}$$

Do  $\dot{S}_{54} < \dot{S}_4 \Rightarrow$  Dòng công suất đi từ 6  $\rightarrow$  4

$$\Rightarrow \dot{S}_{64} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{54} = 2,012 + 0,975i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_{64} + \dot{S}_6 = 27 + 13,082i \text{ MVA}$$

$$\text{Nên } \dot{S}_{N5} = \dot{S}_{54} + \dot{S}_{56} + \dot{S}_5 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

*Bảng 2.30 Phân bố công suất trên các đường dây (phương án 5)*

Đường dây	Công suất, MVA	Chiều dài, km
N-1	25 + 12,107i	36,06
N-5	78 + 37,775i	58,31
5-4	25,988 + 12,586i	36,06
5-6	27 + 13,082i	31,62
6-4	2,012 + 0,975i	41,23
N-2	53 + 25,669i	50,99
2-3	35 + 16,951i	30

### 2.3.5.3 Lựa chọn điện áp định mức

Áp dụng công thức mục 2.2.2 ta tính được điện áp trên các nhánh

$$U_{N1} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 25} = 90,628 \text{ kV}$$

$$U_{N5} = 4,34 \cdot \sqrt{58,31 + 16 \cdot 78} = 156,86 \text{ kV}$$

$$U_{54} = 4,34 \cdot \sqrt{36,06 + 16 \cdot 25,988} = 92,256 \text{ kV}$$

$$U_{56} = 4,34 \cdot \sqrt{31,62 + 16 \cdot 27} = 93,448 \text{ kV}$$

$$U_{N2} = 4,34 \cdot \sqrt{50,99 + 16,53} = 130,127 \text{ kV}$$

$$U_{23} = 4,34 \cdot \sqrt{30 + 16,35} = 105,418 \text{ kV}$$

⇒ Ta chọn cấp điện áp truyền tải là  $U_{dm} = 110 \text{ kV}$

### 2.3.5.4 Tính toán tiết diện dây dẫn

Dòng điện bình thường trong chế độ cực đại được tính theo công thức:

$$I_{\max i} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}}$$

Trong đó

$S_i$  : Công suất trong đường dây thứ i (MVA)

n : Số mạch

➤ Xét đường dây N-1

$$I_{\max N1} = \frac{S_{N1}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{25^2 + 12,107^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 72,897 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-1 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-1 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max N1} = 2 \cdot 72,897 = 145,794 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-95

➤ Xét đường dây N-5

$$I_{\max N5} = \frac{S_{N5}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{78^2 + 37,775^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 227,439 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-5 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-5 là:

$$I_{sc \max N1} = 2 \cdot I_{\max N1} = 2 \cdot 227,439 = 454,878 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 5-4

$$I_{\max 54} = \frac{S_{54}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{25,988^2 + 12,586^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 151,556 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 5-6 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 5-4 là:

$$I_{sc \max 16} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 309,084 \text{ A}$$

Tra bảng 2.6 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 5-6

$$I_{\max 56} = \frac{S_{56}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{27^2 + 13,082^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 157,471 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 5-4 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 5-6 là:

$$I_{sc \max 56} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 309,084 \text{ A}$$

Tra bảng 2.6 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 6-4

$$I_{\max 64} = \frac{S_{64}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{2,012^2 + 0,975^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 11,735 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 5-4 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 6-4 là:

$$I_{sc \max 64} = \frac{\sqrt{P_4^2 + Q_4^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 163,291 \text{ A}$$

Tra bảng 2.6 ta chọn 2xACSR-70

➤ Xét đường dây N-2

$$I_{\max N2} = \frac{S_{N2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{53^2 + 25,669^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 154,543 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây N-2 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây N-2 là:

$$I_{sc \max N2} = 2 \cdot I_{\max N2} = 2 \cdot 154,543 = 309,086 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-185

➤ Xét đường dây 2-3

$$I_{\max 23} = \frac{S_{23}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{35^2 + 16,951^2}}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} \cdot 10^3 = 102,057 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là một mạch của đường dây 2-3 ngừng hoạt động

Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 2-3 là:

$$I_{sc \max N1} = 2.I_{\max N1} = 2.102,057 = 204,114 \text{ A}$$

Tra bảng 2.7 ta chọn 2xACSR-95

Bảng 2.31 Tiết diện dây dẫn của các đường dây (phương án 5)

Đường dây	Số lộ	$I_{\max}$ , A	$I_{sc \max}$ , A	Loại dây
N-1	2	72,897	145,794	ACSR-95
N-5	2	227,439	454,878	ACSR-185
5-4	1	151,556	309,084	ACSR-185
5-6	1	157,471	309,084	ACSR-185
6-4	1	11,735	163,291	ACSR-70
N-2	2	154,543	309,086	ACSR-185
2-3	2	102,057	204,114	ACSR-95

### 2.3.5.5 Tính toán thông số của các đường dây

- Xét đường dây N-1 theo phần 2.3.5.4 ta chọn được loại dây ACSR-95

Điện trở của đường dây N-1 là:

$$R = r_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,33 \cdot \frac{36,06}{2} = 5,95 \text{ } \Omega$$

Điện kháng của đường dây N-1 là:

$$X = x_0 \cdot \frac{L_{N1}}{2} = 0,418 \cdot \frac{36,06}{2} = 7,537 \text{ } \Omega$$

- Tương tự tính cho các đường dây khác ta có bảng 2.32 thông số của các đường dây

Bảng 2.32 Thông số của các đường dây (phương án 5)

Đường dây	Số lộ	Chiều dài (m)	Loại dây	$x_0$ ( $\Omega / km$ )	$r_0$ ( $\Omega / km$ )	X ( $\Omega$ )	R ( $\Omega$ )
N-1	2	36,06	ACSR-95	0,418	0,33	7,537	5,95
N-5	2	58,31	ACSR-185	0,396	0,17	11,545	4,956
5-4	1	36,06	ACSR-185	0,417	0,17	15,037	6,13
5-6	1	31,62	ACSR-185	0,417	0,17	13,186	5,375
6-4	1	41,23	ACSR-70	0,449	0,46	18,512	18,966
N-2	2	50,99	ACSR-185	0,396	0,17	10,096	4,334
2-3	2	30	ACSR-95	0,418	0,33	6,27	4,95

### 2.3.5.6 Tính toán lại phân bố công suất sau khi chọn tiết diện dây dẫn từng đường dây

- Xét đường dây N-2-3, vì là đường dây hình tia liên thông do đó

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 = 35 + 16,951i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = 53 + 25,669i \text{ MVA}$$

- Xét đường dây N-1, vì là lộ đường dây hình tia do đó

$$\dot{S}_{N1} = \dot{S}_1 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

- Xét mạch vòng 4-6-5 cấp điện từ đường dây N-5

$$\text{Ta có } \dot{S}_{54} = \frac{\dot{S}_4 \cdot (\bar{Z}_{64} + \bar{Z}_{56}) + \dot{S}_6 \cdot \bar{Z}_{56}}{\bar{Z}_{54} + \bar{Z}_{64} + \bar{Z}_{56}} = 26,101 + 13,055i \text{ MVA}$$

Do  $\dot{S}_4 > \dot{S}_{54} \Rightarrow$  Dòng công suất đi từ 6  $\rightarrow$  4

$$\Rightarrow \dot{S}_{64} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{54} = 1,899 + 0,506i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_{64} + \dot{S}_6 = 26,899 + 12,613i \text{ MVA}$$

$$\text{Nên } \dot{S}_{N5} = \dot{S}_{54} + \dot{S}_{56} + \dot{S}_5 = 78 + 37,775i \text{ MVA}$$

Kiểm tra lại tiết diện dây dẫn sau khi tính lại phân bố công suất trong mạch vòng kín

➤ Xét đường dây 5-4

$$I_{\max 54} = \frac{S_{54}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{26,101^2 + 13,055^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 153,175 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 5-6 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 5-4 là:

$$I_{sc \max 16} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 309,084 \text{ A}$$

Tra bảng 2.6 ta thấy dây ACSR-185 vẫn thỏa mãn

➤ Xét đường dây 5-6

$$I_{\max 56} = \frac{S_{56}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{26,899^2 + 12,613^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 155,934 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 5-4 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 5-6 là:

$$I_{sc \max 56} = \frac{\sqrt{(P_4 + P_6)^2 + (Q_4 + Q_6)^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 309,084 \text{ A}$$

Tra bảng 2.6 ta thấy dây ACSR-185 vẫn thỏa mãn

➤ Xét đường dây 6-4

$$I_{\max 64} = \frac{S_{64}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} = \frac{\sqrt{1,899^2 + 0,506^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 10,315 \text{ A}$$

Sự cố nặng nề nhất là đường dây 5-4 ngừng hoạt động  
 Khi đó dòng điện sự cố lớn nhất chạy trên đường dây 6-4 là:

$$I_{sc \max 64} = \frac{\sqrt{P_4^2 + Q_4^2}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{dm}} \cdot 10^3 = 163,291 \text{ A}$$

Tra bảng 2.6 ta thấy dây ACSR-70 vẫn thỏa mãn

Bảng 2.33 Phân bố công suất các đường dây sau khi chọn tiết diện dây dẫn (phương án 5)

Đường dây	Công suất, MVA	Chiều dài, km	Tổng trở Z, Ω
N-1	25 + 12,107i	36,06	5,95 + 7,537i
N-5	78 + 37,775i	58,31	4,956 + 11,545i
5-4	26,101 + 13,055i	36,06	6,13 + 15,037i
5-6	26,899 + 12,613i	31,62	5,375 + 13,186i
6-4	1,899 + 0,506i	41,23	18,966 + 18,512i
N-2	53 + 25,669i	50,99	4,334 + 10,096i
2-3	35 + 16,951i	30	4,95 + 6,27i

### 2.3.5.7 Tổn thất điện áp lớn nhất của lưới điện

#### 2.3.5.7.1 Chế độ bình thường

Tổn thất điện năng của một đường dây được xác định bằng công thức:

$$\Delta U_{bt}^i = \frac{P_i \cdot R_i + Q_i \cdot X_i}{U_{dm}} \text{ kV}$$

Trong đó

$P_i, Q_i$  lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của đường dây thứ i

$R_i, X_i$  lần lượt là điện trở và điện kháng của đường dây thứ i

➤ Xét đường dây N-1

$$\Delta U_{bt}^{N1} = \frac{P_{N1} \cdot R_{N1} + Q_{N1} \cdot X_{N1}}{U_{dm}} = \frac{25 \cdot 5,95 + 12,107 \cdot 7,537}{110} = 2,182 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{bt}^{N1} \% = \frac{\Delta U_{bt}^{N1}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{2,182}{110} \cdot 100 = 1,984\%$$

➤ Tính toán tương tự ta được bảng 2.34 tổn thất điện áp của các đường dây

Bảng 2.34 Tổn thất điện áp trên các đường dây chế độ bình thường (phương án 5)

Đường dây	$\Delta U_{bt}$ ,kV	$\Delta U_{bt}$ % ,%
N-1	2,182	1,984
N-5	7,479	6,799
5-4	3,239	2,945
5-6	2,826	2,569
6-4	0,413	0,375
N-2	4,444	4,04
2-3	2,541	2,31

Do đó  $\Delta U_{bt}^{N54}\% = \Delta U_{bt}^{N5}\% + \Delta U_{bt}^{54}\% = 9,744\%$

$\Delta U_{bt}^{N654}\% = \Delta U_{bt}^{N5}\% + \Delta U_{bt}^{56}\% + \Delta U_{bt}^{64}\% = 9,743\%$

$\Delta U_{bt}^{N23}\% = \Delta U_{bt}^{N2}\% + \Delta U_{bt}^{23}\% = 6,35\%$

**2.3.5.7.2 Chế độ sự cố**

Quy ước  $\Delta U_{sc(i)}^k$  : tổn thất điện áp trong chế độ sự cố trên đường dây k ứng với trường hợp đường dây i ngừng hoạt động.

Đối với các đường dây mạch kép hình tia thì khi xảy ra sự cố ngừng hoạt động một mạch đường dây thì:  $\Delta U_{sc}\% = 2.\Delta U_{bt}\%$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động

$\Delta U_{sc(N1)}^{N1}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N1}\% = 3,968\%$

- Xét sự cố một mạch đường dây N-5 ngừng hoạt động

$\Delta U_{sc(N5)}^{N5}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N5}\% = 13,598\%$

$\Delta U_{sc(N5)}^{N54}\% = \Delta U_{sc(N5)}^{N5}\% + \Delta U_{bt}^{54}\% = 16,543\%$

$$\Delta U_{sc(N5)}^{N564} \% = \Delta U_{sc(N5)}^{N5} \% + \Delta U_{bt}^{56} \% + \Delta U_{bt}^{64} \% = 16,542\%$$

➤ Xét đường dây 5-4

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 5-4 là khi đường dây 5-6 ngừng hoạt động. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{54} = \dot{S}_4 + \dot{S}_6 = 53 + 25,668i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{46} = \dot{S}_6 = 25 + 12,107i \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{sc(56)}^{54} \% = \frac{53.6,13 + 25,668.15,037}{110^2} .100 = 5,875\%$$

$$\Delta U_{sc(56)}^{46} \% = \frac{25.18,966 + 12,107.18,512}{110^2} .100 = 5,771\%$$

$$\Delta U_{sc(56)}^{N546} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{sc(56)}^{54} \% + \Delta U_{sc(56)}^{46} \% = 18,445\%$$

➤ Xét đường dây 5-6

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 5-6 là khi đường dây 5-4 ngừng hoạt động. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_4 + \dot{S}_6 = 53 + 25,668i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{64} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{56} \% = \frac{53.5,375 + 25,668.13,186}{110^2} .100 = 5,152\%$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{64} \% = \frac{28.18,966 + 13,561.18,512}{110^2} .100 = 6,464\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N564} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{sc(54)}^{56} \% + \Delta U_{sc(54)}^{64} \% = 18,415\%$$

➤ Xét đường dây 6-4

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 6-4 là khi đường dây 5-4 ngừng hoạt động. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{56} = \dot{S}_4 + \dot{S}_6 = 53 + 25,668i \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{64} = \dot{S}_4 = 28 + 13,561i \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{56} \% = \frac{53.5,375 + 25,668.13,186}{110^2} .100 = 5,152\%$$

$$\Delta U_{sc(54)}^{64} \% = \frac{28.18,966 + 13,561.18,512}{110^2} .100 = 6,464\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N564} \% = \Delta U_{bt}^{N5} \% + \Delta U_{sc(54)}^{56} \% + \Delta U_{sc(54)}^{64} \% = 18,415\%$$

➤ Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N2} \% + \Delta U_{bt}^{23} \% = 10,39\%$$

➤ Xét sự cố một mạch đường dây 2-3 ngừng hoạt động

$$\Delta U_{sc(23)}^{N23} \% = \Delta U_{bt}^{N2} \% + 2.\Delta U_{bt}^{23} \% = 8,66\%$$

Bảng 2.35 Tổng thất điện áp trên các đường dây chế độ bình thường và sự cố (phương án 5)

Đường dây	$\Delta U_{bt} \% , \%$	$\Delta U_{sc} \% , \%$	$\Delta U_{bt \max} \% , \%$	$\Delta U_{sc \max} \% , \%$
N-1	1,984	3,968	1,984	3,968
N-5	6,799	13,598	9,744 <sup>(1)</sup>	18,445 <sup>(2)</sup>
5-4	2,945	5,875		
5-6	2,569	5,152		
6-4	0,375	6,464		
N-2	4,04	8,08	6,35	10,39 <sup>(3)</sup>
2-3	2,31	4,62		

(1) :  $\max \{ \Delta U_{bt}^{N54} \% ; \Delta U_{bt}^{N654} \% , \Delta U_{bt}^{N23} \}$

(2) : Tổng thất điện áp lớn nhất ứng với đường dây N-5-4-6 khi đường dây 5-6 ngừng hoạt động

(3) :  $\max \{ \Delta U_{sc(N2)}^{N23} \% ; \Delta U_{sc(23)}^{N23} \% \}$

Vậy tổng thất điện áp lớn của mạng điện trong các chế độ:

Trong chế độ bình thường là 9,744% ứng với trường hợp đường dây N-5-4  
 Trong chế độ sự cố là 18,445% ứng với trường hợp đường dây N-5-4-6 khi đường dây 5-6 ngừng hoạt động.

Bảng 2.36 Chỉ tiêu kỹ thuật của các phương án so sánh

Tổn thất điện áp	Phương án				
	1	2	3	4	5
$\Delta U_{\max bt} \%, \%$	6,842	10,632	9,022	11,461	9,744
$\Delta U_{\max sc} \%, \%$	11,462	15,544	15,822	23,291	18,445

- Chọn các phương án đạt chỉ tiêu kỹ thuật  $\Delta U_{\max bt} \% \leq 15\%$  và  $\Delta U_{\max sc} \% \leq 20\%$
- Do đó ta chọn phương án 1,2,3,5 để tiến hành so sánh kinh tế.

### 3 SO SÁNH KINH TẾ CÁC PHƯƠNG ÁN

Theo kết quả tính toán của mục 2 ta đã chọn được 4 phương án để so sánh về chỉ tiêu kinh tế là các phương án 1,2,3,5. Vì các phương án so sánh của mạng điện có cùng cấp điện áp định mức, do đó để đơn giản không cần tính vốn đầu tư vào các trạm biến áp.

Chỉ tiêu kinh tế được sử dụng để so sánh các phương án là các chi phí tính toán hằng năm, được xác định bằng công thức:

$$CP_{vd0} = V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} \cdot V_0 + C_{\Delta A}) \cdot \frac{1}{(1+r)^t}$$

#### 3.1 Phương án 1

Dựa vào bảng 2.4, 2.10 và 2.11 thay  $I_{\max}$  vào bảng 2.4 ta được chi phí vòng đời của 1km đường dây, nhân với chiều dài đường dây ta được chi phí của cả đường dây.

Kết quả được thống kê ở bảng 3.1

Bảng 3.1 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 1

Đường dây	Số lộ	Chiều dài ,km	Loại dây	$I_{\max}$ , A	$CP_{vd0}$ triệu đồng/km	$CP_{vd}$ triệu đồng
N-1	2	36,06	ACSR-185	145,793	5526,871	199298,982
1-6	2	36,06	ACSR-95	72,897	4098,677	147798,276
N-5	2	58,31	ACSR-185	154,542	5677,697	331066,512

5-4	2	36,06	ACSR-95	81,645	4249,282	153229,109
N-2	2	50,99	ACSR-185	154,543	5677,715	289506,688
2-3	2	30	ACSR-95	102,057	4667,001	140010,03
Tổng						1260909,597

### 3.2 Phương án 2

Tính toán tương tự phương án 1 ta có bảng 3.2 chi phí kinh tế của phương án 2

*Bảng 3.2 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 2*

Đường dây	Số lộ	Chiều dài ,km	Loại dây	$I_{max}$ , A	$CP_{vd0}$ triệu đồng/km	$CP_{vd}$ triệu đồng
N-1	2	36,06	ACSR-240	300,335	9434,47	340206,974
1-5	2	30	ACSR-185	227,439	7276,016	218280,48
5-4	2	36,06	ACSR-95	81,645	4249,282	153229,109
5-6	2	31,62	ACSR-95	72,897	4098,677	129600,167
N-2	2	50,99	ACSR-185	154,543	5677,715	289506,688
2-3	2	30	ACSR-95	102,057	4667,001	140010,03
Tổng						1270833,448

### 3.3 Phương án 3

Tính toán tương tự phương án 1 ta có bảng 3.3 chi phí kinh tế của phương án 3

*Bảng 3.3 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 3*

Đường dây	Số lộ	Chiều dài ,km	Loại dây	$I_{max}$ , A	$CP_{vd0}$ triệu đồng/km	$CP_{vd}$ triệu đồng
N-1	2	36,06	ACSR-95	72,897	4098,677	147798,293
N-5	2	58,31	ACSR-185	227,439	7276,016	424264,493
5-4	2	36,06	ACSR-95	81,645	4249,282	153229,109
5-6	2	31,62	ACSR-95	72,897	4098,677	129600,167
N-2	2	50,99	ACSR-185	154,543	5677,715	289506,688
2-3	2	30	ACSR-95	102,057	4667,001	140010,03
Tổng						1284408,78

### 3.4 Phương án 5

Tính toán tương tự phương án 1 ta có bảng 3.4 chi phí kinh tế của phương án 5

*Bảng 3.4 Tính toán chi phí kinh tế của phương án 5*

Đường dây	Số lộ	Chiều dài ,km	Loại dây	$I_{max}$ , A	$CP_{vd0}$ triệu đồng/km	$CP_{vd}$ triệu đồng
N-1	2	36,06	ACSR-95	72,897	4098,677	147798,293
N-5	2	58,31	ACSR-185	227,439	7276,016	424264,493
5-4	1	36,06	ACSR-185	151,556	3351,017	120837,673
5-6	1	31,62	ACSR-185	157,471	3403,477	107617,943
6-4	1	41,23	ACSR-70	11,735	2161,5	89118,645
N-2	2	50,99	ACSR-185	154,543	5677,715	289506,688
2-3	2	30	ACSR-95	102,057	4667,001	140010,03
Tổng						1319153,765

### 3.5 Tổng kết các phương án

Bảng 3.5 Chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của các phương án so sánh

Tổn thất điện áp	Phương án			
	1	2	3	5
$\Delta U_{\max bt}$ % , %	6,842	10,632	9,022	9,744
$\Delta U_{\max sc}$ % , %	11,462	15,544	15,822	18,445
$CP_{vd}$ , triệu đồng	1260909,597	1270833,448	1284408,78	1319153,765

Từ kết quả trong bảng 3.5 ta thấy các phương án 1 có chi phí vòng đời nhỏ nhất. Vì vậy ta chọn phương án 1 là phương án thiết kế.

## 4 CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ SƠ ĐỒ NỐI DÂY

### 4.1 Chọn máy biến áp trong trạm biến áp hạ áp

Đối với hộ tiêu thụ loại I, để đảm bảo cung cấp điện cho các phụ tải cần đặt 2 máy biến áp hạ áp cho mỗi trạm.

Khi chọn công suất máy biến áp cần xét đến khả năng quá tải của máy biến áp còn lại trong chế độ sự cố. Xuất phát từ điều kiện quá tải cho phép bằng 40% trong thời gian phụ tải cực đại.

Công suất của máy biến áp trong trạm có n máy biến áp:

$$S_{dmMBA} \geq \frac{S_{sc}}{k_{qtsc}}$$

Trong đó:  $k_{qtsc}$  : Hệ số quá tải sự cố của máy biến áp.  $k_{qtsc} = 1,4$

$S_{sc}$  : Công suất phải cung cấp khi sự cố 1 máy biến áp

➤ Tính toán công suất của máy biến áp trong trạm 1

Từ bảng 1.1 ta có  $S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{25^2 + 12,107^2} = 27,777$  MVA

⇒  $S_{dmMBA} \geq \frac{S_1}{k_{qtsc}} = \frac{27,777}{1,4} = 19,841$  MVA (Do khi một máy biến áp sự cố thì công suất phải cung cấp chính là công suất của phụ tải)

Do đó chọn  $S_{dmMBA} = 25$  MVA

Tính tương tự ta chọn được công suất của các máy biến áp còn lại ở bảng

*Bảng 4.1 Kết quả chọn máy biến áp ở các trạm hạ áp*

Phụ tải	$S_{dm}$	$U_{Cdm}$	$U_{Hdm}$	$U_N$	$\Delta P_N$	$\Delta P_0$	$I_0$
	MVA	kV	kV	%	kW	kW	%
1	25	115	23,5	10,5	120	29	0,8
2	16	115	23,5	10,5	85	21	0,85
3	32	115	23,5	10,5	145	35	0,75
4	25	115	11	10,5	120	29	0,8
5	25	115	11	10,5	120	29	0,8
6	25	115	11	10,5	120	29	0,8

## 4.2 Sơ đồ nối dây chi tiết

### 4.2.1 Thanh góp nhà máy

Do cả 6 phụ tải đều là phụ tải loại I nên ta dùng sơ đồ 2 thanh góp ở chế độ làm việc song song. Mỗi mạch cũng chỉ được nối với thanh góp qua một máy cắt, nhưng có hai dao cách ly để có thể nối với cả hai thanh góp. Việc liên lạc giữa hai thanh góp được thực hiện bằng một máy cắt nối.

Khi làm việc bình thường mỗi mạch chỉ được nối với một trong hai thanh góp. Có thể cho làm việc cả hai thanh góp hoặc một thanh góp làm việc và một thanh góp nghỉ. Tuy nhiên nếu có sự cố trên thanh góp làm việc thì sẽ dẫn đến mất điện toàn bộ các mạch do đó thường cho cả hai thanh góp cùng hoạt động.

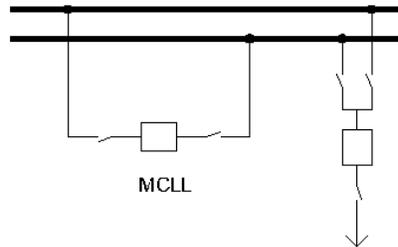
#### ➤ Ưu điểm

Khi bị sự cố hoặc cần sửa chữa 1 thanh góp thì thanh góp còn lại sẽ cấp điện cho các mạch nối vào thanh góp.

#### ➤ Nhược điểm

- Dùng nhiều dao cách ly, dao cách ly được dùng để thao tác khi có dòng điện nên nếu thao tác nhầm lẫn sẽ rất nguy hiểm.
- Việc bố trí thanh góp và dao cách ly thanh góp phức tạp.

- Khi số mạch nhiều, công suất lớn thì khi xảy ra ngắn mạch trên một thanh góp, số mạch bị mất điện sẽ lớn. Mặt khác khi số mạch lớn, chế độ làm việc với một thanh góp sẽ chiếm khoảng thời gian đáng kể trong năm do đó làm giảm độ tin cậy cung cấp điện của lưới điện.
- Có thời gian mất điện khi tiến hành các thao tác đưa máy cắt ra sửa chữa và đưa nó trở lại làm việc khi sửa chữa xong.



Hình 4.1 Sơ đồ hai thanh góp

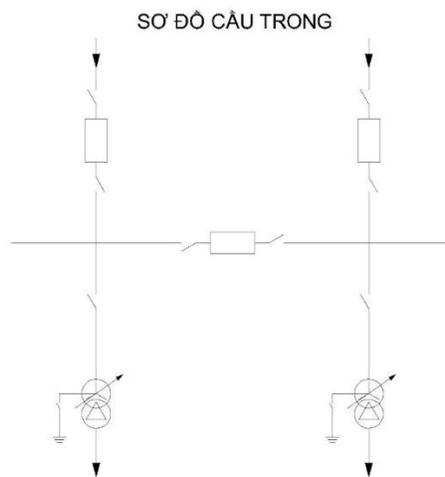
#### 4.2.2 Sơ đồ trạm biến áp hạ áp

Các sơ đồ hệ thống một thanh góp và sơ đồ hệ thống hai thanh góp có độ tin cậy cao và khá thuận tiện trong vận hành sửa chữa. Tuy nhiên nhược điểm là giá thành khá cao nên được dùng trong các thiết bị phân phối có nhiều mạch, điện áp cao, công suất lớn và quan trọng. Trong khi các trạm biến áp hạ áp có ít mạch, người ta hay dùng sơ đồ cầu là các sơ đồ đơn giản, giá thành vừa phải và có độ tin cậy cung cấp điện gần như các sơ đồ một thanh góp.

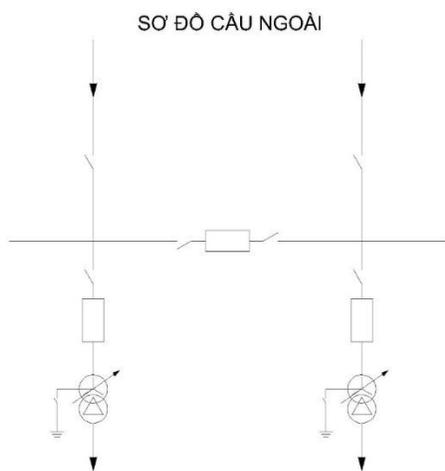
Các sơ đồ cầu được giới thiệu trên hình 4.2 và 4.3 còn gọi là sơ đồ cầu đơn. Các sơ đồ này được dùng khi có 4 mạch, nhưng chỉ dùng ba máy cắt. Sơ đồ hình 4.2 chỉ đặt máy cắt về phía đường dây, phía máy biến áp chỉ đặt dao cách ly, được gọi là sơ đồ cầu trong. Sơ đồ hình 4.3 chỉ đặt máy cắt về phía máy biến áp, phía đường dây chỉ đặt dao cách ly, được gọi là sơ đồ cầu ngoài.

- Sơ đồ cầu trong:
  - Khi ngắn mạch trên đường dây, chỉ có đường dây đó mất điện, các máy biến áp làm việc bình thường
  - Khi sửa chữa hay sự cố 1 máy biến áp, một đường dây tạm thời mất điện. Sau đó, dùng dao cách ly máy biến áp để tách rời MBA, sau đó khôi phục sự làm việc bình thường của đường dây.
  - Sơ đồ cầu trong thích hợp cho trạm biến áp ít phải đóng cắt máy biến áp và chiều dài đường dây lớn.

- Sơ đồ cầu ngoài:
- Khi sửa chữa hay sự cố MBA, đường dây vẫn làm việc bình thường.
- Khi sửa chữa hay sự cố 1 đường dây, 1 MBA tạm thời mất điện, sau đó có thể dùng dao cách ly đường dây để tách rời đường dây để tách rời đường dây sự cố và khôi phục sự làm việc bình thường của MBA.
- Sơ đồ cầu ngoài thích hợp cho trạm biến áp phải thường xuyên đóng cắt máy biến áp và chiều dài đường dây ngắn.



*Hình 4.2 Sơ đồ cầu trong*



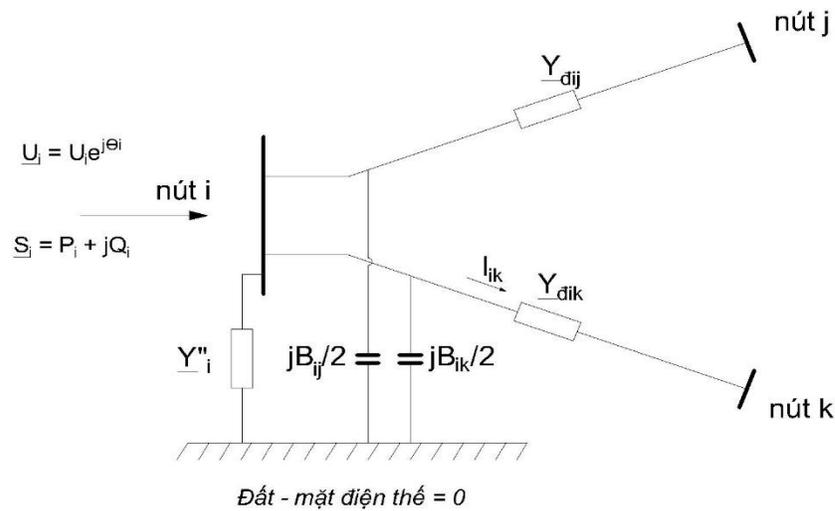
*Hình 4.3 Sơ đồ cầu ngoài*

### **4.2.3 Sơ đồ nối điện toàn lưới điện**

## 5 TÍNH TOÁN CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH CỦA MẠNG ĐIỆN

### 5.1 Mô hình cân bằng công suất nút. Phương pháp Newton Raphson

#### 5.1.1 Mô hình cân bằng công suất nút



Hình 5.1 Mô hình công suất nút

Hãy xét nút i của mạng điện trên hình 5.1 (nút cân bằng có số 0):

- Nút i nối với các nút j,k khác bằng các đường dây có các thông số:

$$Y_{dik} = 1 / Z_{dik} = 1 / (R_{dik} + jX_{dik}) = G_{dik} + jB_{dik} = Y_{dik} \cdot e^{j\varphi_{dik}}$$

$$G_{dik} = R_{dik} / (R_{dik}^2 + X_{dik}^2);$$

$$B_{dik} = -X_{dik} / (R_{dik}^2 + X_{dik}^2)$$

$$\varphi_{dik} = \arctan(B_{dik} / G_{dik})$$

- Tại nút i còn có thể có thiết bị nối xuống đất khác như : kháng điện, tụ điện,... đặc trưng bởi  $Y''_i$ .
- Công suất ngoài bơm vào nút i là:

$$\hat{S}_i = P_i + jQ_i$$

Trong đó:

$$P_i = P_{Gi} - P_{Li}$$

$$Q_i = Q_{Gi} - Q_{Li}$$

$P_{Gi}, Q_{Gi}$  là công suất nguồn phát tại nút i

$P_{Li}, Q_{Li}$  là công suất phụ tải tại nút i

Nếu công suất nguồn lớn hơn công suất phụ tải tại nút i thì nút i sẽ là nguồn, ngược lại nút i sẽ là tải.

Công suất  $S_i$  gọi là công suất nút.

- Điện áp dây trên nút là  $\dot{U}_i = U_i \cdot e^{j\theta_i}$
- Dòng điện nút là  $J_i$ , quan hệ giữa dòng điện nút điện áp nút và công suất nút như sau:

$$\dot{S}_i = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_i \cdot \bar{J}_i$$

- Dòng điện từ nút i đến nút k (không tính đến dòng do điện dung) là:

$$\dot{I}_{ik} = \dot{Y}_{dik} \cdot (\dot{U}_i - \dot{U}_k) / \sqrt{3}$$

Công suất đi từ nút i đến nút k là:

$$\begin{aligned} \bar{S}_{ik} &= \sqrt{3} \dot{U}_i \cdot \bar{I}_{ik} = \dot{U}_i \cdot \bar{Y}_{dik} \cdot (\dot{U}_i - \dot{U}_k) = U_i \cdot e^{j\theta_i} \cdot Y_{dik} \cdot e^{-j\varphi_{dik}} \cdot (U_i \cdot e^{-j\theta_i} - U_k \cdot e^{-j\theta_k}) \\ &= U_i^2 \cdot Y_{dik} \cdot e^{-j\varphi_{dik}} - (U_i \cdot U_k \cdot Y_{dik} \cdot e^{j(\theta_i - \theta_k - \varphi_{dik})}) = P_{ik} + jQ_{ik} \end{aligned}$$

$$P_{ik} = \text{Re}(\dot{S}_{ik}) = U_i^2 \cdot Y_{dik} \cdot \cos \varphi_{dik} - U_i \cdot U_k \cdot Y_{dik} \cdot \cos(\theta_i - \theta_k - \varphi_{dik})$$

$$Q_{ik} = \text{Im}(\dot{S}_{ik}) = -U_i^2 \cdot Y_{dik} \cdot \sin \varphi_{dik} - U_i \cdot U_k \cdot Y_{dik} \cdot \sin(\theta_i - \theta_k - \varphi_{dik})$$

Theo phương trình trên, công suất tác dụng và công suất phản kháng sẽ dương nếu có chiều đi từ nút i sang nút k và âm nếu có chiều ngược lại.

Đặt  $\theta_{ik} = \theta_i - \theta_k$  ta được

$$P_{ik} = U_i^2 \cdot Y_{dik} \cdot \cos \varphi_{dik} - U_i \cdot U_k \cdot Y_{dik} \cdot \cos(\theta_{ik} - \varphi_{dik})$$

$$Q_{ik} = -U_i^2 \cdot Y_{dik} \cdot \sin \varphi_{dik} - U_i \cdot U_k \cdot Y_{dik} \cdot \sin(\theta_{ik} - \varphi_{dik})$$

Phương trình cân bằng công suất nút cho nút i là:

$$\dot{S}_i = \sum_{k \in C_i, k \neq i} \dot{S}_{ik} - jU_i^2 \cdot \sum_{k \in C_i, k \neq i} B_{Cik} / 2 + U_i^2 \cdot \bar{Y}''$$

Với hệ tọa độ cực:

$$P_i = \sum_{k=0}^N U_i U_k \cos(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) + U_i^2 \operatorname{Re}(Y_i'')$$

$$Q_i = \sum_{k=0}^N U_i U_k \sin(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) - U_i^2 \sum_{k=0}^N \frac{B_{Cik}}{2} + U_i^2 \operatorname{Im}(Y_i'')$$

Với hệ tọa độ Decartz:

$$P_i = \sum_{k=0}^N (U_i U_k G_{ik} \cos(\theta_{ik}) + U_i U_k B_{ik} \sin(\theta_{ik})) + U_i^2 \operatorname{Re}(Y_i'')$$

$$Q_i = \sum_{k=0}^N \left( -U_i U_k B_{ik} \cos(\theta_{ik}) + U_i U_k G_{ik} \sin(\theta_{ik}) - U_i^2 \frac{B_{Cik}}{2} \right) + U_i^2 \operatorname{Im}(Y_i'')$$

Trong đó tổng lấy theo  $k = 0$  đến  $N$ , kể cả  $k = i$ .

$$\dot{Y}_{ik} = -\dot{y}_{ik} = -\frac{1}{Z_{ik}}, \text{ tổng dẫn tương hỗ giữa nút } i \text{ và } j.$$

$\dot{Y}_{ii} = \sum y_{ii}$ , tổng dẫn riêng của nút  $i$ , tổng tổng dẫn của các đường dây có liên hệ với nút  $i$ .

Ta thấy các thông số trên chính là thành phần của ma trận tổng dẫn nút  $Y$ .

Dung dẫn đường dây có thể tính vào ma trận tổng dẫn, tính vào thành phần tổng dẫn riêng của nút:

$$B_{ii} = -\sum B_{ik} + \sum \frac{B_{Cik}}{2}$$

$B_{Cik} / 2$  làm giảm giá trị tuyệt đối của  $B_{ii}$ .

Khi đó:

$$P_i = \sum_{k=0}^N U_i U_k \cos(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) + U_i^2 \operatorname{Re}(Y_i'')$$

$$Q_i = \sum_{k=0}^N U_i U_k \sin(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) + U_i^2 \operatorname{Im}(Y_i'')$$

### 5.1.2 Phương pháp Newton Raphson

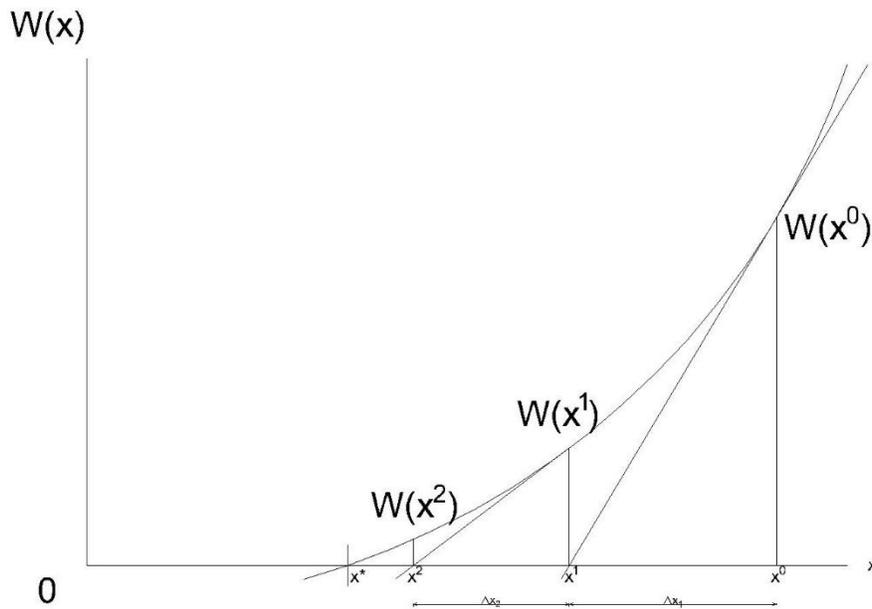
#### 5.1.2.1 Thuật toán chung

Ta cần tìm nghiệm của bài toán:

$$W(x) = 0$$

Trong đó  $W(x)$  là hàm khả vi theo biến  $x$ .

Xét hàm  $W(x)$  trên hình 5.2. Nghiệm của hàm này là  $x^*$  ứng với  $W(x^*) = 0$ .



Hình 5.2 Hàm  $W(x)$

Nghiệm của  $W(x)$  được xác định gần đúng như sau: Xuất phát từ nghiệm ban đầu  $x^0$  bất kỳ, ta tính được  $W(x^0)$ , ta thấy  $W(x^0) \neq 0$ .

Tại điểm  $[W(x^0), x^0]$  ta kẻ tiếp tuyến  $T^1(x)$  với  $W(x)$ :

$$T^1(x) = W(x^0) + W'(x^0)(x - x^0) = W(x^0) + W'(x^0)\Delta x$$

Trong đó:

$$W'(x^0) = \left\{ \frac{d[W(x)]}{dx} \right\}_{x^0}$$

Giải phương trình  $T^1(x) = 0$  ta được  $\Delta x^1 = x^1 - x^0$ :

$$W'(x^0)\Delta x^1 = -W(x^0)$$

hay:

$$\Delta x^1 = -\frac{W(x^0)}{W'(x^0)}$$

Sau khi có  $\Delta x^1$  ta tính được  $x^1 = x^0 + \Delta x^1$ , sau đó tính  $W(x^1)$ .

Ta nhận thấy  $x^1$  gần  $x^*$  hơn  $x^0$  và  $W(x^1)$  gần 0 hơn.

Tại  $[W(x^1), x^1]$  ta lại kẻ tiếp tuyến  $T^2(x)$  với  $W(x)$ , giải  $T^2(x) = 0$  ta sẽ được nghiệm  $x^2$  gần  $x^*$  hơn nữa.

Tổng quát:

$$W'(x^k)\Delta x^{k+1} = -W(x^k)$$

hay:

$$\Delta x^{k+1} = -\frac{W(x^k)}{W'(x^k)}$$

Trên là thuật toán Newton – Raphson để giải phương trình  $W(x) = 0$ .

Nếu giải hệ phương trình:

$$W(X) = 0$$

$X$  là ma trận cột  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $W(X)$  là ma trận cột  $[W_1(x), W_2(x), \dots, W_n(x)]$ .

Ta có thuật toán Newton – Raphson (N-R) dạng ma trận như sau:

$$J^k \Delta X^{k+1} = -W(X^{k+1})$$

$$\Delta X^{k+1} = -[J^k]^{-1} W(X^{k+1})$$

J là ma trận các đạo hàm riêng của  $W(x)$  theo các biến, gọi là ma trận Jacobi:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial W_1}{\partial x_1} & \frac{\partial W_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial W_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial W_2}{\partial x_1} & \frac{\partial W_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial W_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial W_n}{\partial x_1} & \frac{\partial W_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial W_n}{\partial x_n} \end{bmatrix}$$

Theo các thuật toán này, nếu biết ma trận Jacobi và  $W(x)$  của vòng lặp K ta tính được  $\Delta X$  của vòng lặp k + 1. Nếu giải hệ phương trình  $J^k \Delta X^{k+1} = -W(X^{k+1})$  ta có thể áp dụng các phương pháp giải các phương trình tuyến tính, ví dụ áp dụng phương pháp Gauss. Phép giải sẽ dừng khi  $W(x) = 0$  với sai số nào đó.

### 5.1.2.2 Thuật toán Newton Raphson áp dụng cho hệ thống điện

Ta có hàm cân bằng công suất nút i:

$$P_i = \sum_{k=0}^N U_i U_k \cos(\theta_i - \theta_k - \varphi_{ik})$$

$$Q_i = \sum_{k=0}^N U_i U_k \sin(\theta_i - \theta_k - \varphi_{ik})$$

Ý nghĩa của các phương trình này là: công suất bơm vào hoặc lấy ra từ lưới điện qua nút i phải bằng công suất tải từ nút i theo các đường dây của lưới điện nối với nút i.

Chuyển  $P_i, Q_i$  sang vế phải ta nhận được hàm cân bằng công suất tác dụng và cân bằng công suất phản kháng ở nút i:

$$W_{P_i} = -P_i + \sum_{k=0}^N U_i U_k \cos(\theta_i - \theta_k - \varphi_{ik})$$

$$W_{Q_i} = -Q_i + \sum_{k=0}^N U_i U_k \sin(\theta_i - \theta_k - \varphi_{ik})$$

Các ẩn số X ở đây là:  $\theta_i, \theta_k, U_i, U_k$ .

Trong chế độ xác lập các hàm cân bằng công suất phải bằng 0:

$$W_{P_i} = 0$$

$$W_{Q_i} = 0$$

Viết hàm cân bằng công suất cho tất cả các nút độc lập, ta được hệ phương trình cân bằng công suất cho hệ thống điện:

$$W = 0$$

Biết các thông số phụ tải các nút, điện áp ở nút cân bằng, giải hệ  $W = 0$  theo thuật toán N-R ta tìm được  $\theta_i, U_i$  cho chế độ xác lập.

## 5.2 Tính toán chế độ xác lập của lưới điện cần thiết kế

Ta sử dụng phần mềm PSS/E Xplore 34 để tính toán chế độ xác lập của lưới điện cần thiết kế trong các chế độ phụ tải cực đại, chế độ phụ tải cực tiểu và chế độ sau sự cố.

### 5.2.1 Chế độ phụ tải cực đại

Thông số của lưới điện cần thiết kế trong chế độ phụ tải cực đại được thể hiện như sau:

*Bảng 5.1 Bảng thông số nút trong chế độ phụ tải cực đại*

Nút	Kiểu	P (MW)	Q (Mvar)	U (kV)	$\delta$ (Degrees)
N	Slack bus	-	-	121	0
BUS 1	PQ	0	0	-	-
LOAD 1	PQ	25	12,107	-	-
BUS 6	PQ	0	0	-	-
LOAD 6	PQ	25	12,107	-	-
BUS 5	PQ	0	0	-	-
LOAD 5	PQ	25	12,107	-	-
BUS 4	PQ	0	0	-	-
LOAD 4	PQ	28	13,561	-	-
BUS 2	PQ	0	0	-	-
LOAD 2	PQ	18	8,718	-	-
BUS 3	PQ	0	0	-	-

LOAD 3	PQ	35	16,951	-	-
--------	----	----	--------	---	---

Chọn công suất cơ bản  $S_{cb} = 100$  MVA,  $U_{cb} = 115$  kV

- Đối với đường dây, thông số trong hệ đơn vị tương đối được xác định như sau:

$$Z_{cb} = (R + jX) \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$B_{cb} = B \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}$$

- Đối với máy biến áp, thông số trong hệ đơn vị tương đối được xác định như sau:

$$R_{cb} = \frac{\Delta P_N \cdot U_{dm}^2 \cdot 10^3}{S_{dm}^2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$X_{cb} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{dm}}{S_{dm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

$$B_{cb} = \frac{I_o \cdot S_{dm} \cdot 10^{-5}}{U_{dm}^2} \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}$$

$$G_{cb} = \frac{\Delta P_o \cdot 10^{-3}}{U_{dm}^2} \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}}$$

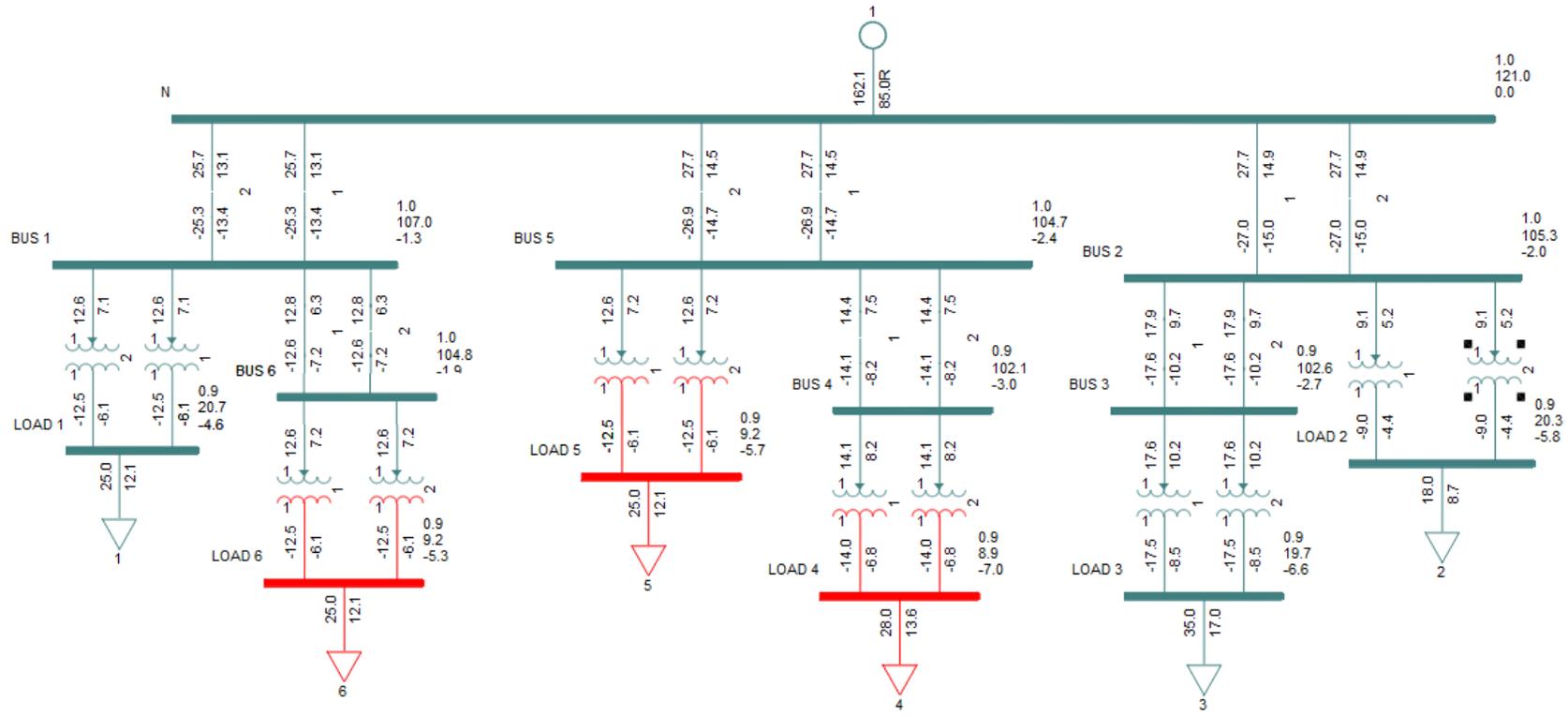
Thay số vào ta có bảng 5.2 thông số các đường dây trong hệ đơn vị cơ bản

*Bảng 5.2 Thông số các đường dây chế độ phụ tải cực đại trong hệ đơn vị tương đối*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R , pu	X , pu	G , pu	B , pu
N – BUS 1	2	-	0,04635	0,1137	0	0,01296
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 1 – BUS 6	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 5	2	-	0,07496	0,18386	0	0,02103
BUS 5 – LOAD 5	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 5 – BUS 4	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181

N – BUS 2	2	-	0,06554	0,16078	0	0,01838
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,033203	0,65541	0,00019	0,00123
BUS 2 – BUS 3	2	-	0,07486	0,09958	0	0,01032
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,01416	0,32782	0,00032	0,00217

Ở chế độ phụ tải cực đại: phụ tải hoạt động với công suất  $S_{max}$ , đường dây 2 mạch, trạm biến áp có 2 máy biến áp hoạt động, điện áp vận hành của nguồn bằng 110% điện áp định mức.



Hình 5.3 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm PSS/E trong chế độ phụ tải cực đại

Sau khi mô phỏng ta có kết quả như sau:

Công suất nguồn  $S_N = 162,1 + 85 \text{ MVA}$

*Bảng 5.3 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ phụ tải cực đại*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	Công suất, MVA	Tổn thất công suất tác dụng MW	Tổn thất công suất phản kháng MVar
N – BUS 1	2	-	25,7 + 13,1i	0,4	0,3
BUS 1 – LOAD 1	-	2	12,6 + 7,1i	0,1	1
BUS 1 – BUS 6	2	-	12,8 + 6,3i	0,2	0,9
BUS 6 – LOAD 6	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1
N – BUS 5	2	-	27,7 + 14,5i	0,8	0,2
BUS 5 – LOAD 5	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1
BUS 5 – BUS 4	2	-	14,4 + 7,5i	0,3	0,7
BUS 4 – LOAD 4	-	2	14,1 + 8,2i	0,1	1,4
N – BUS 2	2	-	27,7 + 14,9i	0,7	0,1
BUS 2 – LOAD 2	-	2	9,1 + 5,2i	0,1	0,8
BUS 2 – BUS 3	2	-	17,9 + 9,7i	0,3	0,5
BUS 3 – LOAD 3	-	2	17,6 + 10,2i	0,1	1,7

*Bảng 5.4 Điện áp và góc pha tại các nút*

Nút	$U$ , kV	$\delta U$ , Degrees
N	121	0
BUS 1	107	-1,3
LOAD 1	20,7	-4,6
BUS 2	105,3	-2,0
LOAD 2	20,3	-5,8
BUS 3	102,6	-2,7
LOAD 3	19,7	-6,6

BUS 4	102,1	-3,0
LOAD 4	8,9	-7,0
BUS 5	104,7	-2,4
LOAD 5	9,2	-5,7
BUS 6	104,8	-1,9
LOAD 6	9,2	-5,3

**5.2.2 Chế độ phụ tải cực tiểu**

Ở chế độ phụ tải cực tiểu : phụ tải hoạt động với công suất  $S_{min} = 50\%S_{max}$  , đường dây 2 mạch, trạm vận hành 1 máy biến áp và điện áp vận hành của nguồn điện bằng 105% điện áp định mức.

*Bảng 5.5 Thông số phụ tải chế độ cực tiểu*

Phụ tải	Công suất , MVA
1	12,5+6,054
2	9+4,359
3	17,5+8,476
4	14+6,781
5	12,5+6,054
6	12,5+6,054

Thông số của lưới điện cần thiết kế trong chế độ phụ tải cực tiểu được thể hiện như sau:

*Bảng 5.6 Bảng thông số nút trong chế độ phụ tải cực tiểu*

Nút	Kiểu	P (MW)	Q (Mvar)	U (kV)	$\delta$ (Degrees)
N	Slack bus	-	-	115,5	0
BUS 1	PQ	0	0	-	-
LOAD 1	PQ	12,5	6,054	-	-
BUS 6	PQ	0	0	-	-

LOAD 6	PQ	12,5	6,054	-	-
BUS 5	PQ	0	0	-	-
LOAD 5	PQ	12,5	6,054	-	-
BUS 4	PQ	0	0	-	-
LOAD 4	PQ	14	6,781	-	-
BUS 2	PQ	0	0	-	-
LOAD 2	PQ	9	4,359	-	-
BUS 3	PQ	0	0	-	-

Chọn công suất cơ bản  $S_{cb} = 100$  MVA,  $U_{cb} = 115$  kV

Ta có bảng 5.5 thông số các đường dây trong hệ đơn vị cơ bản

*Bảng 5.7 Thông số các đường dây chế độ phụ tải cực tiểu trong hệ đơn vị tương đối*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R , pu	X , pu	G , pu	B , pu
N – BUS 1	2	-	0,04635	0,1137	0	0,01296
BUS 1 – LOAD 1	-	1	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 1 – BUS 6	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 6 – LOAD 6	-	1	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 5	2	-	0,07496	0,18386	0	0,02103
BUS 5 – LOAD 5	-	1	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 5 – BUS 4	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 4 – LOAD 4	-	1	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 2	2	-	0,06554	0,16078	0	0,01838
BUS 2 – LOAD 2	-		0,033203	0,65541	0,00019	0,00123
BUS 2 – BUS 3	2	-	0,07486	0,09958	0	0,01032
BUS 3 – LOAD 3	-	1	0,01416	0,32782	0,00032	0,00217

Sau khi mô phỏng ta có kết quả như sau:

*Bảng 5.8 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ phụ tải cực tiểu*

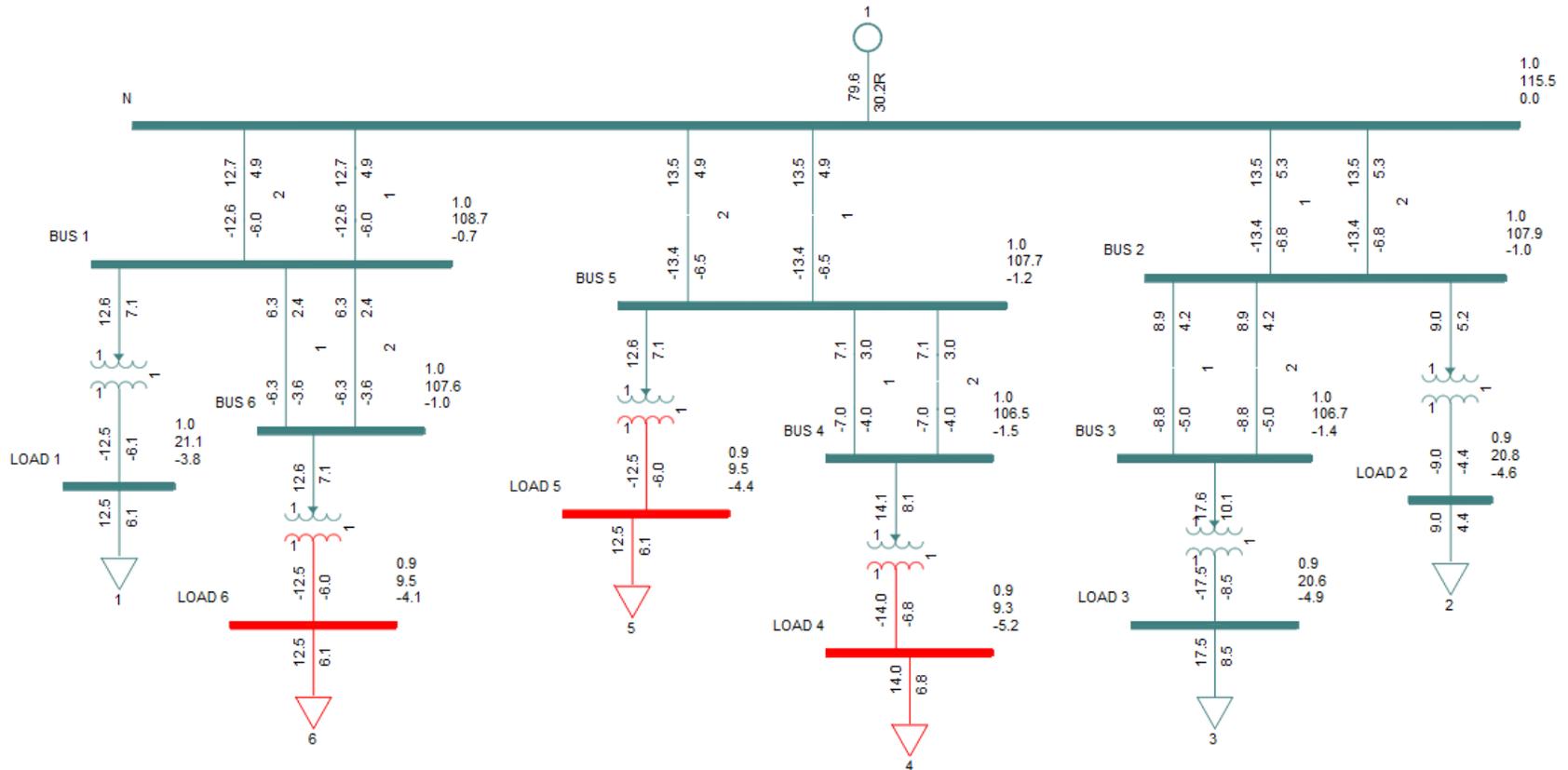
Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	Công suất, MVA	Tổn thất công suất tác dụng MW	Tổn thất công suất phản kháng MVar
N – BUS 1	2	-	12,7 + 4,9i	0,1	1,1
BUS 1 – LOAD 1	-	2	12,6 + 7,1i	0,1	1
BUS 1 – BUS 6	2	-	6,3 + 2,4i	0	1,2
BUS 6 – LOAD 6	-	2	12,6 + 7,1i	0,1	1,1
N – BUS 5	2	-	13,5 + 4,9i	0,1	1,6
BUS 5 – LOAD 5	-	2	12,6 + 7,1i	0,1	1,1
BUS 5 – BUS 4	2	-	7,1 + 3,0i	0,1	1,0
BUS 4 – LOAD 4	-	2	14,1 + 8,1i	0,1	1,3
N – BUS 2	2	-	13,5 + 5,3i	0,1	1,5
BUS 2 – LOAD 2	-	2	9,0 + 5,2i	0	0,8
BUS 2 – BUS 3	2	-	8,9 + 4,2i	0,1	0,8
BUS 3 – LOAD 3	-	2	17,6 + 10,1i	0,1	1,6

*Bảng 5.9 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ phụ tải cực tiểu*

Nút	$U$ , kV	$\delta U$ , Degrees
N	115,5	0
BUS 1	108,7	-0,7
LOAD 1	21,1	-3,8
BUS 2	107,9	-1,0
LOAD 2	20,8	-4,6
BUS 3	106,7	-1,4
LOAD 3	20,6	-4,3
BUS 4	106,5	-1,5

LOAD 4	9,3	-5,2
BUS 5	107,7	-1,2
LOAD 5	9,5	-4,4
BUS 6	107,6	-1,0
LOAD 6	9,5	-4,1

Công suất của nguồn là  $S_N = 79,6 + 30,2$  MVA



Hình 5.4 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm PSS/E trong chế độ phụ tải cực tiểu

### 5.2.3 Chế độ sau sự cố

Sự cố trong lưới điện thiết kế có thể xảy ra khi ngừng một mạch của đường dây mạch kép. Điện áp nguồn phát bằng 110% điện áp định mức. Khi xét sự cố ta không xét sự cố xếp chồng, đồng thời chỉ xét sự cố một mạch của đường dây nối từ nguồn phát đến phụ tải trong chế độ phụ tải cực đại.

Thông số của lưới điện cần thiết kế trong chế độ phụ tải cực đại được thể hiện như sau:

*Bảng 5.10 Bảng thông số nút trong chế độ sau sự cố*

Nút	Kiểu	P (MW)	Q (Mvar)	U (kV)	$\delta$ (Degrees)
N	Slack bus	-	-	121	0
BUS 1	PQ	0	0	-	-
LOAD 1	PQ	25	12,107	-	-
BUS 6	PQ	0	0	-	-
LOAD 6	PQ	25	12,107	-	-
BUS 5	PQ	0	0	-	-
LOAD 5	PQ	25	12,107	-	-
BUS 4	PQ	0	0	-	-
LOAD 4	PQ	28	13,561	-	-
BUS 2	PQ	0	0	-	-
LOAD 2	PQ	18	8,718	-	-
BUS 3	PQ	0	0	-	-

Chọn công suất cơ bản  $S_{cb} = 100$  MVA,  $U_{cb} = 115$  kV

➤ Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động (Sự cố N1)

*Bảng 5.11 Thông số các đường dây chế độ sau sự cố N1 trong hệ đơn vị tương đối*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R , pu	X , pu	G , pu	B , pu
N – BUS 1	1	-	0,04635	0,1137	0	0,01296
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 1 – BUS 6	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 5	2	-	0,07496	0,18386	0	0,02103
BUS 5 – LOAD 5	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 5 – BUS 4	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 2	2	-	0,06554	0,16078	0	0,01838
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,033203	0,65541	0,00019	0,00123
BUS 2 – BUS 3	2	-	0,07486	0,09958	0	0,01032
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,01416	0,32782	0,00032	0,00217

Sau khi mô phỏng ta có kết quả như sau:

*Bảng 5.12 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ sau sự cố N1*

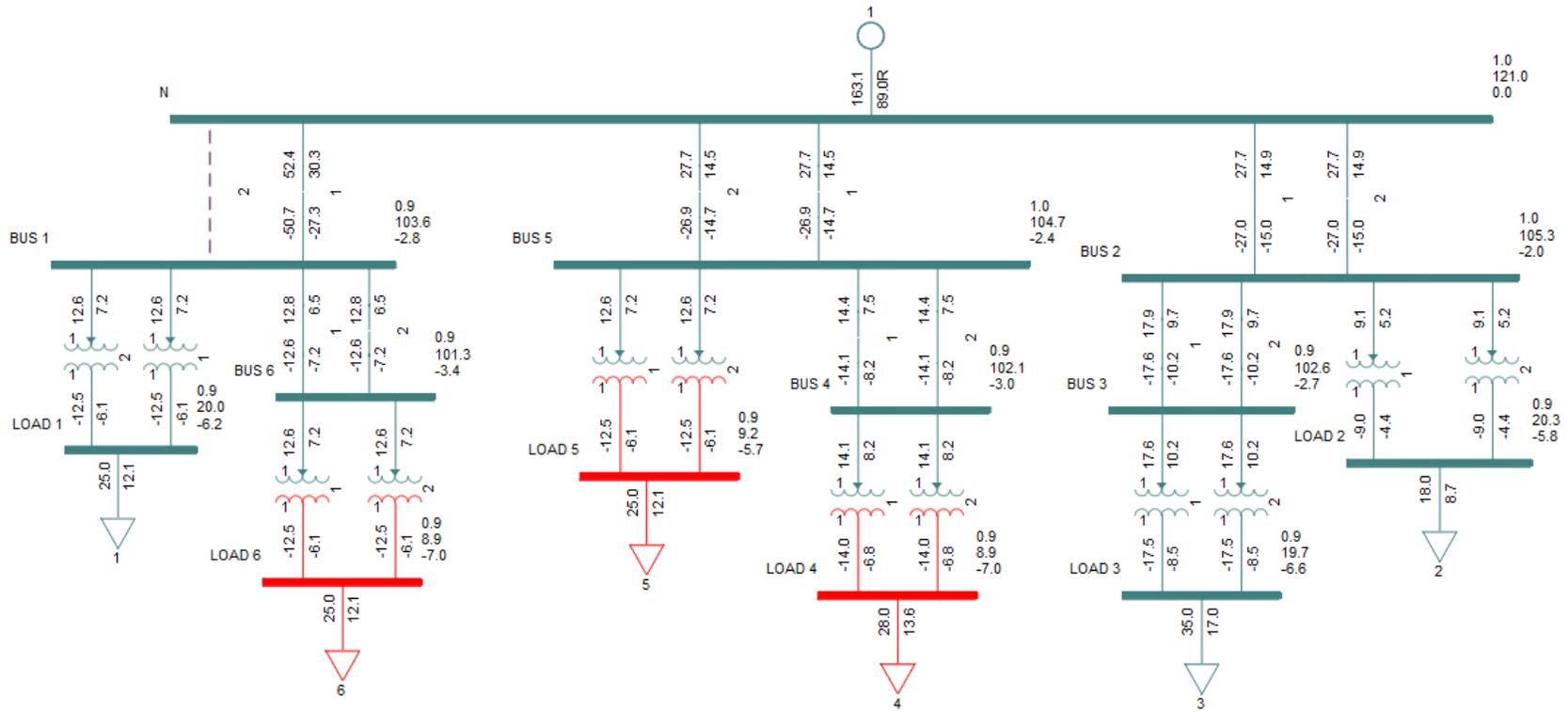
Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	Công suất, MVA	Tổn thất công suất tác dụng MW	Tổn thất công suất phản kháng MVar
N – BUS 1	2	-	52,4 + 30,3i	1,7	3
BUS 1 – LOAD 1	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1
BUS 1 – BUS 6	2	-	12,8 + 6,5i	0,2	0,7
BUS 6 – LOAD 6	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1
N – BUS 5	2	-	27,7 + 14,5i	0,8	0,2
BUS 5 – LOAD 5	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1

BUS 5 – BUS 4	2	-	14,4 + 7,5i	0,3	0,7
BUS 4 – LOAD 4	-	2	14,1 + 8,2i	0,1	1,4
N – BUS 2	2	-	27,7 + 14,9i	0,7	0,1
BUS 2 – LOAD 2	-	2	9,1 + 5,2i	0,1	0,8
BUS 2 – BUS 3	2	-	17,9 + 9,7i	0,1	0,5
BUS 3 – LOAD 3	-	2	17,6 + 10,2i	0,1	1,7

*Bảng 5.13 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ sau sự cố N1*

Nút	$U$ , kV	$\delta U$ , Degrees
N	121	0
BUS 1	103,6	-2,8
LOAD 1	20	-6,2
BUS 2	105,3	-0,2
LOAD 2	20,3	-5,8
BUS 3	102,6	-2,7
LOAD 3	19,7	-6,6
BUS 4	102,1	-3,0
LOAD 4	8,9	-7,0
BUS 5	104,7	-2,4
LOAD 5	9,2	-5,7
BUS 6	101,3	-3,4
LOAD 6	8,9	-7,0

Công suất của nguồn  $S_N = 163,1 + 89i$  MVA



Hình 5.5 Chế độ sau sự cố ứng với sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động

➤ Xét sự cố một mạch đường dây N-5 ngừng hoạt động (Sự cố N5)

*Bảng 5.14 Thông số các đường dây chế độ sau sự cố N5 trong hệ đơn vị tương đối*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R , pu	X , pu	G , pu	B , pu
N – BUS 1	2	-	0,04635	0,1137	0	0,01296
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 1 – BUS 6	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 5	1	-	0,07496	0,18386	0	0,02103
BUS 5 – LOAD 5	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 5 – BUS 4	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 2	2	-	0,06554	0,16078	0	0,01838
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,033203	0,65541	0,00019	0,00123
BUS 2 – BUS 3	2	-	0,07486	0,09958	0	0,01032
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,01416	0,32782	0,00032	0,00217

Sau khi mô phỏng ta có kết quả như sau:

*Bảng 5.15 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ sau sự cố N5*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	Công suất, MVA	Tổn thất công suất tác dụng MW	Tổn thất công suất phản kháng MVar
N – BUS 1	2	-	25,7 + 13,1i	0,2	0,3
BUS 1 – LOAD 1	-	2	12,6 + 7,1i	0,1	1,0
BUS 1 – BUS 6	2	-	12,8 + 6,3i	0,2	0,9
BUS 6 – LOAD 6	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1
N – BUS 5	1	-	57,5 + 37,3i	3,6	6,9
BUS 5 – LOAD 5	-	2	12,6 + 7,3i	0,1	1,2

BUS 5 – BUS 4	2	-	14,4 + 7,9i	0,3	0,5
BUS 4 – LOAD 4	-	2	14,1 + 8,4i	0,1	1,6
N – BUS 2	2	-	27,7 + 14,9i	0,7	0,1
BUS 2 – LOAD 2	-	2	9,1 + 5,2i	0,1	0,8
BUS 2 – BUS 3	2	-	17,9 + 9,7i	0,1	0,5
BUS 3 – LOAD 3	-	2	17,6 + 10,2i	0,1	1,7

*Bảng 5.16 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ sau sự cố N5*

Nút	$U$ , kV	$\delta U$ , Degrees
N	121	0
BUS 1	107,0	-1,3
LOAD 1	20,7	-4,6
BUS 2	105,3	-2,0
LOAD 2	20,3	-5,8
BUS 3	102,6	-2,7
LOAD 3	19,7	-6,6
BUS 4	95	-5,7
LOAD 4	8,2	-10,3
BUS 5	97,9	-5,0
LOAD 5	8,6	-8,8
BUS 6	104,8	-1,9
LOAD 6	9,2	-5,3

Công suất nguồn  $S_N = 164,3 + 93,3i$  MVA



➤ Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động (Sự cố N2)

*Bảng 5.17 Thông số các đường dây chế độ sau sự cố N2 trong hệ đơn vị tương đối*

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R , pu	X , pu	G , pu	B , pu
N – BUS 1	2	-	0,04635	0,1137	0	0,01296
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 1 – BUS 6	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 5	2	-	0,07496	0,18386	0	0,02103
BUS 5 – LOAD 5	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
BUS 5 – BUS 4	2	-	0,08997	0,1197	0	0,0123
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,0192	0,41956	0,00027	0,00181
N – BUS 2	1	-	0,06554	0,16078	0	0,01838
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,033203	0,65541	0,00019	0,00123
BUS 2 – BUS 3	2	-	0,07486	0,09958	0	0,01032
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,01416	0,32782	0,00032	0,00217

Sau khi mô phỏng ta có kết quả như sau :

*Bảng 5.18 Dòng công suất trên từng nhánh trong chế độ sau sự cố N2*

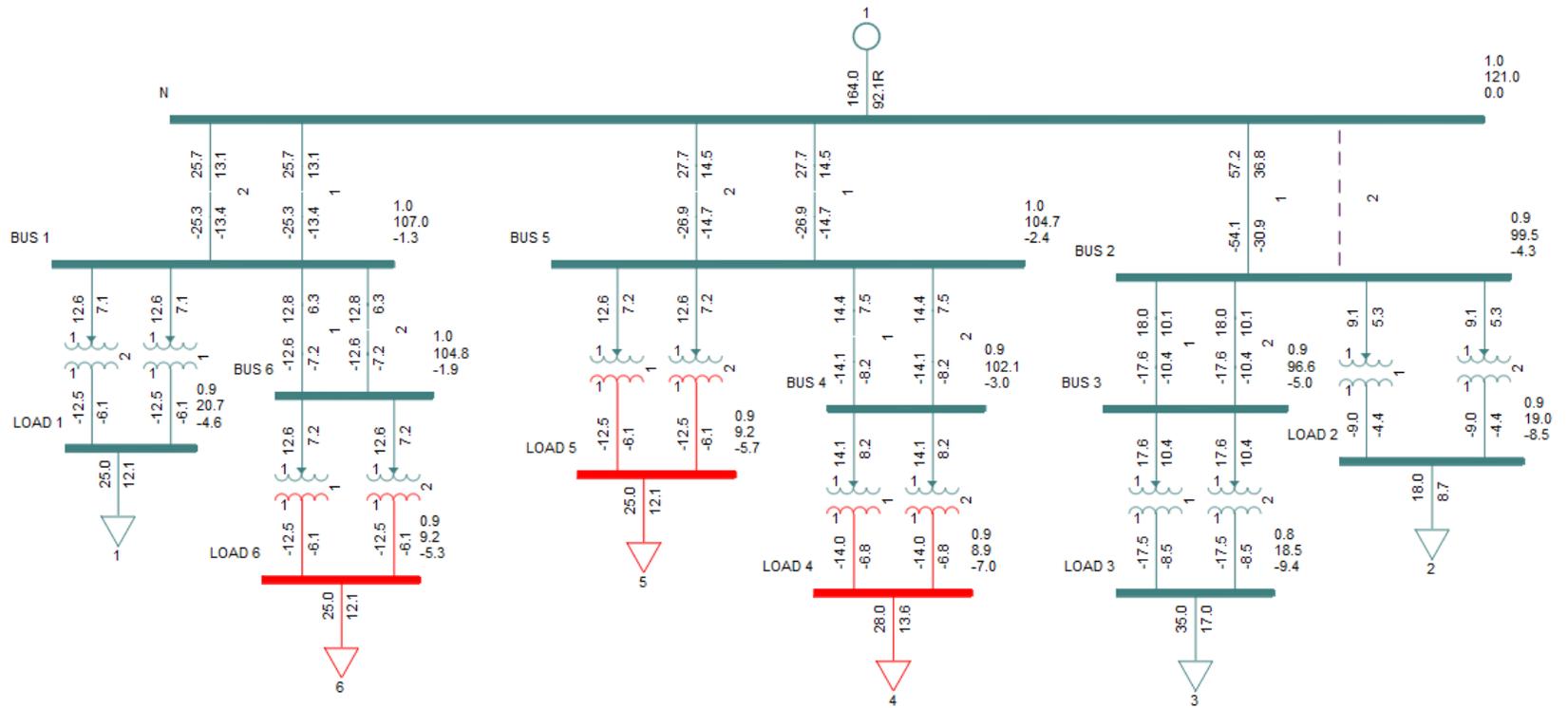
Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	Công suất, MVA	Tổn thất công suất tác dụng MW	Tổn thất công suất phản kháng MVar
N – BUS 1	2	-	25,7 + 13,1i	0,4	0,3
BUS 1 – LOAD 1	-	2	12,6 + 7,1i	0,1	1,0
BUS 1 – BUS 6	2	-	12,8 + 6,3i	0,2	0,9
BUS 6 – LOAD 6	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1
N – BUS 5	2	-	27,7 + 14,5i	0,8	0,2
BUS 5 – LOAD 5	-	2	12,6 + 7,2i	0,1	1,1

BUS 5 – BUS 4	2	-	14,4 + 7,5i	0,3	0,7
BUS 4 – LOAD 4	-	2	14,1 + 8,2i	0,1	1,7
N – BUS 2	1	-	57,2 + 36,8i	3,1	5,9
BUS 2 – LOAD 2	-	2	9,1 + 5,3i	0,1	0,9
BUS 2 – BUS 3	2	-	18,0 + 10,1i	0,4	0,3
BUS 3 – LOAD 3	-	2	17,6 + 10,2i	0,1	1,9

Bảng 5.19 Điện áp và góc pha tại các nút trong chế độ sau sự cố N2

Nút	$U$ , kV	$\delta U$ , Degrees
N	121	0
BUS 1	107,0	-1,3
LOAD 1	20,7	-4,6
BUS 2	99,5	-4,3
LOAD 2	19	-8,5
BUS 3	96,6	-5,0
LOAD 3	18,5	-9,4
BUS 4	102,1	-3,0
LOAD 4	8,9	-7,0
BUS 5	104,7	-2,4
LOAD 5	9,2	-5,7
BUS 6	104,8	-1,9
LOAD 6	9,2	-5,3

Công suất của nguồn:  $S_N = 164 + 92,1i$  MVA



Hình 5.7 Chế độ sau sự cố ứng với sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động

## 6 ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN

### 6.1 Khái quát chung

Tất cả các phụ tải trong mạng điện thiết kế đều là phụ tải loại I. Đồng thời các giá trị điện áp trên thanh góp hạ áp quy về cao áp của các trạm trong các chế độ phụ tải cực đại, cực tiểu và sau sự cố là khác nhau. Do đó để đảm bảo chất lượng điện áp cung cấp cho các phụ tải cần sử dụng các máy biến áp điều chỉnh điện áp dưới tải.

Như ở phần 4 đã lựa chọn, ta sử dụng các loại máy biến áp có phạm vi điều chỉnh  $\pm 9.1, 78\%$

$$U_{Cdm} = 115kV, U_{Hdm} = 38,5(23,5/11)kV.$$

Đối với các trạm có yêu cầu điều chỉnh điện áp khác thường, độ lệch điện áp trên thanh góp hạ áp của trạm quy định như sau:

Trong chế độ phụ tải cực đại:  $\delta U_{\max} = 5\%$

Trong chế độ phụ tải cực tiểu:  $\delta U_{\min} = 0\%$

Trong chế độ sau sự cố:  $\delta U_{sc} = 5\%$

Điện áp yêu cầu trên thanh góp hạ áp được xác định theo công thức:

$$U_{yc} = U_{dm} + \delta U\% \cdot U_{dm}, kV$$

Trong đó  $U_{dm}$  là điện áp định mức của mạng điện hạ áp

Sử dụng máy biến áp điều chỉnh điện áp dưới tải cho phép thay đổi các đầu điều chỉnh điện áp. Kết quả tính toán đối với máy biến áp đã được tính trong bảng 6.1

*Bảng 6.1 Thông số điều chỉnh của MBA có điều áp dưới tải*

Thứ tự đầu điều chỉnh	Đầu điều chỉnh	Tỉ số máy biến áp, pu/pu	Điện áp đầu điều chỉnh, kV
1	-9	0,8398	96,577
2	-8	0,8576	98,624
3	-7	0,8754	100,671
4	-6	0,8932	102,718
5	-5	0,911	104,765
6	-4	0,9288	106,812
7	-3	0,9466	108,859
8	-2	0,9644	110,906
9	-1	0,9822	112,953
10	0	1	115
11	1	1,0178	117,047
12	2	1,0356	119,094
13	3	1,0534	121,141
14	4	1,0712	123,188
15	5	1,089	125,235
16	6	1,1068	127,282
17	7	1,1246	129,329
18	8	1,1424	131,376
19	9	1,1602	133,423

## 6.2 Thuật toán Newton-Raphson trong lựa chọn nấc phân áp cho các máy biến áp có điều chỉnh điện áp

Thuật toán N-R cũng dùng để tính toán chọn nấc phân áp cho các trạm biến áp có điều áp dưới tải ở các chế độ vận hành cụ thể với yêu cầu điều chỉnh điện áp cho trước.

Theo thuật toán N-R, phương pháp lặp được dùng để giải phương trình đại số tuyến tính  $y = f(x)$ . Áp dụng khai triển Taylor ta có:

$$y = f(x^{(0)}) + \frac{f'(x^{(0)})}{1!}(x - x^{(0)}) + \frac{f''(x^{(0)})}{2!}(x - x^{(0)})^2 + \dots$$

Bỏ qua thành phần bậc cao ta được:

$$y = f(x^{(0)}) + \frac{f'(x^{(0)})}{1!}(x - x^{(0)})$$

$$y - f(x^{(0)}) = f'(x^{(0)}) \cdot \Delta x^{(0)}$$

$$\Delta x^{(0)} = \frac{y - f(x^{(0)})}{f'(x^{(0)})}$$

Khi giải hệ phương trình đại số  $Y = F(X)$ :

$$\begin{cases} y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots \\ y_n = f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{cases}$$

Trong đó X là vector trạng thái chứa n biến trạng thái chưa biết, F mô tả hệ n phương trình phi tuyến. Phương pháp N-R xác định biến X bằng cách sử dụng khai triển Taylor của hàm F(X) với xấp xỉ đầu  $(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})$ . Sử dụng khai triển Taylor cho từng phương trình của hệ phương trình tuyến tính ta được hệ:

$$Y - F(X^{(0)}) = J(X^{(0)}) \cdot \Delta X^{(0)}$$

Với  $J(X^{(0)})$  là ma trận Jacobi ứng với các thông số biến trạng thái ở thời điểm đầu.

Tại bước lặp thứ i ta tính được:

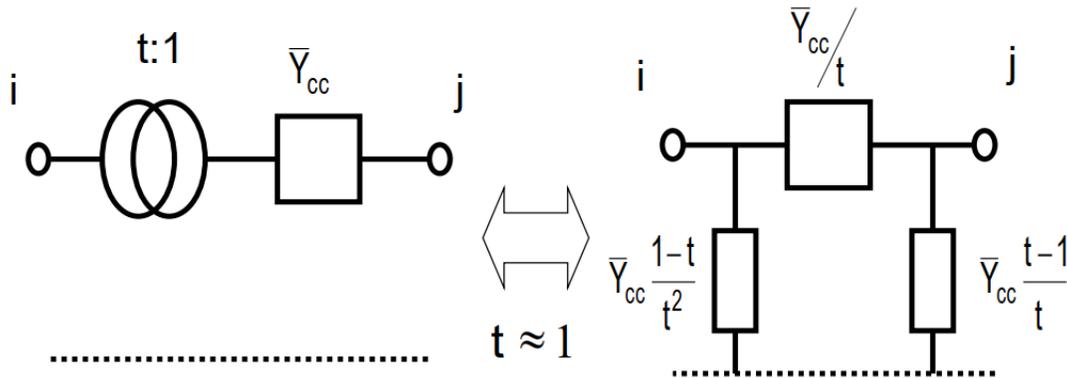
$$X^{(i+1)} = X^{(i)} + \Delta X^{(i)}$$

Qua mỗi bước lặp ta tính được  $\Delta X^{(i)}$  sau đó tính được  $X^{(i)}$  sử dụng cho bước lặp tiếp theo. Việc lặp sẽ tiếp tục cho đến khi đạt điều kiện  $\Delta X^{(i)} \leq \varepsilon$ , với  $\varepsilon$  là giá trị sai số cho phép của phép lặp.

Trong bài toán tính toán trào lưu công suất của hệ thống có xét đến lựa chọn nấc phân áp của các trạm biến áp có điều áp dưới tải, thì hàm số là hàm của P, Q theo U,  $\theta$  và t (nấc phân áp của máy biến áp có điều áp dưới tải).

Khi có máy biến áp có bộ điều áp dưới tải thì ma trận tổng dẫn phụ thuộc vào nấc phân áp  $t$ . Tương tự thì ma trận Jacobi cũng phụ thuộc vào nấc phân áp  $t$ .

Sơ đồ thay thế của máy biến áp như sau (nút  $j$  là nút cần điều chỉnh điện áp):



Hình 6.1 Sơ đồ thay thế của máy biến áp có điều chỉnh điện áp

- Những nguyên tắc xây dựng ma trận tổng dẫn:
  - Tổng dẫn riêng của của nút  $i$  ( $\dot{Y}_{ii}$ ): bằng tổng đại số tất cả các tổng dẫn nối với nút  $i$ .
  - Tổng dẫn giữa nút  $i$  và  $j$  ( $\dot{Y}_{ij}$ ): bằng đối của tổng tất cả các tổng dẫn liên kết giữa nút  $i$  và nút  $j$ .
  - $\dot{Y}_{ij} = \dot{Y}_{ji}$ .

Hàm cân bằng công suất nút:

$$P_i = U_i \sum_{k=1}^N U_k (G_{ik} \cos(\theta_{ik}) + B_{ik} \sin(\theta_{ik}))$$

$$Q_i = U_i \sum_{k=1}^N U_k (G_{ik} \sin(\theta_{ik}) - B_{ik} \cos(\theta_{ik}))$$

Sử dụng khai triển Taylor ta được:

$$P_i = P_i^{(r)} + \left[ \frac{\partial P_i}{\partial \theta_2} \right]^{(r)} \Delta \theta_2^{(r)} + \dots + \left[ \frac{\partial P_i}{\partial \theta_n} \right]^{(r)} \Delta \theta_n^{(r)} + \left[ \frac{\partial P_i}{\partial U_{m+1}} \right]^{(r)} \Delta U_{m+1}^{(r)} + \dots + \left[ \frac{\partial P_i}{\partial U_n} \right]^{(r)} \Delta U_n^{(r)} + \left[ \frac{\partial P_i}{\partial t} \right]^{(r)} \Delta t^{(r)}$$

$$Q_i = Q_i^{(r)} + \left[ \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_2} \right]^{(r)} \Delta \theta_2^{(r)} + \dots + \left[ \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_n} \right]^{(r)} \Delta \theta_n^{(r)} + \left[ \frac{\partial Q_i}{\partial U_{m+1}} \right]^{(r)} \Delta U_{m+1}^{(r)} + \dots + \left[ \frac{\partial Q_i}{\partial U_n} \right]^{(r)} \Delta U_n^{(r)} + \left[ \frac{\partial Q_i}{\partial t} \right]^{(r)} \Delta t^{(r)}$$

Hệ phương trình có dạng:

$$\begin{bmatrix} \Delta P^{(r)} \\ \Delta Q^{(r)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H^{(r)} & N^{(r)} & C^{(r)} \\ J^{(r)} & L^{(r)} & D^{(r)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \delta^{(r+1)} \\ \Delta V^{(r+1)} / V^{(r)} \\ \Delta t^{(r+1)} / t^{(r)} \end{bmatrix}$$

Ở đây ta thay  $V^{(r)}$  bằng  $\Delta V^{(r+1)} / V^{(r)}$  và  $t^{(r)}$  bằng  $\Delta t^{(r+1)} / t^{(r)}$  để tăng hiệu quả tính toán.

Ma trận Jacobi ở đây là:

$$J = \begin{bmatrix} H^{(r)} & N^{(r)} & C^{(r)} \\ J^{(r)} & L^{(r)} & D^{(r)} \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$$H^{(r)} = \frac{\partial P}{\partial \theta} \quad N^{(r)} = \frac{\partial P}{\partial U}$$

$$J^{(r)} = \frac{\partial Q}{\partial \theta} \quad L^{(r)} = \frac{\partial Q}{\partial U}$$

$$C_i = t \cdot \frac{\partial P_i}{\partial t} = t \cdot U_i \cdot \sum_{k=1}^N U_k \left( \frac{\partial G_{ik}}{\partial t} \cos \theta_{ik} + \frac{\partial B_{ik}}{\partial t} \sin \theta_{ik} \right)$$

$$D_i = t \cdot \frac{\partial Q_i}{\partial t} = t \cdot U_i \cdot \sum_{k=1}^N U_k \left( \frac{\partial G_{ik}}{\partial t} \sin \theta_{ik} - \frac{\partial B_{ik}}{\partial t} \cos \theta_{ik} \right)$$

Từ công thức trên ta thấy ma trận Jacobi có thêm cột mới. Biến nấc phân áp  $t$  mới thay thế giá trị điện áp tại đúng nút PQ đang xét.

Sau mỗi bước lặp ta tính được  $t^{(r+1)}$  theo công thức  $t^{(r+1)} = t^{(r)} + \Delta t^{(r+1)}$ . Phép lặp sẽ tiếp tục cho đến khi đạt sai số cho phép nhưng:

- t đạt đến giới hạn (giới hạn điều chỉnh điện áp), khi đó t sẽ tự động đặt thành giá trị giới hạn và tại nút đó lại trở thành nút PQ bình thường.
- Nếu kết quả hội tụ, ta sẽ phải tìm giá trị nấc phân áp t gần nhất với giá trị t hội tụ phù hợp với bước phân áp của máy biến áp và tiếp tục bước lặp cuối cùng với giá trị t tìm được.

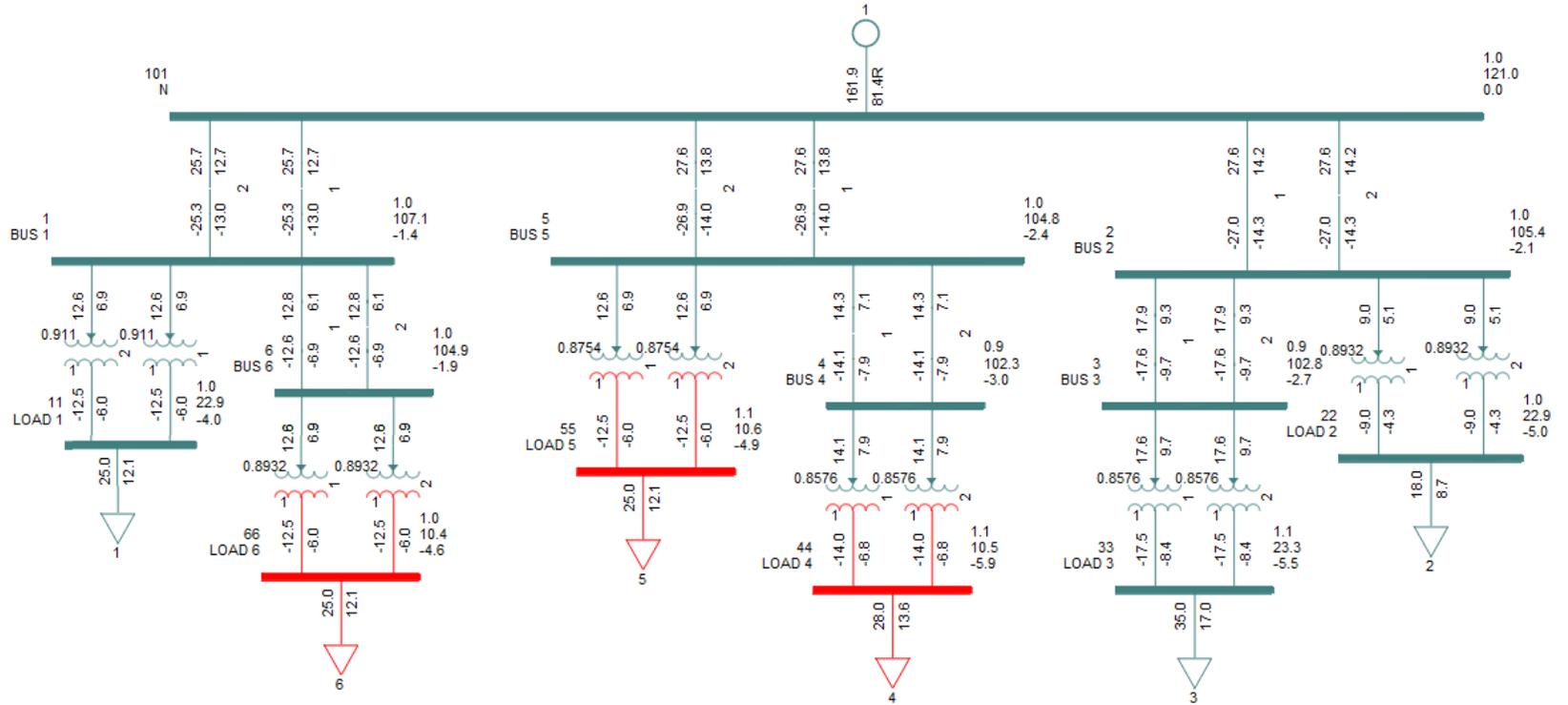
### 6.3 Tính chọn đầu phân áp cho các trạm biến áp có điều áp dưới tải trong các chế độ

#### 6.3.1 Chế độ phụ tải cực đại

Sử dụng phần mềm PSSSE để mô phỏng bài toán điều chỉnh đầu phân áp ta được kết quả ở bảng

*Bảng 6.2 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ phụ tải cực đại*

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U$ , kV	20,7	20,3	19,7	8,9	9,1	9,2
n	-5	-6	-8	-8	-7	-6
$U_{t_{max}}$ , kV	22,9	22,9	23,3	10,5	10,6	10,4
$\delta U_{max}$ , %	4,09	4,09	5,9	5,00	6,00	4,00

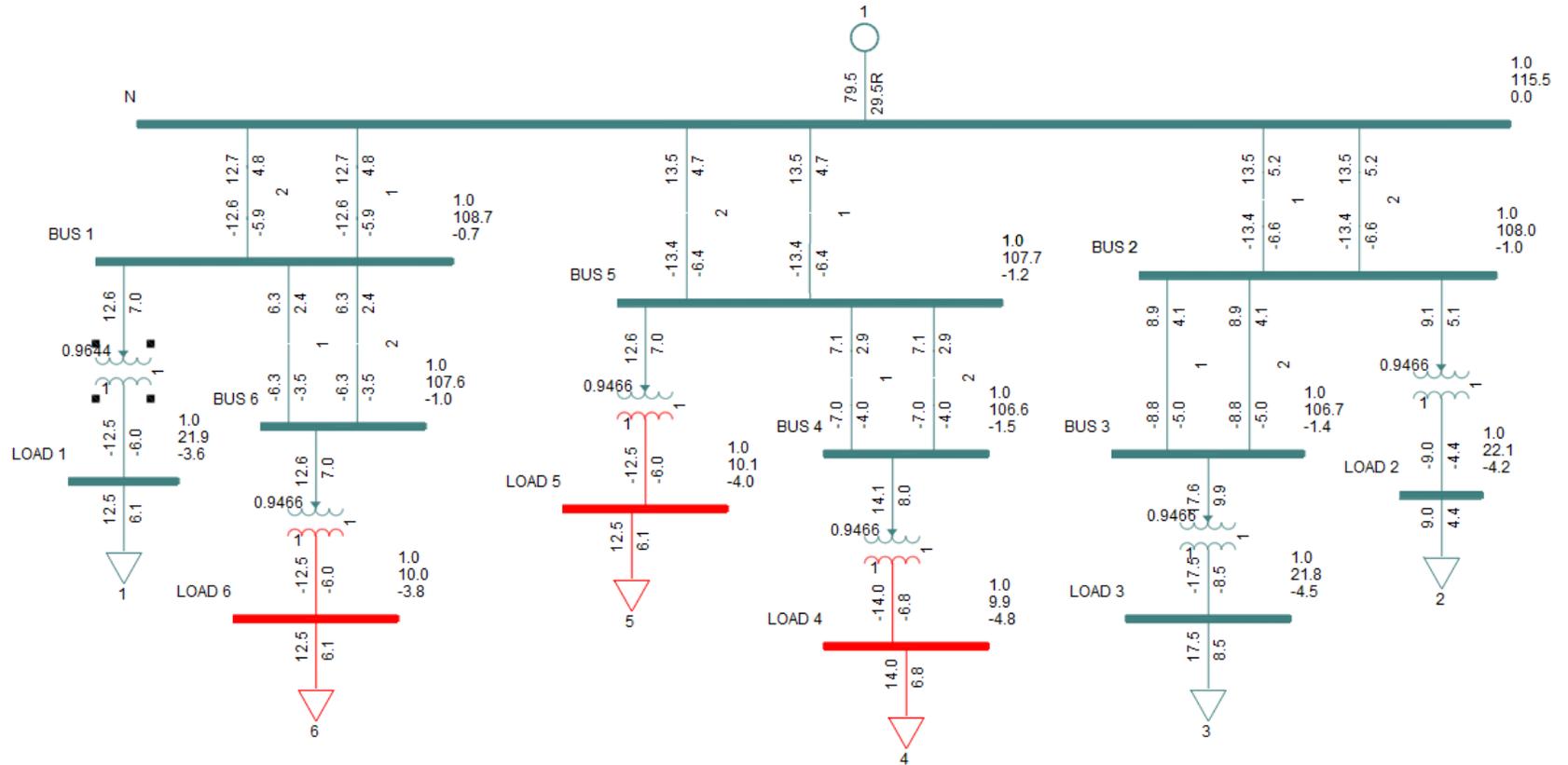


Hình 6.2 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSÉ trong chế độ phụ tải cực đại

### 6.3.2 Chế độ phụ tải cực tiểu

*Bảng 6.3 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ phụ tải cực tiểu*

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U$ , kV	21,1	20,8	20,6	9,3	9,5	9,5
n	-2	-3	-3	-3	-3	-3
$U_{t\max}$ , kV	21,9	22,1	21,8	9,9	10,1	10
$\delta U_{\max}$ , %	0,45	0,45	0,91	1	1	0



Hình 6.3 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSS/E trong chế độ phụ tải cực tiểu

**6.3.3 Chế độ sau sự cố**

- Xét sự cố một mạch đường dây N-1 ngừng hoạt động ( Sự cố N1)

*Bảng 6.4 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ sau sự cố N1*

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U$ , kV	20	20,3	19,7	8,9	9,1	8,9
n	-7	-6	-8	-8	-7	-8
$U_{tmax}$ , kV	23,1	22,9	23,3	10,5	10,6	10,5
$\delta U_{max}$ , %	5,00	4,09	5,91	5,00	6,00	5,00

- Xét sự cố một mạch đường dây N-5 ngừng hoạt động ( Sự cố N5)

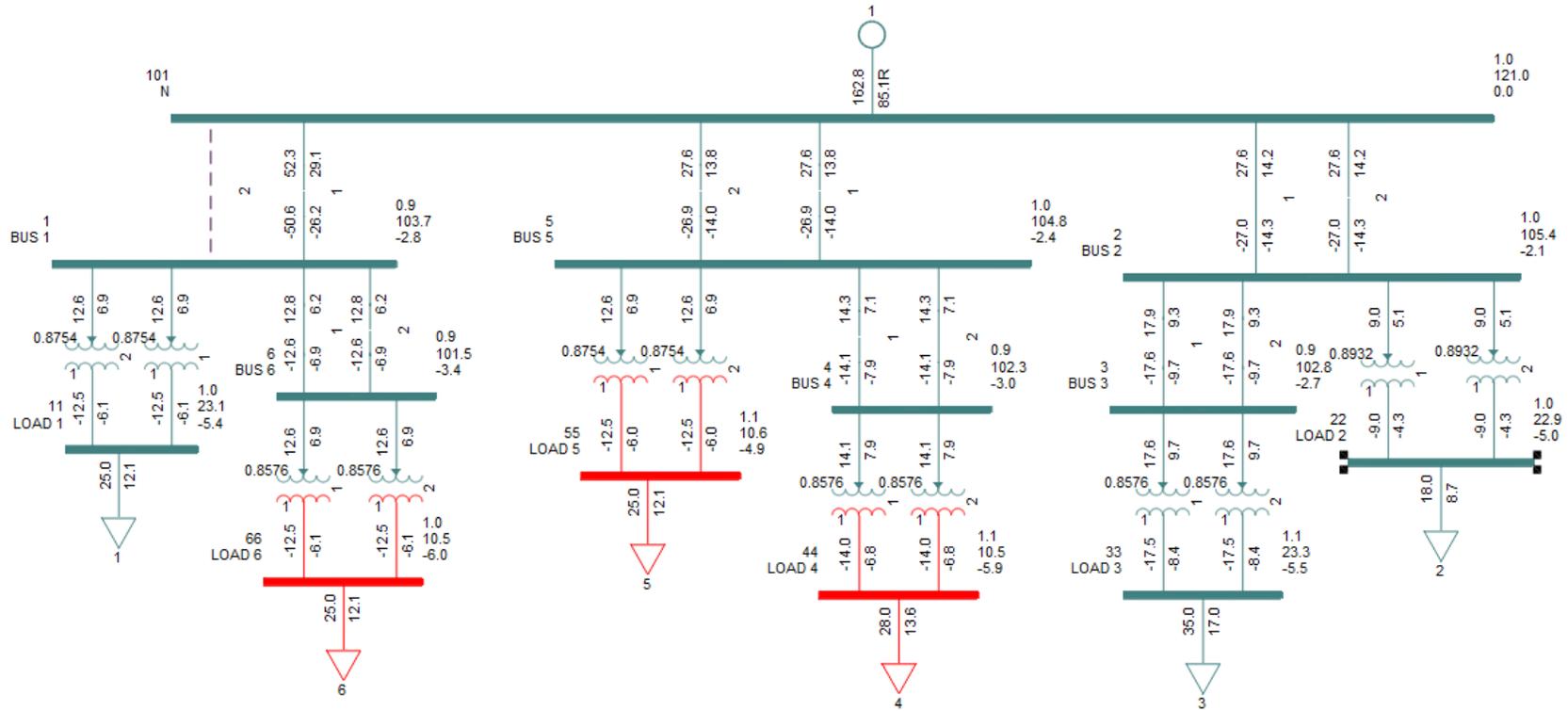
*Bảng 6.5 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ sau sự cố N5*

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U$ , kV	20,7	20,3	19,7	8,2	8,6	9,2
n	-5	-6	-8	-9	-9	-6
$U_{tmax}$ , kV	22,9	22,9	23,3	10,0	10,4	10,4
$\delta U_{max}$ , %	4,09	4,09	5,91	0	4,00	4,00

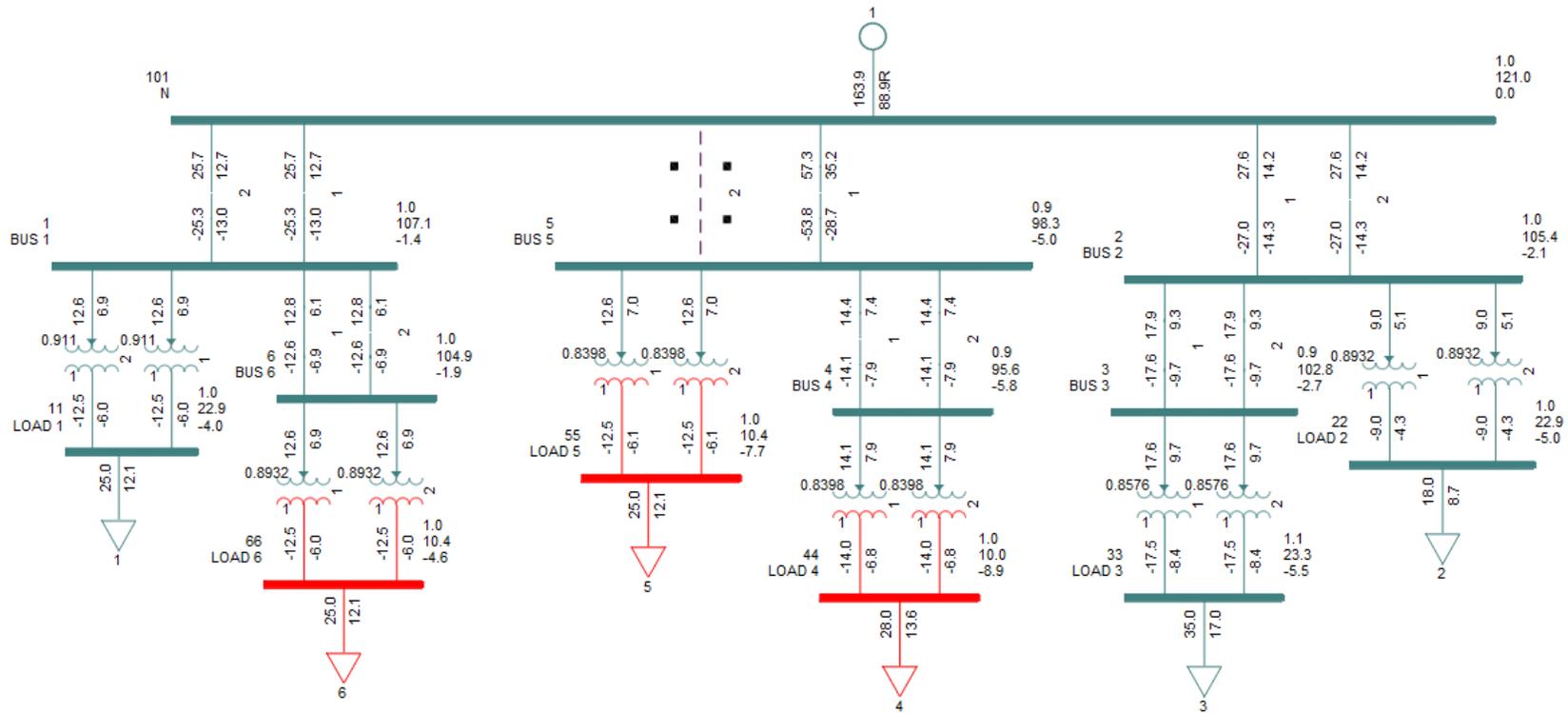
- Xét sự cố một mạch đường dây N-2 ngừng hoạt động ( Sự cố N2)

*Bảng 6.6 Kết quả tính bằng phần mềm trong chế độ sau sự cố N2*

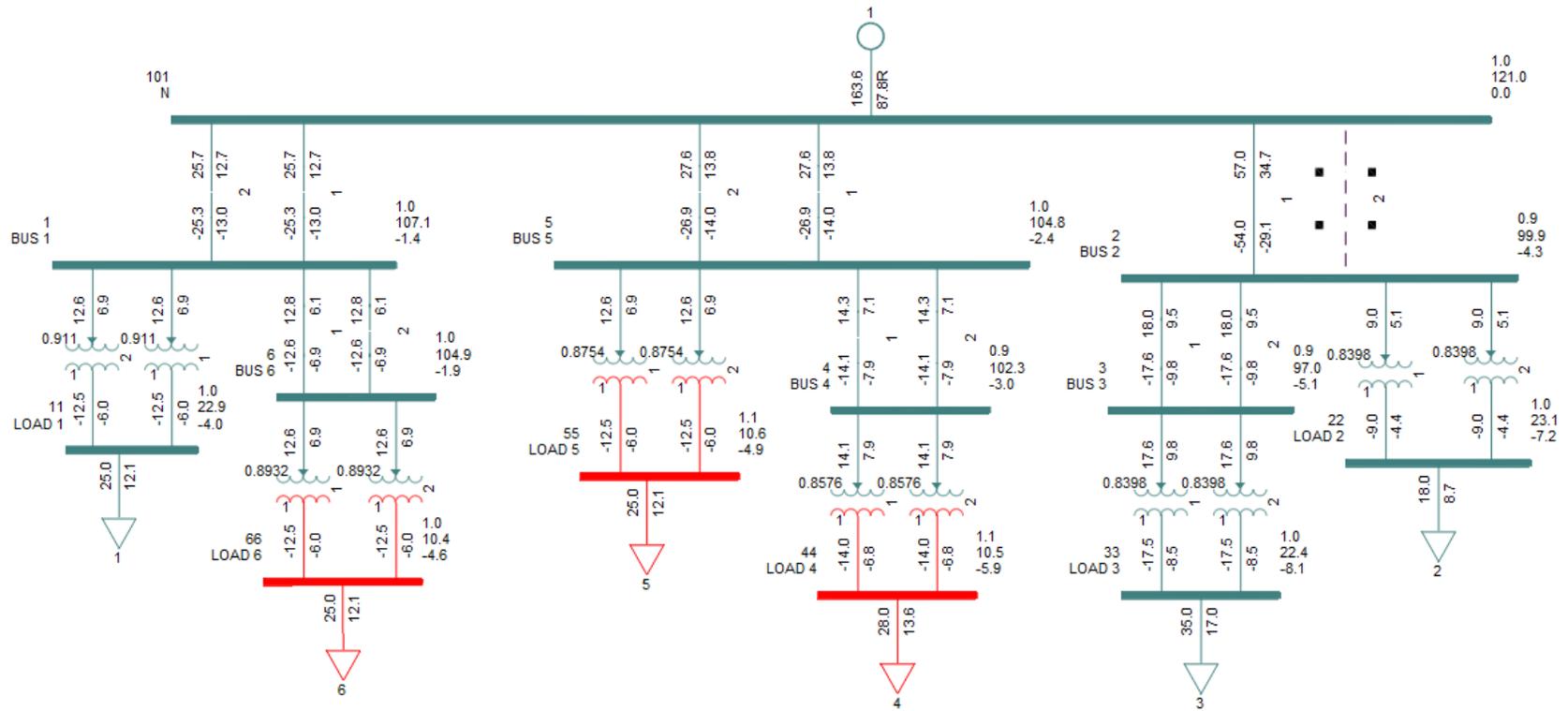
Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U$ , kV	20,7	19,0	18,5	8,9	9,2	9,2
n	-5	-9	-9	-8	-6	-6
$U_{tmax}$ , kV	22,9	23,0	22,4	10,5	10,4	10,4
$\delta U_{max}$ , %	4,09	4,55	1,82	5,00	4,00	4,00



Hình 6.4 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ sự cố N1



Hình 6.5 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSE trong chế độ sự cố N5



Hình 6.6 Điều chỉnh đầu phân áp bằng phần mềm PSSÉ trong chế độ sự cố N2

## 7 CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ- KỸ THUẬT TỔNG HỢP CỦA LƯỚI ĐIỆN

### 7.1 Vốn đầu tư cho mạng điện

Tổng các vốn đầu tư xây dựng mạng điện được xác định theo công thức:

$$K = K_D + K_T$$

Trong đó

$K_D$ : Vốn đầu tư xây dựng đường dây.

$K_T$ : Vốn đầu tư xây dựng trạm biến áp.

*Bảng 7.1 Vốn đầu tư cho đường dây 110kV sử dụng cột thép*

Dây dẫn	Giá tiền 1 mạch (triệu đồng/km)
ACSR-70	2000
ACSR-95	2038
ACSR-120	2256
ACSR-150	2420
ACSR-185	2503
ACSR-240	3145

➤ Vốn đầu tư xây dựng đường dây được tính theo công thức:

$$K_D = \sum_{i=1}^6 n.K_o.L$$

Nên vốn đầu tư xây dựng đường dây được tính ở bảng 7.2

*Bảng 7.2 Vốn đầu tư xây dựng các đường dây*

Đường dây	Loại dây	Số lộ	Chiều dài, km	$K_D$ , triệu đồng/km
N-1	ACSR-185	2	36,06	144413,088
1-6	ACSR-95	2	36,06	117584,448
N-5	ACSR-185	2	58,31	233519,888
5-6	ACSR-95	2	36,06	117584,448
N-2	ACSR-185	2	50,99	204204,752

2-3	ACSR-95	2	30	97824
-----	---------	---	----	-------

Tổng vốn đầu tư xây dựng các đường dây:

$$K_D = \sum_{i=1}^6 K_{D_i} = 915130,624 \text{ triệu đồng}$$

➤ **Vốn đầu tư xây dựng trạm biến áp**

Trong lưới điện thiết kế có 6 trạm hạ áp, mỗi trạm có 2 máy biến áp. Tổng trong lưới điện có 4 trạm đặt máy biến áp 25 MVA, 1 trạm đặt máy biến áp 16 MVA và 1 trạm đặt máy biến áp 32 MVA.

Vậy tổng vốn đầu tư cho các trạm biến áp là:

$$K_T = 4.1,8.22 + 1,8.15 + 1,8.29 = 237,6 \text{ tỷ đồng} = 237600 \text{ triệu đồng}$$

➤ **Tổng vốn đầu tư xây dựng lưới điện bằng**

$$K = 915130,624 + 237600 = 1152730,624 \text{ triệu đồng}$$

**7.2 Tổn thất công suất tác dụng trong lưới điện**

Tổn thất trong lưới điện gồm có tổn thất công suất tác dụng 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 5.2.1 thì tổn thất công suất tác dụng trên đường dây bằng:

$$\Delta P_D = (0,4 + 0,2 + 0,8 + 0,3 + 0,7 + 0,3).2 = 5,4 \text{ MW}$$

Tổn thất công suất tác dụng trong các trạm biến áp bằng:

$$\Delta P_T = (0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1).2 = 1,2 \text{ MW}$$

Tổn thất công suất không tải trong các trạm biến áp bằng:

$$\Delta P_o = \sum \Delta P_{o_i} = 2.0,021 + 4.2.0,029 + 2.0,035 = 0,344 \text{ MW}$$

Tổng tổn thất công suất tác dụng trong lưới điện:

$$\Delta P = \Delta P_D + \Delta P_T + \Delta P_o = 5,4 + 1,2 + 0,344 = 6,944 \text{ MW}$$

Tổng tổn thất công suất tác dụng trong lưới điện tính theo phần trăm:

$$\Delta P(\%) = \frac{\Delta P}{\sum P_{\max}} = \frac{6,944}{156} = 4,451\%$$

### 7.3 Tổng thất điện năng trong lưới điện

Tổng tổn thất điện năng trong lưới điện được xác định theo công thức:

$$\Delta A = (\Delta P_D + \Delta P_T) \cdot \tau + \Delta P_o \cdot t, \text{ MWh}$$

Trong đó

t: Thời gian vận hành của các máy biến áp trong năm

$\tau$ : Thời gian tổn thất công suất lớn nhất

Các máy biến áp vận hành song song nên  $t = 8760\text{h}$

Thời gian tổn thất công suất lớn nhất tính theo công thức:

$$\tau = (0,124 + 10^{-4} \cdot T_{\max})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 10^{-4} \cdot 5500)^2 \cdot 8760 = 3979,46 \text{ h}$$

Tổng tổn thất điện năng trong lưới điện bằng:

$$\Delta A = (5,4 + 1,2) \cdot 3979,46 + 0,344 \cdot 8760 = 29277,876 \text{ MWh}$$

Tổng điện năng các hộ tiêu thụ trong năm bằng:

$$A = P_{\max} \cdot T_{\max} = 156 \cdot 5500 = 858000 \text{ MWh}$$

Tổng tổn thất điện năng trong lưới điện tính theo phần trăm bằng:

$$\Delta A(\%) = \frac{\Delta A}{A} = \frac{29277,876}{858000} = 3,412 \%$$

### 7.4 Giá thành truyền tải điện năng

#### 7.4.1 Chi phí vận hành hàng năm

Chi phí vận hành hàng năm của lưới điện được tính theo công thức:

$$Y = a_{vhD} \cdot K_D + a_{vhT} \cdot K_T + \Delta A \cdot c$$

Trong đó

$a_{vhD}$ : Hệ số vận hành đường dây ( $a_{vhD} = 0,08$ )

$a_{vhT}$ : Hệ số vận hành các thiết bị trong trạm biến áp ( $a_{vhT} = 0,1$ )

c: Giá thành 1kWh điện năng tổn thất ( $c = 1500$  đồng)

Vậy chi phí vận hành hàng năm của lưới điện bằng:

$$Y = 0,08 \cdot 915130,624 \cdot 10^6 + 0,1 \cdot 237600 \cdot 10^6 + 29277,876 \cdot 10^3 \cdot 1500 = 140,887 \cdot 10^9 \text{ đồng}$$

### 7.4.2 Giá thành truyền tải điện năng

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

$$\beta = \frac{Y}{A} = \frac{140,887.10^9}{858000.10^3} = 164,204 \text{ đ/kWh}$$

### 7.4.3 Giá thành xây dựng 1MW công suất phụ tải trong chế độ cực đại

Giá thành xây dựng 1MW công suất phụ tải khi cực đại bằng:

$$K_o = \frac{K}{\sum P_{\max}} = \frac{1152730,624.10^6}{156} = 7,389.10^9 \text{ đ/MWh}$$

Kết quả tính toán các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của lưới điện thiết kế được tổng hợp trong bảng

*Bảng 7.3 Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của lưới điện thiết kế*

STT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Tổng công suất phụ tải khi cực đại	MW	156
2	Tổng chiều dài đường dây	km	247,48
3	Tổng công suất các MBA hạ áp	MVA	296
4	Tổng vốn đầu tư cho lưới điện	10 <sup>9</sup> đ	1152,730
5	Tổng vốn đầu tư về đường dây	10 <sup>9</sup> đ	915,130
6	Tổng vốn đầu tư về các trạm biến áp	10 <sup>9</sup> đ	237,6
7	Tổng điện năng các phụ tải tiêu thụ	MWh	858000
8	$\Delta U_{\max bt}$	%	6,842
9	$\Delta U_{\max sc}$	%	11,462
10	Tổng tổn thất công suất $\Delta P$	MW	6,944
11	Tổng tổn thất công suất $\Delta P$	%	4,451
12	Tổng tổn thất điện năng $\Delta A$	MWh	29277,876
13	Tổng tổn thất điện năng $\Delta A$	%	3,412
14	Chi phí vận hành hàng năm	10 <sup>9</sup> đ	140,887
15	Giá thành truyền tải điện năng $\beta$	đ/kWh	164,204

---

16	Giá thành xây dựng 1MW công suất phụ tải khi cực đại	10 <sup>9</sup> đ/MW	7,389
----	--	----------------------	-------