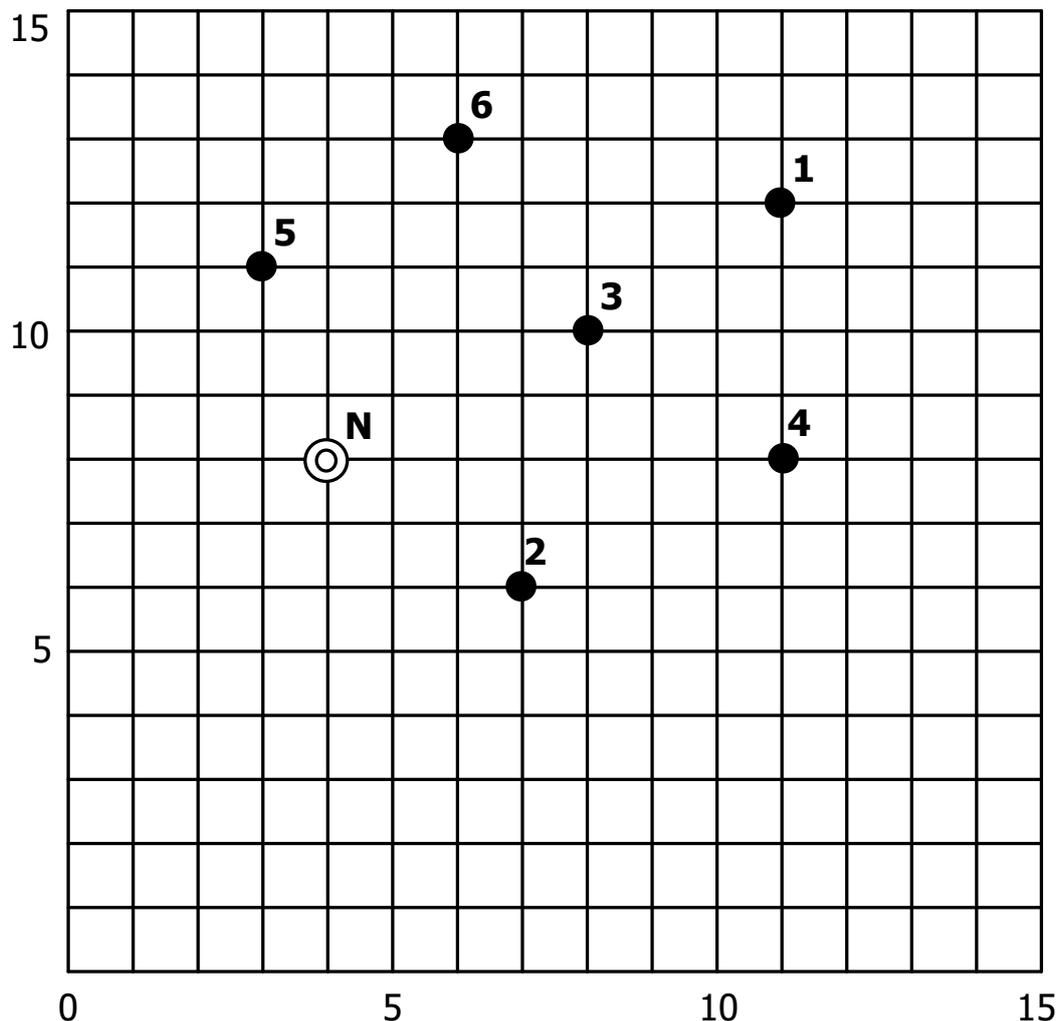


EE3820 ĐỒ ÁN II

1. Tên đề tài thiết kế : **Thiết kế lưới điện khu vực**
2. Họ và tên sinh viên : **NGUYỄN NGỌC HÂN**
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



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)	30	35	35	30	25	30
Hệ số công suất	0,9					
Mức đảm bảo cung cấp điện	I	I	I	I	III	I
Yêu cầu điều chỉnh điện áp	$\delta U_{\max} = \delta U_{\min} = \delta U_{sc} = 5\%$					
Thời gian sử dụng công suất cực đại (h)	4900					
Điện áp định mức lưới điện hạ áp (kV)	22	22	22	22	10	10

Ghi chú: δU_{\max} , δU_{\min} , δU_{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 ²	Tiết diện tính toán của dây dẫn, mm ²		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 _{đm}	U _{Cđm}	U _{Hđm}	U _N	ΔP _N	ΔP _o	I _o	R _B	X _B	ΔQ _o
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

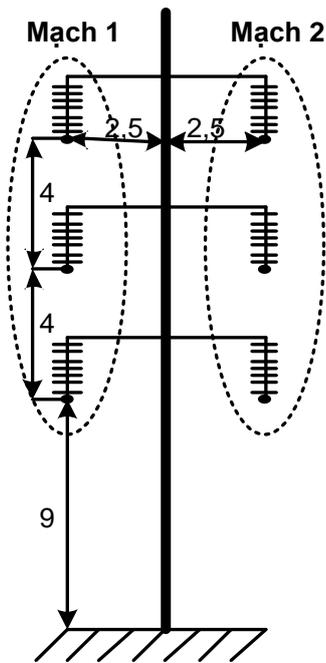
Ghi chú: Vốn đầu tư của đường dây hai mạch cùng một cột bằng vốn đầu tư của đường dây một mạch nhân với hệ số 1,6.

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

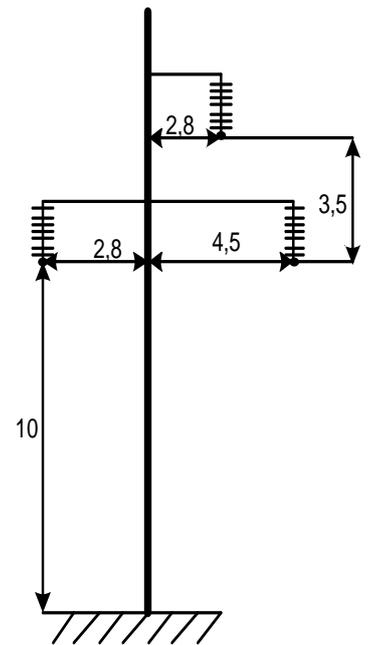
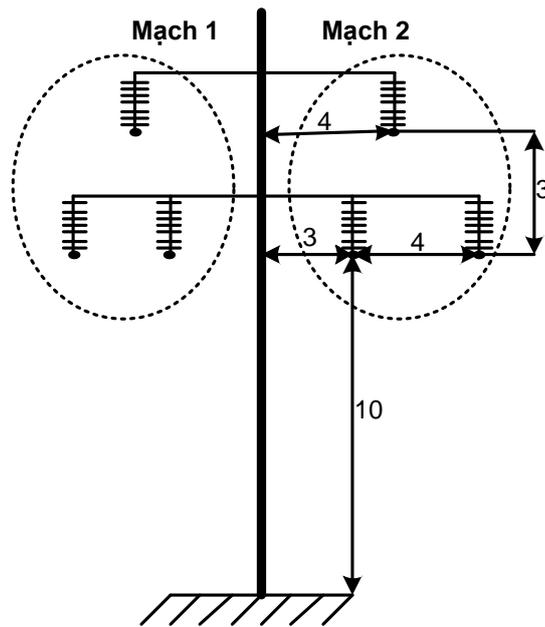
Công suất 1 máy biến áp trong trạm (MVA)	Vốn đầu tư trạm 1 máy biến áp (tỷ đồng)
63	45
40	36
32	29
25	22
16	15

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

MỤC LỤC

MỤC LỤC	I
DANH MỤC HÌNH ẢNH	V
DANH MỤC BẢNG SỐ LIỆU	VII
CHƯƠNG 1: PHÂN TÍCH HỆ THỐNG CẦN THIẾT KẾ, CÂN BẰNG CÔNG SUẤT	1
1.1. PHÂN TÍCH ĐẶC ĐIỂM CỦA NGUỒN VÀ PHỤ TẢI	1
1.1.1. Sơ đồ mặt bằng của nguồn và phụ tải	1
1.1.2. Những số liệu về nguồn cung cấp	1
1.1.3. Những số liệu về phụ tải.....	2
1.2. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT TÁC DỤNG	2
1.3. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG	3
CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN HỢP LÝ VỀ KINH TẾ - KỸ THUẬT	5
2.1. NÊU CÁC PHƯƠNG ÁN LƯỚI ĐIỆN.....	5
2.1.1. Phương án 1.....	6
2.1.2. Phương án 2.....	7
2.1.3. Phương án 3.....	8
2.1.4. Phương án 4.....	9
2.1.5. Phương án 5.....	10
2.2. TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN.....	11
2.2.1. Phân bố công suất trong mạng điện	11
2.2.2. Lựa chọn điện áp định mức	11
2.2.3. Lựa chọn tiết diện dây dẫn (theo khoảng chia kinh tế)	11
2.2.4. Tính toán các thông số đường dây	17
2.2.5. Xác định sơ bộ tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện	18
2.3. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 1	18
2.3.1. Sơ đồ phương án 1.....	18
2.3.2. Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện	19

2.3.3.	Tính toán lựa chọn cấp điện áp	19
2.3.4.	Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn	20
2.3.5.	Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện	21
2.4.	TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 2	24
2.4.1.	Sơ đồ phương án 2.....	24
2.4.2.	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện	24
2.4.3.	Tính toán lựa chọn cấp điện áp	25
2.4.4.	Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn	25
2.4.5.	Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện	27
2.5.	TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 3	30
2.5.1.	Sơ đồ phương án 3.....	30
2.5.2.	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện	30
2.5.3.	Tính toán lựa chọn cấp điện áp	31
2.5.4.	Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn	32
2.5.5.	Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện	35
2.6.	TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 4	39
2.6.1.	Sơ đồ phương án 4.....	39
2.6.2.	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện	39
2.6.3.	Tính toán lựa chọn cấp điện áp	40
2.6.4.	Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn	41
2.6.5.	Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện	44
2.7.	TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 5	48
2.7.1.	Sơ đồ phương án 5.....	48
2.7.2.	Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện	48
2.7.3.	Tính toán lựa chọn cấp điện áp	49
2.7.4.	Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn	50
2.7.5.	Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện	55
CHƯƠNG 3: SO SÁNH CÁC PHƯƠNG ÁN.....		60
3.1.	PHƯƠNG ÁN 1.....	60
3.2.	PHƯƠNG ÁN 2.....	61

3.3.	PHƯƠNG ÁN 4.....	61
3.4.	TỔNG KẾT CÁC PHƯƠNG ÁN.....	62
CHƯƠNG 4: CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ SƠ ĐỒ NÓI DÂY.....		63
4.1.	CHỌN MÁY BIẾN ÁP	63
4.1.	SƠ ĐỒ NÓI DÂY CHI TIẾT	64
4.1.1.	Thanh góp nhà máy	64
4.1.2.	Sơ đồ trạm biến áp hạ áp.....	65
4.1.3.	Sơ đồ nối điện toàn hệ thống.....	68
CHƯƠNG 5: TÍNH TOÁN CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH CỦA MẠNG ĐIỆN ..		69
5.1.	MÔ HÌNH CÂN BẰNG CÔNG SUẤT NÚT, PHƯƠNG PHÁP NEWTON – RAPHSON	69
5.1.1.	Mô hình cân bằng công suất nút.....	69
5.1.2.	Phương pháp Newton – Raphson.....	72
5.2.	TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA MẠNG ĐIỆN THIẾT KẾ.....	76
5.2.1.	Chế độ phụ tải cực đại.....	76
5.2.2.	Chế độ phụ tải cực tiểu.....	81
5.2.3.	Chế độ sau sự cố.....	86
CHƯƠNG 6: ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN		95
6.1.	YÊU CẦU ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN.....	95
6.2.	TÍNH TOÁN CHỌN NẮC PHÂN ÁP CHO CÁC TRẠM BIẾN ÁP CÓ ĐIỀU ÁP DƯỚI TẢI TRONG CÁC CHẾ ĐỘ.....	97
6.2.1.	Ứng dụng thuật toán Newton – Raphson trong lựa chọn nấc phân áp cho các trạm biến áp có điều áp dưới tải	97
6.2.2.	Chế độ phụ tải cực đại.....	100
6.2.3.	Chế độ phụ tải cực tiểu.....	102
6.2.4.	Chế độ sau sự cố.....	104
CHƯƠNG 7: CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT TỔNG HỢP CỦA LƯỚI ĐIỆN		108
7.1.	VỐN ĐẦU TƯ CHO MẠNG ĐIỆN	108
7.2.	TỒN THẤT CÔNG SUẤT TÁC DỤNG TRONG MẠNG ĐIỆN	108
7.3.	TỒN THẤT ĐIỆN NĂNG TRONG MẠNG ĐIỆN.....	109

7.4.	GIÁ THÀNH TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG	109
7.4.1.	Chi phí vận hành hàng năm.....	109
7.4.2.	Tính toán giá thành truyền tải điện năng.....	109
7.4.3.	Giá thành xây dựng 1 MW công suất phụ tải trong chế độ cực đại ...	110

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Những số liệu về nguồn cung cấp	1
Hình 2.1 Phương án 1	6
Hình 2.2 Phương án 2	7
Hình 2.3 Phương án 3	8
Hình 2.4 Phương án 4	9
Hình 2.5 Phương án 5	10
Hình 2.6 Chi phí vòng đời của đường dây lộ đơn	14
Hình 2.7 Chi phí vòng đời của đường dây lộ kép	14
Hình 2.8 Sơ đồ phương án 1	18
Hình 2.9 Sơ đồ phương án 2	24
Hình 2.10 Sơ đồ phương án 3	30
Hình 2.11 Sơ đồ phương án 4	39
Hình 2.12 Sơ đồ phương án 5	48
Hình 2.13 Phương án 5 mới	50
Hình 4.1 Sơ đồ hai thanh góp	65
Hình 4.2 Sơ đồ cầu trong	66
Hình 4.3 Sơ đồ cầu ngoài	67
Hình 4.4 Sơ đồ nối điện toàn hệ thống	68
Hình 5.1 Mô hình công suất nút	69
Hình 5.2 Hàm $W(x)$	72
Hình 5.3 Mô phỏng chế độ xác lập của lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ phụ tải cực đại	78
Hình 5.4 Mô phỏng chế độ xác lập của lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ phụ tải cực tiểu	83
Hình 5.5 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ sau sự cố ngừng một mạch đường dây N-3	88
Hình 5.6 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ sau sự cố ngừng một mạch đường dây N-2	92
Hình 6.1 Sơ đồ thay thế của máy biến áp có điều áp dưới tải	98
Hình 6.2 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ phụ tải cực đại	101
Hình 6.3 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ phụ tải cực tiểu	103
Hình 6.4 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ sau sự cố N-3	105

Hình 6.5 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ sau sự cố N-2..... 107

DANH MỤC BẢNG SỐ LIỆU

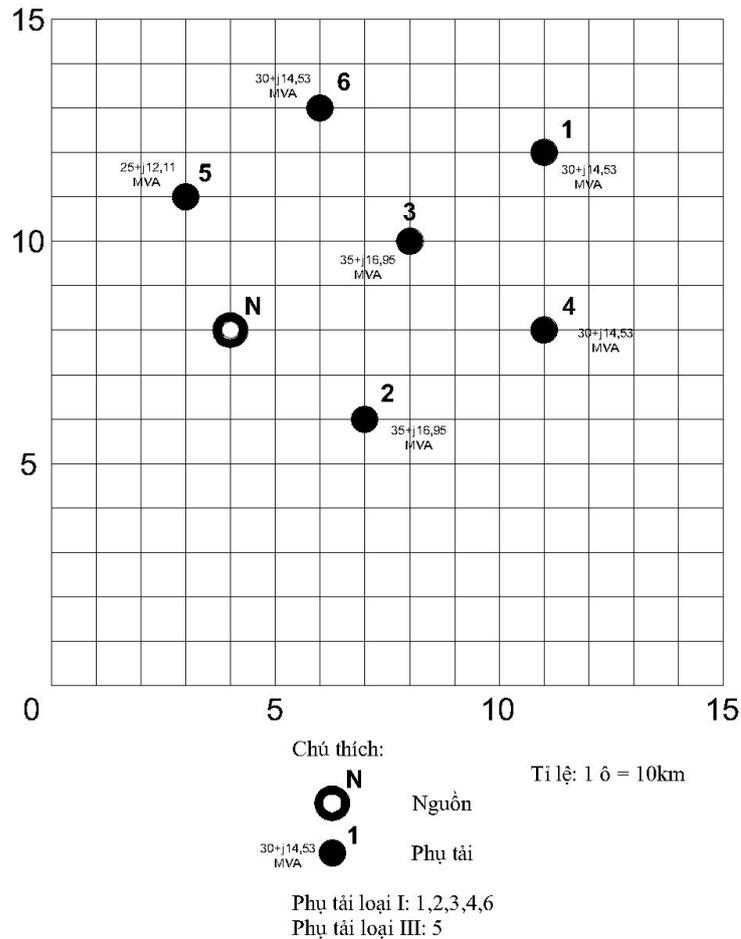
Bảng 1.1 Các số liệu của phụ tải	2
Bảng 1.2 Thông số của phụ tải	3
Bảng 2.1 Vốn đầu tư xây dựng đường dây.....	12
Bảng 2.2 Điện trở đơn vị của đường dây ở 20 độ C.....	12
Bảng 2.3 Hàm chi phí vòng đời của đường dây lộ đơn.....	13
Bảng 2.4 Hàm chi phí vòng đời của đường dây lộ kép	13
Bảng 2.5 Dòng điện lớn nhất cho phép của các loại dây dẫn.....	15
Bảng 2.6 Chọn tiết diện dây dẫn dựa vào I_{\max} đối với đường dây lộ đơn	16
Bảng 2.7 Chọn tiết diện dây dẫn dựa vào I_{\max} đối với đường dây lộ kép.....	16
Bảng 2.8 Cảm kháng x_0 của đường dây đối với các tiết diện dây dẫn	17
Bảng 2.9: Phân bố công suất trên các đường dây của phương án 1	19
Bảng 2.10 Điện áp tính toán của phương án 1	19
Bảng 2.11 Thông số đường dây của phương án 1	21
Bảng 2.12 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 1	21
Bảng 2.13 Tổn thất điện áp của phương án 1	23
Bảng 2.14 Phân bố công suất trên các đường dây của phương án 2	25
Bảng 2.15 Điện áp tính toán phương án 2	25
Bảng 2.16 Thông số đường dây phương án 2	27
Bảng 2.17 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 2.....	27
Bảng 2.18 Tổn thất điện áp của phương án 2	29
Bảng 2.19 Phân bố công suất trên các đường dây của phương án 3	31
Bảng 2.20 Điện áp tính toán của phương án 3	31
Bảng 2.21 Thông số đường dây của phương án 3.....	33
Bảng 2.22 Phân bố công suất trong mạng điện tính theo tổng trở phương án 3	35
Bảng 2.23 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 3.....	35
Bảng 2.24 Tổn thất điện áp của phương án 3	38
Bảng 2.25 Phân bố công suất trên các đường dây phương án 4.....	40
Bảng 2.26 Điện áp tính toán phương án 4.....	40
Bảng 2.27 Thông số đường dây của phương án 4.....	42
Bảng 2.28 Phân bố công suất trong mạng điện tính theo tổng trở phương án 4	44
Bảng 2.29 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 4.....	44
Bảng 2.30 Tổn thất điện áp của phương án 4	47
Bảng 2.31 Phân bố công suất trên các nhánh của phương án 5	49
Bảng 2.32 Điện áp tính toán của phương án 5	49
Bảng 2.33 Phân bố công suất trên các nhánh và điện áp tính toán của phương án 5 mới	51
Bảng 2.34 Thông số đường dây của phương án 5.....	53

Bảng 2.35 Phân bố công suất trong mạng điện tính theo tổng trở	55
Bảng 2.36 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 5.....	55
Bảng 2.37 Tổn thất điện áp của phương án 5	58
Bảng 2.38 Chỉ tiêu kỹ thuật của các phương án.....	59
Bảng 3.1 Chi phí vòng đời của phương án 1	60
Bảng 3.2 Chi phí vòng đời của phương án 2	61
Bảng 3.3 Chi phí vòng đời của phương án 4	61
Bảng 3.4 Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của các phương án so sánh.....	62
Bảng 4.1 Thông số của máy biến áp ở các trạm biến áp hạ áp	64
Bảng 5.1 Thông số nút trong chế độ phụ tải cực đại.....	76
Bảng 5.2 Thông số nhánh trong chế độ phụ tải cực đại	77
Bảng 5.3 Dòng công suất trên các nhánh ở chế độ phụ tải cực đại.....	79
Bảng 5.4 Tổn thất công suất trên các nhánh trong chế độ phụ tải cực đại.....	79
Bảng 5.5 Điện áp trên từng nút trong chế độ phụ tải cực đại.....	80
Bảng 5.6 Thông số phụ tải ở chế độ phụ tải cực tiểu	81
Bảng 5.7 Thông số nút trong chế độ phụ tải cực tiểu.....	81
Bảng 5.8 Thông số nhánh trong chế độ phụ tải cực tiểu	82
Bảng 5.9 Dòng công suất trên các nhánh ở chế độ phụ tải cực tiểu.....	84
Bảng 5.10 Tổn thất công suất trên các nhánh ở chế độ phụ tải cực tiểu	84
Bảng 5.11 Điện áp trên từng nút trong chế độ phụ tải cực tiểu.....	85
Bảng 5.12 Thông số nút trong chế độ sau sự cố.....	86
Bảng 5.13 Thông số nhánh trong chế độ sau sự cố N-3.....	87
Bảng 5.14 Dòng công suất trên các nhánh trong chế độ sau sự cố N-3	89
Bảng 5.15 Tổn thất công suất trong các nhánh trong chế độ sau sự cố N-3	89
Bảng 5.16 Điện áp trên từng nút trong chế độ sau sự cố N-3	90
Bảng 5.17 Thông số nhánh trong chế độ sau sự cố N-2.....	91
Bảng 5.18 Dòng công suất trên các nhánh trong chế độ sau sự cố N-2	93
Bảng 5.19 Tổn thất công suất trên các nhánh trong chế độ sau sự cố N-2	93
Bảng 5.20 Điện áp trên từng nút trong chế độ sau sự cố N-2	94
Bảng 6.1 Thông số điều chỉnh của MBA điều áp dưới tải	96
Bảng 6.2 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ phụ tải cực đại.....	100
Bảng 6.3 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ phụ tải cực tiểu.....	102
Bảng 6.4 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ sau sự cố N-3	104
Bảng 6.5 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ sau sự cố N-2	106
Bảng 7.1 Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tổng hợp của lưới điện.....	110

CHƯƠNG 1: PHÂN TÍCH HỆ THỐNG 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 nguồn và phụ tải



Hình 1.1 Những số liệu về nguồn cung cấp

1.1.2. Những số liệu về nguồn cung cấp

- Mạng lưới có 1 nguồn cung cấp điện
- Nguồn điện có thể là thanh góp cao áp của nhà máy điện, hoặc trạm biến áp trung gian khu vực,...
- Nguồn điện cung cấp đủ công suất tác dụng cho phụ tải.
- Hệ số công suất trung bình trên thanh cái cao áp của nguồn điện bằng 0,85.
- Điện áp vận hành của nguồn điện:
 - Chế độ max: 110% điện áp định mức.

- Chế độ min: 105% điện áp định mức.
- Chế độ sau sự cố: 105% điện áp định mức.

1.1.3. Những số liệu về phụ tải

Bảng 1.1 Các số liệu của phụ tải

Các thông số	Các hệ tiêu thụ					
	1	2	3	4	5	6
Phụ tải cực đại (MW)	30	35	35	30	25	30
Hệ số công suất	0,9					
Mức đảm bảo cung cấp điện	I	I	I	I	III	I
Yêu cầu điều chỉnh điện áp	$\delta U_{\max} = \delta U_{\min} = \delta U_{sc} = 5\%$					
Thời gian sử dụng công suất cực đại	4900					
Điện áp định mức lưới hạ áp	22	22	22	22	10	10

- Phụ tải cực tiểu bằng 50% phụ tải cực đại.
- Hệ số đồng thời bằng 1.
- Phụ tải không tăng trưởng theo thời gian.

1.2. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT TÁC DỤNG

Chỉ cần thực hiện cho chế độ phụ tải cực đại. Cân bằng công suất tác dụng 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 các bộ điều tốc.

Biểu thức cân bằng công suất tác dụng:

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

Trong đó:

P_{ND} : Công suất tác dụng của nguồn điện.

P_{yc} : Công suất tác dụng yêu cầu của phụ tải.

m : Hệ số đồng thời. $m = 1$

$P_{pt.\max.i}$: Công suất tác dụng lớn nhất của phụ tải.

ΔP : Tổn thất công suất tác dụng trong lưới điện.

Do chưa có mạng điện nên không thể tính được ΔP . Nên ta lấy sơ bộ

$$\Delta P = 5\% \left(m \cdot \sum_{i=1}^6 P_{pt.\max.i} \right)$$

Tổn thất công suất tác dụng sơ bộ trong lưới điện::

$$\Delta P = 5\% \cdot (30 + 35 + 35 + 30 + 25 + 30) = 9,25MW$$

$$\rightarrow P_{ND} \geq (30 + 35 + 35 + 30 + 25 + 30) + 9,25 = 194,25 MW$$

1.3. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

Chỉ cần thực hiện cho chế độ phụ tải cực đại. Cân bằng công suất phản kháng để kiểm tra xem công suất phản kháng của nguồn có đáp ứng đủ công suất phản kháng yêu cầu trong mạng điện hay không?

Biểu thức kiểm tra:

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

Trong đó:

Q_{ND} : Công suất phản kháng của nguồn điện.

Q_{yc} : Công suất phản kháng yêu cầu của phụ tải.

m : Hệ số đồng thời. $m = 1$

$Q_{pt.max.i}$: Công suất phản kháng lớn nhất của phụ tải.

ΔQ_{MBA} : Tổn thất công suất phản kháng trong MBA.

Do chưa có mạng điện nên không thể tính được $\Delta Q_{MBA}, \Delta Q_L, Q_C$. Nên ta lấy sơ bộ

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

$$\Delta Q_L = Q_C$$

Bảng 1.2 Thông số của phụ tải

Các thông số	Các hộ tiêu thụ					
	1	2	3	4	5	6
$P_{max} (MW)$	30	35	35	30	25	30
$\cos \varphi$	0,9					
$\tan \varphi$	0.484322					
$Q_{max} (MW)$	14,53	16,95	16,95	14,53	12,11	14,53
$S_{max} (MW)$	33,33	38,89	38,89	33,33	27,78	33,33
$P_{min} (MW)$	15	17,5	17,5	15	12,5	15
$Q_{min} (MW)$	7,27	8,48	8,48	7,27	6,05	7,27
$S_{min} (MW)$	16,67	19,44	19,44	16,67	13,89	16,67

Tổng thất công suất phản kháng sơ bộ trong lưới điện:

$$\Delta Q_{MBA} = 15\% (14,53 + 16,95 + 15,95 + 14,53 + 12,11 + 14,53) = 13,44 \text{MVar}$$

$$\rightarrow Q_{yc} = (14,53 + 16,95 + 15,95 + 14,53 + 12,11 + 14,53) + 13,44 = 103,04 \text{MVar}$$

$$\cos \varphi_{ND} = 0,85 \rightarrow \tan \varphi = 0,62$$

$$Q_{ND} = P_{ND} \cdot \tan \varphi = 194,25 \cdot 0,62 = 120,38 \text{MVar}$$

Ta thấy $Q_{ND} \geq Q_{yc}$. Nguồn điện cung cấp đủ công suất phản kháng cho mạng điện.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN HỢP LÝ VỀ KINH TẾ - KỸ THUẬT

2.1. NÊU CÁC 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 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 hệ tiêu thụ. Đối với phụ tải loại I phải đảm bảo cung 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).

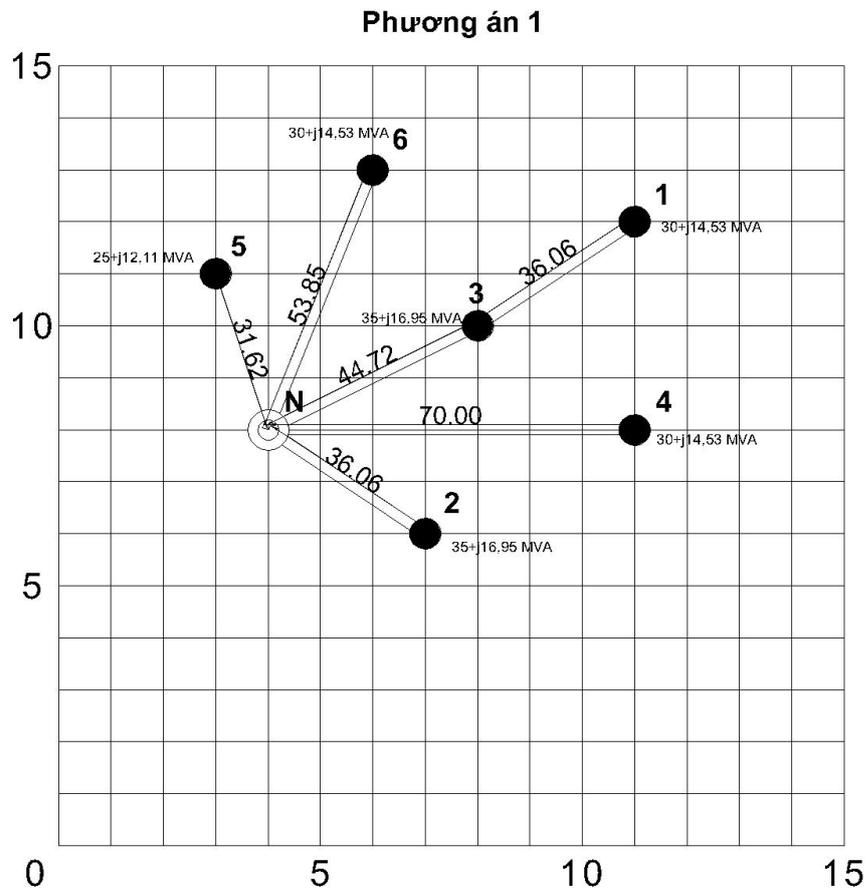
Đảm bảo chất lượng điện năng (tần số, điện áp,...)

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

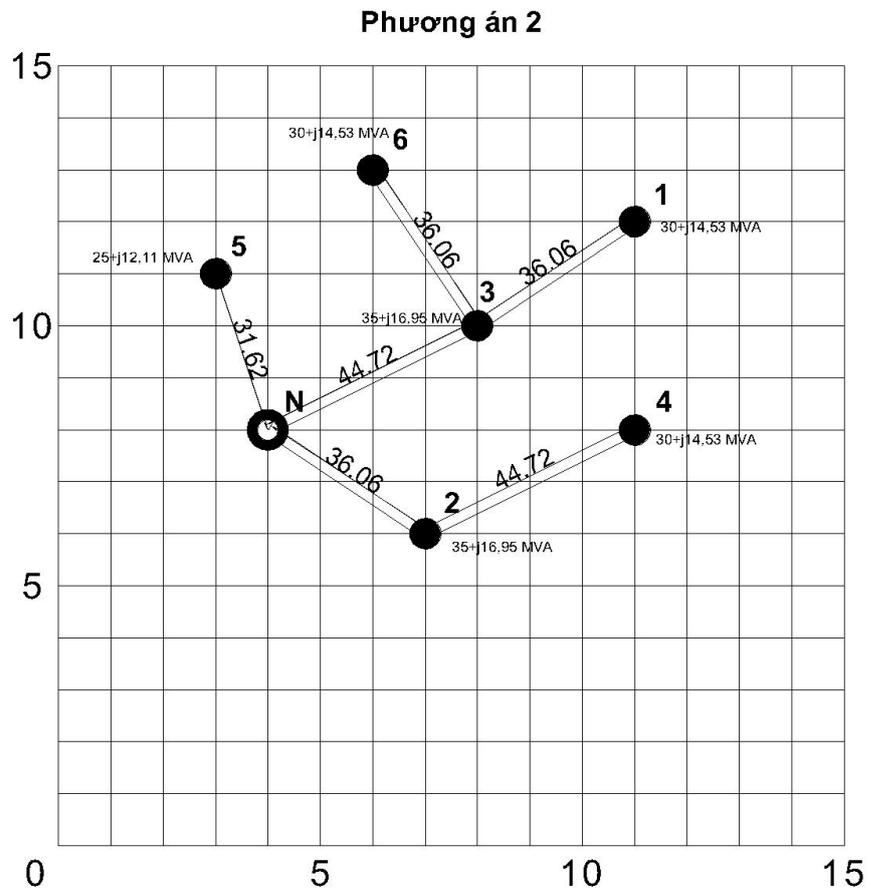
Kết hợp với việc phân tích nguồn và phụ tải trên ta nhận thấy: trong 6 phụ tải có 5 phụ tải loại I và 1 phụ tải loại III, có yêu cầu độ tin cậy cung cấp điện cao. Do đó phải sử dụng các biện pháp cung cấp điện như sau: lộ kép, mạch vòng. Từ phương pháp trên lập được các phương án như sau:

2.1.1. Phương án 1



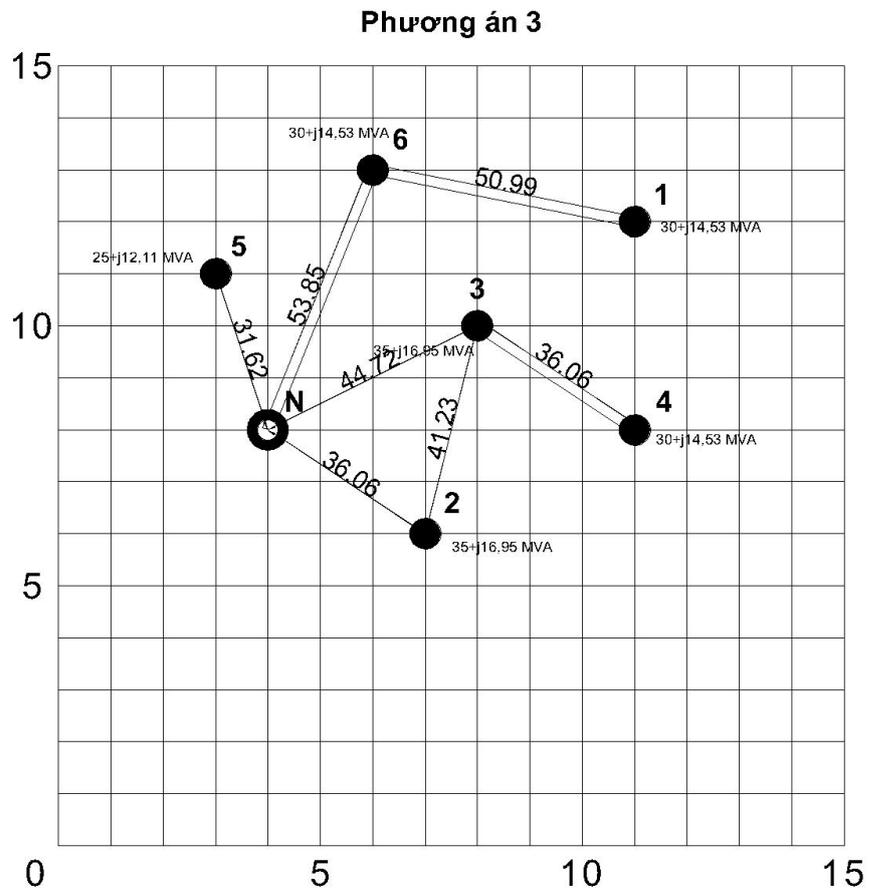
Hình 2.1 Phương án 1

2.1.2. Phương án 2



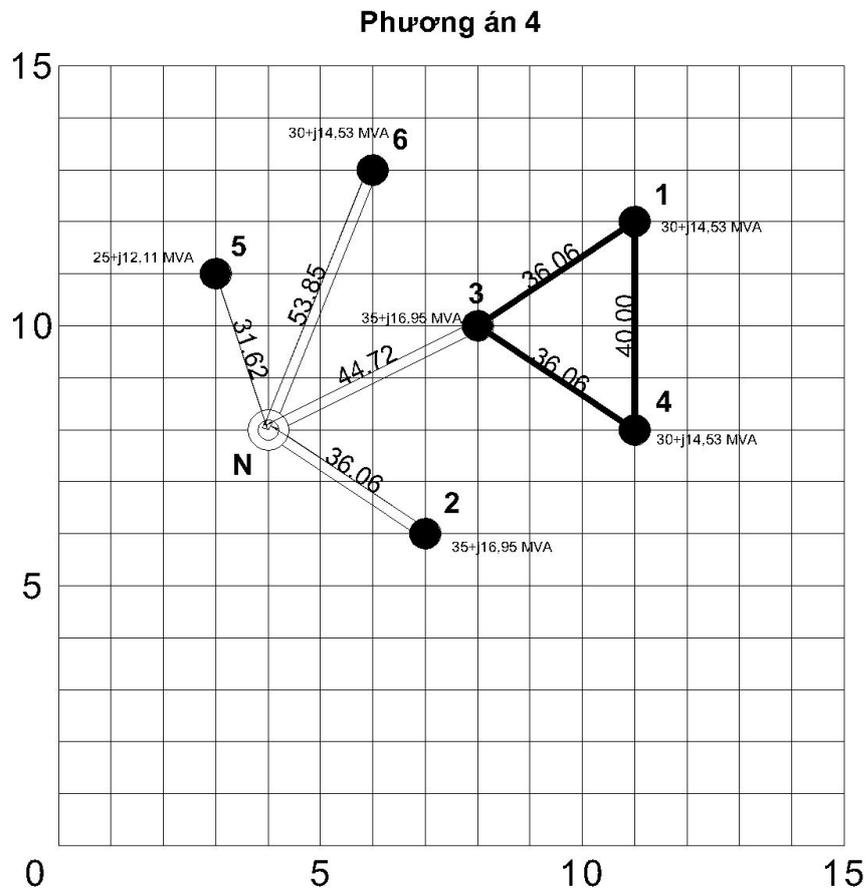
Hình 2.2 Phương án 2

2.1.3. Phương án 3



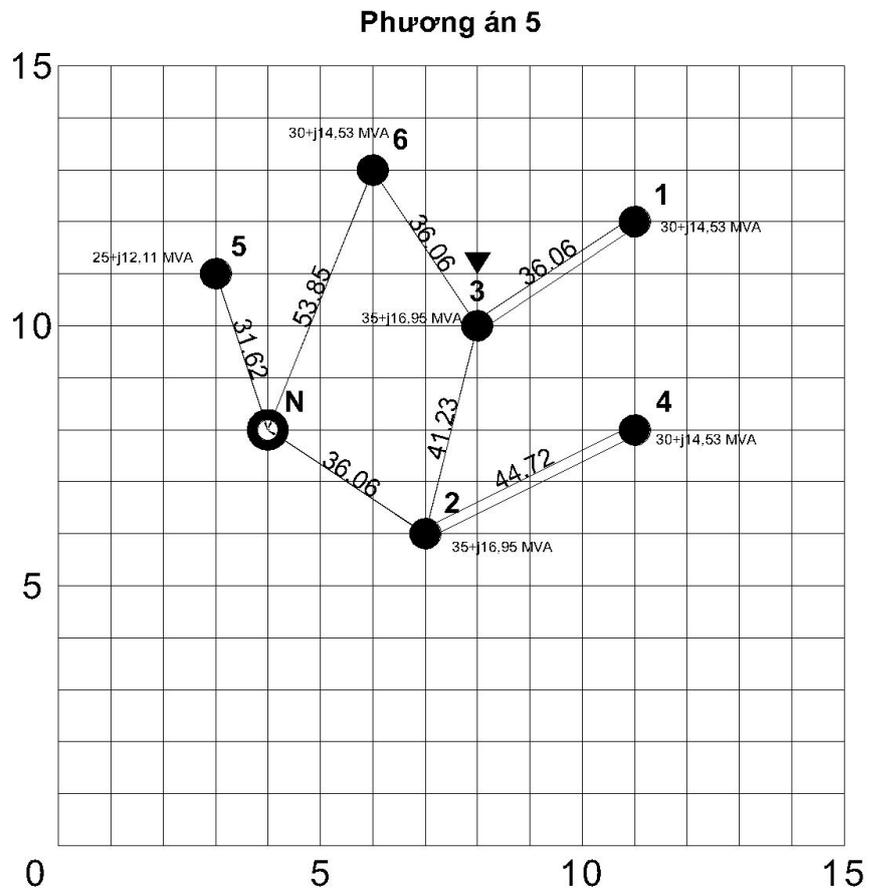
Hình 2.3 Phương án 3

2.1.4. Phương án 4



Hình 2.4 Phương án 4

2.1.5. Phương án 5



Hình 2.5 Phương án 5

2.2. TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN

2.2.1. Phân bố công suất trong mạng điện

Dựa vào cấu trúc của lưới điện (mạch hở, mạch kín), ta tính sơ bộ dòng công suất tác dụng và công suất phản kháng trong từng 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, kỹ thuật của mạng điện. Để chọn cấp điện áp hợp lý phải thỏa 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 (I nhỏ). Nhưng điện áp càng tăng cao thì chi phí xây dựng mạng điện càng lớn và giá thành thiết bị càng tăng. Vì vậy, phải chọn điện áp định mức như thế nào cho phù hợp về kinh tế và kỹ thuật.

Chọn điện áp tối ưu theo công thức Still:

$$U_{dm.i} = 4,34 \cdot \sqrt{l_i + 16 \cdot P_i}$$

Trong đó:

$U_{dm.i}$: điện áp định mức trên đường dây thứ i (kV)

l_i : khoảng cách từ nguồn đến đến phụ tải thứ i (km)

P_i : Công suất tác dụng lớn nhất trên đường dây thứ i (MW)

2.2.3. Lựa chọn tiết diện dây dẫn (theo khoảng chia kinh tế)

Ta xây dựng phương trình chi phí vòng đời của đường dây bao gồm chi phí ban đầu để xây dựng đường dây và chi phí hàng năm cho đường dây hoạt động và để bảo dưỡng.

$$CP_{vd0} = V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} V_0 + C_{\Delta A}) \frac{1}{(1+r)^t} = V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} V_0 + c_A 3I_{\max}^2 R \tau) \frac{1}{(1+r)^t}$$

Trong đó:

CP_{vd0} : Chi phí vòng đời của 1 km đường dây (triệu đồng/km)

V_0 : Vốn đầu tư ban đầu để xây dựng đường dây (triệu đồng/km)

V_0 nếu là đường dây lộ kép thì nhân với 1,6

N : vòng đời của đường dây (năm), $N = 30$ năm

a_{hb} : hệ số vận hành sửa chữa bảo dưỡng, $a_{hb} = 8\%$

c_A : Giá thành tổn thất điện năng (đồng/kWh), $c_A = 1500$ đồng/kWh

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

R : điện trở của đường dây

τ : thời gian tổn thất công suất lớn nhất

T_{\max} : thời gian sử dụng công suất lớn nhất, $T_{\max} = 4900h$

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 4900 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3302,5h$$

r: hệ số chiết khấu, $r = 10\%$

Bảng 2.1 Vốn đầu tư xây dựng đường dây

Dây dẫn	V_0 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 đơn vị của đường dây ở 20 độ C

Dây dẫn	r_0 (Ω / km)
ACSR-70	0,46
ACSR-95	0,33
ACSR-120	0,27
ACSR-150	0,21
ACSR-185	0,17
ACSR-240	0,132

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

- o Dây ACSR-70:

$$CP_{vd0} = V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} V_0 + c_A 3I_{\max}^2 R \tau) \frac{1}{(1+r)^t}$$

$$CP_{vd0} = 2000 + \sum_{t=1}^{30} \left(\frac{0,8}{100} \cdot 2000 + 1500 \cdot 10^{-6} \cdot 3I_{\max}^2 \cdot 0,46 \cdot 3302,5 \cdot 10^{-3} \right) \frac{1}{(1+r)^t}$$

$$CP_{vd0} = 2000 + \sum_{t=1}^{30} (16 + 6,836 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\max}^2) \frac{1}{(1+r)^t}$$

$$CP_{vd0} = 2000 + (16 + 6,836 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\max}^2) \cdot 9,427$$

$$CP_{vd0} = 2150,8 + 0,0644 I_{\max}^2$$

Thực hiện tính toán tương tự với các tiết diện khác ta có bảng sau:

Bảng 2.3 Hàm chi phí vòng đời của đường dây lộ đơn

Tiết diện	CP_{vd0} (triệu đồng/km)
ACSR-70	$2,1508.10^3 + 0,0644.I_{max}^2$
ACSR-95	$2,1917.10^3 + 0,0462.I_{max}^2$
ACSR-120	$2,4261.10^3 + 0,0378.I_{max}^2$
ACSR-150	$2,6025.10^3 + 0,0294.I_{max}^2$
ACSR-185	$2,6918.10^3 + 0,0238.I_{max}^2$
ACSR-240	$3,3822.10^3 + 0,0185.I_{max}^2$

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

- o Dây ACSR-70:

$$CP_{vd0} = 1,6V_0 + \sum_{t=1}^N (a_{hb} \cdot 1,6V_0 + 2 \cdot c_A \cdot 3I_{max}^2 R\tau) \frac{1}{(1+r)^t}$$

$$CP_{vd0} = 1,6 \cdot 2000 + \sum_{t=1}^{30} \left(\frac{0,8}{100} \cdot 1,6 \cdot 2000 + 2 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} \cdot 3I_{max}^2 \cdot 0,46 \cdot 3302,5 \cdot 10^{-3} \right) \frac{1}{(1+r)^t}$$

$$CP_{vd0} = 1,6 \cdot 2000 + \sum_{t=1}^{30} \left(25,6 + 13,672 \cdot 10^{-3} \cdot I_{max}^2 \right) \frac{1}{(1+r)^t}$$

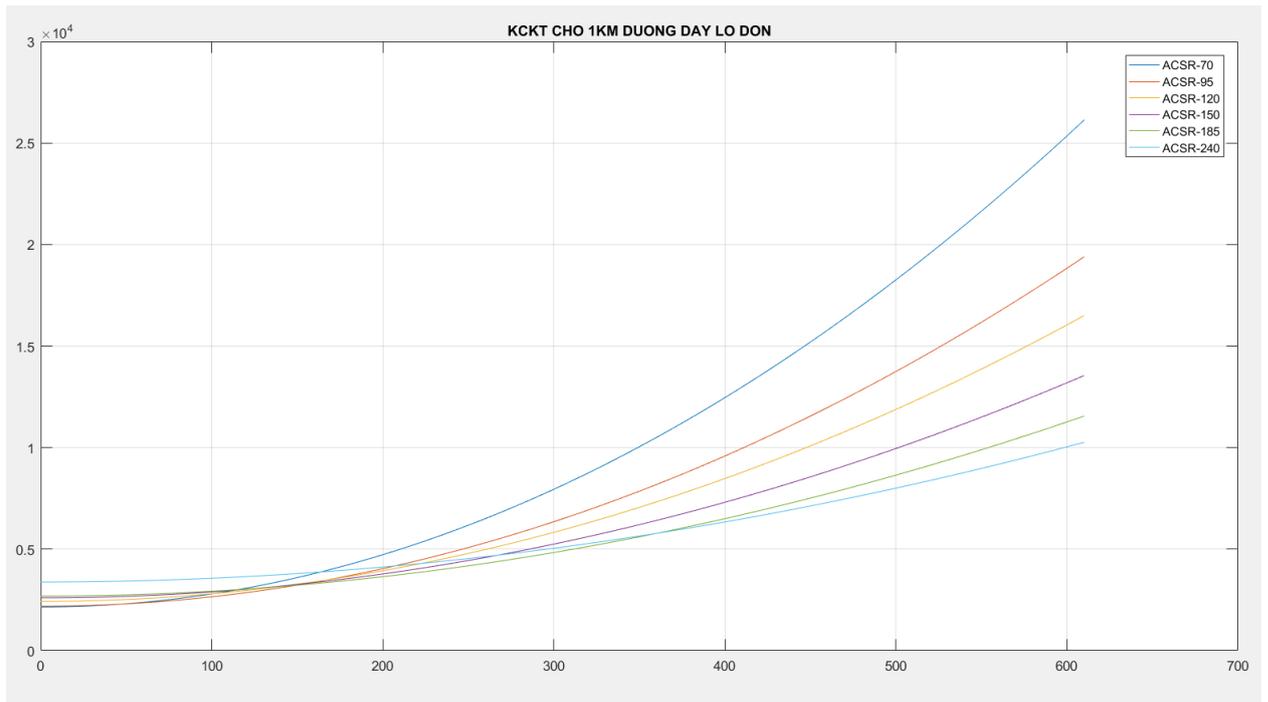
$$CP_{vd0} = 3200 + \left(25,6 + 13,672 \cdot 10^{-3} \cdot I_{max}^2 \right) \cdot 9,427$$

$$CP_{vd0} = 3441,8 + 0,1289I_{max}^2$$

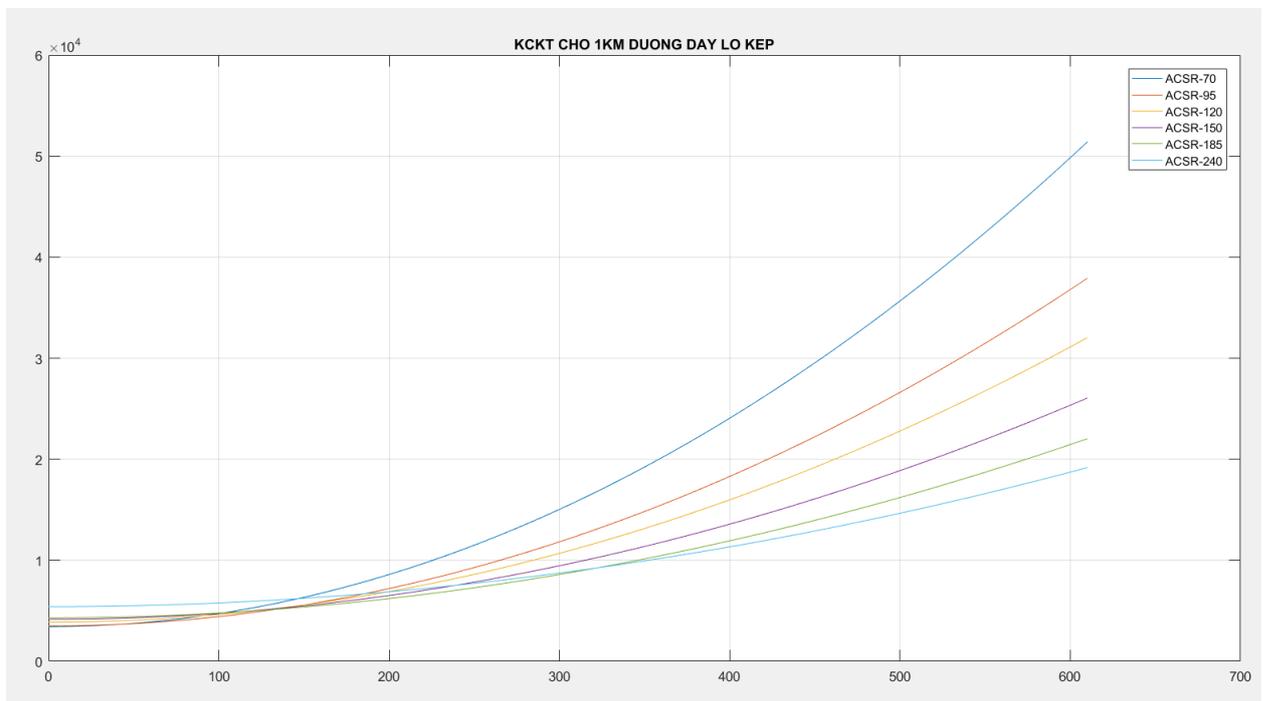
Thực hiện tính toán tương tự với các tiết diện khác ta có bảng sau:

Bảng 2.4 Hàm chi phí vòng đời của đường dây lộ kép

Tiết diện	CP_{vd0} (triệu đồng/km)
ACSR-70	$3,4413.10^3 + 0,1289I_{max}^2$
ACSR-95	$3,5067.10^3 + 0,0925I_{max}^2$
ACSR-120	$3,8818.10^3 + 0,0757I_{max}^2$
ACSR-150	$4,1640.10^3 + 0,0588I_{max}^2$
ACSR-185	$4,3068.10^3 + 0,0476I_{max}^2$
ACSR-240	$5,4115.10^3 + 0,0370I_{max}^2$



Hình 2.6 Chi phí vòng đời của đường dây lộ đơn



Hình 2.7 Chi phí vòng đời của đường dây lộ kép

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

- Tính dòng điện lớn nhất trên dây dẫn trong chế độ bình thường và sự cố.
- Loại bỏ các tiết diện không thỏa mãn điều kiện kỹ thuật.
- Xây dựng khoảng chia kinh tế cho các dây dẫn thỏa mãn điều kiện kỹ thuật.
- Lựa chọn tiết diện tiêu chuẩn theo các khoảng chia kinh tế đã xây dựng.

Dựa vào dòng điện lớn nhất cho phép của các dây dẫn để loại bỏ những loại dây không thỏa mãn điều kiện phát nóng như sau:

Bảng 2.5 Dòng điện lớn nhất cho phép của các loại dây dẫn

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

Với $I_{max} \leq 275$, tất cả các dây dẫn đều thỏa mãn dòng cho phép.

Với $275 \leq I_{max} \leq 335$ thì ta loại bỏ dây ACSR-70 không đáp ứng điều kiện phát nóng.

Tương tự:

Với $335 \leq I_{max} \leq 360$, loại bỏ dây ACSR-70, ACSR-95.

Với $360 \leq I_{max} \leq 445$, loại bỏ dây ACSR-70, ACSR-95, ACSR-120.

Với $445 \leq I_{max} \leq 515$, loại bỏ dây ACSR-70, ACSR-95, ACSR-120, ACSR-150.

Với $515 \leq I_{max} \leq 610$, chỉ có thể dùng dây ACSR-240.

Đối với trường hợp $I_{max} \leq 275$ tất cả các dây dẫn đều có thể sử dụng được. Quan sát đồ thị Hình 2.6, xuất phát từ $I_{max} = 0A$ đến điểm giao của ACSR-70 và ACSR-95, ta thấy chi phí vòng đời của dây ACSR-70 là nhỏ nhất vì vậy ta chọn dây dẫn này là phù hợp nhất.

Giao điểm của 2 đường chi phí vòng đời đường dây ACSR-70 và ACSR-95 là nghiệm của phương trình:

$$2,1508 + 0,0644I_{max}^2 = 2,1917 \cdot 10^3 + 0,0462I_{max}^2$$

$$\rightarrow I_{max} = 47,3693A$$

Vậy $0 \leq I_{max} \leq 47,3693$, ta chọn dây ACSR-70.

Tính toán tương tự ta có:

$47,3693 \leq I_{max} \leq 149,363$, ta chọn dây ACSR-95.

$149,363 \leq I_{max} \leq 275$, ta chọn dây ACSR-185.

Tính toán tương tự với các khoảng I_{cp} còn lại ta có bảng sau:

Bảng 2.6 Chọn tiết diện dây dẫn dựa vào I_{max} đối với đường dây lộ đơn

$I_{max.sc} \leq 275A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 47,369	47,369 ÷ 149,363	149,363 ÷ 275
	Dây sử dụng	ACSR-70	ACSR-95	ACSR-185
$275 \leq I_{max.sc} \leq 335A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 149,363		149,363 ÷ 335
	Dây sử dụng	ACSR-95		ACSR-185
$335 \leq I_{max.sc} \leq 360A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 137,6972		137,6972 ÷ 360
	Dây sử dụng	ACSR-120		ACSR-185
$360 \leq I_{max.sc} \leq 445A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 126,21	126,21 ÷ 360,124	360,124 ÷ 445
	Dây sử dụng	ACSR-150	ACSR-185	ACSR-240
$445 \leq I_{max.sc} \leq 515A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 360,1242		360,1242 ÷ 515
	Dây sử dụng	ACSR-185		ACSR-240
$515 \leq I_{max.sc} \leq 610A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 610		
	Dây sử dụng	ACSR-240		

Bảng 2.7 Chọn tiết diện dây dẫn dựa vào I_{max} đối với đường dây lộ kép

$I_{max.sc} \leq 275A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 42,368	42,368 ÷ 133,594	133,594 ÷ 275
	Dây sử dụng	ACSR-70	ACSR-95	ACSR-185
$275 \leq I_{max.sc} \leq 335A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 133,594	133,594 ÷ 322,105	322,105 ÷ 335
	Dây sử dụng	ACSR-95	ACSR-185	ACSR-240
$335 \leq I_{max.sc} \leq 360A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 123,161	123,161 ÷ 322,105	322,105 ÷ 360
	Dây sử dụng	ACSR-120	ACSR-185	ACSR-240
$360 \leq I_{max.sc} \leq 445A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 112,884	112,884 ÷ 322,105	322,105 ÷ 445
	Dây sử dụng	ACSR-150	ACSR-185	ACSR-240
$445 \leq I_{max.sc} \leq 515A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 322,1049		322,1049 ÷ 515
	Dây sử dụng	ACSR-185		ACSR-240
$515 \leq I_{max.sc} \leq 610A$	$I_{max.bt}$	0 ÷ 610		
	Dây sử dụng	ACSR-240		

2.2.4. Tính toán các thông số đường dây

Trong đồ án thiết kế mạng lưới điện dự kiến sử dụng dây nhôm lõi thép (ACSR) bố trí trên 2 lộ không với phụ tải loại I.

Vì đặt các pha 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:

$$x_0 = \omega \cdot \left(\frac{1}{2} + 4,6 \cdot \lg \left(\frac{D_{tb}}{R} \right) \right) \cdot 10^{-4}$$

Trong đó:

ω : tần số của dòng điện xoay chiều (50Hz)

R : bán kính của dây dẫn (m)

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

- Đối với đường dây 1 mạch:

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}} = 5,7244m$$

- Đối với đường dây lộ kép:

$$D_a = \frac{\sqrt{D_{ab} D_{ab'} D_{ac} D_{ac'}}}{D_{aa'}} = \frac{\sqrt{4,6,4031 \cdot 8,9,434}}{5} = 8,7932m$$

$$D_b = \frac{\sqrt{D_{ba} D_{ba'} D_{bc} D_{bc'}}}{D_{bb'}} = \frac{\sqrt{4,6,4031 \cdot 4,6,4031}}{5} = 5,1225m$$

$$D_c = \frac{\sqrt{D_{ca} D_{ca'} D_{cb} D_{cb'}}}{D_{cc'}} = \frac{\sqrt{8,9,434 \cdot 4,6,4031}}{5} = 8,7932m$$

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_a D_b D_c} = 7,3439$$

Bảng 2.8 Cảm kháng x_0 của đường dây đối với các tiết diện dây dẫn

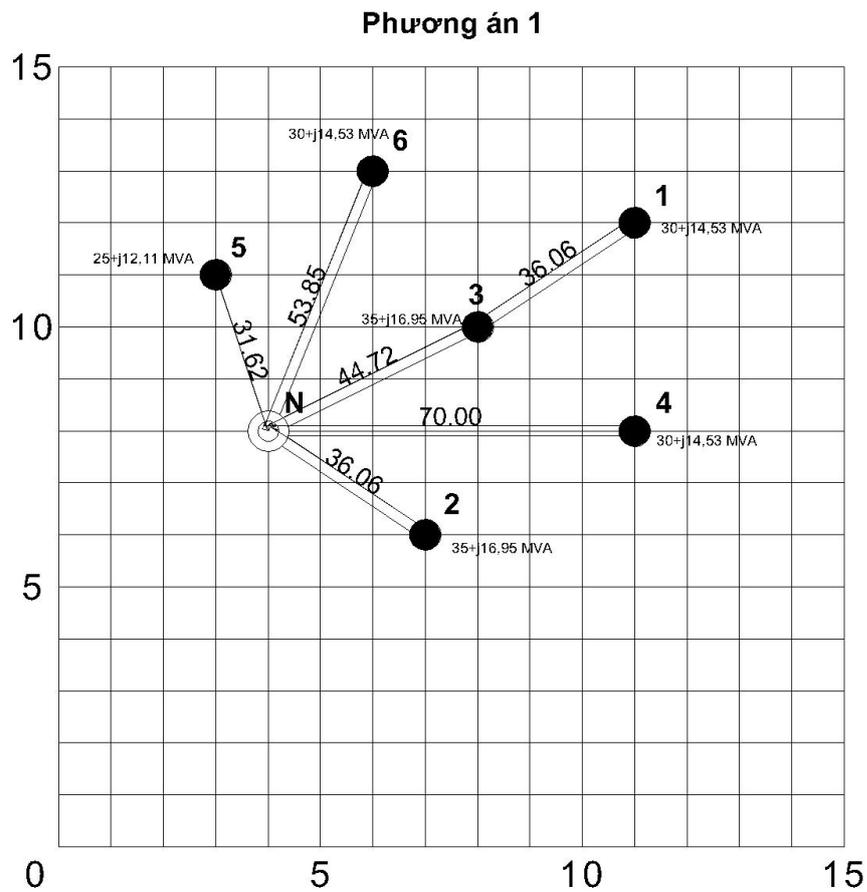
Dây dẫn	$x_0 (\Omega / km)$	
	Lộ đơn	Lộ kép
ACSR-70	0,4464	0,4652
ACSR-95	0,4358	0,4545
ACSR-120	0,4284	0,4471
ACSR-150	0,4214	0,4401
ACSR-185	0,4144	0,4331
ACSR-240	0,4063	0,4250

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 đoạn than 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. Xét tiêu chuẩn N-1 để tính tổn thất điện áp lớn nhất.

2.3. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 1

2.3.1. Sơ đồ phương án 1



Hình 2.8 Sơ đồ phương án 1

2.3.2. Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_2 = 35 + j16,95MVA$$

$$\dot{S}_{N-4} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \dot{S}_6 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{N-5} = 25 + j12,11MVA$$

Bảng 2.9: Phân bố công suất trên các đường dây của phương án 1

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)
N-2	35+j16,95	36,05551
N-4	30+j14,53	70
N-3	65+j31,48	44,72136
3-1	30+j14,53	36,05551
N-6	30+j14,53	53,85165
N-5	25+j12,11	31,62278

2.3.3. Tính toán lựa chọn cấp điện áp

Bảng 2.10 Điện áp tính toán của phương án 1

Đường dây	Công suất tác dụng (MW)	Chiều dài (km)	Điện áp tính toán (kV)
N-2	35	36,05551	106,0
N-4	30	70	101,8
N-3	65	44,72136	142,9
3-1	30	36,05551	98,6
N-6	30	53,85165	100,3
N-5	25	31,62278	90,2

Vậy ta chọn cấp điện áp truyền tải là $U_{dm} = 110kV$

2.3.4. Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn

- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{S_{N-2}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{35}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 102,0569A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{N-2} = 2 \cdot I_{\max}^{N-2} = 204,1137A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây N-4:

$$I_{\max}^{N-4} = \frac{S_{N-4}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{30}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-4 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{N-4} = 2 \cdot I_{\max}^{N-4} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây N-4.

- Xét đường dây N-3:

$$I_{\max}^{N-3} = \frac{S_{N-3}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{65}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 189,5342A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-3 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{N-3} = 2 \cdot I_{\max}^{N-3} = 379,0684A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-185 cho đường dây N-3.

- Xét đường dây 3-1:

$$I_{\max}^{3-1} = \frac{S_{3-1}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{30}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-1 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{3-1} = 2 \cdot I_{\max}^{3-1} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây 3-1.

- Xét đường dây N-6:

$$I_{\max}^{N-6} = \frac{S_{N-6}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{30}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-6 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{N-6} = 2 \cdot I_{\max}^{N-6} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây N-6.

- Xét đường dây N-5:

$$I_{\max}^{N-5} = \frac{S_{N-5}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 145,7955A$$

Do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn nên dòng điện sự cố lớn nhất cũng là dòng điện làm việc lớn nhất $I_{sc}^{N-5} = I_{\max}^{N-5}$.

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây N-5.

Bảng 2.11 Thông số đường dây của phương án 1

Đường dây	Chiều dài	$I_{\max.bt}$	$I_{\max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	r_0	x_0	I_{cp}	R	X
N-2	36,0555	102,0569	204,1137	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
N-4	70	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	11,55	15,91
N-3	44,7214	189,5342	379,0684	2xACSR-185	0,17	0,433	515	3,80	9,68
3-1	36,0555	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
N-6	53,8517	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	8,89	12,24
N-5	31,6228	145,7955	145,7955	ACSR-95	0,33	0,439	335	10,44	13,88

2.3.5. Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện

Bảng 2.12 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 1

Đường dây	Chiều dài	Công suất (MVA)	$I_{\max.bt}$	$I_{\max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	R	X
N-2	36,0555	35+j16,95	102,0569	204,1137	2xACSR-95	5,95	8,19
N-4	70	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	11,55	15,91
N-3	44,7214	65+j31,48	189,5342	379,0684	2xACSR-185	3,80	9,68
3-1	36,0555	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	5,95	8,19
N-6	53,8517	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	8,89	12,24
N-5	31,6228	25+j12,11	145,7955	145,7955	ACSR-95	10,44	13,88

2.3.5.1. Chế độ phụ tải cực đại

- Xét đường dây N-2:

$$\Delta U_{bt}^{N-2} \% = \frac{35 \cdot 5,95 + 16,95 \cdot 8,19}{110^2} \cdot 100 = 2,869\%$$

- Xét đường dây N-4:

$$\Delta U_{bt}^{N-4} \% = \frac{30.11,55 + 14,53.15,91}{110^2} \cdot 100 = 4,774\%$$

- Xét đường dây N-3:

$$\Delta U_{bt}^{N-3} \% = \frac{65.3,8 + 31,48.9,68}{110^2} \cdot 100 = 4,562\%$$

- Xét đường dây 3-1:

$$\Delta U_{bt}^{3-1} \% = \frac{30.5,95 + 14,53.8,19}{110^2} \cdot 100 = 2,459\%$$

- Xét đường dây N-6:

$$\Delta U_{bt}^{N-6} \% = \frac{30.8,89 + 14,53.12,24}{110^2} \cdot 100 = 3,673\%$$

- Xét đường dây N-5:

$$\Delta U_{bt}^{N-5} \% = \frac{25.10,44 + 12,11.13,88}{110^2} \cdot 100 = 3,545\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3-1} \% = \Delta U_{bt}^{N-3} \% + 2,459\% = 4,562\% + 2,459\% = 7,021\%$$

2.3.5.2. Chế độ sự cố

- Xét đường dây N-5: do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn hình tia nên có:

$$\Delta U_{sc}^{N-5} = \Delta U_{bt}^{N-5} = 3,545\%$$

Xét các đường dây hình tia, với đường dây mạch kép thì khi xảy ra sự cố ngừng làm việc 1 mạch đường dây thì: $\Delta U_{sc} \% = 2\Delta U_{bt} \%$

- Xét các đường dây lộ kép có:

$$\Delta U_{sc}^{N-2} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{N-2} \% = 5,738\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-4} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{N-4} \% = 9,548\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{N-3} \% = 9,123\%$$

$$\Delta U_{sc}^{3-1} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{3-1} \% = 4,918\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6} \% = 2 \cdot \Delta U_{bt}^{N-6} \% = 7,345\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-1} \% = 11,582\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3} \% + \Delta U_{sc}^{3-1} \% = 9,48\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-1} \% = \max \left\{ \Delta U_{sc}^{N-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-1} \%, \Delta U_{bt}^{N-3} \% + \Delta U_{sc}^{3-1} \% \right\} = 11,582\%$$

Bảng 2.13 Tổng thất điện áp của phương án 1

Đường dây	ΔU_{bt} (%)	ΔU_{sc} (%)	$\Delta U_{max.bt}$ (%)	$\Delta U_{max.sc}$ (%)
N-2	2,869	5,783	2,869	5,783
N-4	4,774	9,548	4,774	9,548
N-3	4,562	9,123	7,021	11,582 ⁽¹⁾
3-1	2,459	4,918		
N-6	3,673	7,345	3,673	5,783
N-5	3,545	3,545	3,545	9,548

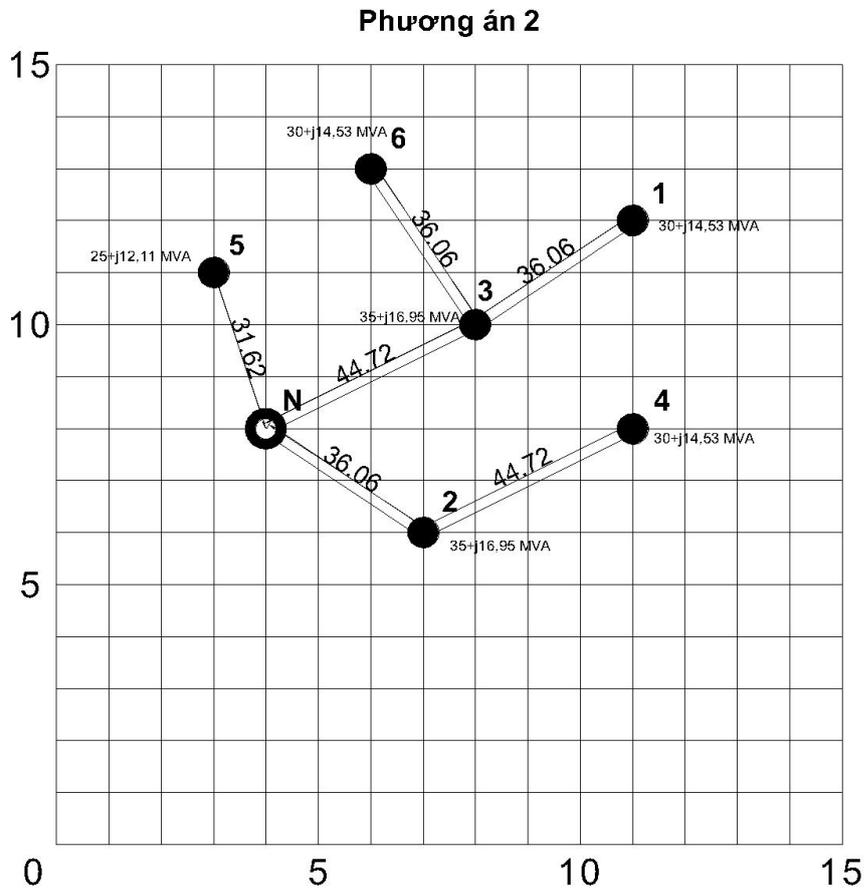
⁽¹⁾ Tổng thất điện áp lớn nhất là khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc.

- Tổng kết phương án 1:
 - Trong chế độ làm việc bình thường tổng thất điện áp lớn nhất là 7,021%. Giá trị này được tính theo hướng N-3-1.
 - Trong chế độ sự cố tổng thất điện áp lớn nhất là 11,582%. Giá trị này được tính theo hướng N-3-1 khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc.

Với giá trị tổng thất điện áp tính được như trên ta có thể thấy phương án 1 thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật cho trước.

2.4. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 2

2.4.1. Sơ đồ phương án 2



Hình 2.9 Sơ đồ phương án 2

2.4.2. Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_2 + \dot{S}_4 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{N-4} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{3-6} = \dot{S}_6 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_6 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{N-5} = 25 + j12,11MVA$$

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

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)
N-2	65+j31,48	36,05551
2-4	30+j14,53	44,72136
N-3	95+j46,01	44,72136
3-1	30+j14,53	36,05551
3-6	30+j14,53	36,05551
N-5	25+j12,11	31,62278

2.4.3. Tính toán lựa chọn cấp điện áp

Bảng 2.15 Điện áp tính toán phương án 2

Đường dây	Công suất tác dụng (MW)	Chiều dài (km)	Điện áp tính toán (kV)
N-2	65	36,05551	142,4
2-4	30	44,72136	99,4
N-3	95	44,72136	171,7
3-1	30	36,05551	98,6
3-6	30	36,05551	98,6
N-5	25	31,62278	90,2

Vậy ta chọn cấp điện áp truyền tải là $U_{dm} = 110kV$

2.4.4. Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn

- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{S_{N-2}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{65}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 189,5342A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-2} = 2 \cdot I_{\max}^{N-2} = 379,0684A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-185 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây 2-4:

$$I_{\max}^{2-4} = \frac{S_{2-4}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{30}{2\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 2-4 là khi 1 mạch đường dây 2-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{2-4} = 2.I_{\max}^{2-4} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây 2-4.

- Xét đường dây N-3:

$$I_{\max}^{N-3} = \frac{S_{N-3}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{95}{2\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 277,0115A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-3 là khi 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-3} = 2.I_{\max}^{N-3} = 554,023A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-240 cho đường dây N-3.

- Xét đường dây 3-1:

$$I_{\max}^{3-1} = \frac{S_{3-1}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{30}{2\sqrt{3}.110}.10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-1 là khi một 1 mạch đường dây 3-1 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{3-1} = 2.I_{\max}^{3-1} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây 3-1.

- Xét đường dây 3-6:

$$I_{\max}^{3-6} = \frac{S_{3-6}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{30}{2\sqrt{3}.110}.10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-6 là khi một 1 mạch đường dây 3-6 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{3-6} = 2.I_{\max}^{3-6} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây 3-1.

- Xét đường dây N-5:

$$I_{\max}^{N-5} = \frac{S_{N-5}}{\sqrt{3}.110} = \frac{25}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 145,7955A$$

Do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn nên dòng điện sự cố lớn nhất cũng là dòng điện làm việc lớn nhất $I_{sc}^{N-5} = I_{\max}^{N-5}$.

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây N-5.

Bảng 2.16 Thông số đường dây phương án 2

Đường dây	Chiều dài	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	r_0	x_0	I_{cp}	R	X
N-2	36,0555	189,5342	379,0684	2xACSR-185	0,17	0,433	515	3,06	7,81
2-4	44,7214	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	7,38	10,16
N-3	44,7214	277,0115	554,023	2xACSR-240	0,132	0,425	610	2,95	9,50
3-1	36,0555	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
3-6	36,0555	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
N-5	31,6228	145,7955	145,7955	ACSR-95	0,33	0,439	335	10,44	13,88

2.4.5. Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện

Bảng 2.17 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 2

Đường dây	Chiều dài	Công suất (MVA)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	R	X
N-2	36,05551	65+j31,48	189,5342	379,0684	2xACSR-185	3,06	7,81
2-4	44,72136	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	7,38	10,16
N-3	44,72136	95+j46,01	277,0115	554,023	2xACSR-240	2,95	9,50
3-1	36,05551	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	5,95	8,19
3-6	36,05551	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	5,95	8,19
N-5	31,62278	25+j12,11	145,7955	145,7955	ACSR-95	10,44	13,88

2.4.5.1. Chế độ phụ tải cực đại

- Xét đường dây N-2:

$$\Delta U_{bt}^{N-2} \% = \frac{65 \cdot 3,06 + 31,48 \cdot 7,81}{110^2} \cdot 100 = 3,678\%$$

- Xét đường dây 2-4:

$$\Delta U_{bt}^{2-4} \% = \frac{30 \cdot 7,38 + 14,53 \cdot 10,16}{110^2} \cdot 100 = 3,050\%$$

- Xét đường dây N-3:

$$\Delta U_{bt}^{N-3} \% = \frac{95 \cdot 2,95 + 46,01 \cdot 9,5}{110^2} \cdot 100 = 5,931\%$$

- Xét đường dây 3-1:

$$\Delta U_{bt}^{3-1}\% = \frac{30.5,95 + 14,53.8,19}{110^2} \cdot 100 = 2,459\%$$

- Xét đường dây 3-6:

$$\Delta U_{bt}^{3-6}\% = \frac{30.5,95 + 14,53.8,19}{110^2} \cdot 100 = 2,459\%$$

- Xét đường dây N-5:

$$\Delta U_{bt}^{N-5}\% = \frac{25.10,44 + 12,11.13,88}{110^2} \cdot 100 = 3,545\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-2-4}\% = \Delta U_{bt}^{N-2}\% + \Delta U_{bt}^{2-4}\% = 3,678\% + 3,050\% = 6,728\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3-1}\% = \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-1}\% = 5,931\% + 2,459\% = 8,390\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3-6}\% = \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-6}\% = 5,931\% + 2,459\% = 8,390\%$$

2.4.5.2. Chế độ sự cố

- Xét đường dây N-5: do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn hình tia nên có:

$$\Delta U_{sc}^{N-5} = \Delta U_{bt}^{N-5} = 3,545\%$$

Xét các đường dây hình tia, với đường dây mạch kép thì khi xảy ra sự cố ngừng làm việc 1 mạch đường dây thì: $\Delta U_{sc}\% = 2\Delta U_{bt}\%$

- Xét các đường dây lộ kép có:

$$\Delta U_{sc}^{N-2}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N-2}\% = 7,355\%$$

$$\Delta U_{sc}^{2-4}\% = 2.\Delta U_{bt}^{2-4}\% = 6,100\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N-3}\% = 11,863\%$$

$$\Delta U_{sc}^{3-1}\% = 2.\Delta U_{bt}^{3-1}\% = 4,918\%$$

$$\Delta U_{sc}^{3-6}\% = 2.\Delta U_{bt}^{3-6}\% = 4,918\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2}\% + \Delta U_{bt}^{2-4}\% = 10,405\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-2}\% + \Delta U_{sc}^{2-4}\% = 9,778\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-4}\% = \left\{ \Delta U_{sc}^{N-2}\% + \Delta U_{bt}^{2-4}\%, \Delta U_{bt}^{N-2}\% + \Delta U_{sc}^{2-4}\% \right\} = 10,405\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-1}\% = 14,322\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{sc}^{3-1}\% = 10,849\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-1}\% = \left\{ \Delta U_{sc}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-1}\%, \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{sc}^{3-1}\% \right\} = 14,322\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-6}\% = 14,322\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{sc}^{3-6}\% = 10,849\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-6}\% = \left\{ \Delta U_{sc}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-6}\%, \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{sc}^{3-6}\% \right\} = 14,322\%$$

Bảng 2.18 Tổng thất điện áp của phương án 2

Đường dây	ΔU_{bt} (%)	ΔU_{sc} (%)	$\Delta U_{max.bt}$ (%)	$\Delta U_{max.sc}$ (%)
N-2	3,678	7,355	6,728	10,405 ⁽¹⁾
2-4	3,050	6,100		
N-3	5,931	11,863	8,390	14,322 ⁽²⁾
3-1	2,459	4,918		
3-6	2,459	4,918		
N-5	3,545	3,545	3,545	3,545

(1) Tổng thất điện áp lớn nhất là khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc.

(2) Tổng thất điện áp lớn nhất là khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc.

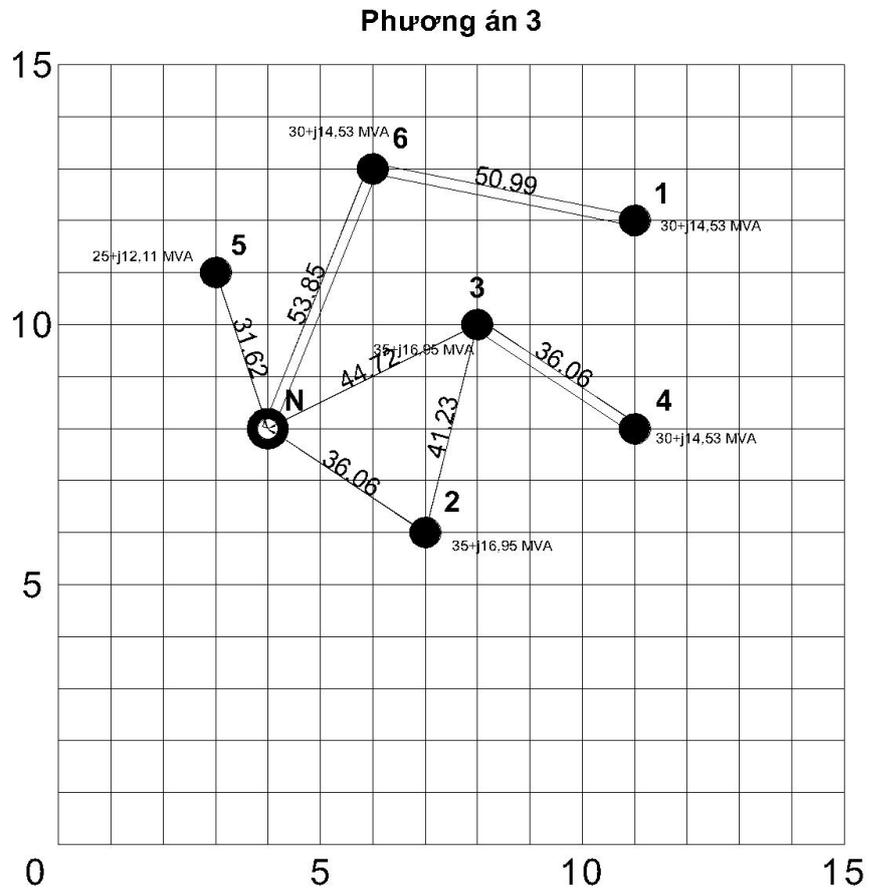
- Tổng kết phương án 2:

- Trong chế độ làm việc bình thường tổng thất điện áp lớn nhất là 8,39%. Giá trị này được tính theo hướng N-3-1.
- Trong chế độ sự cố tổng thất điện áp lớn nhất là 14,322%. Giá trị này được tính theo hướng N-3-1 khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc.

Với giá trị tổng thất điện áp tính được như trên ta có thể thấy phương án 2 thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật cho trước.

2.5. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 3

2.5.1. Sơ đồ phương án 3



Hình 2.10 Sơ đồ phương án 3

2.5.2. Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện

- Xét mạch vòng kín N-2-3:

Phụ tải tại 3: $\dot{S}'_3 = \dot{S}_3 + \dot{S}'_1 = 65 + j31,48 MVA$

$$\dot{S}_{N-3} = \frac{\dot{S}'_3 (41,23 + 36,06) + \dot{S}_2 \cdot 36,06}{44,72 + 41,23 + 36,06} = 51,5177 + j24,9511 MVA$$

$$\dot{S}_{N-2} = \frac{\dot{S}'_3 \cdot 44,72 + \dot{S}_2 (41,23 + 44,72)}{44,72 + 41,23 + 36,06} = 48,4823 + j23,4810 MVA$$

Tại nút 2 ta thấy $\dot{S}_{N-2} > \dot{S}_2$, nên công suất truyền từ 2 đến 3:

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_{N-2} - \dot{S}_2 = 13,4823 + j6,5298 MVA$$

- Xét các nhánh hình tia:

$$\dot{S}_{N-5} = 25 + j12,11MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \dot{S}_6 + \dot{S}_1 = 60 + j29,06MVA$$

$$\dot{S}_{6-1} = \dot{S}_1 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

Bảng 2.19 Phân bố công suất trên các đường dây của phương án 3

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài
N-6	60+j29,01	53,85165
6-1	30+j14,53	50,9902
N-3	51,52+j24,95	44,72136
N-2	48,48+j23,48	36,05551
2-3	13,48+j6,53	41,23106
3-4	30+j14,53	36,05551
N-5	25+j12,11	31,62278

2.5.3. Tính toán lựa chọn cấp điện áp

Bảng 2.20 Điện áp tính toán của phương án 3

Đường dây	Công suất tác dụng (MW)	Chiều dài (km)	Điện áp tính toán (kV)
N-6	60	53,85165	138,2
6-1	30	50,9902	100,0
N-3	51,52	44,72136	127,9
N-2	48,48	36,05551	123,7
2-3	13,48	41,23106	69,6
3-4	30	36,05551	98,6
N-5	25	31,62278	90,2

Vậy ta chọn cấp điện áp truyền tải là $U_{dm} = 110kV$

2.5.4. Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn

- Xét đường dây N-6:

$$I_{\max}^{N-6} = \frac{S_{N-6}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{60}{2\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 174,9546A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-6 là khi 1 mạch của đường dây N-6 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-6} = 2.I_{\max}^{N-6} = 349,9093A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-185 cho đường dây N-6.

- Xét đường dây 6-1:

$$I_{\max}^{6-1} = \frac{S_{6-1}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{30}{2\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 6-1 là khi 1 mạch của đường dây 6-1 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{6-1} = 2.I_{\max}^{6-1} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây 6-1.

- Xét đường dây N-3:

$$I_{\max}^{N-3} = \frac{S_{N-3}}{\sqrt{3}.110} = \frac{51,52}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 300,4421A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-3 là khi đường dây N-2 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-3} = \frac{35 + 35 + 30}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 583,1821A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây N-3.

- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{S_{N-2}}{\sqrt{3}.110} = \frac{48,48}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 282,74A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-2} = \frac{35 + 35 + 30}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 583,1821A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây 2-3:

$$I_{\max}^{2-3} = \frac{S_{2-3}}{\sqrt{3}.110} = \frac{13,48}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 78,6263A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 2-3 là khi đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{2-3} = \frac{35+30}{\sqrt{3.110.0,9}} \cdot 10^3 = 379,0684A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-150 cho đường dây 2-3.

- Xét đường dây 3-4:

$$I_{max}^{3-4} = \frac{S_{3-4}}{2\sqrt{3.110}} = \frac{30}{2\sqrt{3.110.0,9}} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-4 là khi 1 mạch của đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{6-1} = 2.I_{max}^{6-1} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây 3-4.

- Xét đường dây N-5:

$$I_{max}^{N-5} = \frac{S_{N-5}}{\sqrt{3.110}} = \frac{25}{\sqrt{3.110.0,9}} \cdot 10^3 = 145,7955A$$

Do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn nên dòng điện sự cố lớn nhất cũng là dòng điện làm việc lớn nhất $I_{sc}^{N-5} = I_{max}^{N-5}$.

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây N-5.

Bảng 2.21 Thông số đường dây của phương án 3

Đường dây	Chiều dài	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	r_0	x_0	I_{cp}	R	X
N-6	53,8517	174,9546	349,9093	2xACSR-185	0,17	0,433	515	4,58	11,66
6-1	50,990	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	8,41	11,59
N-3	44,7214	300,4421	583,1821	ACSR-240	0,132	0,409	610	5,90	18,31
N-2	36,0555	282,74	583,1821	ACSR-240	0,132	0,409	610	4,76	14,76
2-3	41,2311	78,62626	379,0684	ACSR-150	0,21	0,424	445	8,66	17,50
3-4	36,0555	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
N-5	31,6228	145,7955	145,7955	ACSR-95	0,33	0,439	335	10,44	13,88

- Tính lại phân bố công suất trong mạch vòng kín:

$$\dot{Z}_{N-3} = 5,9 + j18,31\Omega$$

$$\dot{Z}_{N-2} = 4,76 + j14,76\Omega$$

$$\dot{Z}_{2-3} = 8,66 + j17,5\Omega$$

$$\dot{S}_{N-3} = \frac{\dot{S}_3'(\bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{N-2}) + \dot{S}_2 \cdot \bar{Z}_{N-2}}{\bar{Z}_{N-3} + \bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{N-2}} = 51,6121 + j25,8525 \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N-2} = \frac{\dot{S}_3' \cdot \bar{Z}_{N-3} + \dot{S}_2'(\bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{N-2})}{\bar{Z}_{N-3} + \bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{N-2}} = 48,3879 + j22,5797 \text{ MVA}$$

Tại nút 2:

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_{N-2} - \dot{S}_2 = 13,3879 + j5,6284 \text{ MVA}$$

- Xét đường dây N-3:

$$I_{\max}^{N-3} = \frac{\sqrt{51,6121^2 + 25,8525^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 302,9769 \text{ A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-3 là khi đường dây N-2 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-3} = \frac{35 + 35 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 583,1821 \text{ A}$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây N-3.

- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{\sqrt{48,3879^2 + 22,5797^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 280,2613 \text{ A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-2} = \frac{35 + 35 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 583,1821 \text{ A}$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây 2-3:

$$I_{\max}^{2-3} = \frac{\sqrt{13,3879^2 + 5,6284^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 76,2257 \text{ A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 2-3 là khi đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{2-3} = \frac{35 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 379,0684 \text{ A}$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-150 cho đường dây 2-3.

Bảng 2.22 Phân bố công suất trong mạng điện tính theo tổng trở phương án 3

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng
N-6	60+j29,01	53,8517	174,9546	349,9093	2xACSR-185
6-1	30+j14,53	50,990	87,47731	174,9546	2xACSR-95
N-3	51,61+j25,85	44,7214	302,9769	583,1821	ACSR-240
N-2	48,39+j22,58	36,0555	280,2613	583,1821	ACSR-240
2-3	13,39+j5,63	41,2311	76,2257	379,0684	ACSR-150
3-4	30+j14,53	36,0555	87,47731	174,9546	2xACSR-95
N-5	25+j12,11	31,6228	145,7955	145,7955	ACSR-95

2.5.5. Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện

Bảng 2.23 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 3

Đường dây	Chiều dài	Công suất (MVA)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	R	X
N-6	53,8517	60+j29,01	174,9546	349,9093	2xACSR-185	4,58	11,66
6-1	50,990	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	8,41	11,59
N-3	44,7214	51,52+j24,95	302,9769	583,1821	ACSR-240	5,90	18,31
N-2	36,0555	48,48+j23,48	280,2613	583,1821	ACSR-240	4,76	14,76
2-3	41,2311	13,48+j6,53	76,2257	379,0684	ACSR-150	8,66	17,50
3-4	36,0555	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	5,95	8,19
N-5	31,6228	25+j12,11	145,7955	145,7955	ACSR-95	10,44	13,88

2.5.5.1. Chế độ phụ tải cực đại

- Xét đường dây N-6:

$$\Delta U_{bt}^{N-6} \% = \frac{60.4,58 + 29,01.11,66}{110^2} .100 = 5,07\%$$

- Xét đường dây 6-1:

$$\Delta U_{bt}^{6-1} \% = \frac{30.8,41 + 14,53.11,59}{110^2} .100 = 3,478\%$$

- Xét đường dây N-3:

$$\Delta U_{bt}^{N-3} \% = \frac{51,52.5,9 + 24,95.18,31}{110^2} .100 = 6,289\%$$

- Xét đường dây N-2:

$$\Delta U_{bt}^{N-2} \% = \frac{48,48.4,76 + 23,48.14,76}{110^2} .100 = 4,772\%$$

- Xét đường dây 2-3:

$$\Delta U_{bt}^{2-3} \% = \frac{13,48.8,66 + 6,53.17,5}{110^2} .100 = 1,909\%$$

- Xét đường dây 3-4:

$$\Delta U_{bt}^{3-4} \% = \frac{30.5,95 + 14,53.8,19}{110^2} .100 = 2,459\%$$

- Xét đường dây N-5:

$$\Delta U_{bt}^{N-5} \% = \frac{25.10,44 + 12,11.13,88}{110^2} .100 = 3,545\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-6-1} \% = \Delta U_{bt}^{N-6} \% + \Delta U_{bt}^{6-1} \% = 5,07\% + 3,478\% = 8,548\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3-4} \% = \Delta U_{bt}^{N-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-4} \% = 6,289\% + 2,459\% = 8,748\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-2-3-4} \% = \Delta U_{bt}^{N-2} \% + \Delta U_{bt}^{2-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-4} \% = 4,772\% + 1,909\% + 2,459\% = 9,14\%$$

2.5.5.2. Chế độ sự cố

- Xét đường dây N-5: do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn hình tia nên có:

$$\Delta U_{sc}^{N-5} = \Delta U_{bt}^{N-5} = 3,545\%$$

Xét các đường dây hình tia, với đường dây mạch kép thì khi xảy ra sự cố ngừng làm việc 1 mạch đường dây thì: $\Delta U_{sc} \% = 2\Delta U_{bt} \%$

- Xét các đường dây lộ kép có:

$$\Delta U_{sc}^{N-6} \% = 2.\Delta U_{bt}^{N-6} \% = 10,141\%$$

$$\Delta U_{sc}^{6-1} \% = 2.\Delta U_{bt}^{6-1} \% = 6,955\%$$

$$\Delta U_{sc}^{3-4} \% = 2.\Delta U_{bt}^{3-4} \% = 4,918\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6} \% + \Delta U_{sc}^{6-1} \% = 13,618\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6} \% + \Delta U_{sc}^{6-1} \% = 12,025\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6-1} \% = \max \left\{ \Delta U_{sc}^{N-6} \% + \Delta U_{sc}^{6-1} \%, \Delta U_{bt}^{N-6} \% + \Delta U_{sc}^{6-1} \% \right\} = 13,618\%$$

- Xét đường dây N-3:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-3 là khi đường dây N-2 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_4 + \dot{S}_2 = 100 + j48,43MVA$$

$$\dot{S}_{3-2} = \dot{S}_2 = 35 + j16,95MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3} \% = \frac{100.5,9 + 48,43.18,31}{110^2} .100 = 12,205\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-2} \% = \Delta U_{sc}^{N-3} \% + \frac{35.8,66 + 16,95.17,5}{110^2} .100 = 12,205\% + 4,956\% = 17,161\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-4} \% = \Delta U_{sc}^{N-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-4} \% = 12,205\% + 2,459\% = 14,664\%$$

- Xét đường dây N-2:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_3 + \dot{S}_4 + \dot{S}_2 = 100 + j48,43MVA$$

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_4 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2} \% = \frac{100.4,76 + 48,43.14,76}{110^2} .100 = 9,842\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-4} \% = \Delta U_{sc}^{N-2} \% + \frac{65.8,66 + 31,48.17,5}{110^2} .100 + \Delta U_{bt}^{3-4} \%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-4} \% = 9,842\% + 9,205\% + 2,459\% = 21,506\%$$

- Xét đường dây 2-3:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_3 + \dot{S}_4 + \dot{S}_2 = 100 + j48,43MVA$$

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_4 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{2-3} \% = \frac{65.8,66 + 31,48.17,5}{110^2} .100 = 9,205\%$$

Bảng 2.24 Tổng thất điện áp của phương án 3

Đường dây	ΔU_{bt} (%)	ΔU_{sc} (%)	$\Delta U_{max.bt}$ (%)	$\Delta U_{max.sc}$ (%)
N-6	5,070	10,141	8,548	13,618 ⁽¹⁾
6-1	3,478	6,955		
N-3	6,289	12,205	9,14 ⁽²⁾	21,506 ⁽³⁾
N-2	4,772	9,842		
2-3	1,909	9,205		
3-4	2,459	4,918		
N-5	3,545	3,545	3,545	3,545

⁽¹⁾ Tổng thất điện áp lớn nhất trong chế độ sự cố của đường dây N-6-1 là khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-6 ngừng làm việc.

⁽²⁾ Tổng thất điện áp lớn nhất trong chế độ bình thường của mạch vòng kín là theo đoạn N-2-3-4.

⁽³⁾ Tổng thất điện áp lớn nhất trong chế độ sự cố của mạch vòng kín là theo đoạn N-2-3-4 khi xảy ra sự cố đường dây N-3 ngừng làm việc.

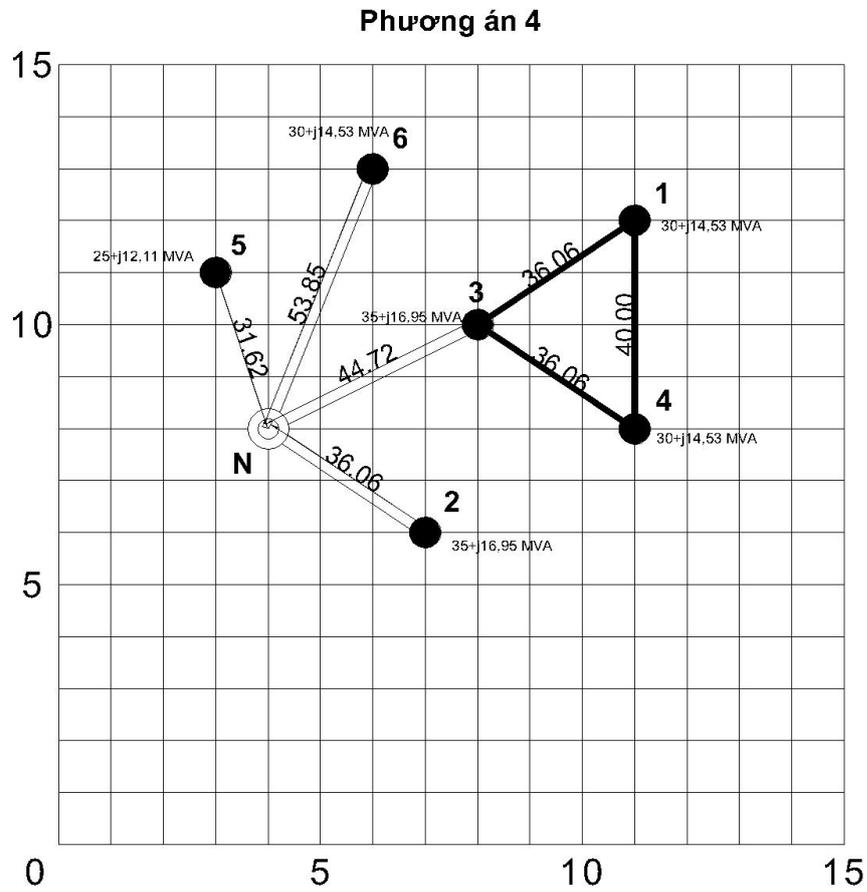
- Tổng kết phương án 3:

- Trong chế độ làm việc bình thường tổng thất điện áp lớn nhất là 9,14%. Giá trị này được tính theo hướng N-2-3-4.
- Trong chế độ sự cố tổng thất điện áp lớn nhất là 21,506%. Giá trị này được tính theo hướng N-2-3-4 khi xảy ra sự cố 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc.

Với giá trị tổng thất điện áp tính được như trên ta có thể thấy phương án 3 không thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật cho trước.

2.6. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 4

2.6.1. Sơ đồ phương án 4



Hình 2.11 Sơ đồ phương án 4

2.6.2. Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện

- Xét mạch vòng kín 3-1-4:

$$\dot{S}_{3-1} = \frac{\dot{S}_1(40 + 36,06) + \dot{S}_4 \cdot 36,06}{36,06 + 40 + 36,06} = 30 + j14,53 \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{3-4} = \frac{\dot{S}_4(40 + 36,06) + \dot{S}_1 \cdot 36,06}{36,06 + 40 + 36,06} = 30 + j14,53 \text{ MVA}$$

Ta thấy $\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1$, $\dot{S}_{3-4} = \dot{S}_4$ nên

$$\dot{S}_{1-4} = 0 + j0 \text{ MVA}$$

- Xét các nhánh hình tia:

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_2 = 35 + j16,95MVA$$

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \dot{S}_6 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{N-5} = \dot{S}_5 = 25 + j12,11MVA$$

Bảng 2.25 Phân bố công suất trên các đường dây phương án 4

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài
N-2	35+j16,95	36,05551
N-3	95+j46,01	44,72136
3-1	30+j14,53	36,05551
3-4	30+j14,53	36,05551
4-1	0+j0	40
N-6	30+j14,53	53,85165
N-5	25+j12,11	31,62278

2.6.3. Tính toán lựa chọn cấp điện áp

Bảng 2.26 Điện áp tính toán phương án 4

Đường dây	Công suất tác dụng (MW)	Chiều dài (km)	Điện áp tính toán (kV)
N-2	35	36,05551	106,0
N-3	95	44,72136	171,7
3-1	30	36,05551	98,6
3-4	30	36,05551	98,6
4-1	0	40	27,4
N-6	30	53,85165	100,3
N-5	25	31,62278	90,2

Vậy ta chọn cấp điện áp truyền tải là $U_{dm} = 110kV$

2.6.4. Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn

- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{S_{N-2}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{35}{2\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 102,0569A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-2 là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-2} = 2.I_{\max}^{N-2} = 204,1137A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây N-3:

$$I_{\max}^{N-3} = \frac{S_{N-3}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{95}{2\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 277,0115A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-3 là khi 1 mạch đường dây N-3 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-3} = 2.I_{\max}^{N-3} = 554,023A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-240 cho đường dây N-3.

- Xét đường dây 3-1:

$$I_{\max}^{3-1} = \frac{S_{3-1}}{\sqrt{3}.110} = \frac{30}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 174,9546A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-1 là khi đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{3-1} = \frac{30+30}{\sqrt{3}.110.0,9} = 349,9093A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-185 cho đường dây 3-1.

- Xét đường dây 3-4:

$$I_{\max}^{3-4} = \frac{S_{3-4}}{\sqrt{3}.110} = \frac{30}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 174,9546A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-4 là khi đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{3-4} = \frac{30+30}{\sqrt{3}.110.0,9} = 349,9093A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-185 cho đường dây 3-4.

- Xét đường dây 1-4:

$$I_{\max}^{1-4} = \frac{S_{1-4}}{\sqrt{3}.110} = \frac{0}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 0A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 1-4 là khi đường dây 3-1 hoặc đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{1-4} = \frac{30}{\sqrt{3.110.0,9}} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-70 cho đường dây 1-4.

- Xét đường dây N-6:

$$I_{max}^{N-6} = \frac{S_{N-6}}{2\sqrt{3.110}} = \frac{30}{2\sqrt{3.110.0,9}} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây N-6 là khi 1 mạch đường dây N-6 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{N-6} = 2.I_{max}^{N-6} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-95 cho đường dây N-6.

- Xét đường dây N-5:

$$I_{max}^{N-5} = \frac{S_{N-5}}{\sqrt{3.110}} = \frac{25}{\sqrt{3.110.0,9}} \cdot 10^3 = 145,7955A$$

Do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn nên dòng điện sự cố lớn nhất cũng là dòng điện làm việc lớn nhất $I_{sc}^{N-5} = I_{max}^{N-5}$.

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây N-5.

Bảng 2.27 Thông số đường dây của phương án 4

Đường dây	Chiều dài	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	r_0	x_0	I_{cp}	R	X
N-2	36,0555	102,0569	204,1137	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
N-3	44,7214	277,0115	554,023	2xACSR-240	0,132	0,425	610	2,95	9,50
3-1	36,0555	174,9546	349,9093	ACSR-185	0,17	0,417	515	6,13	15,05
3-4	36,0555	174,9546	349,9093	ACSR-185	0,17	0,417	515	6,13	15,05
4-1	40	0	174,9546	ACSR-70	0,46	0,450	275	18,40	17,98
N-6	53,8517	87,47731	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	8,89	12,24
N-5	31,6228	145,7955	145,7955	ACSR-95	0,33	0,439	335	10,44	13,88

- Tính lại phân bố công suất trong mạch vòng kín:

$$\dot{Z}_{3-1} = 6,13 + j15,05\Omega$$

$$\dot{Z}_{3-4} = 6,13 + j15,05\Omega$$

$$\dot{Z}_{1-4} = 18,40 + j17,98\Omega$$

$$\dot{S}_{3-1} = \frac{\dot{S}_1(\bar{Z}_{1-4} + \bar{Z}_{3-4}) + \dot{S}_4 \cdot \bar{Z}_{3-4}}{\bar{Z}_{3-1} + \bar{Z}_{1-4} + \bar{Z}_{3-4}} = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = \frac{\dot{S}_1 \cdot \bar{Z}_{3-1} + \dot{S}_4(\bar{Z}_{1-4} + \bar{Z}_{3-1})}{\bar{Z}_{3-1} + \bar{Z}_{1-4} + \bar{Z}_{3-4}} = 30 + j14,53MVA$$

Ta thấy $\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1$, $\dot{S}_{3-4} = \dot{S}_4$ nên

$$\dot{S}_{1-4} = 0 + j0MVA$$

- Xét đường dây 3-1:

$$I_{\max}^{3-1} = \frac{\sqrt{30^2 + 14,53^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 174,9546A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-1 là khi đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{3-1} = \frac{30 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 349,9093A$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-185 cho đường dây 3-1.

- Xét đường dây 3-4:

$$I_{\max}^{3-4} = \frac{\sqrt{30^2 + 14,53^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 174,9546A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-4 là khi đường dây 3-1 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{3-4} = \frac{30 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 349,9093A$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-185 cho đường dây 3-4.

- Xét đường dây 1-4:

$$I_{\max}^{1-4} = \frac{\sqrt{0^2 + 0^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 0A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 1-4 là khi đường dây 3-1 hoặc đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó:

$$I_{sc}^{1-4} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 174,9546A$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-70 cho đường dây 1-4.

Bảng 2.28 Phân bố công suất trong mạng điện tính theo tổng trở phương án 4

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng
N-2	35+j16,95	36,05551	102,0569	204,1137	2xACSR-95
N-3	95+j46,01	44,72136	277,0115	554,023	2xACSR-240
3-1	30+j14,53	36,05551	174,9546	349,9093	ACSR-185
3-4	30+j14,53	36,05551	174,9546	349,9093	ACSR-185
4-1	0+j0	40	0	174,9546	ACSR-70
N-6	30+j14,53	53,85165	87,47731	174,9546	2xACSR-95
N-5	25+j12,11	31,62278	145,7955	145,7955	ACSR-95

2.6.5. Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện

Bảng 2.29 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 4

Đường dây	Chiều dài	Công suất (MVA)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	R	X
N-2	36,05551	35+j16,95	102,0569	204,1137	2xACSR-95	5,95	8,19
N-3	44,72136	95+j46,01	277,0115	554,023	2xACSR-240	2,95	9,50
3-1	36,05551	30+j14,53	174,9546	349,9093	ACSR-185	6,13	15,05
3-4	36,05551	30+j14,53	174,9546	349,9093	ACSR-185	6,13	15,05
4-1	40	0+j0	0	174,9546	ACSR-70	18,40	17,98
N-6	53,85165	30+j14,53	87,47731	174,9546	2xACSR-95	8,89	12,24
N-5	31,62278	25+j12,11	145,7955	145,7955	ACSR-95	10,44	13,88

2.6.5.1. Chế độ phụ tải cực đại

- Xét đường dây N-2:

$$\Delta U_{bt}^{N-2} \% = \frac{35 \cdot 5,95 + 16,95 \cdot 8,19}{110^2} \cdot 100 = 2,869\%$$

- Xét đường dây 2-4:

$$\Delta U_{bt}^{N-3} \% = \frac{95 \cdot 2,95 + 46,01 \cdot 9,50}{110^2} \cdot 100 = 5,931\%$$

- Xét đường dây 3-1:

$$\Delta U_{bt}^{3-1}\% = \frac{30.6,13 + 14,53.15,05}{110^2} \cdot 100 = 3,327\%$$

- Xét đường dây 3-4:

$$\Delta U_{bt}^{3-4}\% = \frac{30.6,13 + 14,53.15,05}{110^2} \cdot 100 = 3,327\%$$

- Xét đường dây 1-4:

$$\Delta U_{bt}^{1-4}\% = \frac{0.18,40 + 0.17,98}{110^2} \cdot 100 = 0,000\%$$

- Xét đường dây N-6:

$$\Delta U_{bt}^{N-6}\% = \frac{30.8,89 + 14,53.12,24}{110^2} \cdot 100 = 3,673\%$$

- Xét đường dây N-5:

$$\Delta U_{bt}^{N-5}\% = \frac{25.10,44 + 12,11.13,88}{110^2} \cdot 100 = 3,545\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3-1}\% = \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-1}\% = 5,931\% + 3,327\% = 9,258\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-3-4}\% = \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-4}\% = 5,931\% + 3,327\% = 9,258\%$$

2.6.5.2. Chế độ sự cố

- Xét đường dây N-5: do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn hình tia nên có:

$$\Delta U_{sc}^{N-5} = \Delta U_{bt}^{N-5} = 3,545\%$$

Xét các đường dây hình tia, với đường dây mạch kép thì khi xảy ra sự cố ngừng làm việc 1 mạch đường dây thì: $\Delta U_{sc}\% = 2\Delta U_{bt}\%$

- Xét các đường dây lộ kép có:

$$\Delta U_{sc}^{N-2}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N-2} = 5,738\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N-3} = 11,863\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6}\% = 2.\Delta U_{bt}^{N-6} = 7,345\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-1}\% = \Delta U_{sc}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-1}\% = 15,190\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-4}\% = \Delta U_{sc}^{N-3}\% + \Delta U_{bt}^{3-4}\% = 15,190\%$$

- Xét đường dây 3-1:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra đối với đường dây 3-1 là khi đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 60 + j29,06MVA$$

$$\dot{S}_{1-4} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{3-1}\% = \frac{60,6,13 + 29,06.15,05}{110^2} \cdot 100 = 6,654\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-1-4}\% = \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{sc}^{3-1}\% + \frac{30.18,4 + 14,53.17,98}{110^2} \cdot 100$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-1-4}\% = 5,931\% + 6,654\% + 6,721\% = 19,306\%$$

- Xét đường dây 3-4:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra với đường dây 3-4 là khi đường dây 3-1 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 60 + j29,06MVA$$

$$\dot{S}_{4-1} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{3-4}\% = \frac{60,6,13 + 29,06.15,05}{110^2} \cdot 100 = 6,654\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-4-1}\% = \Delta U_{bt}^{N-3}\% + \Delta U_{sc}^{3-4}\% + \frac{30.18,4 + 14,53.17,98}{110^2} \cdot 100$$

$$\Delta U_{sc}^{N-3-4-1}\% = 5,931\% + 6,654\% + 6,721\% = 19,306\%$$

- Xét đường dây 1-4:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra với đường dây 1-4 là khi đường dây 3-1 hoặc đường dây 3-4 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{3-4} = \dot{S}_1 + \dot{S}_4 = 60 + j29,06MVA$$

$$\dot{S}_{4-1} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{1-4}\% = \frac{30.18,4 + 14,53.17,98}{110^2} \cdot 100 = 6,721\%$$

Bảng 2.30 Tổng thất điện áp của phương án 4

Đường dây	ΔU_{bt} (%)	ΔU_{sc} (%)	$\Delta U_{max.bt}$ (%)	$\Delta U_{max.sc}$ (%)
N-2	2,869	5,738	2,869	5,738
N-3	5,931	11,863	9,258	19,306 ⁽¹⁾
3-1	3,327	6,654		
3-4	3,327	6,654		
4-1	0,000	6,721		
N-6	3,673	7,345	3,673	7,345
N-5	3,545	3,545	3,545	3,545

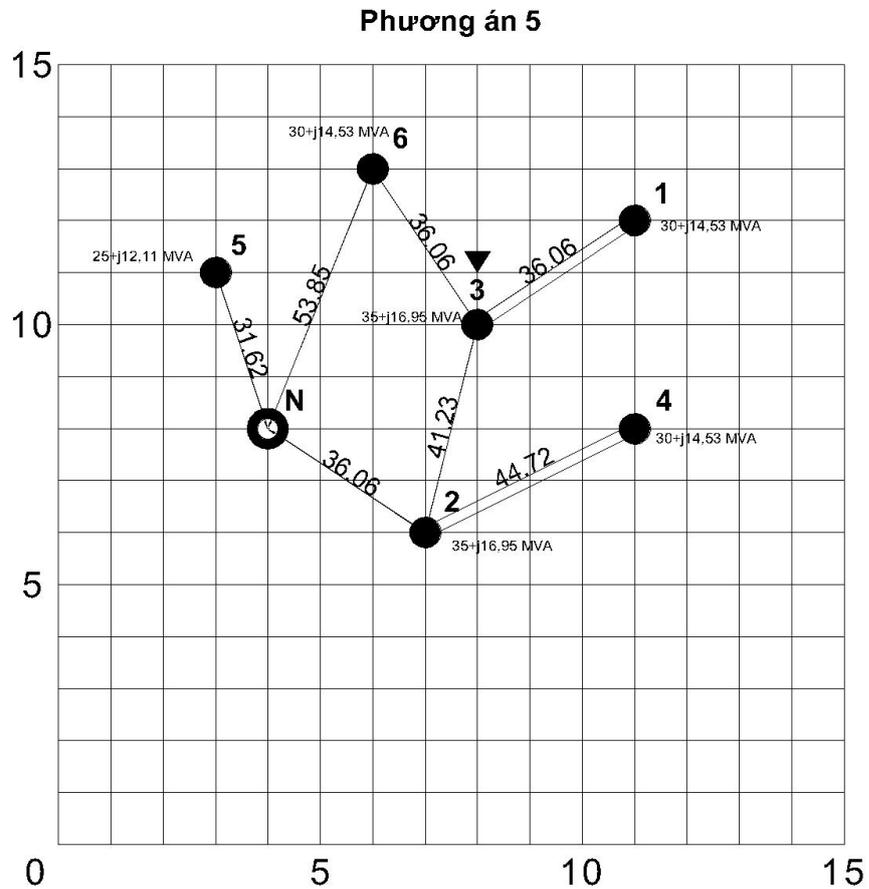
⁽¹⁾ Tổng thất điện áp lớn nhất trong chế độ sự cố của mạch vòng kín là theo đoạn N-3-1-4 hoặc N-3-4-1 khi xảy ra sự cố đường dây 3-4 hoặc 3-1 ngừng làm việc.

- Tổng kết phương án 4:
 - Trong chế độ làm việc bình thường tổng thất điện áp lớn nhất là 9,258%. Giá trị này được tính theo hướng N-3-1 hoặc N-3-4.
 - Trong chế độ sự cố tổng thất điện áp lớn nhất là 19,306%. Giá trị này được tính theo hướng N-3-1-4 hoặc N-3-4-1 khi xảy ra sự cố đường dây 3-4 hoặc 3-1 ngừng làm việc.

Với giá trị tổng thất điện áp tính được như trên ta có thể thấy phương án 4 thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật cho trước.

2.7. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT PHƯƠNG ÁN 5

2.7.1. Sơ đồ phương án 5



Hình 2.12 Sơ đồ phương án 5

2.7.2. Tính toán sơ bộ phân bố công suất trong mạng điện

- Xét mạch vòng kín N-2-3-6:

$$\text{Phụ tải tại 2: } \dot{S}'_2 = \dot{S}_2 + \dot{S}_4 = 65 + j31,48 \text{ MVA}$$

$$\text{Phụ tải tại 3: } \dot{S}'_3 = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 = 65 + j31,48 \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N-2} = \frac{\dot{S}'_2(41,23 + 36,06 + 53,85) + \dot{S}'_3(36,06 + 53,85) + \dot{S}_6 \cdot 53,85}{36,06 + 41,23 + 36,06 + 53,85}$$

$$\dot{S}_{N-2} = 95,5987 + j46,3006 \text{ MVA}$$

$$\dot{S}_{N-6} = \frac{\dot{S}'_2 \cdot 36,06 + \dot{S}'_3(41,23 + 36,06) + \dot{S}_6(36,06 + 41,23 + 36,06)}{36,06 + 41,23 + 36,06 + 53,85}$$

$$\dot{S}_{N-6} = 64,4013 + j31,191 \text{ MVA}$$

Tại nút 2 ta thấy $\dot{S}_{N-2} > \dot{S}'_2$ nên công suất truyền từ 2 đến 3:

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_{N-2} - \dot{S}'_2 = 30,5987 + j14,8196MVA$$

Tại nút 6 ta thấy $\dot{S}_{N-6} > \dot{S}'_6$ nên công suất truyền từ 6 đến 3:

$$\dot{S}_{6-3} = \dot{S}_{N-6} - \dot{S}'_6 = 34,4013 + j16,6613MVA$$

Bảng 2.31 Phân bố công suất trên các nhánh của phương án 5

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)
N-5	25+j12,11	31,62278
N-2	95,6+j46,3	36,05551
N-6	64,4+j31,19	53,85165
6-3	34,4+j16,66	36,05551
2-3	30,6+j14,82	41,23106
3-1	30+j14,53	36,05551
2-4	30+j14,53	44,72136

2.7.3. Tính toán lựa chọn cấp điện áp

Bảng 2.32 Điện áp tính toán của phương án 5

Đường dây	Công suất tác dụng (MW)	Chiều dài (km)	Điện áp tính toán (kV)
N-5	25	31,62278	90,2
N-2	95,6	36,05551	171,7
N-6	64,4	53,85165	142,9
6-3	34,4	36,05551	105,1
2-3	30,6	41,23106	100
3-1	30	36,05551	98,6
2-4	30	44,72136	99,4

Vậy ta chọn cấp điện áp truyền tải là $U_{dm} = 110kV$

2.7.4. Tính toán lựa chọn tiết diện dây dẫn

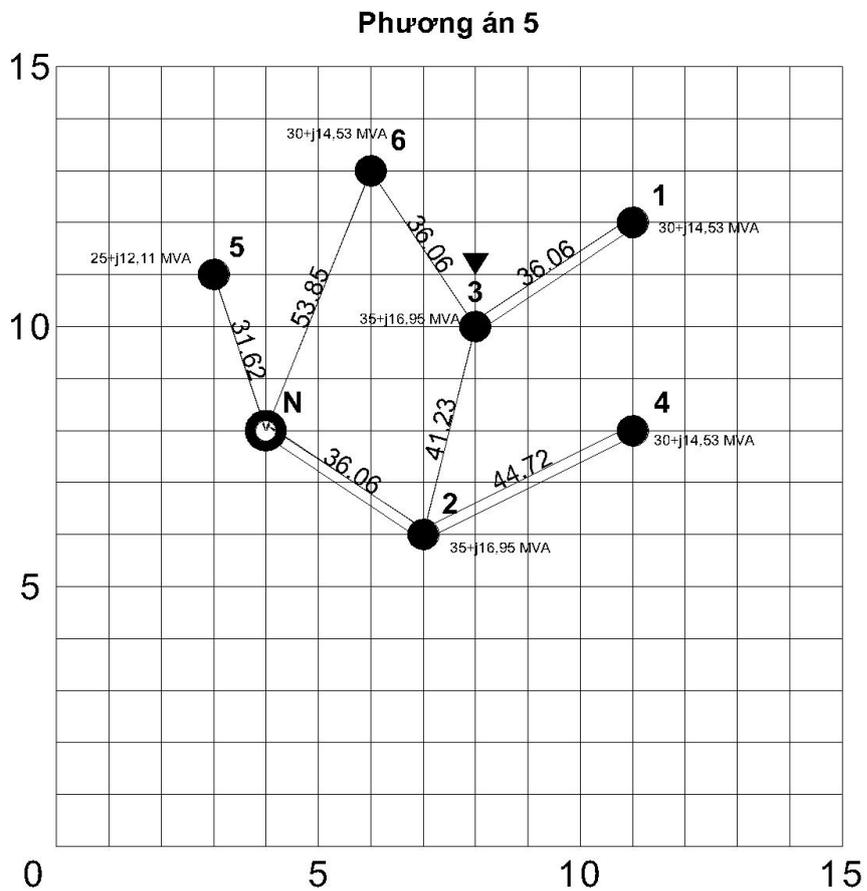
Xét đường dây N-2: $I_{\max}^{N-2} = \frac{95,6}{\sqrt{3} \cdot 110,0,9} \cdot 10^3 = 557,5143A$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây N-6 ngừng làm việc, khi đó ta có:

$$\dot{S}_2' = \dot{S}_2 + \dot{S}_4 + \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_6 = 160 + j77,49MVA$$

$$\rightarrow I_{sc}^{N-2} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 110,0,9} \cdot 10^3 = 933,0913A$$

Ta thấy $I_{sc}^{N-2} > 610A$. Vì vậy ta phải dùng lộ kép cho đường dây N-2.



Hình 2.13 Phương án 5 mới

Xét lại phân bố công suất trong mạng điện:

$$\dot{S}_{N-2} = \frac{\dot{S}_2'(41,23+36,06+53,85) + \dot{S}_3'(36,06+53,85) + \dot{S}_6'.53,85}{36,06/2 + 41,23 + 36,06 + 53,85}$$

$$\dot{S}_{N-2} = 107,1524 + j51,8963MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \frac{\dot{S}_2'.36,06/2 + \dot{S}_3'(41,23+36,06/2) + \dot{S}_6'(36,06+41,23+36,06/2)}{36,06+41,23+36,06+53,85}$$

$$\dot{S}_{N-6} = 52,8476 + j25,5952MVA$$

Tại nút 2 ta thấy $\dot{S}_{N-2} > \dot{S}_2'$ nên công suất truyền từ 2 đến 3:

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_{N-2} - \dot{S}_2' = 42,1525 + j20,4154MVA$$

Tại nút 6 ta thấy $\dot{S}_{N-6} > \dot{S}_6'$ nên công suất truyền từ 2 đến 3:

$$\dot{S}_{6-3} = \dot{S}_{N-6} - \dot{S}_6' = 22,8476 + j11,0656MVA$$

Bảng 2.33 Phân bố công suất trên các nhánh và điện áp tính toán của phương án 5 mới

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)	Điện áp tính toán (kV)
N-5	25+j12,11	31,62278	90,2
N-2	107,15+j51,9	36,05551	181,6
N-6	52,85+j25,6	53,85165	130,2
6-3	22,85+j11,07	36,05551	87
2-3	42,15+j20,42	41,23106	116,1
3-1	30+j14,53	36,05551	98,6
2-4	30+j14,53	44,72136	99,4

Vậy ta chọn cấp điện áp truyền tải là $U_{dm} = 110kV$

Tính dòng trong chế độ cực đại và chế độ sự cố:

- Xét đường dây N-5:

$$I_{max}^{N-5} = \frac{S_{N-5}}{\sqrt{3}.110} = \frac{25}{\sqrt{3}.110.0,9}.10^3 = 145,7955A$$

Do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn nên dòng điện sự cố lớn nhất cũng là dòng điện làm việc lớn nhất $I_{sc}^{N-5} = I_{max}^{N-5}$.

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây N-5.

- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{S_{N-2}}{2\sqrt{3}.110} = \frac{107,15}{2\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 312,4469A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó: $I_{sc}^{N-2} = 557,5143A$

Vậy ta sử dụng dây 2xACSR-240 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây N-6:

$$I_{\max}^{N-6} = \frac{S_{N-6}}{\sqrt{3}.110} = \frac{52,85}{\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 308,1975A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây 2-3 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{N-6} = \frac{30+35+30}{\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 554,023A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây N-6.

- Xét đường dây 6-3:

$$I_{\max}^{6-3} = \frac{S_{6-3}}{\sqrt{3}.110} = \frac{22,85}{\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 133,2428A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây 2-3 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{6-3} = \frac{35+30}{\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 379,0684A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-185 cho đường dây 6-3.

- Xét đường dây 2-3:

$$I_{\max}^{2-3} = \frac{S_{2-3}}{\sqrt{3}.110} = \frac{42,15}{\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 242,8255A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây N-6 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{2-3} = \frac{30+35+30}{\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 554,023A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây 2-3.

- Xét đường dây 3-1:

$$I_{\max}^{3-1} = \frac{S_{3-1}}{\sqrt{3}.110} = \frac{30}{2\sqrt{3}.110.0,9} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi 1 mạch đường dây 3-1 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{3-1} = 2I_{\max}^{3-1} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây 3-1.

- Xét đường dây 2-4:

$$I_{\max}^{2-4} = \frac{S_{2-4}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{30}{2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 87,4773A$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi 1 mạch đường dây 2-4 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{2-4} = 2I_{\max}^{2-4} = 174,9546A$$

Vậy ta sử dụng dây ACSR-95 cho đường dây 2-4.

Bảng 2.34 Thông số đường dây của phương án 5

Đường dây	Chiều dài	$I_{\max.bt}$	$I_{\max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	r_0	x_0	I_{cp}	R	X
N-5	31,6228	145,7955	145,7955	ACSR-95	0,33	0,439	335	10,44	13,88
N-2	36,0555	312,4469	557,5143	2xACSR-240	0,132	0,425	610	2,38	7,66
N-6	53,8517	308,1975	554,023	ACSR-240	0,132	0,409	610	7,11	22,05
6-3	36,0555	133,2428	379,0684	ACSR-185	0,17	0,418	515	6,13	15,05
2-3	41,2311	245,8255	554,023	ACSR-240	0,132	0,409	610	5,44	16,88
3-1	36,0555	87,4773	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	5,95	8,19
2-4	44,7214	87,4773	174,9546	2xACSR-95	0,33	0,455	335	7,38	10,16

- Tính lại phân bố công suất trong mạch vòng kín:

$$\dot{Z}_{N-2} = \frac{1}{2}(0,132 + j0,382) \cdot 36,055 = 2,38 + j7,66\Omega$$

$$\dot{Z}_{N-6} = 7,11 + j22,05\Omega$$

$$\dot{Z}_{6-3} = 6,13 + j15,05\Omega$$

$$\dot{Z}_{2-3} = 5,44 + j16,88\Omega$$

$$\dot{S}_{N-2} = \frac{\dot{S}'_2(\bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{6-3} + \bar{Z}_{N-6}) + \dot{S}'_3(\bar{Z}_{6-3} + \bar{Z}_{N-6}) + \dot{S}'_6 \bar{Z}_{N-6}}{\bar{Z}_{N-2} + \bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{6-3} + \bar{Z}_{N-6}}$$

$$\dot{S}_{N-2} = 106,6884 + j52,3773MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \frac{\dot{S}'_2 \bar{Z}_{N-2} + \dot{S}'_3(\bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{N-2}) + \dot{S}'_6(\bar{Z}_{6-3} + \bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{N-2})}{\bar{Z}_{N-2} + \bar{Z}_{2-3} + \bar{Z}_{6-3} + \bar{Z}_{N-6}}$$

$$\dot{S}_{N-6} = 53,3116 + j25,1142MVA$$

Tại nút 2:

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_{N-2} - \dot{S}'_2 = 41,6884 + j20,8964MVA$$

Tại nút 6:

$$\dot{S}_{6-3} = \dot{S}_{N-6} - \dot{S}_6 = 23,3115 + j10,5845 \text{MVA}$$

- Kiểm tra lại tiết diện dây dẫn vừa chọn:
- Xét đường dây N-2:

$$I_{\max}^{N-2} = \frac{S_{N-2}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{\sqrt{106,69^2 + 52,38^2}}{2\sqrt{3} \cdot 110} = 311,9057 \text{A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc khi đó: $I_{sc}^{N-2} = 557,5143 \text{A}$

Vậy ta vẫn sử dụng dây 2xACSR-240 cho đường dây N-2.

- Xét đường dây N-6:

$$I_{\max}^{N-6} = \frac{S_{N-6}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{\sqrt{53,31^2 + 25,11^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 309,3068 \text{A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây 2-3 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{N-6} = \frac{30 + 35 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 554,023 \text{A}$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây N-6.

- Xét đường dây 6-3:

$$I_{\max}^{6-3} = \frac{S_{6-3}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{\sqrt{23,31^2 + 10,58^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 134,3755 \text{A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây 2-3 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{6-3} = \frac{35 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 379,0684 \text{A}$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-185 cho đường dây 6-3.

- Xét đường dây 2-3:

$$I_{\max}^{2-3} = \frac{S_{2-3}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{\sqrt{41,69^2 + 20,9^2}}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot 10^3 = 244,7568 \text{A}$$

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây N-6 ngừng làm việc khi đó:

$$I_{sc}^{2-3} = \frac{30 + 35 + 30}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,9} \cdot 10^3 = 554,023 \text{A}$$

Vậy ta vẫn sử dụng dây ACSR-240 cho đường dây 2-3.

Bảng 2.35 Phân bố công suất trong mạng điện tính theo tổng trở

Đường dây	Công suất (MVA)	Chiều dài (km)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng
N-5	25+j12,11	31,62278	145,7955	145,7955	ACSR-95
N-2	106,69+j52,38	36,05551	311,9057	557,5143	2xACSR-240
N-6	53,31+j25,11	53,85165	309,3068	554,023	ACSR-240
6-3	23,31+j10,58	36,05551	134,3755	379,0684	ACSR-185
2-3	41,69+j20,9	41,23106	244,7568	554,023	ACSR-240
3-1	30+j14,53	36,05551	87,4773	174,9546	ACSR-95
2-4	30+j14,53	44,72136	87,4773	174,9546	ACSR-95

2.7.5. Tính toán tổn thất điện áp trong mạng điện

Bảng 2.36 Phân bố công suất và tổng trở của các đường dây phương án 5

Đường dây	Chiều dài	Công suất (MVA)	$I_{max.bt}$	$I_{max.sc}$	Dây dẫn sử dụng	R	X
N-5	31,6228	25+j12,11	145,7955	145,7955	ACSR-95	10,44	13,88
N-2	36,0555	106,69+j52,38	311,9057	557,5143	2xACSR-240	2,38	7,66
N-6	53,8517	53,31+j25,11	309,3068	554,023	ACSR-240	7,11	22,05
6-3	36,0555	23,31+j10,58	134,3755	379,0684	ACSR-185	6,13	15,05
2-3	41,2311	41,69+j20,9	244,7568	554,023	ACSR-240	5,44	16,88
3-1	36,0555	30+j14,53	87,4773	174,9546	2xACSR-95	5,95	8,19
2-4	44,7214	30+j14,53	87,4773	174,9546	2xACSR-95	7,38	10,16

2.7.5.1. Chế độ phụ tải cực đại

- Xét đường dây N-5:

$$\Delta U_{bt}^{N-5} \% = \frac{25 \cdot 10,44 + 12,11 \cdot 13,88}{110^2} \cdot 100 = 3,545\%$$

- Xét đường dây N-2:

$$\Delta U_{bt}^{N-2} \% = \frac{106,69 \cdot 2,38 + 52,38 \cdot 7,66}{110^2} \cdot 100 = 5,415\%$$

- Xét đường dây N-6:

$$\Delta U_{bt}^{N-6} \% = \frac{53,31.7,11 + 25,11.22,05}{110^2} \cdot 100 = 7,708\%$$

- Xét đường dây 6-3:

$$\Delta U_{bt}^{6-3} \% = \frac{23,31.6,13 + 10,58.15,05}{110^2} \cdot 100 = 2,498\%$$

- Xét đường dây 2-3:

$$\Delta U_{bt}^{2-3} \% = \frac{41,69.5,44 + 20,9.16,88}{110^2} \cdot 100 = 4,79\%$$

- Xét đường dây 3-1:

$$\Delta U_{bt}^{3-1} \% = \frac{30,5.9,5 + 14,53.8,19}{110^2} \cdot 100 = 2,459\%$$

- Xét đường dây 2-4:

$$\Delta U_{bt}^{2-4} \% = \frac{30,7.7,38 + 14,53.10,16}{110^2} \cdot 100 = 3,05\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-2-4} \% = \Delta U_{bt}^{N-2} \% + \Delta U_{bt}^{2-4} \% = 5,415\% + 3,05\% = 8,42\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-2-3-1} \% = \Delta U_{bt}^{N-2} \% + \Delta U_{bt}^{2-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-1} \% = 5,415\% + 4,79\% + 2,459\% = 12,664\%$$

$$\Delta U_{bt}^{N-6-3-1} \% = \Delta U_{bt}^{N-6} \% + \Delta U_{bt}^{6-3} \% + \Delta U_{bt}^{3-1} \% = 7,708\% + 2,498\% + 2,459\% = 12,665\%$$

2.7.5.2. Chế độ sự cố

- Xét đường dây N-5: do đường dây N-5 là đường dây lộ đơn hình tia nên có:

$$\Delta U_{sc}^{N-5} = \Delta U_{bt}^{N-5} = 3,545\%$$

Xét các đường dây hình tia, với đường dây mạch kép thì khi xảy ra sự cố ngừng làm việc 1 mạch đường dây thì: $\Delta U_{sc} \% = 2\Delta U_{bt} \%$

- Xét đường dây 3-1 và đường dây 2-4:

$$\Delta U_{sc}^{3-1} \% = 2.\Delta U_{bt}^{3-1} \% = 4,918\%$$

$$\Delta U_{sc}^{2-4} \% = 2.\Delta U_{bt}^{2-4} \% = 6,1\%$$

- Xét đường dây N-2:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi 1 mạch đường dây N-2 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trên N-2 là:

$$\dot{S}_{N-2} = \frac{\dot{S}_2'(41,23 + 36,06 + 53,85) + \dot{S}_3'(36,06 + 53,85) + \dot{S}_6'.53,85}{36,06 + 41,23 + 36,06 + 53,85}$$

$$\dot{S}_{N-2} = 95,5987 + j46,3006MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \frac{\dot{S}_2'.36,06 + \dot{S}_3'(41,23 + 36,06) + \dot{S}_6'(36,06 + 41,23 + 36,06)}{36,06 + 41,23 + 36,06 + 53,85}$$

$$\dot{S}_{N-6} = 64,4013 + j31,191MVA$$

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_{N-2} - \dot{S}_2' = 30,5987 + j14,8196MVA$$

$$\dot{S}_{6-3} = \dot{S}_{N-6} - \dot{S}_6 = 34,4013 + j16,6613MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2} \% = 2 \cdot \frac{95,5987 \cdot 2,38 + 46,3006 \cdot 7,66}{110^2} \cdot 100 = 9,623\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-4} \% = 9,623\% + \Delta U_{bt}^{2-4} \% = 9,623\% + 3,05\% = 12,673\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-1} \% = 9,623\% + \frac{30,5987 \cdot 5,44 + 14,8196 \cdot 16,88}{110^2} \cdot 100 + \Delta U_{bt}^{3-1} \%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-1} \% = 9,623\% + 3,433\% + 2,459\% = 15,515\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6-3-1} = \frac{64,4013 \cdot 7,11 + 31,191 \cdot 22,05}{110^2} \cdot 100 + \frac{34,4013 \cdot 6,13 + 16,6613 \cdot 15,05}{110^2} \cdot 100 + \Delta U_{bt}^{3-1} \%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6-3-1} = 9,468\% + 3,815\% + 2,459\% = 15,742\%$$

- Xét đường dây N-6:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây 2-3 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_2 + \dot{S}_4 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{2-4} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{N-6} = \dot{S}_6 + \dot{S}_3 + \dot{S}_1 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{6-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1 = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6} \% = \frac{95 \cdot 7,11 + 46,01 \cdot 22,05}{110^2} \cdot 100 = 13,967\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-4} \% = \frac{65 \cdot 2,38 + 31,48 \cdot 7,66}{110^2} \cdot 100 + \Delta U_{bt}^{2-4} \% = 3,271\% + 3,05\% = 6,321\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6-3-1} = 13,967\% + \frac{65 \cdot 6,13 + 31,48 \cdot 15,05}{110^2} \cdot 100 + \Delta U_{bt}^{3-1} \%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-6-3-1} = 13,967\% + 7,208\% + 2,459\% = 23,634\%$$

- Xét đường dây 6-3:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây 2-3 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-6} = \dot{S}_6 + \dot{S}_3 + \dot{S}_1 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{6-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 = 65 + j31,48MVA$$

$$\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1 = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{6-3} \% = \frac{65.6,13 + 31,48.15,05}{110^2} .100 = 7,208\%$$

- Xét đường dây 2-3:

Sự cố nghiêm trọng nhất có thể xảy ra là khi đường dây N-6 ngừng làm việc. Khi đó phân bố công suất trong mạng điện là:

$$\dot{S}_{N-2} = \dot{S}_2 + \dot{S}_4 + \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_6 = 160 + j77,49MVA$$

$$\dot{S}_{2-3} = \dot{S}_3 + \dot{S}_1 + \dot{S}_6 = 95 + j46,01MVA$$

$$\dot{S}_{3-6} = \dot{S}_6 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{2-4} = \dot{S}_4 = 30 + j14,53MVA$$

$$\dot{S}_{3-1} = \dot{S}_1 = 30 + j14,53MVA$$

$$\Delta U_{sc}^{2-3} \% = \frac{95.5,44 + 46,01.16,88}{110^2} .100 = 10,69\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-4} = \frac{160.2,38 + 77,49.7,66}{110^2} .100 + \Delta U_{br}^{2-4} \% = 8,053\% + 3,05\% = 11,103\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-1} = 8,053\% + 10,69\% + \Delta U_{br}^{3-1} \% = 8,053\% + 10,69\% + 2,459\% = 21,202\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-6} = 8,053\% + 10,69\% + \frac{30.6,13 + 14,53.15,05}{110^2} .100 = 8,053\% + 10,69\% + 3,327\%$$

$$\Delta U_{sc}^{N-2-3-6} = 22,07\%$$

Bảng 2.37 Tổn thất điện áp của phương án 5

Đường dây	$\Delta U_{br} (\%)$	$\Delta U_{sc} (\%)$	$\Delta U_{max.br} (\%)$	$\Delta U_{max.sc} (\%)$
N-5	3,545	3,545	3,545	3,545
N-2	5,415	9,623	12,665 ⁽¹⁾	23,634 ⁽²⁾
N-6	7,708	13,967		
6-3	2,498	7,208		
2-3	4,790	10,69		
3-1	2,459	4,918		
2-4	3,050	6,100		

- (1) Tổn thất điện áp lớn nhất trong chế độ bình thường là theo đoạn N-6-3-1.
 (2) Tổn thất điện áp lớn nhất trong chế độ sự cố là theo đoạn N-6-3-1 khi xảy ra sự cố ngừng làm việc của đường dây 2-3.

- Tổng kết phương án 5:

- Trong chế độ làm việc bình thường tổn thất điện áp lớn nhất là 12,665%. Giá trị này được tính theo hướng N-6-3-1.
- Trong chế độ sự cố tổn thất điện áp lớn nhất là 23,634%. Giá trị này được tính theo hướng N-6-3-1 khi xảy ra sự cố đường dây 2-3 ngừng làm việc.

Với giá trị tổn thất điện áp tính được như trên ta có thể thấy phương án 5 không thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật cho trước.

Bảng 2.38 Chỉ tiêu kỹ thuật của các phương án

Tổn thất điện áp lớn nhất	Phương án				
	1	2	3	4	5
$\Delta U_{\max.bt} \%$	7,021	8,390	9,14	9,258	12,665
$\Delta U_{\max.sc} \%$	11,582	14,322	21,506	19,306	23,634

Tiêu chuẩn điện áp của của mạng điện có điện áp 110kV trở lên khi thiết kế như sau:

- Chế độ làm việc bình thường, tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện **không lớn hơn 15%**.
- Chế độ sau sự cố một phần tử và chưa thực hiện các công việc điều khiển, tổn thất điện áp lớn nhất của mạng điện **không lớn hơn 20%**.

Vì vậy chọn 3 phương án: 1,2,4 để tiến hành so sánh kinh tế.

CHƯƠNG 3: SO SÁNH CÁC PHƯƠNG ÁN

Theo kết quả tính toán của phần 2 ta đã chọn 3 phương án để tiến hành so sánh kinh tế về chỉ tiêu kinh tế là các phương án 1,2,4. 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 hàng năm, được xác định theo công thức:

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

3.1. PHƯƠNG ÁN 1

Dựa vào bảng 2.3, bảng 2.4 và các thông số kỹ thuật của phương án 1 đã tính toán ở phần 2 ta tính được chi phí vòng đời của từng đường dây.

Bảng 3.1 Chi phí vòng đời của phương án 1

Đường dây	Số lộ	L (km)	Dây dẫn sử dụng	I_{\max} (A)	CP_{vd0} (triệu đồng/km)	CP_{vd} (triệu đồng/km)
N-2	2	36,0555	2xACSR-95	102,0569	4469,770	161159,807
N-4	2	70	2xACSR-95	87,47731	4214,265	294998,552
N-3	2	44,7214	2xACSR-185	189,5342	6017,93	269130,24
3-1	2	36,0555	2xACSR-95	87,47731	4214,265	151947,433
N-6	2	53,8517	2xACSR-95	87,47731	4214,265	226945,336
N-5	1	31,6228	ACSR-95	145,7955	3174,406	100383,6
Tổng						1204564,968

3.2. PHƯƠNG ÁN 2

Bảng 3.2 Chi phí vòng đời của phương án 2

Đường dây	Số lộ	L (km)	Dây dẫn sử dụng	I_{\max} (A)	CP_{vd0} (triệu đồng/km)	CP_{vd} (triệu đồng/km)
N-2	2	36,05551	2xACSR-185	189,5342	6017,93	216979,463
2-4	2	44,72136	2xACSR-95	87,47731	4214,265	188467,832
N-3	2	44,72136	2xACSR-240	277,0115	8249,556	368931,677
3-1	2	36,05551	2xACSR-95	87,47731	4214,265	151947,433
3-6	2	36,05551	2xACSR-95	87,47731	4214,265	151947,433
N-5	1	31,62278	ACSR-95	145,7955	3174,406	100383,6
Tổng						1178657,44

3.3. PHƯƠNG ÁN 4

Bảng 3.3 Chi phí vòng đời của phương án 4

Đường dây	Số lộ	L (km)	Dây dẫn sử dụng	I_{\max} (A)	CP_{vd0} (triệu đồng/km)	CP_{vd} (triệu đồng/km)
N-2	2	36,05551	2xACSR-95	102,0569	4469,770	161159,807
N-3	2	44,72136	2xACSR-240	277,0115	8249,556	368931,677
3-1	2	36,05551	ACSR-185	174,9546	3420,756	123337,076
3-4	2	36,05551	ACSR-185	174,9546	3420,756	123337,076
4-1	2	40	ACSR-70	0	2150,831	86033,225
N-6	1	53,85165	2xACSR-95	87,47731	4214,265	226945,336
N-5		31,62278	ACSR-95	145,7955	3174,406	100383,6
Tổng						1190127,8

3.4. TỔNG KẾT CÁC PHƯƠNG ÁN

Bảng 3.4 Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của các phương án so sánh

Tổn thất điện áp lớn nhất	Phương án		
	1	2	4
$\Delta U_{\max.bt} \%$	7,021	8,390	9,258
$\Delta U_{\max.sc} \%$	11,582	14,322	19,306
CP_{vd} , triệu đồng	1204564,968	1178657,44	1190127,8

Từ kết quả tính toán trong bảng 3.4, ta thấy phương án 2 có chi phí vòng đời lớn nhỏ nhất. Vì vậy ta chọn phương án 2 là phương án thiết kế.

CHƯƠNG 4: CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ SƠ ĐỒ NỐI DÂY

4.1. CHỌN MÁY BIẾN ÁP

- Đối với phụ tải loại III, trong trạm đặt 1 máy biến áp, công suất của máy biến áp được xác định bằng phụ tải cực đại của trạm:

$$S_{MBA} \geq S_{pt.max}$$

- Đối với phụ tải loại I, để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện, trạm biến áp cần đặt 2 máy biến áp. Khi chọn máy biến áp cần xét đến khả năng quá tải của máy biến áp còn lại ở chế độ sau 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 máy biến áp:

$$S_{MBA} \geq \frac{S_{pt.max}}{k(n-1)}$$

Trong đó:

$S_{pt.max}$: Công suất biểu kiến của phụ tải ở chế độ phụ tải cực đại.

k: Hệ số quá tải của máy biến áp trong chế độ sự cố (k=1,4).

n: Số máy biến áp trong trạm

- Tính toán công suất của máy biến áp trong trạm biến áp 5:

Do phụ tải 5 là phụ tải loại III nên công suất của trạm biến áp 5 là:

$$S_{MBA}^5 \geq S_{pt5.max} = \frac{25}{0.9} = 27,78MVA$$

Vì vậy ta chọn máy biến áp có $S_{dm} = 32MVA$, $U_{C.dm} = 115kV$, $U_{H.dm} = 11kV$

- Tính toán công suất của máy biến áp trong trạm biến áp 1:

Do phụ tải 1 là phụ tải loại I nên ta đặt 2 máy biến áp có cùng công suất trong trạm biến áp 1 là:

$$S_{MBA}^1 \geq \frac{S_{pt1.max}}{1,4.(2-1)} = \frac{30/0,9}{1,4} = 23,81MVA$$

Vì vậy ta chọn máy biến áp có $S_{dm} = 25MVA$, $U_{C.dm} = 115kV$, $U_{H.dm} = 23,5kV$

Tính toán tương tự đối với các trạm biến áp còn lại ta có bảng sau:

Bảng 4.1 Thông số của máy biến áp ở các trạm biến áp hạ áp

Phụ tải	$S_{pt.max}$ MVA	S_{MBA} MVA	$S_{dm.MBA}$ MVA	$U_{C.dm}$ kV	$U_{H.dm}$ kV	U_N %	ΔP_N kW	ΔP_0 kW	I_0 %	R_B Ω	X_B Ω	ΔQ_0 kVar
1	33,33	23,81	25	115	23,5	10,5	120	29	0,8	2,54	55,9	200
2	38,89	27,78	32	115	23,5	10,5	145	35	0,75	1,87	43,5	240
3	38,89	27,78	32	115	23,5	10,5	145	35	0,75	1,87	43,5	240
4	33,33	23,81	25	115	23,5	10,5	120	29	0,8	2,54	55,9	200
5	27,78	27,78	32	115	11	10,5	145	35	0,75	1,87	43,5	240
6	33,33	23,81	25	115	11	10,5	120	29	0,8	2,54	55,9	200

4.1. SƠ ĐỒ NỐI DÂY CHI TIẾT

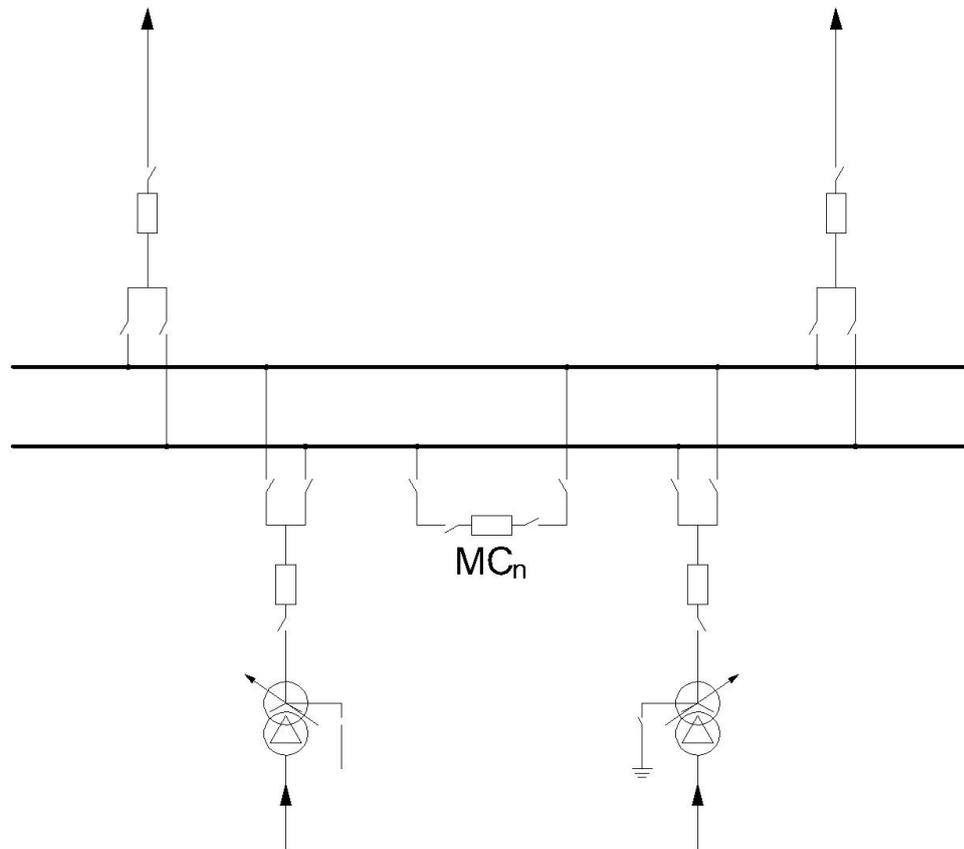
4.1.1. Thanh góp nhà máy

Do các hầu hết các phụ tải loại là phụ tải loại I. Nên để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện, ta có thể dùng các sơ đồ sau: sơ đồ hai thanh góp, sơ đồ 2 thanh góp có thanh góp vòng, sơ đồ 3/2. Ta sử dụng sơ đồ hai thanh góp, vận hành song song hai thanh góp, khi có sự cố một thanh góp, vẫn còn 1 thanh góp còn lại cấp điện cho các phụ tải, đặc biệt là các phụ tải có yêu cầu về tính liên tục cung cấp điện cao như các phụ tải loại I.

Trong chế độ vận hành bình thường: MC_n và dao cách ly liên quan đến MC_n đều đóng, công suất được chia đều cho các phụ tải, vận hành kinh tế

- Ưu điểm:
 - Sơ đồ có 1MC/1 mạch nên có thể tiết kiệm chi phí.
 - Cấu trúc đơn giản, vận hành không quá phức tạp.
 - Có thể sửa chữa từng thanh góp mà không bị mất điện.
 - Công suất nguồn phân bố đều cho các phụ tải, vận hành kinh tế hơn.
- Nhược điểm:
 - Khi có ngắn mạch hoặc sự cố ngắn mạch hoặc sự cố trên thanh góp thì những phụ tải nối với thanh góp đó vẫn bị mất điện tạm thời.
 - Dùng nhiều dao cách ly.
 - Khi sửa chữa máy cắt của 1 mạch nào đó, mạch đó vẫn bị mất điện tạm thời cho đến khi sửa chữa xong và đưa trở lại vận hành bình thường.

SƠ ĐỒ HAI THANH GÓP



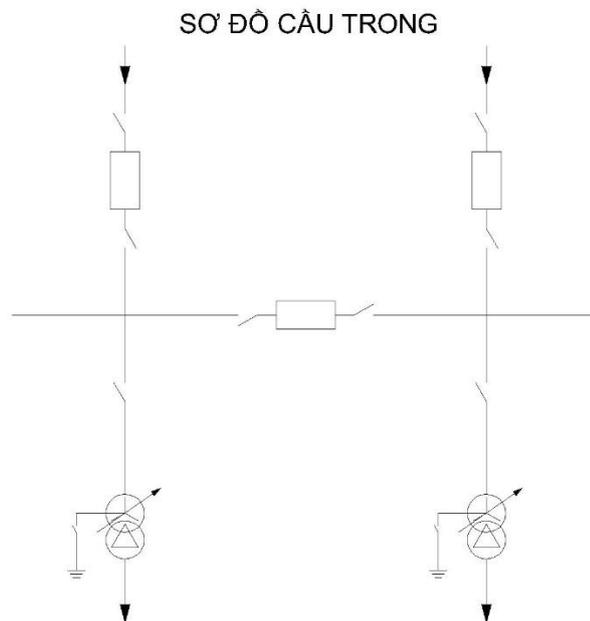
Hình 4.1 Sơ đồ hai thanh góp

4.1.2. Sơ đồ trạm biến áp hạ áp

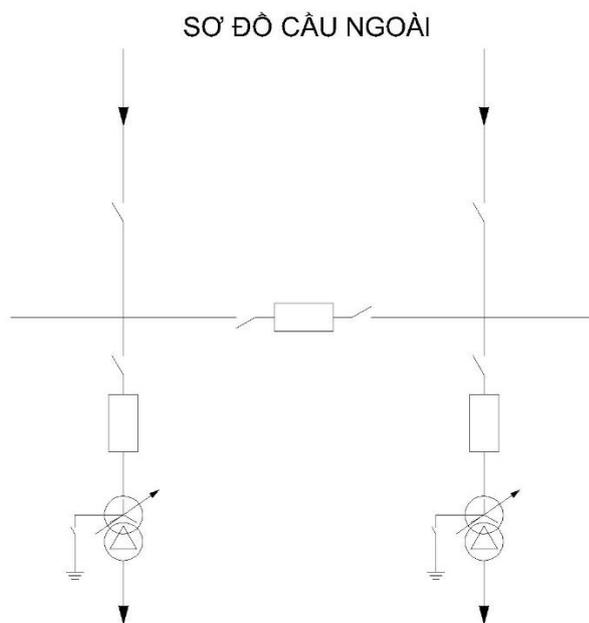
Các sơ đồ hệ thống một thanh góp và sơ đồ hệ thống hai thanh góp có độ tin cậy cao và khá thuận tiện trong vận hành sửa chữa. Tuy nhiên nhược điểm là giá thành khá cao nên được dùng trong các thiết bị phân phối có nhiều mạch, điện áp cao, công suất lớn và quan trọng. Trong khi các trạm biến áp hạ áp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

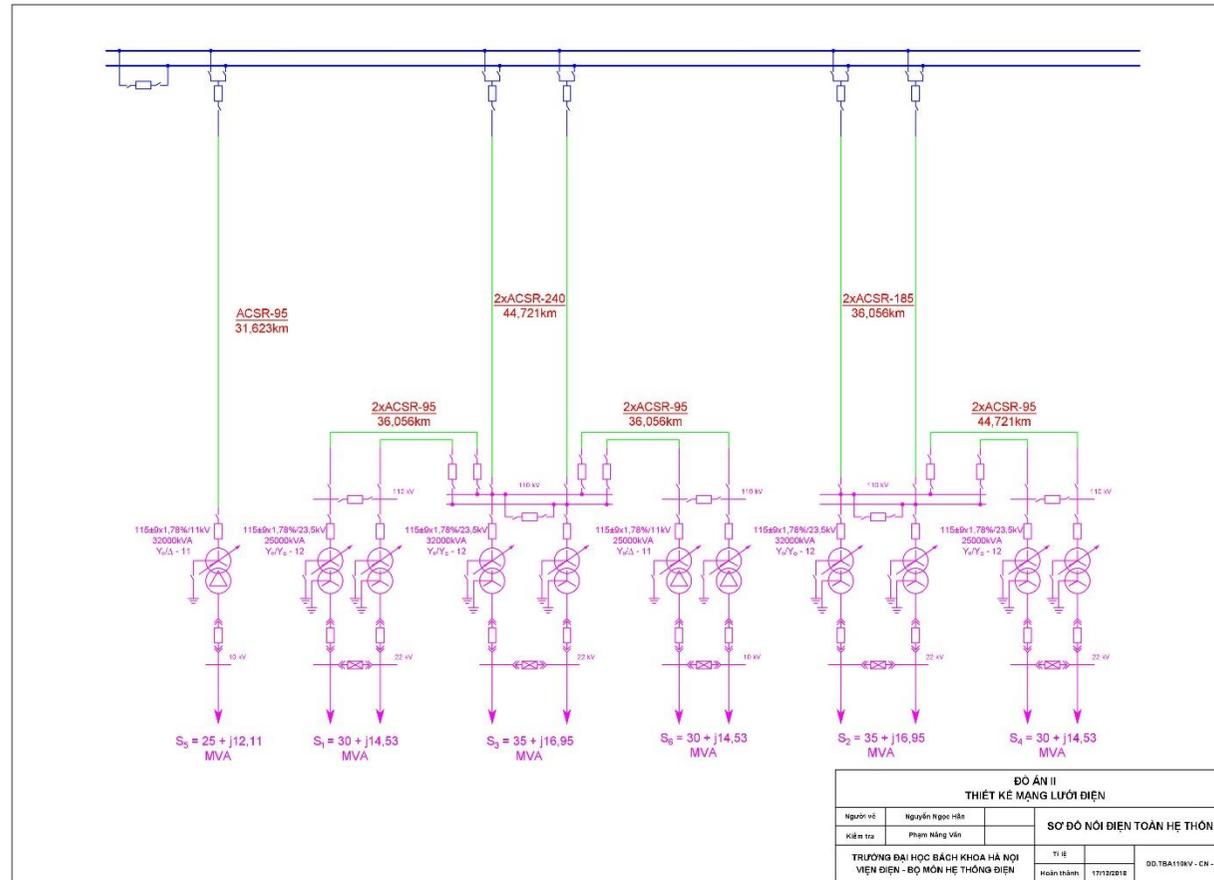


Hình 4.2 Sơ đồ cầu trong



Hình 4.3 Sơ đồ cầu ngoài

4.1.3. Sơ đồ nối điện toàn hệ thống

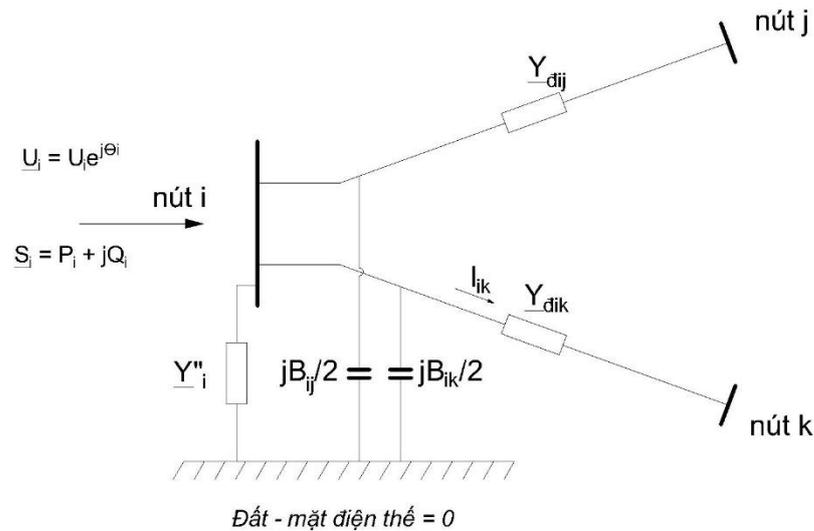


Hình 4.4 Sơ đồ nối điện toàn hệ thống

CHƯƠNG 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

Xét **nút i** của lưới 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 thông số: tổng dẫn $\dot{Y}_{dik} = Y_{dik} e^{j\varphi_{dik}}$, $jB_{Cik} / 2$ điện dẫn phản kháng của đường dây do điện dung sinh ra, đặt ở nút i, nếu tính gần đúng có thể thay bằng $Q_{Ci} / 2 = -U_{dm}^2 \cdot B_{Cik} / 2$ (ở đây phải thêm ký hiệu C để phân biệt B_{ik} là phần ảo của \dot{Y}_{ik}).

$$\dot{Y}_{dik} = \frac{1}{\dot{Z}_{dik}} = \frac{1}{R_{dik} + jX_{dik}} = G_{dik} + jB_{dik} = Y_{dik} e^{j\varphi_{dik}}$$

$$G_{dik} = \frac{R_{dik}}{R_{dik}^2 + X_{dik}^2}$$

$$B_{dik} = -\frac{X_{dik}}{R_{dik}^2 + X_{dik}^2}$$

$$\varphi_{dik} = \arctan\left(\frac{B_{dik}}{G_{dik}}\right)$$

- Tại nút i còn có thể có thiết bị nối xuống đất khác như: kháng điện, tụ điện,... đặc trưng bởi \dot{Y}_i'' .

- Công suất ngoài bơm vào nút i là:

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

Trong đó:

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

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

P_{Gi} , Q_{Gi} là công suất nguồn phát ở nút i .

P_{Li} , Q_{Li} là công suất phụ tải ở nút i .

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

Công suất \dot{S}_i là công suất nút.

- Điện áp dây trên nút là $\dot{U}_i = U_i e^{j\theta_i}$.

- Dòng điện nút là \dot{J}_i , giữa dòng điện nút, công suất nút và điện áp nút có quan hệ sau:

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

- Dòng điện đi từ nút i đến nút k (khoảng tính đến dòng điện dung) là:

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

Công suất đi từ i đến k là:

$$\dot{S}_{ik} = \sqrt{3} \dot{U}_i \bar{\dot{I}}_{ik} = \dot{U}_i \bar{\dot{Y}}_{dik} (\dot{U}_i - \dot{U}_k) = U_i e^{j\theta_i} \cdot Y_{dik} e^{j\varphi_{dik}} \cdot (U_i e^{-j\theta_i} - U_k e^{-j\theta_k})$$

$$\dot{S}_{ik} = U_i^2 Y_{dik} e^{j\varphi_{dik}} - (U_i U_k Y_{dik} e^{j(\theta_i - \theta_k - \varphi_{dik})}) = P_{ik} + jQ_{ik}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Với hệ tọa độ cực:

$$P_i = \sum_{k=1}^N U_i U_k Y_{ik} \cos(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) + U_i^2 \operatorname{Re}(Y_i'')$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^N U_i U_k Y_{ik} \sin(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) - U_i^2 \sum_{k=0}^N \frac{B_{Cik}}{2} + U_i^2 \operatorname{Im}(Y_i'')$$

Với hệ tọa độ Decartz:

$$P_i = \sum_{k=1}^N (U_i U_k G_{ik} \cos(\theta_{ik}) + U_i U_k B_{ik} \sin(\theta_{ik})) + U_i^2 \operatorname{Re}(Y_i'')$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^N \left(-U_i U_k B_{ik} \cos(\theta_{ik}) + U_i U_k G_{ik} \sin(\theta_{ik}) - U_i^2 \frac{B_{Cik}}{2} \right) + U_i^2 \operatorname{Im}(Y_i'')$$

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

$\dot{Y}_{ik} = -\dot{y}_{ik} = -\frac{1}{\dot{Z}_{ik}}$, tổng dẫn tương hỗ giữa nút i 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:

$$P_i = \sum_{k=1}^N U_i U_k Y_{ik} \cos(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) + U_i^2 \operatorname{Re}(Y_i'')$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^N U_i U_k Y_{ik} \sin(\theta_{ik} - \varphi_{ik}) + U_i^2 \operatorname{Im}(Y_i'')$$

5.1.2. Phương pháp Newton – Raphson

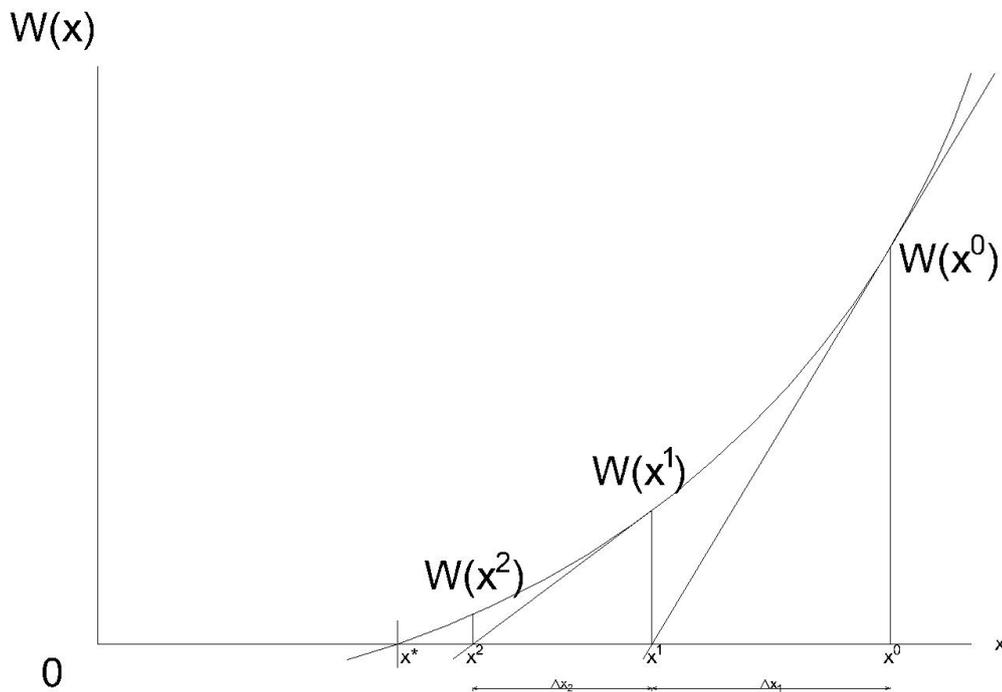
5.1.2.1. Thuật toán chung

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 $W(x^0) > 0$.

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 Δx^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 ΔX 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 N-R áp dụng cho hệ thống điện

Ta có hàm cân bằng công suất nút i:

$$P_i = U_i \sum_{k=1}^N U_k (G_{ik} \cos(\theta_{ik}) + B_{ik} \sin(\theta_{ik}))$$

$$Q_i = U_i \sum_{k=1}^N U_k (G_{ik} \sin(\theta_{ik}) - B_{ik} \cos(\theta_{ik}))$$

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:

$$W_{P_i} = -P_i + U_i \sum_{k=1}^N U_k (G_{ik} \cos(\theta_{ik}) + B_{ik} \sin(\theta_{ik}))$$

$$W_{Q_i} = -Q_i + U_i \sum_{k=1}^N U_k (G_{ik} \sin(\theta_{ik}) - B_{ik} \cos(\theta_{ik}))$$

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 θ_i, U_i cho chế độ xác lập.

Sử dụng khai triển Taylor ta được:

$$P_i = P_i^{(r)} + \left[\frac{\partial P_i}{\partial \theta_2} \right]^{(r)} \Delta \theta_2^{(r)} + \dots + \left[\frac{\partial P_i}{\partial \theta_n} \right]^{(r)} \Delta \theta_n^{(r)} + \left[\frac{\partial P_i}{\partial U_{m+1}} \right]^{(r)} \Delta U_{m+1}^{(r)} + \dots + \left[\frac{\partial P_i}{\partial U_n} \right]^{(r)} \Delta U_n^{(r)}$$

$$Q_i = Q_i^{(r)} + \left[\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_2} \right]^{(r)} \Delta \theta_2^{(r)} + \dots + \left[\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_n} \right]^{(r)} \Delta \theta_n^{(r)} + \left[\frac{\partial Q_i}{\partial U_{m+1}} \right]^{(r)} \Delta U_{m+1}^{(r)} + \dots + \left[\frac{\partial Q_i}{\partial U_n} \right]^{(r)} \Delta U_n^{(r)}$$

Các bước lặp sẽ tiếp tục cho đến khi sai số tiến về 0:

$$\Delta P_i = P_i^{sch} - P_i^{(r)} \rightarrow 0$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{sch} - Q_i^{(r)} \rightarrow 0$$

Viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(r)} \\ \dots \\ \Delta P_n^{(r)} \\ \Delta Q_{m+1}^{(r)} \\ \dots \\ \Delta Q_n^{(r)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\frac{\partial P_2}{\partial \theta_2} \right]^{(r)} & \dots & \left[\frac{\partial P_2}{\partial U_n} \right]^{(r)} \\ \dots & \dots & \dots \\ \left[\frac{\partial Q_n}{\partial \theta_2} \right]^{(r)} & \dots & \left[\frac{\partial Q_2}{\partial U_n} \right]^{(r)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta_2^{(r)} \\ \dots \\ \Delta \theta_n^{(r)} \\ \Delta U_{m+1}^{(r)} \\ \dots \\ \Delta U_n^{(r)} \end{bmatrix}$$

Ma trận Jacobi phụ thuộc vào cấu trúc của lưới điện:

- Mỗi nút PQ tạo ra 2 hàng ma trận Jacobi tương ứng với ΔP và ΔQ .
- Mỗi nút PV tạo ra 1 hàng ma trận Jacobi tương ứng với ΔP .

Hay là ma trận Jacobi là ma trận vuông có số hàng và số cột là: $2 \times N_{PQ} + N_{PV}$.

Viết lại hệ phương trình như sau:

$$\begin{bmatrix} \Delta P^{(r)} \\ \Delta Q^{(r)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H^{(r)} & N^{(r)} \\ J^{(r)} & L^{(r)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta^{(r+1)} \\ \Delta U^{(r+1)} / U^{(r)} \end{bmatrix}$$

Ở đây ta thay $U^{(r)}$ bằng $\Delta U^{(r+1)} / U^{(r)}$ để tăng hiệu quả tính toán.

Trong đó:

Với $\forall i \neq k$:

$$H_{ik} = \frac{\partial P_i}{\partial \theta_k} = U_k U_m (G_{ik} \sin \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik})$$

$$N_{ik} = U_k \frac{\partial P_i}{\partial U_k} = U_k U_m (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \sin \theta_{ik})$$

$$J_{ik} = \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_k} = -U_k U_m (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \sin \theta_{ik})$$

$$L_{ik} = U_k \frac{\partial Q_i}{\partial U_k} = U_k U_m (G_{ik} \sin \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik})$$

Với $i = k$:

$$H_{ii} = \frac{\partial P_i}{\partial \theta_i} = -Q_i - B_{ii} U_i^2$$

$$N_{ii} = U_i \frac{\partial P_i}{\partial U_i} = P_i + G_{ii} U_i^2$$

$$J_{ii} = \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_i} = P_i - G_{ii} U_i^2$$

$$L_{ii} = U_i \frac{\partial Q_i}{\partial U_i} = Q_i - B_{ii} U_i^2$$

5.2. TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA MẠNG ĐIỆN THIẾT KẾ

Ta sử dụng phần mềm POWERWORLD để tính toán chế độ xác lập của lưới điện.

5.2.1. Chế độ phụ tải cực đại

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.

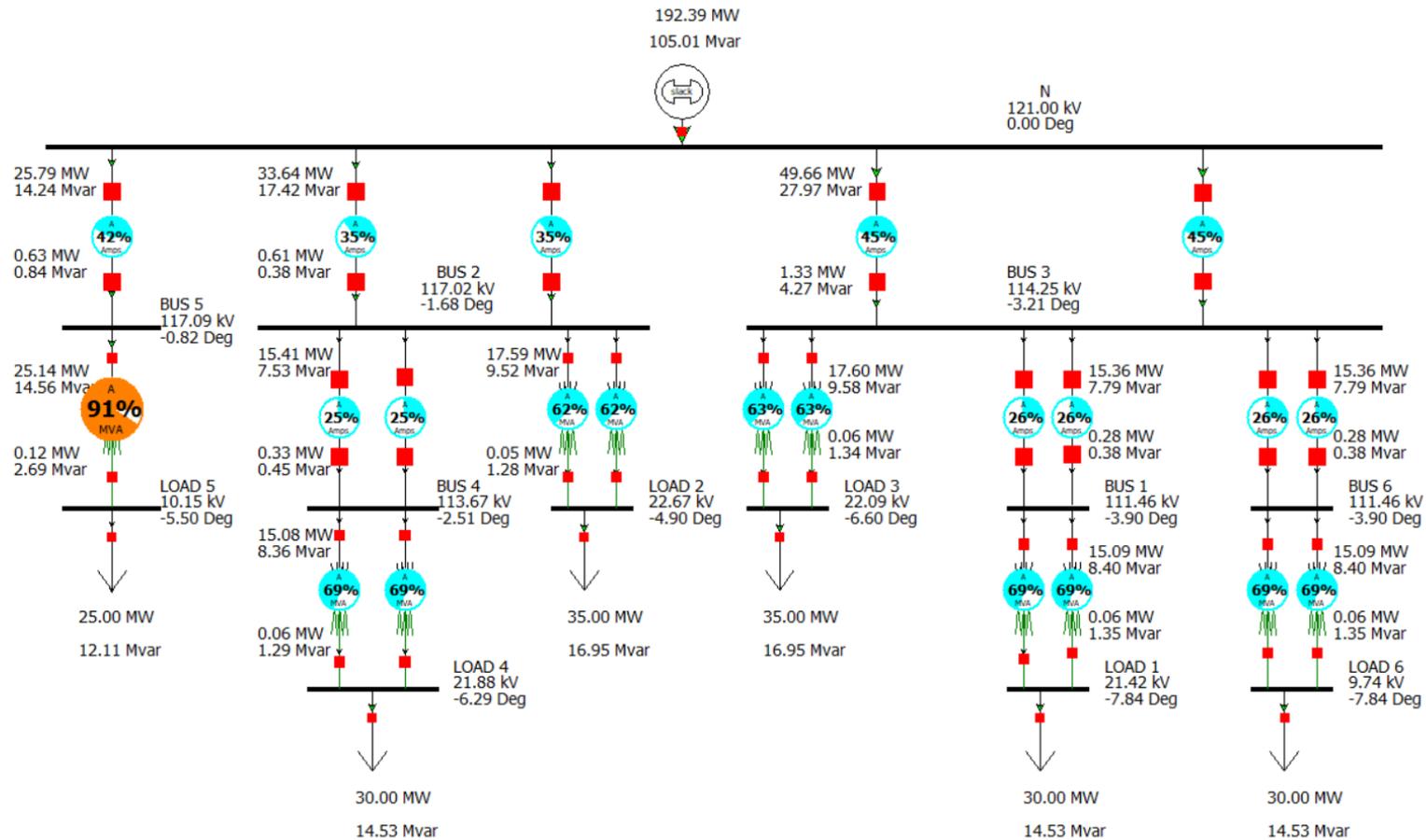
Trong chế độ phụ tải cực đại thông số của lưới điện như sau:

Bảng 5.1 Thông số nút trong chế độ phụ tải cực đại

Nút	Kiểu	P (MW)	Q (Mvar)	U (kV)	δ (Deg)
N	Slack bus	-	-	121	0
BUS 3	PQ	0	0	-	-
LOAD 3	PQ	35	16,95	-	-
BUS 1	PQ	0	0	-	-
LOAD 1	PQ	30	14,53	-	-
BUS 6	PQ	0	0	-	-
LOAD 6	PQ	30	14,53	-	-
BUS 2	PQ	0	0	-	-
LOAD 2	PQ	35	16,95	-	-
BUS 4	PQ	0	0	-	-
LOAD 4	PQ	30	14,53	-	-
BUS 5	PQ	0	0	-	-
LOAD 5	PQ	25	12,11	-	-

Bảng 5.2 Thông số nhánh trong chế độ phụ tải cực đại

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R (Ω)	X (Ω)	G ($10^{-6} \cdot \Omega^{-1}$)	B ($10^{-6} \cdot \Omega^{-1}$)
N – BUS 3	2	-	2,95	9,50	0	209,08
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,935	21,75	5,294	36,294
BUS 3 – BUS 1	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 1 – LOAD 1	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
BUS 3 – BUS 6	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 6 – LOAD 6	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
N – BUS 2	2	-	3,06	7,81	0	166,05
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,935	21,75	5,294	36,294
BUS 2 – BUS 4	2	-	7,38	10,16	0	192,95
BUS 4 – LOAD 4	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
N – BUS 5	1	-	10,44	13,88	0	81,85
BUS 5 – LOAD 5	-	1	1,87	43,5	2,647	18,147



Hình 5.3 Mô phỏng chế độ xác lập của lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ phụ tải cực đại

Bảng 5.3 Dòng công suất trên các nhánh ở chế độ phụ tải cực đại

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	\dot{S} (MVA)
N – BUS 3	2	-	99,32+j55,94
BUS 3 – LOAD 3	-	2	35,2+j19,16
BUS 3 – BUS 1	2	-	30,72+j15,58
BUS 1 – LOAD 1	-	2	30,18+j16,8
BUS 3 – BUS 6	2	-	30,72+j15,58
BUS 6 – LOAD 6	-	2	30,18+j16,8
N – BUS 2	2	-	67,28+j34,84
BUS 2 – LOAD 2	-	2	35,18+j19,04
BUS 2 – BUS 4	2	-	30,82+j15,06
BUS 4 – LOAD 4	-	2	30,16+j16,72
N – BUS 5	1	-	25,79+j14,24
BUS 5 – LOAD 5	-	1	25,14+j14,56

Bảng 5.4 Tổn thất công suất trên các nhánh trong chế độ phụ tải cực đại

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	ΔP (MW)	ΔQ (MVar)
N – BUS 3	2	-	2,66	8,54
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,12	2,68
BUS 3 – BUS 1	2	-	0,56	0,76
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,12	2,70
BUS 3 – BUS 6	2	-	0,56	0,76
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,12	2,70
N – BUS 2	2	-	1,22	0,76
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,1	2,56
BUS 2 – BUS 4	2	-	0,66	0,66
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,12	2,58
N – BUS 5	1	-	0,63	0,84
BUS 5 – LOAD 5	-	1	0,12	2,69
$\Delta P_{\Sigma} / \Delta Q$			6,99	28,23

Bảng 5.5 Điện áp trên từng nút trong chế độ phụ tải cực đại

Nút	Điện áp (kV)	δ (Deg)
N	121	0
BUS 3	114,25	-3,21
LOAD 3	22,09	-6,60
BUS 1	111,46	-3,90
LOAD 1	21,42	-7,84
BUS 6	111,46	-3,90
LOAD 6	9,74	-7,84
BUS 2	117,02	-1,68
LOAD 2	22,67	-4,90
BUS 4	113,67	2,51
LOAD 4	21,88	-6,29
BUS 5	117,09	-0,82
LOAD 5	10,15	-5,50

- Công suất của nguồn phát trong chế độ phụ tải cực đại:

$$\dot{S}_N = 192,39 + j105,01MVA$$

5.2.2. Chế độ phụ tải cực tiểu

Ở chế độ phụ tải cực tiểu: phụ tải có $\dot{S}_{\min} = 50\% \dot{S}_{\max}$, đường dây lộ kép, trạm biến áp có thể vận hành 1 máy biến áp, điện áp của nguồn điện bằng 105% điện áp định mức.

Thông số các phụ tải ở chế độ phụ tải cực tiểu được cho trong bảng 5.6:

Bảng 5.6 Thông số phụ tải ở chế độ phụ tải cực tiểu

Phụ tải	\dot{S}_{\min} (MVA)
1	15+j7,265
2	17,5+j8,476
3	17,5+j8,476
4	15+j7,265
5	12,5+j6,054
6	15+j7,265

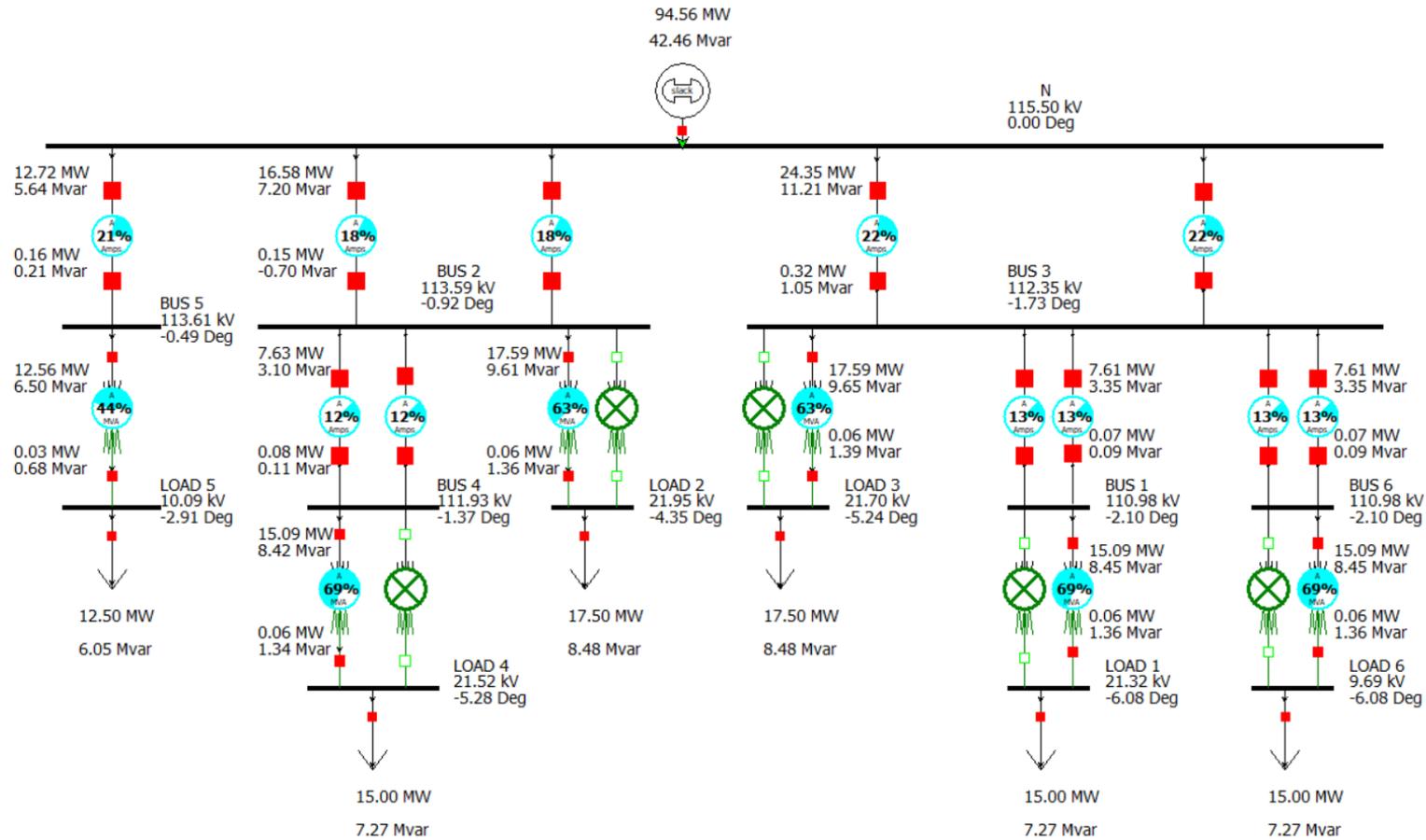
Trong chế độ phụ tải cực tiểu thông số của lưới điện như sau:

Bảng 5.7 Thông số nút trong chế độ phụ tải cực tiểu

Nút	Kiểu	P (MW)	Q (Mvar)	U (kV)	δ (Deg)
N	Slack bus	-	-	115,5	0
BUS 3	PQ	0	0	-	-
LOAD 3	PQ	17,5	8,476	-	-
BUS 1	PQ	0	0	-	-
LOAD 1	PQ	15	7,265	-	-
BUS 6	PQ	0	0	-	-
LOAD 6	PQ	15	7,265	-	-
BUS 2	PQ	0	0	-	-
LOAD 2	PQ	17,5	8,476	-	-
BUS 4	PQ	0	0	-	-
LOAD 4	PQ	15	7,265	-	-
BUS 5	PQ	0	0	-	-
LOAD 5	PQ	12,5	6,054	-	-

Bảng 5.8 Thông số nhánh trong chế độ phụ tải cực tiểu

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R (Ω)	X (Ω)	G ($10^{-6}.\Omega^{-1}$)	B ($10^{-6}.\Omega^{-1}$)
N – BUS 3	2	-	2,95	9,50	0	209,08
BUS 3 – LOAD 3	-	1	1,87	43,5	2,647	18,147
BUS 3 – BUS 1	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 1 – LOAD 1	-	1	2,54	55,9	2,193	15,123
BUS 3 – BUS 6	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 6 – LOAD 6	-	1	2,54	55,9	2,193	15,123
N – BUS 2	2	-	3,06	7,81	0	166,05
BUS 2 – LOAD 2	-	1	1,87	43,5	2,647	18,147
BUS 2 – BUS 4	2	-	7,38	10,16	0	192,95
BUS 4 – LOAD 4	-	1	2,54	55,9	2,193	15,123
N – BUS 5	1	-	10,44	13,88	0	81,85
BUS 5 – LOAD 5	-	1	1,87	43,5	2,647	18,147



Hình 5.4 Mô phỏng chế độ xác lập của lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ phụ tải cực tiểu

Bảng 5.9 Dòng công suất trên các nhánh ở chế độ phụ tải cực tiểu

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	\dot{S} (MVA)
N – BUS 3	2	-	48,70+j22,42
BUS 3 – LOAD 3	-	1	17,59+j9,65
BUS 3 – BUS 1	2	-	15,22+j6,70
BUS 1 – LOAD 1	-	1	15,09+j8,45
BUS 3 – BUS 6	2	-	15,22+j6,70
BUS 6 – LOAD 6	-	1	15,09+j8,45
N – BUS 2	2	-	33,16+j14,40
BUS 2 – LOAD 2	-	1	17,59+j9,61
BUS 2 – BUS 4	2	-	15,62+j6,20
BUS 4 – LOAD 4	-	1	15,09+j8,42
N – BUS 5	1	-	12,72+j5,64
BUS 5 – LOAD 5	-	1	12,56+j6,50

Bảng 5.10 Tổng thất công suất trên các nhánh ở chế độ phụ tải cực tiểu

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	ΔP (MW)	ΔQ (MVar)
N – BUS 3	2	-	0,64	2,10
BUS 3 – LOAD 3	-	1	0,06	1,39
BUS 3 – BUS 1	2	-	0,14	0,18
BUS 1 – LOAD 1	-	1	0,06	1,36
BUS 3 – BUS 6	2	-	0,14	0,18
BUS 6 – LOAD 6	-	1	0,06	1,36
N – BUS 2	2	-	0,30	-1,40
BUS 2 – LOAD 2	-	1	0,06	1,36
BUS 2 – BUS 4	2	-	0,16	0,22
BUS 4 – LOAD 4	-	1	0,06	1,34
N – BUS 5	1	-	0,16	0,21
BUS 5 – LOAD 5	-	1	0,03	0,68
$\Delta P_{\Sigma} / \Delta Q$			1,87	8,98

Bảng 5.11 Điện áp trên từng nút trong chế độ phụ tải cực tiểu

Nút	Điện áp (kV)	δ (Deg)
N	115,50	0
BUS 3	112,35	-1,73
LOAD 3	21,70	-5,24
BUS 1	110,98	-2,10
LOAD 1	21,32	-6,08
BUS 6	110,98	-2,10
LOAD 6	9,69	-6,08
BUS 2	113,59	-0,92
LOAD 2	21,95	-4,35
BUS 4	111,93	-1,37
LOAD 4	21,52	-5,28
BUS 5	113,61	-0,49
LOAD 5	10,09	-2,91

- Công suất của nguồn phát trong chế độ phụ tải cực tiểu:

$$\dot{S}_N = 94,56 + j42,46 \text{ MVA}$$

5.2.3. Chế độ sau sự cố

Sự cố trong mạng điện có thể xảy ra khi một mạch đường dây mạch kép ngừng làm việc, hay sự cố một máy biến áp trong trạm biến áp hạ áp vận hành 2 máy biến áp song song. Điện áp vận hành của nguồn là 110% điện áp định mức. Khi xét sự cố ta không xét sự cố xếp chồng và xét sự cố khi phụ tải ở chế độ phụ tải cực đại.

Ta sẽ xét một số sự cố như sự cố đường dây mạch kép khi có một đường dây ngừng làm việc, đường dây còn lại sẽ mang toàn bộ tải của đường dây sự cố. Ở đây ta chỉ xét sự cố của một số đường dây chịu tải lớn như các đường dây liên thông với nguồn.

Với lưới điện đã thiết kế như trên ta sẽ xét những sự cố sau:

- Sự cố ngừng một mạch đường dây N-3.
- Sự cố ngừng một mạch đường dây N-2.

Bảng 5.12 Thông số nút trong chế độ sau sự cố

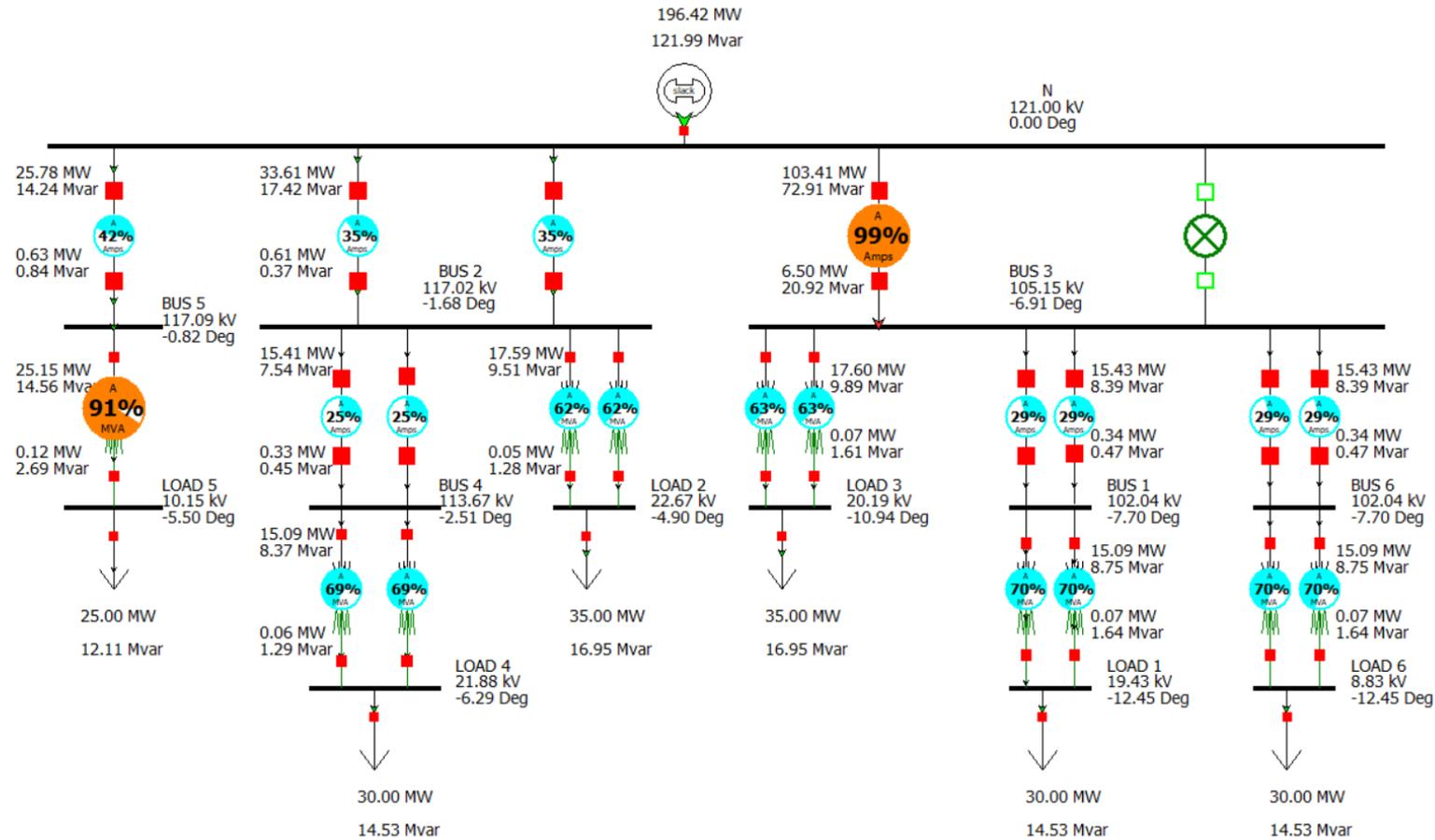
Nút	Kiểu	P (MW)	Q (Mvar)	U (kV)	δ (Deg)
N	Slack bus	-	-	121	0
BUS 3	PQ	0	0	-	-
LOAD 3	PQ	35	16,95	-	-
BUS 1	PQ	0	0	-	-
LOAD 1	PQ	30	14,53	-	-
BUS 6	PQ	0	0	-	-
LOAD 6	PQ	30	14,53	-	-
BUS 2	PQ	0	0	-	-
LOAD 2	PQ	35	16,95	-	-
BUS 4	PQ	0	0	-	-
LOAD 4	PQ	30	14,53	-	-
BUS 5	PQ	0	0	-	-
LOAD 5	PQ	25	12,11	-	-

5.2.3.1. Sự cố ngừng một mạch đường dây N-3

Trong chế độ sau sự cố đường dây N-3 thông số của lưới điện như sau:

Bảng 5.13 Thông số nhánh trong chế độ sau sự cố N-3

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R (Ω)	X (Ω)	G ($10^{-6} \cdot \Omega^{-1}$)	B ($10^{-6} \cdot \Omega^{-1}$)
N – BUS 3	1	-	5,9	19	0	104,54
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,935	21,75	5,294	36,294
BUS 3 – BUS 1	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 1 – LOAD 1	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
BUS 3 – BUS 6	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 6 – LOAD 6	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
N – BUS 2	2	-	3,06	7,81	0	166,05
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,935	21,75	5,294	36,294
BUS 2 – BUS 4	2	-	7,38	10,16	0	192,95
BUS 4 – LOAD 4	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
N – BUS 5	1	-	10,44	13,88	0	81,85
BUS 5 – LOAD 5	-	1	1,87	43,5	2,647	18,147



Hình 5.5 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ sau sự cố ngừng một mạch đường dây N-3

Bảng 5.14 Dòng công suất trên các nhánh trong chế độ sau sự cố N-3

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	\dot{S} (MVA)
N – BUS 3	1	-	103,41+j72,91
BUS 3 – LOAD 3	-	2	35,2+j19,78
BUS 3 – BUS 1	2	-	30,86+j16,78
BUS 1 – LOAD 1	-	2	30,18+j17,50
BUS 3 – BUS 6	2	-	30,86+j16,78
BUS 6 – LOAD 6	-	2	30,18+j17,50
N – BUS 2	2	-	67,22+j34,84
BUS 2 – LOAD 2	-	2	35,18+j19,02
BUS 2 – BUS 4	2	-	30,82+j15,08
BUS 4 – LOAD 4	-	2	30,18+j16,74
N – BUS 5	1	-	25,78+j14,24
BUS 5 – LOAD 5	-	1	25,15+j14,56

Bảng 5.15 Tổn thất công suất trong các nhánh trong chế độ sau sự cố N-3

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	ΔP (MW)	ΔQ (MVar)
N – BUS 3	1	-	6,50	20,92
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,14	3,22
BUS 3 – BUS 1	2	-	0,68	0,94
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,14	3,28
BUS 3 – BUS 6	2	-	0,68	0,94
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,14	3,28
N – BUS 2	2	-	1,22	0,74
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,1	2,56
BUS 2 – BUS 4	2	-	0,66	0,90
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,12	2,58
N – BUS 5	1	-	0,63	0,84
BUS 5 – LOAD 5	-	1	0,12	2,69
$\Delta P_{\Sigma} / \Delta Q$			11,13	42,89

Bảng 5.16 Điện áp trên từng nút trong chế độ sau sự cố N-3

Nút	Điện áp (kV)	δ (Deg)
N	121	0
BUS 3	105,15	-6,91
LOAD 3	20,19	-10,94
BUS 1	102,04	-7,70
LOAD 1	19,43	-12,45
BUS 6	102,04	-7,70
LOAD 6	8,83	-12,45
BUS 2	117,02	-1,68
LOAD 2	22,67	-4,90
BUS 4	113,67	2,51
LOAD 4	21,88	-6,29
BUS 5	117,09	-0,82
LOAD 5	10,15	-5,50

- Công suất của nguồn phát trong chế độ sau sự cố N-3:

$$\dot{S}_N = 196,42 + j121,99 \text{ MVA}$$

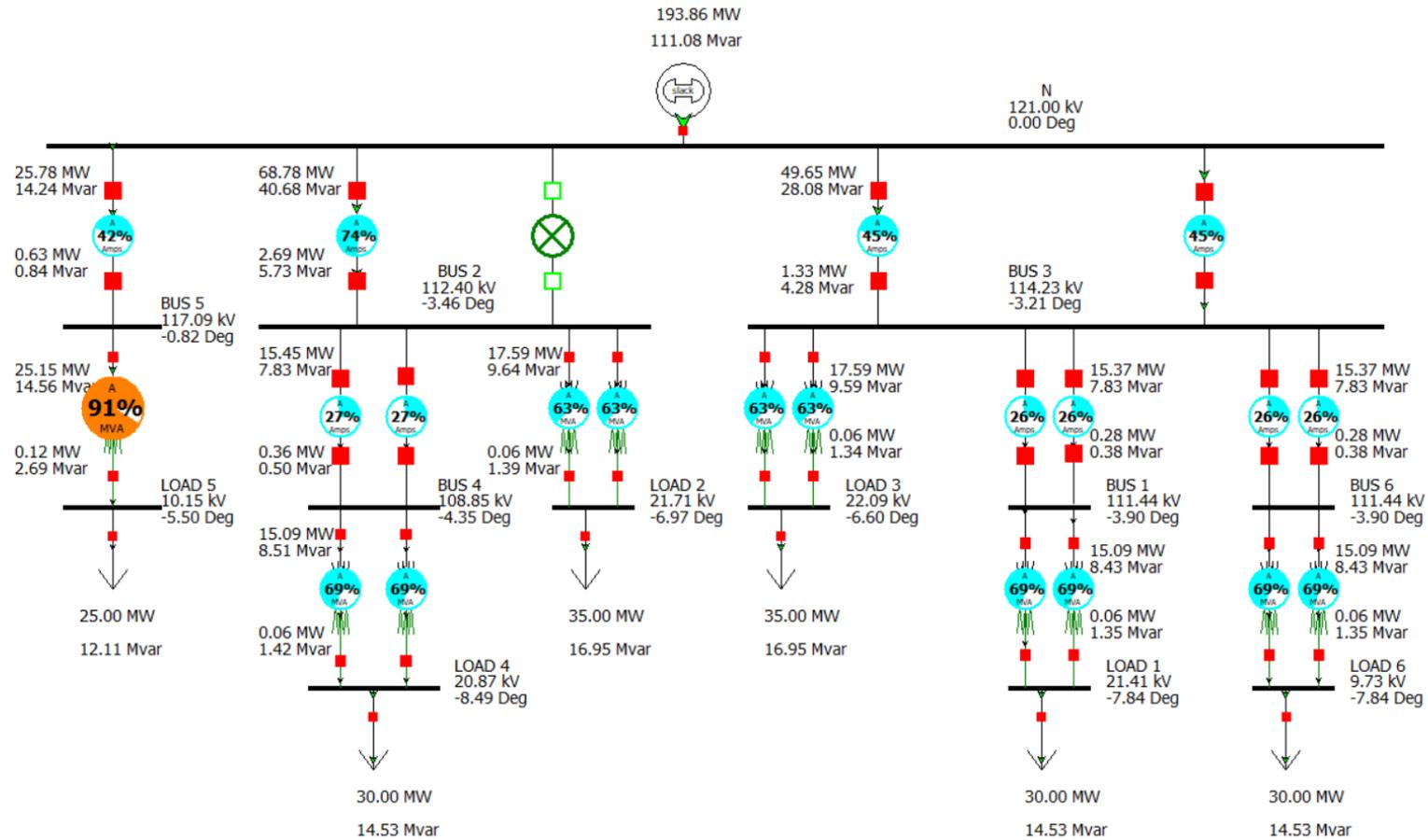
- Khi xảy ra sự cố ngừng một mạch đường dây N-3:
 - o Điện áp trên các nút BUS 3, LOAD 3, BUS 1, LOAD 1, BUS 6, LOAD 6 giảm nhiều hơn trong chế độ phụ tải cực đại.
 - o Đồng thời tổn thất công suất trong lưới điện cũng tăng cao hơn so với trong chế độ phụ tải cực đại (từ 6,99 MW lên 11,13 MW).
 - o Khi một mạch đường dây N-3 ngừng làm việc mạch còn lại sẽ làm việc đầy tải với 99% tải trong khi đường dây N-3 đã sử dụng dây dẫn là ACSR-240 với $I_{\max} = 610 \text{ A}$.

5.2.3.2. Sự cố ngừng một mạch đường dây N-2

Trong chế độ sau sự cố đường dây N-3 thông số của lưới điện như sau:

Bảng 5.17 Thông số nhánh trong chế độ sau sự cố N-2

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	R (Ω)	X (Ω)	G ($10^{-6}.\Omega^{-1}$)	B ($10^{-6}.\Omega^{-1}$)
N – BUS 3	2	-	2,95	9,50	0	209,08
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,935	21,75	5,294	36,294
BUS 3 – BUS 1	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 1 – LOAD 1	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
BUS 3 – BUS 6	2	-	5,95	8,19	0	155,56
BUS 6 – LOAD 6	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
N – BUS 2	1	-	7,12	15,62	0	83,03
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,935	21,75	5,294	36,294
BUS 2 – BUS 4	2	-	7,38	10,16	0	192,95
BUS 4 – LOAD 4	-	2	1,27	27,95	4,386	30,246
N – BUS 5	1	-	10,44	13,88	0	81,85
BUS 5 – LOAD 5	-	1	1,87	43,5	2,647	18,147



Hình 5.6 Mô phỏng lưới điện bằng phần mềm POWERWORLD trong chế độ sau sự cố ngừng một mạch đường dây N-2

Bảng 5.18 Dòng công suất trên các nhánh trong chế độ sau sự cố N-2

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	\dot{S} (MVA)
N – BUS 3	2	-	99,3+j56,16
BUS 3 – LOAD 3	-	2	35,18+j19,18
BUS 3 – BUS 1	2	-	30,74+j15,66
BUS 1 – LOAD 1	-	2	30,18+j16,86
BUS 3 – BUS 6	2	-	30,74+j15,66
BUS 6 – LOAD 6	-	2	30,18+j16,86
N – BUS 2	1	-	68,78+j40,68
BUS 2 – LOAD 2	-	2	35,18+j19,28
BUS 2 – BUS 4	2	-	30,90+j15,66
BUS 4 – LOAD 4	-	2	30,18+j17,02
N – BUS 5	1	-	25,78+j14,24
BUS 5 – LOAD 5	-	1	25,15+j14,56

Bảng 5.19 Tổn thất công suất trên các nhánh trong chế độ sau sự cố N-2

Nhánh	Số lộ ĐD	Số MBA	ΔP (MW)	ΔQ (MVar)
N – BUS 3	2	-	2,66	8,54
BUS 3 – LOAD 3	-	2	0,12	2,68
BUS 3 – BUS 1	2	-	0,56	0,76
BUS 1 – LOAD 1	-	2	0,12	2,70
BUS 3 – BUS 6	2	-	0,56	0,76
BUS 6 – LOAD 6	-	2	0,12	2,70
N – BUS 2	1	-	2,69	5,73
BUS 2 – LOAD 2	-	2	0,12	2,78
BUS 2 – BUS 4	2	-	0,72	1,00
BUS 4 – LOAD 4	-	2	0,12	2,84
N – BUS 5	1	-	0,63	0,84
BUS 5 – LOAD 5	-	1	0,12	2,69
$\Delta P_{\Sigma} / \Delta Q$			8,54	34,02

Bảng 5.20 Điện áp trên từng nút trong chế độ sau sự cố N-2

Nút	Điện áp (kV)	δ (Deg)
N	121	0
BUS 3	114,23	-3,21
LOAD 3	22,09	-6,60
BUS 1	111,44	-3,90
LOAD 1	21,41	-7,84
BUS 6	111,44	-3,90
LOAD 6	9,73	-7,84
BUS 2	112,40	-3,46
LOAD 2	21,71	-6,97
BUS 4	108,85	-4,35
LOAD 4	20,87	-8,49
BUS 5	117,09	-0,82
LOAD 5	10,15	-5,50

- Công suất của nguồn phát trong chế độ sau sự cố N-2:

$$\dot{S}_N = 193,86 + j111,08 \text{ MVA}$$

- Khi xảy ra sự cố ngừng một mạch đường dây N-2:
 - o Điện áp trên các nút BUS 2, LOAD 2, BUS 4, LOAD 4 giảm nhiều hơn trong chế độ phụ tải cực đại.
 - o Đồng thời tổn thất công suất trong lưới điện cũng tăng cao hơn so với trong chế độ phụ tải cực đại (từ 6,99 MW lên 8,54 MW).
 - o Khi một mạch đường dây N-2 ngừng làm việc mạch còn lại sẽ làm việc với 74% tải trong khi đường dây N-2 đã sử dụng dây dẫn là ACSR-185 với $I_{\max} = 515 \text{ A}$.

CHƯƠNG 6: ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN

6.1. YÊU CẦU ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN

Các phụ tải trong mạng điện thiết kế đều là phụ tải loại I và loại 3 và mỗi phụ tải có yêu cầu điều chỉnh điện áp riêng. Đồng thời giá trị điện áp trên thanh cái hạ áp quy về cao áp của các trạm biến áp trong chế độ phụ tải cực đại, chế độ phụ tải cực tiểu và chế độ sau sự cố khác nhau. Do đó để đảm bảo yêu cầu điều chỉnh điện áp cung cấp cho các phụ tải cần phải sử dụng các máy biến áp có điều áp dưới tải.

Như tính toán trong chương 4, ta sử dụng các loại máy biến áp có thông số là:

$$115 \pm 9.1, 78\% / 23,5(11)kV$$

$$32000kVA, 25000kVA$$

$$Y_0/Y_0, Y_0/\Delta$$

Yêu cầu điều chỉnh điện áp ở thanh cái hạ áp của các phụ tải như sau:

- Trong chế độ phụ tải cực đại: $\delta U_{\max} = 5\%$
- Trong chế độ phụ tải cực tiểu: $\delta U_{\min} = 5\%$
- Trong chế độ sau sự cố: $\delta U_{sc} = 5\%$

Điện áp yêu cầu trên thanh cái hạ áp của các phụ tải được tính theo công thức:

$$U_{yc} = U_C (1 + n.e\%)$$

Trong đó:

U_C : Điện áp thanh cái hạ áp quy về cao áp trước khi điều chỉnh.

n : Nấc phân áp của máy biến áp điều áp dưới tải. $n = -9 \div 9$

$e\%$: Bước điều chỉnh của máy biến áp. $e\% = 1,78\%$

Sử dụng máy biến áp có điều áp dưới tải cho phép thay đổi các đầu điều chỉnh trong khi đang vận hành mà không cần ngừng các máy biến áp. Tuy nhiên trong các chế độ vận hành khác nhau điện áp trên thanh cái hạ áp của các trạm biến áp là khác nhau ta cần tính toán lựa chọn nấc phân áp của các máy biến áp trong từng chế độ vận hành.

Để thuận tiện ta có thể tính trước điện áp, tương ứng với mỗi đầu điều chỉnh của máy biến áp. Kết quả tính toán đối với máy biến áp đã chọn được cho trong bảng 6.1

Bảng 6.1 Thông số điều chỉnh của MBA điều áp dưới tải

Đầu điều chỉnh	Tỉ số biến áp (pu/pu)	Điện áp đầu điều chỉnh (kV)
-9	0,8398	96,577
-8	0,8576	98,624
-7	0,8754	100,671
-6	0,8932	102,718
-5	0,9110	104,765
-4	0,9288	106,812
-3	0,9466	108,859
-2	0,9644	110,906
-1	0,9822	112,953
0	1,0000	115
1	1,0178	117,047
2	1,0356	119,094
3	1,0534	121,141
4	1,0712	123,188
5	1,0890	125,235
6	1,1068	127,282
7	1,1246	129,329
8	1,1424	131,376
9	1,1602	133,423

6.2. TÍNH TOÁN CHỌN NẮC PHÂN ÁP CHO CÁC TRẠM BIẾN ÁP CÓ ĐIỀU ÁP DƯỚI TẢI TRONG CÁC CHẾ ĐỘ

6.2.1. Ứng dụng thuật toán Newton – Raphson trong lựa chọn nấc phân áp cho các trạm biến áp có điều áp dưới tải

Thuật toán Newton – Raphson (N-R) rất hiệu quả do nó có đặc tính hội tụ mạnh, thường dùng để phân tích trào lưu công suất trong hệ thống lớn. Và 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:

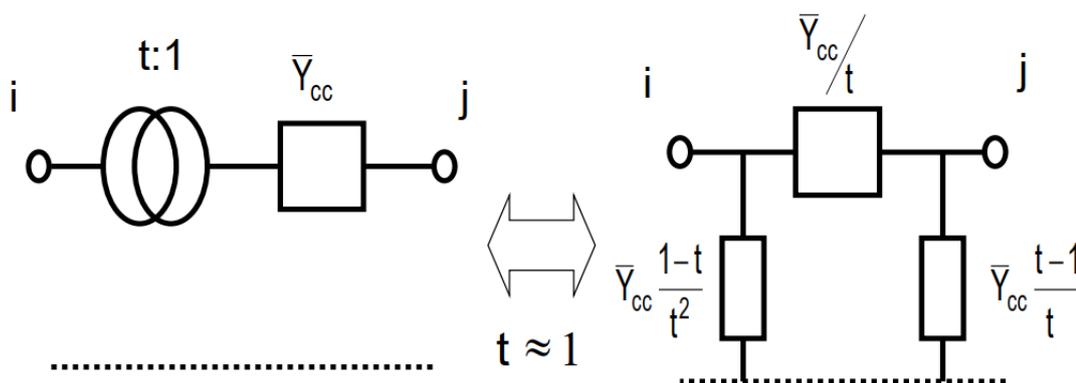
$$X^{(i+1)} = X^{(i)} + \Delta X^{(i)}$$

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 ε 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, θ 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 áp dưới tải

- 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:

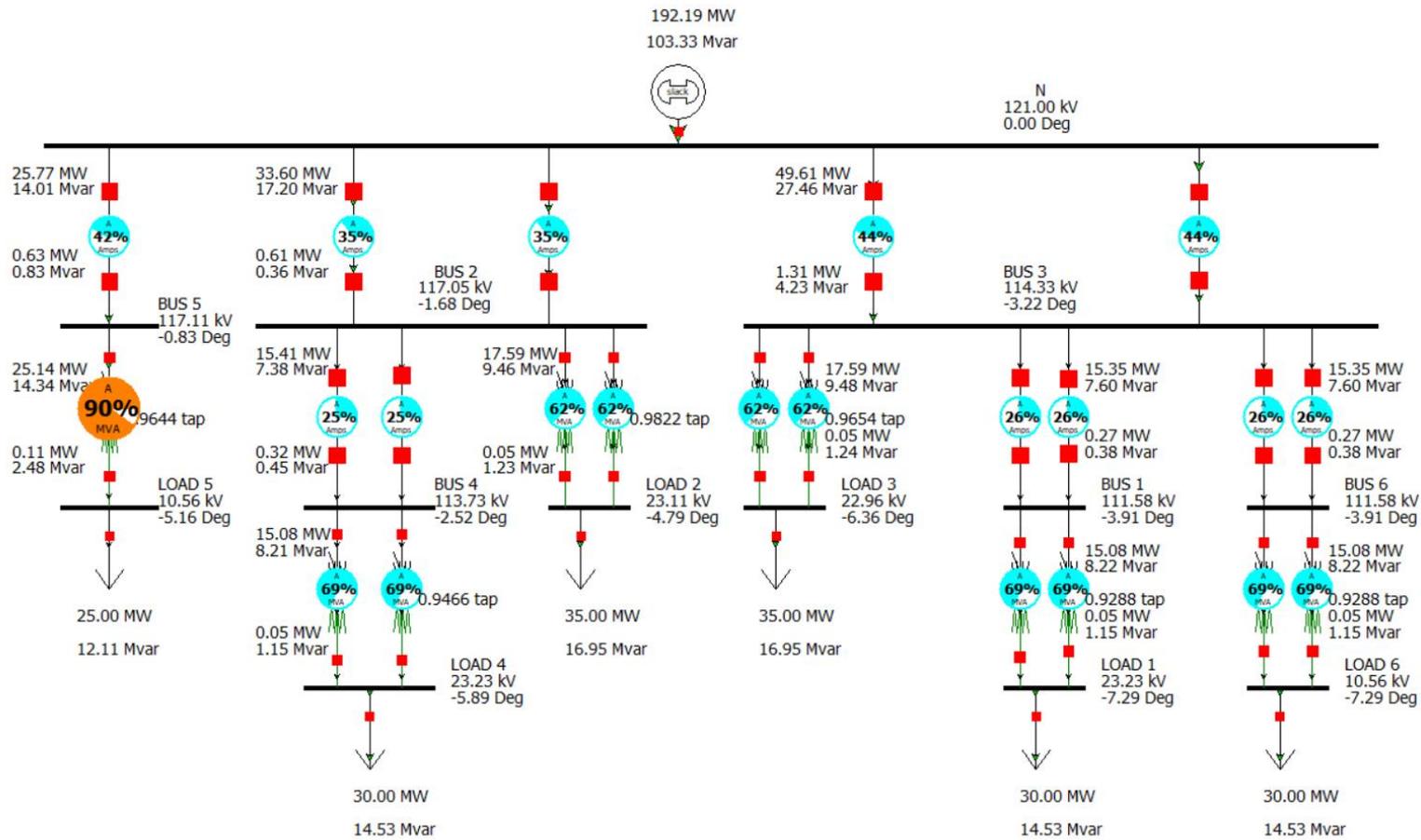
- t đạt đến giới hạn (giới hạn điều chỉnh điện áp), khi đó t sẽ tự động đặt thành giá trị giới hạn và tại nút đó lại trở thành nút PQ bình thường.
- Nếu kết quả hội tụ, ta sẽ phải tìm giá trị nấc phân áp t gần nhất với giá trị t hội tụ phù hợp với bước phân áp của máy biến áp và tiếp tục bước lặp cuối cùng với giá trị t tìm được.

6.2.2. Chế độ phụ tải cực đại

Ở đây ta dùng phần mềm POWERWORLD để tính toán chọn nấc phân áp của máy biến áp điều áp dưới tải.

Bảng 6.2 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ phụ tải cực đại

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U_h (kV)$	21,42	22,67	22,09	21,88	10,15	9,74
n	-4	-1	-2	-3	-2	-4
$U_{t,max} (kV)$	23,23	23,11	22,96	23,23	10,56	10,56
$\delta U_{max} (\%)$	5,59	5,05	4,36	5,59	5,6	5,6

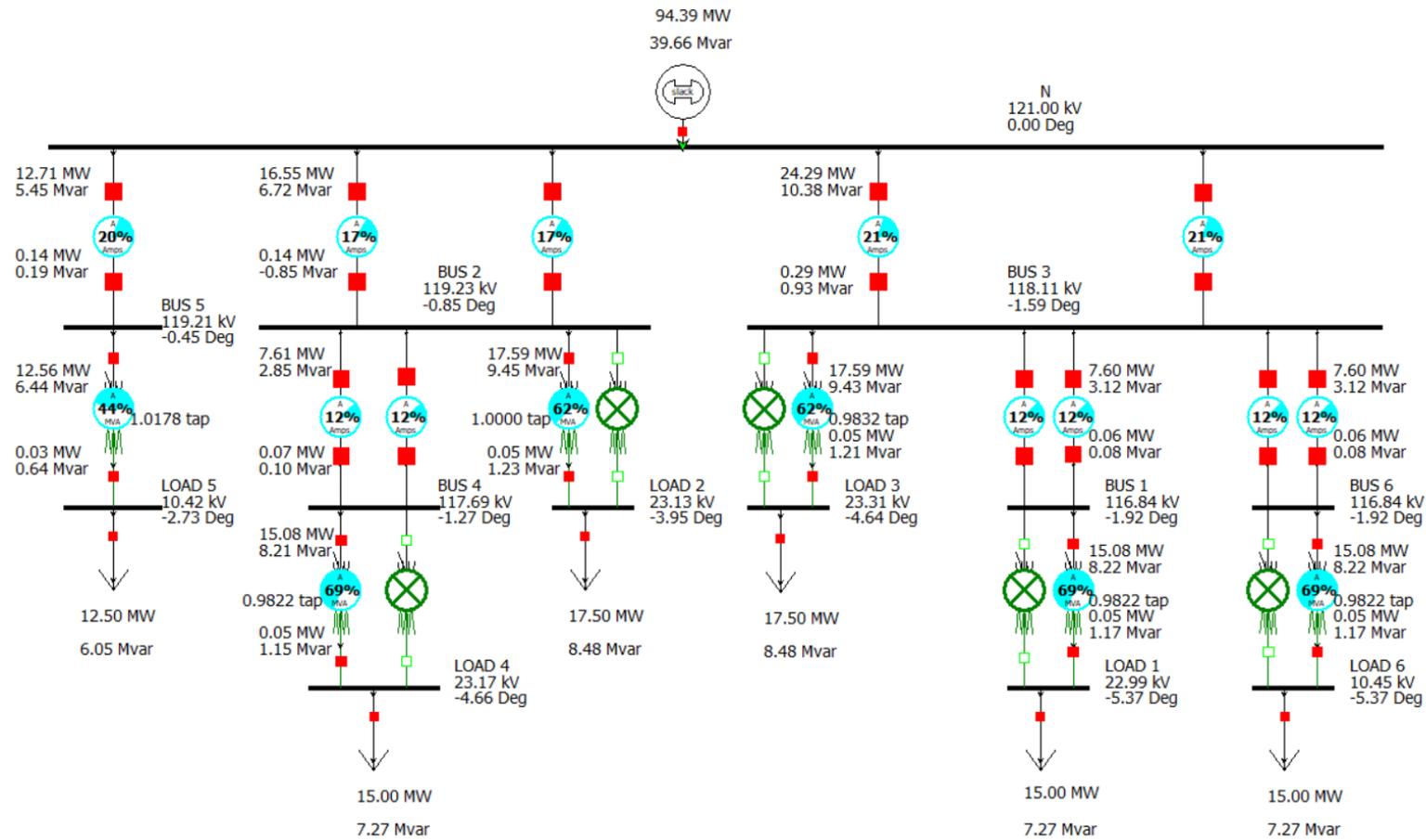


Hình 6.2 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ phụ tải cực đại

6.2.3. Chế độ phụ tải cực tiểu

Bảng 6.3 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ phụ tải cực tiểu

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
$U_h (kV)$	21,32	21,95	21,70	21,52	10,09	9,69
n	-1	0	-1	-1	1	-1
$U_{t,max} (kV)$	22,99	23,13	23,31	23,17	10,42	10,45
$\delta U_{max} (\%)$	4,5	5,14	5,95	5,32	4,2	4,5



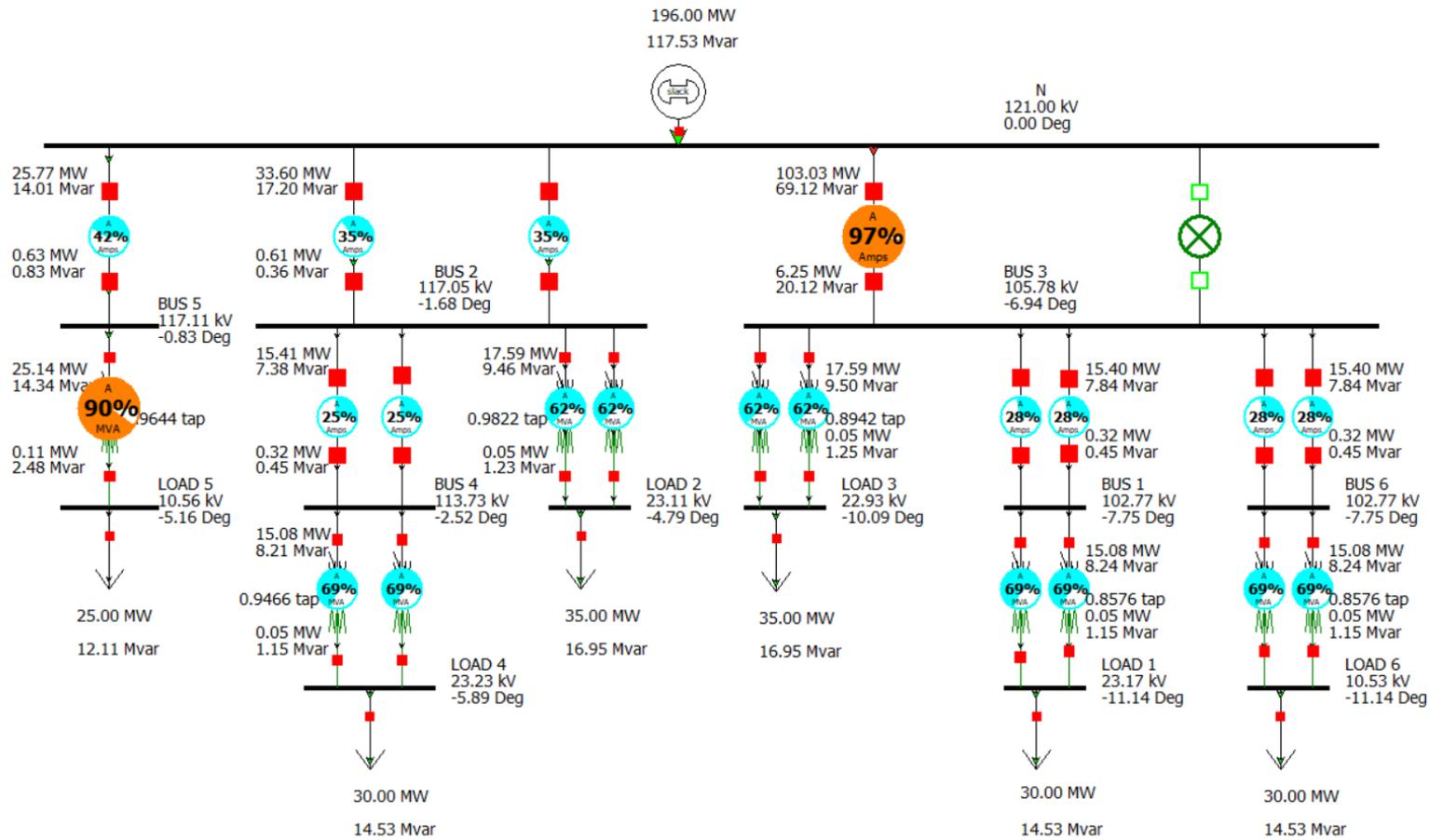
Hình 6.3 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ phụ tải cực tiểu

6.2.4. Chế độ sau sự cố

6.2.4.1. Sự cố ngừng một mạch đường dây N-3

Bảng 6.4 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ sau sự cố N-3

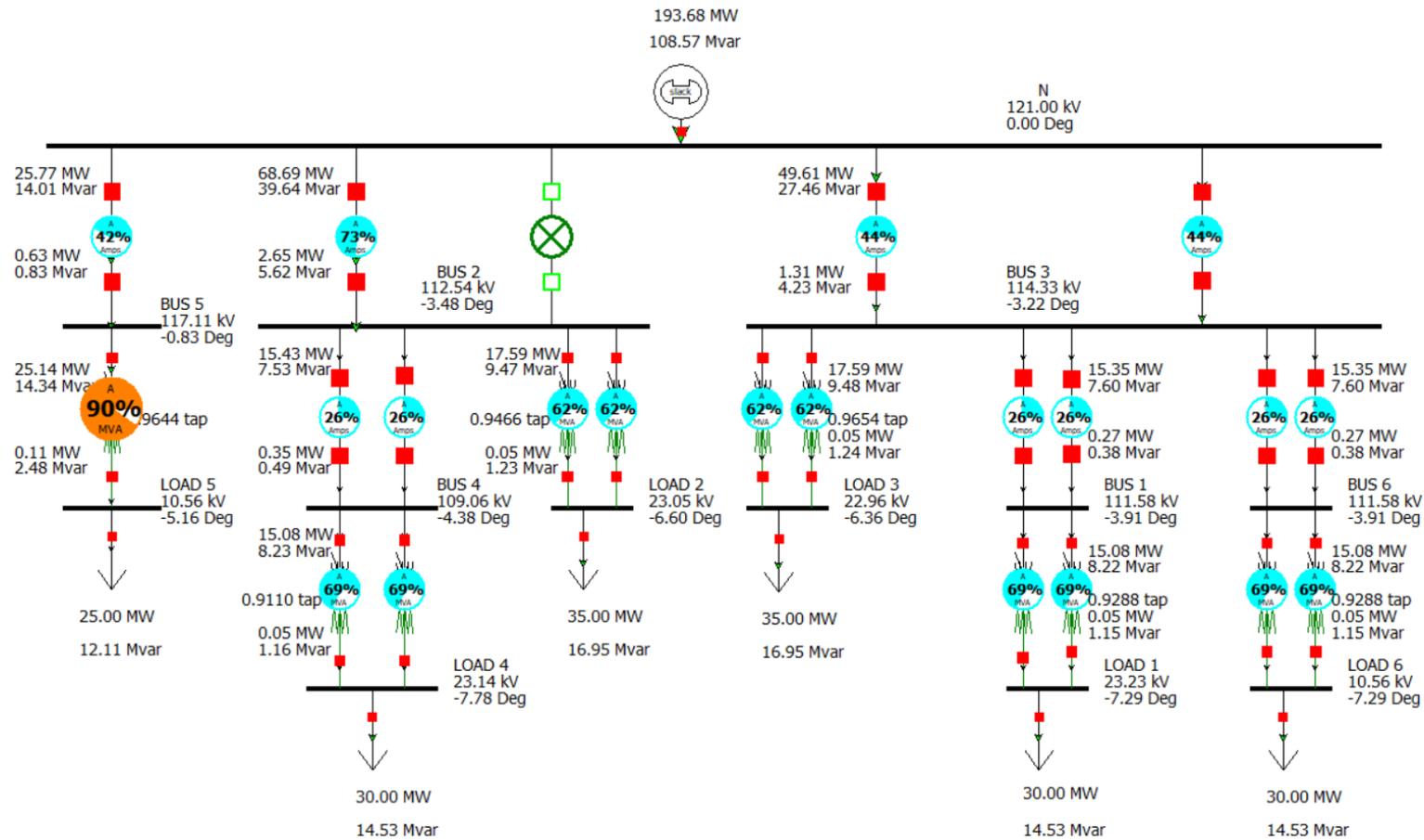
Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
U_h (kV)	21,42	22,67	22,09	21,88	10,15	9,74
n	-8	-1	-6	-3	-2	-8
$U_{t,max}$ (kV)	23,17	23,11	22,93	23,23	10,56	10,53
δU_{max} (%)	5,32	5,05	4,23	5,59	5,6	5,3



Hình 6.4 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ sau sự cố N-3

6.2.4.2. Sự cố ngừng một mạch đường dây N-2*Bảng 6.5 Kết quả tính toán điều chỉnh điện áp trong chế độ sau sự cố N-2*

Trạm biến áp	1	2	3	4	5	6
U_h (kV)	21,42	22,67	22,09	21,88	10,15	9,74
n	-4	-3	-2	-5	-2	-4
$U_{t,max}$ (kV)	23,23	23,05	22,96	23,14	10,56	10,56
δU_{max} (%)	5,59	4,77	4,36	5,18	5,6	5,6



Hình 6.5 Kết quả điều chỉnh điện áp bằng phần mềm POWERWORLD (tự động) trong chế độ sau sự cố N-2

CHƯƠNG 7: CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT TỔNG HỢP CỦA LƯỚI ĐIỆN

7.1. VỐN ĐẦU TƯ CHO MẠNG ĐIỆN

Tổng vốn đầu tư xây dựng mạng điện được xác định theo công thức:

$$K = K_{DD} + K_{TBA}$$

Trong đó:

K_{DD} : Vốn đầu tư xây dựng đường dây.

K_{TBA} : Vốn đầu tư xây dựng trạm biến áp.

Vốn đầu tư xây dựng đường dây là:

$$K_{DD} = \sum V_{0i} \cdot I_{di} = 814847,259 \text{ triệu đồng}$$

Trong lưới điện thiết kế có 6 trạm biến áp hạ áp, 5 trạm có 2 MBA cấp điện cho phụ tải loại I, 1 trạm có 1 MBA cấp điện cho phụ tải loại III. Trong đó, 3 trạm biến áp đặt 2 máy 25000 kVA, 2 trạm biến áp đặt 2 máy 32000 kVA, 1 trạm biến áp đặt 1 máy 3200kVA. Vậy vốn đầu tư xây dựng trạm biến áp là:

$$K_{TBA} = (3.22.1,8 + 2.29.1,8 + 1.29).10^3 = 252200 \text{ triệu đồng}$$

Tổng vốn đầu tư xây dựng mạng điện là: $K = 1067047,259$ triệu đồng

7.2. TỔN THẤT CÔNG SUẤT TÁC DỤNG TRONG MẠNG ĐIỆN

Tổn thất công suất trong mạng điện bao gồm tổn thất công suất tác dụng trên đường dây và tổn thất công suất tác dụng trong máy biến áp ở chế độ phụ tải cực đại:

Tổng tổn thất công suất tác dụng trên đường dây là:

$$\Delta P_{DD} = 0,63 + 0,61.2 + 0,33.2 + 1,31.2 + 0,27.2 + 0,27.2 = 6,21MW$$

Tổng tổn thất không tải của các máy biến áp là:

$$\Delta P_{0BA} = (29.6 + 35.5).10^{-3} = 0,349MW$$

Tổng tổn thất công suất tác dụng trên cuộn dây của máy biến áp là:

$$\Delta P_{dBA} = 0,628MW$$

Tổng tổn thất công suất tác dụng là:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{DD} + \Delta P_{BA} = 7,1866MW$$

Tổng tổn thất công suất tác dụng trong mạng điện tính theo phần trăm là:

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{\sum P_{\max}} = \frac{7,1866}{185} = 3,885\%$$

7.3. TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG TRONG MẠNG ĐIỆN

Tổn thất điện năng trong mạng điện được tính theo công thức:

$$\Delta A = (\Delta P_{d_{BA}} + \Delta P_{DD}) \cdot \tau + \Delta P_0 \cdot t$$

Trong đó:

τ : Thời gian tổn thất công suất lớn nhất.

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 4900 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3302,485h$$

t : Thời gian vận hành của các máy biến áp trong năm.

Các máy biến áp vận hành cả năm nên: $t = 8760h$.

Tổng tổn thất điện năng trong mạng điện bằng:

$$\Delta A = (6,21 + 0,628) \cdot 3302,485 + 0,349 \cdot 8760 = 25639,632MWh$$

Tổng điện năng các phụ tải tiêu thụ trong một năm là:

$$A_{\Sigma} = \sum P_{\max,i} \cdot T_{\max,i} = (\sum P_{\max,i}) \cdot T_{\max} = 185.4900 = 906500MWh$$

Tổng tổn thất điện năng trong mạng điện tính theo phần trăm là:

$$\Delta A\% = \frac{\Delta A}{A_{\Sigma}} = \frac{25639,632}{906500} = 2,828\%$$

7.4. GIÁ THÀNH TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

7.4.1. Chi phí vận hành hàng năm

Chi phí vận hành năm trong mạng điện được xác định theo công thức:

$$Y = a_{vhd} \cdot K_{DD} + a_{vht} \cdot K_{TBA} + \Delta A \cdot c_A$$

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_A : Giá thành tổn thất điện năng. $c_A = 1500$ đồng/kWh

Vậy:

$$Y = (0,08 \cdot 814847,259 + 0,1 \cdot 252200 + 25639,632 \cdot 1500 \cdot 10^{-3}) \cdot 10^6 = 128,867 \cdot 10^9 \text{ đồng}$$

7.4.2. Tính toán giá thành truyền tải điện năng

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

$$\beta = \frac{Y}{A_{\Sigma}} = \frac{128867,208 \cdot 10^6}{906500 \cdot 10^3} = 142,159 \text{ đồng/kWh}$$

7.4.3. Giá thành xây dựng 1 MW công suất phụ tải trong chế độ cực đại

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

$$K_0 = \frac{K}{\sum P_{\max.i}} = \frac{1067047,259 \cdot 10^6}{185} = 5,768 \cdot 10^9 \text{ đ/MWh}$$

Kết quả tính toán các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của hệ thống điện thiết kế được tổng hợp trong bảng 7.1.

Bảng 7.1 Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tổng hợp của lưới điện

STT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Tổng công suất phụ tải cực đại	MW	185
2	Tổng chiều dài đường dây	km	229,232
3	Tổng công suất các MBA hạ áp	MVA	310
4	Tổng vốn đầu tư cho mạng điện	10^9 đ	1067,047
5	Tổng vốn đầu tư về đường dây	10^9 đ	814,847
6	Tổng vốn đầu tư về các trạm biến áp	10^9 đ	252,2
7	Tổng điện năng các phụ tải tiêu thụ	MWh	906500
8	$\Delta U_{\max.bt}$	%	8,39
9	$\Delta U_{\max.sc}$	%	14,322
10	Tổng tổn thất công suất ΔP	MW	7,187
11	Tổng tổn thất công suất $\Delta P\%$	%	3,885
12	Tổng tổn thất điện năng ΔA	MWh	25639,632
13	Tổng tổn thất điện năng $\Delta A\%$	%	2,828
14	Chi phí vận hành hàng năm	10^9 đ	128,867
15	Giá thành truyền tải điện năng β	đ/kWh	142,159
16	Giá thành xây dựng 1 MW công suất phụ tải khi cực đại	10^9 đ/MW	5,768