
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN

ĐỀ TÀI:

**TÍNH TOÁN THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN TRONG
NHÀ MÁY ĐIỆN “NHIỆT ĐIỆN NGỪNG HƠI”**

Giảng viên hướng dẫn: **PGS. TS. NGÔ VĂN DƯỠNG**

Sinh viên thực hiện : **HỒ NGỌC CHƯƠNG – 105200079 – 20D1**

Đà Nẵng – 2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: Tính toán, thiết kế phần điện trong nhà máy điện “Nhiệt Điện Ngưng Hơi”

Sinh viên thực hiện: Hồ Ngọc Chương

Số thẻ SV: 105200079 - Lớp: 20D1

Đồ án tốt nghiệp tập trung vào việc thiết kế nhà máy nhiệt điện ngưng hơi, bao gồm các nội dung chính như lựa chọn máy phát điện, tính toán và xác định thông số kỹ thuật phù hợp cho từng hạng mục trong hệ thống. Việc lựa chọn máy phát được thực hiện dựa trên các yếu tố kinh tế – kỹ thuật như công suất tổ máy, chi phí đầu tư, vận hành, tiêu hao nhiên liệu, cũng như khả năng phối hợp với hệ thống điện hiện hữu.

Ngoài ra, đồ án cũng đề cập đến yêu cầu đồng bộ thiết bị nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thi công, vận hành và bảo trì hệ thống. Với những dữ liệu đã cho và yêu cầu thiết kế cụ thể, đồ án tiến hành chọn lựa các tổ máy có công suất phù hợp và áp dụng nguyên tắc chọn máy phát tua-bin hơi – phù hợp với đặc điểm của nhà máy nhiệt điện ngưng hơi.

Kết quả của đồ án là cơ sở ban đầu quan trọng cho việc triển khai thiết kế chi tiết, thi công và đưa vào vận hành một nhà máy nhiệt điện đảm bảo hiệu quả kinh tế – kỹ thuật và độ tin cậy cao trong cung cấp điện.

LỜI NÓI ĐẦU

Trong giai đoạn hiện nay, Việt Nam đang nỗ lực đẩy mạnh công nghiệp hoá, hiện đại hoá và tích cực hội nhập vào nền kinh tế toàn cầu với mục tiêu đến năm 2025 trở thành nước công nghiệp. Song song với sự phát triển của các ngành kinh tế khác, ngành công nghiệp năng lượng đã có những bước tiến đáng kể, góp phần quan trọng vào việc đảm bảo nguồn lực cho phát triển kinh tế - xã hội.

Trước sự gia tăng mạnh mẽ của nhu cầu điện năng trong các lĩnh vực sản xuất, dịch vụ và sinh hoạt, việc mở rộng và nâng cấp hệ thống điện trở thành vấn đề cấp thiết. Kinh tế phát triển, đời sống nhân dân ngày càng được cải thiện, đồng nghĩa với mức tiêu thụ điện ngày càng tăng cao, kéo theo yêu cầu về khả năng đáp ứng phụ tải lớn và ổn định.

Chính vì vậy, việc đầu tư xây dựng các nhà máy điện mới là điều không thể thiếu. Quá trình này đòi hỏi phải có những quyết định hợp lý về mặt kinh tế và kỹ thuật trong khâu thiết kế, xây dựng và vận hành, nhằm đảm bảo hiệu quả lâu dài cho hệ thống năng lượng quốc gia. Do đó, đối với các kỹ sư điện, việc nắm vững kiến thức và kỹ năng trong thiết kế nhà máy điện là điều hết sức quan trọng để đảm bảo các tiêu chí về độ tin cậy, chất lượng, an toàn và tính kinh tế trong cung cấp điện.

Nhiệm vụ của đồ án thiết kế của em là “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện kiểu “Nhiệt Điện Ngưng Hơi”. Với những kiến thức được học ở trường, được sự hướng dẫn tận tình của giáo viên hướng dẫn và các thầy con trong khoa đến nay em đã hoàn thành nhiệm vụ thiết kế.

Vì thời gian và kiến thức có hạn, chắc hẳn đồ án không tránh khỏi những sai sót, kính mong các thầy cô giáo góp ý, chỉ bảo để em hoàn thiện kiến thức của mình.

Cuối cùng em xin chân thành cảm ơn các thầy PGS.TS Ngô Văn Dương đã truyền thụ kiến thức cho em để em có điều kiện hoàn thành nhiệm vụ thiết kế trong đồ án này.

Đà Nẵng, ngày 10 tháng 06 năm 2025
Sinh viên

Hồ Ngọc Chương

LỜI CAM ĐOAN

Em xin cam đoan rằng toàn bộ nội dung trong đồ án tốt nghiệp này là kết quả nghiên cứu và thực hiện của chính em dưới sự hướng dẫn của giáo viên hướng dẫn. Các số liệu, kết quả và tài liệu trích dẫn trong đồ án đều được ghi rõ nguồn gốc và trung thực.

Em hoàn toàn chịu trách nhiệm trước nhà trường về tính chính xác và trung thực của nội dung trong đồ án này.

Sinh viên

Hồ Ngọc Chương

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	i
MỤC LỤC	iv
DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT	xiv
CHƯƠNG 1. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT, ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN	1
1.1. Chọn máy phát điện	1
1.2. Tính toán phụ tải và cân bằng công suất:.....	1
1.2.1. Phụ tải cấp điện áp máy phát (10,5 KV):	1
1.2.2. Phụ tải cấp điện áp trung (35 KV):	2
1.2.3. Phụ tải cấp điện áp cao (110 KV):	3
1.2.4. Công suất tự dùng của nhà máy:	3
1.2.5. Công suất dự trữ của toàn hệ thống:.....	4
1.2.6. Bảng tổng hợp phân bố công suất trong toàn nhà máy:	4
1.2.7. Đồ thị phân bố công suất của toàn nhà máy:.....	5
1.3. Đề xuất phương án thiết kế	5
1.3.1. Phương án I :	6
1.3.1.1. Mô tả phương án :	6
1.3.1.2. Ưu điểm	6
1.3.1.3. Nhược điểm.....	7
1.3.2. Phương án II.....	7
1.3.2.1. Mô tả phương án	7
1.3.2.2. Ưu điểm	7
1.3.2.3. Nhược điểm.....	7
1.3.3. Phương án III:	7
1.3.3.1. Mô tả phương án:	7
1.3.3.2. Ưu điểm:	8
1.3.3.3. Nhược điểm:.....	8
1.3.4. Phương án IV:	8
1.3.4.1. Mô tả phương án:	8
1.3.4.2. Ưu điểm:	8
1.3.4.3. Nhược điểm:.....	9
1.3.5. Phương án V:.....	9
1.3.5.1. Mô tả phương án:	9
1.3.5.2. Ưu điểm:	9
1.3.5.3. Nhược điểm:.....	9
1.4. Phân tích lựa chọn phương án tính toán:.....	9
CHƯƠNG 2. CHỌN MÁY BIẾN ÁP, TÍNH TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG	10

2.1. Chọn máy biến áp.....	10
2.1.1. Phương án I	10
2.1.1.1. Chọn máy biến áp	10
2.1.1.2. Kiểm tra quá tải máy biến áp đã chọn của phương án I:.....	11
2.1.1.2.1. Kiểm tra quá tải bình thường:.....	11
2.1.1.2.2. Kiểm tra quá tải sự cố:.....	11
2.1.2. Phương án V.....	12
2.1.2.1. Chọn máy biến áp	12
2.1.2.2. Kiểm tra quá tải máy biến áp đã chọn của phương án V:	13
2.1.2.2.1. Kiểm tra quá tải bình thường:.....	13
2.1.2.2.2. Kiểm tra quá tải sự cố:.....	13
2.2. Tính tổn thất điện năng trong các máy biến áp	14
2.2.1. Phương án I	14
2.2.1.1. Định chế độ vận hành	14
2.2.1.2. Tính tổn thất điện năng trong máy biến áp nối bộ B ₃ :	14
2.2.1.3. Tính tổn thất điện năng qua máy biến áp liên lạc 3 pha 3 cuộn dây B1, B2.....	14
2.2.2. Phương án V.....	16
2.2.2.1. Định chế độ vận hành	16
2.2.2.2. Tính tổn thất điện năng trong máy biến áp nối bộ B1:	16
2.2.2.3. Tính tổn thất điện năng trong máy biến áp nối bộ B4:	16
2.2.2.4. Tính tổn thất điện năng qua máy biến áp liên lạc 3 pha 3 cuộn dây B2, B3.....	17
2.3. Chọn điện kháng trong từng phân đoạn	18
2.3.1. Điều kiện chọn và điều kiện kiểm tra kháng điện	18
2.3.1.1. Điều kiện chọn kháng điện.....	18
2.3.1.2. Điều kiện kiểm tra kháng điện	18
2.3.2. Tính chọn kháng điện phân đoạn phương án I.....	19
2.3.2.1. Dòng điện làm việc bình thường qua kháng	19
2.3.2.2. Dòng điện cường bức qua kháng	19
2.3.2.3. Chọn kháng điện cho phương án I	20
2.3.2.4. Kiểm tra tổn thất điện áp phương án I	20
2.3.3. Tính chọn kháng điện phân đoạn phương án V	21
2.3.3.1. Tính dòng điện bình thường qua kháng:	21
2.3.3.2. Tính dòng điện cường bức qua kháng:	21
2.3.3.3. Chọn kháng điện cho phương án V.....	22
2.3.3.4. Kiểm tra tổn thất điện áp phương án V	23
CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH	24
3.1. Tính toán ngắn mạch cho các phương án I	24
3.1.1. Sơ đồ thay thế và sơ đồ tính toán phương án I.....	24

3.1.1.1.	Sơ đồ tính toán	24
3.1.1.2.	Sơ đồ thay thế	25
3.1.2.	Tính toán các thông số của sơ đồ thay thế phương án I	25
3.1.2.1.	Chọn các đại lượng cơ bản.....	25
3.1.2.2.	Các thông số của sơ đồ thay thế.....	26
3.1.3.	Tính toán dòng ngắn mạch:.....	26
3.1.3.1.	Điểm ngắn mạch N1:	26
3.1.3.2.	Điểm ngắn mạch N2:	29
3.1.3.3.	Điểm ngắn mạch N4:	31
3.1.3.4.	Điểm ngắn mạch N4':	33
3.1.3.5.	Điểm ngắn mạch N5:	36
3.1.3.6.	Điểm ngắn mạch N5':	37
3.1.3.7.	Điểm ngắn mạch N6':	40
3.1.3.8.	Điểm ngắn mạch N3	43
3.1.3.9.	Điểm ngắn mạch N7	43
3.1.3.10.	Điểm ngắn mạch N7'	43
3.1.3.11.	Điểm ngắn mạch N8	43
3.2.	Tính toán ngắn mạch cho các phương án V	46
3.2.1.	Sơ đồ thay thế và sơ đồ tính toán phương án V	46
3.2.1.1.	Sơ đồ tính toán	46
3.2.1.2.	Sơ đồ thay thế	47
3.2.2.	Tính toán các thông số của sơ đồ thay thế cho phương án V	48
3.2.2.1.	Chọn các đại lượng cơ bản.....	48
3.2.2.2.	Các thông số của sơ đồ thay thế.....	48
3.2.3.	Tính toán dòng ngắn mạch	49
3.2.3.1.	Điểm ngắn mạch N1:	49
3.2.3.2.	Điểm ngắn mạch N2:	51
3.2.3.3.	Điểm ngắn mạch N4:	53
3.2.3.4.	Điểm ngắn mạch N4':	56
3.2.3.5.	Điểm ngắn mạch N5:	59
3.2.3.6.	Điểm ngắn mạch N5':	60
3.2.3.7.	Điểm ngắn mạch N6':	62
3.2.3.8.	Điểm ngắn mạch N3	64
3.2.3.9.	Điểm ngắn mạch N7	65
3.2.3.10.	Điểm ngắn mạch N7'	65
3.2.3.11.	Điểm ngắn mạch N8	65
3.2.3.12.	Điểm ngắn mạch N9	68
3.3.	Xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch	70
3.3.1.	Phương án I	71

3.3.2. Phương án V.....	71
CHƯƠNG 4. SO SÁNH KINH TẾ - KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN, CHỌN PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU	71
4.1. Tính dòng điện cường bức	71
4.1.1. Phương án I	71
4.1.1.1. Các mạch phía cao áp 110kV	71
4.1.1.2. Các mạch phía trung áp 35kV	72
4.1.1.3. Các mạch phía hạ áp 10,5kV	73
4.1.2. Phương án V.....	73
4.1.2.1. Các mạch phía cao áp 110kV	73
4.1.2.2. Các mạch phía trung áp 35kV	74
4.1.2.3. Các mạch phía hạ áp 10,5kV	75
4.2. Chọn máy cắt và dao cách ly cấp điện áo máy phát.....	75
4.2.1. Điều kiện chọn máy cắt (MC)	75
4.2.2. Điều kiện chọn dao cách ly (DCL).....	76
4.3. Tính toán kinh tế kỹ thuật của các phương án	80
4.3.1. Phương pháp đánh giá tính hiệu quả các phương án khác nhau về thiết bị điện	80
4.3.2. Tính vốn đầu tư của thiết bị:	80
4.3.3. Tính phí tổn vận hành hàng năm.....	81
4.3.4. Tính chi phí tính toán hàng năm.....	81
4.3.5. Phương án I	82
4.3.5.1. Vốn đầu tư của thiết bị.....	82
4.3.5.2. Tính phí tổn vận hành hàng năm:	82
4.3.5.3. Chi phí tính toán hàng năm.....	83
4.3.6. Phương án V.....	83
4.3.6.1. Vốn đầu tư của thiết bị.....	83
4.3.6.2. Tính phí tổn vận hành hàng năm:	84
4.3.6.3. Chi phí tính toán hàng năm.....	84
4.4. So sánh chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật và chọn phương án tối ưu	84
4.4.1. Về kinh tế:	84
4.4.2. Về kỹ thuật:	84
4.5. Kết luận:	84
CHƯƠNG 5. CHỌN KHÍ CỤ ĐIỆN, THIẾT BỊ CÓ DÒNG ĐIỆN CHẠY QUA.....	85
5.1. Giới thiệu chung.....	85
5.2. Sơ đồ tính toán	85
5.3. Chọn máy cắt và dao cách ly.....	85
5.4. Kiểm tra kháng đoạn phân đoạn đã chọn	85
5.5. Chọn thanh góp, thanh dẫn, cáp điện lực	86

5.5.1. Các mạch phía cao áp 110kV	86
5.5.1.1. Chọn thanh góp phía cao áp 110kV	86
5.5.1.2. Chọn thanh dẫn từ phía cao áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 110kV	87
5.5.1.3. Chọn dây dẫn liên lạc với hệ thống.....	88
5.5.2. Các mạch phía trung áp 35kV	89
5.5.2.1. Chọn thanh góp phía trung áp 35kV	89
5.5.2.2. Chọn thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 35kV	90
5.5.2.3. Chọn thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp B3 đến thanh góp 35kV	92
5.5.3. Các mạch phía cấp điện áp máy phát	93
5.5.3.1. Chọn thanh góp cấp điện áp máy phát	93
5.5.3.2. Chọn thanh dẫn từ đầu cực máy phát F1, F2, F3, F4 đến thanh góp cấp điện áp máy phát	95
5.5.3.3. Chọn thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến hạ áp máy biến áp liên lạc B1 (B2)	98
5.6. Chọn sứ	101
5.6.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	101
5.6.2. Sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát	101
5.6.3. Sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5 kV.....	101
5.6.4. Sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc (phần trong nhà):	102
5.6.5. Chọn sứ xuyên tường	102
5.6.6. Chọn sứ treo cho mạch 10,5kV	102
5.6.7. Chọn sứ treo cho mạch 110kV	103
5.6.8. Chọn sứ treo cho mạch 35kV	103
5.7. Chọn cáp cho đường dây cấp điện áp máy phát.....	104
5.8. Chọn kháng điện đường dây:	105
5.8.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	105
5.8.2. Tính toán chọn giá trị $X_K\%$	106
5.8.3. Kiểm tra điều kiện đã chọn	109
5.8.4. Kiểm tra ổn định nhiệt cho cáp phụ tải cấp điện áp máy phát 10,5 kV	110
5.9. Chọn máy cắt sau kháng điện đường dây	111
5.9.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	111
5.9.2. Đối với đường dây nối với kháng điện K_5, K_7	112
5.9.3. Đối với đường dây nối với kháng điện K_6, K_8	112
5.9.4. Kiểm tra máy cắt đã chọn.....	112
5.10. Chọn cuộn dập hồ quang.....	112
5.10.1.Điều kiện chọn.....	112
5.10.2.Chọn cuộn dập hồ quang cho mạng cấp điện áp máy phát 10,5 kV.....	113
5.11. Chọn máy biến dòng (BI)và máy biến điện áp (BU)	113

5.11.1.Chọn máy biến dòng BI.....	113
5.11.2.Chọn máy biến điện áp (BU).....	115
CHƯƠNG 6. THIẾT KẾ PHẦN TỰ DỪNG CHO NHÀ MÁY ĐIỆN.....	117
6.1. Giới thiệu chung.....	117
6.1.1. Chọn sơ đồ nối điện tự dừng	118
6.2. Chọn số lượng và công suất máy biến áp tự dừng	119
6.2.1. Máy biến áp tự dừng bậc 1	119
6.2.2. Máy biến áp tự dừng bậc 2	120
6.3. Chọn khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua mạch tự dừng	121
6.3.1. Xét các điểm ngắn mạch	121
6.3.1.1. Điểm ngắn mạch N12:	121
6.3.1.2. Điểm ngắn mạch N13	121
6.3.1.3. Điểm ngắn mạch N14:	122
6.3.1.4. Điểm ngắn mạch N15	123
6.3.2. Chọn máy cắt, dao cách ly	123
6.3.2.1. Điều kiện chọn	123
6.3.2.2. Phía cao áp máy biến áp tự dừng bậc 1	123
6.3.2.3. Phía hạ áp máy biến áp tự dừng bậc 1:	124
6.3.2.4. Phía cao áp máy biến áp tự dừng bậc 2	125
6.3.2.5. Phía hạ áp máy biến áp tự dừng bậc 2.....	125
6.3.3. Chọn cáp cho mạch tự dừng.....	126
6.3.3.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	126
6.3.3.2. Phía cao áp máy biến áp tự dừng bậc 1	126
6.3.3.3. Phía hạ áp máy biến áp tự dừng bậc 1.....	126
6.3.3.4. Phía cao áp máy biến áp tự dừng bậc 2.....	127
6.3.3.5. Phía hạ áp máy biến áp tự dừng bậc 2.....	127
6.3.4. Chọn thanh góp cho mạch tự dừng.....	132
6.3.4.1. Chọn thanh góp cấp 6,3kV.....	132
6.3.4.2. Chọn thanh góp cấp 0,4kV.....	134
6.3.5. Chọn sứ đỡ thanh góp mạch tự dừng	135
6.3.5.1. Chọn sứ đỡ thanh góp cấp 6,3kV.....	135
6.3.5.2. Chọn sứ đỡ thanh góp cấp 0,4kV.....	135
6.3.6. Kiểm tra khả năng tự khởi động của các động cơ.....	135
6.3.6.1. Kiểm tra khả năng tự khởi động của các động cơ trên thanh góp 6,3kV.....	136
6.3.6.2. Kiểm tra khả năng tự khởi động của các động cơ trên thanh góp 0,4kV.....	136
KẾT LUẬN	137
TÀI LIỆU THAM KHẢO	138

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 1.1: Các tham số chính của máy phát điện.....	1
Bảng 1.2 Phân bố công suất theo thời gian của phụ tải ở cấp điện áp máy phát	2
Bảng 1.3 Phân bố công suất theo thời gian của phụ tải ở cấp điện áp trung.....	2
Bảng 1.4 Phân bố công suất theo thời gian của phụ tải ở cấp điện áp cao.....	3
Bảng 1.5 Phân bố công suất của toàn nhà máy	4
Bảng 2.1 Thông số máy biến áp liên lạc B1, B2 phương án I.....	11
Bảng 2.2 Thông số máy biến áp B3 phương án I.....	11
Bảng 2.3 Thông số máy biến áp liên lạc B2, B3 phương án V	13
Bảng 2.4 Thông số máy biến áp liên lạc B1 phương án V	13
Bảng 2.5 Thông số máy biến áp liên lạc B4 phương án V	13
Bảng 2.6 Phân bố công suất theo đồ thị thời gian phương án I.....	15
Bảng 2.7 Phân bố công suất theo đồ thị thời gian phương án V	18
Bảng 2.8 Thông số kháng điện K1, K2, K3, K4 phương án I.....	20
Bảng 2.9 thông số kháng điện K1, K2 phương án V	22
Bảng 3.1 Bảng kết quả tính toán ngắn mạch phương án I	45
Bảng 3.2 Bảng kết quả tính toán ngắn mạch phương án V	70
Bảng 3.3 Xung lượng nhiệt ngắn mạch phương án I	71
Bảng 3.4 Dung lượng nhiệt ngắn mạch phương án V	71
Bảng 4.1 Thông số máy cắt phương án I.....	77
Bảng 4.2 Thông số dao cách ly phương án I.....	78
Bảng 4.3 Thông số máy cắt phương án V	79
Bảng 4.4 Thông số dao cách ly phương án V	80
Bảng 4.5 Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của 2 phương án.....	84
Bảng 5.1 thông số thanh góp phía cao áp 110kV	86
Bảng 5.2 Thông số thanh dẫn từ phía cao áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 110kV	87
Bảng 5.3 Thông số dây dẫn liên lạc với hệ thống	88
Bảng 5.4 Thông số thanh góp phía trung áp 35kV.....	90
Bảng 5.5 Thông số thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 35kV	91
Bảng 5.6 Thông số thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp B3 đến thanh góp 35kV..	92
Bảng 5.7 Thông số thanh góp cấp điện áp máy phát.....	93
Bảng 5.8 Thông số thanh góp cấp điện áp máy phát.....	95
Bảng 5.9 Thông số thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến hạ áp máy biến áp liên lạc B1 (B2).....	98
Bảng 5.10 Thông số sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát.....	101

Bảng 5.11 Thông số Sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5kV ...	102
Bảng 5.12 Thông số Sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc (phần trong nhà)	102
Bảng 5.13 Thông số sứ treo tường	102
Bảng 5.14 Thông số cáp cho đường dây cấp điện áp máy phát	104
Bảng 5.15 Bảng thông số kháng điện đường dây	106
Bảng 5.16 Thông số kháng điện $X_{K5}\%$, $X_{K7}\%$	108
Bảng 5.17 Thông số kháng điện $X_{K6}\%$, $X_{K8}\%$	109
Bảng 5.18 Thông số máy cắt đường dây nối với kháng điện K_5 , K_7	112
Bảng 5.19 Thông số máy cắt đường dây nối với kháng điện K_6 , K_8	112
Bảng 5.20 Thông số biến dòng BI	114
Bảng 5.21 Tiết diện dây dẫn BI	114
Bảng 5.22 Thông số phụ tải BU	116
Bảng 5.23 Thông số máy biến điện áp (BU)	116
Bảng 6.1 Số lượng và công suất máy biến áp tự dùng bậc 1	120
Bảng 6.2 Số lượng và công suất máy biến áp tự dùng bậc 2	121
Bảng 6.3 Máy cắt, dao cách ly phía cao áp máy biến áp tự dùng làm việc bậc 1	124
Bảng 6.4 Máy cắt, dao cách ly phía cao áp máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 1	124
Bảng 6.5 Máy cắt phía hạ áp máy biến áp tự dùng bậc 1	125
Bảng 6.6 Máy cắt phía hạ áp máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 1	125
Bảng 6.7 Máy cắt phía cao áp máy biến áp tự dùng làm việc bậc 2	125
Bảng 6.8 Máy cắt phía cao áp máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 2	125
Bảng 6.9 Thông số aptomat phía hạ áp máy biến áp tự dùng bậc 2	126
Bảng 6.10 Thông số thanh dẫn phía hạ áp máy biến áp tự dùng làm việc bậc 2	128
Bảng 6.11 Thông số thanh dẫn phía hạ áp máy biến áp tự dùng làm việc bậc 2	130
Bảng 6.12 Thông số thanh góp cấp 6,3kV	132
Bảng 6.13 Thông số thanh góp 0,4kV	135
Bảng 6.14 Thông số sứ đỡ thanh góp cấp 6,3kV	135
Bảng 6.15 Thông số sứ đỡ thanh góp cấp 0,4kV	135

DANH SÁCH HÌNH

Hình 1.1. Đồ thị phụ tải ở cấp điện áp máy phát.....	1
Hình 1.2 Đồ thị phụ tải ở cấp điện áp trung	2
Hình 1.3 Đồ thị phụ tải ở cấp điện áp cao	3
Hình 1.4 Đồ thị phụ tải tổng của nhà máy.....	5
Hình 1.5 Sơ đồ nối điện phương án I	6
Hình 1.6 Sơ đồ nối điện phương án II	7
Hình 1.7 Sơ đồ nối điện phương án III.....	8
Hình 1.8 Sơ đồ nối điện phương án IV	8
Hình 1.9 Sơ đồ nối điện phương án V	9
Hình 2.1. sơ đồ nối điện phương án I	10
Hình 2.2 Sơ đồ nối điện phương án V	12
Hình 2.3 sơ đồ phân đoạn kháng điện	19
Hình 2.4 Sơ đồ kháng điện phương án V	21
Hình 3.1 Sơ đồ tính toán các điểm ngắn mạch của phương án I.....	24
Hình 3.2 Sơ đồ thay thế của phương án I	25
Hình 3.3 Sơ đồ tính toán của phương án V	46
Hình 3.4 Sơ đồ thay thế phương án V	47
Hình 4.1 Sơ đồ nối điện phương án I	82
Hình 4.2 Sơ đồ nối điện phương án V	83
Hình 5.1 Sơ đồ tính toán.....	85
Hình 5.2 Sơ đồ kháng điện đường dây	106
Hình 6.1 Sơ đồ nối điện tự dùng	119

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

MBA: Máy biến áp

MC: Máy cắt

DCL: Dao cách ly

ĐZ: Đường dây

MF: Máy phát

TG: Thanh góp

KCĐ: Khí cụ điện

MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh nền kinh tế không ngừng phát triển, nhu cầu tiêu thụ điện năng ngày càng tăng cao, kéo theo yêu cầu cấp thiết về việc đầu tư và phát triển các nguồn phát điện ổn định, hiệu quả. Trong đó, nhà máy nhiệt điện ngưng hơi là một trong những loại hình nhà máy được sử dụng phổ biến nhờ khả năng phát công suất lớn, vận hành ổn định và phù hợp với đặc điểm hệ thống điện quốc gia.

Đồ án tốt nghiệp được thực hiện nhằm giúp sinh viên hệ thống hóa kiến thức đã học, vận dụng vào việc giải quyết một bài toán thực tế – thiết kế nhà máy nhiệt điện ngưng hơi, tập trung vào nội dung lựa chọn máy phát điện. Qua đó, sinh viên có điều kiện tiếp cận với tư duy thiết kế hệ thống điện công nghiệp quy mô lớn, đồng thời nâng cao kỹ năng tính toán, phân tích và lựa chọn thiết bị điện phù hợp về cả mặt kỹ thuật lẫn kinh tế.

Mục tiêu của đề tài: Hiểu rõ nguyên lý làm việc, cấu tạo và đặc điểm vận hành của máy phát điện trong nhà máy nhiệt điện. Tính toán và lựa chọn được máy phát điện phù hợp với yêu cầu công suất, điện áp và tính chất của nhà máy ngưng hơi. Đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật, an toàn và hiệu quả kinh tế trong thiết kế. Rèn luyện kỹ năng làm việc độc lập, khai thác tài liệu chuyên ngành và trình bày bản vẽ, thuyết minh một cách khoa học.

Phạm vi nghiên cứu: Đồ án tập trung chủ yếu vào phần thiết kế và lựa chọn máy phát điện trong nhà máy nhiệt điện ngưng hơi, không đi sâu vào các phân công nghệ lò hơi hay hệ thống nhiệt động khác.

Đối tượng nghiên cứu: Các loại máy phát tua-bin hơi, thiết bị điện sử dụng trong nhà máy nhiệt điện, với yêu cầu phù hợp yêu cầu thiết kế và điều kiện vận hành tại Việt Nam.

Đồ án sử dụng phương pháp nghiên cứu tài liệu kết hợp với phân tích kỹ thuật, so sánh lựa chọn phương án dựa trên các tiêu chí kỹ thuật và kinh tế. Các thông số kỹ thuật được tra cứu từ các tài liệu chuyên ngành, tiêu chuẩn thiết kế và sổ tay kỹ thuật điện.

Đồ án gồm các chương chính như sau:

- + Chương 1: Cân bằng công suất, đề xuất phương án
- + Chương 2: Chọn máy biến áp, chọn kháng điện phân đoạn, tính tổn thất điện năng
- + Chương 3: Tính toán ngắn mạch, tính xung điện và dòng điện làm việc tính toán
- + Chương 4: Tính toán so sánh kinh tế chọn phương án tối ưu
- + Chương 5: Tính chọn khí cụ điện và các phần có dòng điện chạy qua
- + Chương 6: Tính chọn sơ đồ tự dùng trong nhà máy điện

CHƯƠNG 1. CÂN BẰNG CÔNG SUẤT, ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN

1.1. Chọn máy phát điện

+ Nhiệm vụ thiết kế: Thiết kế phần điện trong Nhà máy: NHIỆT ĐIỆN NGUNG HƠI, Công suất: 250MW, gồm có: 5 tổ máy, mỗi tổ máy 50MW.TLTK [1]: Theo phụ lục II trang 111, ta chọn được máy phát điện theo bảng 1.1

Bảng 1.1: Các tham số chính của máy phát điện

Loại máy phát	Thông số định mức					Điện kháng tương đối		
	n [v/ph]	S [MVA]	P [MW]	U [KV]	cosφ	x_d''	x_d'	x_d
TBΦ – 50 – 3600	3600	62,5	50	10,5	0,8	0,1336	0,1786	1,4036

Như vậy, công suất đặt toàn nhà máy là:

$$S_{NM} = 5 \times 62,5 = 312,5 \text{ [MVA]}$$

1.2. Tính toán phụ tải và cân bằng công suất:

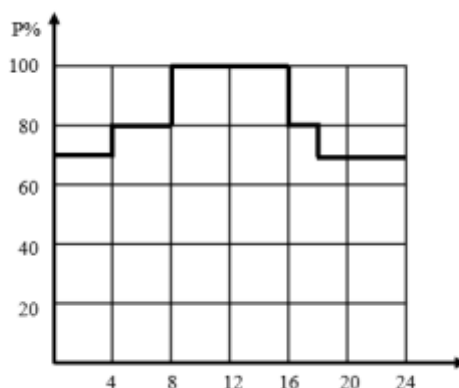
Việc tính toán cân bằng công suất giúp xây dựng đồ thị phụ tải tổng, từ đó xác định công suất cần thiết cho từng cấp điện áp theo thời gian và đề xuất phương án nối dây hợp lý cho nhà máy.

1.2.1. Phụ tải cấp điện áp máy phát (10,5 KV):

Công suất cực đại $P_{\max} = 100 \text{ MW}$.

Hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$.

Đồ thị phụ tải hình 1



Hình 1.1. Đồ thị phụ tải ở cấp điện áp máy phát

Công suất phụ tải cấp điện áp máy phát được tính theo công thức sau:

$$S_{UF}(t) = P\% \frac{P_{UF\max}}{\cos\varphi_{UF}} \quad (1.1)$$

Trong đó:

$S_{UF}(t)$: là công suất phụ tải cấp điện áp máy phát tại thời điểm t.

P%: là phần trăm công suất phụ tải cấp điện áp máy phát.

$P_{UF\max}$, $\cos\varphi_{UF}$: là công suất cực đại và hệ số công suất phụ tải cấp điện áp máy phát.

Áp dụng công thức (1.1) kết hợp với hình 1.1, ta có bảng phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát như bảng 1.2:

t(h)	0 ÷ 4	4 ÷ 8	8 ÷ 16	16 ÷ 18	18 ÷ 24
P%	70	80	100	80	70
$S_{UF}(t)$ [MVA]	90,588	103,529	129,412	103,529	90,588

Bảng 1.2 Phân bố công suất theo thời gian của phụ tải ở cấp điện áp máy phát

Công suất cực đại: $S_{UFmax} = 129,412$ [MVA]

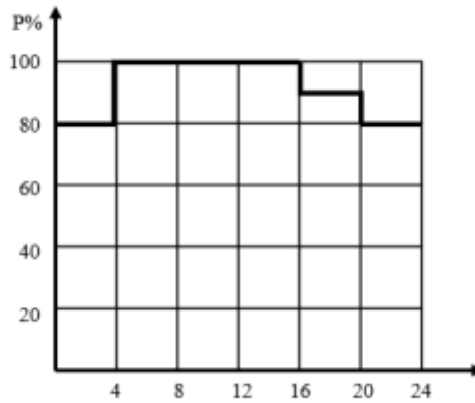
Công suất cực tiểu: $S_{UFmin} = 90,588$ [MVA]

1.2.2. Phụ tải cấp điện áp trung (35 KV):

Công suất cực đại $P_{max} = 80$ MW.

Hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$

Đồ thị phụ tải hình 2



Hình 1.2 Đồ thị phụ tải ở cấp điện áp trung

Công suất phụ tải cấp điện áp trung được tính theo công thức sau:

$$S_{UT}(t) = P\% \frac{P_{UTmax}}{\cos\varphi_{UT}} \quad (1.2)$$

Trong đó:

$S_{UT}(t)$: là công suất phụ tải cấp điện áp trung tại thời điểm t.

P% là: phần trăm công suất phụ tải cấp điện áp trung theo thời gian.

P_{UTmax} , $\cos\varphi_{UT}$: là công suất cực đại và hệ số công suất phụ tải cấp điện áp trung

Áp dụng công thức (1.2) kết hợp với hình 1.2, ta có bảng phân bố công suất phụ tải cấp điện áp trung như bảng 1.3:

t(h)	0 ÷ 4	4 ÷ 16	16 ÷ 20	20 ÷ 24
P%	80	100	90	80
$S_{UT}(t)$ [MVA]	80,000	100,000	90,000	80,000

Bảng 1.3 Phân bố công suất theo thời gian của phụ tải ở cấp điện áp trung

Công suất cực đại: $S_{UTmax} = 100$ [MVA]

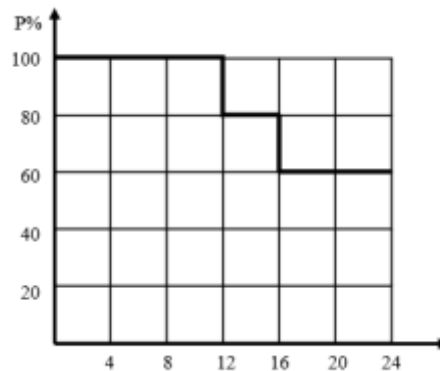
Công suất cực tiểu: $S_{UTmin} = 80$ [MVA]

1.2.3. Phụ tải cấp điện áp cao (110 KV):

Công suất cực đại $P_{\max} = 30 \text{ MW}$.

Hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$

Đồ thị phụ tải hình 3



Hình 1.3 Đồ thị phụ tải ở cấp điện áp cao

Công suất phụ tải cấp điện áp cao được tính theo công thức sau:

$$S_{UC}(t) = P\% \frac{P_{UC\max}}{\cos\phi_{UC}} \quad (1.3)$$

Trong đó:

$S_{UC}(t)$: là công suất phụ tải cấp điện áp cao tại thời điểm t.

$P\%$: là phần trăm công suất phụ tải cấp điện áp cao theo thời gian.

$P_{UC\max}, \cos\phi_{UC}$: là công suất cực đại và hệ số công suất phụ tải cấp điện áp cao

Áp dụng công thức (1.3) kết hợp với hình 1.3, ta có bảng phân bố công suất phụ tải cấp điện áp cao như bảng 1.4:

t[h]	0÷12	12÷16	16÷24
P%	100	80	60
$S_{UC}(t)$ [MVA]	37,500	30,000	22,500

Bảng 1.4 Phân bố công suất theo thời gian của phụ tải ở cấp điện áp cao

Công suất cực đại: $S_{UC\max} = 37,5 \text{ [MVA]}$

Công suất cực tiểu: $S_{UC\min} = 22,5 \text{ [MVA]}$

1.2.4. Công suất tự dùng của nhà máy:

Phụ tải tự dùng của nhà máy được xác định theo công thức sau:

$$S_{td}(t) = \alpha \cdot S_{NM} \cdot \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{S_F(t)}{S_{NM}} \right) \quad (1.4)$$

Trong đó:

$S_{td}(t)$: là công suất tự dùng của nhà máy tại thời điểm t.

α : là hệ số tự dùng của nhà máy, $\alpha = 5\%$.

$S_F(t)$: là công suất phát của nhà máy tại thời điểm t .

S_{NM} : là công suất đặt của nhà máy, $S_{NM} = 312,5$ [MVA]

Áp dụng công thức (1.4) ta có công suất tự dùng của nhà máy tại mọi thời điểm t đều cực đại:

$$S_F(t) = S_{NM} = 312,5 \text{ [MVA]}$$

Như vậy:

$$S_{td}(t) = S_{tdmax} = \alpha \cdot S_{NM} = 0,05 \times 312,5 = 15,625 \text{ [MVA]} \quad (1.5)$$

1.2.5. Công suất dự trữ của toàn hệ thống:

Công suất dự trữ của toàn hệ thống (kể cả nhà máy đang thiết kế) được xác định theo công thức sau:

$$S_{dtHT \Sigma} = S_{dtHT} + S_{dtNM}$$

Trong đó:

$$S_{dtHT} = S_{dt} \% \cdot S_{HT1} = 5 \% \cdot 2000 = 100 \text{ [MVA]}$$

$$\begin{aligned} S_{dtNM} &= S_{NM} - \sum S_{pt} \\ &= S_{NM} - (S_{UFmax} + S_{UCmax} + S_{UTmax} + S_{tdmax}) \\ &= 321,5 - (129,412 + 37,5 + 100 + 15,625) \\ &= 29,963 \end{aligned}$$

$$\text{Vậy } S_{dtHT \Sigma} = 100 + 29,963 = 129,963 \text{ [MVA]}$$

1.2.6. Bảng tổng hợp phân bố công suất trong toàn nhà máy:

Qua tính toán ở trên, ta lập được bảng số liệu cân bằng công suất của toàn nhà máy theo thời gian trong một ngày, như bảng 1.5.

t(h)	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 6	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	14 ÷ 16	16 ÷ 18	18 ÷ 20	20 ÷ 22	22 ÷ 24
$S_{UF}(t)$ [MVA]	90,588	90,588	103,529	103,529	129,412	129,412	129,412	129,412	103,529	90,588	90,588	90,588
$S_{UT}(t)$ [MVA]	80	80	100	100	100	100	100	100	90	90	80	80
$S_{UC}(t)$ [MVA]	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	30	30	22,5	22,5	22,5	22,5
$S_{td}(t)$ [MVA]	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625
$\Sigma S_{pt}(t)$ [MVA]	223,713	223,713	256,654	256,654	282,537	282,537	275,037	275,037	231,654	218,713	208,713	208,713
S_{NM} [MVA]	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5
$S_{th}(t)$ [MVA]	88,787	88,787	55,846	55,846	29,963	29,963	37,463	37,463	80,846	93,787	103,787	103,787

Bảng 1.5 Phân bố công suất của toàn nhà máy

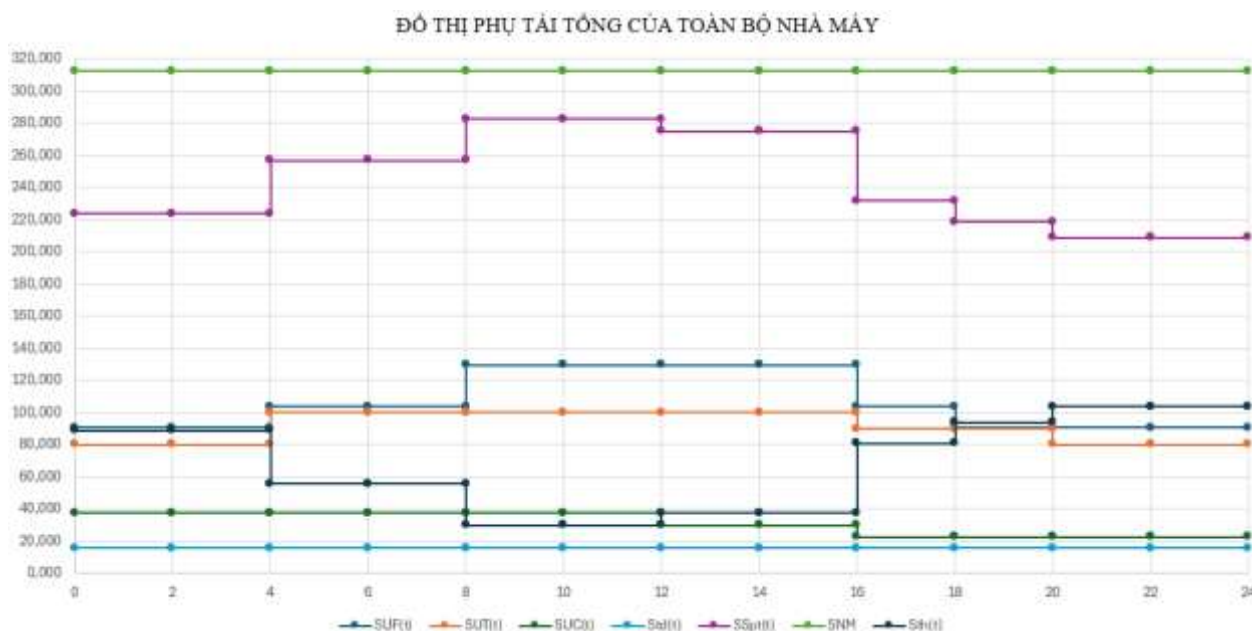
Trong đó, $S_{th}(t)$ là công suất thừa mà nhà máy có thể phát về hệ thống tại thời điểm t .

$$S_{th}(t) = S_{NM} - \sum S_{pt}(t) \quad (1.7)$$

Từ bảng 1.5, ta nhận thấy trong điều kiện làm việc bình thường nhà máy điện phát đủ công suất cho phụ tải ở các cấp điện áp và còn thừa một lượng công suất có thể đưa lên hệ thống trong tất cả các thời điểm trong ngày. Do đó nhà máy có khả năng phát triển phụ tải ở các cấp điện áp.

1.2.7. Đồ thị phân bố công suất của toàn nhà máy:

Từ bảng 1.5 ta vẽ đồ thị phụ tải tổng của toàn nhà máy theo công suất toàn phần hình H 1.4



Hình 1.4 Đồ thị phụ tải tổng của nhà máy

Với S_{td} : đường đặc tính công suất tự dùng

S_{UF} : đường đặc tính công suất cấp điện áp máy phát

S_{UT} : đường đặc tính công suất cấp điện áp trung

S_{pt} : đường đặc tính công suất tổng phụ tải

S_{th} : đường đặc tính công suất thừa

1.3. Đề xuất phương án thiết kế

- Chọn sơ đồ nối điện chính của nhà máy là một khâu quan trọng trong quá trình tính toán thiết kế nhà máy điện. Vì vậy cần nguyên cứu kỹ nhiệm vụ thiết kế, nắm vững các số liệu ban đầu. Dựa vào bảng 1.5 và các nhận xét tổng quát, ta tiến hành vạch các phương án nối dây có thể. Các phương án đưa ra phải đảm bảo cung cấp điện liên tục cho các hộ tiêu thụ, phải khác nhau về cách ghép nối các máy biến áp với các cấp điện áp, về số lượng và dung lượng của máy biến áp, về số lượng máy phát điện ... Sơ đồ nối điện giữa các cấp điện áp phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Về kỹ thuật

- Đảm bảo an toàn cung cấp điện theo yêu cầu.
- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

- Về kinh tế

- Vốn đầu tư ít.
- Dễ vận hành thay thế, lắp đặt, sửa chữa.
- Có khả năng phát triển về sau.

- Chọn sơ đồ nối điện chính của nhà máy là một khâu quan trọng trong quá trình thiết kế nhà máy điện. Các phương án đưa ra phải đảm bảo cung cấp điện liên tục cho các hộ tiêu thụ và

phải khác nhau về cách ghép nối máy biến áp với các cấp điện áp về số lượng và dung lượng của máy biến áp về số lượng máy phát điện nối vào thanh góp điện áp máy phát, số máy phát điện ghép với bộ máy biến áp.

- Không nối nhiều bộ máy phát điện với một máy biến áp vì công suất của một bộ như vậy sẽ lớn hơn dự trữ quay của hệ thống.

- Cả phía cao áp và trung áp đều có trung tính nối đất trực tiếp nên ta sử dụng máy biến áp tự ngẫu để liên lạc.

- Công suất mỗi bộ máy phát - máy biến áp không được lớn hơn dự trữ quay của hệ thống
 $S_{dt1} = 5\% \cdot 2000 = 100 \text{ [MVA]}.$

- Chỉ nối bộ máy phát - máy biến áp hai cuộn dây vào thanh góp điện áp nào mà phụ tải cực tiểu ở đó lớn hơn công suất của bộ này, có như vậy mới tránh được trường hợp lúc phụ tải cực tiểu, bộ này không phát hết công suất hoặc công suất phải chuyển qua hai lần máy biến áp làm tăng tổn hao và gây quá tải cho máy biến áp ba cuộn dây. Đối với máy biến áp tự ngẫu liên lạc thì không cần điều kiện này.

- Thành phần phần trăm công suất phụ tải cấp máy biến áp máy phát so với công suất của toàn nhà máy:

$$S_{UF}\% = \frac{S_{UFmax}}{S_{NM}} \cdot 100 = \frac{129,412}{312,5} \cdot 100 = 41,412\%$$

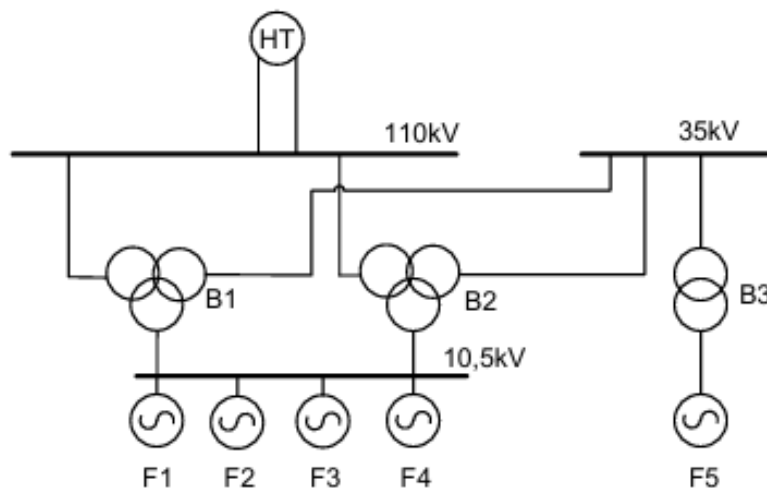
- Vì $S_{UF}\% = 41,412\% \geq 15\%$ nên ta sử dụng sơ đồ thiết bị phân phối cấp UF

- Từ yêu cầu kỹ thuật trên, ta vạch ra một số phương án nối điện chính cho nhà máy như sau:

1.3.1. Phương án I :

1.3.1.1. Mô tả phương án :

- Sơ đồ nối điện gồm 3 thanh góp cấp điện áp cao (110kV), cấp điện áp trung (35kV), cấp điện áp máy phát (10,5kV)
- Bốn máy phát F1, F2, F3, F4 nối với thanh góp 10,5kV rồi nối vào 2 máy biến áp liên lạc B1 và B2
- Từ máy biến áp liên lạc B1, B2 nối với thanh góp 110kV và 35kV
- Bộ máy phát F5 nối với máy biến áp B3 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp trung (35kV).
- Hệ thống được nối với thanh góp 110kV bằng đường dây kép



Hình 1.5 Sơ đồ nối điện phương án I

1.3.1.2. Ưu điểm

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống.
- Số lượng máy biến áp ít.

- Kinh phí đầu tư lắp máy bên thanh góp cấp điện áp trung rẻ.

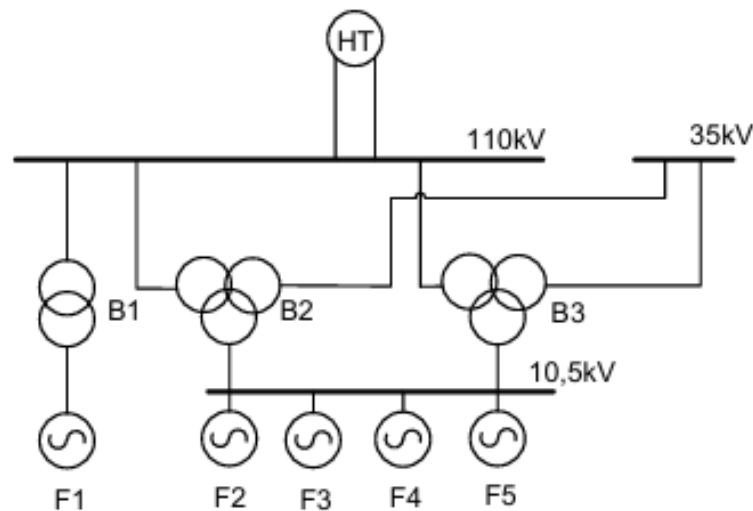
1.3.1.3. Nhược điểm

- Số lượng máy phát nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát nhiều nên thanh góp sẽ phức tạp.

1.3.2. Phương án II

1.3.2.1. Mô tả phương án

- Sơ đồ nối điện gồm 3 thanh góp cấp điện áp cao (110kV), cấp điện áp trung (35kV), cấp điện áp máy phát (10,5kV).
- Bốn máy phát F2, F3, F4, F5 nối với thanh góp 10,5kV rồi nối vào 2 máy biến áp liên lạc B2 và B3.
- Từ máy biến áp liên lạc B2, B3 nối với thanh góp 110kV và 35kV.
- Bộ máy phát F1 nối với máy biến áp B1 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp cao (110kV).
- Hệ thống được nối với thanh góp 110kV bằng đường dây kép



Hình 1.6 Sơ đồ nối điện phương án II

1.3.2.2. Ưu điểm

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống.
- Số lượng máy biến áp ít.

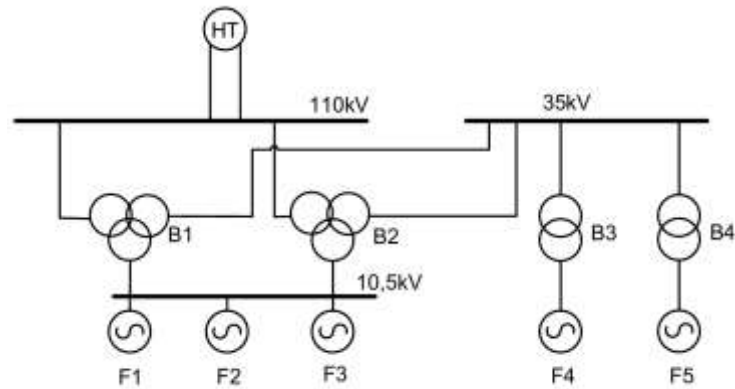
1.3.2.3. Nhược điểm

- Vì tổ máy được nối vào thanh góp cấp điện áp cao nên chi phí sẽ cao hơn
- Số lượng máy phát nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát nhiều.

1.3.3. Phương án III:

1.3.3.1. Mô tả phương án:

- Sơ đồ nối điện gồm 3 thanh góp cấp điện áp cao (110kV), cấp điện áp trung (35kV), cấp điện áp máy phát (10,5kV).
- Bốn máy phát F1, F2, F3 nối với thanh góp 10,5kV rồi nối vào 2 máy biến áp liên lạc B1 và B2.
- Từ máy biến áp liên lạc B1, B2 nối với thanh góp 110kV và 35kV.
- Bộ máy phát F4 nối với máy biến áp B3 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp trung (35kV).
- Bộ máy phát F5 nối với máy biến áp B4 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp trung (35kV).
- Hệ thống được nối với thanh góp 110kV bằng đường dây kép



Hình 1.7 Sơ đồ nối điện phương án III

1.3.3.2. Ưu điểm:

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống
- MBA nối vào thanh góp cấp điện áp trung nên giá thành MBA và các thiết bị sẽ ít tốn kém hơn so với bên cao áp
- Số lượng máy phát nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát ít nên thanh góp đơn giản

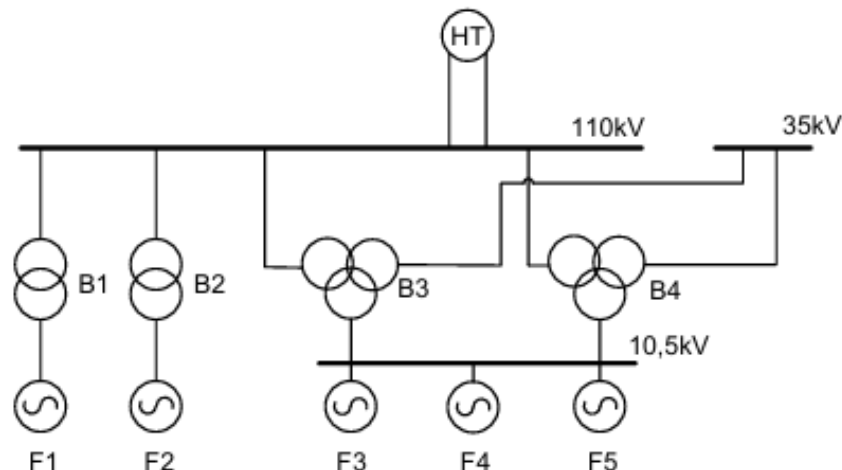
1.3.3.3. Nhược điểm:

- Số lượng MBA nhiều dẫn đến vốn đầu tư tăng, mặt bằng phân bố thiết bị ngoài trời lớn
- Do lắp đặt bên thanh góp cấp điện áp trung nhiều nên sẽ gây tổn thất công suất nhiều

1.3.4. Phương án IV:

1.3.4.1. Mô tả phương án:

- Sơ đồ nối điện gồm 3 thanh góp cấp điện áp cao (110kV), cấp điện áp trung (35kV), cấp điện áp máy phát (10,5kV).
- Bốn máy phát F3, F4, F5 nối với thanh góp 10,5kV rồi nối vào 2 máy biến áp liên lạc B3 và B4.
- Từ máy biến áp liên lạc B1, B2 nối với thanh góp 110kV và 35kV.
- Bộ máy phát F1 nối với máy biến áp B1 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp cao (110kV).
- Bộ máy phát F2 nối với máy biến áp B2 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp cao (110kV).
- Hệ thống được nối với thanh góp 110kV bằng đường dây kép



Hình 1.8 Sơ đồ nối điện phương án IV

1.3.4.2. Ưu điểm:

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống
- Số lượng máy phát nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát ít nên thanh góp đơn giản

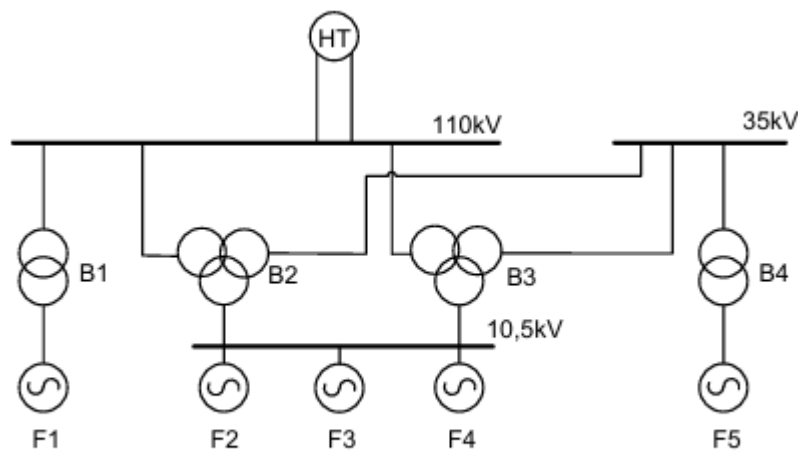
1.3.4.3. Nhược điểm:

- Số lượng MBA nhiều dẫn đến mặt bằng phân phối thiết bị ngoài trời lớn
- Số lượng MBA bên phía cấp điện áp cao nhiều nên tốn kém về mặt kinh tế hơn bên cấp điện áp trung.

1.3.5. Phương án V:

1.3.5.1. Mô tả phương án:

- Sơ đồ nối điện gồm 3 thanh góp cấp điện áp cao (110kV), cấp điện áp trung (35kV), cấp điện áp máy phát (10,5kV).
- Bốn máy phát F2, F3, F4 nối với thanh góp 10,5kV rồi nối vào 2 máy biến áp liên lạc B2 và B3.
- Từ máy biến áp liên lạc B2, B3 nối với thanh góp 110kV và 35kV.
- Bộ máy phát F1 nối với máy biến áp B1 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp cao (110kV).
- Bộ máy phát F5 nối với máy biến áp B4 rồi nối vào thanh góp cấp điện áp trung (35kV).
- Hệ thống được nối với thanh góp 110kV bằng đường dây kép



Hình 1.9 Sơ đồ nối điện phương án V

1.3.5.2. Ưu điểm:

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống
- MBA nối vào thanh góp cấp điện áp trung nên giá thành MBA và các thiết bị sẽ ít tốn kém hơn so với bên cao áp
- Số lượng máy phát nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát ít nên thanh góp đơn giản

1.3.5.3. Nhược điểm:

- Số lượng MBA nhiều dẫn đến vốn đầu tư tăng, mặt bằng phân bố thiết bị ngoài trời lớn

1.4. Phân tích lựa chọn phương án tính toán:

Do công suất phụ tải cấp điện áp trung tại thời điểm nhỏ nhất là 80 MW mà công suất phát của một máy phát là 46,875 MW (sau khi đã trừ đi công suất tự dùng) thì ta thấy các phương án có hai máy phát được nối với máy biến áp rồi nối lên thanh góp cấp điện áp trung (35kV) sẽ tạo nên một lượng công suất dư thừa. Từ đó sẽ đưa qua máy biến áp liên lạc rồi đưa lên hệ thống. Quá trình này sẽ làm tăng tổn thất công suất lớn trên lưới điện. Cho nên ta loại 2 phương án đó là phương án III, IV.

Tiếp đến xét phương án I và II, ta thấy 2 phương án được bố trí sơ đồ tương đối giống nhau. Nhưng về mặt kinh tế thì phương án I sẽ ít hơn so với phương án II.

Vậy nên ta chọn 2 phương án I và V để tính toán thiết kế

CHƯƠNG 2. CHỌN MÁY BIẾN ÁP, TÍNH TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG

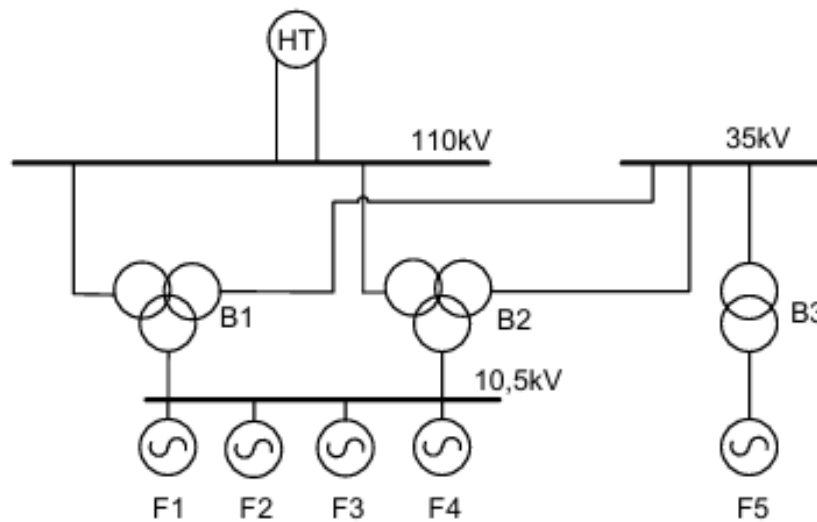
2.1. Chọn máy biến áp

Máy biến áp là một trong những thiết bị chính trong nhà máy điện, với vốn đầu tư chiếm tỷ trọng lớn trong tổng mức đầu tư xây dựng nhà máy. Do đó, việc lựa chọn số lượng máy biến áp cũng như công suất định mức của chúng cần được cân nhắc kỹ lưỡng. Công suất máy biến áp phải đảm bảo đủ khả năng cung cấp điện cho phụ tải không chỉ trong điều kiện vận hành bình thường mà còn trong các tình huống sự cố, nhằm đảm bảo tính liên tục và ổn định của hệ thống điện.

Chế độ làm việc định mức của máy biến áp phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện nhiệt độ môi trường xung quanh. Tuy nhiên, do các nhà sản xuất có thể chế tạo máy biến áp theo tiêu chuẩn khí hậu cụ thể tại địa điểm lắp đặt, nên trong quá trình thiết kế thường không cần hiệu chỉnh công suất theo nhiệt độ môi trường.

2.1.1. Phương án I

- Sơ đồ nối điện phương án I:



Hình 2.1. sơ đồ nối điện phương án I

2.1.1.1. Chọn máy biến áp

- Chọn máy biến áp liên lạc B1, B2:

Máy biến áp này là máy biến áp ba pha ba cuộn dây, công suất được chọn theo điều kiện:

$$S_{dmB1} = S_{dmB2} = S_{dmB} \geq \frac{1}{2} \cdot S_{thmax} \quad (2.1)$$

Trong đó:

$$S_{thmax} = \sum_1^4 S_{dmFi} - \sum_1^4 S_{tdFi_{max}} - S_{UFmin} = 4 \times (62,5 - \frac{15,625}{5}) - 90,588 = 146,912 \text{ [MVA]}$$

S_{dmFi} : công suất định mức của máy phát

$S_{td max Fi}$: công suất tự dùng

S_{UFmin} : công suất nhỏ nhất của phụ tải địa phương

$$S_{dmB1} = S_{dmB2} \geq \frac{1}{2} \times 146,912 = 73,456 \text{ [MVA]}$$

Như vậy, công suất của máy biến áp liên lạc B1 và B2 là:

$$S_{dmB1} = S_{dmB2} \geq 73,456 \text{ [MVA]}$$

Tra sách “Thiết kế Nhà máy điện” của PGS Nguyễn Hữu Khải. Trang 150 ta chọn máy biến áp có các thông số sau:

Loại MBA	S [MVA]	Điện áp cuộn dây			ΔP (KW)				$U_N\%$			$I_o\%$	Giá [tỷ đồng]
		C	T	H	ΔP_0	ΔP_{NC-}	ΔP_{NC-}	ΔP_{NT-}	C-T	C-H	T-H		
TĐTH	80	115	38,5	11	102	195	390	195	10,5	17	6,5	0,6	32

Bảng 2.1 Thông số máy biến áp liên lạc B1,B2 phương án I

- Chọn máy biến áp cho B3:

$$S_{dmB3} = S_{dmF5} \geq 62,5 \text{ [MVA]}$$

Loại MBA	S [MVA]	Điện áp cuộn dây			ΔP (KW)		$U_N\%$			$I_o\%$	Giá [tỷ đồng]
		C	T	H	ΔP_0	ΔP_{NC-H}	C-T	C-H	T-H		
TĐC	63	38,5	-	10,5	60	280	-	9,5	-	0,3	24

Bảng 2.2 Thông số máy biến áp B3 phương án I

2.1.1.2. Kiểm tra quá tải máy biến áp đã chọn của phương án I:

2.1.1.2.1. Kiểm tra quá tải bình thường:

Công suất định mức của các máy biến áp B1, B2, B3 được chọn lớn hơn công suất tính toán nên không cần kiểm tra quá tải bình thường.

2.1.1.2.2. Kiểm tra quá tải sự cố:

a. Xét sự cố máy biến áp nối bộ:

Sự cố bộ F5-B3, điều kiện kiểm tra:

$$2 \cdot k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB2} \geq S_{UTmax} \quad (2.1)$$

Có:

+ $k_{qt}^{sc} = 1,4$ vì máy biến áp B2 là máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây

+ $S_{dmB2} = 80 \text{ [MVA]}$

$$\rightarrow 2 \cdot k_{qt}^{sc} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB2} = 2 \cdot 1,4 \cdot 80 = 224 \text{ [MVA]}$$

+ $S_{UTmax} = 100 \text{ [MVA]}$

Ta có $224 > 100 \text{ [MVA]}$. Như vậy, điều kiện (2.1) thỏa mãn. Do đó máy biến áp đã chọn thỏa mãn điều kiện làm việc trong trường hợp quá tải bình thường và quá tải sự cố.

b. Trường hợp sự cố MBA 3 pha 3 cuộn dây liên lạc:

Giả sử sự cố máy biến áp B1 thì máy biến áp B2 còn lại với khả năng quá tải sự cố cho phép phải cung cấp đủ công suất cho phụ tải cấp điện áp trung lúc cực đại. Nghĩa là:

$$k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB2} \geq S_{UTmax} - S_{F5-B3} \quad (2.2)$$

Có:

+ $k_{qt}^{sc} = 1,4$ vì máy biến áp B2 là máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây

+ $S_{dmB2} = 80 \text{ [MVA]}$

$$\rightarrow k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB2} = 1,4 \cdot 80 = 112 \text{ [MVA]}$$

+ $S_{UTmax} = 100 \text{ [MVA]}$

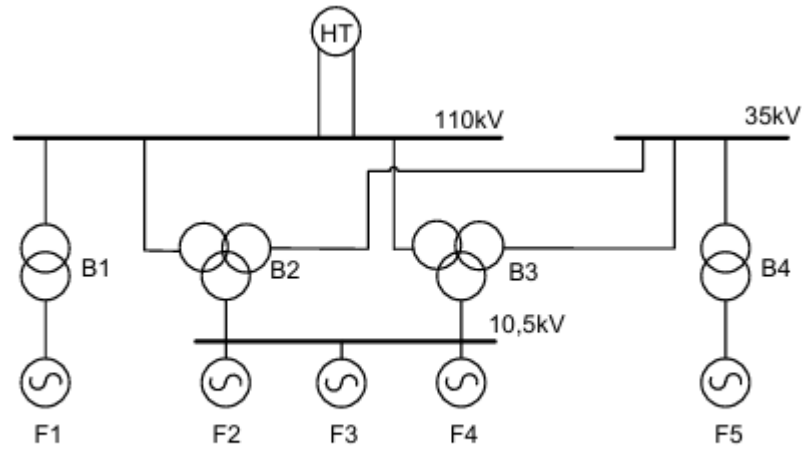
$$+ S_{F5-B3} = S_{dmF5} - S_{tdmaxF5} = 62,5 - \frac{15,625}{5} = 59,375 \text{ [MVA]}$$

$$\rightarrow S_{UTmax} - S_{F5-B3} = 100 - 59,375 = 40,625 \text{ [MVA]}$$

Ta có $112 > 40,625$ [MVA]. Như vậy, điều kiện (2.2) thỏa mãn. Do đó các máy biến áp đã chọn thỏa mãn điều kiện làm việc trong trường hợp quá tải bình thường và quá tải sự cố.

2.1.2. Phương án V

- Sơ đồ nối điện phương án V:



Hình 2.2 Sơ đồ nối điện phương án V

2.1.2.1. Chọn máy biến áp

- Chọn máy biến áp liên lạc B2, B3:

Máy biến áp này là máy biến áp ba pha ba cuộn dây, công suất được chọn theo điều kiện:

$$S_{dmB2} = S_{dmB3} = S_{dmB} \geq \frac{1}{2} \cdot S_{thmax} \quad (2.1)$$

Trong đó:

$$S_{thmax} = \sum_1^3 S_{dmFi} - \sum_1^3 S_{tdFi_{max}} - S_{UFmin} = 3 \times (62,5 - \frac{15,625}{5}) - 90,588 = 87,537 \text{ [MVA]}$$

S_{dmFi} : công suất định mức của máy phát

$S_{td max Fi}$: công suất tự dùng

S_{UFmin} : công suất nhỏ nhất của phụ tải địa phương

$$S_{dmB1} = S_{dmB2} \geq \frac{1}{2} \times 87,537 = 43,77 \text{ [MVA]}$$

Như vậy, công suất của máy biến áp liên lạc B2 và B3 là:

$$S_{dmB2} = S_{dmB3} \geq 43,77 \text{ [MVA]}$$

Tra sách “Thiết kế Nhà máy điện” của PGS Nguyễn Hữu Khải. Trang 150 ta chọn máy biến áp có các thông số sau:

Loại MBA	S [MVA]	Điện áp cuộn dây			ΔP [KW]				$U_N\%$			$I_0\%$	Giá [tỷ đồng]
		C	T	H	ΔP_0	ΔP_{NC-}	ΔP_{NC-}	ΔP_{NT-}	C-T	C-H	T-H		
TĐTH	63	115	38,5	11	87	145	290	145	10,5	17	6,5	0,7	26

Bảng 2.3 Thông số máy biến áp liên lạc B2, B3 phương án V

- Chọn máy biến áp cho B1:

$$S_{dmB1} = S_{dmF1} \geq 62,5 \text{ [MVA]}$$

Loại MBA	S [MVA]	Điện áp cuộn dây			ΔP [KW]		$U_N\%$			$I_0\%$	Giá [tỷ đồng]
		C	T	H	ΔP_0	ΔP_{NC-H}	C-T	C-H	T-H		
ТРДЦН	63	115	-	10,5	73	245	-	10,5	15	0,6	25

Bảng 2.4 Thông số máy biến áp liên lạc B1 phương án V

- Chọn máy biến áp cho B4:

$$S_{dmB4} = S_{dmF5} \geq 62,5 \text{ [MVA]}$$

Loại MBA	S [MVA]	Điện áp cuộn dây			ΔP [KW]		$U_N\%$			$I_0\%$	Giá [tỷ đồng]
		C	T	H	ΔP_0	ΔP_{NC-H}	C-T	C-H	T-H		
ТДЦ	63	38,5	-	10,5	60	280	-	9,5	-	0,3	24

Bảng 2.5 Thông số máy biến áp liên lạc B4 phương án V

2.1.2.2. Kiểm tra quá tải máy biến áp đã chọn của phương án V:

2.1.2.2.1. Kiểm tra quá tải bình thường:

Công suất định mức của các máy biến áp B1, B2, B3, B4 được chọn lớn hơn công suất tính toán nên không cần kiểm tra quá tải bình thường.

2.1.2.2.2. Kiểm tra quá tải sự cố:

a. Xét sự cố máy biến áp nối bộ:

Sự cố bộ F₅-B₄, điều kiện kiểm tra:

$$2 \cdot k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB2} \geq S_{UTmax} \quad (2.3)$$

Có:

+ $k_{qt}^{sc} = 1,4$ vì máy biến áp B₂ là máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây

+ $S_{dmB3} = 63 \text{ [MVA]}$

$$2k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB3} = 2 \cdot 1,4 \cdot 63 = 176,4 \text{ [MVA]}$$

+ $S_{UTmax} = 100 \text{ [MVA]}$

Ta có $176,4 > 100 \text{ [MVA]}$. Như vậy, điều kiện (2.3) thỏa mãn. Do đó máy biến áp đã chọn thỏa mãn điều kiện làm việc trong trường hợp quá tải bình thường và quá tải sự cố.

b. Trường hợp sự cố MBA 3 pha 3 cuộn dây liên lạc:

Giả sử sự cố máy biến áp B₂ thì máy biến áp B₃ còn lại với khả năng quá tải sự cố cho phép phải cung cấp đủ công suất cho phụ tải cấp điện áp trung lúc cực đại. Nghĩa là:

$$k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB3} \geq S_{UTmax} - S_{F5-B4} \quad (2.4)$$

Có:

$$\begin{aligned}
&+ k_{qt}^{sc} = 1,4 \text{ vì máy biến áp } B_2 \text{ là máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây} \\
&+ S_{dmB3} = 63 \text{ [MVA]} \\
&+ S_{UTmax} = 100 \text{ [MVA]} \\
&+ S_{F5-B4} = S_{dmF5} - S_{tdmaxF5} = 62,5 - \frac{15,625}{5} = 59,375 \text{ [MVA]} \\
&\rightarrow S_{UTmax} - S_{F5-B3} = 100 - 59,375 = 40,625 \text{ [MVA]} \\
&\rightarrow k_{qt}^{sc} \cdot S_{dmB3} = 1,4 \cdot 63 = 88,2 \text{ [MVA]}
\end{aligned}$$

Ta có $88,2 > 40,625 \text{ [MVA]}$. Như vậy, điều kiện (2.4) thỏa mãn. Do đó các máy biến áp đã chọn thỏa mãn điều kiện làm việc trong trường hợp quá tải bình thường và quá tải sự cố.

2.2. Tính tổn thất điện năng trong các máy biến áp

2.2.1. Phương án I

2.2.1.1. Định chế độ vận hành

Cho máy phát F5 phát công suất định mức và các máy phát F1, F2, F3, F4 phát theo yêu cầu của phụ tải

2.2.1.2. Tính tổn thất điện năng trong máy biến áp nội bộ B3:

Tổn thất điện năng qua máy biến áp B3 là: (Giả sử F5-B3 luôn phát công suất ở chế độ định mức để đơn giản việc điều chỉnh)

$$\Delta A_{B3} = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{dmB3}} \right)^2 \cdot t \quad (2.5)$$

Trong đó:

+ ΔP_0 : Tổn thất không tải của máy biến áp.

$$\Delta P_0 = 60 \text{ [KW]}$$

+ t: Thời gian làm việc của máy biến áp trong năm.

Vì trong thiết kế không đề cập đến thời gian gián đoạn, không làm việc của nhà máy nên ta mặc định máy biến áp làm việc quanh năm.

$$\text{Do đó: } t = 8760 \text{ [h]}$$

+ ΔP_N : Tổn thất có tải (tổn thất ngắn mạch) của máy biến áp.

$$\Delta P_N = 280 \text{ [KW]}$$

+ S_{max} : Công suất cực đại qua máy biến áp.

$$S_{max} = S_{F5-B3max} = S_{dmF5} - S_{tdmaxF5} = 62,5 - \frac{15,625}{4} = 58,594 \text{ [MVA]}$$

+ S_{dmB3} : Công suất định mức của máy biến áp B3.

$$S_{dmB3} = 63 \text{ [MVA]}$$

Vì máy biến áp B3 luôn làm việc với công suất truyền tải qua nó là $S_{max}=58,594 \text{ [MVA]}$ nên: $t = 8760 \text{ [h]}$.

$$\text{Vậy } \Delta A_{B3} = 60 \cdot 8760 + 280 \cdot \left(\frac{58,594}{63} \right)^2 \cdot 8760 = 2647316,394 \text{ [kWh]}$$

2.2.1.3. Tính tổn thất điện năng qua máy biến áp liên lạc 3 pha 3 cuộn dây B1, B2

– Vì hai máy biến áp B1, B2 là hai máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây giống nhau vận hành song song và đồ thị phụ tải của ta là đồ thị bậc thang nên ta sử dụng công thức (2.6)

$$\Delta A_{B1,B2} = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \cdot \sum \left[\left(\frac{S_{iC}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NC} + \left(\frac{S_{iT}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NT} + \left(\frac{S_{iH}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NH} \right] \cdot t_i$$

Trong đó :

- n là số máy biến áp làm việc song song
- S_{Ci}, S_{Ti}, S_{Hi} là công suất qua cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây
- $\Delta P_{NC}, \Delta P_{NT}, \Delta P_{NH}$ là tổn thất ngắn mạch trong cuộn dây điện áp cao, trung, hạ của máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây
- ΔP_0 là tổn thất không tải của máy biến áp

$$\begin{aligned}\square P_{NC} &= 0,5(\square P_{NC-T} + \square P_{NC-H} - \square P_{NT-H}) \\ \square P_{NT} &= 0,5(\square P_{NC-T} + \square P_{NT-H} - \square P_{NC-H}) \\ \square P_{NH} &= 0,5(-\square P_{NC-T} + \square P_{NC-H} + \square P_{NT-H})\end{aligned}\quad (2.7)$$

Có $\square P_{NC-H} = 390 \text{ [kW]}$ do đó có thể xem

$$\square P_{NC-T} = \square P_{NT-H} = \frac{1}{2} \square P_{NC-H} = \frac{1}{2} \cdot 390 = 195 \text{ [kW]}$$

Vậy

$$\square P_{NC} = 0,5(195 + 390 - 195) = 195 \text{ [kW]}$$

$$\square P_{NT} = 0,5(195 + 195 - 390) = 0 \text{ [kW]}$$

$$\square P_{NH} = 0,5(-195 + 390 + 195) = 195 \text{ [kW]}$$

Nhà máy chỉ phát công suất cung cấp cho các phụ tải theo biểu đồ phụ tải ngày và không phát công suất thừa cho tổ máy nên :

$$S_C(t) = S_{UC}(t)$$

$$S_T(t) = S_{UT}(t) - S_{F5-B3}$$

$$= S_{UT}(t) - (S_{dmF5} - S_{tdmaxF5})$$

$$= S_{UT}(t) - (62,5 - \frac{15,625}{5}) = S_{UT}(t) - 59,375$$

$$S_H(t) = S_C(t) + S_T(t)$$

$$S_{F5-B3} = S_{dmF5} - S_{tdmaxF5} = 62,5 - \frac{15,625}{5} = 59,375$$

Thời gian	S_{UC} [MVA]	S_{UT} [MVA]	S_{Hi} [MVA]	S_{Ti} [MVA]	S_{Ci} [MVA]
0 ÷ 2	37,5	80	58,125	20,625	37,5
2 ÷ 4	37,5	80	58,125	20,625	37,5
4 ÷ 6	37,5	100	78,125	40,625	37,5
6 ÷ 8	37,5	100	78,125	40,625	37,5
8 ÷ 10	37,5	100	78,125	40,625	37,5
10 ÷ 12	37,5	100	78,125	40,625	37,5
12 ÷ 14	30	100	70,625	40,625	30
14 ÷ 16	30	100	70,625	40,625	30
16 ÷ 18	22,5	90	53,125	30,625	22,5
18 ÷ 20	22,5	90	53,125	30,625	22,5
20 ÷ 24	22,5	80	43,125	20,625	22,5

Bảng 2.6 Phân bố công suất theo đồ thị thời gian phương án I

$$\begin{aligned}\sum S_{Ci}^2 \cdot t_i &= 37,5^2 \cdot 2 + 37,5^2 \cdot 2 + 37,5^2 \cdot 2 + 37,5^2 \cdot 2 + 37,5^2 \cdot 2 + 37,5^2 \cdot 2 + 30^2 \cdot 2 + 30^2 \cdot 2 + 22,5^2 \cdot 2 + 22,5^2 \cdot 2 + 22,5^2 \cdot 4 \\ &= 24525 \text{ [MVA}^2 \cdot \text{h]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum S_{Ti}^2 \cdot t_i &= 20,625^2 \cdot 2 + 20,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 30,625^2 \cdot 2 + 30,625^2 \cdot 2 + 20,625^2 \cdot 4 \\ &= 26959,38 \text{ (MVA}^2 \cdot \text{h)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum S_{Hi}^2 \cdot t_i &= 58,125^2 \cdot 2 + 58,125^2 \cdot 2 + 78,125^2 \cdot 2 + 78,125^2 \cdot 2 + 78,125^2 \cdot 2 + 78,125^2 \cdot 2 + 70,625^2 \cdot 2 + 70,625^2 \cdot 2 + 53,125^2 \cdot 2 + 53,125^2 \cdot 2 + 43,125^2 \cdot 4 \\ &= 101021,9 \text{ [MVA}^2 \cdot \text{h]}\end{aligned}$$

Tổn thất điện năng của máy biến áp B1, B2 trong 1 ngày :

$$\square A_{ng} = 2.102.24 + \frac{1}{2.80^2} \cdot (195.24525 + 0.26959,38 + 195.101021,9) \\ = 6808,63 \text{ [KWh]}$$

Tổn thất điện năng của máy biến áp B1, B2 trong 1 năm :

$$\square A_{B1,B2} = \square A_{ng} \cdot 365 = 6808,63 \cdot 365 = 2485,15 \cdot 10^3 \text{ [kWh]} = 2485,15 \text{ [MWh]}$$

Tổng tổn thất điện năng hàng năm là :

$$\square A = \square A_{B1,B2} + \square A_{B3} = 2485,15 + 2647,316 = 5132,466 \text{ [MWh]}$$

2.2.2. Phương án V

2.2.2.1. Định chế độ vận hành

Cho máy phát F1, F5 phát công suất định mức và các máy phát F2, F3, F4 phát theo yêu cầu của phụ tải

2.2.2.2. Tính tổn thất điện năng trong máy biến áp nội bộ B1:

Tổn thất điện năng qua máy biến áp B1 là: (Giả sử F1-B1 luôn phát công suất ở chế độ định mức để đơn giản việc điều chỉnh)

$$\Delta A_{B1} = \Delta P_o \cdot t + \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{dmB3}} \right)^2 \cdot t \quad (2.8)$$

Trong đó:

+ ΔP_o : Tổn thất không tải của máy biến áp.

$$\Delta P_o = 73 \text{ [KW]}$$

+ t: Thời gian làm việc của máy biến áp trong năm.

Vì trong thiết kế không đề cập đến thời gian gián đoạn, không làm việc của nhà máy nên ta mặc định máy biến áp làm việc quanh năm.

$$\text{Do đó: } t = 8760 \text{ [h]}$$

+ ΔP_N : Tổn thất có tải (tổn thất ngắn mạch) của máy biến áp.

$$\Delta P_N = 245 \text{ [KW]}$$

+ S_{max} : Công suất cực đại qua máy biến áp.

$$S_{max} = S_{F1-B1max} = S_{dmF1} - S_{tdmaxF1} = 62,5 - \frac{15,625}{4} = 58,594 \text{ [MVA]}$$

+ S_{dmB1} : Công suất định mức của máy biến áp B1.

$$S_{dmB1} = 63 \text{ [MVA]}$$

+ τ : Thời gian tổn thất công suất lớn nhất của máy biến áp.

Vì máy biến áp B3 luôn làm việc với công suất truyền tải qua nó là

$$S_{max} = 58,594 \text{ [MVA]} \text{ nên: } t = 8760 \text{ [h].}$$

$$\text{Vậy } \Delta A_{B1} = 73 \cdot 8760 + 245 \cdot \left(\frac{58,594}{63} \right)^2 \cdot 8760 = 2496171,954 \text{ [kWh]}$$

2.2.2.3. Tính tổn thất điện năng trong máy biến áp nội bộ B4:

Tổn thất điện năng qua máy biến áp B4 là: (Giả sử F5-B4 luôn phát công suất ở chế độ định mức để đơn giản việc điều chỉnh)

$$\Delta A_{B4} = \Delta P_o \cdot t + \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{dmB3}} \right)^2 \cdot t \quad (2.9)$$

Trong đó:

+ ΔP_o : Tổn thất không tải của máy biến áp.

$$\Delta P_o = 60 \text{ [KW]}$$

+ t: Thời gian làm việc của máy biến áp trong năm.

Vì trong thiết kế không đề cập đến thời gian gián đoạn, không làm việc của nhà máy nên ta mặc định máy biến áp làm việc quanh năm.

$$\text{Do đó: } t = 8760 \text{ [h]}$$

+ ΔP_N : Tổn thất có tải (tổn thất ngắn mạch) của máy biến áp.

$$\Delta P_N = 280 \text{ [KW]}$$

+ S_{max} : Công suất cực đại qua máy biến áp.

$$S_{\max} = S_{F5-B4\max} = S_{dmF5} - S_{td\max F5} = 62,5 - \frac{15,625}{4} = 58,594 \text{ [MVA]}$$

+ S_{dmB4} : Công suất định mức của máy biến áp B3.

$$S_{dmB4} = 63 \text{ [MVA]}$$

Vì máy biến áp B4 luôn làm việc với công suất truyền tải qua nó là

$$S_{\max} = 58,594 \text{ [MVA]} \text{ nên: } t = 8760 \text{ [h]}.$$

$$\text{Vậy } \Delta A_{B4} = 60 \cdot 8760 + 280 \cdot \left(\frac{58,594}{63}\right)^2 \cdot 8760 = 2647316,394 \text{ [kWh]}$$

2.2.2.4. Tính tổn thất điện năng qua máy biến áp liên lạc 3 pha 3 cuộn dây B2, B3

– Vì hai máy biến áp B2, B3 là hai máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây giống nhau vận hành song song và đồ thị phụ tải của ta là đồ thị bậc thang nên ta sử dụng công thức (2.6)

$$\Delta A_{B1,B2} = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \cdot \sum \left[\left(\frac{S_{iC}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NC} + \left(\frac{S_{iT}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NT} + \left(\frac{S_{iH}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NH} \right] \cdot t_i$$

Trong đó :

- n là số máy biến áp làm việc song song
- S_{Ci}, S_{Ti}, S_{Hi} là công suất qua cuộn cao, cuộn trung, cuộn hạ của n máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây
- $\square P_{NC}, \square P_{NT}, \square P_{NH}$ là tổn thất ngắn mạch trong cuộn dây điện áp cao, trung, hạ của máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây
- $\square P_0$ là tổn thất không tải của máy biến áp

$$\square P_{NC} = 0,5(\square P_{NC-T} + \square P_{NC-H} - \square P_{NT-H})$$

$$\square P_{NT} = 0,5(\square P_{NC-T} + \square P_{NT-H} - \square P_{NC-H}) \quad (2.7)$$

$$\square P_{NH} = 0,5(-\square P_{NC-T} + \square P_{NC-H} + \square P_{NT-H})$$

Có $\square P_{NC-H} = 290 \text{ [kW]}$ do đó có thể xem

$$\square P_{NC-T} = \square P_{NT-H} = \frac{1}{2} \square P_{NC-H} = \frac{1}{2} \cdot 290 = 145 \text{ [kW]}$$

Vậy

$$\square P_{NC} = 0,5(145 + 290 - 145) = 145 \text{ [kW]}$$

$$\square P_{NT} = 0,5(145 + 145 - 290) = 0 \text{ [kW]}$$

$$\square P_{NH} = 0,5(-145 + 290 + 145) = 145 \text{ [kW]}$$

Vì nhà máy luôn phát hết công suất cung cấp cho các phụ tải và còn thừa tại mọi điểm trong ngày nên công suất qua các cuộn dây máy biến áp là :

$$S_H(t) = S_T(t) + S_C(t)$$

$$S_T(t) = S_{UT}(t) - S_{F5-B4}$$

$$= S_{UT}(t) - (S_{dmF5} - S_{td\max F5})$$

$$= S_{UT}(t) - \left(62,5 - \frac{15,625}{5}\right) = S_{UT}(t) - 59,375$$

$$S_C(t) = S_{UC}(t) - S_{F1-B1}$$

$$= S_{UC}(t) - (S_{dmF1} - S_{td\max F1})$$

$$= S_{UC}(t) - \left(62,5 - \frac{15,625}{5}\right) = S_{UC}(t) - 59,375$$

Thời gian	S_{UC} [MVA]	S_{UT} [MVA]	S_{Hi} [MVA]	S_{Ti} [MVA]	S_{Ci} [MVA]
0 ÷ 2	37,5	80	-1,25	20,625	-21,875
2 ÷ 4	37,5	80	-1,25	20,625	-21,875
4 ÷ 6	37,5	100	18,75	40,625	-21,875
6 ÷ 8	37,5	100	18,75	40,625	-21,875
8 ÷ 10	37,5	100	18,75	40,625	-21,875
10 ÷ 12	37,5	100	18,75	40,625	-21,875
12 ÷ 14	30	100	11,25	40,625	-29,375
14 ÷ 16	30	100	11,25	40,625	-29,375
16 ÷ 18	22,5	90	-6,25	30,625	-36,875
18 ÷ 20	22,5	90	-6,25	30,625	-36,875
20 ÷ 24	22,5	80	-16,25	20,625	-36,875

Bảng 2.7 Phân bố công suất theo đồ thị thời gian phương án V

$$\sum S_{Ci}^2 t_i = (-21,875)^2 \cdot 2 + (-21,875)^2 \cdot 2 + (-21,875)^2 \cdot 2 + (-21,875)^2 \cdot 2 + (-21,875)^2 \cdot 2 + (-21,875)^2 \cdot 2 + (-29,375)^2 \cdot 2 + (-29,375)^2 \cdot 2 + (-36,875)^2 \cdot 2 + (-36,875)^2 \cdot 2 + (-36,875)^2 \cdot 4$$

$$= 20071,88 \text{ [MVA}^2 \cdot \text{h]}$$

$$\sum S_{Ti}^2 t_i = 20,625^2 \cdot 2 + 20,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 40,625^2 \cdot 2 + 30,625^2 \cdot 2 + 30,625^2 \cdot 2 + 20,625^2 \cdot 4$$

$$= 26959,38 \text{ [MVA}^2 \cdot \text{h]}$$

$$\sum S_{Hi}^2 t_i = (-1,25)^2 \cdot 2 + (-1,25)^2 \cdot 2 + 18,75^2 \cdot 2 + 18,75^2 \cdot 2 + 18,75^2 \cdot 2 + 18,75^2 \cdot 2 + 11,25^2 \cdot 2 + 11,25^2 \cdot 2 + (-6,25)^2 \cdot 2 + (-6,25)^2 \cdot 2 + (-16,25)^2 \cdot 4$$

$$= 4537,5 \text{ [MVA}^2 \cdot \text{h]}$$

Tổn thất điện năng của máy biến áp B1, B2 trong 1 ngày :

$$\square A_{ng} = 2.87.24 + \frac{1}{2.63^2} \cdot (145.20071,88 + 0.26959,38 + 145.4537,5)$$

$$= 4625,53 \text{ [KWh]}$$

Tổn thất điện năng của máy biến áp B1, B2 trong 1 năm :

$$\square A_{B1,B2} = \square A_{ng} \cdot 365 = 4625,53 \cdot 365 = 1688,32 \cdot 10^3 \text{ [kWh]} = 1688,32 \text{ [MWh]}$$

Tổn thất điện năng hàng năm là :

$$\square A = \square A_{B2,B3} + \square A_{B1} + \square A_{B4} = 1688,32 + 2496,17 + 2647,32 = 6831,81 \text{ [MWh]}$$

2.3. Chọn điện kháng trong từng phân đoạn

2.3.1. Điều kiện chọn và điều kiện kiểm tra kháng điện

2.3.1.1. Điều kiện chọn kháng điện

$$U_{kdm} \geq U_{dm}$$

$$I_{kdm} \geq I_{cb}$$

2.3.1.2. Điều kiện kiểm tra kháng điện

– Kiểm tra ổn định đóng $i_{odd} \geq i_{xk}$

Trong đó: i_{odd} : là dòng điện ổn định động của kháng, Ka

i_{xk} : là dòng điện xung kích, kA

– Kiểm tra ổn định nhiệt: $I_{nh}^2 \cdot t_{nh} \geq B_N = I_{N\infty} \cdot T_{td}$

Trong đó: B_N : là xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch kA^2s

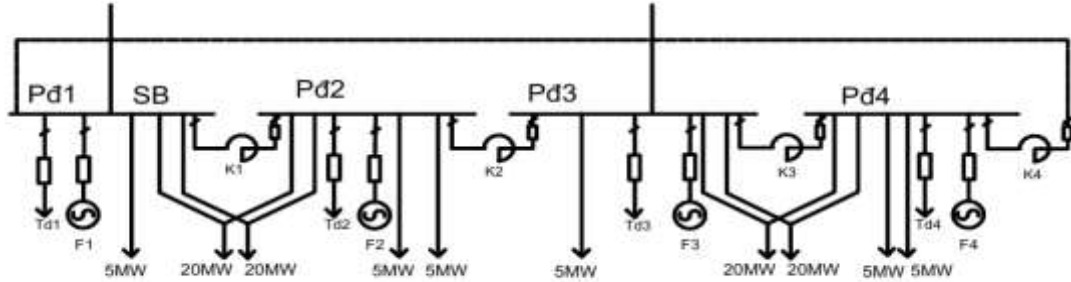
I_{nh} ; t_{nh} : dòng điện ổn định nhiệt và thời gian ổn định nhiệt

2.3.2. Tính chọn kháng điện phân đoạn phương án I

a, Phân bố phụ tải các phân đoạn:

Theo yêu cầu thiết kế, phụ tải cấp điện áp máy phát có:

- + 4 đường dây kép x20 MW dài 10 km
- + 6 đường dây đơn x5 MW dài 8 km
- + Hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$



Hình 2.3 sơ đồ phân đoạn kháng điện

b, tính toán các thông số cơ bản

$$S_{PD1\max} = S_{PD3\max} = \frac{P_{PD1\max}}{\cos\varphi} = \frac{20+5}{0,85} = 29,41 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{PD1\min} = S_{PD3\min} = 70\% \cdot S_{PD1\max} = 20,588 \text{ [MVA]}$$

$$S_{PD2\max} = S_{PD4\max} = \frac{P_{PD2\max}}{\cos\varphi} = \frac{20+5+5}{0,85} = 35,29 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{PD2\min} = S_{PD4\min} = 70\% \cdot S_{PD2\max} = 24,71 \text{ [MVA]}$$

2.3.2.1. Dòng điện làm việc bình thường qua kháng

$$S_{K1}^{bt} = S_{K2}^{bt} = S_{K3}^{bt} = S_{K4}^{bt} = \frac{1}{2} \left(S_{dmF2} - S_{PD2\min} - \frac{S_{tdF2\max}}{5} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(62,5 - 24,71 - \frac{15,625}{5} \right) = 17,33 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow I_{K1}^{bt} = I_{K2}^{bt} = I_{K3}^{bt} = I_{K4}^{bt} = \frac{S_{K1}^{bt}}{\sqrt{3}U_F} = \frac{17,33}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,953 \text{ [kA]}$$

2.3.2.2. Dòng điện cường bức qua kháng

a) Khi một tổ máy phát F1 (hoặc F3) nghỉ làm việc:

$$S_{K1} = S_{K4} = \frac{1}{2} \cdot (S_{BA} + S_{PD1})$$

– Khi phụ tải cấp điện áp máy phát cực đại

$$S_{BA}^{(1)} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sum_1^3 S_{dmFi} - S_{UF\max} - \sum_1^4 S_{td\max} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(3 \cdot 62,5 - 129,412 - \frac{4}{5} \cdot 15,625 \right) = 22,794 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(1)} = S_{K4}^{(1)} = \frac{1}{2} \cdot (S_{BA}^{(1)} + S_{PD1\max}) = \frac{1}{2} \cdot (22,794 + 29,41) = 26,102 \text{ [MVA]}$$

– Khi phụ tải cấp điện áp máy phát cực tiểu :

$$S_{BA}^{(2)} = \frac{1}{2} \cdot \left(\sum_1^3 S_{dmFi} - S_{UFmin} - \sum_1^3 S_{tdmax} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(3.62,5 - 90,588 - \frac{4}{5} \cdot 15,625 \right) = 42,206 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(2)} = S_{K4}^{(2)} = \frac{1}{2} \cdot (S_{BA}^{(2)} + S_{PD1min}) = \frac{1}{2} \cdot (42,206 + 20,588) = 31,397 \text{ [MVA]}$$

b) Khi ngừng tổ máy phát F2 (F4)

$$S_{K1} = \frac{1}{2} \cdot (S_{PD2max} + S_{td2max}) = \frac{1}{2} \cdot \left(35,29 + \frac{1}{5} \cdot 15,625 \right) = 19,208 \text{ [MVA]}$$

c) Khi ngừng làm việc một máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây B1 (hoặc B2)

$$S_{K3} = S_{K4} = \frac{1}{2} (S_{BA} + S_{PD3max} - S_{dmF3})$$

Trong đó :

$$S_B = \min\{S_{thuamax}; K_{qt} \cdot S_{dmB}\}$$

$$K_{qt} \cdot S_{dmB} = 1,4.63 = 88,2 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{BA} = \min\{S_{thuamax}; K_{qt} \cdot S_{dmB2}\}$$

$$= \{103,787; 88,2\}$$

$$\Rightarrow S_{K3} = S_{K4} = \frac{1}{2} (88,2 + \frac{15,625}{5} + 29,41 - 62,5) = 29,11 \text{ [MVA]}$$

d) Khi sự cố K2 hoặc K3 (đứt mạch vòng)

$$S_{K3} = S_{K4} = S_{dmF2} - S_{idf2max} - S_{PD2min} = 62,5 - \frac{15,625}{5} - 24,71 = 34,665 \text{ [MVA]}$$

❖ **Vậy công suất cường nước lớn nhất qua kháng K1, K2, K3, K4:**

$$S_{max}^{cb} = 34,665 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow I_{K1}^{cb} = I_{K2}^{cb} = I_{K3}^{cb} = I_{K4}^{cb} = \frac{S_{max}^{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_F} = \frac{34,665}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1,906 \text{ [kA]}$$

2.3.2.3. Chọn kháng điện cho phương án I

Tra sách “ Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp ” của PGS Nguyễn Hữu Khải ta có thông số kháng điện K1, K2, K3, K4 như bảng 2.6

Loại điện kháng	U_{dm} [kV]	I_{cbK} [kA]	X_K [%]	$\Delta P_{dm}/1$ pha [kW]	I_{odd} [kA]	I_{nh} [kA]	Giá
PBA-10-2000-8	10	2	8	14,3	53	42	200.10 ⁶

Bảng 2.8 Thông số kháng điện K1, K2, K3, K4 phương án I

2.3.2.4. Kiểm tra tổn thất điện áp phương án I

a, Điều kiện làm việc bình thường:

Chọn $X_K\% = 8\%$

Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp lúc bình thường:

$$\Delta U\%_K^{bt} = X_K\% \cdot \frac{I_K^{bt}}{I_{dmK}} \cdot \sin\varphi = 8\% \cdot \frac{0,952}{2} \cdot \sin[\cos^{-1}(0,85)]$$

$$= 1,99\% \leq \Delta U_{cp}^{bt}\% = 2\% \text{ (thỏa mãn)}$$

b, Điều kiện làm việc cưỡng bức

Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp lúc cưỡng bức:

$$\Delta U_{\%K}^{cb} = X_K \% \cdot \frac{I_K^{cb}}{I_{dmK}} \cdot \sin \varphi = 8\% \cdot \frac{1,906}{2} \cdot \sin [\cos^{-1}(0,85)]$$

$$= 4,01 \% \leq \Delta U_{\%cp}^{bt} = 5\% \text{ (thỏa mãn)}$$

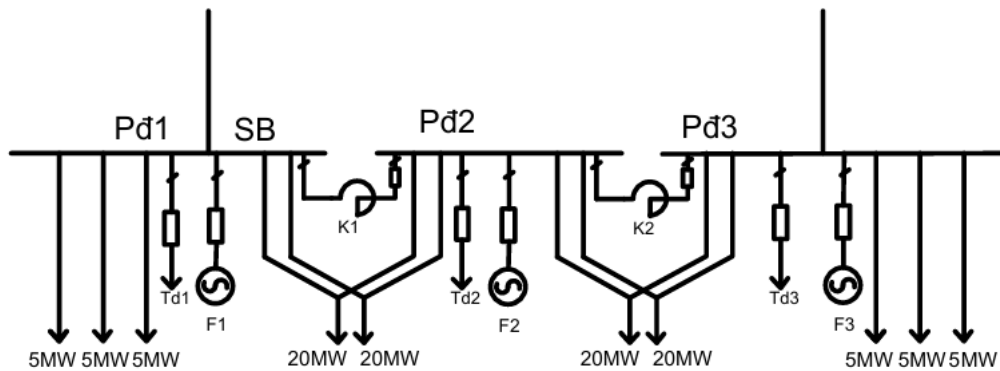
Kết luận: Kháng điện đã chọn thỏa mãn các điều kiện làm việc bình thường và khi có sự cố xảy ra.

2.3.3. Tính chọn kháng điện phân đoạn phương án V

a, Phân bố phụ tải các phân đoạn:

Theo yêu cầu thiết kế, phụ tải cấp điện áp máy phát có:

- + 4 đường dây kép x20 MW dài 10 km
- + 6 đường dây đơn x5 MW dài 8 km
- + Hệ số công suất $\cos \varphi = 0,85$



Hình 2.4 Sơ đồ kháng điện phương án V

b, Tính toán các thông số cơ bản

$$S_{PD1max} = S_{PD3max} = \frac{P_{PD1max}}{\cos \varphi} = \frac{20 + 5 + 5 + 5}{0,85} = 41,176 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{PD1min} = S_{PD3min} = 70\% \cdot S_{PD1max} = 28,82 \text{ [MVA]}$$

$$S_{PD2max} = \frac{P_{PD2max}}{\cos \varphi} = \frac{20 + 20}{0,85} = 47,059 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{PD2min} = 70\% \cdot S_{PD2max} = 32,94 \text{ [MVA]}$$

2.3.3.1. Tính dòng điện bình thường qua kháng:

$$S_{K1}^{bt} = S_{K2}^{bt} = \frac{1}{2} [S_{dmF2} - (S_{pd2min} + S_{td2max})]$$

$$= \frac{1}{2} \left[62,5 - \left(32,94 + \frac{15,625}{5} \right) \right] = 13,218 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow I_{K1}^{bt} = I_{K2}^{bt} = \frac{S_{K1}^{bt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{13,218}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,73 \text{ [kA]}$$

2.3.3.2. Tính dòng điện cưỡng bức qua kháng:

- Khi sự cố một máy phát F1:

$$S_{K1}^{(1)} = S_B + S_{td1max} + S_{pd1}$$

Trong đó:

$$S_B = \frac{(\sum_1^2 S_{dmF} - \sum_1^3 S_{td} - S_{UF})}{2}$$

- Khi S_{UFmax} :

$$S_{Bmin} = \frac{(\sum_1^2 S_{dmF} - \sum_1^3 S_{tdmax} - S_{UFmax})}{2} \\ = \frac{(2.62,5 - 3 \cdot \frac{15,625}{5} - 129,412)}{2} = -6,894 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(1,1)} = S_{Bmin} + S_{td1max} + S_{pd1max} \\ = -6,894 + \frac{15,625}{5} + 41,176 = 37,408 \text{ [MVA]}$$

- Khi S_{UFmin} :

$$S_{Bmax} = \frac{(\sum_1^2 S_{dmF} - \sum_1^3 S_{tdmax} - S_{UFmin})}{2} \\ = \frac{(2.62,5 - 3 \cdot \frac{15,625}{5} - 90,588)}{2} = 12,519 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(1,2)} = S_{Bmax} + S_{td1max} + S_{pd1min} \\ = 12,519 + \frac{15,625}{5} + 28,82 = 44,464 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(1)} = \max \{S_{K1}^{(1,1)}; S_{K1}^{(1,2)}\} \\ = \{37,408; 44,464\} = 44,464 \text{ [MVA]}$$

- Khi sự cố một máy biến áp liên lạc B1 (B2):

$$S_{K1}^{(2)} = S_B + S_{td1max} + S_{pd1} - S_{dmF1}$$

Trong đó:

$$S_B = \min\{S_{thuamax}; K_{qt} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB}\}$$

$$K_{qt} \cdot S_{dmB} = 1,4.62,5 = 88,2 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_B = \min\{S_{thuamax}; K_{qt} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB}\} \\ = \{103,787; 88,2\} \\ = 88,2 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(2)} = 88,2 + \frac{15,625}{5} + 41,176 - 78,75 = 53,751 \text{ [MVA]}$$

- Khi sự cố một máy phát F2:

$$S_{K1}^{(3)} = \frac{S_{pd2max} + S_{td2max}}{2} \\ S_{K1}^{(3)} = \frac{(47,059 + \frac{15,625}{5})}{2} = 25,092 \text{ [MVA]}$$

- Công suất cường bức qua kháng:

$$\Rightarrow S_K^{cb} = \max \{S_{K1}^{(1)}; S_{K1}^{(2)}; S_{K1}^{(3)}\}$$

$$\Rightarrow S_K^{cb} = \max \{44,464; 53,751; 25,092\} = 53,751 \text{ [MVA]}$$

❖ **Vậy công suất cường bức lớn nhất qua kháng K1, K2, K3:**

$$S_{max}^{cb} = 53,751 \text{ [MVA]}$$

$$\Rightarrow I_{K1}^{cb} = I_{K2}^{cb} = I_{K3}^{cb} = I_{K4}^{cb} = \frac{S_{max}^{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_F} = \frac{53,751}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 2,95 \text{ [kA]}$$

2.3.3.3. Chọn kháng điện cho phương án V

Tra sách “ Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp ” của PGS Nguyễn Hữu Khải ta có thông số kháng điện K1, K2 như bảng 2.6

Loại điện kháng	U_{dm} [kV]	I_{cbK} [kA]	X_K [%]	$\Delta P_{dm}/1$ pha [kW]	I_{odd} [kA]	I_{nh} [kA]	Giá
PbA-10-3000-8	10	3	8	25,7	53	42	250.10 ⁶

Bảng 2.9 thông số kháng điện K1, K2 phương án V

2.3.3.4. Kiểm tra tổn thất điện áp phương án V

a, Điều kiện làm việc bình thường:

- Ban đầu chọn $X_K\% = 8\%$

Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp lúc bình thường:

$$\begin{aligned}\Delta U\%_K^{bt} &= X_K\% \cdot \frac{I_K^{bt}}{I_{dmK}} \cdot \sin\varphi = 8\% \cdot \frac{0,73}{3} \cdot \sin [\cos^{-1}(0,85)] \\ &= 1,33\% < \Delta U_{cp}^{bt}\% = 2\% \text{ (thỏa mãn)}\end{aligned}$$

b, Điều kiện làm việc cưỡng bức

Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp lúc cưỡng bức:

$$\begin{aligned}\Delta U\%_K^{cb} &= X_K\% \cdot \frac{I_K^{cb}}{I_{dmK}} \cdot \sin\varphi = 8\% \cdot \frac{2,95}{3} \cdot \sin [\cos^{-1}(0,85)] \\ &= 4,14\% \leq \Delta U_{cp}^{bt}\% = 5\% \text{ (thỏa mãn)}\end{aligned}$$

Kết luận: Kháng điện đã chọn thỏa mãn các điều kiện làm việc bình thường và khi có sự cố xảy ra.

TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

Ngắn mạch là sự cố do chạm chập giữa các pha, không thuộc chế độ vận hành bình thường của hệ thống điện. Việc tính toán dòng ngắn mạch là cần thiết để lựa chọn thiết bị điện phù hợp, đảm bảo an toàn cho hệ thống ở mọi chế độ hoạt động.

Trong các dạng ngắn mạch (ba pha, hai pha, hai pha chạm đất, một pha), ngắn mạch ba pha đối xứng được chọn để tính toán vì có dòng ngắn mạch lớn nhất.

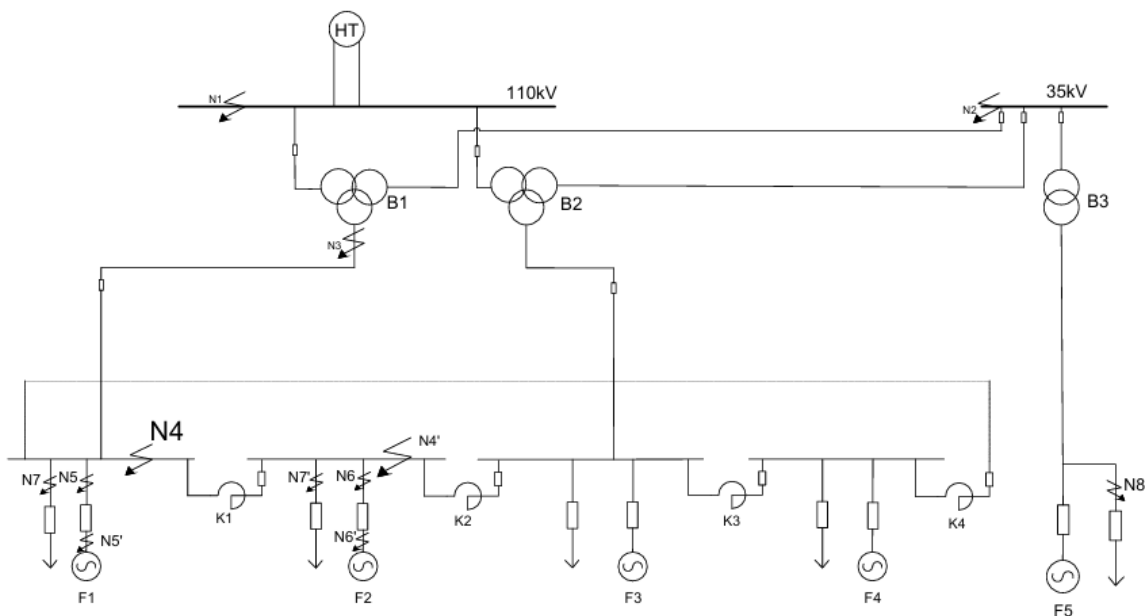
Điểm ngắn mạch tính toán được chọn trên sơ đồ tại vị trí có nguy cơ cao nhất, phản ánh đúng điều kiện vận hành thực tế.

Phương pháp sử dụng trong chương này là phương pháp đường cong tính toán.

3.1. Tính toán ngắn mạch cho các phương án I

3.1.1. Sơ đồ thay thế và sơ đồ tính toán phương án I

3.1.1.1. Sơ đồ tính toán



Hình 3.1 Sơ đồ tính toán các điểm ngắn mạch của phương án I

Các điểm ngắn mạch:

a) Điểm N1:

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện các mạch phía cao áp
- Trang thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

b) Điểm N2:

Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện các mạch phía trung áp

- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

c) Điểm N3:

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện mạch hạ áp máy biến áp
- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát và hệ thống đang vận hành bình thường chỉ có máy biến áp B1 nghỉ

d) Điểm N4, N4':

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch phân đoạn
- Trang thái sơ đồ:

- + Điểm N4: Tất cả các máy phát và hệ thống đang vận hành bình thường, máy phát F1 và máy biến áp B1 nghỉ.

- + Điểm N4': Tất cả các máy phát và hệ thống đang vận hành bình thường chỉ có kháng điện K1 nghỉ và máy biến áp F2 nghỉ.

e) Điểm N5, N5', N6, N6'

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch máy phát.
- Trạng thái sơ đồ:
 - + Điểm N5: Chỉ có máy phát F1 làm việc.
 - + Điểm N5': Tất cả làm việc bình thường trừ máy phát F1 nghỉ.
 - + Điểm N6: Chỉ có máy phát F2 làm việc.
 - + Điểm N6': Tất cả đều làm việc bình thường trừ máy phát F2 nghỉ.

f) Điểm N7, N7'

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch tự dùng và mạch phụ tải cấp điện áp máy phát.
- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

g) Điểm N8

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch tự dùng nội bộ F4-B3
- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

- Từ sơ đồ hình 3.1 và giả thiết tính toán ngắn mạch, ta có:

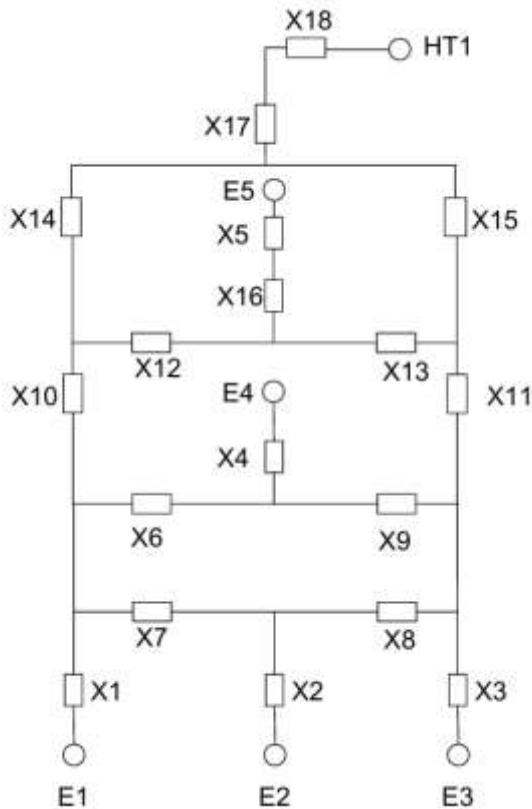
$$I_{N3} = I_{N4} + I_{N5}$$

$$I_{N7} = I_{N5} + I_{N5'}$$

$$I_{N7'} = I_{N6} + I_{N6'}$$

=> Theo nguyên lý xếp chồng

3.1.1.2. Sơ đồ thay thế



Hình 3.2 Sơ đồ thay thế của phương án I

3.1.2. Tính toán các thông số của sơ đồ thay thế phương án I

3.1.2.1. Chọn các đại lượng cơ bản

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}$$

$$U_{cb} = U_{tb} \text{ ở các cấp điện áp}$$

$$U_{cb10,5} = 10,5 \text{ kV} \rightarrow I_{cb10,5} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ kA}$$

$$U_{cb35} = 35 \text{ kV} \rightarrow I_{cb35} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 35} = 1,58 \text{ [kA]}$$

$$U_{cb110} = 110 \text{ kV} \rightarrow I_{cb115} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb115}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ [kA]}$$

3.1.2.2. Các thông số của sơ đồ thay thế

a, Điện kháng của máy phát F1, F2, F3, F4, F5:

$$X_{Fcb}^* = X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_5 = X_d'' \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF}} = 0,1336 \cdot \frac{100}{62,5} = 0,21376$$

b, Điện kháng của máy kháng điện phân đoạn:

$$X_{Kcb}^* = X_6 = X_7 = X_8 = X_9 = \frac{X_K\%}{100} \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{5,449}{2} = 0,218$$

c, Điện kháng của máy biến áp liên lạc B1, B2:

-Điện kháng của cuộn hạ:

$$\begin{aligned} X_{Hcb}^* = X_{10} = X_{11} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-H}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-T}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (17 + 6,5 - 10,5) \cdot \frac{100}{80} = 0,081 \end{aligned}$$

-Điện kháng của cuộn trung:

$$\begin{aligned} X_{Tcb}^* = X_{12} = X_{13} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-T}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-H}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (10,5 + 6,5 - 17) \cdot \frac{100}{80} = 0 \end{aligned}$$

-Điện kháng của cuộn cao:

$$\begin{aligned} X_{Ccb}^* = X_{14} = X_{15} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-H}\% + U_{NC-T}\% - U_{NT-H}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (17 + 10,5 - 6,5) \cdot \frac{100}{80} = 0,131 \end{aligned}$$

d, Điện kháng của máy biến áp cuộn dây B3:

$$X_{16} = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB_3}} = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{100}{63} = 0,15$$

e, Điện kháng của đường dây liên lạc với hệ thống:

$$X_{Dcb}^* = X_{17} = \frac{X_0 \cdot l}{2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb110}^2} = \frac{0,4 \cdot 100}{2} \cdot \frac{100}{115^2} = 0,151$$

f, Điện kháng của hệ thống:

Ta có:

$$S_N^* = \frac{S_N}{S_{cb}} = \frac{3000}{100} = 30$$

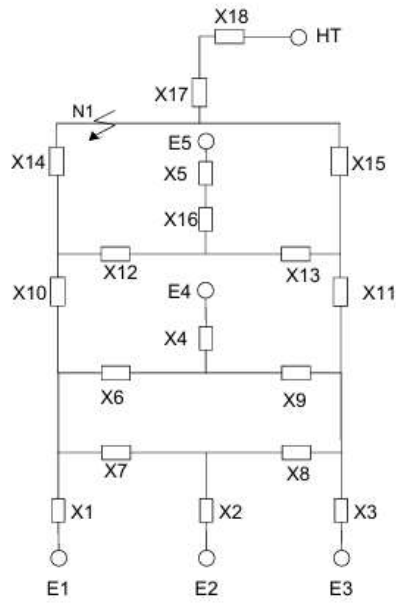
$$X_{HT}^* = \frac{U_{HT}^*}{I_{HT}^*} = \frac{1}{S_N^*} = \frac{1}{30} = 0,03$$

$$X_{HTcb}^* = X_{18} = \frac{S_{cb}}{S_{HT}} \cdot X_{HT} = \frac{100}{2000} \cdot 0,03 = 0,0015$$

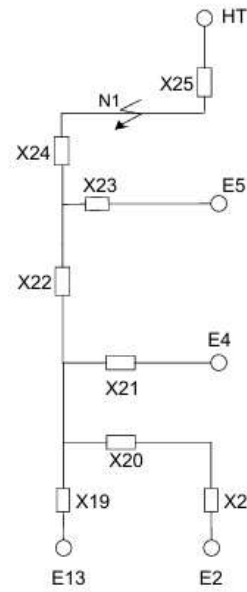
3.1.3. Tính toán dòng ngắn mạch:

3.1.3.1. Điểm ngắn mạch N1:

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng:



a)



b)

Từ sơ đồ ta có

$$X_{25} = X_{17} + X_{18} = 0,151 + 0,0015 = 0,153$$

Vì sơ đồ đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N1 nên ta có sơ đồ và giá trị điện kháng như sau:

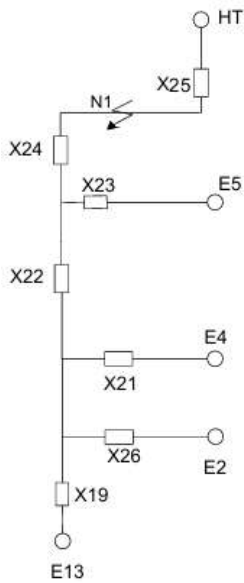
$$X_{19} = \frac{X_1}{2} = \frac{0,21376}{2} = 0,10688 \quad ; \quad X_{22} = \frac{X_{10}}{2} = \frac{0,103}{2} = 0,041$$

$$X_{21} = \frac{X_6}{2} + X_4 = \frac{0,218}{2} + 0,21376 = 0,278$$

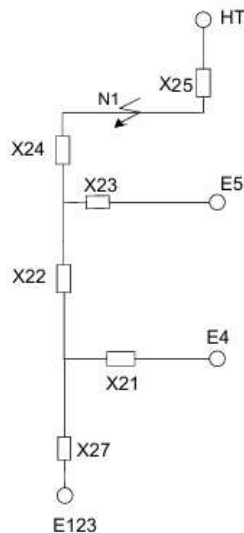
$$; \quad X_{24} = \frac{X_{14}}{2} = \frac{0,131}{2} = 0,066$$

$$X_{20} = \frac{X_7}{2} = \frac{0,218}{2} = 0,109$$

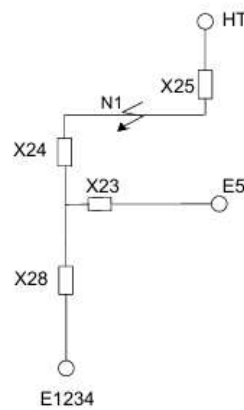
$$X_{23} = X_5 + X_{16} = 0,21376 + 0,15 = 0,364$$



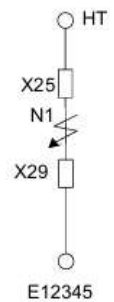
c)



d)



e)



f)

$$X_{26} = X_2 + X_{20} = 0,21376 + 0,068 = 0,283$$

$$X_{27} = \frac{X_{19} \cdot X_{26}}{X_{19} + X_{26}} = \frac{0,283 \cdot 0,10688}{0,283 + 0,10688} = 0,078$$

$$X_{28} = X_{22} + \frac{X_{21} \cdot X_{27}}{X_{21} + X_{27}} = 0,041 + \frac{0,278 \cdot 0,078}{0,278 + 0,078} = 0,102$$

$$X_{29} = X_{24} + \frac{X_{28} \cdot X_{23}}{X_{28} + X_{23}} = 0,066 + \frac{0,102 \cdot 0,364}{0,102 + 0,364} = 0,146$$

b, tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt dm}^*$)

$$X_{tt dm}^* = X_{29} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,146 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,46$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2,15 ; K_\infty'' = 1,85$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 2,15 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 3,373 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 1,85 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 2,9 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb110}}{X_H} = \frac{I_{cb110}}{X_{25}} = \frac{0,502}{0,153} = 3,28 [\text{kA}]$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N1:

$$I_{0N1}'' = I_0'' + I_H = 3,373 + 3,28 = 6,653 [\text{kA}]$$

$$I_{\infty N1}'' = I_\infty'' + I_H = 2,9 + 3,28 = 6,18 [\text{kA}]$$

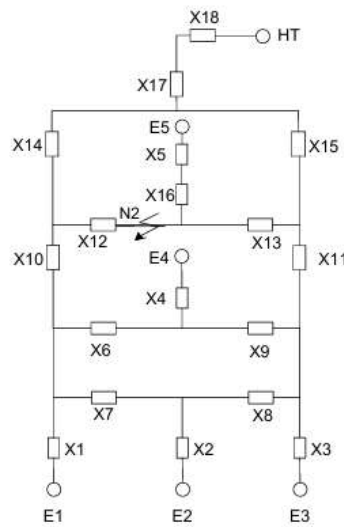
Dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$i_{xkN1} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N1}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 6,653 = 16,936 [\text{kA}]$$

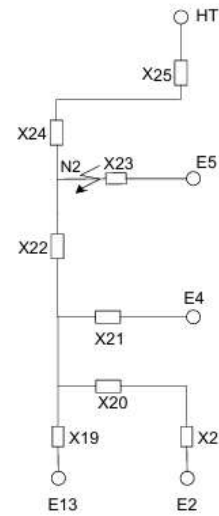
Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$I_{xkN1} = I_{0N1}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 6,653 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 10,046 [\text{kA}]$$

3.1.3.2. Điểm ngắn mạch N2:



a)



b)

Tương tự như ngắn mạch tại N1 sơ đồ trên đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N2 nên ta có :

$$X_{19} = \frac{X_1}{2} = \frac{0,21376}{2} = 0,10688$$

$$; X_{22} = \frac{X_{10}}{2} = \frac{0,103}{2} = 0,041$$

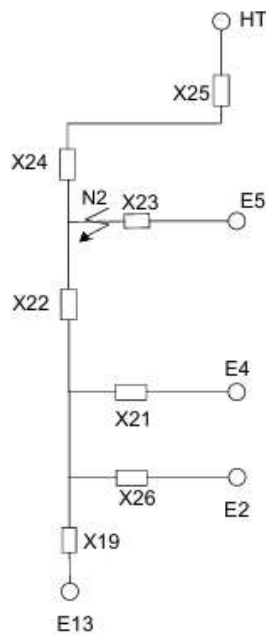
$$X_{21} = \frac{X_6}{2} + X_4 = \frac{0,218}{2} + 0,21376 = 0,278$$

$$; X_{24} = \frac{X_{14}}{2} = \frac{0,131}{2} = 0,066$$

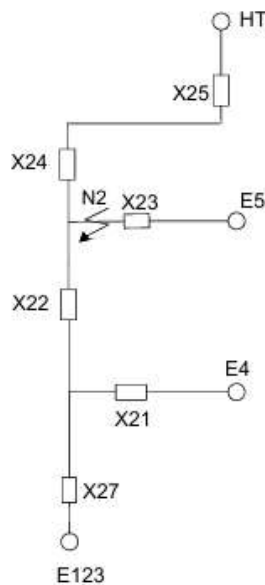
$$X_{20} = \frac{X_7}{2} = \frac{0,218}{2} = 0,109$$

$$X_{23} = X_5 + X_{16} = 0,21376 + 0,15 = 0,364$$

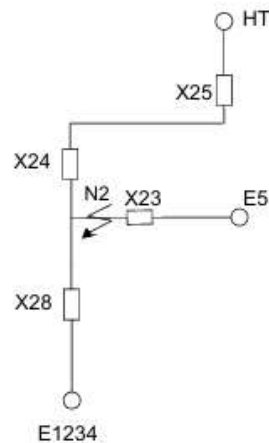
$$; X_{25} = X_{17} + X_{18} = 0,151 + 0,0015 = 0,153$$



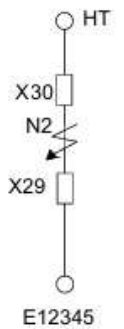
c)



d)



e)



f)

$$X_{26} = X_2 + X_{20} = 0,21376 + 0,068 = 0,283$$

$$X_{27} = \frac{X_{19} \cdot X_{26}}{X_{19} + X_{26}} = \frac{0,283 \cdot 0,10688}{0,283 + 0,10688} = 0,078$$

$$X_{28} = X_{22} + \frac{X_{21} \cdot X_{27}}{X_{21} + X_{27}} = 0,041 + \frac{0,278 \cdot 0,078}{0,278 + 0,078} = 0,102$$

$$X_{29} = \frac{X_{28} \cdot X_{23}}{X_{28} + X_{23}} = \frac{0,102 \cdot 0,364}{0,102 + 0,364} = 0,08$$

$$X_{30} = X_{24} + X_{25} = 0,066 + 0,153 = 0,22$$

b, tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt dm}^*$)

$$X_{tt dm}^* = X_{29} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,08 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,25$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 4 ; K_\infty'' = 2,4$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 4 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 6,276 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 2,4 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 3,77 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb35}}{X_H} = \frac{I_{cb35}}{X_{30}} = \frac{1,58}{0,22} = 7,18 [\text{kA}]$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N2:

$$I_{0N_1}'' = I_0'' + I_H = 6,276 + 7,18 = 13,456 [\text{kA}]$$

$$I_{\infty N_1}'' = I_\infty'' + I_H = 3,77 + 7,18 = 10,95 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N2:

$$i_{xkN_1} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_1}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 13,456 = 34,253 [\text{kA}]$$

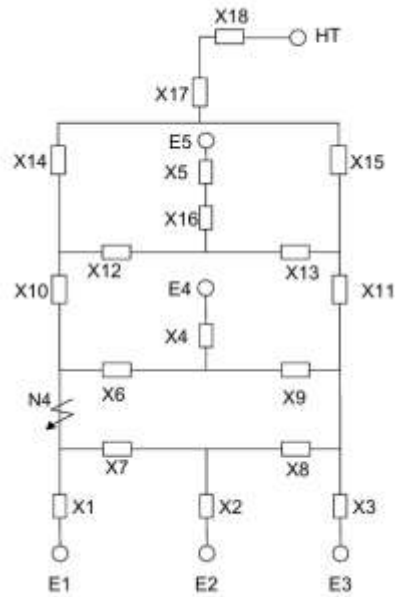
Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái.

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

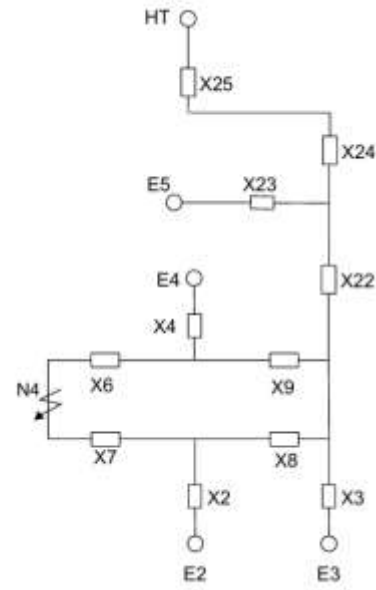
$$I_{xkN_1} = I_{0N_1}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 13,26 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 20,318 [\text{kA}]$$

3.1.3.3. Điểm ngắn mạch N4:

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán điện kháng:



a)



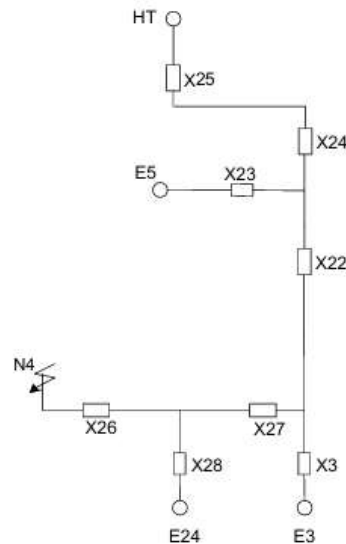
b)

$$X_{22}=X_{11}=0,081$$

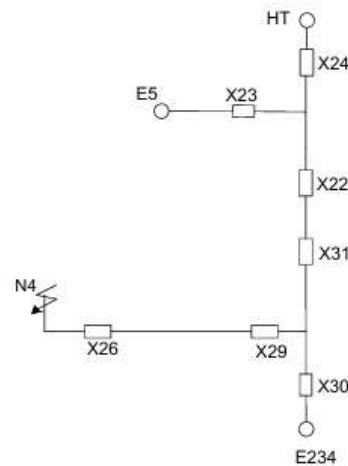
$$X_{24}=X_{15}=0,131$$

$$X_{23}=X_5+X_{16}=0,21376+0,15=0,364$$

$$X_{25}=X_{17}+X_{18}=0,151+0,0015=0,153$$



c)



d)

Từ sơ đồ c ta có

$$X_{26}=X_{27}=\frac{X_6}{2}=\frac{0,218}{2}=0,109$$

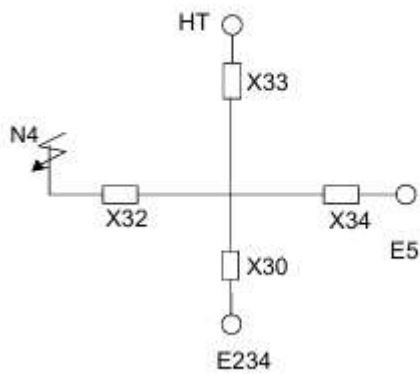
$$X_{28}=\frac{X_4}{2}=\frac{0,21376}{2}=0,10688$$

Từ sơ đồ d ta có

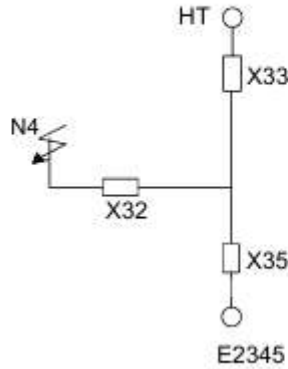
$$X_{29} = \frac{X_{28} \cdot X_{27}}{X_{27} + X_{28} + X_3} = \frac{0,10688 \cdot 0,109}{0,109 + 0,10688 + 0,21376} = 0,027$$

$$X_{30} = \frac{X_{28} \cdot X_3}{X_{27} + X_{28} + X_3} = \frac{0,10688 \cdot 0,21376}{0,109 + 0,10688 + 0,21376} = 0,053$$

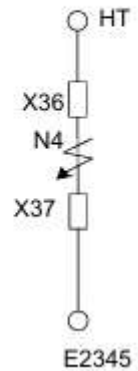
$$X_{31} = \frac{X_{27} \cdot X_3}{X_{27} + X_{28} + X_3} = \frac{0,109 \cdot 0,21376}{0,109 + 0,10688 + 0,21376} = 0,054$$



e)



f)



g)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{32} = X_{29} + X_{26} = 0,027 + 0,109 = 0,136$$

$$X_{33} = X_{24} + (X_{22} + X_{31}) + \frac{X_{24} \cdot (X_{22} + X_{31})}{X_{23}}$$

$$= 0,131 + (0,081 + 0,054) + \frac{0,131 \cdot (0,081 + 0,054)}{0,364} = 0,315$$

$$X_{34} = X_{23} + (X_{22} + X_{31}) + \frac{X_{23} \cdot (X_{22} + X_{31})}{X_{24}}$$

$$= 0,364 + (0,081 + 0,054) + \frac{0,364 \cdot (0,081 + 0,054)}{0,131} = 0,874$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{35} = \frac{X_{30} \cdot X_{34}}{X_{30} + X_{34}} = \frac{0,053 \cdot 0,874}{0,053 + 0,874} = 0,05$$

Từ sơ đồ g ta có:

$$X_{36} = X_{33} + X_{32} + \frac{X_{33} \cdot X_{32}}{X_{35}} = 0,315 + 0,136 + \frac{0,315 \cdot 0,136}{0,05} = 1,31$$

$$X_{37} = X_{35} + X_{32} + \frac{X_{35} \cdot X_{32}}{X_{33}} = 0,05 + 0,136 + \frac{0,05 \cdot 0,136}{0,315} = 0,21$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch :

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt dm}^*$)

$$X_{tt\,dm}^* = X_{37} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,21 \cdot \frac{250}{100} = 0,525$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 1,9; K_\infty'' = 1,78$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,9 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 26,118 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,78 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 24,468 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{30}} = \frac{5,499}{1,31} = 4,198 [\text{kA}]$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N4:

$$I_{0N_4}'' = I_0'' + I_H = 26,118 + 4,198 = 30,316 [\text{kA}]$$

$$I_{\infty N_4}'' = I_\infty'' + I_H = 24,468 + 4,198 = 28,666 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N4:

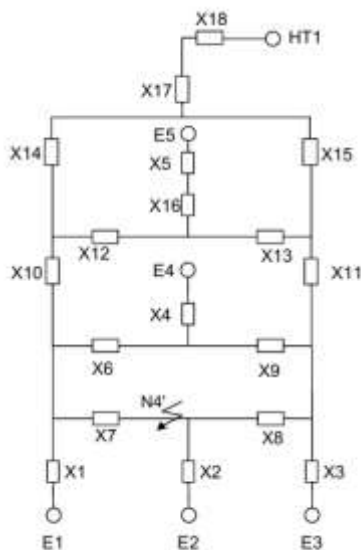
$$i_{xkN_4} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_4}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 30,316 = 77,17 [\text{kA}]$$

Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N4:

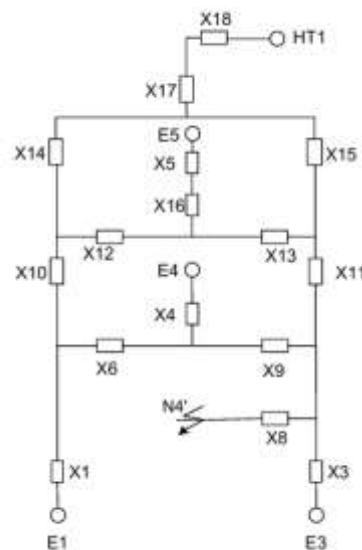
$$I_{xkN_4} = I_{0N_4}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 30,316 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 45,776 [\text{kA}]$$

3.1.3.4. Điểm ngắn mạch N4':

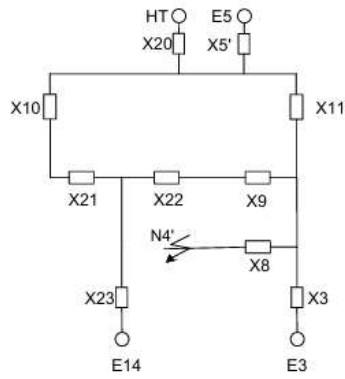
a, Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng:



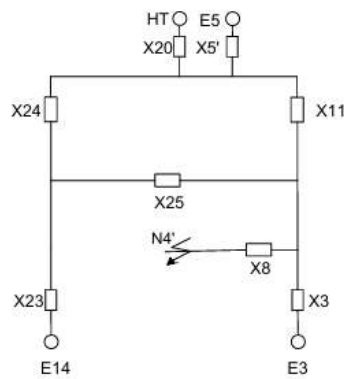
a)



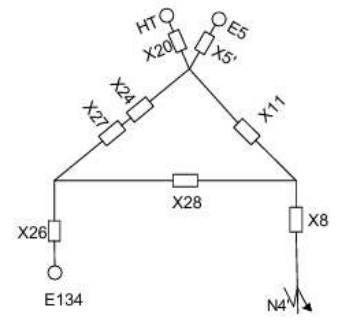
b)



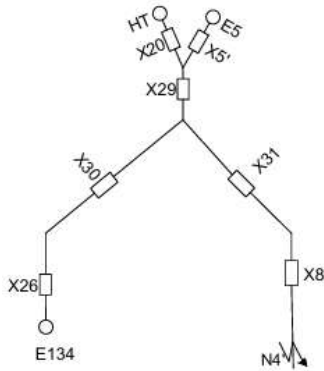
c)



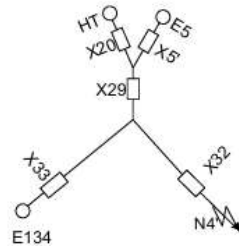
d)



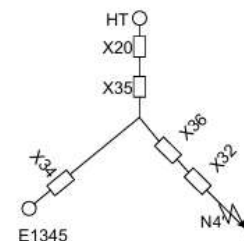
e)



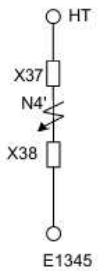
f)



g)



h)



i)

Từ sơ đồ b ta biến đổi được thành sơ đồ b ta có:

$$X_{20} = X_{17} + X_{18} + \frac{X_{14}}{2}$$

$$= 0,151 + 0,0015 + \frac{0,131}{2} = 0,218$$

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{21} = \frac{X_4 \cdot X_6}{X_1 + X_4 + X_6} = \frac{0,21376 \cdot 0,218}{0,21376 + 0,21376 + 0,218} = 0,072$$

$$X_{22} = \frac{X_1 \cdot X_6}{X_1 + X_4 + X_6} = \frac{0,21376 \cdot 0,218}{0,21376 + 0,21376 + 0,218} = 0,072$$

$$X_{23} = \frac{X_1 \cdot X_4}{X_1 + X_4 + X_6} = \frac{0,21376 \cdot 0,21376}{0,21376 + 0,21376 + 0,218} = 0,0708$$

Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{24} = X_{10} + X_{21} = 0,081 + 0,072 = 0,153$$

$$X_{25} = X_8 + X_{22} = 0,218 + 0,072 = 0,29$$

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{26} = \frac{X_3 \cdot X_{23}}{X_3 + X_{23} + X_{25}} = \frac{0,21376 \cdot 0,0708}{0,21376 + 0,0708 + 0,29} = 0,0263$$

$$X_{27} = \frac{X_{25} \cdot X_{23}}{X_3 + X_{23} + X_{25}} = \frac{0,29 \cdot 0,0708}{0,21376 + 0,0708 + 0,29} = 0,0357$$

$$X_{28} = \frac{X_3 \cdot X_{25}}{X_3 + X_{23} + X_{25}} = \frac{0,21376 \cdot 0,29}{0,21376 + 0,0708 + 0,29} = 0,1079$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{29} = \frac{(X_{24} + X_{27}) \cdot X_{11}}{X_{11} + X_{24} + X_{27} + X_{28}} = \frac{(0,153 + 0,0357) \cdot 0,081}{0,081 + 0,153 + 0,0357 + 0,1079} = 0,04$$

$$X_{30} = \frac{(X_{24} + X_{27}) \cdot X_{28}}{X_{10} + X_{24} + X_{27} + X_{28}} = \frac{(0,153 + 0,0357) \cdot 0,1079}{0,081 + 0,153 + 0,0357 + 0,1079} = 0,054$$

$$X_{31} = \frac{X_{11} \cdot X_{28}}{X_{11} + X_{24} + X_{27} + X_{28}} = \frac{0,081 \cdot 0,1079}{0,128 + 0,175 + 0,0357 + 0,1079} = 0,023$$

Từ sơ đồ g ta có:

$$X_{32} = X_8 + X_{31} = 0,218 + 0,023 = 0,241$$

$$X_{33} = X_{26} + X_{30} = 0,0263 + 0,054 = 0,08$$

Từ sơ đồ h ta có:

$$X_{34} = \frac{X_{33} \cdot X'_5}{X'_5 + X_{33} + X_{29}} = \frac{0,364 \cdot 0,08}{0,364 + 0,08 + 0,04} = 0,06$$

$$X_{35} = \frac{X_{33} \cdot X_{29}}{X'_5 + X_{33} + X_{29}} = \frac{0,08 \cdot 0,04}{0,364 + 0,08 + 0,04} = 0,006$$

$$X_{36} = \frac{X_{29} \cdot X'_5}{X'_5 + X_{33} + X_{29}} = \frac{0,364 \cdot 0,04}{0,364 + 0,08 + 0,04} = 0,03$$

Từ sơ đồ i ta có:

$$X_{37} = (X_{35} + X_{20}) + (X_{32} + X_{36}) + \frac{(X_{35} + X_{20}) \cdot (X_{32} + X_{36})}{X_{34}}$$

$$= (0,006 + 0,218) + (0,241 + 0,03) + \frac{(0,006 + 0,218) \cdot (0,241 + 0,03)}{0,06} = 1,51$$

$$X_{38} = X_{34} + (X_{32} + X_{36}) + \frac{X_{34} \cdot (X_{32} + X_{36})}{(X_{35} + X_{20})}$$

$$= 0,06 + (0,241 + 0,03) + \frac{0,06 \cdot (0,241 + 0,03)}{0,218 + 0,006} = 0,4$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt\,dm}^*$)

$$X_{tt\,dm}^* = X_{38} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,38 \cdot \frac{250}{100} = 1$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 1; K_\infty'' = 1,16$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 13,746 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I''_{\infty} = K''_{\infty} \cdot I_{dmF} = K''_{\infty} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,16 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 15,946 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{37}} = \frac{5,499}{1,51} = 3,64 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N'_4 :

$$I''_{0N'_4} = I''_0 + I_H = 13,746 + 3,64 = 17,386 \text{ [kA]}$$

$$I''_{\infty N'_4} = I''_{\infty} + I_H = 15,946 + 3,64 = 19,586 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N'_4 :

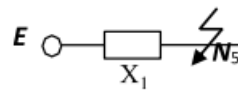
$$i_{xkN'_4} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N'_4} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 17,386 = 44,258 \text{ [kA]}$$

Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N'_4 :

$$I_{xkN'_4} = I''_{0N'_4} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 17,386 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 26,252 \text{ [kA]}$$

3.1.3.5. Điểm ngắn mạch N5:

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng :



b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức (X_{ttdm}^*)

$$X_{ttdm}^* = X_1 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,21376 \cdot \frac{62,5}{100} = 0,1336$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 7,5; K_{\infty}'' = 2,7$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I''_{0N_5} = I''_{0N_6} = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 7,5 \cdot \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 25,775 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I''_{\infty N_5} = I''_{\infty N_6} = K_{\infty}'' \cdot I_{dmF} = K_{\infty}'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,7 \cdot \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 9,279 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N5:

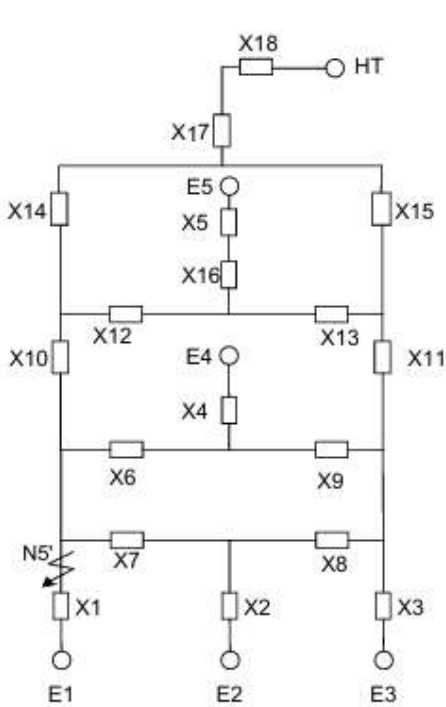
$$i_{xkN_5} = i_{xkN_6} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N_5} = \sqrt{2} \cdot 1,91 \cdot 25,775 = 69,622 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N5:

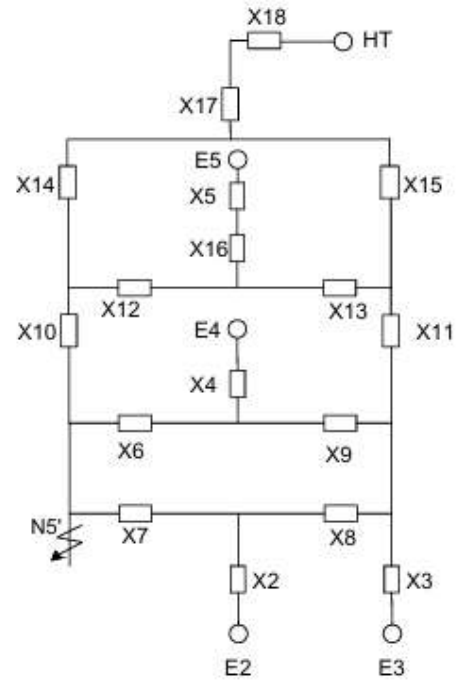
$$I_{xkN_5} = i_{xkN_6} = I''_{0N_5} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 25,775 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,91 - 1)^2} = 42,008 \text{ [kA]}$$

3.1.3.6. Điểm ngắn mạch N5':

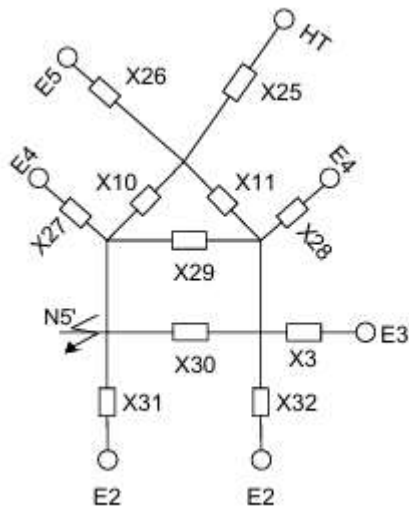
Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng :



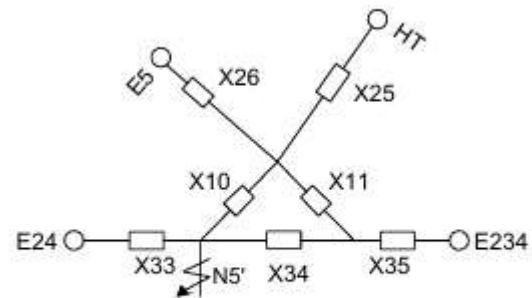
a)



b)



c)



d)

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{25} = \frac{X_{15}}{2} + X_{17} + X_{18} = \frac{0,131}{2} + 0,151 + 0,0015 = 0,218$$

$$X_{26} = \frac{X_{12}}{2} + X_{16} + X_5 = \frac{0}{2} + 0,15 + 0,21376 = 0,364$$

$$X_{27} = X_4 + X_6 + \frac{X_4 \cdot X_6}{X_9} = 0,21376 + 0,218 + \frac{0,21376 \cdot 0,218}{0,218} = 0,646$$

$$X_{28} = X_4 + X_9 + \frac{X_4 \cdot X_9}{X_6} = 0,21376 + 0,218 + \frac{0,21376 \cdot 0,218}{0,218} = 0,646$$

$$X_{29} = X_9 + X_6 + \frac{X_9 \cdot X_6}{X_4} = 0,218 + 0,218 + \frac{0,218 \cdot 0,218}{0,21376} = 0,658$$

$$X_{30} = X_7 + X_8 + \frac{X_7 \cdot X_8}{X_2} = 0,218 + 0,218 + \frac{0,218 \cdot 0,218}{0,21376} = 0,658$$

$$X_{31} = X_2 + X_7 + \frac{X_2 \cdot X_7}{X_8} = 0,21376 + 0,218 + \frac{0,21376 \cdot 0,218}{0,218} = 0,646$$

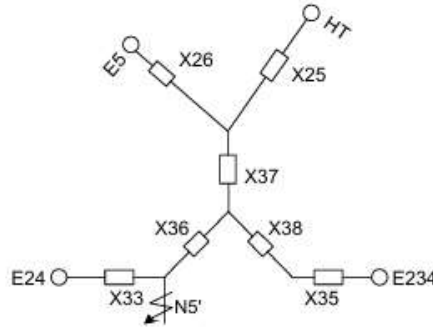
$$X_{32} = X_2 + X_8 + \frac{X_2 \cdot X_8}{X_7} = 0,21376 + 0,218 + \frac{0,21376 \cdot 0,218}{0,218} = 0,646$$

Từ sơ đồ d ta có:

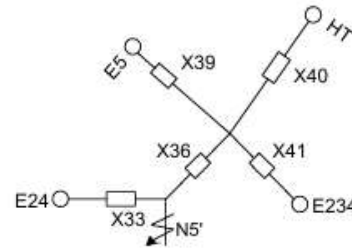
$$X_{33} = \frac{X_{31} \cdot X_{27}}{X_{31} + X_{27}} = \frac{0,646 \cdot 0,646}{0,646 + 0,646} = 0,323$$

$$X_{34} = \frac{X_{30} \cdot X_{29}}{X_{30} + X_{29}} = \frac{0,658 \cdot 0,658}{0,658 + 0,658} = 0,329$$

$$X_{35} = \frac{1}{\frac{1}{X_{32}} + \frac{1}{X_3} + \frac{1}{X_{28}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,646} + \frac{1}{0,21376} + \frac{1}{0,646}} = 0,129$$



e)



f)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{36} = \frac{X_{10} \cdot X_{34}}{X_{10} + X_{34} + X_{11}} = \frac{0,081 \cdot 0,329}{0,081 + 0,329 + 0,081} = 0,054$$

$$X_{37} = \frac{X_{10} \cdot X_{11}}{X_{10} + X_{34} + X_{11}} = \frac{0,081 \cdot 0,081}{0,081 + 0,329 + 0,081} = 0,013$$

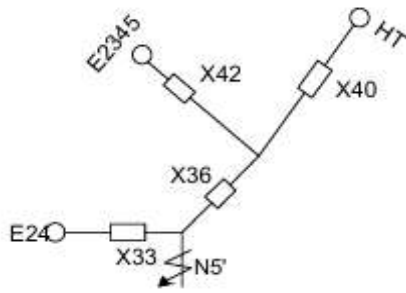
$$X_{38} = \frac{X_{11} \cdot X_{34}}{X_{10} + X_{34} + X_{11}} = \frac{0,081 \cdot 0,329}{0,081 + 0,329 + 0,081} = 0,054$$

Từ sơ đồ f ta có

$$X_{39} = X_{26} + X_{37} + \frac{X_{26} \cdot X_{37}}{X_{25}} = 0,364 + 0,013 + \frac{0,364 \cdot 0,013}{0,218} = 0,4$$

$$X_{40} = X_{25} + X_{37} + \frac{X_{25} \cdot X_{37}}{X_{26}} = 0,218 + 0,013 + \frac{0,218 \cdot 0,013}{0,364} = 0,24$$

$$X_{41} = X_{35} + X_{38} = 0,129 + 0,054 = 0,183$$



g)

Từ sơ đồ g ta có

$$X_{42} = \frac{X_{39} \cdot X_{41}}{X_{39} + X_{41}} = \frac{0,4 \cdot 0,183}{0,4 + 0,183} = 0,13$$

Từ sơ đồ h ta có:

$$X_{43} = X_{40} + X_{36} + \frac{X_{40} \cdot X_{36}}{X_{42}} = 0,24 + 0,054 + \frac{0,24 \cdot 0,054}{0,13} = 0,4$$

$$X_{44} = X_{42} + X_{36} + \frac{X_{42} \cdot X_{36}}{X_{40}} = 0,13 + 0,054 + \frac{0,13 \cdot 0,054}{0,24} = 0,213$$

Từ sơ đồ i ta có:

$$X_{45} = \frac{X_{33} \cdot X_{44}}{X_{33} + X_{44}} = \frac{0,323 \cdot 0,213}{0,323 + 0,213} = 0,128$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức (X_{ttdm}^*)

$$X_{ttdm}^* = X_{36} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,139 \cdot \frac{250}{100} = 0,32$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phân điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 3,1; K_\infty'' = 2,2$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_{0N_5}'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 3,1 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 42,614 \text{ [kA]}$$

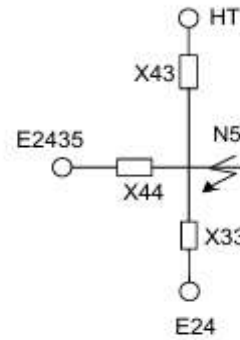
Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_{\infty N_5}'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,2 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 30,24 \text{ [kA]}$$

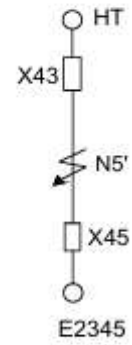
Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{35}} = \frac{5,499}{0,4} = 13,748 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_5' :



h)



i)

$$I_{0N_5}'' = I_0'' + I_H = 42,614 + 13,748 = 56,362 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N_5}'' = I_{\infty}'' + I_H = 30,24 + 13,748 = 43,988 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N5':

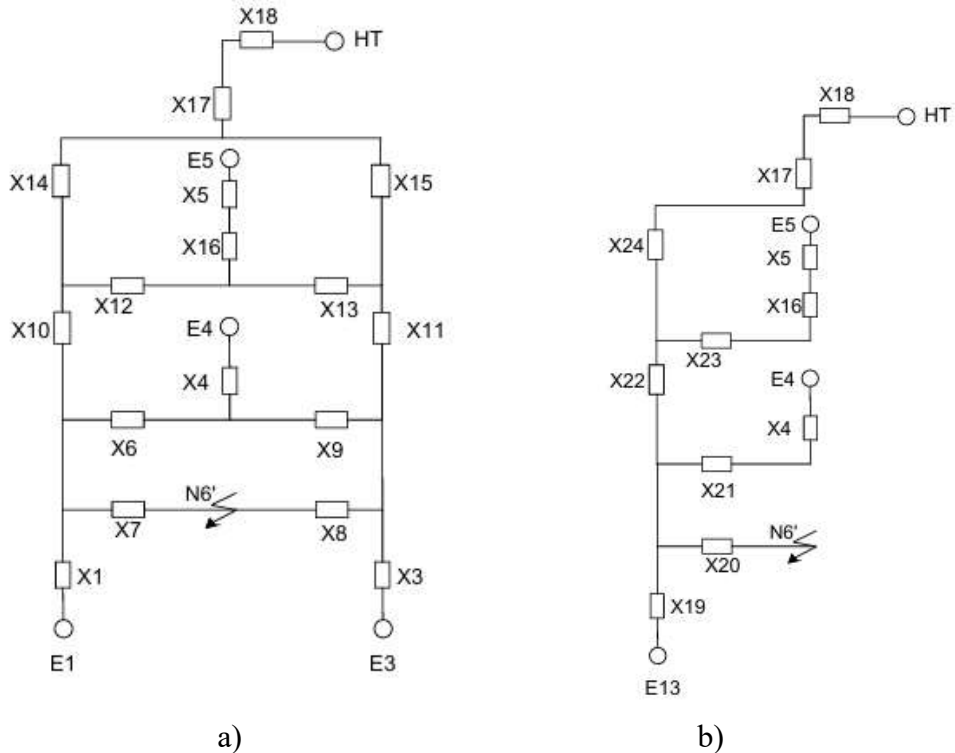
$$i_{xkN_5'} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_5}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 56,362 = 143,47 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N5':

$$I_{xkN_5'} = I_{0N_5}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 44,219 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 85,105 \text{ [kA]}$$

3.1.3.7. Điểm ngắn mạch N6':

Biến đổi sơ đồ và tính toán điện kháng:



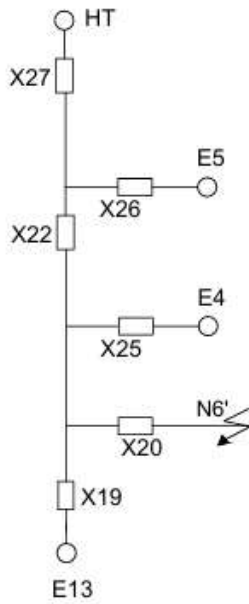
Ta thấy, sơ đồ a đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N_6' nên ta có sơ đồ b và giá trị điện kháng như sau

$$X_{19} = \frac{X_1}{2} = \frac{0,21376}{2} = 0,10688 \quad ; \quad X_{22} = \frac{X_{10}}{2} = \frac{0,081}{2} = 0,041$$

$$X_{21} = \frac{X_6}{2} = \frac{0,218}{2} = 0,109$$

$$X_{20} = \frac{X_7}{2} = \frac{0,218}{2} = 0,109$$

$$X_{23} = \frac{X_{12}}{2} = \frac{0}{2} = 0 \quad ; \quad X_{24} = \frac{X_{14}}{2} = \frac{0,131}{2} = 0,066$$



c)

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{25} = X_{21} + X_4 = 0,109 + 0,21376 = 0,278$$

$$X_{26} = X_{16} + X_{23} + X_5 = 0,15 + 0 + 0,21376 = 0,364$$

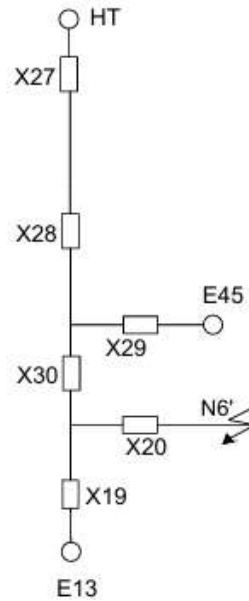
$$X_{27} = X_{24} + X_{17} + X_{18} = 0,066 + 0,151 + 0,0015 = 0,219$$

Từ sơ đồ d ta có

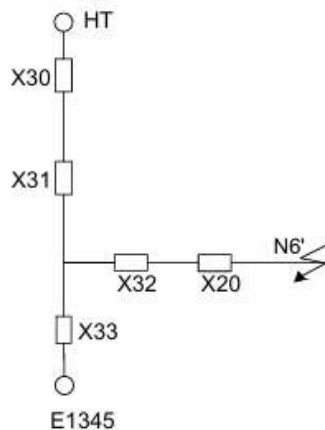
$$X_{28} = \frac{X_{26} \cdot X_{22}}{X_{26} + X_{25} + X_{22}} = \frac{0,364 \cdot 0,041}{0,364 + 0,278 + 0,041} = 0,022$$

$$X_{29} = \frac{X_{26} \cdot X_{25}}{X_{26} + X_{25} + X_{22}} = \frac{0,364 \cdot 0,278}{0,364 + 0,278 + 0,041} = 0,148$$

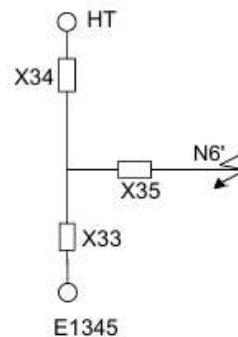
$$X_{30} = \frac{X_{22} \cdot X_{25}}{X_{26} + X_{25} + X_{22}} = \frac{0,041 \cdot 0,278}{0,364 + 0,278 + 0,041} = 0,016$$



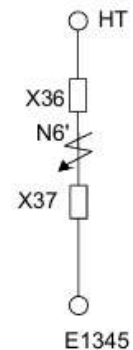
d)



e)



f)



g)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{30} = X_{28} + X_{27} = 0,219 + 0,022 = 0,241$$

$$X_{31} = \frac{X_{29} \cdot X_{30}}{X_{29} + X_{30} + X_{19}} = \frac{0,148 \cdot 0,016}{0,148 + 0,016 + 0,10688} = 0,009$$

$$X_{32} = \frac{X_{19} \cdot X_{30}}{X_{29} + X_{30} + X_{19}} = \frac{0,10688 \cdot 0,016}{0,148 + 0,016 + 0,10688} = 0,006$$

$$X_{33} = \frac{X_{19} \cdot X_{29}}{X_{29} + X_{30} + X_{19}} = \frac{0,10688 \cdot 0,148}{0,148 + 0,016 + 0,10688} = 0,058$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{34} = X_{30} + X_{31} = 0,241 + 0,009 = 0,25$$

$$X_{35} = X_{32} + X_{20} = 0,006 + 0,109 = 0,115$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{36} = X_{34} + X_{35} + \frac{X_{34} \cdot X_{35}}{X_{33}} = 0,25 + 0,115 + \frac{0,25 \cdot 0,115}{0,058} = 0,86$$

$$X_{37} = X_{33} + X_{35} + \frac{X_{33} \cdot X_{35}}{X_{34}} = 0,058 + 0,115 + \frac{0,058 \cdot 0,115}{0,25} = 0,2$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt dm}^*$)

$$X_{tt dm}^* = X_{32} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,2 \cdot \frac{250}{100} = 0,5$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2; K_\infty'' = 1,8$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_{0N_6}'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,49 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_{\infty N_6}'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,8 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 24,74 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{31}} = \frac{5,499}{0,86} = 6,39 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_6' :

$$I_{0N_6'}'' = I_0'' + I_H = 27,49 + 6,39 = 33,88 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N_6'}'' = I_\infty'' + I_H = 24,74 + 6,39 = 31,13 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N_6' :

$$i_{xkN_6'}'' = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_6'}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 33,88 = 86,244 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_6' :

$$I_{xkN_6'}'' = I_{0N_6'}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 33,88 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 51,158 \text{ [kA]}$$

3.1.3.8. Điểm ngắn mạch N3

Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N3}=I_{N4}+I_{N5}$

Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N₃:

$$I''_{ON3} = I''_{ON4} + I''_{ON5} = 30,316 + 25,775 = 56,091 [kA]$$

$$I''_{\infty N3} = I''_{\infty N4} + I''_{\infty N5} = 28,666 + 9,279 = 37,945 [kA]$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₃:

$$i_{xkN3} = i_{xkN4} + i_{xkN5} = 77,17 + 69,622 = 146,792 [kA]$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₃:

$$I_{xkN3} = I_{xkN4} + I_{xkN5} = 45,776 + 42,008 = 87,784 [kA]$$

3.1.3.9. Điểm ngắn mạch N7

Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N7}=I_{N5}+I_{N5'}$

Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N₇:

$$I''_{ON7} = I''_{ON5} + I''_{ON5'} = 25,775 + 56,362 = 82,137 [kA]$$

$$I''_{\infty N7} = I''_{\infty N5} + I''_{\infty N5'} = 9,279 + 43,988 = 53,267 [kA]$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₇:

$$i_{xkN7} = i_{xkN5} + i_{xkN5'} = 69,622 + 143,47 = 213,092 [kA]$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₇:

$$I_{xkN7} = I_{xkN5} + I_{xkN5'} = 42,008 + 85,105 = 127,113 [kA]$$

3.1.3.10. Điểm ngắn mạch N7'

Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N7'}=I_{N6}+I_{N6'}$

Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_{7'}:

$$I''_{ON7'} = I''_{ON6} + I''_{ON6'} = 25,775 + 33,88 = 59,655 [kA]$$

$$I''_{\infty N7'} = I''_{\infty N6} + I''_{\infty N6'} = 9,279 + 31,13 = 40,409 [kA]$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N_{7'}:

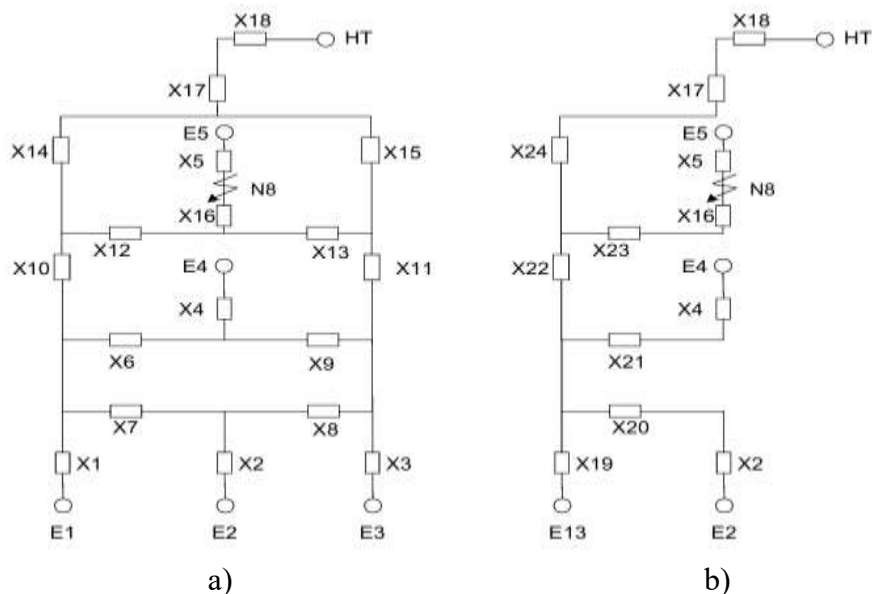
$$i_{xkN8} = i_{xkN6} + i_{xkN6'} = 69,622 + 86,244 = 155,866 [kA]$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_{7'}:

$$I_{xkN8} = I_{xkN6} + I_{xkN6'} = 42,008 + 51,158 = 93,166 [kA]$$

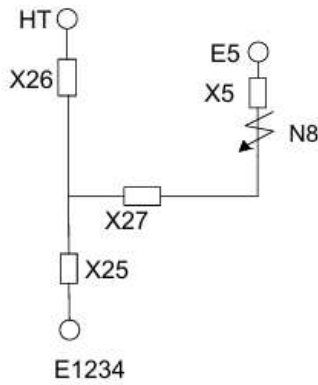
3.1.3.11. Điểm ngắn mạch N8

a, Biến đổi sơ đồ ngắn mạch

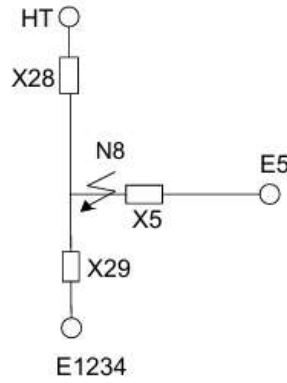


Ta thấy, sơ đồ a đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N₈ nên ta có sơ đồ b và giá trị điện kháng như sau

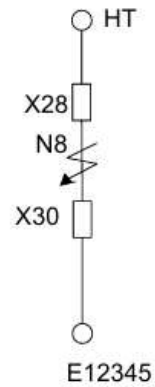
$$\begin{aligned} X_{19} &= \frac{X_1}{2} = \frac{0,21376}{2} = 0,10688 & ; & \quad X_{22} = \frac{X_{10}}{2} = \frac{0,081}{2} = 0,041 \\ X_{21} &= \frac{X_6}{2} = \frac{0,218}{2} = 0,109 & ; & \quad X_{24} = \frac{X_{14}}{2} = \frac{0,131}{2} = 0,066 \\ X_{20} &= \frac{X_7}{2} = \frac{0,218}{2} = 0,109 \\ X_{23} &= \frac{X_{12}}{2} = \frac{0}{2} = 0 \end{aligned}$$



c)



d)



e)

Từ sơ đồ c ta có:

$$\begin{aligned} X_{25} &= \frac{1}{\frac{1}{X_{19}} + \frac{1}{X_2 + X_{20}} + \frac{1}{X_{21} + X_4}} + X_{22} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{0,10688} + \frac{1}{0,21376 + 0,109} + \frac{1}{0,109 + 0,21376}} + 0,041 = 0,105 \\ X_{26} &= X_{24} + X_{17} + X_{18} = 0,066 + 0,151 + 0,0015 = 0,219 \\ X_{27} &= X_{16} + X_{23} = 0,15 + 0 = 0,15 \end{aligned}$$

Từ sơ đồ d ta có:

$$\begin{aligned} X_{28} &= X_{26} + X_{27} + \frac{X_{26} \cdot X_{27}}{X_{25}} = 0,219 + 0,15 + \frac{0,219 \cdot 0,15}{0,105} = 0,682 \\ X_{29} &= X_{25} + X_{27} + \frac{X_{25} \cdot X_{27}}{X_6} = 0,105 + 0,15 + \frac{0,105 \cdot 0,15}{0,219} = 0,327 \end{aligned}$$

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{30} = \frac{X_{29} \cdot X_5}{X_{29} + X_5} = \frac{0,327 \cdot 0,21376}{0,327 + 0,21376} = 0,13$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt} *_{dm}$)

$$X_{tt} *_{dm} = X_{30} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,13 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,4$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kì dòng điện ngắn mạch:

$$K_0''=2,5 ; K_{\infty}= 2,05$$

Dòng điện siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,5 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 42,957 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì do các máy phát cung cấp:

$$I_{\infty} = K_{\infty} \cdot I_{dmF} = K_{\infty} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,05 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 35,225 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{28}} = \frac{5,499}{0,682} = 8,06 \text{ [kA]}$$

Trị số ngắn mạch tại điểm N₈:

$$I_{0N8}'' = I_0'' + I_{HT} = 42,957 + 8,06 = 51,017 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N8} = I_{\infty} + I_{HT} = 35,225 + 8,06 = 43,285 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

$$i_{xkN8} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{0N8}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 51,017 = 129,868 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

$$I_{xkN8} = I_{0N8}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 51,017 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 77,034 \text{ [kA]}$$

PA	Điểm NM	Mạch điện	U _{dm} [kV]	I ₀ [kA]	I _∞ [kA]	i _{xk} [kA]	I _{xk} [kA]
I	N ₁	Cao áp	110	6,653	6,18	16,936	10,046
	N ₂	Trung áp	35	13,456	10,95	34,253	20,318
	N ₃	Hạ áp MBA	10,5	56,091	37,945	146,79	87,784
	N ₄	Phân đoạn	10,5	30,316	28,666	77,17	45,776
	N' ₄	Phân đoạn	10,5	17,386	19,586	44,258	26,252
	N ₅	Máy phát	10,5	25,775	9,279	69,622	42,008
	N' ₅	Máy phát	10,5	56,362	43,988	143,47	85,105
	N ₆	Máy phát	10,5	25,775	9,279	69,622	42,008
	N' ₆	Máy phát	10,5	33,88	31,13	86,244	51,158
	N ₇	Tự dùng	10,5	82,137	53,267	213,09	127,11
	N' ₇	Tự dùng	10,5	59,655	40,409	155,87	93,166
	N ₈	Tự dùng	10,5	51,017	43,285	129,87	77,034

Bảng 3.1 Bảng kết quả tính toán ngắn mạch phương án I

e) Điểm N5, N5', N6, N6'

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch máy phát.
- Trạng thái sơ đồ:
 - + Điểm N5: Chỉ có máy phát F2 làm việc.
 - + Điểm N5': Tất cả làm việc bình thường trừ máy phát F2 nghỉ.
 - + Điểm N6: Chỉ có máy phát F3 làm việc.
 - + Điểm N6': Tất cả đều làm việc bình thường trừ máy phát F3 nghỉ.

f) Điểm N7, N7'

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch tự dùng và mạch phụ tải cấp điện áp máy phát.
- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

g) Điểm N8

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch tự dùng nội bộ F5-B3
- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

h) Điểm N9

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện cho mạch tự dùng nội bộ F1-B1
- Trạng thái sơ đồ: Tất cả các máy phát, máy biến áp và hệ thống đang vận hành bình thường

- Từ sơ đồ hình 3.1 và giả thiết tính toán ngắn mạch, ta có:

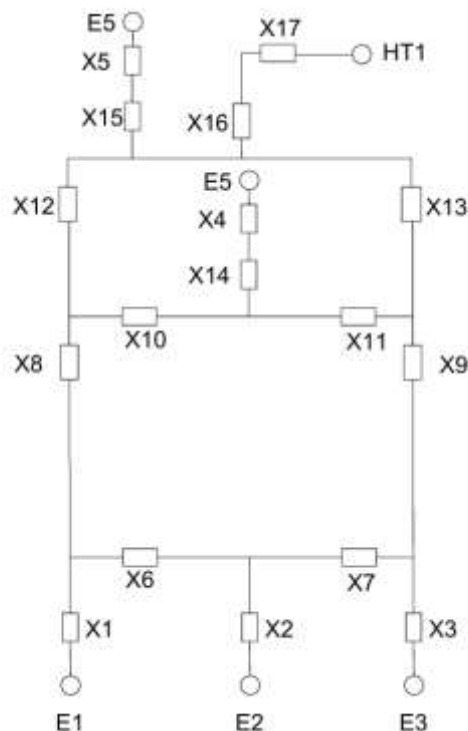
$$I_{N3} = I_{N4} + I_{N5}$$

$$I_{N7} = I_{N5} + I_{N5'}$$

$$I_{N7'} = I_{N6} + I_{N6'}$$

=> Theo nguyên lý xếp chồng

3.2.1.2. Sơ đồ thay thế



Hình 3.4 Sơ đồ thay thế phương án V

3.2.2. Tính toán các thông số của sơ đồ thay thế cho phương án V

3.2.2.1. Chọn các đại lượng cơ bản

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}$$

$U_{cb} = U_{tb}$ ở các cấp điện áp

$$U_{cb10,5} = 10,5 \text{ kV} \rightarrow I_{cb10,5} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ [kA]}$$

$$U_{cb35} = 35 \text{ kV} \rightarrow I_{cb35} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 1,58 \text{ [kA]}$$

$$U_{cb110} = 115 \text{ kV} \rightarrow I_{cb115} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb115}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ [kA]}$$

3.2.2.2. Các thông số của sơ đồ thay thế

a, Điện kháng của máy phát F1, F2, F3, F4, F5:

$$X_{Fcb}^* = X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_5 = X_d'' \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF}} = 0,1336 \cdot \frac{100}{62,5} = 0,21376$$

b, Điện kháng của máy kháng điện phân đoạn:

$$X_{Kcb}^* = X_6 = X_7 = \frac{X_K\%}{100} \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{5,449}{3} = 0,145$$

c, Điện kháng của máy biến áp liên lạc B2, B3:

-Điện kháng của cuộn hạ:

$$\begin{aligned} X_{Hcb}^* = X_8 = X_9 &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-H}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-T}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (17 + 6,5 - 10,5) \cdot \frac{100}{63} = 0,103 \end{aligned}$$

-Điện kháng của cuộn trung:

$$\begin{aligned} X_{Tcb}^* = X_{10} = X_{11} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-T}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-H}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (10,5 + 6,5 - 17) \cdot \frac{100}{63} = 0 \end{aligned}$$

-Điện kháng của cuộn cao:

$$\begin{aligned} X_{Ccb}^* = X_{12} = X_{13} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-H}\% + U_{NC-T}\% - U_{NT-H}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (17 + 10,5 - 6,5) \cdot \frac{100}{63} = 0,167 \end{aligned}$$

d, Điện kháng của máy biến áp cuộn dây B4:

$$X_{14} = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB_3}} = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{100}{63} = 0,15$$

e, Điện kháng của máy biến áp cuộn dây B1:

$$X_{15} = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB_3}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{63} = 0,167$$

f, Điện kháng của đường dây liên lạc với hệ thống:

$$X_{Dcb}^* = X_{16} = \frac{X_0 \cdot l}{2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb110}^2} = \frac{0,4 \cdot 100}{2} \cdot \frac{100}{115^2} = 0,151$$

g, Điện kháng của hệ thống:

Ta có:

$$S_N^* = \frac{S_N}{S_{cb}} = \frac{3000}{100} = 30$$

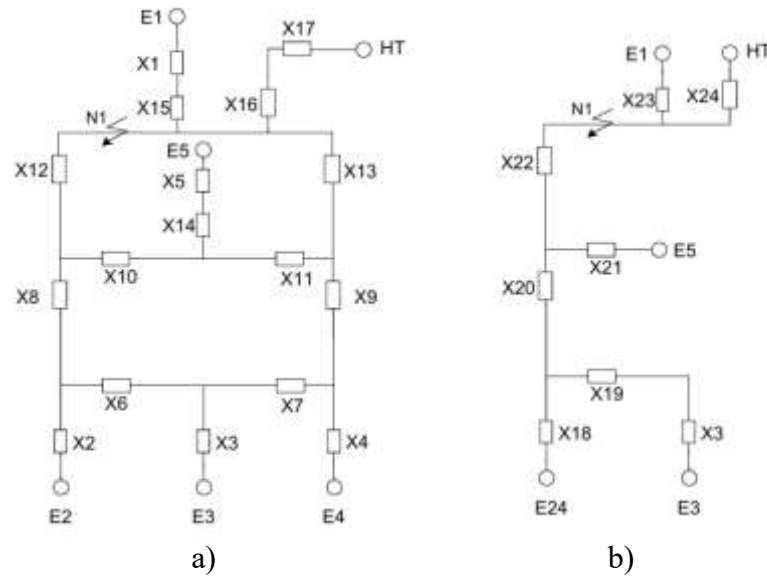
$$X_{HT}^* = \frac{U_{HT}^*}{I_{HT}^*} = \frac{1}{S_N^*} = \frac{1}{30} = 0,03$$

$$X_{HTcb}^* = X_{17} = \frac{S_{cb}}{S_{HT}} \cdot X_{HT} = \frac{100}{2000} \cdot 0,03 = 0,0015$$

3.2.3. Tính toán dòng ngắn mạch

3.2.3.1. Điểm ngắn mạch N1:

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng:



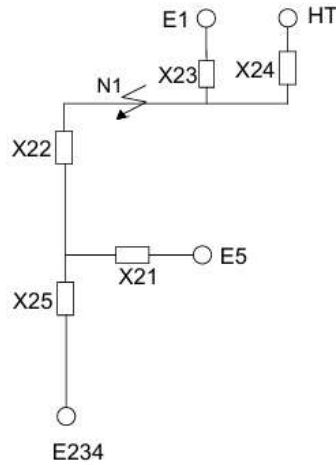
Từ sơ đồ a biến đổi thành sơ đồ b ta có

$$X_{24} = X_{16} + X_{17} = 0,151 + 0,0015 = 0,153$$

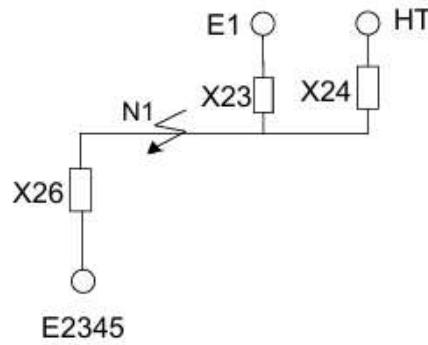
$$X_{23} = X_1 + X_{15} = 0,21376 + 0,167 = 0,381$$

Vì sơ đồ đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N1 nên ta có sơ đồ và giá trị điện kháng như sau :

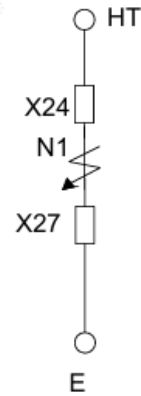
$$\begin{aligned} X_{18} &= \frac{X_2}{2} = \frac{0,21376}{2} = 0,10688 & ; & & X_{20} &= \frac{X_8}{2} = \frac{0,103}{2} = 0,052 \\ X_{19} &= \frac{X_6}{2} = \frac{0,145}{2} = 0,073 & ; & & X_{22} &= \frac{X_{12}}{2} = \frac{0,167}{2} = 0,084 \\ X_{21} &= \frac{X_{10}}{2} + X_{14} + X_5 = \frac{0}{2} + 0,15 + 0,21376 = 0,364 \end{aligned}$$



c)



d)



e)

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{25} = \frac{(X_3 + X_{19}) \cdot X_{18}}{X_3 + X_{19} + X_{18}} + X_{20} = \frac{(0,21376 + 0,073) \cdot 0,10688}{0,21376 + 0,073 + 0,10688} + 0,052 = 0,13$$

Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{26} = X_{22} + \frac{X_{21} \cdot X_{25}}{X_{21} + X_{25}} = 0,084 + \frac{0,364 \cdot 0,13}{0,364 + 0,13} = 0,18$$

$$X_{27} = \frac{X_{26} \cdot X_{23}}{X_{26} + X_{23}} = \frac{0,18 \cdot 0,381}{0,18 + 0,381} = 0,12$$

b, tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt dm}^*$)

$$X_{tt dm}^* = X_{27} \cdot \frac{\sum S_{dm Fi}}{S_{cb}} = 0,12 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,375$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2,7 ; K_\infty'' = 2,1$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dm Fi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 2,7 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 4,236 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dm Fi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 2,1 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 3,295 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb110}}{X_H} = \frac{I_{cb110}}{X_{24}} = \frac{0,502}{0,153} = 3,28 [\text{kA}]$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N1:

$$I_{0N_1}'' = I_0'' + I_H = 4,236 + 3,28 = 7,516 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N_1}'' = I_{\infty}'' + I_H = 3,295 + 3,28 = 6,575 \text{ [kA]}$$

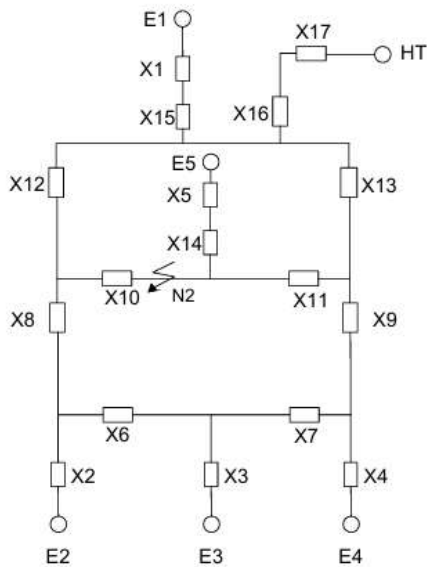
Dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$i_{xkN_1} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_1}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,516 = 19,133 \text{ [kA]}$$

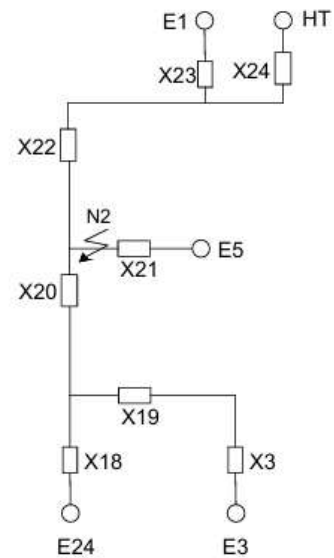
Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$I_{xkN_1} = I_{0N_1}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 7,516 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 11,349 \text{ [kA]}$$

3.2.3.2. Điểm ngắn mạch N2:



a)



b)

Tương tự như ngắn mạch tại N1 sơ đồ trên đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N2 nên ta có

:

$$X_{24} = 0,153$$

$$X_{23} = 0,381$$

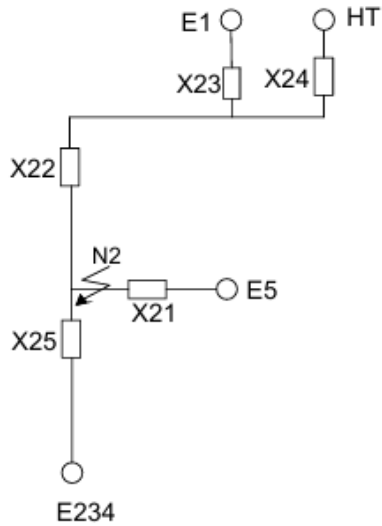
$$X_{18} = 0,10688$$

$$; \quad X_{20} = 0,052$$

$$X_{19} = 0,073$$

$$; \quad X_{22} = 0,084$$

$$X_{21} = 0,364$$



c)

Từ sơ đồ c ta có:

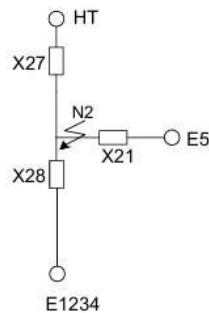
$$X_{25} = \frac{(X_3 + X_{19}) \cdot X_{18}}{X_3 + X_{19} + X_{18}} + X_{20} = \frac{(0,21376 + 0,073) \cdot 0,10688}{0,21376 + 0,073 + 0,10688} + 0,052 = 0,13$$

Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{26} = X_{23} + X_{22} + \frac{X_{23} \cdot X_{22}}{X_{24}} = 0,381 + 0,084 + \frac{0,381 \cdot 0,084}{0,153} = 0,67$$

$$X_{27} = X_{24} + X_{22} + \frac{X_{24} \cdot X_{22}}{X_{23}} = 0,153 + 0,087 + \frac{0,153 \cdot 0,087}{0,381} = 0,275$$

Từ sơ đồ e ta có:



e)

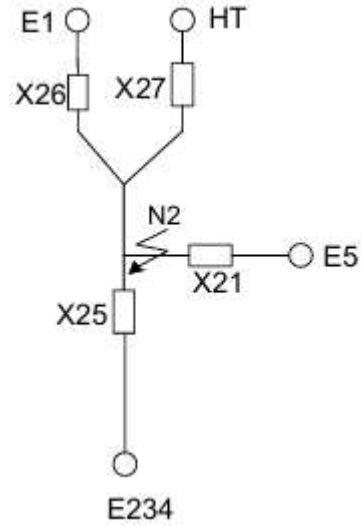
$$X_{28} = \frac{X_{25} \cdot X_{26}}{X_{25} + X_{26}} = \frac{0,13 \cdot 0,67}{0,13 + 0,67} = 0,11$$

Từ sơ đồ f ta có:

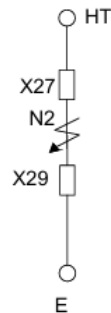
$$X_{29} = \frac{X_{28} \cdot X_{21}}{X_{28} + X_{21}} = \frac{0,11 \cdot 0,364}{0,11 + 0,364} = 0,084$$

b, tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tđm}^*$)



d)



f)

$$X_{tdm}^* = X_{29} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,084 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,263$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 3,6 ; K_\infty'' = 2,31$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 3,6 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,648 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 2,31 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 3,624 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb35}}{X_H} = \frac{I_{cb35}}{X_{27}} = \frac{1,58}{0,275} = 5,75 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N2:

$$I_{0N1}'' = I_0'' + I_H = 5,648 + 5,75 = 11,398 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N1}'' = I_\infty'' + I_H = 3,624 + 5,75 = 9,374 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N2:

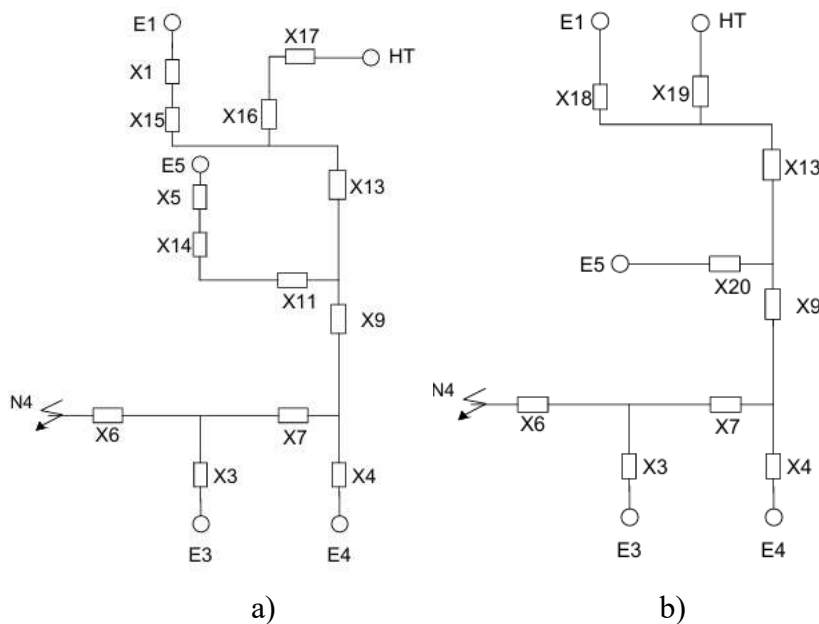
$$i_{xkN1} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N1}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 11,398 = 29,015 \text{ [kA]}$$

Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$I_{xkN1} = I_{0N1}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 11,398 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 17,211 \text{ [kA]}$$

3.2.3.3. Điểm ngắn mạch N4:

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán điện kháng:

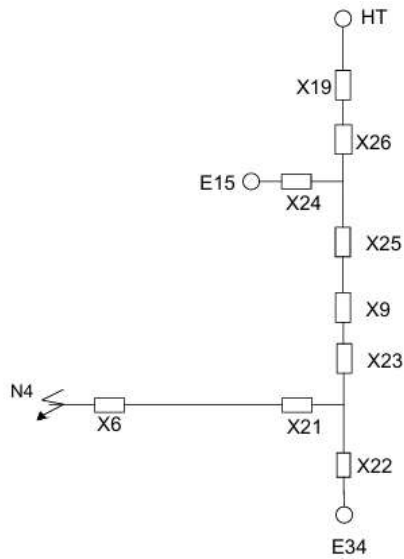


Từ sơ đồ a biến đổi sang sơ đồ b ta có:

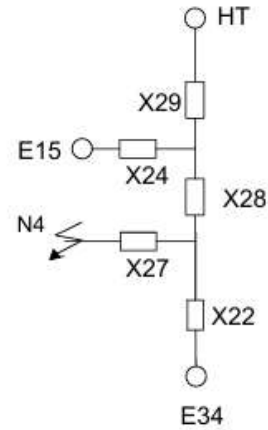
$$X_{18} = X_1 + X_{15} = 0,21376 + 0,167 = 0,381$$

$$X_{19} = X_{16} + X_{17} = 0,151 + 0,0015 = 0,153$$

$$X_{20} = X_{10} + X_{14} + X_5 = 0 + 0,15 + 0,21376 = 0,364$$



c)



d)

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{21} = \frac{X_3 \cdot X_7}{X_3 + X_7 + X_4} = \frac{0,21376 \cdot 0,145}{0,21376 + 0,145 + 0,21376} = 0,054$$

$$X_{22} = \frac{X_3 \cdot X_4}{X_3 + X_7 + X_4} = \frac{0,21376 \cdot 0,21376}{0,21376 + 0,145 + 0,21376} = 0,08$$

$$X_{23} = \frac{X_4 \cdot X_7}{X_3 + X_7 + X_4} = \frac{0,21376 \cdot 0,145}{0,21376 + 0,145 + 0,21376} = 0,054$$

$$X_{24} = \frac{X_{18} \cdot X_{20}}{X_{18} + X_{20} + X_{13}} = \frac{0,381 \cdot 0,364}{0,381 + 0,364 + 0,167} = 0,152$$

$$X_{25} = \frac{X_{13} \cdot X_{20}}{X_{18} + X_{20} + X_{13}} = \frac{0,167 \cdot 0,364}{0,381 + 0,364 + 0,269} = 0,067$$

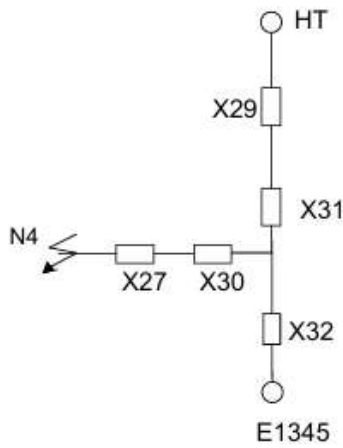
$$X_{26} = \frac{X_{13} \cdot X_{18}}{X_{18} + X_{20} + X_{13}} = \frac{0,167 \cdot 0,381}{0,381 + 0,364 + 0,269} = 0,07$$

Từ sơ đồ d ta có:

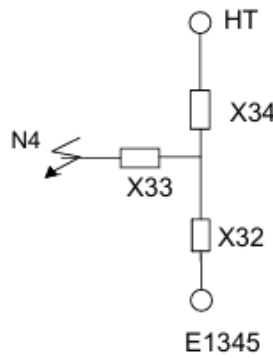
$$X_{27} = X_6 + X_{21} = 0,145 + 0,054 = 0,199$$

$$X_{28} = X_9 + X_{25} + X_{23} = 0,103 + 0,067 + 0,054 = 0,224$$

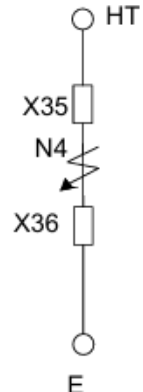
$$X_{29} = X_{19} + X_{26} = 0,153 + 0,07 = 0,223$$



e)



f)



g)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{30} = \frac{X_{22} \cdot X_{28}}{X_{28} + X_{22} + X_{24}} = \frac{0,08 \cdot 0,224}{0,224 + 0,08 + 0,152} = 0,039$$

$$X_{31} = \frac{X_{24} \cdot X_{28}}{X_{28} + X_{22} + X_{24}} = \frac{0,152 \cdot 0,224}{0,224 + 0,08 + 0,152} = 0,075$$

$$X_{32} = \frac{X_{24} \cdot X_{22}}{X_{28} + X_{22} + X_{24}} = \frac{0,152 \cdot 0,08}{0,224 + 0,08 + 0,152} = 0,027$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{33} = X_{27} + X_{30} = 0,199 + 0,039 = 0,238$$

$$X_{34} = X_{29} + X_{31} = 0,223 + 0,075 = 0,298$$

Từ sơ đồ g ta có:

$$X_{35} = X_{34} + X_{32} + \frac{X_{34} \cdot X_{32}}{X_{33}} = 0,298 + 0,027 + \frac{0,298 \cdot 0,027}{0,238} = 0,359$$

$$X_{36} = X_{33} + X_{32} + \frac{X_{33} \cdot X_{32}}{X_{34}} = 0,238 + 0,027 + \frac{0,238 \cdot 0,027}{0,298} = 0,287$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch :

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức (X_{ttdm}^*)

$$X_{ttdm}^* = X_{36} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,282 \cdot \frac{250}{100} = 0,7$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 1,45; K_\infty'' = 1,5$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,45 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 19,93 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I''_{\infty} = K''_{\infty} \cdot I_{dmF} = K''_{\infty} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,5 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 20,62 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{35}} = \frac{5,499}{0,359} = 15,318 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N4:

$$I''_{0N_4} = I''_0 + I_H = 19,93 + 15,318 = 35,248 \text{ [kA]}$$

$$I''_{\infty N_4} = I''_{\infty} + I_H = 20,62 + 15,318 = 35,938 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N4:

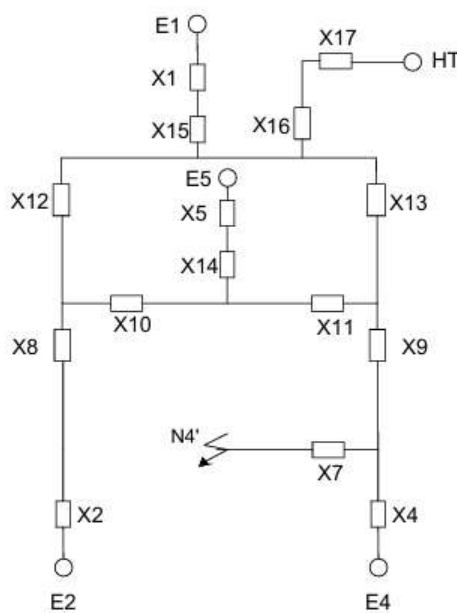
$$i_{xkN_4} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N_4} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 35,248 = 89,727 \text{ [kA]}$$

Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khải. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N4:

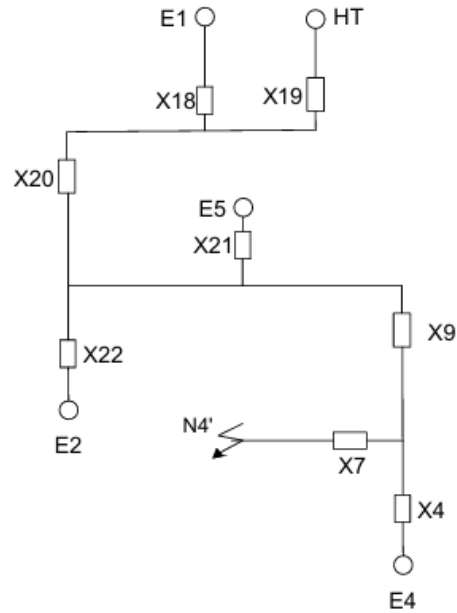
$$I_{xkN_4} = I''_{0N_4} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 34,12 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 53,223 \text{ [kA]}$$

3.2.3.4. Điểm ngắn mạch N4':

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng:



a)



b)

Từ sơ đồ a biến đổi sang sơ đồ b ta có:

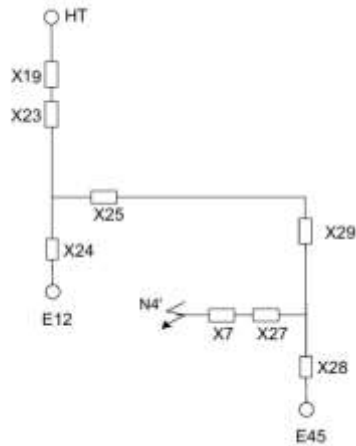
$$X_{18} = X_1 + X_{15} = 0,21376 + 0,167 = 0,381$$

$$X_{19} = X_{16} + X_{17} = 0,151 + 0,0015 = 0,153$$

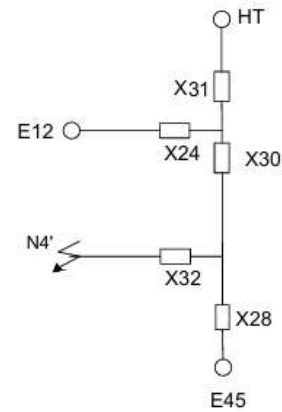
$$X_{20} = \frac{X_{12}}{2} = \frac{0,167}{2} = 0,084$$

$$X_{21} = X_{14} + X_5 = 0,15 + 0,21376 = 0,364$$

$$X_{22} = X_8 + X_2 = 0,103 + 0,21376 = 0,32$$



c)



d)

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{23} = \frac{X_{20} \cdot X_{18}}{X_{18} + X_{22} + X_{20}} = \frac{0,381 \cdot 0,084}{0,381 + 0,32 + 0,084} = 0,038$$

$$X_{24} = \frac{X_{22} \cdot X_{18}}{X_{18} + X_{22} + X_{20}} = \frac{0,32 \cdot 0,381}{0,381 + 0,32 + 0,084} = 0,146$$

$$X_{25} = \frac{X_{22} \cdot X_{20}}{X_{18} + X_{22} + X_{20}} = \frac{0,32 \cdot 0,084}{0,381 + 0,32 + 0,084} = 0,032$$

$$X_{27} = \frac{X_9 \cdot X_4}{X_4 + X_{21} + X_9} = \frac{0,103 \cdot 0,21376}{0,21376 + 0,364 + 0,103} = 0,03$$

$$X_{28} = \frac{X_{21} \cdot X_4}{X_4 + X_{21} + X_9} = \frac{0,364 \cdot 0,21376}{0,21376 + 0,364 + 0,103} = 0,114$$

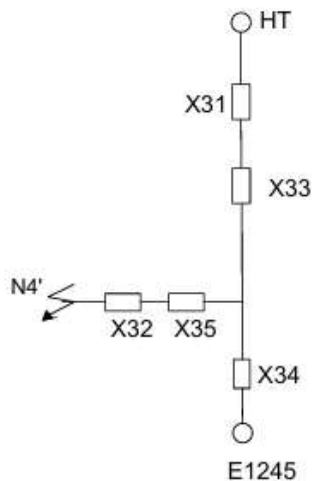
$$X_{29} = \frac{X_{21} \cdot X_9}{X_4 + X_{21} + X_9} = \frac{0,364 \cdot 0,103}{0,21376 + 0,364 + 0,103} = 0,055$$

Từ sơ đồ d ta có:

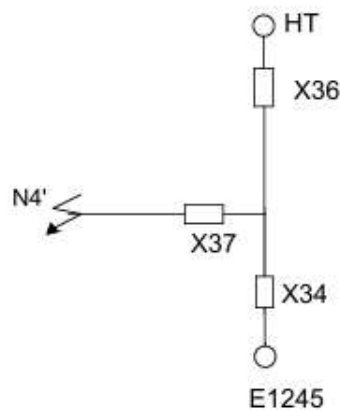
$$X_{30} = X_{29} + X_{25} = 0,055 + 0,032 = 0,087$$

$$X_{31} = X_{19} + X_{23} = 0,153 + 0,038 = 0,191$$

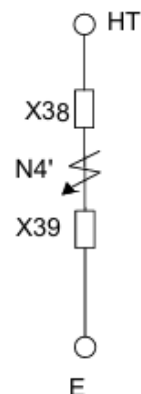
$$X_{32} = X_7 + X_{27} = 0,145 + 0,03 = 0,175$$



e)



f)



g)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{33} = \frac{X_{24} \cdot X_{30}}{X_{24} + X_{30} + X_{28}} = \frac{0,146 \cdot 0,087}{0,146 + 0,087 + 0,114} = 0,037$$

$$X_{34} = \frac{X_{24} \cdot X_{28}}{X_{24} + X_{30} + X_{28}} = \frac{0,146 \cdot 0,114}{0,146 + 0,087 + 0,114} = 0,048$$

$$X_{35} = \frac{X_{30} \cdot X_{28}}{X_{24} + X_{30} + X_{28}} = \frac{0,087 \cdot 0,114}{0,146 + 0,087 + 0,114} = 0,029$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{36} = X_{33} + X_{31} = 0,037 + 0,191 = 0,228$$

$$X_{37} = X_{32} + X_{35} = 0,175 + 0,029 = 0,204$$

Từ sơ đồ g ta có:

$$X_{38} = X_{36} + X_{37} + \frac{X_{36} \cdot X_{37}}{X_{34}} = 0,228 + 0,204 + \frac{0,228 \cdot 0,204}{0,048} = 1,4$$

$$X_{39} = X_{34} + X_{37} + \frac{X_{34} \cdot X_{37}}{X_{36}} = 0,048 + 0,204 + \frac{0,048 \cdot 0,204}{0,228} = 0,295$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức (X_{ttdm}^*)

$$X_{ttdm}^* = X_{39} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,295 \cdot \frac{250}{100} = 0,74$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 1,36; K_\infty'' = 1,44$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,36 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 18,695 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,44 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 19,795 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{59}} = \frac{5,499}{1,4} = 3,92 [\text{kA}]$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_4' :

$$I_{0N_4}'' = I_0'' + I_H = 18,695 + 3,92 = 22,615 [\text{kA}]$$

$$I_{\infty N_4}'' = I_\infty'' + I_H = 19,795 + 3,92 = 23,715 [\text{kA}]$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N_4' :

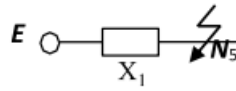
$$i_{xkN_4} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_4}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 22,615 = 57,568 [\text{kA}]$$

Trong đó K_{xk} là hệ số xung kích, phụ thuộc vào chỗ ngắn mạch, được tra ở bảng 3.3 trang 42 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái. Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_4' :

$$I_{xkN_4} = I_{0N_4}'' \cdot \sqrt{1+2 \cdot (K_{xk}-1)^2} = 20,599 \cdot \sqrt{1+2 \cdot (1,8-1)^2} = 34,148 \text{ [kA]}$$

3.2.3.5. Điểm ngắn mạch N5:

a, Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng :



b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức (X_{ttdm}^*)

$$X_{ttdm}^* = X_1 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,21376 \cdot \frac{62,5}{100} = 0,1336$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 7,5; K_\infty'' = 2,7$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_{0N_5}'' = I_{0N_6}'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 7,5 \cdot \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 25,775 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_{\infty N_5}'' = I_{\infty N_6}'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,7 \cdot \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 9,279 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N5:

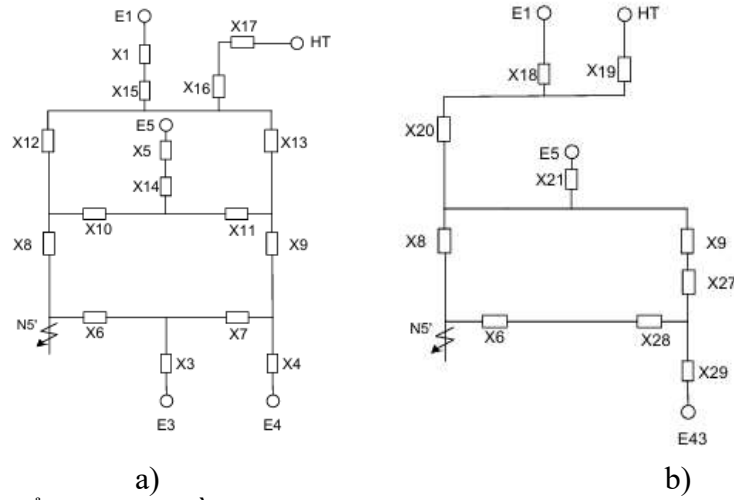
$$i_{xkN_5} = i_{xkN_6} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_5}'' = \sqrt{2} \cdot 1,91 \cdot 25,775 = 69,622 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N5:

$$I_{xkN_5} = i_{xkN_6} = I_{0N_5}'' \cdot \sqrt{1+2 \cdot (K_{xk}-1)^2} = 25,775 \cdot \sqrt{1+2 \cdot (1,91-1)^2} = 42,008 \text{ [kA]}$$

3.2.3.6. Điểm ngắn mạch N5':

Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng :



Từ sơ đồ a biến đổi thành sơ đồ b ta có:

$$X_{18} = X_1 + X_{15} = 0,21376 + 0,167 = 0,381$$

$$X_{19} = X_{16} + X_{17} = 0,151 + 0,0015 = 0,153$$

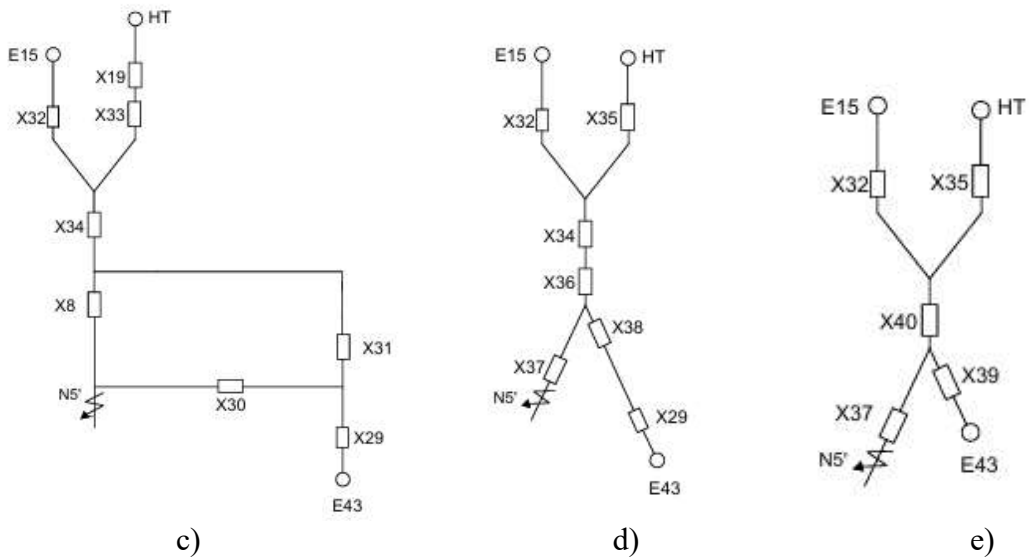
$$X_{20} = \frac{X_{12}}{2} = \frac{0,167}{2} = 0,084$$

$$X_{21} = X_{14} + X_5 = 0,15 + 0,21376 = 0,364$$

$$X_{27} = \frac{X_4 \cdot X_7}{X_3 + X_7 + X_4} = \frac{0,21376 \cdot 0,145}{0,21376 + 0,145 + 0,21376} = 0,054$$

$$X_{28} = \frac{X_3 \cdot X_7}{X_3 + X_7 + X_4} = \frac{0,21376 \cdot 0,145}{0,21376 + 0,145 + 0,21376} = 0,054$$

$$X_{29} = \frac{X_3 \cdot X_4}{X_3 + X_7 + X_4} = \frac{0,21376 \cdot 0,21376}{0,21376 + 0,145 + 0,21376} = 0,08$$



Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{30} = X_{28} + X_6 = 0,054 + 0,145 = 0,198$$

$$X_{31} = X_{27} + X_9 = 0,054 + 0,103 = 0,157$$

$$X_{32} = \frac{X_{18} \cdot X_{21}}{X_{18} + X_{21} + X_{20}} = \frac{0,318 \cdot 0,364}{0,318 + 0,364 + 0,084} = 0,151$$

$$X_{33} = \frac{X_{18} \cdot X_{20}}{X_{18} + X_{21} + X_{20}} = \frac{0,318 \cdot 0,084}{0,318 + 0,364 + 0,084} = 0,035$$

$$X_{34} = \frac{X_{21} \cdot X_{20}}{X_{18} + X_{21} + X_{20}} = \frac{0,364 \cdot 0,084}{0,318 + 0,364 + 0,084} = 0,04$$

Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{35} = X_{33} + X_{19} = 0,035 + 0,153 = 0,188$$

$$X_{36} = \frac{X_8 \cdot X_{31}}{X_8 + X_{31} + X_{30}} = \frac{0,103 \cdot 0,157}{0,103 + 0,157 + 0,198} = 0,035$$

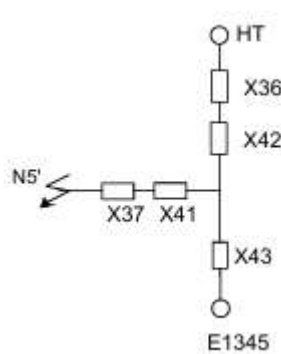
$$X_{37} = \frac{X_8 \cdot X_{30}}{X_8 + X_{31} + X_{30}} = \frac{0,103 \cdot 0,198}{0,103 + 0,157 + 0,198} = 0,045$$

$$X_{38} = \frac{X_{30} \cdot X_{31}}{X_8 + X_{31} + X_{30}} = \frac{0,198 \cdot 0,157}{0,103 + 0,157 + 0,198} = 0,068$$

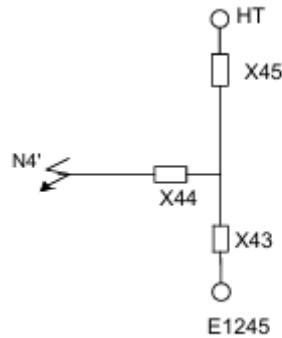
Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{39} = X_{38} + X_{29} = 0,068 + 0,08 = 0,148$$

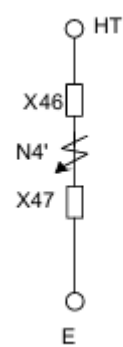
$$X_{40} = X_{34} + X_{36} = 0,04 + 0,035 = 0,075$$



f)



g)



h)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{41} = \frac{X_{40} \cdot X_{39}}{X_{39} + X_{40} + X_{32}} = \frac{0,075 \cdot 0,148}{0,148 + 0,075 + 0,151} = 0,029$$

$$X_{42} = \frac{X_{40} \cdot X_{32}}{X_{39} + X_{40} + X_{32}} = \frac{0,075 \cdot 0,151}{0,148 + 0,075 + 0,151} = 0,03$$

$$X_{43} = \frac{X_{32} \cdot X_{39}}{X_{39} + X_{40} + X_{32}} = \frac{0,151 \cdot 0,148}{0,148 + 0,075 + 0,151} = 0,06$$

Từ sơ đồ f ta có:

$$X_{44} = X_{37} + X_{41} = 0,045 + 0,029 = 0,074$$

$$X_{45} = X_{36} + X_{42} = 0,035 + 0,03 = 0,065$$

Từ sơ đồ g ta có:

$$X_{46} = X_{45} + X_{44} + \frac{X_{45} \cdot X_{44}}{X_{43}} = 0,065 + 0,074 + \frac{0,065 \cdot 0,074}{0,06} = 0,22$$

$$X_{47} = X_{43} + X_{44} + \frac{X_{43} \cdot X_{44}}{X_{45}} = 0,06 + 0,074 + \frac{0,06 \cdot 0,074}{0,065} = 0,2$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt\,dm}^*$)

$$X_{tt\,dm}^* = X_{47} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,21 \cdot \frac{250}{100} = 0,5$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2; K_\infty'' = 1,8$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_{0N_5}'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,49 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_{\infty N_5}'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,8 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 24,74 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{46}} = \frac{5,499}{0,22} = 24,99 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_5' :

$$I_{0N_5}' = I_0'' + I_H = 27,49 + 24,99 = 52,48 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N_5}' = I_\infty'' + I_H = 24,74 + 24,99 = 49,73 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N_5' :

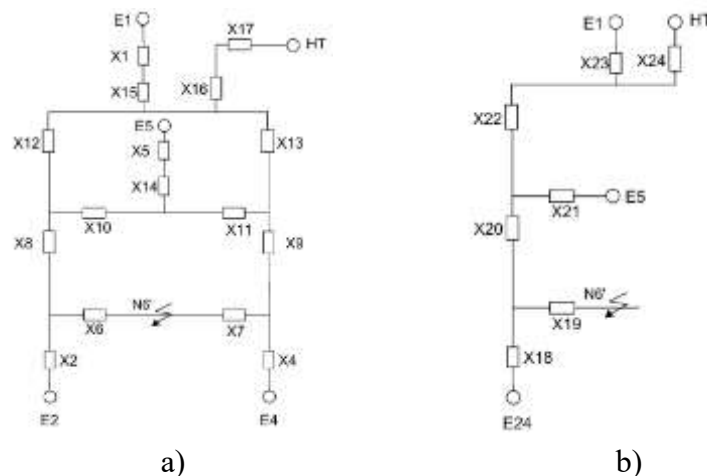
$$i_{xkN_5}' = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_5}' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 52,48 = 133,59 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_5' :

$$I_{xkN_5}' = I_{0N_5}' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 52,48 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 79,24 \text{ [kA]}$$

3.2.3.7. Điểm ngắn mạch N6':

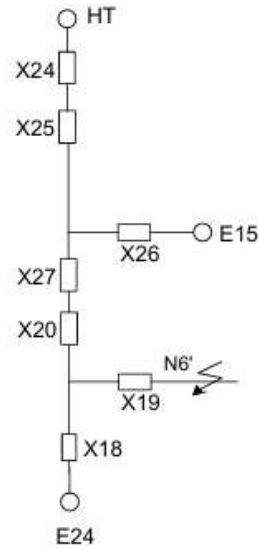
Biến đổi sơ đồ và tính toán điện kháng:



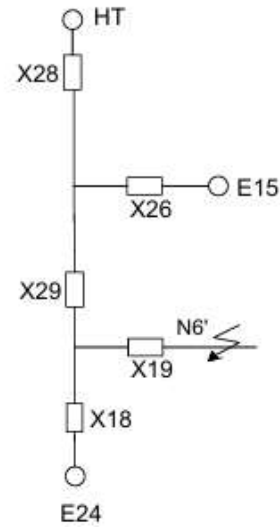
Từ sơ đồ a biến đổi thành sơ đồ b ta có

$$X_{23} = 0,381 \quad ; \quad X_{24} = 0,153$$

$$\begin{aligned} X_{18} &= 0,10688 & ; & & X_{20} &= 0,052 \\ X_{19} &= 0,073 & ; & & X_{22} &= 0,084 \\ X_{21} &= 0,364 \end{aligned}$$



c)



d)

Từ sơ đồ c ta có:

$$X_{25} = \frac{X_{22} \cdot X_{23}}{X_{22} + X_{23} + X_{21}} = \frac{0,084 \cdot 0,381}{0,084 + 0,381 + 0,364} = 0,039$$

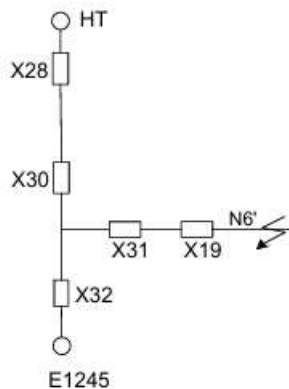
$$X_{26} = \frac{X_{21} \cdot X_{23}}{X_{22} + X_{23} + X_{21}} = \frac{0,364 \cdot 0,381}{0,084 + 0,381 + 0,364} = 0,167$$

$$X_{27} = \frac{X_{21} \cdot X_{22}}{X_{22} + X_{23} + X_{21}} = \frac{0,364 \cdot 0,084}{0,084 + 0,381 + 0,364} = 0,037$$

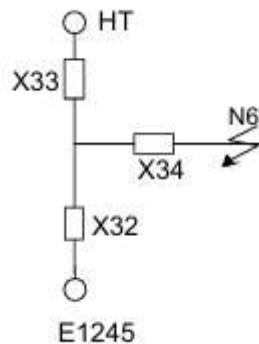
Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{28} = X_{24} + X_{25} = 0,153 + 0,039 = 0,192$$

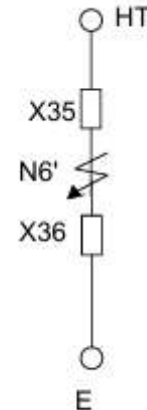
$$X_{29} = X_{20} + X_{27} = 0,052 + 0,056 = 0,108$$



e)



f)



g)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{30} = \frac{X_{26} \cdot X_{29}}{X_{26} + X_{29} + X_{18}} = \frac{0,167 \cdot 0,108}{0,167 + 0,108 + 0,10688} = 0,047$$

$$X_{31} = \frac{X_{18} \cdot X_{29}}{X_{26} + X_{29} + X_{18}} = \frac{0,10688 \cdot 0,108}{0,167 + 0,108 + 0,10688} = 0,03$$

$$X_{32} = \frac{X_{18} \cdot X_{26}}{X_{26} + X_{29} + X_{18}} = \frac{0,10688 \cdot 0,167}{0,167 + 0,108 + 0,10688} = 0,047$$

Từ sơ đồ f ta có

$$X_{33} = X_{28} + X_{30} = 0,192 + 0,047 = 0,239$$

$$X_{34} = X_{31} + X_{19} = 0,03 + 0,073 = 0,103$$

Từ sơ đồ g ta có

$$X_{35} = X_{33} + X_{34} + \frac{X_{33} \cdot X_{34}}{X_{32}} = 0,239 + 0,103 + \frac{0,239 \cdot 0,103}{0,047} = 0,866$$

$$X_{36} = X_{32} + X_{34} + \frac{X_{32} \cdot X_{34}}{X_{33}} = 0,047 + 0,103 + \frac{0,047 \cdot 0,103}{0,239} = 0,17$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta qui đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức (X_{ttdm}^*)

$$X_{ttdm}^* = X_{36} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,17 \cdot \frac{250}{100} = 0,425$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2,4; K_\infty'' = 2$$

Dòng siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_{0N_5}'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,4 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 32,99 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì các do máy phát điện cung cấp:

$$I_{\infty N_5}'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,49 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_H = \frac{I_{cb10,5}}{X_H} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{35}} = \frac{5,499}{0,866} = 6,35 \text{ [kA]}$$

Trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_6' :

$$I_{0N_6}'' = I_0'' + I_H = 32,99 + 6,35 = 39,34 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N_6}'' = I_\infty'' + I_H = 27,49 + 6,35 = 33,84 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N_6' :

$$i_{xkN_6}'' = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_{0N_6}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 39,34 = 100,143 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_6' :

$$I_{xkN_6}'' = I_{0N_6}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 39,34 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 59,4 \text{ [kA]}$$

3.2.3.8. Điểm ngắn mạch N3

Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N3} = I_{N4} + I_{N5}$

Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_3 :

$$I''_{ON3} = I''_{ON4} + I''_{ON5} = 35,248 + 25,775 = 61,023 \text{ [kA]}$$

$$I''_{\infty N3} = I''_{\infty N4} + I''_{\infty N5} = 35,938 + 9,279 = 45,217 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₃:

$$i_{xkN3} = i_{xkN4} + i_{xkN5} = 89,727 + 69,622 = 159,349 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₃:

$$I_{xkN3} = I_{xkN4} + I_{xkN5} = 53,223 + 42,008 = 95,231 \text{ [kA]}$$

3.2.3.9. Điểm ngắn mạch N7

Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N7} = I_{N5} + I_{N5'}$

Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N₇:

$$I''_{ON7} = I''_{ON5} + I''_{ON5'} = 25,775 + 52,48 = 78,255 \text{ [kA]}$$

$$I''_{\infty N7} = I''_{\infty N5} + I''_{\infty N5'} = 9,279 + 49,73 = 59,009 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₇:

$$i_{xkN7} = i_{xkN5} + i_{xkN5'} = 69,622 + 133,59 = 203,212 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₇:

$$I_{xkN7} = I_{xkN5} + I_{xkN5'} = 42,008 + 79,24 = 121,248 \text{ [kA]}$$

3.2.3.10. Điểm ngắn mạch N7'

Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N7'} = I_{N6} + I_{N6'}$

Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_{7'}:

$$I''_{ON7'} = I''_{ON6} + I''_{ON6'} = 25,775 + 39,34 = 65,115 \text{ [kA]}$$

$$I''_{\infty N7'} = I''_{\infty N6} + I''_{\infty N6'} = 9,279 + 33,84 = 43,119 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N_{7'}:

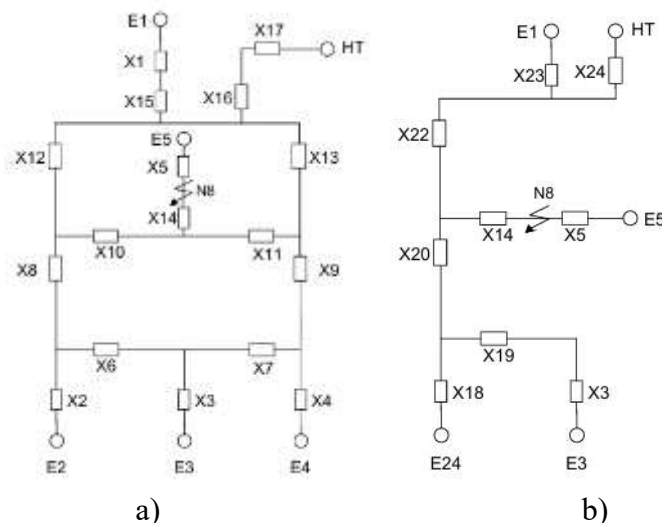
$$i_{xkN8} = i_{xkN6} + i_{xkN6'} = 69,622 + 100,143 = 169,765 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_{7'}:

$$I_{xkN8} = I_{xkN6} + I_{xkN6'} = 42,008 + 59,4 = 101,408 \text{ [kA]}$$

3.2.3.11. Điểm ngắn mạch N8

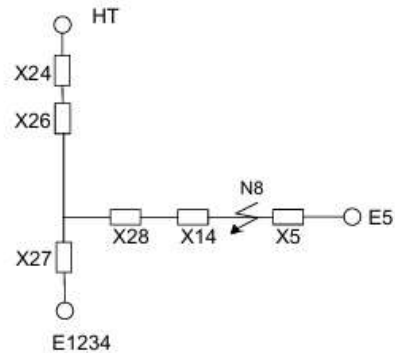
a, Biến đổi sơ đồ ngắn mạch



Ta thấy, sơ đồ a đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N₈ nên ta có sơ đồ b và giá trị điện kháng như sau

$$X_{24} = 0,153$$

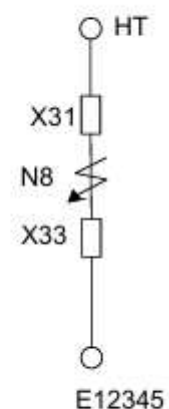
$$X_{19}=0,073 \quad ; \quad X_{22}=0,084$$



d)

Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{28} = \frac{X_{25} \cdot X_{22}}{X_{23} + X_{22} + X_{25}} = \frac{0,13 \cdot 0,084}{0,381 + 0,084 + 0,13} = 0,018$$



g)

$$X_{30}=X_{28}+X_{14}=0,018+0,15=0,165$$

Từ sơ đồ f ta có

$$X_{31} = X_{29} + X_{30} + \frac{X_{29} \cdot X_{30}}{X_{27}} = 0,207 + 0,165 + \frac{0,207 \cdot 0,165}{0,083} = 0,784$$

$$X_{32} = X_{27} + X_{30} + \frac{X_{27} \cdot X_{30}}{X_{29}} = 0,083 + 0,165 + \frac{0,083 \cdot 0,165}{0,207} = 0,314$$

Từ sơ đồ g ta có:

$$X_{33} = \frac{X_{32} \cdot X_5}{X_{32} + X_5} = \frac{0,314 \cdot 0,21376}{0,314 + 0,21376} = 0,127$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt} *_{dm}$)

$$X_{tt} *_{dm} = X_{33} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,127 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,4$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khải), ta được bội số của thành phần không chu kì dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2,5 ; K_\infty = 2,05$$

Dòng điện siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,5 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 42,96 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì do các máy phát cung cấp:

$$I_\infty = K_\infty \cdot I_{dmF} = K_\infty \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,05 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 35,23 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{31}} = \frac{5,499}{0,784} = 7,014 \text{ [kA]}$$

Trị số ngắn mạch tại điểm N₈:

$$I_{0N8}'' = I_0'' + I_{HT} = 42,96 + 7,014 = 49,974 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N8} = I_\infty + I_{HT} = 35,23 + 6,22 = 42,244 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

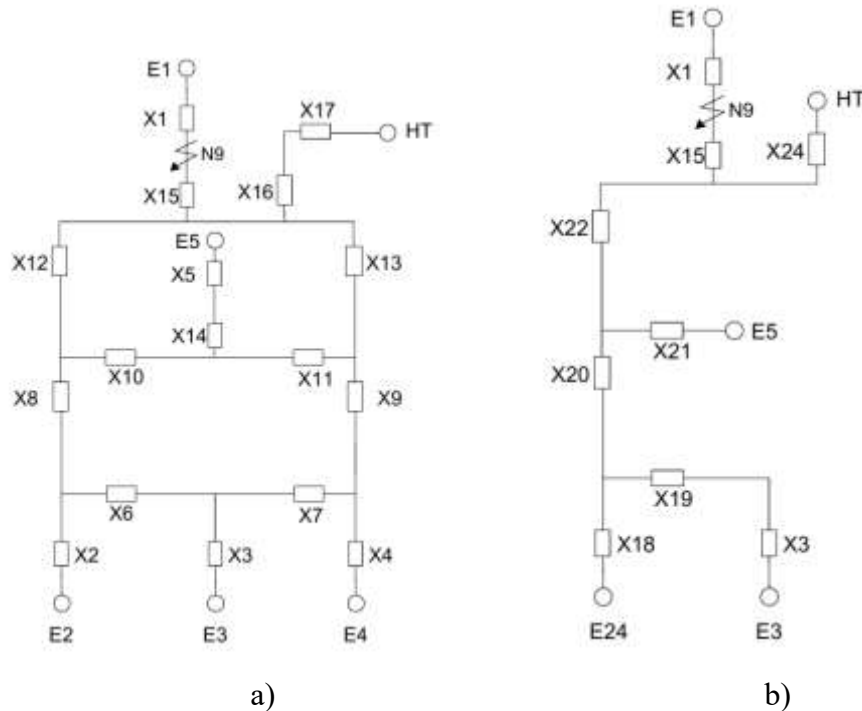
$$i_{xkN8} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{0N8}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 49,974 = 127,213 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

$$I_{xkN8} = I_{0N8}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 49,974 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 75,46 \text{ [kA]}$$

3.2.3.12. Điểm ngắn mạch N9

a, Biến đổi sơ đồ ngắn mạch



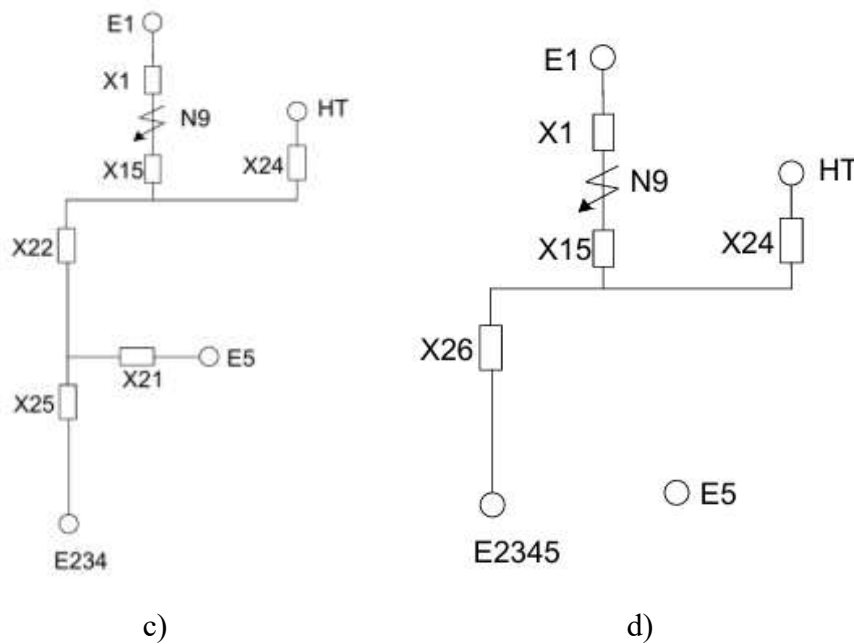
Ta thấy, sơ đồ a đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N₈ nên ta có sơ đồ b và giá trị điện kháng như sau

$$X_{24}=0,153$$

$$X_{18}=0,10688 \quad ; \quad X_{20}=0,052$$

$$X_{19}=0,073 \quad ; \quad X_{22}=0,084$$

$$X_{21}=0,364$$

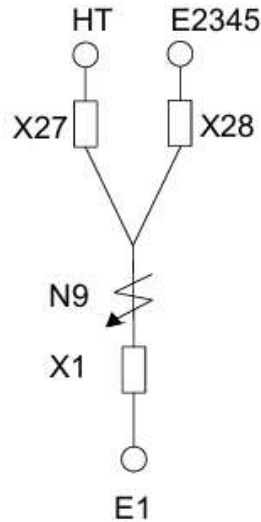


Từ sơ đồ c ta có:

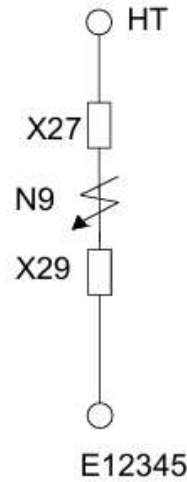
$$X_{25} = \frac{(X_3 + X_{19}) \cdot X_{18}}{X_3 + X_{19} + X_{18}} + X_{20} = \frac{(0,21376 + 0,073) \cdot 0,10688}{0,21376 + 0,073 + 0,10688} + 0,052 = 0,13$$

Từ sơ đồ d ta có:

$$X_{26} = \frac{X_{25} \cdot X_{21}}{X_{25} + X_{21}} + X_{22} = \frac{0,13 \cdot 0,364}{0,13 + 0,364} + 0,084 = 0,18$$



e)



f)

Từ sơ đồ e ta có:

$$X_{27} = X_{24} + X_{15} + \frac{X_{24} \cdot X_{15}}{X_{26}} = 0,153 + 0,167 + \frac{0,153 \cdot 0,167}{0,18} = 0,462$$

$$X_{28} = X_{26} + X_{15} + \frac{X_{26} \cdot X_{15}}{X_{24}} = 0,18 + 0,167 + \frac{0,18 \cdot 0,167}{0,153} = 0,543$$

Từ sơ đồ f ta có

$$X_{29} = \frac{X_{28} \cdot X_1}{X_{28} + X_1} = \frac{0,543 \cdot 0,21376}{0,543 + 0,21376} = 0,154$$

b, Tính toán dòng ngắn mạch:

Để sử dụng đường cong tính toán, ta quy đổi điện kháng tính toán về hệ đơn vị tương đối định mức ($X_{tt} *_{dm}$)

$$X_{tt} *_{dm} = X_{33} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,162 \cdot \frac{312,5}{100} = 0,5$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 44 sách “Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khải), ta được bội số của thành phần không chu kì dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 2; K_\infty = 1,8$$

Dòng điện siêu quá độ ban đầu do các máy phát điện cung cấp:

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,366 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch duy trì do các máy phát cung cấp:

$$I_\infty = K_\infty \cdot I_{dmF} = K_\infty \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,8 \cdot \frac{312,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 30,93 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{27}} = \frac{5,499}{0,462} = 11,9 \text{ [kA]}$$

Trị số ngắn mạch tại điểm N₈:

$$I''_{0N9} = I''_0 + I_{HT} = 34,366 + 11,9 = 46,266 \text{ [kA]}$$

$$I_{\infty N9} = I_{\infty} + I_{HT} = 30,93 + 11,9 = 42,83 \text{ [kA]}$$

Dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

$$i_{xkN9} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I''_{0N8} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 46,266 = 117,77 \text{ [kA]}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

$$I_{xkN9} = I''_{0N8} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 46,266 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 69,86 \text{ [kA]}$$

PA	Điểm NM	Mạch điện	U _{dm} [kV]	I'' ₀ [kA]	I'' _∞ [kA]	i _{xk} [kA]	I _{xk} [kA]
V	N ₁	Cao áp	110	7,516	6,575	19,133	11,349
	N ₂	Trung áp	35	11,398	9,374	29,015	17,211
	N ₃	Hạ áp MBA	10,5	61,023	45,217	159,349	95,231
	N ₄	Phân đoạn	10,5	35,248	35,938	89,727	53,223
	N' ₄	Phân đoạn	10,5	22,615	23,715	57,568	34,148
	N ₅	Máy phát	10,5	25,775	9,279	69,622	42,008
	N' ₅	Máy phát	10,5	52,480	49,730	133,590	79,240
	N ₆	Máy phát	10,5	25,775	9,279	69,622	42,008
	N' ₆	Máy phát	10,5	39,340	33,840	100,143	59,400
	N ₇	Tự dùng	10,5	78,255	59,009	203,212	121,248
	N' ₇	Tự dùng	10,5	65,115	43,119	169,765	101,408
	N ₈	Tự dùng	10,5	49,974	42,244	127,213	75,460
	N ₉	Tự dùng	10,5	46,266	42,830	117,770	69,860

Bảng 3.2 Bảng kết quả tính toán ngắn mạch phương án V

3.3. Xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch

$$B_N = \int_0^1 i_{N.dt}^2 = B_{NCK} + B_{NKCK}$$

- Trong đó:

B_{NCK} là xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần chu kỳ.

$$B_{NCK} = (I''_{\infty N})^2 \cdot t_{td}$$

Với:

– $I''_{\infty N}$ là dòng điện ngắn mạch ổn định

– t_{td} là dòng thời gian tương đương thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch

$$t_{td} = f(\beta'', t)$$

$$\text{Mà: } \beta'' = \frac{I''_{0N}}{I''_{\infty N}}$$

– t là thời gian tồn tại ngắn mạch. Trong tính toán gần đúng có thể lấy $t = 0,12s$

– B_{NKCK} là xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch thành phần không chu kỳ

$$B_{NKCK} = (I''_{0,0.1.N})^2 \cdot T_a \left(1 - e^{-\frac{2t}{T_a}} \right)$$

– Với T_a là hằng số thời gian tương đương của lưới điện khi $t \geq 0,1(s)$ thì xem $e^{-\frac{2t}{T_a}} \approx 0$ nên: $B_{NKCK} = (I''_{0,0.1.N})^2 \cdot T_a$

Với $U > 1000V$ thì $T_a = 0,05 (s)$

3.3.1. Phương án I

PA	Điểm NM	Mạch điện	I_0'' [kA]	I_∞'' [kA]	B'' [kA]	t_{td} [s]	B_{NCK} [kA ² .s]	B_{NKCK} [kA ² .s]	B_N [kA ² .s]
	N ₁	Cao áp	6,653	6,18	1,08	0,0015	0,057	2,213	2,270
	N ₂	Trung áp	13,456	10,95	1,23	0,04	4,796	9,053	13,849
	N ₃	Hạ áp	56,091	37,945	1,48	0,178	256,288	157,310	413,599
	N ₄ '	Phân Đoạn	17,386	19,586	0,89	0,007	2,685	15,114	17,799
	N ₅ '	Máy phát	56,362	43,988	1,28	0,05	96,747	158,834	255,581
	N ₇	Tự dùng	82,137	53,267	1,54	0,19	539,101	337,324	876,425

Bảng 3.3 Xung lượng nhiệt ngắn mạch phương án I

3.3.2. Phương án V

PA	Điểm NM	Mạch điện	I_0'' [kA]	I_∞'' [kA]	B'' [kA]	t_{td} [s]	B_{NCK} [kA ² .s]	B_{NKCK} [kA ² .s]	B_N [kA ² .s]
	N ₁	Cao áp	7,516	6,575	1,14	0,002	0,086	2,825	2,911
	N ₂	Trung áp	11,398	9,374	1,22	0,035	3,076	6,496	9,571
	N ₃	Hạ áp	61,023	45,217	1,35	0,09	184,012	186,191	370,203
	N ₄ '	Phân Đoạn	22,615	23,715	0,95	0,0095	5,343	25,572	30,915
	N ₅ '	Máy phát	52,480	49,730	1,06	0,0015	3,710	137,708	141,417
	N ₇	Tự dùng	78,255	59,009	1,33	0,075	261,155	306,192	567,347

Bảng 3.4 Dung lượng nhiệt ngắn mạch phương án V

CHƯƠNG 4. SO SÁNH KINH TẾ - KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN, CHỌN PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU

4.1. Tính dòng điện cường bức

4.1.1. Phương án I

4.1.1.1. Các mạch phía cao áp 110kV

- Đường dây kép hệ thống:

$$I_{bt1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{103,787}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,261 [\text{kA}]$$

Trong đó: S_{thmax} là công suất thừa lớn nhất của nhà máy phát lên hệ thống

$$I_{cb1} = 2 \cdot I_{bt1} = 2 \cdot 0,261 = 0,522 [\text{kA}]$$

- Phía cao áp máy biến áp liên lạc B1 và B2:

$$I_{bt1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{103,787}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,261 [\text{kA}]$$

Dòng cường bức được dựa trên khả năng quá tải của máy biến áp :

$$I_{cb2} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{1,4 \cdot 80}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,562 [\text{kA}]$$

- Thanh góp điện áp cao:

Dòng bình thường :

$$I_{bt} = \max \{I_{bti}\} = 0,261 [\text{kA}]$$

Dòng cường bức:

$$I_{cb} = \max \{I_{cbi}\} = 0,562 [\text{kA}]$$

➤ Kết luận: So sánh dòng cường bức của các trường hợp trên, chọn dòng $I_{cb} = 0,562 [\text{kA}]$ để chọn khí cụ điện cho mạch 110kV

4.1.1.2. Các mạch phía trung áp 35kV

- Đường dây phụ tải trung áp :

+ Đường dây đơn:

$$I_{bt3} = \frac{S_{ptmax}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 36,5 \cdot 0,8} = 0,198 [\text{kA}]$$

+ Đường dây kép :

$$I_{bt4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{ptmax}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{1}{2} \cdot \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 36,5 \cdot 0,8} = 0,297 [\text{kA}]$$

$$I_{cb4} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,31 = 0,594 [\text{kA}]$$

- Phía trung áp máy biến áp nối bộ B3:

$$I_{bt5} = \frac{S_{Fdm}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 0,989 [\text{kA}]$$

$$I_{cb5} = 1,05 \cdot I_{bt5} = 1,05 \cdot 0,989 = 1,047 [\text{kA}]$$

- Phía trung áp máy biến áp liên lạc B1 và B2:

$$I_{bt6} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{Tmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 0,791 [\text{kA}]$$

$$I_{cb6} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{1,4 \cdot 80}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 1,77 [\text{kA}]$$

- Thanh góp điện áp trung :

Dòng bình thường :

$$I_{bt} = \max \{I_{bti}\} = 0,989 [\text{kA}]$$

Dòng cường bức:

$$I_{cb} = \max \{I_{cbi}\} = 1,77 [\text{kA}]$$

➤ Kết luận: So sánh dòng cường bức của các trường hợp trên, chọn dòng $I_{cb}=1,77 \text{ [kA]}$ để chọn khí cụ điện cho mạch 35kV

4.1.1.3. Các mạch phía hạ áp 10,5kV

- Mạch đầu cực máy phát F1;F2;F3;F4:

$$I_{bt7} = \frac{S_{dmF}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,437 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb7} = 1,05 \cdot I_{bt} = 1,05 \cdot 3,437 = 3,61 \text{ [kA]}$$

- Mạch tự dùng:

$$I_{bt8} = \frac{S_{td \max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{15,625}{\sqrt{3} \cdot 5 \cdot 10,5} = 0,172 \text{ [kA]}$$

- Phụ tải cấp điện áp máy phát:

+ Đường dây đơn:

$$I_{bt9} = \frac{S_{ptmax}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,323 \text{ [kA]}$$

+ Đường dây kép :

$$I_{bt10} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{ptmax}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{1}{2} \cdot \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,647 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb10} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,647 = 1,294 \text{ [kA]}$$

- Mạch kháng điện phân đoạn:

$$I_{bt} = 0,953 \text{ [kA]}_1$$

$$I_{cb} = 1,906 \text{ [kA]}$$

- Mạch hạ áp máy biến áp liên lạc B1,B2

$$I_{bt} = \frac{S_{Hmax}}{2 \cdot \sqrt{3} U_{dmH}} = \frac{78,125}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 2,149 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{B1}}{\sqrt{3} U_{dmH}} = \frac{1,480}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,279 \text{ [kA]}$$

- Thanh góp điện áp hạ áp :

Dòng bình thường :

$$I_{bt} = \max \{ I_{bti} \} = 2,149 \text{ [kA]}$$

Dòng cường bức:

$$I_{cb} = \max \{ I_{cbi} \} = 5,279 \text{ [kA]}$$

➤ Kết luận: So sánh dòng cường bức của các trường hợp trên, chọn dòng $I_{cb} = 5,279 \text{ [kA]}$ để chọn khí cụ điện cho mạch 10,5kV

4.1.2. Phương án V

4.1.2.1. Các mạch phía cao áp 110kV

- Đường dây kép hệ thống:

$$I_{bt1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{103,787}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,261 \text{ [kA]}$$

Trong đó: S_{thmax} là công suất thừa lớn nhất của nhà máy phát lên hệ thống

¹ : Dòng điện bình thường và cường bức qua kháng được tính ở chương 2 mục 2.3.2.2

$$I_{cb1} = 2.I_{bt1} = 2.0,261 = 0,522 \text{ [kA]}$$

- Phía cao áp máy biến áp liên lạc B2 và B3:

$$I_{bt1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{103,787}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,261 \text{ [kA]}$$

Dòng cường bức được dựa trên khả năng quá tải của máy biến áp :

$$I_{cb2} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = \frac{1,4.63}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,443 \text{ [kA]}$$

- Phía cao áp máy biến áp nội bộ B1:

$$I_{bt3} = \frac{S_{Fdm}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,313 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb3} = 1,05 \cdot I_{bt5} = 1,05 \cdot 0,313 = 0,329 \text{ [kA]}$$

- Thanh góp điện áp cao:

Dòng bình thường :

$$I_{bt} = \max \{I_{bti}\} = 0,313 \text{ [kA]}$$

Dòng cường bức:

$$I_{cb} = \max \{I_{cbi}\} = 0,522 \text{ [kA]}$$

➤ Kết luận: So sánh dòng cường bức của các trường hợp trên, chọn dòng $I_{cb} = 0,522 \text{ [kA]}$ để chọn khí cụ điện cho mạch 110kV

4.1.2.2. Các mạch phía trung áp 35kV

- Đường dây phụ tải trung áp :

+ Đường dây đơn:

$$I_{bt3} = \frac{S_{ptmax}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 36,5 \cdot 0,8} = 0,198 \text{ [kA]}$$

+ Đường dây kép :

$$I_{bt4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{ptmax}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{1}{2} \cdot \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 36,5 \cdot 0,8} = 0,297 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb4} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,297 = 0,594 \text{ [kA]}$$

- Phía trung áp máy biến áp nội bộ B3:

$$I_{bt5} = \frac{S_{Fdm}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 0,989 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb5} = 1,05 \cdot I_{bt5} = 1,05 \cdot 0,989 = 1,047 \text{ [kA]}$$

- Phía trung áp máy biến áp liên lạc B1 và B2:

$$I_{bt6} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{Tmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 0,791 \text{ [kA]}$$

$$I_{cb6} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb35}} = \frac{1,4.63}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 1,395 \text{ [kA]}$$

- Thanh góp điện áp trung :

Dòng bình thường :

$$I_{bt} = \max \{I_{bti}\} = 0,989 \text{ [kA]}$$

Dòng cường bức:

$$I_{cb} = \max \{I_{cbi}\} = 1,395 [\text{kA}]$$

➤ Kết luận: So sánh dòng cường bức của các trường hợp trên, chọn dòng $I_{cb} = 1,395 [\text{kA}]$ để chọn khí cụ điện cho mạch 110kV

4.1.2.3. Các mạch phía hạ áp 10,5kV

- Mạch đầu cực máy phát F1;F2;F3:

$$I_{bt7} = \frac{S_{dmF}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{62,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,437 [\text{kA}]$$

$$I_{cb7} = 1,05 \cdot I_{bt} = 1,05 \cdot 3,437 = 3,61 [\text{kA}]$$

- Mạch tự dùng:

$$I_{bt8} = \frac{S_{td \max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{15,625}{\sqrt{3} \cdot 5 \cdot 10,5} = 0,172 [\text{kA}]$$

- Phụ tải cấp điện áp máy phát:

+ Đường dây đơn:

$$I_{bt9} = \frac{S_{pt \max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,323 [\text{kA}]$$

+ Đường dây kép :

$$I_{bt10} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{pt \max}}{\sqrt{3} \cdot U_T} = \frac{1}{2} \cdot \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,647 [\text{kA}]$$

$$I_{cb10} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,647 = 1,294 [\text{kA}]$$

- Mạch kháng điện phân đoạn:

$$I_{bt} = 0,73 [\text{kA}]_2$$

$$I_{cb} = 2,95 [\text{kA}]$$

- Mạch hạ áp máy biến áp liên lạc B1,B2

$$I_{bt} = \frac{S_{H \max}}{2 \cdot \sqrt{3} U_{dmH}} = \frac{18,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,516 [\text{kA}]$$

$$I_{cb} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{B1}}{\sqrt{3} U_{dmH}} = \frac{1,4.63}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 4,85 [\text{kA}]$$

- Thanh góp điện áp hạ áp :

Dòng bình thường :

$$I_{bt} = \max \{I_{bti}\} = 3,437 [\text{kA}]$$

Dòng cường bức:

$$I_{cb} = \max \{I_{cbi}\} = 4,85 [\text{kA}]$$

➤ Kết luận: So sánh dòng cường bức của các trường hợp trên, chọn dòng $I_{cb} = 4,85 [\text{kA}]$ để chọn khí cụ điện cho mạch 10,5kV

4.2. Chọn máy cắt và dao cách ly cấp điện áo máy phát

4.2.1. Điều kiện chọn máy cắt (MC)

❖ Điều kiện chọn:

- Điện áp định mức: $U_{dmMC} \geq U_{dm \max}$.
- Dòng điện định mức: $I_{dmMC} \geq I_{cb}$.

²: Dòng điện bình thường và cường bức qua kháng được tính ở chương 2 mục 2.3.3.2

-
- Dòng cắt định mức: $I_{\text{cdm}} \geq I''$
 - ❖ Kiểm tra:
 - Kiểm tra ổn định động: $I_{\text{odd}} \geq I_{\text{XkN s}}$
 - Kiểm tra ổn định nhiệt: $I^2 \text{ nh. } t_{\text{nh}} \geq B_N$
- 4.2.2. Điều kiện chọn dao cách ly (DCL)**

- ❖ Điều kiện chọn:
 - Điện áp định mức: $U_{\text{dmDC}} \geq U_{\text{dmmang}}$.
 - Dòng điện định mức: $I_{\text{dmDCL}} \geq I_{\text{cb}}$.
- ❖ Kiểm tra:
 - Kiểm tra ổn định động: $I_{\text{odd}} \geq I_{\text{XkNi}}$
 - Kiểm tra ổn định nhiệt: $I^2 \text{ nh. } t_{\text{nh}} \geq B_N$

Từ điều kiện chọn máy cắt và dao cách ly cùng với giá trị các dòng ngắn mạch đã tính ở bảng 3.1 kết hợp với giá trị dòng cường bức, các loại máy cắt dao cách ly được chọn với các thông số sau:

- ❖ Phương án I:

Bảng 4.1 Thông số máy cắt phương án I

MẠCH TÍNH TOÁN	ĐIỂM NGẮN MẠCH	THÔNG SỐ TÍNH TOÁN				LOẠI MÁY CẮT	THÔNG SỐ ĐỊNH MỨC					GIÁ (VNĐ)
		U_{dm} (kV)	I_{cb} (kA)	I''_N (kA)	I_{tk} (kA)		U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{edm} (kA)	I_{odd} (kA)	I_{nh}/t_{nh} (kA/s)	
Cao áp MBA	N1	110	0,562	6,653	16,936	BBY-110- 40/2000	110	2000	40	102	40/3	475.10 ⁶
Trung áp MBA	N2	35	1,77	13,456	34,253	BBY-35- 40/2000	35	2000	40	100	40/3	300.10 ⁶
Hạ áp MBA	N3	10,5	5,279	56,091	146,79	MT - 10 - 9000/1800	10	9000	90	300	70/10	450.10 ⁶
Phân đoạn	N4	10,5	2,81	40,14	102,18	MT - 10 - 3200 - 45Y3	10	3200	45	120	45/4	200.10 ⁶
Tự dùng	N7	10,5	1,906	30,316	77,17	MT - 10 - 3200 - 45Y3	10	3200	45	120	45/4	180.10 ⁶
Máy phát	N'5	10,5	4,326	60,68	154,47	MT - 10 - 5000- 63Y3	10	5600	63	170	64/4	275.10 ⁶

		THÔNG SỐ TÍNH TOÁN					THÔNG SỐ ĐỊNH MỨC				GIÁ
MẠCH TÍNH TOÁN	ĐIỂM NGẮN MẠCH	U_{dm} (kV)	I_{cb}	I''_N	I_{xk}	LOẠI DCL	U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{odd} (kA)	I_{nh}/t_{nh} (kA/s)	[đồng]
Cao áp MBA	N1	110	0,562	6,653	16,936	PJHД-110- 600	110	600	80	12/10	325.10^6
Trung áp MBA	N2	35	1,77	13,456	34,253	PHД-35- 3200Y	35	3200	128	50/4	300.10^6
Hạ áp MBA	N3	10,5	5,279	56,091	146,79	PBK- 10/6000	10	6000	200	75/10	350.10^6
Phân đoạn	N4	10,5	1,906	30,316	77,17	PBK- 10/2000	10	2000	85	28/10	150.10^6
Tự dùng	N7	10,5	0,172	82,137	213,09	PBK- 10/3000	10	3000	200	60/10	250.10^6
Máy phát	N'5	10,5	3,61	56,362	143,47	PBK- 10/4000	10	4000	200	65/10	300.10^6

Bảng 4.2 Thông số dao cách ly phương án I

Bảng 4.3 Thông số máy cắt phương án V

THÔNG SỐ TÍNH TOÁN					THÔNG SỐ ĐỊNH MỨC					GIÁ (VNĐ)		
MẠCH TÍNH TOÁN	ĐIỂM NGẮN MẠCH	U_{dm} (kV)	I_{cb} (kA)	I''_N (kA)	I_{xk} (kA)	LOẠI MÁY CẮT	U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{cdm} (kA)		I_{odd} (kA)	I_{nh}/t_{nh} (kA/s)
Cao áp MBA	N1	110	0,562	6,653	16,936	BBY-110- 40/2000	110	2000	40	102	40/3	475.10 ⁶
Trung áp MBA	N2	35	1,77	13,456	34,253	BBY-35- 40/2000	35	2000	40	100	40/3	300.10 ⁶
Hạ áp MBA	N3	10,5	5,279	56,091	146,79	MT - 10 - 9000/1800	10	9000	90	300	70/10	450.10 ⁶
Phân đoạn	N4	10,5	2,81	40,14	102,18	MT - 10 - 3200 - 45Y3	10	3200	45	120	45/4	200.10 ⁶
Tụ dùng	N7	10,5	1,906	30,316	77,17	MT - 10 - 3200 - 45Y3	10	3200	45	120	45/4	180.10 ⁶
Máy phát	N5	10,5	4,326	60,68	154,47	MT - 10 - 5000- 63Y3	10	5600	63	170	64/4	275.10 ⁶

❖ Phương án V:

		THÔNG SỐ TÍNH TOÁN					THÔNG SỐ ĐỊNH MỨC				GIA
MẠCH TÍNH TOÁN	ĐIỂM NGẮN MẠCH	U_{dm} (kV)	I_{cb}	I''_N	I_{xk}	LOẠI DCL	U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{odd} (kA)	I_{nh}/t_{nh} (kA/s)	VND
Cao áp MBA	N1	110	0,522	7,516	19,133	PJHД-110-600	110	600	80	12/10	325.10^6
Trung áp MBA	N2	35	1,395	11,398	29,015	PHД-35-3200Y	35	3200	128	50/4	300.10^6
Hạ áp MBA	N3	10,5	4,85	61,023	159,349	PBK-10/6000	10	6000	200	75/10	350.10^6
Phân đoạn	N4	10,5	2,95	35,248	89,727	PBK-10/3000	10	3000	200	60/10	250.10^6
Tự dùng	N7	10,5	0,172	78,255	203,212	PBK-10/3000	10	3000	200	60/10	250.10^6
Máy phát	N'5	10,5	3,61	52,480	133,590	PBK-10/4000	10	4000	200	65/10	300.10^6

Bảng 4.4 Thông số dao cách ly phương án V

4.3. Tính toán kinh tế kỹ thuật của các phương án

4.3.1. Phương pháp đánh giá tính hiệu quả các phương án khác nhau về thiết bị điện

Một phương án về thiết bị điện được gọi là kinh tế nhất nếu chi phí tính toán C thấp nhất:

$$C_i = P_i + a_{dm} \cdot V_i + Y_i \quad (5.1)$$

Trong đó:

- $i = 1, 2, 3...$ là số thứ tự phương án
- V là vốn đầu tư của phương án
- a_{dm} là hệ số định mức của hiệu quả kinh tế (1/năm). Đối với tính toán trong năng lượng $a_{dm} = 1/6$
- Y là thiệt hại do mất điện P là phí tổn vận hành hàng năm.

4.3.2. Tính vốn đầu tư của thiết bị:

Khi tính toán vốn đầu tư của phương án, chúng ta chỉ tính tiền mua thiết bị, tiền chuyên chở và xây lắp các thiết bị chính. Ở đây, ta chỉ tính tiền mua các thiết bị chính như máy biến áp, máy cắt điện, dao cách ly. Như vậy vốn đầu tư của một phương án như sau:

$$V = V_B + V_{MC.DCL}$$

Trong đó:

- V_B : là vốn đầu tư máy biến áp:

Xác định theo biểu thức sau:

$$V_B = V_B \cdot KB$$

- + V_B là tiền mua máy biến áp.

- + K_B là hệ số có tính đến chi phí vận chuyển và xây lắp máy biến áp. Hệ số này phụ thuộc vào điện áp định mức của cuộn cao áp và công suất định mức của máy biến áp. Hệ số K_B được tra ở tài liệu tham khảo [1].
- $V_{MC, DCL}$: là vốn đầu tư của máy cắt điện và dao cách ly:
Được tính như sau:

$$V_{MC, DCL} = n_i.V_{MC(i)} + n_j.V_{DCL(j)} \quad (5.3)$$

Với:

- + n_i, n_j là số máy cắt và dao cách ly.
- + $V_{MC(i)}, V_{DCL(j)}$ là giá thành của mỗi loại máy cắt và dao cách ly.

Dựa vào sơ đồ nối điện của hai phương án, ta biết được số lượng của máy cắt và dao cách ly, từ đó tính giá tiền máy cắt dao cách ly cho toàn nhà máy.

4.3.3. Tính phí tổn vận hành hàng năm

Phí tổn vận hành hàng năm của mỗi phương án được xác định như sau:

$$P = P_k + P_p + P_t$$

Trong đó

- P_k là tiền khấu hao hàng năm về vốn đầu tư và sửa chữa lớn.

$$P_k = \frac{a \cdot V}{100}$$

Với:

- V là vốn đầu tư của một phương án.
- a là định mức khấu hao %. Tra tài liệu tham khảo [1] Chọn $a = 8,4\%$ với thiết bị 150 kV trở lên $a = 9,4\%$ với thiết bị dưới 150 kV
- P_p là chi phí phục vụ thiết bị (sửa chữa thường xuyên và tiền lương công nhân).

Chi phí P_p phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại thiết bị, loại nhiên liệu, các thông số kỹ thuật của các thiết bị chính... Chi phí này tạo nên một phần không đáng kể trong tổng chi phí sản xuất, mặt khác nó cũng khác nhau ít giữa các phương án so sánh. Do vậy khi đánh giá hiệu quả kinh tế của các phương án ta có thể bỏ qua chi phí này.

- P_t là chi phí do tổn thất điện hằng năm trong các thiết bị điện:

$$P_t = \beta \cdot \Delta A$$

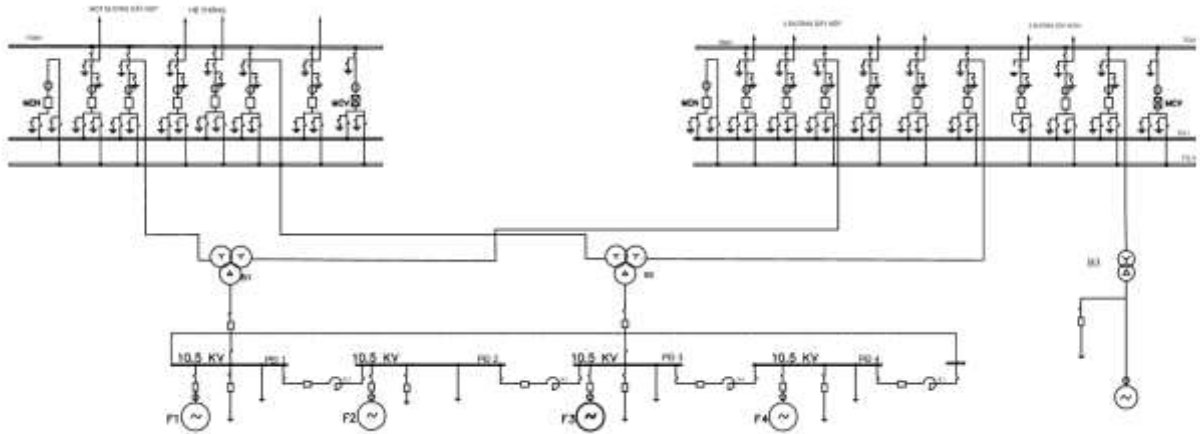
- β là giá thành trung bình điện năng trong hệ thống điện, chọn $\beta = 600$ đồng/kWh.
- ΔA là tổn thất điện năng hằng năm trong thiết bị (kWh), chủ yếu do tổn thất trong máy

4.3.4. Tính chi phí tính toán hằng năm

Nếu xác suất thiệt hại do mất điện khó khăn thì việc so sánh giữa các phương án vẫn tiến hành theo công thức tính chi phí tính toán rút gọn, nghĩa là không có thành phần thiệt hại tham gia. Công thức (5.1) trở thành:

$$C_i = P_i + a_{dm} \cdot V_i$$

4.3.5. Phương án I



Hình 4.1 Sơ đồ nối điện phương án I

4.3.5.1. Vốn đầu tư của thiết bị

a. Vốn đầu tư cho thiết bị phân phối:

Dựa vào sơ đồ thiết bị phân phối phương án I:

- Phía 110 kV:

Trong phương án này cần phải chọn 8 máy cắt ở cấp điện áp 110 kV: 2 máy cắt cho đường dây kép cung cấp cho phụ tải cao áp, 2 máy cho đường dây kép nối nhà máy với 1 hệ thống, 2 máy cho phía cao của máy biến áp liên lạc, 1 máy cắt liên lạc giữa 2 thanh góp 110 kV, 1 máy liên lạc giữa thanh góp vòng với thanh góp chính, 1 và 29 dao cách ly:

$$V_{1TBPP} = 475.10^6.8 + 29.325.10^6 = 13225.10^6 \text{ [VND]}$$

- Phía 35kV:

Do phụ tải ở phía điện áp trung gồm 2 đường dây đơn, 2 đường dây kép (coi tương đương 6 lộ), nên ta sử dụng hệ 2 thanh góp có thanh góp vòng.

Phải chọn 11 máy cắt điện ở cấp điện áp này: 6 máy cho các đường dây cung cấp cho phụ tải trung áp, 2 máy cho phía 35 kV của 2 máy biến áp liên lạc, 1 máy liên lạc giữa 2 thanh góp 35 kV, 1 máy liên lạc giữa thanh góp vòng với các thanh góp chính, 1 máy cho bộ máy biến áp máy phát và 41 dao cách ly:

$$V_{2TBPP} = 300.10^6.11 + 41.300.10^6 = 15600.10^6 \text{ [VND]}$$

- Phía 10,5kV:

Ở cấp điện áp 10,5 kV cần chọn 15 máy cắt: 4 máy cắt giữa 4 phân đoạn của thanh góp UF, 4 máy cắt nối 4 máy phát với thanh góp UF, 2 máy cho phía hạ của 2 máy biến áp liên lạc, 5 máy cắt cho tự dừng; 4 kháng điện và 21 dao cách ly:

$$\begin{aligned} V_{3TBPP} &= V_{MC10,5} + V_{DCL10,5} + V_{KB} \\ &= 4.100 + 4.180 + 2.450 + 5.180 + 8.150 + 4.300 + 4.350 + 5.250 + 4.300 + 8.150 + 4.350 + \\ &\quad 5.250 + 4.200 \\ &= 12740.10^6 \text{ [VND]} \end{aligned}$$

b. Vốn đầu tư cho máy biến áp:

Vậy tổng vốn đầu tư mua máy biến áp (kể cả chi phí chuyên chở, xây lắp) của phương án 1 là:

$$V_B = 2.32.10^3.1,5 + 24.10^3.1,6 = 134400.10^6 \text{ [VND]}$$

➤ Tổng vốn đầu tư thiết bị:

$$\begin{aligned} V &= V_B + V_{TBPP} = 134400.10^6 + 13225.10^6 + 15600.10^6 + 12740.10^6 \\ &= 175965.10^6 \text{ [đồng]} \end{aligned}$$

4.3.5.2. Tính phí tổn vận hành hàng năm:

a. Chi phí do tổn thất điện năng:

$$Pt = \beta. \Delta A$$

Với: $\beta = 600 \text{ đồng/kWh}$

$$\Delta A = 5132466 \text{ kWh}$$

$$\text{Pt} = 600 \cdot 5132466 = 3079479600 [\text{đồng}]$$

b. Khấu hao vận hành hàng năm và sửa chữa lớn (Pk):

$$P_k = \frac{a \cdot V}{100} = \frac{9,4 \cdot 175965 \cdot 10^6}{100} = 16540,71 \cdot 10^6 [\text{VND}]$$

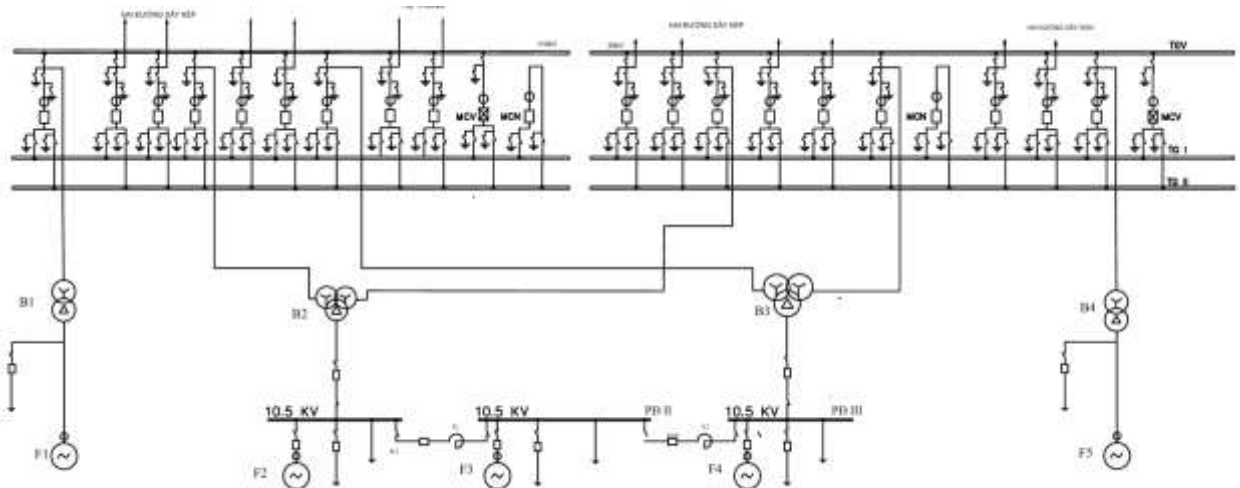
Vậy chi phí vận hành hàng năm:

$$P = P_t + P_k = 3079479600 + 16540,71 \cdot 10^6 = 1,68 \cdot 10^{10} [\text{đồng}]$$

4.3.5.3. Chi phí tính toán hàng năm

$$C = 1,68 \cdot 10^{10} + 0,15 \cdot 175965 \cdot 10^6 = 4,32 \cdot 10^{10} [\text{đồng}]$$

4.3.6. Phương án V



Hình 4.2 Sơ đồ nối điện phương án V

4.3.6.1. Vốn đầu tư của thiết bị

c. Vốn đầu tư cho thiết bị phân phối:

Dựa vào sơ đồ thiết bị phân phối phương án I:

- Phía 110 kV:

Trong phương án này cần phải chọn 9 máy cắt ở cấp điện áp 110 kV: 2 máy cắt cho đường dây kép cung cấp cho phụ tải cao áp, 2 máy cho đường dây kép nối nhà máy với 1 hệ thống, 2 máy cho phía cao của máy biến áp liên lạc, 1 máy cắt liên lạc giữa 2 thanh góp 110 kV, 1 máy liên lạc giữa thanh góp vòng với thanh góp chính, 1 máy cho bộ máy biến áp máy phát và 33 dao cách ly:

$$V_{1TBPP} = 475 \cdot 10^6 \cdot 9 + 33 \cdot 325 \cdot 10^6 = 15000 \cdot 10^6 [\text{VND}]$$

- Phía 35kV:

Do phụ tải ở phía điện áp trung gồm 2 đường dây đơn, 2 đường dây kép (coi tương đương 6 lộ), nên ta sử dụng hệ 2 thanh góp có thanh góp vòng. Phải chọn 11 máy cắt điện ở cấp điện áp này: 6 máy cho các đường dây cung cấp cho phụ tải trung áp, 2 máy cho phía 35 kV của 2 máy biến áp liên lạc, 1 máy liên lạc giữa 2 thanh góp 35 kV, 1 máy liên lạc giữa thanh góp vòng với các thanh góp chính, 1 máy cho bộ máy biến áp máy phát và 41 dao cách ly:

$$V_{2TBPP} = 300 \cdot 10^6 \cdot 11 + 41 \cdot 300 \cdot 10^6 = 15600 \cdot 10^6 [\text{VND}]$$

- Phía 10,5kV:

Ở cấp điện áp 10,5 kV cần chọn 12 máy cắt: 2 máy cắt giữa 3 phân đoạn của thanh góp UF, 3 máy cắt nối 3 máy phát với thanh góp UF, 2 máy cho phía hạ của 2 máy biến áp liên lạc, 5 máy cắt cho tự dừng; 2 kháng điện và 16 dao cách ly:

$$\begin{aligned} V_{3TBPP} &= V_{MC10,5} + V_{DCL10,5} + V_{KB} \\ &= 2 \cdot 100 + 3 \cdot 275 + 2 \cdot 450 + 5 \cdot 180 + 4 \cdot 250 + 3 \cdot 300 + 4 \cdot 350 + 5 \cdot 250 + 4 \cdot 250 + 3 \cdot 300 + 4 \cdot 300 + 5 \cdot 250 + 2 \cdot 250 \end{aligned}$$

$$= 12225.10^6 \text{ [VND]}$$

d. Vốn đầu tư cho máy biến áp:

Vậy tổng vốn đầu tư mua máy biến áp (kể cả chi phí chuyên chở, xây lắp) của phương án 1 là:

$$V_B = 2.26.10^3.1,5 + 24.10^3.1,6 + 24.10^3.1,5 = 152400.10^6 \text{ [VND]}$$

➤ Tổng vốn đầu tư thiết bị:

$$V = V_B + V_{TBPP} = 152400 + 15000 + 15600 + 12225 = 195225.10^6 \text{ [VND]}$$

4.3.6.2. Tính phí tổn vận hành hàng năm:

a. Chi phí do tổn thất điện năng:

$$P_t = \beta . \Delta A$$

Với: $\beta = 600 \text{ đồng/kWh}$

$$\Delta A = 6831810 \text{ kWh}$$

$$\text{➤ } P_t = 600 . 6831810 = 4099086000 \text{ [đồng]}$$

b. Khấu hao vận hành hàng năm và sửa chữa lớn (Pk):

$$P_k = \frac{a . V}{100} = \frac{9,4 . 195225.10^6}{100} = 18351,15.10^6 \text{ [VND]}$$

Vậy chi phí vận hành hàng năm:

$$P = P_t + P_k = 4099086000 + 18351,15.10^6 = 2,25.10^{10} \text{ [đồng]}$$

4.3.6.3. Chi phí tính toán hàng năm

$$C = 2,25.10^{10} + 0,15.195225.10^6 = 5,17.10^{10} \text{ [đồng]}$$

4.4. So sánh chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật và chọn phương án tối ưu

Từ các kết quả tính toán các chỉ tiêu kinh tế cho 2 phương án, ta có bảng so sánh về mặt kinh tế giữa 2 phương án:

Phương án	Vốn đầu tư (V), [đồng]	Phí tổn vận hành hàng năm (P) [đồng]	Chi phí tính toán hàng năm (C) [đồng]
Phương án I	175965.10^6	$1,68.10^{10}$	$4,32.10^{10}$
Phương án V	195225.10^6	$2,25.10^{10}$	$5,17.10^{10}$

Bảng 4.5 Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của 2 phương án

4.4.1. Về kinh tế:

So sánh hiệu quả kinh tế của hai phương án, phương án I có vốn đầu tư và phí tổn vận hành hàng năm đều nhỏ hơn phương án V.

Nên phương án I hiệu quả hơn về mặt kinh tế hơn.

4.4.2. Về kỹ thuật:

Cả 2 phương án đều thỏa mãn về mặt kỹ thuật.

4.5. Kết luận:

Qua việc tính toán và phân tích ở trên, ta thấy cả 2 phương án đều thỏa mãn về kỹ thuật, tuy nhiên phương án I có hiệu quả về kinh tế hơn phương án I nên ta chọn phương án I làm phương án thiết kế.

CHƯƠNG 5. CHỌN KHÍ CỤ ĐIỆN, THIẾT BỊ CÓ DÒNG ĐIỆN CHẠY QUA

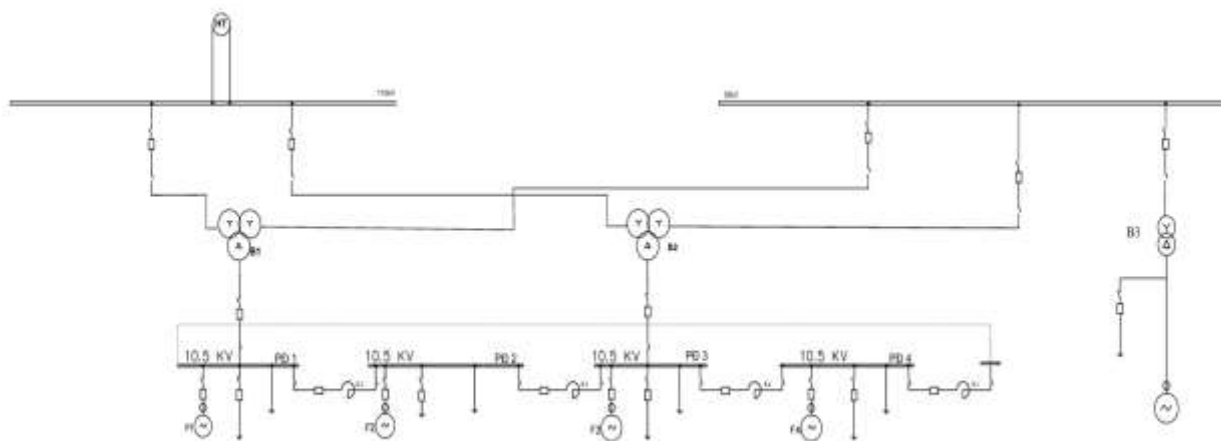
5.1. Giới thiệu chung

Trong các thiết bị phân phối điện người ta dùng các khí cụ điện khác nhau để đóng mở mạch điện, đo lường,... Chúng được nối với nhau bằng thanh dẫn, thanh góp theo sơ đồ nối điện nhất định. Tùy theo chức năng đảm nhận, khí cụ điện được phân thành các nhóm sau:

1. Khí cụ điện chuyển mạch như máy cắt điện, dao cách ly.
2. Khí cụ điện bảo vệ khi quá dòng hay quá áp như cầu chì, thiết bị chống sét.
3. Khí cụ điện hạn chế dòng ngắn mạch như điện trở phụ, kháng điện.
4. Khí cụ điện đo lường như biến dòng, biến điện áp.

Các khí cụ điện và dây dẫn, thanh góp tuy khác nhau về chức năng nhưng đều có yêu cầu chung là chúng phải được ổn định nhiệt, ổn định động khi có dòng ngắn mạch đi qua.

5.2. Sơ đồ tính toán



Hình 5.1 Sơ đồ tính toán

5.3. Chọn máy cắt và dao cách ly

Ở chương 4, ta đã tính chọn máy cắt điện và dao cách ly cho các cấp cao áp, trung áp và cấp điện áp máy phát. Khi chọn, ta dựa theo điều kiện điện áp, dòng điện và ổn định động nên các điều kiện trên đã thỏa mãn.

Riêng điều kiện ổn định nhiệt, đối với máy cắt điện và dao cách ly đã chọn nếu có dòng điện định mức từ 1000 A trở lên nên không cần kiểm tra điều kiện này. Còn máy cắt và dao cách ly nào nhỏ hơn 1000 A thì kiểm tra ổn định nhiệt lại.

Theo kết quả đã tính chọn ở chương 4 (Bảng 4.1 và Bảng 4.2) máy biến áp và dao cách ly đều thỏa mãn điều kiện từ 1000 A trở lên nên không cần kiểm tra ổn định nhiệt.

5.4. Kiểm tra kháng đoạn phân đoạn đã chọn

- Loại kháng điện: PbA-10-2000-8 có $I_{dm} = 2000$ (A)

- Kiểm tra ổn định động: $i_{odd} > i_{KLN4}$

$$i_{KLN4} = 45,776 \text{ [kA]}^3$$

$$i_{odd} = 53 \text{ [kA]}$$

Vậy thỏa mãn điều kiện ổn định động

- Kiểm tra ổn định nhiệt: kháng điện đã chọn có $I_{dm} = 2000A > 1000A$ nên không cần kiểm tra ổn định nhiệt

³ Dòng ngắn mạch tại phân đoạn tính ở chương 3 mục 3.1.3.3

5.5. Chọn thanh góp, thanh dẫn, cáp điện lực

5.5.1. Các mạch phía cao áp 110kV

5.5.1.1. Chọn thanh góp phía cao áp 110kV

Chọn thanh dẫn mềm làm thanh dẫn cho thiết bị ngoài trời. Nó thường là một dây dẫn xoắn bằng nhôm lõi thép.

Như đã xác định ở phần tính toán dòng điện cường bức, đã xác định được dòng điện làm việc cường bức của thanh góp cao áp là: $I_{cb}^{110} = 0,562 \text{ [kA]}$.⁴

Ta chọn thanh dẫn mềm theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép

$$I'_{cp} \geq I_{cb}.$$

Trong đó:

I_{cp} là dòng điện cho phép của thanh dẫn sau khi đã qui đổi về điều kiện làm việc thực tế.

$$I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp}$$

Với:

K_1 là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường, chọn $K_1 = 0,9$

K_2 là hệ số hiệu ứng gần, chọn thanh dẫn cứng hình máng nên $K_2 = 1$

$$\Rightarrow I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{cb} \Rightarrow I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{0,562}{0,9 \cdot 1} = 0,62 \text{ [kA]}$$

Tra tài liệu thiết kế ta chọn được thanh góp ACO- 600, $d=33,1 \text{ (mm)}$, $I_{cp} = 1050 \text{ (A)}$

Tiết diện chuẩn	Trọng lượng 1km dây dẫn	Đường kính ngoài của dây	Điện trở đơn vị [Ω/mm]	Dòng phụ tải cho phép Ngoài trời
600	2206	33,1	0,055	1050

Bảng 5.1 thông số thanh góp phía cao áp 110kV

1. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cáp điện áp 110 kV.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$F_{chọn} \geq F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

$S_{chọn}$: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, $C = 88 \text{ [A}^2\text{s mm}^2\text{]}$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{2,270}}{88} \cdot 10^3 = 17,12 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 600 \text{ [mm}^2\text{]} > 17,12 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

2. Kiểm tra điều kiện phát sinh vàng quang

Để đảm bảo không phát sinh vàng quang thì: $U_{vq} \geq U_{đm} = 110 \text{ kV}$

⁴ Dòng điện làm việc cường bức của thanh góp cao áp ở chương 4 mục 4.1.1.1

Trong đó: U_{vq} là điện áp tới hạn để phát sinh vàng quang, được tính theo:

$$U_{vq} = 84 \cdot m \cdot r \cdot \lg\left(\frac{a_{tb}}{r}\right)$$

m : hệ số xét tới bề mặt nhẵn của dây dẫn, chọn $m = 0,95$

r : bán kính dây dẫn $r = \frac{d}{2} = \frac{33,1}{2} 10^{-1} = 1,655 [\text{cm}]$

a : khoảng cách giữa các trục dây dẫn $a = 550 \text{ cm}$.

Thay vào công thức trên ta có:

$$U_{vq} = 84 \cdot 0,95 \cdot 1,655 \cdot \log\left(\frac{550}{1,655}\right) = 332 [\text{kV}]$$

Ta thấy $U_{vq} > U_{đm} = 110 \text{ kV}$ (thỏa mãn)

Vậy dây dẫn đã chọn làm thanh góp 110kV thỏa mãn điều kiện tổn thất vàng quang.

5.5.1.2. Chọn thanh dẫn từ phía cao áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 110kV

Ta chọn thanh dẫn mềm theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép

$$I'_{cp} \geq I_{cb}.$$

Trong đó:

I_{cp} là dòng điện cho phép của thanh dẫn sau khi đã qui đổi về điều kiện làm việc thực tế.

$$I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp}$$

Với:

K_1 là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường, chọn $K_1 = 0,9$

K_2 là hệ số hiệu ứng gần, chọn thanh dẫn cứng hình máng nên $K_2 = 1$

$$\Rightarrow I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{cb} \Rightarrow I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{0,562}{0,9 \cdot 1} = 0,62 [\text{kA}]$$

Tra tài liệu thiết kế ta chọn được thanh góp ACO- 600, $d=33,1 \text{ (mm)}$, $I_{cp} = 1050 \text{ (A)}$

Tiết diện chuẩn	Trọng lượng 1km dây dẫn	Đường kính ngoài của dây	Điện trở đơn vị [Ω/mm]	Dòng phụ tải cho phép Ngoài trời
600	2206	33,1	0,055	1050

Bảng 5.2 Thông số thanh dẫn từ phía cao áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 110kV

1. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cấp điện áp 110 kV.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$F_{chọn} \geq F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

$S_{chọn}$: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, $C = 88 [A^2 s \text{ mm}^2]$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{2,270}}{88} \cdot 10^3 = 17,12 (\text{mm}^2)$$

$$F = 600 (mm^2) > 17,12 (mm^2)$$

Vậy dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

2. Kiểm tra điều kiện phát sinh vàng quang

Để đảm bảo không phát sinh vàng quang thì: $U_{vq} \geq U_{dm} = 110 \text{ kV}$

Trong đó: U_{vq} là điện áp tới hạn để phát sinh vàng quang, được tính theo:

$$U_{vq} = 84 \cdot m \cdot r \cdot \lg\left(\frac{a_{tb}}{r}\right)$$

m: hệ số xét tới bề mặt nhẵn của dây dẫn, chọn $m = 0,95$

r: bán kính dây dẫn $r = \frac{d}{2} = \frac{33,1}{2} 10^{-1} = 1,655 [\text{cm}]$

a: khoảng cách giữa các trục dây dẫn $a = 550 \text{ cm}$.

Thay vào công thức trên ta có:

$$U_{vq} = 84 \cdot 0,95 \cdot 1,655 \cdot \log\left(\frac{550}{1,655}\right) = 332 [\text{kV}]$$

Ta thấy $U_{vq} > U_{dm} = 110 \text{ kV}$ (thỏa mãn)

Vậy dây dẫn đã chọn làm thanh góp 110kV thỏa mãn điều kiện tổn thất vàng quang.

5.5.1.3. Chọn dây dẫn liên lạc với hệ thống

Tiết diện của dây dẫn được chọn theo mật độ dòng điện làm việc kinh tế:

$$S_{kt} = \frac{I_{bt}}{J_{kt}}$$

Trong đó:

I_{bt} là dòng điện làm việc bình thường của mạch điện.

J_{kt} là mật độ dòng điện kinh tế, phụ thuộc vào T_{max} .

$T_{max} = 4500 [\text{h}]$

Tra sách tài liệu hướng dẫn trang 56 đối với dây nhôm lõi thép thì ta chọn $J_{kt} = 1,1 (\text{A/mm}^2)$

- Đối với dây kép :

$I_{bt} = 261 [\text{A}]$ (đã tính ở chương 4)

Vậy $S_{kt} = \frac{261}{1,1} = 237,27 [\text{mm}^2]$

Tiết diện chuẩn	Số liệu tính toán					Dòng phụ tải cho phép
	Tiết diện		Đường kính		Điện trở	
	Nhôm	Thép	Dây dẫn	Lõi thép	Một chiều 20°C	Ngoài trời
300/39	301	38	24	8	0,096	690

Bảng 5.3 Thông số dây dẫn liên lạc với hệ thống

1. Kiểm tra điều kiện phát nóng lâu dài

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{0,522}{0,9 \cdot 1} = 0,58 [\text{kA}]$$

Ta có $I_{cp} = 690 [\text{A}] \geq 636 [\text{A}]$

Vậy dây dẫn thỏa mãn điều kiện phát nóng lâu dài

2. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cáp điện áp 110 kV.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$F_{chọn} \geq F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

$S_{chọn}$: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, $C = 88 [A^2 s mm^2]$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{2,270}}{88} \cdot 10^3 = 17,12 (mm^2)$$

$$F = 301 (mm^2) > 17,12 (mm^2)$$

Vậy dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

3. Kiểm tra điều kiện phát sinh vàng quang

Để đảm bảo không phát sinh vàng quang thì: $U_{vq} \geq U_{dm} = 110 \text{ kV}$

Trong đó: U_{vq} là điện áp tới hạn để phát sinh vàng quang, được tính theo:

$$U_{vq} = 84 \cdot m \cdot r \cdot \lg\left(\frac{a_{tb}}{r}\right)$$

m : hệ số xét tới bề mặt nhẵn của dây dẫn, chọn $m = 0,95$

$$r: \text{bán kính dây dẫn } r = \frac{d}{2} = \frac{24}{2} 10^{-1} = 1,2 [\text{cm}]$$

a : khoảng cách giữa các trục dây dẫn $a = 550 \text{ cm}$.

Thay vào công thức trên ta có:

$$U_{vq} = 84 \cdot 0,95 \cdot 1,2 \cdot \lg\left(\frac{550}{1,2}\right) = 254,83 [\text{kV}]$$

Ta thấy $U_{vq} > U_{dm} = 110 \text{ kV}$ (thỏa mãn)

Vậy dây dẫn đã chọn làm thanh góp 110kV thỏa mãn điều kiện tồn thất vàng quang.

5.5.2. Các mạch phía trung áp 35kV

5.5.2.1. Chọn thanh góp phía trung áp 35kV

Chọn thanh dẫn mềm làm thanh dẫn cho thiết bị ngoài trời. Nó thường là một dây dẫn xoắn bằng nhôm lõi thép.

Như đã xác định ở phần tính toán dòng điện cường bức, đã xác định được dòng điện làm việc cường bức của thanh góp trung áp là: $I_{cb}^{35} = 1,77 [\text{kA}]$.⁵

Ta chọn thanh dẫn mềm theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép

$$I'_{cp} \geq I_{cb}.$$

Trong đó:

I_{cp} là dòng điện cho phép của thanh dẫn sau khi đã qui đổi về điều kiện làm việc thực tế.

$$I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp}$$

Với:

K_1 là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường, chọn $K_1 = 0,9$

K_2 là hệ số hiệu ứng gần, chọn thanh dẫn cứng hình máng nên $K_2 = 1$

$$\Rightarrow I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{cb} \Rightarrow I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{1,77}{0,9 \cdot 1} = 1,96 [\text{kA}]$$

Tra tài liệu thiết kế ta chọn được :

⁵ :Dòng điện làm việc cường bức của thanh góp trung áp tính ở chương 4 mục 4.1.1.2

Tiết diện chuẩn	Số liệu tính toán					Dòng phụ tải cho phép
	Tiết diện		Đường kính		Điện trở	Ngoài trời
	Nhôm	Thép	Dây dẫn	Lõi thép	Một chiều 20°C	
1540/116	1540	116	54,92	21,2	0,022	2000

Bảng 5.4 Thông số thanh góp phía trung áp 35kV

1. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cáp điện áp 35 kV.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$F_{\text{chọn}} \geq F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

$S_{\text{chọn}}$: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, $C = 88 [A^2 s mm^2]$

$$F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{13,849}}{88} \cdot 10^3 = 42,29 [mm^2]$$

$$F = 1540 [mm^2] > 42,29 [mm^2]$$

Vậy dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

2. Kiểm tra điều kiện phát sinh vàng quang

Để đảm bảo không phát sinh vàng quang thì: $U_{\text{vq}} \geq U_{\text{đm}} = 35 \text{ kV}$

Trong đó: U_{vq} là điện áp tới hạn để phát sinh vàng quang, được tính theo:

$$U_{\text{vq}} = 84 \cdot m \cdot r \cdot \lg\left(\frac{a_{\text{tb}}}{r}\right)$$

m : hệ số xét tới bề mặt nhẵn của dây dẫn, chọn $m = 0,95$

$$r: \text{bán kính dây dẫn } r = \frac{d}{2} = \frac{54,92}{2} \cdot 10^{-1} = 2,75 [\text{cm}]$$

a : khoảng cách giữa các trục dây dẫn $a = 220 \text{ cm}$.

Thay vào công thức trên ta có:

$$U_{\text{vq}} = 84 \cdot 0,95 \cdot 2,75 \cdot \lg\left(\frac{220}{2,75}\right) = 417,63 [\text{kV}]$$

Ta thấy $U_{\text{vq}} > U_{\text{đm}} = 35 \text{ kV}$ (thỏa mãn)

Vậy dây dẫn đã chọn làm thanh góp 35kV thỏa mãn điều kiện tồn thất vàng quang.

5.5.2.2. Chọn thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 35kV

Ta chọn thanh dẫn mềm theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép

$$I'_{\text{cp}} \geq I_{\text{cb}}$$

Trong đó:

I_{cp} là dòng điện cho phép của thanh dẫn sau khi đã qui đổi về điều kiện làm việc thực tế.

$$I'_{\text{cp}} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{\text{cp}}$$

Với:

K_1 là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường, chọn $K_1 = 0,9$

K_2 là hệ số hiệu ứng gần, chọn thanh dẫn cứng hình máng nên $K_2 = 1$

$$\Rightarrow I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{cp} \Rightarrow I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{1,77}{0,9 \cdot 1} = 1,96 \text{ [kA]}$$

Tra tài liệu thiết kế ta chọn được :

Tiết diện chuẩn	Số liệu tính toán					Dòng phụ tải cho phép
	Tiết diện		Đường kính		Điện trở	Ngoài trời
	Nhôm	Thép	Dây dẫn	Lõi thép	Một chiều 20°C	
1540/116	1540	116	54,92	21,2	0,022	2000

Bảng 5.5 Thông số thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp liên lạc đến thanh góp 35kV

1. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cấp điện áp 35 kV.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$F_{chọn} \geq F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

$S_{chọn}$: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, $C = 88 \text{ [A}^2\text{s mm}^2\text{]}$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{13,849}}{88} \cdot 10^3 = 42,29 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 1540 \text{ [mm}^2\text{]} > 42,29 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

2. Kiểm tra điều kiện phát sinh vàng quang

Để đảm bảo không phát sinh vàng quang thì: $U_{vq} \geq U_{đm} = 110 \text{ kV}$

Trong đó: U_{vq} là điện áp tới hạn để phát sinh vàng quang, được tính theo:

$$U_{vq} = 84 \cdot m \cdot r \cdot \lg\left(\frac{a_{tb}}{r}\right)$$

m : hệ số xét tới bề mặt nhẵn của dây dẫn, chọn $m = 0,95$

$$r: \text{bán kính dây dẫn } r = \frac{d}{2} = \frac{54,92}{2} \cdot 10^{-1} = 2,75 \text{ [cm]}$$

a : khoảng cách giữa các trục dây dẫn $a = 220 \text{ cm}$.

Thay vào công thức trên ta có:

$$U_{vq} = 84 \cdot 0,95 \cdot 2,75 \cdot \lg\left(\frac{220}{2,75}\right) = 417,63 \text{ [kV]}$$

Ta thấy $U_{vq} > U_{đm} = 110 \text{ kV}$ (thỏa mãn)

Vậy dây dẫn đã chọn làm thanh góp 110kV thỏa mãn điều kiện tổn thất vàng quang.

5.5.2.3. Chọn thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp B3 đến thanh góp 35kV

1. Điều kiện chọn

Ta chọn thanh dẫn mềm bằng đồng, tiết diện hình máng. Thanh dẫn được chọn theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 1,047 [\text{kA}]^6$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{MBA}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{1,047}{0,9 \cdot 1} = 1,16 [\text{kA}]$$

Tiết diện chuẩn	Số liệu tính toán					Dòng phụ tải cho phép
	Tiết diện		Đường kính		Điện trở	Ngoài trời
	Nhôm	Thép	Dây dẫn	Lõi thép	Một chiều 20°C	
700/86	687	85,9	36,2	12	0,042	1220

Bảng 5.6 Thông số thanh dẫn từ phía trung áp máy biến áp B3 đến thanh góp 35kV

2. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cấp điện áp 35 kV.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$F_{chọn} \geq F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

$S_{chọn}$: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, $C = 88 [A^2 s mm^2]$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{13,849}}{88} \cdot 10^3 = 42,29 [mm^2]$$

$$F = 1220 [mm^2] > 42,29 [mm^2]$$

Vậy dây dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

3. Kiểm tra điều kiện phát sinh vàng quang

Để đảm bảo không phát sinh vàng quang thì: $U_{vq} \geq U_{đm} = 35 \text{ kV}$

Trong đó: U_{vq} là điện áp tới hạn để phát sinh vàng quang, được tính theo:

$$U_{vq} = 84 \cdot m \cdot r \cdot \lg\left(\frac{a_{tb}}{r}\right)$$

m : hệ số xét tới bề mặt nhẵn của dây dẫn, chọn $m = 0,95$

$$r: \text{bán kính dây dẫn } r = \frac{d}{2} = \frac{36,2}{2} 10^{-1} = 1,81 [\text{cm}]$$

a : khoảng cách giữa các trục dây dẫn $a = 220 \text{ cm}$.

Thay vào công thức trên ta có:

$$U_{vq} = 84 \cdot 0,95 \cdot 1,81 \cdot \lg\left(\frac{220}{1,81}\right) = 301,17 [\text{kV}]$$

⁶ Dòng điện cường bức của máy biến áp nối bộ B3 tính toán ở chương 4 mục 4.1.1.2

Ta thấy $U_{vq} > U_{dm} = 35 \text{ kV}$ (thỏa mãn)

Vậy dây dẫn đã chọn làm thanh góp 35kV thỏa mãn điều kiện tổn thất vàng quang.

5.5.3. Các mạch phía cấp điện áp máy phát 10,5kV

5.5.3.1. Chọn thanh góp cấp điện áp máy phát

1. Điều kiện chọn:

Chọn thanh dẫn cứng

Như đã xác định ở phần tính toán dòng điện cường bức, đã xác định được dòng điện làm việc cường bức là: $I_{cb} = 5,279 \text{ kA}$.⁷

Điều kiện chọn :

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1 \cdot K_2}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{MBA}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{5,279}{0,9 \cdot 0,95} = 6,174 \text{ kA}$$

Vậy ta chọn thanh góp có các thông số sau

Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh W _{yo-yo}	Một thanh		Hai thanh J _{yo-yo}	
					W _{x-x}	W _{y-y}		J _{x-x}	J _{y-y}		
150	65	7	10	1785	74	14,7	167	560	68	1260	7000

Bảng 5.7 Thông số thanh góp cấp điện áp máy phát

2. Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

S_{chọn}: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 171 [A^2 s mm^2]$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N7}}}{C} = \frac{\sqrt{876,425}}{171} \cdot 10^3 = 173,13 [mm^2]$$

$$S_{chọn} = 2 \cdot 1785 = 3570 [mm^2] > 173,13 [mm^2]$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

3. Kiểm tra ổn định động

Mỗi thanh dẫn hình máng gồm 2 thanh dẫn hình chữ U ghép lại với nhau, nên ứng suất trong thanh dẫn gồm 2 phần δ_1 và δ_2 . Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 [Kg/cm^2]$$

Xác định δ_1 :

⁷ Dòng điện làm việc cường bức của các mạch cấp điện áp máy phát tính ở chương 4 mục 4.1.1.3

- Lực điện động giữa các pha sinh ra:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 \text{ [Kg]}$$

Trong đó:

$i^{(3)}_{xk}$: là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha [kA] (tại điểm N7)

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 40$ [cm]

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 180$ [cm]

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{180}{40} \cdot 140,547^2 = 1600,03 \text{ [Kg]}$$

- Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{1600,03 \cdot 180}{10} = 28800,54 \text{ [Kg.cm]}$$

- Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{y_0-y_0} = 167 \text{ [cm}^3\text{]}$$

- Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{28800,54}{167} = 172,46 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Xác định δ_2 :

- Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 \text{ [Kg]}$$

Trong đó:

h : là chiều cao thanh dẫn ($h = 15$ cm)

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{15} \cdot 140,547^2 = 6,716 \text{ [Kg]}$$

Để ứng suất giảm trên thanh dẫn người ta đặt các miếng đệm cách nhau 1 khoảng l_2 trong khoảng giữa 2 sứ liền kề nhau của 1 pha. Lực tác động lên đoạn thanh dẫn giữa 2 miếng đệm liên tiếp có chiều dài l_2 .

$$F_2 = f_2 \cdot l_2$$

- Momen uốn tác động lên thanh dẫn:

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{12} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12} \text{ [Kg.cm]}$$

- Momen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn:

$$W_2 = W_{y-y} = 14,7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

- Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} = \frac{6,716 \cdot 180^2}{12 \cdot 14,7} = 1203,61 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

- Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

Trong đó: δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{cp} = 1400$ Kg/cm

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 = 172,46 + 1203,61 = 1376,07 \text{ Kg/cm}^2 < \delta_{cp}$$

Vậy ta không cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ mà vẫn đảm bảo điều kiện ổn định động.

4. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi có xét đến dao động Tần số riêng của thanh dẫn có hình dáng bất kì được xác định như sau:

Trong đó:

l: là độ dài thanh dẫn của 1 nhịp thanh dẫn

E: là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

J: là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn ($J = J_{y_0-y_0} = 1260 \text{ cm}^4$).

γ : là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn ($\gamma = 8,93 \text{ g/cm}^3$)

S: tiết diện ngang của thanh dẫn ($S = 2.17,85 = 35,7 \text{ cm}^2$)

$$\text{Vậy: } f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 1260 \cdot 10^6}{37,5 \cdot 8,93}} = 724,253 \text{ [Hz]}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 724,253 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được

Vậy thanh góp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

5.5.3.2. Chọn thanh dẫn từ đầu cực máy phát F1, F2, F3, F4 đến thanh góp cấp điện áp máy phát

1. Điều kiện chọn

Ta chọn thanh dẫn cứng bằng đồng, tiết diện hình máng. Thanh dẫn được chọn theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb}^8$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{MF}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{3,61}{0,9 \cdot 0,95} = 4,22 \text{ [kA]} = 4220 \text{ [A]}$$

Vậy ta chọn thanh góp có các thông số sau

Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh W _{yo-yo}	Một thanh			Hai thanh J _{yo-yo}
					W _{x-x}	W _{y-y}		J _{x-x}	J _{y-y}		
100	45	6	8	1010	27	5.9	58	135	18.5	290	4300

Bảng 5.8 Thông số thanh góp cấp điện áp máy phát

2. Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

S_{chọn}: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

⁸ Dòng điện cường bức ở đầu cực máy phát tính ở chương 4 mục 4.1.1.3

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 171 \text{ A}^2 \text{s mm}^2$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{NSI}}}{c} = \frac{\sqrt{255,581}}{171} \cdot 10^3 = 93,5 [\text{mm}^2]$$

$$S_{chọn} = 2 \cdot 1010 = 2020 [\text{mm}^2] > 93,5 [\text{mm}^2]$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

3. Kiểm tra ổn định động

Mỗi thanh dẫn hình máng gồm 2 thanh dẫn hình chữ U ghép lại với nhau, nên ứng suất trong thanh dẫn gồm 2 phần δ_1 và δ_2 . Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 [\text{Kg/cm}^2]$$

Xác định δ_1 :

– Lực điện động giữa các pha sinh ra:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 [\text{Kg}]$$

Trong đó:

$i^{(3)}_{xk}$: là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha (kA) (tại điểm N'5)

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 40 \text{ cm}$

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100 \text{ cm}$

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{40} \cdot 143,47^2 = 926,26 (\text{Kg})$$

– Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{926,26 \cdot 100}{10} = 9262,6 [\text{Kg} \cdot \text{cm}]$$

– Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{yo-yo} = 58 \text{ cm}^3$$

– Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{9262,6}{58} = 159,7 [\text{Kg/cm}^2]$$

Xác định δ_2 :

– Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 (\text{Kg})$$

Trong đó:

h : là chiều cao thanh dẫn ($h = 12,5 \text{ cm}$)

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{12,5} \cdot 143,47^2 = 8,4 [\text{Kg}]$$

Để ứng suất giảm trên thanh dẫn người ta đặt các miếng đệm cách nhau 1 khoảng l_2 trong khoảng giữa 2 sứ liền kề nhau của 1 pha. Lực tác động lên đoạn thanh dẫn giữa 2 miếng đệm liên tiếp có chiều dài l_2 .

$$F_2 = f_2 \cdot l_2$$

- Momen uốn tác động lên thanh dẫn:

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{12} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12} \quad (\text{Kg.cm})$$

- Momen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn:

$$W_2 = W_{y-y} = 5,9 \text{ cm}^3$$

- Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} = \frac{8,4 \cdot 100^2}{12 \cdot 9,5} = 736,84 \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 = 159,7 + 736,84 = 896,54 \quad [\text{Kg/cm}^2] < \delta_{cp}$$

Vậy ta không cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ mà vẫn đảm bảo điều kiện ổn định động.

4. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi có xét đến dao động
Tần số riêng của thanh dẫn có hình dáng bất kì được xác định như sau:

$$f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}}$$

Trong đó:

l : là độ dài thanh dẫn của 1 nhịp thanh dẫn

E : là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

J : là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn
($J = J_{y_0-y_0} = 290 \text{ cm}^4$).

γ : là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn ($\gamma = 8,93 \text{ g/cm}^3$)

S : tiết diện ngang của thanh dẫn ($S = 2 \cdot 10,1 = 20,2 \text{ cm}^2$)

$$\Rightarrow f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 290 \cdot 10^6}{20,2 \cdot 8,93}} = 473,42 \quad [\text{Hz}]$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 473,42 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được
Vậy thanh góp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

5.5.3.3. Chọn thanh dẫn từ thanh gắp cấp điện áp máy phát đến hạ áp máy biến áp liên lạc B1 (B2)

1. Đoạn trong nhà

a, Điều kiện chọn

Ta chọn thanh dẫn cứng có điều kiện chọn :

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 5,279 [kA]^9$$

Vậy ta chọn thanh gắp có các thông số sau

Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh		Hai thanh J _{yo-yo}		
					W _{x-x}	W _{y-y}	W _{yo-yo}	J _{x-x}		J _{y-y}	
150	65	7	10	1785	74	14,7	167	560	68	1260	7000

Bảng 5.9 Thông số thanh dẫn từ thanh gắp cấp điện áp máy phát đến hạ áp máy biến áp liên lạc B1 (B2)

b, Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

S_{chọn}: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên C_{cu} = 171 A²s mm²

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N3}}}{C} = \frac{\sqrt{413,599}}{171} \cdot 10^3 = 118,93 [mm^2]$$

$$S_{chọn} = 2 \cdot 1785 = 3570 [mm^2] > 118,93 [mm^2]$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

c, Kiểm tra ổn định động

Mỗi thanh dẫn hình máng gồm 2 thanh dẫn hình chữ U ghép lại với nhau, nên ứng suất trong thanh dẫn gồm 2 phần δ₁ và δ₂. Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Xác định δ₁:

– Lực điện động giữa các pha sinh ra:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}{}^2 \text{ (Kg)}$$

Trong đó:

$i^{(3)}_{xk}$: là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha (kA) (tại điểm N₃)

⁹ Tính toán ở mục 4.1.1.3

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn a = 40 cm

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100$ cm

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{40} \cdot 146,79^2 = 969,63 \text{ [Kg]}$$

- Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{969,63 \cdot 100}{10} = 9696,3 \text{ [Kg.cm]}$$

- Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{y_0-y_0} = 167 \text{ cm}^3$$

- Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{9696,3}{167} = 58,062 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Xác định δ_2 :

- Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 \text{ (Kg)}$$

Trong đó:

h : là chiều cao thanh dẫn (h = 15 cm)

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{15} \cdot 146,79^2 = 7,33 \text{ [Kg]}$$

Để ứng suất giảm trên thanh dẫn người ta đặt các miếng đệm cách nhau 1 khoảng l_2 trong khoảng giữa 2 sứ liền kề nhau của 1 pha. Lực tác động lên đoạn thanh dẫn giữa 2 miếng đệm liên tiếp có chiều dài l_2 .

$$F_2 = f_2 \cdot l_2$$

- Momen uốn tác động lên thanh dẫn:

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{12} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12} \text{ (Kg.cm)}$$

- Momen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn:

$$W_2 = W_{y-y} = 14,7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

- Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} = \frac{7,33 \cdot 100^2}{12 \cdot 14,7} = 415,53 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

- Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

Trong đó: δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{cp} = 1400 \text{ Kg/cm}$

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 = 58,062 + 415,53 = 473,59 < \delta_{cp}$$

Vậy ta không cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ mà vẫn đảm bảo điều kiện ổn định động.

d. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi có xét đến dao động

Tần số riêng của thanh dẫn có hình dáng bất kì được xác định như sau:

$$f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}}$$

Trong đó:

l: là độ dài thanh dẫn của 1 nhịp thanh dẫn

E: là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

J: là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn ($J = J_{y_0-y_0} = 1260 \text{ cm}^4$).

γ : là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn ($\gamma = 8,93 \text{ g/cm}^3$)

S: tiết diện ngang của thanh dẫn ($S = 2.17,85 = 35,7 \text{ cm}^2$)

$$\Rightarrow f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 1260 \cdot 10^6}{35,7 \cdot 8,93}} = 742,287 \text{ [Hz]}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 742,287 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được

Vậy thanh gop đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

2. Đoạn ngoài trời

a, Điều kiện chọn

Ta chọn thanh dẫn mềm bằng đồng, tiết diện hình máng. Thanh dẫn được chọn theo điều kiện phát nóng lâu dài cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb}^{MBA} = 5,279 \text{ [kA]}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{MBA}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{5,279}{0,9 \cdot 1} = 5,87 \text{ [kA]}$$

+ Ta chọn bó dây dẫn gồm 5 dây AC-700/86 có dòng cho phép 1 dây là: $I_{cp} = 5 \times 1220 = 6100 \text{ A}$; $d = 36,2 \text{ mm}$.

b, Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

S_{chọn}: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min}: là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C: là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 88 \text{ A}^2 \text{ s mm}^2$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N3}}}{C} = \frac{\sqrt{413,599}}{88} \cdot 10^3 = 231,104 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{chọn} = 700 \text{ [mm}^2\text{]} > 231,104 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

5.6. Chọn sứ

5.6.1. Điều kiện chọn và kiểm tra

- Sứ đỡ được chọn theo các điều kiện sau:

- + Vị trí đặt : Đặt trong nhà hay ngoài trời.
- + Loại sứ : Sứ đỡ, sứ xuyên, sứ treo
- + Điện áp : $U_{đmS} \geq U_{đm\text{ mạng}}$
- + Kiểm tra điều kiện ổn định động:

$$F_{tt} \leq F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá}$$

Trong đó:

- + F_{cp} : Lực cho phép tác động lên đầu sứ (Kg)
- + $F_{phá}$: Lực phá hoại định mức (Kg)
- + F_{tt} : Lực tính toán đẳng trị quy đổi về đầu sứ.

Với:

$$F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H + \frac{h}{2}}{H}$$

F_1 : Là lực tính toán trên khoảng vượt của thanh dẫn (Kg).

5.6.2. Sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát

- Ta có: $F_1 = 1600,03 \text{ Kg}^{10}$

$$h = 150 \text{ (mm)}$$

- Dựa vào Phụ lục 7 trang 252 ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Loại sứ	Điện áp (kV)		Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính (Kg)	Chiều cao (mm)
	Định mức	Duy trì ở trạng thái khô		
OFP-10-4250KB	10	47	4250	230

Bảng 5.10 Thông số sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát

- Vậy: $F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H + \frac{h}{2}}{H} = 1600,03 \cdot \frac{230 + \frac{150}{2}}{230} = 2121,78 \text{ [Kg]}$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 4250 = 2550 \text{ [Kg]}$$

- Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

5.6.3. Sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5 kV

- Ta có: $F_1 = 926,26 \text{ [kG]}^{11}$

$$h = 125 \text{ [mm]}$$

- Dựa vào Phụ lục 7/trang 252 ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

¹⁰ Lực điện động giữa các pha sinh ra tính ở chương 5 mục 5.5.3.1

¹¹ Lực điện động giữa các pha sinh ra tính ở mục 5.5.3.2

Loại sứ	Điện áp (kV)		Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính (Kg)	Chiều cao (mm)
	Định mức	Duy trì ở trạng thái khô		
OΦP-10-3000Y3	10	47	3000	150

Bảng 5.11 Thông số Sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5kV

- Vậy: $F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H+\frac{h}{2}}{H} = 926,26 \cdot \frac{150+\frac{125}{2}}{150} = 1389,39 \text{ [Kg]}$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 3000 = 1800 \text{ [Kg]}$$

- Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

5.6.4. Sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc (phần trong nhà):

-Ta có: $F_1 = 969,63 \text{ [kG]}$ ¹²

$$h = 150 \text{ (mm)}$$

- Dựa vào Phụ lục 7 trang 252 của tài liệu “Thiết kế Nhà máy điện & trạm biến áp Phần Điện” ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Loại sứ	Điện áp (kV)		Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính (Kg)	Chiều cao (mm)
	Định mức	Duy trì ở trạng thái khô		
OΦP-10-3000Y3	10	47	3000	150

Bảng 5.12 Thông số Sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc (phần trong nhà)

- Vậy: $F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H+\frac{h}{2}}{H} = 969,63 \cdot \frac{150+\frac{150}{2}}{150} = 1454,45 \text{ [Kg]}$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 3000 = 1800 \text{ Kg}$$

- Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

5.6.5. Chọn sứ xuyên tường

Với sự xuyên khi chọn dựa vào các điều kiện:

❖ Điện áp : $U_{dmK} \geq U_{mg}$

❖ Dòng điện : $I_{dmK} \geq I_{lvcb}$

Ta có: $U_{mg}=10,5\text{[kV]}$

$$I_{lvcb}=6,16\text{[kA]}$$

Vậy ta chọn loại sứ TA-10 có thông số như sau:

Tên loại	Điện áp định mức [kV]	Dòng điện định mức [kA]	Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính [Kg]
TA-10	10,5	8000	6000

Bảng 5.13 Thông số sứ treo tường

5.6.6. Chọn sứ treo cho mạch 10,5kV

Điện áp phóng điện của chuỗi sứ tỉ lệ với số đĩa và được tính:

$$U_{tr} = n \cdot E_{tr} \cdot H$$

Trong đó: n là số đĩa cách điện trong chuỗi sứ

¹² Lực điện động giữa các pha sinh ra tính ở mục 5.5.3.3

E_r là cường độ điện trường phóng điện mặt ngoài trung bình [kV/cm]

Điều kiện chọn sứ: $E_r \geq U_{qanb}$

Hay: $U_r \geq KU_{qanb}$, lấy $K=1,1$

Vậy số đĩa sứ được chọn: $n \geq \frac{1,1 \cdot U_{qanb}}{E_r \cdot H}$

Ta chọn loại sứ II-45 có $E_r = 2,15$ [kV/cm], $H = 170$ [mm]

Đối với điện áp 10,5kV

$$U_{qanb} = 3 \cdot U_p = 3 \cdot \frac{10,5}{\sqrt{3}} = 18,19 \text{ [kV]}$$

Số lượng bát sứ được chọn

$$n \geq \frac{1,1 \cdot 18,19}{2,15 \cdot 17} = 0,5 \text{ bát}$$

Từ đó ta chọn 1 bát

5.6.7. Chọn sứ treo cho mạch 110kV

Sứ là khí cụ điện dùng để bắt chặt các phần dẫn điện, cách điện giữa phần tử mang điện với phần tử không mang điện và đất. Yêu cầu là phải đảm bảo độ bền và chống được bụi bẩn.

Điện áp phóng điện của chuỗi sứ tỷ lệ với số đĩa và được tính:

$$U_u = n \cdot E_u \cdot H$$

Trong đó: n là số đĩa cách điện trong chuỗi sứ

E_u là cường độ điện trường phóng điện mặt ngoài trung bình (kV/cm)

-Điều kiện chọn sứ: $E_u \geq U_{qanb}$

Hay: $U_u \geq K \cdot U_{qanb}$, lấy $K=1,1$

Vậy số đĩa sứ được chọn:

$$n \geq \frac{1,1 \cdot U_{qanb}}{E_u \cdot H}$$

Ta chọn loại sứ: II-45 có $E_u = 2,15$ (kV/cm), $H = 170$ (mm)

Đối với cấp điện áp 110kV

$$U_{qanb} = 3 \cdot \frac{U_p}{\sqrt{3}} = 3 \cdot \frac{110}{\sqrt{3}} = 190,53 \text{ [kV]}$$

Số lượng bát sứ được chọn:

$$n \geq \frac{1,1 \cdot 190,53}{2,15 \cdot 17} = 5,74$$

Vậy chọn $n=6$ bát

Còn đối với chuỗi sứ ở cột néo, do chuỗi sứ phải làm việc với một tải trọng cơ giới lớn nên số lượng bát sứ tăng thêm 2 bát. Vậy ta chọn số bát sứ cho cấp điện áp 110kV là 8 bát.

5.6.8. Chọn sứ treo cho mạch 35kV

Điện áp phóng điện của chuỗi sứ tỷ lệ với số đĩa và được tính:

$$U_r = n \cdot E_r \cdot H$$

Trong đó: n là số đĩa cách điện trong chuỗi sứ

E_r là cường độ điện trường phóng điện mặt ngoài trung bình [kV/cm]

Điều kiện chọn sứ: $E_r \geq U_{qanb}$

Hay: $U_r \geq KU_{qanb}$, lấy $K=1,1$

Vậy số đĩa sứ được chọn: $n \geq \frac{1,1 \cdot U_{qanb}}{E_r \cdot H}$

Ta chọn loại sứ II-45 có $E_r = 2,15$ [kV/cm], $H = 170$ [mm]

Đối với điện áp 110kV

$$U_{qanb} = 3 \cdot U_p = 3 \cdot \frac{35}{\sqrt{3}} = 60,62 \text{ [kV]}$$

Số lượng bát sứ được chọn

$$n \geq \frac{1,1 \cdot 60,62}{2,15 \cdot 17} = 1,83 \text{ [bát]}$$

Từ đó ta chọn 2 bát

Còn đối với chuỗi sứ ở cột néo, do chuỗi sứ phải làm việc với một tải trọng cơ giới lớn nên số lượng bát sứ tăng thêm 2 bát. Vậy ta chọn số lượng bát sứ cấp điện áp 35kV là 4 bát

5.7. Chọn cáp cho đường dây cấp điện áp máy phát

Ở đây ta chỉ chọn một phần cáp dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát ra ngoài nhà máy (khoảng 200 m). Ta chọn cáp cách điện bằng giấy, lõi đồng.

a, Điều kiện chọn:

Tiết diện của dây dẫn được chọn theo mật độ dòng điện làm việc kinh tế:

$$S_{kt} = \frac{I_{bt}}{J_{kt}}$$

Trong đó:

I_{bt} là dòng điện làm việc bình thường của mạch điện.

J_{kt} là mật độ dòng điện kinh tế, phụ thuộc vào T_{max} .

$$T_{max} = \frac{365}{129,412} \cdot (90,588.10 + 103,529.6 + 129,412.8) = 7226,98 \text{ [h]}$$

Tra sách tài liệu hướng dẫn trang 56 của tài liệu “ Thiết kế Nhà máy điện & trạm biến áp Phần Điện” đối với cáp cách điện bằng lõi đồng thì ta chọn $J_{kt} = 2 \text{ (A/mm}^2\text{)}$

+ Đối với đường dây kép:

$$I_{bt} = \frac{P_{max} \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{20 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 646,89 \text{ [A]}$$

$$S_{kt} = \frac{I_{bt}}{J_{kt}} = \frac{646,89}{2} = 323,46 \text{ [mm}^2\text{]}$$

+ Đối với đường dây đơn:

$$I_{bt} = \frac{P_{max} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 323,446 \text{ A}$$

$$S_{kt} = \frac{I_{bt}}{J_{kt}} = \frac{161,723}{2} = 161,723 \text{ mm}^2$$

Đối với đường dây kép, chọn 4 sợi cáp đồng thời làm việc song song; đối với đường dây đơn ta cũng chọn 4 sợi cáp đồng thời làm việc song song. Tra sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp ” của PGS Nguyễn Hữu Khái, cáp đồng tiết diện 185 mm^2 có $I_{cp} = 530 \text{ A}$

Loại	Cấp điện áp	Tiết diện	Dòng điện cho phép
	10,5	185	530

Bảng 5.14 Thông số cáp cho đường dây cấp điện áp máy phát

b. Kiểm tra cáp theo điều kiện phát nóng lâu dài:

+ Kiểm tra điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc bình thường:

Điều kiện chọn: $K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{bt}$

Trong đó:

K_1 : là hệ số hiệu chỉnh khi nhiệt độ môi trường khác với qui định (do không hiệu chỉnh theo nhiệt độ nên $K_1 = 1$)

K_2 : là hệ số xét đến hiệu ứng gần khi có nhiều cáp làm việc song song, khi số cáp tăng thì K_2 giảm (số cáp làm việc song song bằng 2 nên $K_2 = 0,93$)

-Đối với dây kép:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1,0 \cdot 0,93 \cdot 530 = 1971,6 \text{ A} > I_{bt} = 646,89 \text{ A}$$

-Đối với dây đơn:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1,0,93,4,530 = 1971,6A > I_{bt} = 323,446 A$$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện phát nóng khi làm việc bình thường.

+ Kiểm tra điều kiện phát nóng khi làm việc cường bức

Ta chỉ kiểm tra đường dây kép vì khi sự cố đường dây đơn thì đường dây đơn sẽ mất điện như sau:

$$K_{qt}^{sc} \cdot I'_{cp} \geq I_{cb}$$

Trong đó:

K_{qt}^{sc} là hệ số mang tải cho phép của cáp khi sự cố, được xác định theo hệ số mang tải lúc bình thường của cáp $K_{qt}^{sc} = \frac{I_{bt}}{I'_{cp}} \cdot 100$ như sau:

- $K_{qt}^{sc} = 1,3$ nếu $K_{bt} \leq 80\%$
- $K_{qt}^{sc} = 1,0$ nếu $K_{bt} > 80\%$

Hệ số mang tải lúc bình thường của cáp:

$$K_{bt} = \frac{I_{bt}^K}{I'_{cp}} \cdot 100 = \frac{646,89}{1971,6} \cdot 100 = 32,8\%$$

Do đó: $K_{qt}^{sc} = 1,3$

$$K_{qt}^{sc} \cdot I'_{cp} = 1,3 \cdot 1971,6 = 2563,08[A] > I_{cb} = 2 \cdot 646,89 = 1293,78[A]$$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện phát nóng khi làm việc cường bức.

c. Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của cáp:

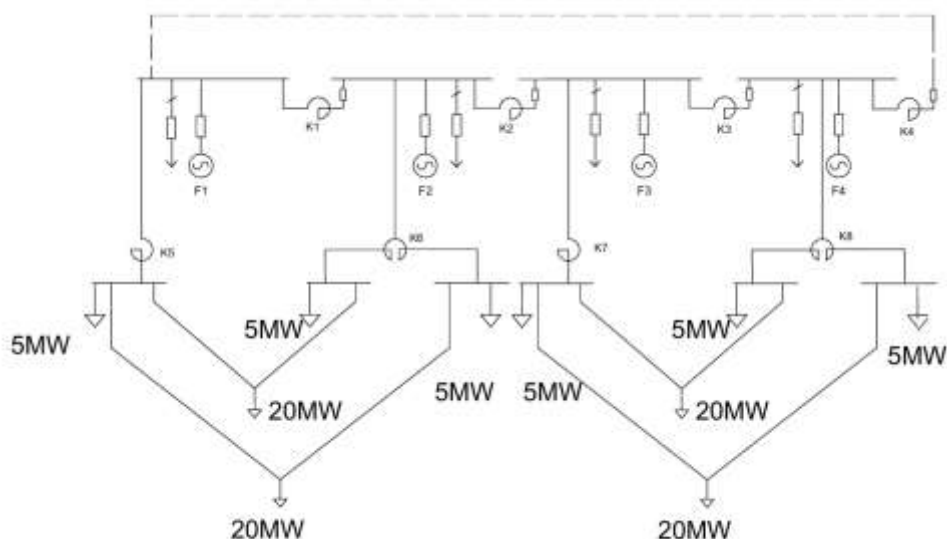
Điều kiện này sẽ được kiểm tra sau khi chọn kháng điện đường dây.

5.8. Chọn kháng điện đường dây:

5.8.1. Điều kiện chọn và kiểm tra

Đối với kháng điện đường dây khi chọn ta dựa vào các điều kiện:

- ❖ Điện áp : $U_{dmK} \geq U_{mg}$
- ❖ Dòng điện : $I_{dmK} \geq I_{lvcb}$
- ❖ Kiểm tra $\Delta U\%$ khi làm việc bình thường và cường bức.
- ❖ Kiểm tra điều kiện ổn định động: $i_{ôdd} \geq i_{xk}$.
- ❖ Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt: $I_{nh}^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$.



Hình 5.2 Sơ đồ kháng điện đường dây

Trạng thái	K5[MW]	K6[MW]		K7[MW]	K8[MW]	
		Nh61	Nh62		Nh81	Nh82
Bình thường	25	15	15	25	15	15
Sự cố K5	0	25	25	25	15	15
Sự cố K6	45	0	0	25	15	15
Sự cố K7	25	15	15	0	25	25
Sự cố K8	25	15	15	45	0	0

Bảng 5.15 Bảng thông số kháng điện đường dây

Dòng điện làm việc bình thường qua kháng :

$$I_{bt}^{K5} = I_{bt}^{K7} = \frac{S_{bt}^{K5}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{P_{bt}^{K5}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 1,6 [\text{kA}]$$

$$I_{bt}^{Nh61} = I_{bt}^{Nh62} = I_{bt}^{Nh81} = I_{bt}^{Nh82} = \frac{S_{bt}^{K6}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{P_{bt}^{K6}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,97 [\text{kA}]$$

Dòng điện cường bức qua kháng

$$I_{cb}^{K5} = I_{cb}^{K7} = \frac{S_{cb}^{K5}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{P_{cb}^{K5}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{45}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 2,9 [\text{kA}]$$

$$I_{cb}^{Nh61} = I_{cb}^{Nh62} = I_{cb}^{Nh81} = I_{cb}^{Nh82} = \frac{S_{cb}^{K6}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{P_{cb}^{K6}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 1,61 [\text{kA}]$$

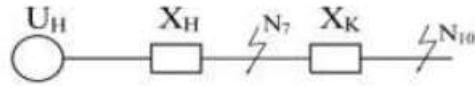
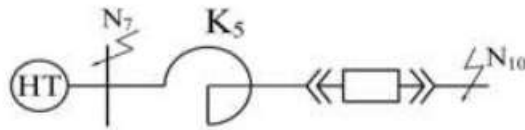
Tra sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” ta có

- Ta chọn kháng điện K₅, K₇ là PbA – 10 – 3000 - X_K%.
- Ta chọn kháng điện K₆, K₈ là PbA – 10 – 2x2000 - X_K%.

5.8.2. Tính toán chọn giá trị X_K%

a. Xác định X_{K5}%, X_{K7}% :

Xét kháng điện K₅(K₇) ta có sơ đồ ngắn mạch như sau:



-Từ sơ đồ ta có:

$$+ I''_{N10} = \frac{I_{cb}}{X_{tt}}$$

$$+ X_{tt} = X_H + X_K$$

$$+ X_H = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7}} = \frac{5,499}{82,137} = 0,067$$

-Để đảm bảo khả năng cắt của các máy cắt các máy cắt địa phương và điều kiện ổn định nhiệt cho cáp thì:

$$I''_{0N10} \leq \min \{I_{cdm}, I_{nhc}\}$$

Trong đó:

+ I_{cdm} : là dòng cắt định mức của máy cắt địa phương.

$$I_{cdm} = 20kA$$

+ I_{nhc} : là dòng điện ổn định nhiệt của cáp địa phương.

$$I_{nhc} = \frac{S.C}{\sqrt{t_c}}$$

Với:

- + S: là tiết diện của cáp $S = 185 \text{ mm}^2$
- + C: là hệ số phụ thuộc vào vật liệu cáp đồng ($C = 141 \text{ A}^2/\text{s}$)
- + t_c : là thời gian cắt ngắn mạch của máy cắt ($t_c = 1\text{s}$)

$$\Rightarrow I_{nhc} = \frac{S.C}{\sqrt{t_{cat}}} = \frac{185.141.10^{-3}}{\sqrt{1}} = 26,085 \text{ (kA)} > 20 \text{ (kA)}$$

Vậy: $I''_{0N10} = 20 \text{ kA}$

$$\Rightarrow X_{tt} = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{0N10}} = \frac{5,499}{20} = 0,275$$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_H$$

Vì ngắn mạch có thể xảy ra ở đầu cực máy cắt nên: $X_C \sim 0$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_{Ht} = 0,275 - 0,067 = 0,208$$

$$\Rightarrow X_{K5}\% = X_{K7}\% = X_K \cdot \frac{I_{dmK}}{I_{cb}} \cdot 100\% = 0,208 \cdot \frac{3}{5,499} \cdot 100\%$$

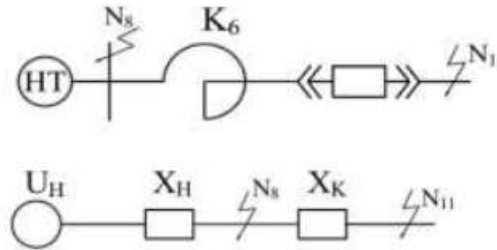
$$= 11,34 \%$$

Vậy ta chọn $X_{K5}\% = X_{K7}\% = 12\%$

Loại điện kháng	U_{dm} [kV]	I_{cbK} [kA]	X_K [%]	$\Delta P_{dm}/1$ pha [kW]	I_{odd} [kA]	I_{nh} [kA]
PbA-10-3000-12	10	3	12	25,7	53	42

Bảng 5.16 Thông số kháng điện $X_{K5}\%$, $X_{K7}\%$

b. Xác định $X_{K6}\%$; $X_{K8}\%$:



- Từ sơ đồ ta có:

$$\begin{aligned}
 + I''_{N11} &= \frac{I_{cb}}{X_{tt}} \\
 + X_{tt} &= X_H + X_K \\
 + X_H &= \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7'}} = \frac{5,499}{59,655} = 0,092
 \end{aligned}$$

- Để đảm bảo khả năng cắt của các máy cắt các máy cắt địa phương và điều kiện ổn định nhiệt cho cáp thì:

$$I''_{0N11} \leq \min \{I_{cdm}, I_{nhc}\}$$

Trong đó:

+ I_{cdm} : là dòng cắt định mức của máy cắt địa phương.

$$I_{cdm} = 20 \text{ kA}$$

+ I_{nhc} : là dòng điện ổn định nhiệt của cáp địa phương.

$$I_{nhc} = \frac{S.C}{\sqrt{t_c}}$$

Với:

- + S : là tiết diện của cáp $S = 185 \text{ mm}^2$
- + C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu cáp đồng ($C = 141 \text{ A}^2/\text{s}$)
- + t_c : là thời gian cắt ngắn mạch của máy cắt ($t_c = 1 \text{ s}$)

$$\Rightarrow I_{nhc} = \frac{S.C}{\sqrt{t_{cat}}} = \frac{185.141.10^{-3}}{\sqrt{1}} = 26,085 \text{ (kA)} > 20 \text{ (kA)}$$

Vậy: $I''_{0N10} = 20 \text{ kA}$

$$\Rightarrow X_{tt} = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{0N10}} = \frac{5,499}{20} = 0,275$$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_H$$

Vì ngắn mạch có thể xảy ra ở đầu cực máy cắt nên: $X_C \sim 0$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_{Ht} = 0,275 - 0,092 = 0,183$$

$$\Rightarrow X_{K6}\% = X_{K8}\% = X_K \cdot \frac{I_{dmK}}{I_{cb}} \cdot 100\% = 0,183 \cdot \frac{2}{5,499} \cdot 100\%$$

$$= 6,55 \%$$

Vậy ta chọn $X_{K6}\% = X_{K8}\% = 8\%$

Loại điện kháng	U_{dm} [kV]	I_{cbK} [kA]	X_K [%]	$\Delta P_{dm}/1$ pha [kW]	I_{odd} [kA]	I_{nh} [kA]	$X_K\%$
PBA-10-2x2000-8	10	2	8	16,9	44	35	0,55

Bảng 5.17 Thông số kháng điện $X_{K6}\%$, $X_{K8}\%$

5.8.3. Kiểm tra điều kiện đã chọn

a. Khả năng cắt của máy cắt địa phương

Ta có:

$$X_{K5} = X_{K7} = X_{K5}\% \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK}} = 12\% \cdot \frac{5,499}{3} = 0,22$$

$$\Rightarrow I''_{0N10} = \frac{I_{cb}}{X_H + X_K} = \frac{5,499}{0,067 + 0,22} = 19,16 \text{ [kA]}$$

Ta thấy:

$$I''_{0N10} = 19,16 \text{ (kA)} < I_{cdm} = 20 \text{ (kA)}$$

$$I''_{0N10} = 19,16 \text{ (kA)} < I_{nhc} = 26,085 \text{ (kA)}$$

Vậy kháng điện đã chọn thỏa mãn điều kiện này

Ta có:

$$X_{K6} = X_{K8} = X_{K6}\% \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK}} = 8\% \cdot \frac{5,499}{2} = 0,22$$

$$\Rightarrow I''_{0N11} = \frac{I_{cb}}{X_H + X_K} = \frac{5,499}{0,092 + 0,22} = 17,625 \text{ [kA]}$$

Ta thấy:

$$I''_{0N11} = 17,625 \text{ (kA)} < I_{cdm} = 20 \text{ [kA]}$$

$$I''_{0N11} = 17,625 \text{ (kA)} < I_{nhc} = 26,085 \text{ [kA]}$$

Vậy kháng điện đã chọn thỏa mãn điều kiện này

b. Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp $\Delta U_K\%$.

+ Điều kiện làm việc bình thường : $\Delta U_{bt}^K\% \leq \Delta U_{cp}^K\% = 2\%$

- Kháng điện K_5, K_7 :

$$\begin{aligned} \Delta U_{bt}^{K5}\% &= \Delta U_{bt}^{K7}\% = X_{K5}\% \cdot \frac{I_{btK5}}{I_{dmK5}} \cdot \sin \varphi \\ &= 12\% \cdot \frac{1,6}{3} \cdot \sin (\cos^{-1}(0,85)) = 1,69\% < 2\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{bt}^K\% = 1,69 \leq \Delta U_{cp}^K\% = 2\%$$

Vậy thỏa mãn điều kiện

-Kháng điện kép K_6, K_8

$$\begin{aligned} \Delta U_{bt}^{K6}\% &= \Delta U_{bt}^{K8}\% = X_{K6}\% \cdot \frac{|I_{bt}^{Nh1K6} - K \cdot I_{bt}^{Nh2K6}|}{I_{dmK6}} \cdot \sin \varphi \\ &= 8\% \cdot \frac{|0,97 - 0,55 \cdot 0,97|}{2} \cdot 0,53 = 0,92\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{bt}^K\% = 0,92 \leq \Delta U_{cp}^K\% = 2\%$$

Vậy thỏa mãn điều kiện

+ Điều kiện cường bức: $\Delta U_{sc}^K\% \leq \Delta U_{cp}^K\% = 5\%$

-Kháng điện K_5, K_7 :

$$\Delta U^{K5}_{bt}\% = \Delta U^{K7}_{bt}\% = X_{K5}\% \cdot \frac{I_{btK5}}{I_{dmK5}} \cdot \sin\varphi$$

$$= 12\% \cdot \frac{2,9}{3} \cdot \sin(\cos^{-1}(0.85)) = 3,07\% < 5\%$$

Vậy $\Delta U^K_{bt}\% = 3,07 \leq \Delta U^K_{cp}\% = 5\% \Rightarrow$ Thỏa mãn

-Kháng điện kép K₆, K₈

$$\Delta U^{0_{sc}}_{K_6} = \Delta U^{0_{sc}}_{K_8} = X_{K_6}\% \cdot \frac{|I_{sc}^{Nh1K_6} - K \cdot I_{sc}^{Nh2K_6}|}{I_{dmK_6}} \cdot \sin\varphi$$

$$= 8\% \cdot \frac{|1,61 - 0,55 \cdot 1,61|}{2} \cdot 0,53 = 1,54\%$$

nên $\Delta U^K_{sc}\% = 1,54 \leq \Delta U^K_{cp}\% = 5\%$

Vậy thỏa mãn điều kiện

+ Kiểm tra điều kiện điện áp dư trên thanh góp khi ngắn mạch sau máy cắt đường dây:

-Kháng điện K₅, K₇:

$$\Delta U^{K5}_{du}\% = \Delta U^{K7}_{du}\% = X_{K5}\% \cdot \frac{I''_{0N10}}{I_{dmK5}} = 12\% \cdot \frac{19,16}{3} = 76,74\% > 60\%$$

-Kháng điện kép K₆, K₈

$$\Delta U^{K5}_{du}\% = \Delta U^{K7}_{du}\% = X_{K5}\% \cdot \frac{I''_{0N10}}{I_{dmK5}} = 8\% \cdot \frac{17,625}{2} = 70,5\% > 60\%$$

Vậy thỏa mãn điều kiện này

c. Kiểm tra ổn định động

-Kháng điện K₅, K₇:

Điều kiện: $i_{xk} < i_{odd} = 53 \text{ (kA)}$

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N10} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 19,16 = 48,77 \text{ [kA]}$$

$$i_{xk} = 48,77 \text{ [kA]} < i_{odd} = 53 \text{ [kA]}$$

Vậy kháng điện K₅, K₇ thỏa mãn điều kiện ổn định động.

-Kháng điện kép K₆, K₈

Điều kiện: $i_{xk} < i_{odd} = 53 \text{ (kA)}$

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N11} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 17,625 = 44,87 \text{ [kA]}$$

$$i_{xk} = 44,87 \text{ [kA]} < i_{odd} = 53 \text{ [kA]}$$

Vậy kháng điện K₆, K₈ thỏa mãn điều kiện ổn định động.

d. Kiểm tra ổn định nhiệt

Vì các kháng điện đã chọn có $I_{dm} > 1000A$ nên không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt.

Vậy kháng điện K₅, K₇, K₆, K₈ đã chọn thỏa mãn tất cả các điều kiện kiểm tra

5.8.4. Kiểm tra ổn định nhiệt cho cáp phụ tải cấp điện áp máy phát 10,5 kV

a. Đối với đường dây nối với kháng điện đơn K₅, K₇

Chiều dài của đoạn cáp là 200m

Điện kháng của đoạn cáp là:

$$X_c = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Trong đó:

- + X_0 là kháng điện trên 1 đơn vị chiều dài, chọn cáp có tiết diện $S = 185 \text{ mm}^2$ thì $X_0 = 0,077 (\Omega/\text{km})$
- + l là chiều dài của cáp, $l = 200\text{m} = 0,2 \text{ km}$

$$X_c^k = 0,077 \cdot 0,2 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0139 [\Omega]$$

- Dòng ngắn mạch tại cuối đoạn cáp:

$$I_N'' = \frac{I_{cb}}{X_H + X_K + X_c^k} = \frac{5,499}{0,067 + 0,22 + 0,0139} = 18,28 [\text{kA}]$$

- Xung lượng nhiệt tính toán của cáp:

$$B_{Ntt} = I_N'' \cdot (t + T_a) = 18,28^2 \cdot (1 + 0,05) = 350,87 [\text{kA}^2\text{S}]$$

- Tiết diện nhỏ nhất mà cáp có thể chịu đựng được khi cáp xảy ra ngắn mạch:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{Ntt}}}{C} = \frac{\sqrt{350,87}}{141} = 0,133 = 133 (\text{mm}^2)$$

Ta thấy: $S_{chọn} = 185 (\text{mm}^2) > S_{min} = 133 (\text{mm}^2)$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

b. Đối với đường dây nối với kháng điện đơn K_6, K_8

Chiều dài của đoạn cáp là 200m

Điện kháng của đoạn cáp là:

$$X_c = 2 \cdot X_0 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

Trong đó:

- + X_0 là kháng điện trên 1 đơn vị chiều dài, chọn cáp có tiết diện $S = 185 \text{ mm}^2$ thì $X_0 = 0,077 (\Omega/\text{km})$
- + l là chiều dài của cáp, $l = 200\text{m} = 0,2 \text{ km}$

$$X_c^k = 2 \cdot 0,077 \cdot 0,2 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0279 [\Omega]$$

- Dòng ngắn mạch tại cuối đoạn cáp:

$$I_N'' = \frac{I_{cb}}{X_H + X_K + X_c^k} = \frac{5,499}{0,092 + 0,22 + 0,0279} = 16,17 [\text{kA}]$$

- Xung lượng nhiệt tính toán của cáp:

$$B_{Ntt} = I_N'' \cdot (t + T_a) = 16,17^2 \cdot (1 + 0,05) = 274,54 [\text{kA}^2\text{S}]$$

- Tiết diện nhỏ nhất mà cáp có thể chịu đựng được khi cáp xảy ra ngắn mạch:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{Ntt}}}{C} = \frac{\sqrt{274,54}}{141} = 0,117 = 117 [\text{mm}^2]$$

Ta thấy: $S_{chọn} = 150 [\text{mm}^2] > S_{min} = 117 [\text{mm}^2]$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

5.9. Chọn máy cắt sau kháng điện đường dây

5.9.1. Điều kiện chọn và kiểm tra

Tương tự chương 4

5.9.2. Đối với đường dây nối với kháng điện K₅, K₇

Dòng điện làm việc cưỡng bức là: $I_{cb}^{K5} = 2,9$ kA.

Tra sách "Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp" của PGS Nguyễn Hữu Khải, ta chọn máy cắt điện có các thông số như bảng sau:

Loại máy cắt điện	$U_{dm}[kV]$	$I_{dm}[A]$	$I_{cdm}[kA]$	$i_{odd}[kA]$	i_{odn}/t_{nh}
MBΠ Đ-10-3200-20	10	3200	20	52	20/4

Bảng 5.18 Thông số máy cắt đường dây nối với kháng điện K₅, K₇

5.9.3. Đối với đường dây nối với kháng điện K₆, K₈

Dòng điện làm việc cưỡng bức là: $I_{cb}^{K6} = 1,61$ kA.

Tra sách "Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp" của PGS Nguyễn Hữu Khải, ta chọn máy cắt điện có các thông số như bảng sau:

Loại máy cắt điện	$U_{dm}[kV]$	$I_{dm}[A]$	$I_{cdm}[kA]$	$i_{odd}[kA]$	i_{odn}/t_{nh}
MTT-10-2000-45T3	10	2000	45	120	45/4

Bảng 5.19 Thông số máy cắt đường dây nối với kháng điện K₆, K₈

5.9.4. Kiểm tra máy cắt đã chọn

a. Kiểm tra ổn định động

-Kháng điện K₅, K₇:

Điều kiện: $i_{xk} < i_{odd} = 52$ [kA]

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N10} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 19,16 = 48,77$$
 [kA]

$$i_{xk} = 48,77$$
 [kA] < $i_{odd} = 52$ [kA]

Vậy kháng điện thỏa mãn điều kiện ổn định động.

-Kháng điện kép K₂, K₄

Điều kiện: $i_{xk} < i_{odd} = 120$ [kA]

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N11} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 17,625 = 44,87$$
 [kA]

$$i_{xk} = 44,87$$
 [kA] < $i_{odd} = 120$ [kA]

Vậy kháng điện thỏa mãn điều kiện ổn định động.

b. Kiểm tra ổn định nhiệt

Vì các kháng điện đã chọn có $I_{dm} > 1000A$ nên không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

5.10. Chọn cuộn dập hồ quang

Nhà máy điện có cấp điện áp máy phát $U = 10,5kV$ là mạng trung tính cách điện đối với đất chỉ cho phép làm việc khi có chạm đất một pha trong mạng nếu dòng điện dung không vượt quá trị số cho phép (30 A đối với mạng $\leq 10kV$, 10 A đối với mạng $\leq 35kV$), khi dòng điện dung lớn hơn, người ta thường dùng cuộn dập hồ quang nối vào điểm trung tính của mạng cách đất.

5.10.1. Điều kiện chọn

Cuộn dập hồ quang được chọn theo điều kiện sau:

$$U_{dm} \geq U_{ph}.$$

$$Q \geq Q_{tt} = n \cdot I_c \cdot U_{ph}.$$

Trong đó:

+ U_{ph} là điện áp pha của mạng, kV.

+ n là hệ số tính đến sự phát triển của mạng chọn bằng 1,25 .

+ I_c là dòng điện chạm đất một pha và được xác định theo công thức kinh nghiệm sau

Đối với đường dây trên không :

$$I_c = \frac{U_d \cdot I_{\Sigma}}{350} [A]$$

Đối với đường dây cáp :

$$I_c = \frac{U_d \cdot l_\Sigma}{10} [A]$$

5.10.2. Chọn cuộn dập hồ quang cho mạng cáp điện áp máy phát 10,5 kV

Phụ tải cáp điện áp máy phát bao gồm :

+ 4 đường dây kép x 20 MW dài 10 km

+ 6 đường dây đơn x 5 MW dài 8 km

Tổng chiều dài đường dây dẫn phụ tải cáp điện áp máy phát:

$$l_\Sigma = 8.10 + 6.8 = 128 [km]$$

Cáp chọn đặt dưới đất có thể lấy bằng 0,2km nên ta có:

$$l_{cáp} = 4.2.0,2 + 6.0,2 = 2,8 [km]$$

Tổng chiều dài đường dây trên không của phụ tải cáp điện áp máy phát:

$$l_K = 128 - 2,8 = 125,2 [km]$$

Dòng điện dung I_c của đường dây trên không:

$$I_{ck} = \frac{U_d \cdot l_{\Sigma k}}{350} = \frac{10,5.125,2}{350} = 3,756 [A]$$

Dòng điện dung I_c của đường dây cáp:

$$I_{cc} = \frac{U_d \cdot l_{\Sigma cáp}}{10} = \frac{10,5.2,8}{10} = 2,94 [A]$$

Dòng điện dung của đường dây phụ tải cáp điện áp máy phát:

$$I_c = I_{ck} + I_{cc} = 3,756 + 2,94 = 6,696 [A]$$

Ta thấy $I_c < 30A$ nên không cần phải đặt cuộn dập hồ quang cho lưới 10,5kV

5.11. Chọn máy biến dòng (BI) và máy biến điện áp (BU)

Các phần tử trong hệ thống điện thường có điện áp cao và dòng điện làm việc lớn, không thể đưa trực tiếp các đại lượng này vào các dụng cụ đo lường, các role, các thiết bị tự động hóa và kiểm tra. Để cung cấp tín hiệu cho các thiết bị trên, người ta dùng các máy biến dòng điện (BI) và các máy biến điện áp (BU), gọi chung là máy biến áp đo lường.

Máy biến dòng điện (BI) là các máy biến áp đo lường, làm nhiệm vụ biến đổi dòng điện lớn cần đo I_1 xuống dòng điện tiêu chuẩn I_2 với tổn hao và sai số nhỏ để cung cấp cho các dụng cụ đo lường, bảo vệ role và tự động hóa trong hệ thống một cách an toàn.

Máy biến điện áp (BU) là máy biến áp đo lường dùng để biến đổi điện áp từ một trị số nào đó U_1 ; về một trị số thích hợp U_2 ; để cung cấp cho các dụng cụ đo lường, bảo vệ role, tự động hóa, kiểm tra cách điện... trong mạng điện.

Ngoài ra nhờ có máy biến áp, máy biến dòng mà các dụng cụ đo lường, các role được cách ly với mạng điện cao U_1 , đảm bảo an toàn cho nhân viên vận hành. Ở đây ta chọn BI, BU cho mạng máy phát $U_{dm} = 10,5 [kV]$, $I_{cb}^{MF} = 3,61 [kA]$ ¹³

5.11.1. Chọn máy biến dòng BI

a. Điều kiện chọn và kiểm tra :

Máy biến dòng BI được chọn theo các điều kiện :

- Điện áp : $U_{dmBI} \geq U_{mg} = 10,5 kV$

- Dòng điện : $I_{dmBI} \geq \frac{I_{cb}}{1,2}$

- Phụ tải : $Z_{2dmBI} \geq Z_2 = r_2$

- Ổn định động : $\sqrt{2} \cdot K_{odd} \cdot I_{ldm} \geq i_{xk}$

¹³ Dòng điện cường bức đầu cực máy phát tính ở chương 4 mục 4.1.1.3

- Ổn định nhiệt : $(k_{nh} \cdot I_{ldm})^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$

b. Tính chọn BI

Ta có: $I_{dmBI} \geq \frac{I_{cb}}{1,2} = \frac{3,61}{1,2} = 3,006 \text{ [kA]}$

Ta chọn BI đặc trong nhà, cả sơ cấp và thứ cấp đều được mắc hình sao và cá thông số như bảng sau:

Loại biến dòng	Điện áp (kV)	Dòng điện định mức (A)		Cấp chính xác	Phụ tải định mức	k_{odd}	i_{odd}	I_{nh} / t_{nh}
		Sơ cấp	Thứ cấp					
ТПШН-10	10	4000	5	0,5	1,2	165	81	31,5/4

Bảng 5.20 Thông số biến dòng BI

c. Tính chọn tiết diện dây dẫn

Tên dụng cụ	Loại	Phụ tải (VA)		
		Pha A	Pha B	Pha C
Ampe kế	Э – 335	0,5	0,5	0,5
Oát mét tác dụng	Д – 335	0,5		0,5
Oát mét phản kháng	Д – 335	0,5		0,5
Oát mét tự dùng tự ghi	H – 348	10		10
Oát mét phản kháng tự ghi	H – 3180	10		10
Oát giờ kế tác dụng	и - 675	2,5	2,5	2,5
Oát giờ kế phản kháng	и - 673M	2,5	2,5	2,5
Tổng công suất		26,5	5,5	26,5

Bảng 5.21 Tiết diện dây dẫn BI

Từ bảng trên ta thấy pha A và pha C mang tải nhiều nhất S=26,5 VA nên lấy số liệu pha A để tính toán

Tổng trở các dụng cụ đo lường mắc vào pha A:

$$Z_{dc} = \frac{S}{I_{2dm}^2} = \frac{26,5}{5^2} = 1,06 \Omega$$

Tổng trở dây nối vào BI đến các dụng cụ đo

$$Z_{dd} = Z_{dmBI} - Z_{dc}$$

Với Z_{dmBI} là tổng trở định mức của BI, $Z_{dmBI} = 1,2 \text{ } [\Omega]$

Z_{dc} là tổng trở các dụng cụ đo $Z_{dc} = 1,06 \text{ } [\Omega]$

Vậy $Z_{dd} = 1,2 - 1,06 = 0,14 \text{ } [\Omega]$

Giả sử dây dẫn có chiều dài là $l = 30 \text{ [m]}$

Ta chọn dây dẫn có $\varsigma = 0,0175 \text{ } [\Omega \text{mm}^2/\text{m}]$

Ta có: $Z_{dd} \approx r_{dd} = \zeta \cdot \frac{l}{F_n} \rightarrow F_n = \frac{\zeta l}{r_{dd}}$

$$\Rightarrow F_n = \frac{0,0175 \cdot 30}{0,14} = 3,75 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Để đảm bảo độ bền cơ ta chọn dây dẫn đồng có $S = 4 \text{ mm}^2$

d. Kiểm tra máy biến dòng đã chọn:

+ Kiểm tra ổn định động

Điều kiện: $\sqrt{2} \cdot K_{\delta dd} \cdot I_{dm} \geq i_{xk}$

Ta có

$$K_{\delta dd} = 165$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} \cdot K_{\delta dd} \cdot I_{dm} = \sqrt{2} \cdot 165 \cdot 4 = 933,381 \text{ [kA]}$$

$$i_{xk} = i_{xkN5} = 143,47 < 933,381$$

$\Rightarrow$ Vây BI đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định động

Kiểm tra ổn định nhiệt

Vì BI có $I_{dm} > 1000 \text{ (A)}$ nên không cần thiết kiểm tra ổn định nhiệt

5.11.2. Chọn máy biến điện áp (BU)

a. Điều kiện chọn

- Điện áp : $U_{dmBU} \geq U_{mang} = 10,5 \text{ kV}$

- Công suất định mức : $S_{2dmBU} \geq S_2 = \sqrt{\Sigma P_{dc}^2 + \Sigma Q_c^2}$

- Cấp chính xác : 0,5

- Vị trí đặt trong nhà

b. Tính chọn công suất BU

Do nhu cầu cung cấp tín hiệu cho các dụng cụ đo lường và để kiểm tra cách điện phía lưới điện có trung tính cách đất phía 10,5kV nên ta chọn BU 3 pha 5 trụ nối theo sơ đồ $Y_0-Y_0-\Delta$

Ta có bảng phụ tải BU như sau:

Tên dụng cụ	Loại	Phụ tải pha AB		Phụ tải pha BC	
		P (W)	Q(Var)	P(W)	Q (Var)
Vôn mét	Э – 378	2			
Oát mét tác dụng	Д – 335	2		2	
Oát mét phản kháng	Д – 335	2		2	
Oát mét tự dùng tự ghi	H – 318	10		10	
Oát mét phản kháng tự ghi	H – 3180	10		10	
Tần số kế	H – 345			10	
Công tơ tác dụng	и - 675	0,66	1,62	0,66	1,62
Công tơ phản kháng	и - 673M	0,66	1,62	0,66	1,62
Tổng công suất		27,32	3,24	35,32	3,24

Bảng 5.22 Thông số phụ tải BU

Từ bảng trên, ta có:

$$S_{pt} = \sqrt{27,32^2 + 3,24^2} = 27,511 \text{ [VA]}$$

$$\cos\varphi_{AB} = \frac{p}{s} = \frac{27,32}{27,511} = 0,993$$

$$S_{ptBC} = \sqrt{35,32^2 + 3,24^2} = 35,468 \text{ [VA]}$$

$$\cos\varphi_{AB} = \frac{p}{s} = \frac{35,32}{35,468} = 0,996$$

Ta thấy phụ tải pha là lớn nhất

$$S_2 = S = \frac{S_{ptAB} + S_{ptBC}}{2} = \frac{27,511 + 35,468}{2} = 31,49 \text{ [VA]}$$

Vậy ta chọn máy biến điện áp (BU) có thông số như bảng

Loại máy biến điện áp	Cấp điện áp (kV)	Điện áp định mức (V)			Cấp chính xác	Công suất định mức (VA)
		Cuộn sơ cấp	Cuộn thứ cấp chính	Cuộc thứ cấp phụ		
HTMи-10-66	10	10000	100	100/3	0,5	120

Bảng 5.23 Thông số máy biến điện áp (BU)

c. Chọn dây dẫn từ BU đến các dụng cụ

- Tổn thất điện áp trên dây dẫn

$$\Delta U \leq \Delta U_{cp} = 0,5\% \text{ (Vì có dùng công tơ)}$$

- Đảm bảo độ bền cơ: tiết diện nhỏ nhất đối với dây dẫn nhôm là 2,5 mm², dây dẫn đồng là 1,5 mm². Chọn dây dẫn bằng đồng có F= 1,5mm²

Giả sử chiều dài dây dẫn từ BU đến các dụng cụ đo là $l=30\text{m}$. Điện trở của dây dẫn là:

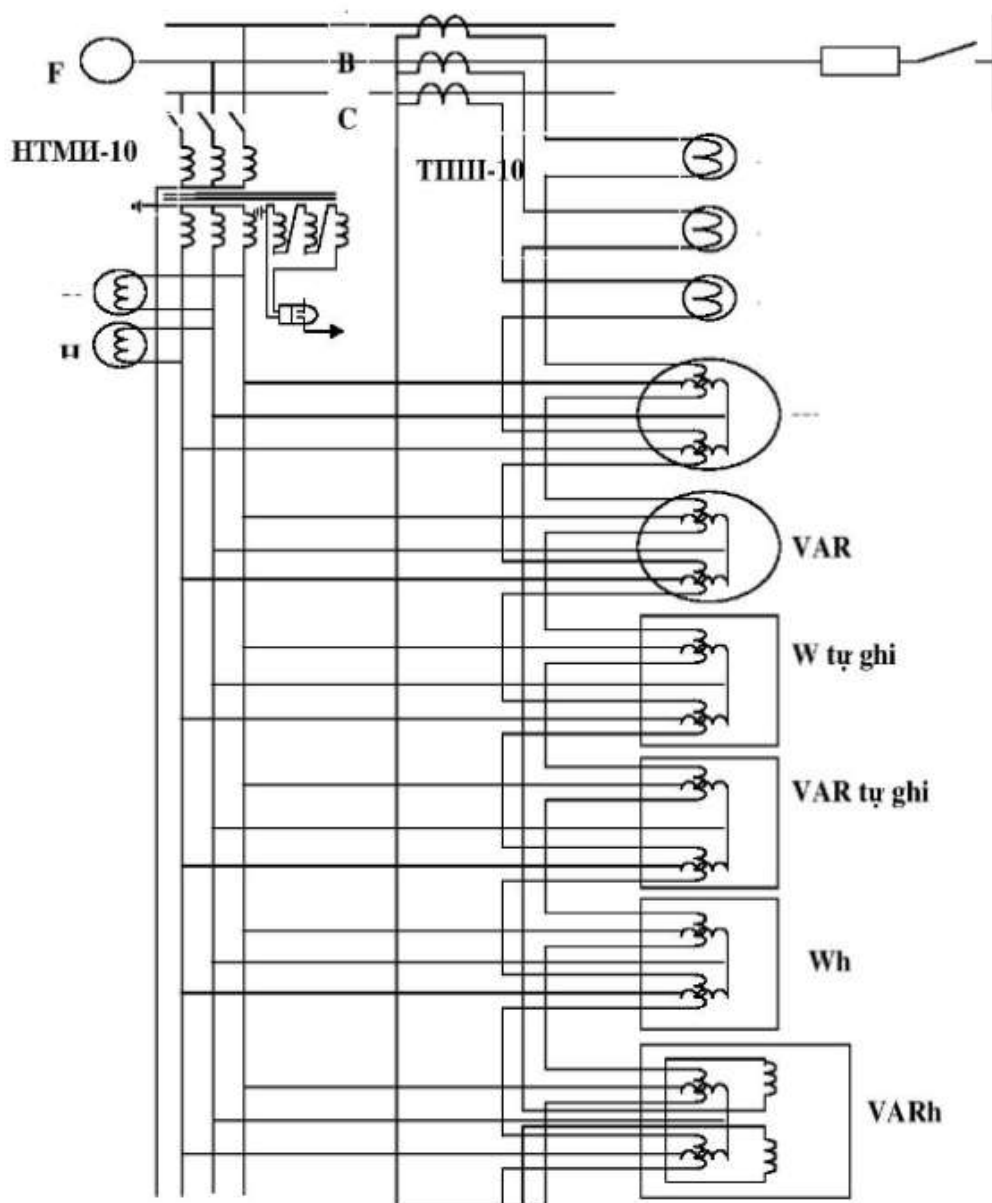
$$r_{dd} = \varsigma \cdot \frac{l}{F} = \frac{0,0175 \cdot 30}{1,5} = 0,35 (\Omega)$$

Vậy tổn thất điện áp trên dây dẫn là:

$$\Delta U\% = \frac{S_2 \cdot r_{dd}}{U^2} \cdot 100 = \frac{31,49 \cdot 0,35 \cdot 100}{100^2} = 0,11\%$$

$$0,11\% < \Delta U_{cp}\%$$

Vậy máy biến áp (BU) đã chọn thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật



CHƯƠNG 6. THIẾT KẾ PHẦN TỰ DÙNG CHO NHÀ MÁY ĐIỆN

6.1. Giới thiệu chung

Trong nhà máy điện ngoài các thiết bị chính như lò hơi, tuabin, máy phát, ... còn có nhiều loại cơ cấu khác nhau để phục vụ hay tự động hóa quá trình công tác của các tổ máy. Tất cả những cơ cấu này cùng với các động cơ điện kéo chúng, mạng điện, thiết bị phân phối, máy biến

áp giảm áp, nguồn năng lượng độc lập, hệ thống điều khiển, tín hiệu, thấp sáng, ... tạo thành hệ thống tự dùng của nhà máy.

Đối với nhà máy điện, công suất tự dùng thường chiếm 5-8% công suất của toàn nhà máy. Ngoài cơ cấu phục vụ cho quá trình công nghệ chính còn có các cơ cấu làm nhiệm vụ bơm cấp nước kỹ thuật, bơm chữa cháy, thiết bị nén khí, máy nạp acquy, hệ thống điều chỉnh, làm mát, bôi trơn.

6.1.1. Chọn sơ đồ nối điện tự dùng

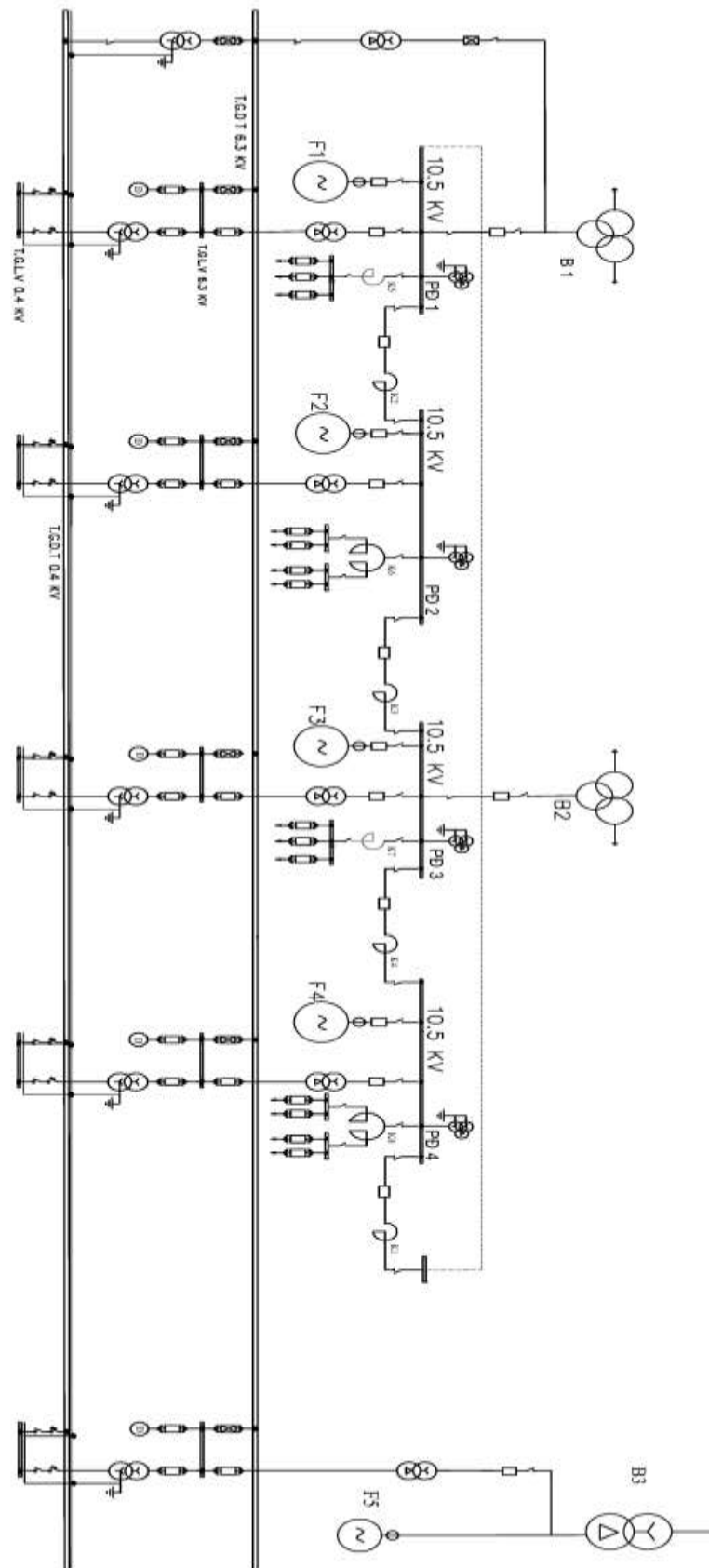
Hệ thống điện tự dùng đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong nhà máy điện và trạm biến áp. Bất kỳ sự cố nào xảy ra trong hệ thống điện tự dùng đều có thể gây gián đoạn hoạt động bình thường của một phần hoặc toàn bộ nhà máy, thậm chí làm lan rộng sự cố ra toàn hệ thống điện. Do đó, sơ đồ nối điện tự dùng cần được thiết kế với độ tin cậy cao, nhằm đảm bảo cung cấp điện liên tục và đầy đủ cho các thiết bị phụ tải quan trọng trong mọi chế độ vận hành.

Bên cạnh yêu cầu về độ tin cậy, hệ thống điện tự dùng cũng cần đảm bảo tính đơn giản trong cấu trúc, dễ vận hành, linh hoạt trong điều khiển, chi phí đầu tư thấp và tiết kiệm chi phí vận hành.

Điện áp tự dùng được sử dụng chủ yếu là cấp 6 kV và 0,4 kV. Cấp 6 kV cung cấp cho các động cơ có công suất lớn hơn 200 kW, cấp 0,4 kV để cung cấp cho các động cơ bé hơn và thấp sáng ... Cấp 3 kV không dùng vì giá thành động cơ 3 kV và 6 kV không chênh lệch nhau bao nhiêu nhưng phí tổn kim loại màu và tổn thất trong mạng 3 kV lớn hơn nhiều so với cấp 6 kV. Hơn nữa dùng cấp 6 kV có các ưu điểm là :

- Tăng được công suất đơn vị của động cơ .
- Tăng được công suất của máy biến áp chính nên có thể chọn được số lượng máy biến áp ít hơn.

Để đảm bảo độ tin cậy trong cung cấp điện ba pha, hệ thống thanh cái tự dùng cần được phân đoạn hợp lý, đồng thời bố trí thêm thanh cái tự dùng dự trữ cho từng cấp điện áp. Máy biến áp tự dùng dự trữ được nối vào máy biến áp liên lạc tại vị trí giữa máy cắt và máy biến áp chính. Cách bố trí này nhằm đảm bảo máy biến áp dự trữ vẫn có thể hoạt động bình thường ngay cả khi một phân đoạn của thiết bị phân phối chính đang được sửa chữa hoặc bảo trì.



Hình 6.1 Sơ đồ nối điện tự dùng

6.2. Chọn số lượng và công suất máy biến áp tự dùng

6.2.1. Máy biến áp tự dùng bậc 1

a. Máy biến áp tự dùng làm việc bậc 1

Công suất định mức của máy biến áp tự dùng làm việc bậc 1 được xác định là:

$$S_{dmTDB1234} \geq S_{TDmax}$$

$$S_{TDmax} = \alpha \cdot S_{dmF1} = 5\% \cdot 62,5 = 3,125(MVA)$$

$$S_{dmTDB1234} \geq 3,125(MVA)$$

b. Máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 1

Do số lượng máy biến áp tự dùng là việc ít nên ta chỉ cần đặt một máy biến áp tự dùng dự trữ.

Máy biến áp tự dùng dự trữ có nhiệm vụ dự trữ cho máy biến áp tự dùng làm việc và bảo đảm cấp điện tự dùng khi dừng hoặc khởi động cho một tổ máy khác. Để đảm bảo điều kiện này, công suất của máy biến áp tự dùng dự trữ phải chọn lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần công suất phụ tải cực đại của tự dùng làm việc:

$$S_{tdatb2B13} \geq 1,5 \cdot S_{tdmax} \Rightarrow S_{tdBAC1} = 1,5 \cdot 3,125 = 4,6875(MVA)$$

Tra bảng thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp (TS-Nguyễn Hữu Khái) ở phụ lục 2 ta được máy biến áp làm việc và máy biến áp dự trữ bậc 1 có các thông số kỹ thuật như bảng sau:

Loại MBA		S_{dm} [MVA]	Số lượng	Điện áp [kV]		Tổn thất [kW]		U_N %	I_0 %
				Cao	Hạ	P_0	P_N		
TM-4000	LV	4	4	10	6,3	5,45	33,5	6,5	0,9
TM-6,3	DT	6,3	1	10	6,3	7,65	46,5	6,5	0,8

Bảng 6.1 Số lượng và công suất máy biến áp tự dùng bậc 1

6.2.2. Máy biến áp tự dùng bậc 2

a. Máy biến áp tự dùng làm việc:

Máy biến áp tự dùng bậc 2 biến đổi từ cấp điện áp 6 kV xuống 0,4 kV, có nhiệm vụ cung cấp điện cho các động cơ 0,4 kV, thấp sáng, tín hiệu,...

Đối với nhà máy nhiệt điện, công suất phụ tải tự dùng bậc 2 chiếm khoảng 10 ÷ 30% công suất tự dùng toàn nhà máy, ta chọn công suất tự dùng bậc 2 là 20% công suất tự dùng toàn nhà máy, được xác định như sau

$$S_{dmTDB78910} \geq \beta \cdot S_{TDF1max}$$

$$\Rightarrow S_{dmTDB5678} = 20\% \cdot 3,125 = 0,625 [MVA]$$

b. Chọn máy biến áp tự dùng bậc 2:

Tương tự như máy biến áp tự dùng bậc 1 công suất của máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 2 được chọn lớn hơn một cấp so với máy biến áp tự dùng bậc 2.

$$S_{TDDTBA2} \geq 1,5 \cdot S_{dmTDB5678}$$

$$\Rightarrow S_{TDDTBA2} = 1,5 \cdot 0,625 = 0,9375 [MVA]$$

Tra phụ lục 2 sách thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp ta chọn được máy biến áp làm việc và máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 2, có các thông số kỹ thuật như sau:

Loại MBA		S_{dm} [MVA]	Số lượng	Điện áp [kV]		Tổn thất [kW]		U_N %	I_0 %
				Cao	Hạ	P_0	P_N		

TC3-1000/10	LV	1	4	6,3	0,4	3	11,2	5,5	1,5
TC3-1600/10	DT	1,6	1	6	0,4	4,2	16	5,5	1,5

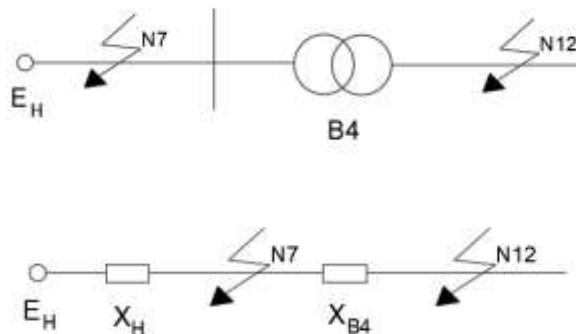
Bảng 6.2 Số lượng và công suất máy biến áp tự dùng bậc 2

6.3. Chọn khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua mạch tự dùng

6.3.1. Xét các điểm ngắn mạch

6.3.1.1. Điểm ngắn mạch N12:

- Mục đích: Dùng để chọn và kiểm tra khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua của mạch hạ áp máy biến áp tự dùng làm việc bậc 1
- Sơ đồ thay thế ngắn mạch:



$$X_H = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7}} = \frac{5,499}{82,137} = 0,067$$

$$X_{B4} = \frac{U_N \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmB}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 4} = 1,625$$

$$X_{\Sigma} = X_H + X_{B4} = 0,067 + 1,625 = 1,692$$

$$I_{cb6,3} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb6,3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,164 [\text{kA}]$$

Từ sơ đồ ta có:

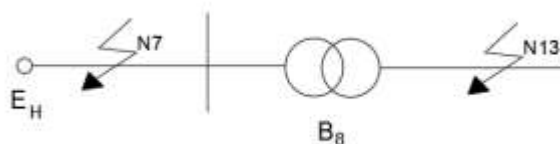
$$I''_{N12} = \frac{I_{cb6,3}}{X_{\Sigma}} = \frac{9,164}{1,692} = 5,42 [\text{kA}]$$

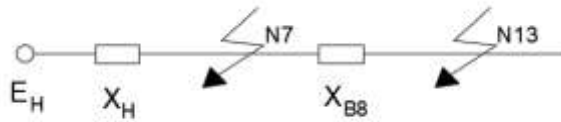
$$i_{xkN12} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N12} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,42 = 13,8 [\text{kA}]$$

$$B_{N12} = I''_{N12}^2 \cdot (t_c + T_a) = 5,42^2 \cdot (1 + 0,05) = 30,85 [\text{kA}^2 \text{s}]$$

6.3.1.2. Điểm ngắn mạch N13

- Mục đích: Dùng để chọn và kiểm tra khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua của mạch hạ áp máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 1
- Sơ đồ thay thế ngắn mạch:





$$X_H = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7}} = \frac{5,499}{82,137} = 0,067$$

$$X_{B4} = \frac{U_N \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmB}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 6,3} = 1,03$$

$$X_{\Sigma} = X_H + X_{B4} = 0,067 + 1,03 = 1,097$$

$$I_{cb6,3} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb6,3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,164 [\text{kA}]$$

Từ sơ đồ ta có:

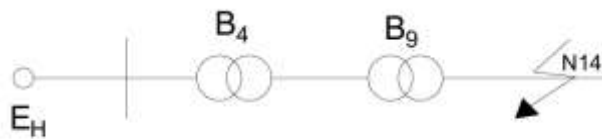
$$I''_{N13} = \frac{I_{cb6,3}}{X_{\Sigma}} = \frac{9,164}{1,097} = 8,35 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN13} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N13} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 8,35 = 21,27 [\text{kA}]$$

$$B_{N13} = I''_{N13}^2 \cdot (t_c + T_a) = 8,35^2 \cdot (1 + 0,05) = 73,21 [\text{kA}^2 \text{s}]$$

6.3.1.3. Điểm ngắn mạch N14:

- Mục đích: Dùng để chọn và kiểm tra khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua của mạch hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2
- Sơ đồ thay thế ngắn mạch:



$$X_H = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7}} = \frac{5,499}{82,137} = 0,067$$

$$X_{B9} = \frac{U_N \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmB}} = \frac{5,5 \cdot 100}{100 \cdot 1} = 5,5$$

$$X_{\Sigma} = X_H + X_{B4} + X_{B9} = 0,067 + 1,03 + 5,5 = 6,597$$

$$I_{cb0,4} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb0,4}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,34 [\text{kA}]$$

Từ sơ đồ ta có:

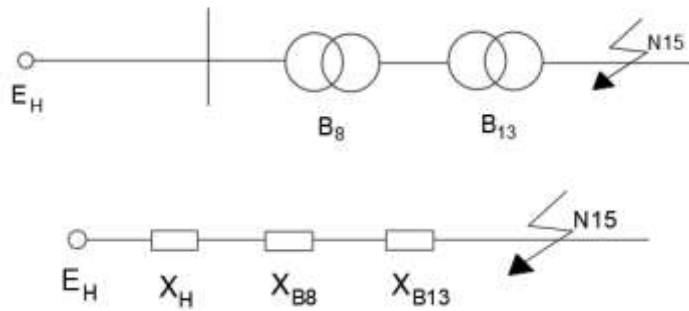
$$I''_{N14} = \frac{I_{cb0,4}}{X_{\Sigma}} = \frac{144,34}{6,597} = 21,88 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN4} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N14} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 21,88 = 55,7 [\text{kA}]$$

$$B_{N14} = I''_{N14}^2 \cdot (t_c + T_a) = 21,88^2 \cdot (1 + 0,05) = 502,67 [\text{kA}^2 \text{s}]$$

6.3.1.4. Điểm ngắn mạch N15

- Mục đích: Dùng để chọn và kiểm tra khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua của mạch hạ áp máy biến áp tự dòng dư trữ bậc 2
- Sơ đồ thay thế ngắn mạch:



$$X_H = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7}} = \frac{5,499}{82,137} = 0,067$$

$$X_{B13} = \frac{U_N \% \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dmB}} = \frac{7,5 \cdot 100}{100 \cdot 1,6} = 4,688$$

$$X_{\Sigma} = X_H + X_{B4} + X_{B13} = 0,067 + 0,75 + 4,688 = 5,5$$

$$I_{cb0,4} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb6,3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,338 [\text{kA}]$$

Từ sơ đồ ta có:

$$I''_{N15} = \frac{I_{cb0,4}}{X_{\Sigma}} = \frac{144,338}{5,5} = 26,24 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN15} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{0N15} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 26,24 = 66,79 [\text{kA}]$$

$$B_{N15} = I''_{N15}^2 \cdot (t_c + T_a) = 26,24^2 \cdot (1 + 0,05) = 722,96 [\text{kA}^2 \text{s}]$$

6.3.2. Chọn máy cắt, dao cách ly

6.3.2.1. Điều kiện chọn

Giống với chương 4

6.3.2.2. Phía cao áp máy biến áp tự dòng bậc 1

1. Máy biếp áp tự dòng làm việc bậc 1

Ta có :

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 4}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,31 [\text{kA}]$$

$$I''_{N7} = 82,1379 [\text{kA}]_{14}$$

$$i_{xkN7} = 213,09 [\text{kA}]$$

Vậy ta chọn dao cách ly và máy cắt có thông số sau:

Loại	Kiểu	U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{cdm} (kA)	I_{odd} (kA)	I_{nh}/t_{nh}
Máy cắt	MT-10-5000/1800	10	5000	105	300	70/10
Dao cách ly	PBK-10/3000	10	3000		200	65/10

¹⁴ Ngắn mạch N7 tính toán ở chương 3 mục 3.1.3.9

Bảng 6.3 Máy cắt, dao cách ly phía cao áp máy biến áp tự dùng làm việc bậc 1

- Kiểm tra ổn định động:

Máy cắt:

$$I_{odd\ mc}=300\text{ kA} > i_{xkN7}=213,09\text{ [kA]}$$

Dao cách ly

$$I_{odd\ dcl}=300\text{ kA} > i_{xkN7}=213,09\text{ [kA]}$$

- Kiểm tra ổn định nhiệt:

Thỏa mãn điều kiện từ 1000 A trở lên nên không cần kiểm tra ổn định nhiệt.

2. Máy biếp áp tự dùng dự trữ bậc 1

Ta có :

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 6,3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,485\text{ [kA]}$$

$$I''_{N7} = 82,1379\text{ [kA]}$$

$$i_{xkN7} = 213,09\text{ [kA]}$$

Vậy ta chọn dao cách ly và máy cắt có thông số sau:

Loại	Kiểu	U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{cdm} (kA)	I_{odd} (kA)	I_{nh}/t_{nh}
Máy cắt	MT-10-5000/1800	10	5000	105	300	70/10
Dao cách ly	PBK-10/3000	10	3000		200	65/10

Bảng 6.4 Máy cắt, dao cách ly phía cao áp máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 1

- Kiểm tra ổn định động:

Máy cắt:

$$I_{odd\ mc}=300\text{ kA} > i_{xkN7}=213,09\text{ [kA]}$$

Dao cách ly

$$I_{odd\ dcl}=300\text{ kA} > i_{xkN7}=213,09\text{ [kA]}$$

- Kiểm tra ổn định nhiệt:

Thỏa mãn điều kiện từ 1000 A trở lên nên không cần kiểm tra ổn định nhiệt.

6.3.2.3. Phía hạ áp máy biến áp tự dùng bậc 1:

1. Phía hạ áp máy biếp áp tự dùng làm việc bậc 1

Ta có :

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 4}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,51\text{ [kA]}$$

$$I''_{N12} = 5,42\text{ [kA]}$$

$$i_{xkN12} = 13,8\text{ [kA]}$$

Vậy ta chọn máy cắt có thông số sau:

Kiểu	U _{dm} (kV)	I _{dm} (A)	I _{cdm} (kA)	I _{ôdd} (kA)
BM II-10-630-20	10	630	20	64

Bảng 6.5 Máy cắt phía hạ áp máy biến áp tự dòng bậc 1

2. Phía hạ áp máy biếp áp tự dòng dư trữ bậc 1

Ta có :

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1,243 [\text{kA}]$$

$$I''_{N13} = 8,35 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN13} = 21,27 [\text{kA}]$$

Vậy ta chọn máy cắt có thông số sau:

Kiểu	U _{dm} (kV)	I _{dm} (A)	I _{cdm} (kA)	I _{ôdd} (kA)
BM II-10-1000-20	10	1000	20	64

Bảng 6.6 Máy cắt phía hạ áp máy biến áp tự dòng dư trữ bậc 1

6.3.2.4. Phía cao áp máy biến áp tự dòng bậc 2

1. Phía cao áp máy biếp áp tự dòng làm việc bậc 2

Ta có :

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,128 [\text{kA}]$$

$$I''_{N12} = 5,42 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN12} = 13,8 [\text{kA}]$$

Vậy ta chọn máy cắt có thông số sau:

Kiểu	U _{dm} (kV)	I _{dm} (A)	I _{cdm} (kA)	I _{ôdd} (kA)
BM II-10-630-20	10	630	20	64

Bảng 6.7 Máy cắt phía cao áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2

2. Phía cao áp máy biếp áp tự dòng dư trữ bậc 2

Ta có :

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 1,6}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,205 [\text{kA}]$$

$$I''_{N13} = 8,35 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN13} = 21,27 [\text{kA}]$$

Vậy ta chọn máy cắt có thông số sau:

Kiểu	U _{dm} (kV)	I _{dm} (A)	I _{cdm} (kA)	I _{ôdd} (kA)
BM II-10-1000-20	10	1000	20	64

Bảng 6.8 Máy cắt phía cao áp máy biến áp tự dòng dư trữ bậc 2

6.3.2.5. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng bậc 2

Đối với cấp điện áp 0,4 kV, ta dùng aptomat. Aptomat là khí cụ điện hạ áp dùng để cắt mạch điện khi có quá tải, ngắn mạch, sụt áp, công suất ngược ...

Điều kiện chọn và kiểm tra aptomat tương tự như máy cắt.

Ta có:

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2,02 [\text{kA}]$$

$$I_{cb}^{lv} = \frac{k_{qtsc} \cdot S_{dmBi}^{lv}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{1,4 \cdot 1,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 3,23 [\text{kA}]$$

$$I''_{N14} = 21,88 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN14} = 55,7 [\text{kA}]$$

$$I''_{N15} = 26,24 [\text{kA}]$$

$$i_{xkN15} = 66,79 [\text{kA}]$$

Loại		U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{Nmax} (kA)
M-23	Làm việc	690	2500	65
M-25	Dữ trữ	690	4000	75

Bảng 6.9 Thông số aptomat phía hạ áp máy biến áp tự dòng bậc 2

Aptomat đã chọn có $I_{dm} > 1000\text{A}$ nên không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

6.3.3. Chọn cáp cho mạch tự dòng

6.3.3.1. Điều kiện chọn và kiểm tra

Dòng điện : $I_{cp} \geq I_{cb}$.

Kiểm tra ổn định nhiệt: $F_{chọn} \geq F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$

6.3.3.2. Phía cao áp máy biến áp tự dòng bậc 1

1. Phía cao áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 1:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 0,484 [\text{kA}] = 484 [\text{A}]$$

Ta chọn 2 dây cáp đồng ba lõi bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu nhựa thông và chất dẻo không cháy, vỏ bằng chì, đặt trong không khí, có tiết diện 240mm^2 , $I_{cp} = 350 \times 2 = 700\text{A}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt :

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_{N7}}}{C} = \frac{\sqrt{127,11}}{141} \cdot 10^3 = 79,96 [\text{mm}^2]$$

$$F = 240 [\text{mm}^2] > 79,96 [\text{mm}^2]$$

Vậy cáp chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

2. Phía cao áp máy biến áp tự dòng dự trữ bậc 1:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 0,77 [\text{kA}] = 770 [\text{A}]$$

Ta chọn 3 dây cáp đồng ba lõi bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu nhựa thông và chất dẻo không cháy, vỏ bằng chì, đặt trong không khí, có tiết diện 240mm^2 , $I_{cp} = 350 \times 3 = 1050\text{A}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt :

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_{N7}}}{C} = \frac{\sqrt{127,11}}{141} \cdot 10^3 = 79,96 [\text{mm}^2]$$

$$F = 240 [\text{mm}^2] > 79,96 [\text{mm}^2]$$

Vậy cáp chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

6.3.3.3. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng bậc 1

1. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 1:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 0,81 [\text{kA}] = 810 [\text{A}]$$

Ta chọn 3 dây cáp đồng ba lõi bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu nhựa thông và chất dẻo không cháy, vỏ bằng chì, đặt trong không khí, có tiết diện 150mm^2 , $I_{cp} = 290 \times 3 = 870\text{A}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt :

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_{N13}}}{C} = \frac{\sqrt{73,21}}{141} \cdot 10^3 = 60,68 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 150 \text{ [mm}^2\text{]} > 60,68 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy cáp chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

2. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 1:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 1,243 \text{ [kA]} = 1243 \text{ [A]}$$

Ta chọn 5 dây cáp đồng ba lõi bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu nhựa thông và chất dẻo không cháy, vỏ bằng chì, đặt trong không khí, có tiết diện 240mm², $I_{cp} = 350 \times 5 = 1450 \text{ A}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt :

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_{N13}}}{C} = \frac{\sqrt{132,18}}{141} \cdot 10^3 = 81,54 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 150 \text{ [mm}^2\text{]} > 81,54 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy cáp chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

6.3.3.4. Phía cao áp máy biến áp tự dòng bậc 2

1. Phía cao áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 0,128 \text{ [kA]} = 128 \text{ [A]}$$

Ta chọn 2 dây cáp đồng ba lõi bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu nhựa thông và chất dẻo không cháy, vỏ bằng chì, đặt trong không khí, có tiết diện 70 mm², $I_{cp} = 125 \times 2 = 250 \text{ A}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt :

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_{N12}}}{C} = \frac{\sqrt{30,85}}{141} \cdot 10^3 = 39,4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 70 \text{ [mm}^2\text{]} > 39,4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy cáp chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

2. Phía cao áp máy biến áp tự dòng dự trữ bậc 2:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 0,205 \text{ [kA]} = 205 \text{ [A]}$$

Ta chọn 1 dây cáp đồng ba lõi bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm dầu nhựa thông và chất dẻo không cháy, vỏ bằng chì, đặt trong không khí, có tiết diện 150 mm², $I_{cp} = 290 \text{ A}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt :

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_{N13}}}{C} = \frac{\sqrt{73,21}}{141} \cdot 10^3 = 60,68 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 150 \text{ [mm}^2\text{]} > 60,68 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy cáp chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt

6.3.3.5. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng bậc 2

1. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 2,02 \text{ [kA]} = 2020 \text{ [A]}$$

Vậy chọn thanh dẫn cứng bằng đồng tiết diện hình máng có số liệu như sau:

Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh W _{yo-yo}	Một thanh		Hai thanh J _{yo-yo}	
					W _{x-x}	W _{y-y}		J _{x-x}	J _{y-y}		
75	35	4	6	520	10,1	2,52	23,7	41,6	6,2	89	2730

Bảng 6.10 Thông số thanh dẫn phía hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2

a. Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

S_{chọn}: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min} : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên C_{cu} = 171 [A²s mm²]

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N14}}}{C} = \frac{\sqrt{502,67}}{171} \cdot 10^3 = 159,01 [mm^2]$$

$$S_{chọn} = 2 \cdot 520 = 1040 [mm^2] > 159,01 [mm^2]$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

b. Kiểm tra ổn định động

Mỗi thanh dẫn hình máng gồm 2 thanh dẫn hình chữ U ghép lại với nhau, nên ứng suất trong thanh dẫn gồm 2 phần δ₁ và δ₂. Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 [Kg/cm^2]$$

Xác định δ₁:

– Lực điện động giữa các pha sinh ra:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 [Kg]$$

Trong đó:

i⁽³⁾_{xk} : là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha [kA] (tại điểm N14)

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn a = 30 [cm]

l₁ : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn l₁ = 100 [cm]

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{30} \cdot 55,7^2 = 186,15 [Kg]$$

– Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{186,15 \cdot 100}{10} = 1861,5 [Kg \cdot cm]$$

– Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{yo-yo} = 23,7 [cm^3]$$

– Ứng suất trong thanh dẫn δ₁ dưới tác động của momen uốn M₁:

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{1861,5}{23,7} = 78,55 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Xác định δ_2 :

- Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 \text{ [Kg]}$$

Trong đó:

h : là chiều cao thanh dẫn ($h = 7,5 \text{ cm}$)

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{7,5} \cdot 55,7^2 = 2,11 \text{ [Kg]}$$

Để ứng suất giảm trên thanh dẫn người ta đặt các miếng đệm cách nhau 1 khoảng l_2 trong khoảng giữa 2 sứ liền kề nhau của 1 pha. Lực tác động lên đoạn thanh dẫn giữa 2 miếng đệm liên tiếp có chiều dài l_2 .

$$F_2 = f_2 \cdot l_2$$

- Momen uốn tác động lên thanh dẫn:

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{12} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12} \text{ [Kg.cm]}$$

- Momen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn:

$$W_2 = W_{y-y} = 2,52 \text{ [cm}^3\text{]}$$

- Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_2 = \frac{2,11 \cdot 120^2}{12 \cdot 2,52} = 1004,76 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

- Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

Trong đó: δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{cp} = 1400 \text{ Kg/cm}$

$$\begin{aligned} \delta_{tt} &= \delta_1 + \delta_2 = 78,55 + 1004,76 \\ &= 1083,31 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} < \delta_{cp} \end{aligned}$$

Vậy ta không cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ mà vẫn đảm bảo điều kiện ổn định động.

c. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi có xét đến dao động

Tần số riêng của thanh dẫn có hình dáng bất kì được xác định như sau:

Trong đó:

l : là độ dài thanh dẫn của 1 nhịp thanh dẫn

E : là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

J : là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn ($J = J_{y_0-y_0} = 89 \text{ cm}^4$).

γ : là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn ($\gamma = 8,93 \text{ g/cm}^3$)

S: tiết diện ngang của thanh dẫn ($S = 2.0,52 = 10,4 \text{ cm}^2$)

$$\text{Vậy: } f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 89 \cdot 10^6}{10,4 \cdot 8,93}} = 365,51 \text{ [Hz]}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 365,51 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được

Vậy thanh gốp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

2. Phía hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2:

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 3,23 \text{ [kA]} = 3230 \text{ [A]}$$

Vậy chọn thanh dẫn cứng bằng đồng tiết diện hình máng có số liệu như sau:

Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh W _{yo-yo}	Một thanh			Hai thanh J _{yo-yo}
					W _{x-x}	W _{y-y}		J _{x-x}	J _{y-y}		
75	35	5,5	6	695	14,1	3,17	30,1	53,1	7.6	113	3250

Bảng 6.11 Thông số thanh dẫn phía hạ áp máy biến áp tự dòng làm việc bậc 2

a. Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

S_{chọn}: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

S_{min}: là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C: là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 171 \text{ [A}^2 \text{s mm}^2\text{]}$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N15}}}{C} = \frac{\sqrt{722,96}}{141} \cdot 10^3 = 190,69 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{chọn} = 2 \cdot 695 = 1390 \text{ [mm}^2\text{]} > 190,69 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

b. Kiểm tra ổn định động

Mỗi thanh dẫn hình máng gồm 2 thanh dẫn hình chữ U ghép lại với nhau, nên ứng suất trong thanh dẫn gồm 2 phần δ_1 và δ_2 . Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Xác định δ_1 :

– Lực điện động giữa các pha sinh ra:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 \text{ [Kg]}$$

Trong đó:

$i_{xk}^{(3)}$: là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha [kA] (tại điểm N15)

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 30$ [cm]

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100$ [cm]

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i_{xk}^{(3)2} = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{30} \cdot 66,79^2 = 267,65 \text{ [Kg]}$$

– Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{186,15 \cdot 100}{10} = 2676,5 \text{ [Kg.cm]}$$

– Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{y_0-y_0} = 30,1 \text{ [cm}^3\text{]}$$

– Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{2676,5}{30,1} = 88,92 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Xác định δ_2 :

– Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i_{xk}^{(3)2} \text{ [Kg]}$$

Trong đó:

h : là chiều cao thanh dẫn ($h = 7,5$ cm)

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i_{xk}^{(3)2} = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{7,5} \cdot 66,79^2 = 3,03 \text{ [Kg]}$$

Để ứng suất giảm trên thanh dẫn người ta đặt các miếng đệm cách nhau 1 khoảng l_2 trong khoảng giữa 2 sứ liên kế nhau của 1 pha. Lực tác động lên đoạn thanh dẫn giữa 2 miếng đệm liên tiếp có chiều dài l_2 .

$$F_2 = f_2 \cdot l_2$$

– Momen uốn tác động lên thanh dẫn:

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{12} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12} \text{ [Kg.cm]}$$

– Momen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn:

$$W_2 = W_{y-y} = 3,17 \text{ [cm}^3\text{]}$$

– Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_2 = \frac{3,03 \cdot 120^2}{12 \cdot 3,17} = 1147 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

– Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

Trong đó: δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{cp} = 1400$ Kg/cm

$$\begin{aligned} \delta_{tt} &= \delta_1 + \delta_2 = 88,92 + 1147 \\ &= 1235,92 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} < \delta_{cp} \end{aligned}$$

Vậy ta không cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ mà vẫn đảm bảo điều kiện ổn định động.

c. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi có xét đến dao động

Tần số riêng của thanh dẫn có hình dáng bất kì được xác định như sau:

Trong đó:

l: là độ dài thanh dẫn của 1 nhịp thanh dẫn

E: là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

J: là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn ($J = J_{yo-yo} = 113 \text{ cm}^4$).

γ : là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn ($\gamma = 8,93 \text{ g/cm}^3$)

S: tiết diện ngang của thanh dẫn ($S = 2.6,95 = 13,9 \text{ cm}^2$)

$$\text{Vậy: } f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 113 \cdot 10^6}{13,9 \cdot 8,93}} = 356,25 \text{ [Hz]}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 356,25 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được

Vậy thanh góp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

6.3.4. Chọn thanh góp cho mạch tự dùng

6.3.4.1. Chọn thanh góp cấp 6,3kV

Chọn thanh góp làm việc và dự trữ cấp 6,3kV giống nhau

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 1243 \text{ [kA]} = 1243 \text{ [A]}$$

Vậy chọn thanh dẫn cứng bằng đồng tiết diện hình máng có số liệu như sau:

Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh		Hai thanh J _{yo-yo}		
					W _{x-x}	W _{y-y}	W _{yo-yo}	J _{x-x}		J _{y-y}	
75	35	4	6	520	10.1	2.52	23.7	41.6	6.2	89	2730

Bảng 6.12 Thông số thanh góp cấp 6,3kV

a. Kiểm tra ổn định nhiệt

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

Schọn: là tiết diện của thanh dẫn cần kiểm tra ổn định nhiệt.

Smin : là tiết diện nhỏ nhất mà thanh dẫn có thể chịu đựng được khi thanh dẫn xảy ra ngắn mạch.

C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 171 \text{ [A}^2\text{s mm}^2\text{]}$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N13}}}{C} = \frac{\sqrt{132,18}}{141} \cdot 10^3 = 81,54 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{chọn} = 2 \cdot 520 = 1040 [mm^2] > 81,54[mm^2]$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

b.Kiểm tra ổn định động

Mỗi thanh dẫn hình máng gồm 2 thanh dẫn hình chữ U ghép lại với nhau, nên ứng suất trong thanh dẫn gồm 2 phần δ_1 và δ_2 . Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 [Kg/cm^2]$$

Xác định δ_1 :

- Lực điện động giữa các pha sinh ra:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 [Kg]$$

Trong đó:

$i^{(3)}_{xk}$: là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha [kA] (tại điểm N13)

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 30$ [cm]

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100$ [cm]

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{30} \cdot 28,56^2 = 48,94 [Kg]$$

- Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{48,94 \cdot 100}{10} = 489,4 [Kg \cdot cm]$$

- Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{y_0-y_0} = 23,7 [cm^3]$$

- Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{489,4}{23,7} = 2,07 [Kg/cm^2]$$

Xác định δ_2 :

- Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 [Kg]$$

Trong đó:

h : là chiều cao thanh dẫn ($h = 7,5$ cm)

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{7,5} \cdot 28,56^2 = 0,55 [Kg]$$

Để ứng suất giảm trên thanh dẫn người ta đặt các miếng đệm cách nhau 1 khoảng l_2 trong khoảng giữa 2 sứ liên kề nhau của 1 pha. Lực tác động lên đoạn thanh dẫn giữa 2 miếng đệm liên tiếp có chiều dài l_2 .

$$F_2 = f_2 \cdot l_2$$

- Momen uốn tác động lên thanh dẫn:

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot l_2}{12} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12} [Kg \cdot cm]$$

- Momen chống uốn của tiết diện ngang thanh dẫn:

$$W_2 = W_{y-y} = 2,52 [cm^3]$$

- Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

$$\sigma_2 = \frac{0,55 \cdot 120^2}{12 \cdot 2,52} = 264,122 \quad [\text{Kg/cm}^2]$$

– Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

Trong đó: δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{cp} = 1400 \text{ Kg/cm}$

$$\begin{aligned} \delta_{tt} &= \delta_1 + \delta_2 = 2,07 + 264,122 \\ &= 266,2 \quad [\text{Kg/cm}^2] < \delta_{cp} \end{aligned}$$

Vậy ta không cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ mà vẫn đảm bảo điều kiện ổn định động.

c. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn khi có xét đến dao động

Tần số riêng của thanh dẫn có hình dáng bất kì được xác định như sau:

Trong đó:

l: là độ dài thanh dẫn của 1 nhịp thanh dẫn

E: là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng

$$E = 1,1 \cdot 10^6 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

J: là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn ($J = J_{y0-y0} = 89 \text{ cm}^4$).

γ : là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn ($\gamma = 8,93 \text{ g/cm}^3$)

S: tiết diện ngang của thanh dẫn ($S = 2,0,52 = 10,4 \text{ cm}^2$)

$$\text{Vậy:} \quad f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 89 \cdot 10^6}{10,4 \cdot 8,93}} = 365,51 \quad [\text{Hz}]$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 365,51 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được

Vậy thanh góp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

6.3.4.2. Chọn thanh góp cấp 0,4kV

Chọn thanh góp làm việc và dự trữ cấp 0,4kV giống nhau

Ta chọn cáp theo điều kiện phát nóng cho phép:

$$I_{cp} \geq I_{cb} = 3,23 \quad [\text{kA}] = 3230 \quad [\text{A}]$$

Vậy chọn thanh dẫn cứng bằng đồng tiết diện hình máng có số liệu như sau:

Bảng Kích thước (mm)				Tiết diện 1 cực (mm ²)	Momen trở kháng (cm ³)		Momen quán tính (cm ⁴)			Dòng điện cho phép cả 2 thanh (A)	
H	b	c	r		Một thanh		Hai thanh W _{yo-yo}	Một thanh		Hai thanh J _{yo-yo}	
					W _{x-x}	W _{y-y}		J _{x-x}	J _{y-y}		
75	35	5,5	6	695	14,1	3,17	30,1	53,1	7,6	113	3250

Bảng 6.13 Thông số thanh góp 0,4kV

Các điều kiện kiểm tra tương tự chọn thanh dẫn phía hạ áp máy biến áp tự dùng bậc 2

6.3.5. Chọn sứ đỡ thanh góp mạch tự dùng

6.3.5.1. Chọn sứ đỡ thanh góp cấp 6,3kV

- Ta có: $F_1 = 48,94$ [kG]

$$h = 75 \text{ (mm)}$$

- Dựa vào Phụ lục 7/trang 252 ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Loại sứ	Điện áp (kV)		Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính (Kg)	Chiều cao (mm)
	Định mức	Duy trì ở trạng thái khô		
OΦ-6-375Y3	6	36	375	100

Bảng 6.14 Thông số sứ đỡ thanh góp cấp 6,3kV

$$\text{- Vậy: } F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H+\frac{h}{2}}{H} = 48,94 \cdot \frac{100+\frac{75}{2}}{100} = 67,3 \text{ [Kg]}$$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 375 = 225 \text{ [Kg]}$$

- Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

6.3.5.2. Chọn sứ đỡ thanh góp cấp 0,4kV

- Ta có: $F_1 = 267,65$ [kG]

$$h = 100 \text{ (mm)}$$

- Dựa vào Phụ lục 7/trang 252 ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Loại sứ	Điện áp (kV)		Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính (Kg)	Chiều cao (mm)
	Định mức	Duy trì ở trạng thái khô		
OΦ-1-7500BYT3	1	11	750	72

Bảng 6.15 Thông số sứ đỡ thanh góp cấp 0,4kV

$$\text{- Vậy: } F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H+\frac{h}{2}}{H} = 267,65 \cdot \frac{72+\frac{75}{2}}{72} = 407,06 \text{ [Kg]}$$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 750 = 450 \text{ [Kg]}$$

- Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

6.3.6. Kiểm tra khả năng tự khởi động của các động cơ

Do ngắn mạch hay các nguyên nhân khác làm cho điện áp giảm thấp thậm chí bằng không, làm cho các động cơ đang làm việc không được cắt ra khỏi lưới và sau khi loại trừ nguyên nhân gây ra sự cố thì đồng thời xảy ra quá trình khởi động động cơ. Điều kiện để động cơ tự khởi

động là tổng công suất tự khởi động có trong cơ cấu tự dùng của nhà máy phải nhỏ hơn tổng công suất của các động cơ điện cho phép tự khởi động, nghĩa là:

$$\sum P_{dm} > P_{tdmax}$$

Trong đó:

$\sum P_{tdm}$ là tổng công suất các động cơ điện có thể tự khởi động máy.

$$\sum P_{tdm} = \frac{(105 - U_d \%) \eta_{tb} \cdot \cos \varphi_{tb} \cdot 100 \cdot S_{dmB}}{U_d \% \cdot I_{KD} \% \cdot (X_K \% + U_N \%)}$$

$U_d \%$ là điện áp trên thanh cái tự dùng trong thời gian động cơ tự mở máy, có thể lấy $U_d \% = (65 \div 70) \%$.

η_{tb} là hiệu suất trung bình của các động cơ, lấy $\eta_d = 0,88 \div 0,92$.

$\cos \varphi_{tb}$ là hệ số công suất trung bình của các động cơ bằng 0,85.

$U_N \%$ là điện áp ngắn mạch của máy biến áp.

$X_K \%$ là điện kháng kháng điện, ở đây $X_K \% = 0$.

$$\sum P_{tdm} = \frac{(105 - 65) \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot S_{dmB}}{65 \cdot 4,8 \cdot U_N \%} = \frac{9,808 \cdot S_{dmB}}{U_N \%}$$

6.3.6.1. Kiểm tra khả năng tự khởi động của các động cơ trên thanh góp 6,3kV

$$\sum P_{dm} = \frac{9,808 \cdot 6,3}{6,5} = 9,506 [\text{MW}]$$

$$\sum P_{tdmax(6,3kV)} = S_{tdmax(6,3kV)} \cdot \cos \varphi_{td} = \frac{15,625}{5} \cdot 0,85 = 2,66 [\text{MW}]$$

Ta thấy $\sum P_{dm} > P_{tdmax}$ nên tất cả các động cơ có thể tự khởi động

6.3.6.2. Kiểm tra khả năng tự khởi động của các động cơ trên thanh góp 0,4kV

$$\sum P_{dm} = \frac{9,808 \cdot 1}{15} = 0,654 [\text{MW}]$$

$$\sum P_{tdmax(6,3kV)} = 15 \% S_{tdmax(6,3kV)} \cdot \cos \varphi_{td} = 15 \% \cdot \frac{15,625}{5} \cdot 0,85 = 0,469 [\text{MW}]$$

Ta thấy $\sum P_{dm} > P_{tdmax}$ nên tất cả các động cơ có thể tự khởi động

KẾT LUẬN

Đồ án tốt nghiệp với đề tài “*Tính toán và thiết kế hệ thống điện cho nhà máy nhiệt điện ngưng hơi*” được xây dựng với mục tiêu thiết kế một hệ thống cung cấp điện ổn định, an toàn và hiệu quả cho toàn bộ phụ tải của nhà máy nhiệt điện có tổng công suất 250 MW (gồm 5 tổ máy, mỗi tổ công suất 50 MW).

Trong quá trình nghiên cứu, đồ án đã đề xuất 5 sơ đồ nối điện khả thi, đồng thời tiến hành phân tích từng phương án về mặt kỹ thuật, vận hành và kinh tế. Trên cơ sở đó, hai phương án tối ưu nhất đã được chọn lựa để phục vụ cho các bước tính toán chi tiết tiếp theo. Các nội dung tính toán bao gồm lựa chọn máy biến áp tự ngẫu và các cuộn dây phù hợp, kiểm tra khả năng vận hành trong điều kiện bình thường cũng như khi xảy ra sự cố. Đồng thời, đồ án cũng đánh giá tổn thất điện năng hàng ngày và hàng năm dựa trên biểu đồ phụ tải và đặc tính kỹ thuật của thiết bị.

Ngoài ra, các tính toán liên quan đến dòng ngắn mạch tại những điểm quan trọng trong hệ thống cũng được thực hiện. Từ đó, các sơ đồ thay thế được xây dựng để phục vụ việc xác định dòng điện ngắn mạch và tính toán xung lượng nhiệt, làm cơ sở lựa chọn thiết bị đóng cắt. Tất cả các phương án đều được đánh giá toàn diện cả về mặt kỹ thuật và chi phí – bao gồm chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành hàng năm. Phương án tối ưu cuối cùng được lựa chọn nhằm mang lại hiệu quả kinh tế cao và đảm bảo khả năng vận hành ổn định.

Bên cạnh đó, đồ án còn thực hiện việc lựa chọn thiết bị điện như máy cắt, dao cách ly, thanh cái, dây dẫn và sứ cách điện. Hệ thống điện tự dùng trong nhà máy cũng được thiết kế để bảo đảm cấp điện liên tục cho các phụ tải nội bộ trong mọi chế độ vận hành.

Toàn bộ nội dung đồ án đã hoàn thành đầy đủ các bước tính toán và thiết kế phần điện của nhà máy nhiệt điện, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và tiêu chí vận hành. Việc lựa chọn phương án tối ưu giúp giảm thiểu tổn thất, nâng cao hiệu quả sử dụng và tiết kiệm chi phí đầu tư cũng như vận hành.

Em xin chân thành cảm ơn PGS.TS Ngô Văn Dưỡng đã tận tình hướng dẫn trong suốt quá trình thực hiện đồ án. Đồng thời, em cũng xin gửi lời cảm ơn đến quý thầy cô trong Khoa Điện – Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng đã tạo điều kiện thuận lợi để em hoàn thành tốt đồ án tốt nghiệp này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS Nguyễn Hữu Khải, *Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội – 2006
- [2] Nguyễn Văn Đạm, *Thiết kế các mạng và hệ thống điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội – 2006
- [3] Ngô Hồng Quang, *Sổ tay lựa chọn và tra cứu thiết bị điện từ 0,4 đến 500 KV*, NXB Khoa Học & Kỹ Thuật – 2007