

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN
CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG ĐIỆN

ĐỀ TÀI:

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN TRONG
NHÀ MÁY ĐIỆN VÀ TÌM HIỂU THIẾT BỊ TỰ
ĐỘNG TRÊN LƯỚI PHÂN PHỐI

Người hướng dẫn: GS.TS. LÊ KIM HÙNG
Sinh viên thực hiện: NGUYỄN ANH HÒA
Số thẻ sinh viên: 105200089
Lớp: 20D1

Đà Nẵng, 06/2025

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Sinh viên: Nguyễn Anh Hòa Lớp: 20D1 MSSV: 105200089

1. Tên đề tài đồ án: Tính toán thiết kế phần điện trong nhà máy điện và Tìm hiểu thiết bị tự động trên lưới phân phối
2. Đề tài thuộc diện: ☐ Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện
3. Các số liệu và dữ liệu ban đầu, giả định:

Phần I: Tính toán, thiết kế phần điện chính trong NMĐ

Nhà máy có nhiệm vụ cung cấp cho các phụ tải sau:

a. Phụ tải ở cấp điện áp máy phát:

- Công suất cực đại $P_{\max} = 80 \text{ MW}$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$.
- Đồ thị phụ tải: hình 1
- Số liệu về đường dây: 4 đường dây kép x 15MW dài 12 km.
4 đường dây đơn x 5MW dài 8 km.

b. Phụ tải cấp điện áp trung: 110 kV.

- Công suất cực đại $P_{\max} = 80 \text{ MW}$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$.
- Đồ thị phụ tải: hình 2
- Số liệu về đường dây: 2 đường dây kép x 20 MW
4 đường dây đơn x 10 MW

c. Phụ tải cấp điện áp cao: 220 kV .

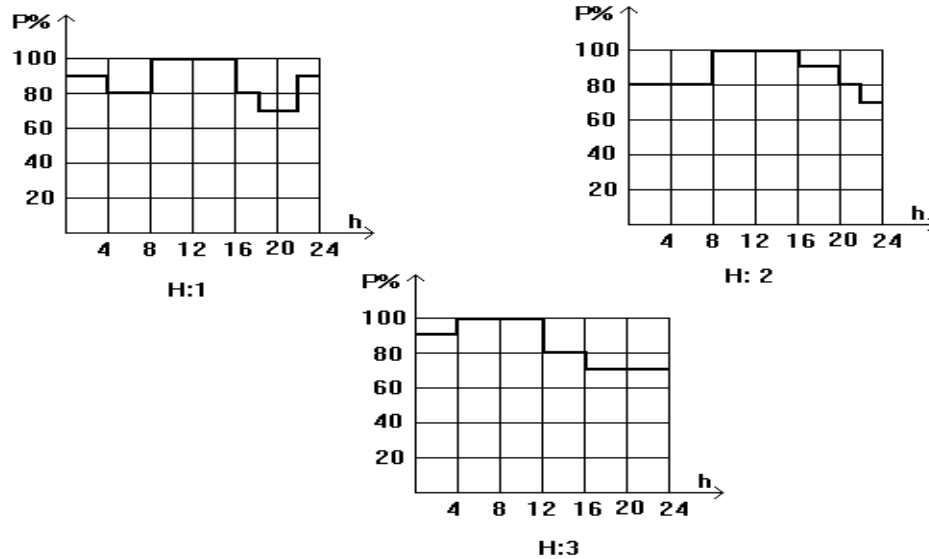
- Công suất cực đại $P_{\max} = 80 \text{ MW}$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$.
- Đồ thị phụ tải: hình 3
- Số liệu về đường dây: 2 đường dây kép x 40 MW.

d. Nhà máy nối với hệ thống: 220 kV.

- Công suất tổng (không tính đến nhà máy đang thiết kế): 2.500MVA.
- Công suất dự trữ: $S_{dt} = 4 \%$.
- Điện kháng ngắn mạch tính đến thanh góp hệ thống: $X_{HT}^* = 0,2$.
- Đường dây liên lạc: Nhà máy liên lạc với hệ thống bằng một đường dây kép dài 100 km.

e. Công suất tự dùng: 4%, $\cos\varphi = 0,85$.

f. Đồ thị phụ tải:



Ghi chú: Đường dây địa phương dung máy cắt có dòng $I_c = 20\text{kA}$.

Phần II: Liên quan đến Tự động hóa LĐ phân phối hoặc tính toán bảo vệ rơ le

Tìm hiểu về thiết bị tự động sử dụng trên Lưới điện phân phối hoặc tính toán bảo vệ rơ le cho đường dây giả định nối từ TG 110kV.

4. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

Phần I thực hiện các nội dung: Tính toán cân bằng công suất, chọn sơ đồ nối điện, chọn máy biến áp, tính tổn thất điện năng trong máy biến áp, tính chọn kháng điện phân đoạn, tính toán ngắn mạch, tính chọn khí cụ điện và các phần có dòng điện chạy qua cho cấp điện áp máy phát. Lựa chọn sơ đồ nối dây và tính chọn mạch máy biến áp tự dùng cho nhà máy thiết kế.

Phần II thực hiện các nội dung: Tìm hiểu tính toán bảo vệ rơ le trên đường dây phía 110kV; tìm hiểu nguyên tắc, cấu trúc; các yếu tố ảnh hưởng đến sự hoạt động của bảo vệ; Cách tính toán chỉnh định các thông số chỉnh định (trước khi đưa vào vận hành); mô phỏng sự làm việc của thiết bị trên 1 sơ đồ cụ thể thực tế trong tình trạng ngắn mạch.

5. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ): Trình chiếu bằng slide.

6. Họ tên người hướng dẫn: GS.TS. Lê Kim Hùng

7. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 28/02/2025

8. Ngày hoàn thành đồ án: 12/06/2025

Trưởng Bộ môn Hệ thống Điện

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Người hướng dẫn

TÓM TẮT

Đất nước ta đang bước vào thời kì công nghiệp hóa, hiện đại hóa, ngành điện giữ một vai trò rất quan trọng trong việc phát triển nền kinh tế của đất nước. Trong cuộc sống hiện đại, điện năng rất cần cho cuộc sống sinh hoạt và phục vụ sản xuất.

Nền kinh tế càng phát triển thì nhu cầu điện năng càng tăng lên. Nhiệm vụ đặt ra cho ngành điện là phải đáp ứng kịp thời nhu cầu điện năng ngày càng tăng đó. Vì vậy việc xây dựng và mở rộng thêm các nhà máy điện, các trạm biến áp và các đường dây tải điện là không thể thiếu đối với mỗi quốc gia. Việc giải quyết đúng đắn vấn đề kinh tế - kỹ thuật trong thiết kế nhà máy điện các trạm biến áp,... sẽ mang lại lợi ích không nhỏ đối với nền kinh tế quốc dân nói chung cũng như hệ thống điện nói riêng.

Xuất phát từ nhu cầu thực tế cùng những kiến thức chuyên ngành đã được học, em đã lựa chọn thực hiện Đồ án tốt nghiệp Nhà máy Nhiệt điện với nội dung sau:

A. **Phần I:** Tính toán, thiết kế phần điện trong nhà máy Nhiệt điện ngưng hơi,

Công suất: 240MW, gồm 4 tổ máy công suất: 60MW

B. **Phần II:** BVRL: Tìm hiệu tính toán bảo vệ rơ le

LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian thực hiện đồ án tốt nghiệp, em đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, đóng góp ý kiến và chỉ bảo nhiệt tình của thầy cô và bạn bè.

Em xin chân thành cảm ơn quý Thầy Cô trong bộ môn hệ thống điện, trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng, đặc biệt là thầy GS.TS. Lê Kim Hùng đã dành nhiều thời gian quý báu, tận tình hướng dẫn em hoàn thành đồ án này đúng thời hạn mà bộ môn đã đề ra.

Do thời gian và kiến thức còn hạn chế, trong quá trình hoàn thiện đồ án không tránh khỏi những sai sót. Kính mong quý thầy/cô chỉ bảo thêm.

Em xin chân thành cảm ơn!

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, dưới sự hướng dẫn khoa học của GS.TS. Lê Kim Hùng. Các kết quả nêu trong đồ án là trung thực và chưa từng công bố trong bất kỳ một công trình nghiên cứu nào.

Tôi cam đoan không vi phạm liên chính học thuật. Các tham khảo dùng trong đồ án đều được trích dẫn rõ ràng.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Anh Hòa

MỤC LỤC

TÓM TẮT 4

LỜI CẢM ƠN 5

LỜI CAM ĐOAN 5

A. PHẦN I: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN TRONG NHÀ MÁY NHIỆT
ĐIỆN NGỪNG HỒI. 12

CHƯƠNG 1: CÂN BẰNG CÔNG SUẤT, ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN TÍNH TOÁN
12

1.1. Chọn máy phát điện:	12
1.2. Tính toán cân bằng công suất:	12
1.2.1. Phụ tải cấp điện áp máy phát (10,5 KV):	12
1.2.2. Phụ tải cấp điện áp trung (110 KV):	13
1.2.3. Phụ tải cấp điện áp cao (220 KV):	14
1.2.4. Công suất tự dùng trong nhà máy:	14
1.2.5. Công suất dự trữ quay của hệ thống nối với phía cao áp:	15
1.2.6. Bảng tổng hợp phân bố công suất trong toàn nhà máy:	15
1.3. Đề xuất phương án tính toán:	16
1.3.1. Phương án I:	17
1.3.2. Phương án II:	18
1.3.3. Phương án III:	18
1.3.4. Nhận xét chung:	19
1.4. Kết luận chương 1	19

CHƯƠNG 2: CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ TÍNH TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG 20

2.1. Chọn máy biến áp:	20
2.2. Chọn máy biến áp cho phương án I:	20
2.2.1. Chọn máy biến áp liên lạc B1, B2:	20
2.2.2. Kiểm tra quá tải máy biến áp đã chọn của phương án 1:	21
2.2.3. Kết luận:	21
2.3. Tính tổn thất điện năng qua máy biến áp liên lạc B1, B2:	21
2.4. Chọn điện kháng trong từng phân đoạn:	23
2.4.1 Chọn kháng điện phân đoạn cho phương án 1	23
2.4.2. Chọn kháng điện :	25
2.4.3. Kiểm tra tổn thất điện áp :	25
2.5. Kết luận chương 2	25

CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 27

3.1. Mở đầu	27
3.2. Tính toán ngắn mạch cho phương án.....	27
3.2.1. Sơ đồ tính toán:	27
3.2.2. Các điểm ngắn mạch:	27
3.2.3 Sơ đồ thay thế:.....	28
3.3. Tính toán các thông số của sơ đồ thay thế:.....	28
3.3.1. Các đại lượng cơ bản:	28
3.3.2. Các thông số của sơ đồ thay thế:.....	29
3.4. Tính toán dòng ngắn mạch:	29
3.4.1. Điểm ngắn mạch N1:	29
3.4.2. Điểm ngắn mạch N2:	31
3.3.4 Điểm ngắn mạch N4:	33
3.4.5. Điểm ngắn mạch N5, N6(vì các máy phát là như nhau):.....	35
3.4.6. Điểm ngắn mạch N ₄ ':.....	36
3.4.7. Điểm ngắn mạch N ₅ ':.....	38
3.4.8. Điểm ngắn mạch N ₆ ':.....	41
3.4.9. Điểm ngắn mạch N ₃ :	42
3.4.10. Điểm ngắn mạch N ₇ :	43
3.4.11. Điểm ngắn mạch N ₈ :	43
3.5. Xác định xung lượng nhiệt của dòng ngắn mạch	44
3.6. Kết luận chương 3.....	45
CHƯƠNG 4: CHỌN KHÍ CỤ ĐIỆN VÀ THIẾT BỊ CÓ DÒNG ĐIỆN CHẠY QUA	
46	
4.1. Điều kiện chung:	46
4.1.1. Loại khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua.	46
4.2 .Dòng điện làm việc cưỡng bức.	47
4.2.1. Các mạch phía cao áp 220kV.....	47
4.2.2. Các mạch phía trung áp 110kV	47
4.2.3. Các mạch phía hạ áp 10,5 kV	48
4.3. Chọn máy cắt và dao cách ly	48
4.3.1. Điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt.....	48
4.3.2. Điều kiện chọn và kiểm tra dao cách ly	48
4.4. Chọn thanh góp, thanh dẫn, cáp điện lực cấp điện áp máy phát.....	49
4.4.1. Chọn thanh góp cấp điện áp máy phát	49
4.4.2. Chọn thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp cấp điện áp máy phát.	53

4.4.3.Chọn thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến hạ áp máy biến áp:	56
4.4.4. Chọn cáp cho phụ tải địa phương:	59
4.5. Chọn sứ cách điện	61
4.5.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	62
4.5.2. Chọn sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát.	62
4.5.3. Sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5 KV:	62
4.5.4. Sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc(phần trong nhà):	63
4.5.5. Chọn sứ xuyên tường:	63
4.6. Chọn kháng điện cho đường dây:	64
4.6.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	64
4.6.2. Tính toán phân bố công suất qua kháng	64
4.6.3. Tính toán chọn giá trị $X_k\%$:	65
4.6.4. Kiểm tra kháng điện đã chọn:	67
4.7. Chọn máy cắt sau kháng điện đường dây:	69
4.7.1. Điều kiện chọn và kiểm tra	69
4.8. Chọn cuộn dập hồ quang:	70
4.8.1. Điều kiện chọn	70
4.8.2. Chọn cuộn dập hồ quang cho mạng cấp điện áp máy phát 10,5 kV:	71
4.9. Chọn máy biến dòng (BI) và máy biến điện áp(BU)	71
4.9.1. Chọn máy biến dòng (BI):	72
4.9.2. Chọn máy biến điện áp (BU)	73
4.10. Kết luận chương 4	75
CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ PHẦN TỰ DỪNG CHO NHÀ MÁY ĐIỆN	76
5.1. Giới thiệu chung	76
5.2. Chọn sơ đồ chính của hệ thống tự dừng:	76
5.3. Chọn số lượng và công suất tự dừng:	76
5.3.1. Máy biến áp tự dừng bậc 1:	76
5.3.2. Chọn máy biến áp tự dừng bậc 2:	77
5.4. Kết luận chương 5	77
B.PHẦN II: TÌM HIỂU TÍNH TOÁN BẢO VỆ RƠ LE	79
CHƯƠNG 1:TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG BẢO VỆ ROLE VÀ TÌNH HÌNH SỰ CỐ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI	79
1.1. Tổng quan về hệ thống role bảo vệ	79
1.1.1. Nhiệm vụ và yêu cầu cơ bản của mạch bảo vệ role	79

1.1.2. Các bộ phận đo lường của hệ thống bảo vệ	79
1.2. Các dạng sự cố và bảo vệ để bảo vệ đường dây tải điện:	82
1.3. Kết luận chương 1	82
CHƯƠNG 2: TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CÀI ĐẶT CHO RƠ LE BẢO VỆ	
KHOẢNG CÁCH ĐƯỜNG DÂY PHÍA 110kV	84
2.1. Bảo vệ khoảng cách	84
2.1.1. Nguyên tắc hoạt động	84
2.1.2. Đặc tính thời gian	84
2.1.3. Sơ đồ bảo vệ khoảng cách	84
2.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự làm việc của bảo vệ khoảng cách.	85
2.2. Các thông số cần phục vụ cho tính toán đường dây (đối tượng bảo vệ là đường dây đơn phía trung áp 110 kV)	88
2.2.1. Đường dây D1,D2	88
2.2.2. Chế độ làm việc bình thường	88
2.2.3. Chế độ sự cố ngắn mạch	88
2.3. Tính toán bảo vệ khoảng cách	89
2.3.1. Nguyên lý làm việc	89
2.3.2. Đặc tính bảo vệ của bảo vệ khoảng cách	89
2.3.3. Tính toán trị số đặt cho F21	90
2.4. Triển khai và tính toán bảo vệ đường dây trên phần mềm ETAP	90
2.5. Nhận xét và đánh giá	94
2.5.1. Nhận xét	94
2.5.2. Đánh giá	94
2.6. Kết luận chương 2	94
KẾT LUẬN	96
TÀI LIỆU THAM KHẢO	97

DANH SÁCH CÁC BẢNG VÀ HÌNH VẼ
PHẦN I: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN TRONG NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NGỪNG HỒI

Bảng 1.1: Các tham số chính của máy phát điện	12
Bảng 1.2: Phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát	13
Bảng 1.3: Phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát	14
Bảng 1.4: Phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát	14
Bảng 1.5: Phân bố công suất phụ tải điện áp tự dùng	14
Bảng 1.6: Số liệu cân bằng công suất của toàn nhà máy theo thời gian trong một ngày	15
Bảng 2.1: Thông số máy biến áp	21
Bảng 2.2: Công suất truyền qua từng cuộn dây MBA tự ngẫu	22
Bảng 2.3: Thông số các kháng điện phân đoạn K1,K2,K3,K4	25
Bảng 3.1: Bảng kết quả tính toán ngắn mạch	43
Bảng 3.2 Tổng hợp thông số tính toán lượng nhiệt	44
Bảng 4.1: Thông số máy cắt	49
Bảng 4.2: Thông số dao cách ly	49
Bảng 4.3 Thông số thanh góp cấp điện áp máy phát:	50
Bảng 4.4: Thông số thanh dẫn đầu cực máy phát.	53
Bảng 4.5: Thông số thanh dẫn mạch hạ áp máy biến áp.	56
Bảng 4.6: Thông số sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát	62
Bảng 4.7: Thông số sứ đỡ sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5KV	63
Bảng 4.8: Thông số sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc(phần trong nhà)	63
Bảng 4.9: Thông số xứ xuyên	63
Bảng 4.10 :Phụ tải BU	74
Bảng 5.1:Thông số máy biến áp tự dùng bậc 1	77
Bảng 5.2:Thông số máy biến áp tự dùng bậc 2	77
Hình 1.1: Đồ thị phụ tải cấp điện áp máy phát	13
Hình 1.2: Đồ thị phụ tải cấp điện áp trung	13
Hình 1.3: Đồ thị phụ tải cấp điện áp cao	14
Hình 1.4: Đồ thị phụ tải tổng hợp của nhà máy	16
Hình 1.5: Sơ đồ nối điện phương án I	17
Hình 1.6: Sơ đồ nối điện phương án II	18
Hình 1.7: Sơ đồ nối điện phương án III	19

Hình 3.1: Sơ đồ tính toán	27
Hình 3.2: Sơ đồ thay thế	28
Hình 3.3: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N1	30
Hình 3.4: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N2	32
Hình 3.5: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N4	34
Hình 3.6: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N5,N6	35
Hình 3.7: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N4'	37
Hình 3.8: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N5'	39
Hình 3.9: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N6'	41
Hình 4.1: Tiết diện mặt cắt thanh dẫn hình máng	50

PHẦN II: TÌM HIỂU TÍNH TOÁN BẢO VỆ RƠ LE

Bảng 1.1: Cấp chính xác của TI	80
Bảng 1.2: Cấp chính xác dùng cho bảo vệ của TU	82
Hình 1.1: Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế máy biến dòng	80
Hình 1.2 : Đường cong từ hoá (a) và quan hệ của dòng điện sơ cấp i_S , từ thông F , từ cảm B và sức điện động thứ cấp e_T theo thời gian (b).	81
Hình 2.1: Đặc tính thời gian nhiều cấp của bảo vệ khoảng cách	84
Hình 2.2: Sơ đồ nguyên lý 1 pha của bảo vệ khoảng cách	85
Hình 2.3a: Sơ đồ ảnh hưởng của điện trở quá độ đến sự làm việc của rơle tổng trở.	86
Hình 2.3b: Tổng trở ở đầu cực rơle.	86
Hình 2.4: Ảnh hưởng của hệ số phân bố dòng KI đến sự làm việc của rơle tổng trở đặt tại trạm A.	87
Hình 2.5: Ảnh hưởng của máy biến áp có tổ nối dây Y/ Δ đến sự làm việc của rơle tổng trở.	87
Hình 2.6: Sơ đồ tính toán ngắn mạch phục vụ việc bảo vệ đường dây	89
Hình 2.7: Xây dựng kết nối trong Etap.	91
Hình 2.8. Tính toán thông số nhập vào rơle khoảng cách trên phần mềm EXCEL	91
Hình 2.9. Cài đặt thông số cho relay khoảng cách	92
Hình 2.10: Tạo sự cố trên đường dây truyền tải	92
Hình 2.11: Thời gian tác động của rơle	93
Hình 2.12: Đường đặc tuyến của rơle khoảng cách	93
Hình 2.13: Kết quả mô phỏng từ ETAP	94

A. PHẦN I: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ PHẦN ĐIỆN TRONG NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NGUỒN HỒI.

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 NGUỒN HỒI, Công suất: 240MW, gồm có: 4 tổ máy, mỗi tổ máy 60MW. Việc chọn số lượng và công suất máy phát cần chú ý các điểm sau đây:

- + Máy phát có công suất càng lớn thì vốn đầu tư lớn, tiêu hao nhiên liệu để sản xuất ra một đơn vị điện năng và chi phí vận hành hàng năm càng nhỏ. Nhưng về mặt cung cấp điện thì đòi hỏi công suất của máy phát lớn nhất không được lớn hơn dự trữ quay về của hệ thống.
- + Để thuận tiện trong việc xây dựng cũng như vận hành về sau nên chọn máy phát cùng loại.
- + Chọn điện áp định mức của máy phát lớn thì dòng định mức và dòng ngắn mạch ở cấp điện áp này sẽ nhỏ, do đó dễ dàng chọn khí cụ điện hơn.
- + Với công suất của các tổ máy đã có nên ta chỉ việc chọn máy phát có công suất tương ứng mỗi tổ là: 60MW.
- + Ta chọn cấp điện áp máy phát là 10,5KV vì cấp điện áp này thông dụng.
- + TLTK [1]: Theo phụ lục II trang 99, 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	I _{dm}	x _d ^{''}	x _d [']	x _d
TBφ-60-2	3000	75	60	10,5	0,8	4,125	0,146	0,22	2,691

Như vậy, công suất đặt toàn nhà máy là:

$$S_{NM} = 4 \times 75 = 300 \text{ MVA}$$

1.2. Tính toán cân bằng công suất:

Việc tính toán cân bằng công suất trong nhà máy điện giúp ta xây dựng được đồ thị phụ tải tổng cho nhà máy.

Từ đồ thị phụ tải tổng của nhà máy điện, ta có thể định lượng công suất cần tải cho các phụ tải ở các cấp điện áp tại các thời điểm và đề xuất các 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 $P_{\max} = 80\text{MW}$.

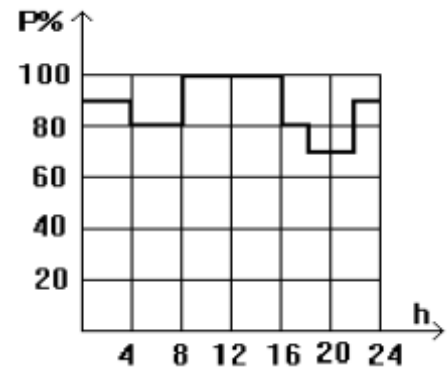
Hệ số công suất $\cos \varphi = 0,85$.

Đồ thị phụ tải (P%) như hình 1.1

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

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

Hình 1.1: Đồ thị phụ tải cấp điện áp máy phát



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 theo thời gian

$P_{UF\max}$, $\cos\varphi_{UF}$: 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 Hình 1.1, ta có bảng phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát như bảng 1.2

Bảng 1.2: Phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát

t(h)	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 8	8 ÷ 16	16 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 24
P%	90	90	80	100	80	70	90
$S_{UF}(t)$	84,71	84,71	75,294	94,118	75,294	65,882	84,71

1.2.2. Phụ tải cấp điện áp trung (110 KV):

Công suất cực đại $P_{\max} = 80\text{ MW}$.

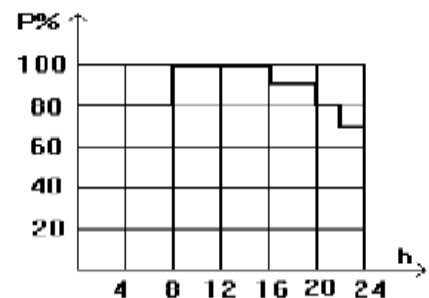
Hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$.

Đồ thị phụ tải (P%) như hình 1.2

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

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

Hình 1.2: Đồ thị phụ tải cấp điện áp trung



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

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

Áp dụng công thức (1.2) kết hợp Hình 1.2, ta có bảng phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát như bảng 1.3

Bảng 1.3: Phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát

t(h)	0 ÷ 8	8 ÷ 16	16 ÷ 20	20 ÷ 22	22 ÷ 24
P%	80	100	90	80	70
S _{UT} (t)	80	100	90	80	70

1.2.3. Phụ tải cấp điện áp cao (220 KV):

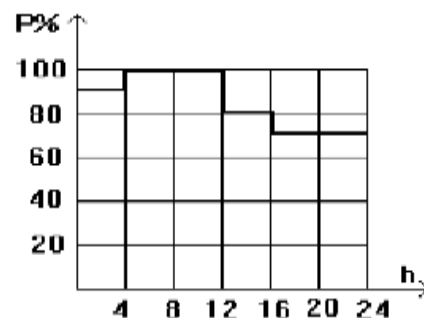
Công suất cực đại $P_{\max} = 80$ MW.

Hệ số công suất $\cos \varphi = 0,85$.

Đồ thị phụ tải (P%) như hình 1.3

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

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



Hình 1.3: Đồ thị phụ tải cấp điện áp cao

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

$P_{UC\max}$, $\cos \varphi_{UC}$: là công suất cực đại và hệ số công suất phụ tải cấp điện áp cao
 Áp dụng công thức (1.3) kết hợp Hình 1.3, ta có bảng phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát như bảng 1.4

Bảng 1.4: Phân bố công suất phụ tải cấp điện áp máy phát

t(h)	0 ÷ 4	4 ÷ 12	12 ÷ 16	16 ÷ 24
P%	90	100	80	70
S _{UC} (t)	84,71	94,118	75,294	65,882

1.2.4. Công suất tự dùng trong nhà máy:

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

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

Trong đó:

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

α : là hệ số tự dùng cho nhà máy, $\alpha = 4\%$

$S_F(t)$: là công suất phát của nhà máy

S_{NM} : là công suất đặt toàn nhà máy, $S_{NM} = 300$ MVA

Vì nhà máy không phát công suất thừa cho hệ thống:

$$\Rightarrow S_F(t) \approx S_{UF}(t) + S_{UT}(t) + S_{UC}(t)$$

Bảng 1.5: Phân bố công suất phụ tải điện áp tự dùng

t(h)	0 ÷ 4	4 ÷ 8	8 ÷ 12	12 ÷ 16	16 ÷ 18	18 ÷ 20	20 ÷ 22	22 ÷ 24
------	-------	-------	--------	---------	---------	---------	---------	---------

$S_F(t)$	249,42	249,412	288,236	269,412	231,176	221,764	211,764	201,764
$S_{td}(t)$	10,786	10,786	11,718	11,266	10,348	10,122	9,882	9,642

1.2.5. Công suất dự trữ quay của hệ thống nối với phía cao áp:

Công suất dự trữ quay của hệ thống được xác định theo công thức sau

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

Trong đó:

$$S_{dtHT} = S_{dt1} \% . S_{HT} = 4\% . 2500 = 100(\text{MVA})$$

$$S_{dtNM} = S_{NM} - \Sigma S_{pt}$$

$$= S_{NM} - (S_{UFmax} + S_{UTmax} + S_{UCmax} + S_{tdmax})$$

$$= 300 - (94,118 + 100 + 94,118 + 11,718) = 0,046(\text{MVA})$$

$$S_{dtHT\Sigma} = S_{dtHT} + S_{dtNM} = 100 + 0,046 = 100,046(\text{MVA})$$

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

Nhà máy ta liên hệ với hệ thống và luôn phát hết công suất. Với phụ tải luôn tiến động theo thời gian vì vậy giữa nhà máy và hệ thống có liên hệ với nhau 1 lượng công suất và được xác định như sau:

$$S_{th} = S_{NM} - [S_{UF}(t) + S_{UT}(t) + S_{UC}(t) + S_{td}(t)] = S_{NM} - S_{\Sigma}(t)$$

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

Bảng 1.6: Số liệu cân bằng công suất của toàn nhà máy theo thời gian trong một ngày

t(h)	0÷4	4÷8	8÷12	12÷16	16÷18	18÷20	20÷22	22÷24
$S_{UF}(t)$	84,71	75,294	94,118	94,118	75,294	65,882	65,882	84,71
$S_{UT}(t)$	80	80	100	100	90	90	80	70
$S_{UC}(t)$	84,71	94,118	94,118	75,294	65,882	65,882	65,882	65,882
$S_{td}(t)$	10,786	10,786	11,718	11,266	10,348	10,122	9,882	9,642
$\Sigma S_{pt}(t)$	260,206	260,198	299,954	280,678	241,524	231,886	221,646	211,406
S_{NM}	300	300	300	300	300	300	300	300
$S_{th}(t)$	39,794	39,802	0,046	19,322	58,476	68,114	78,354	88,594

Đồ thị phụ tải tổng của nhà máy như Hình 1.4 sau:

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

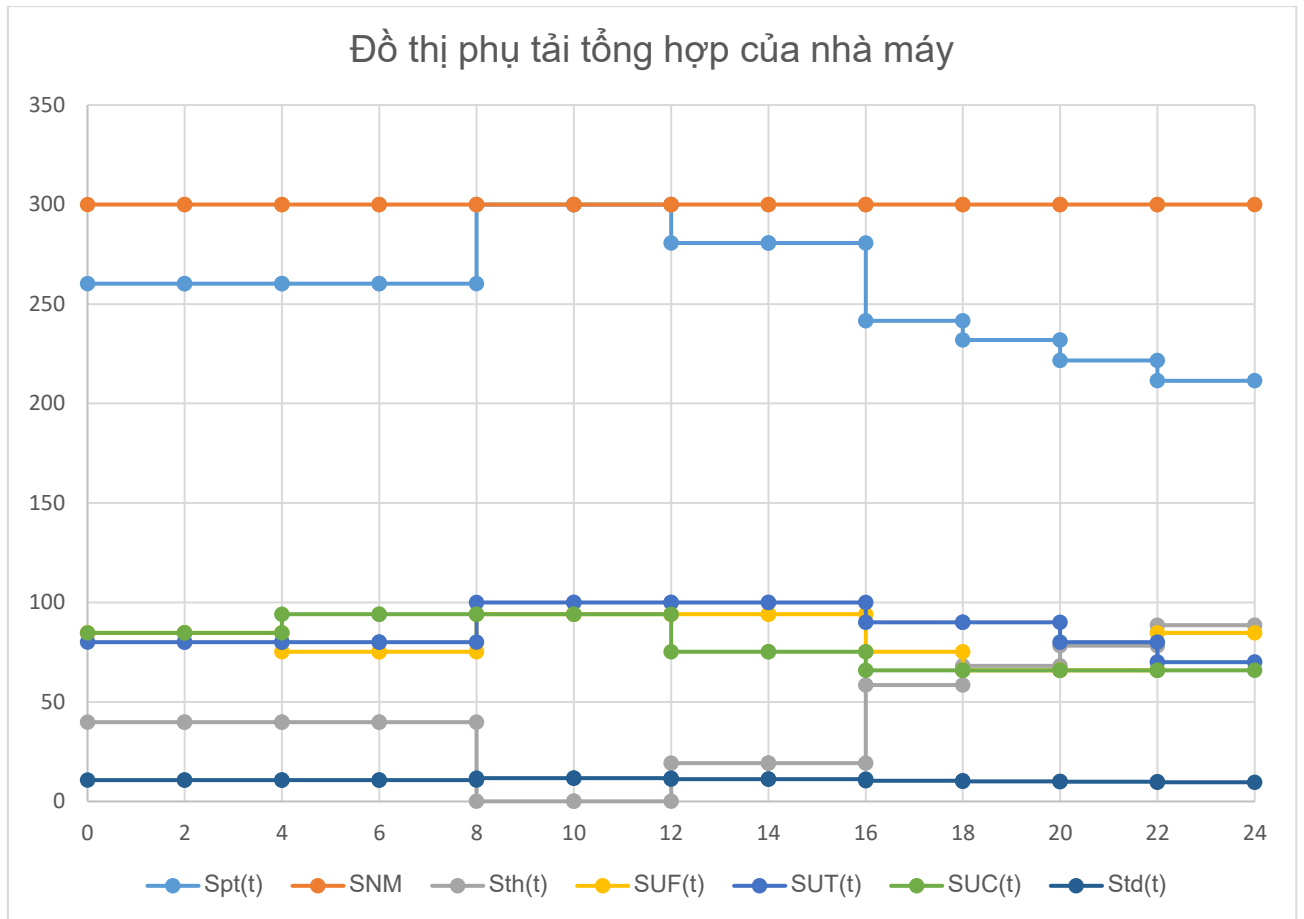
S_{UF} : đường đặc tính công suất cấp điện áp máy phát

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

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

S_{UC} : đường đặc tính công suất cấp điện áp cao

S_{NM} : đường đặc tính công suất nhà máy



Hình 1.4: Đồ thị phụ tải tổng hợp của nhà máy

1.3. Đề xuất phương án tính toán:

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:

- Số máy phát điện nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát phải thỏa mãn điều kiện khi ngừng máy phát lớn nhất thì các máy phát còn lại vẫn đảm bảo cung cấp đủ cho phụ tải cấp điện áp máy phát và phụ tải cấp điện áp trung.
- Công suất mỗi bộ máy phát - máy biến áp không được lớn hơn dự trữ quay của hệ thống
- $S_{dtHT} = S_{dt1} \% . S_{HT} = 4\% . 2500 = 100(MVA)$

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.

- Khi phụ tải cấp điện áp máy phát nhỏ có thể lấy rẽ nhánh từ bộ máy phát máy biến áp nhưng công suất lấy rẽ nhánh không vượt quá 15% của bộ
- Không nên dùng quá hai máy biến áp ba cuộn dây hai máy biến áp tự ngẫu để liên lạc hay tải điện giữa các cấp điện áp.
- Máy biến áp tự ngẫu chỉ sử dụng khi cả hai phía điện áp cao và trung áp có trung tính trực tiếp nối đất.

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

$$S_{UF}\% = \frac{S_{UFmax}}{S_{NM}} \cdot 100 = \frac{94,118}{300} \cdot 100 = 31,373\%$$

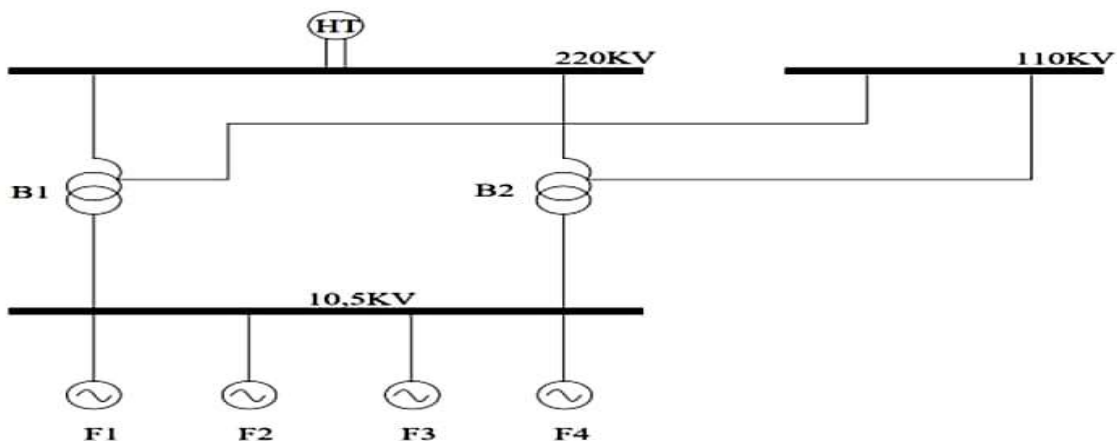
Ta thấy rằng, phụ tải cấp điện áp máy phát lớn hơn 15% tổng công suất của toàn nhà máy nên để cung cấp cho nó ta phải xây dựng thanh góp cấp điện áp máy phát.

Từ yêu cầu kĩ thuật trên, ta đề xuất ra một phương án nối điện chính cho nhà máy như sau:

1.3.1. Phương án I:

❖ Mô tả phương án:(Hình 1.5)

- Sơ đồ gồm 4 máy phát F_1, F_2, F_3, F_4 nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát.
- Dùng hai máy biến áp tự ngẫu B_1, B_2 để liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống.



Hình 1.5: Sơ đồ nối điện phương án I

❖ Ưu điểm:

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống. Nếu hỏng một máy thì các tổ máy khác vẫn làm việc song song.

- Số lượng máy biến áp ít nên giá thành không cao, đơn giản cho việc lắp đặt, mặt bằng lắp đặt ngoài trời nhỏ.

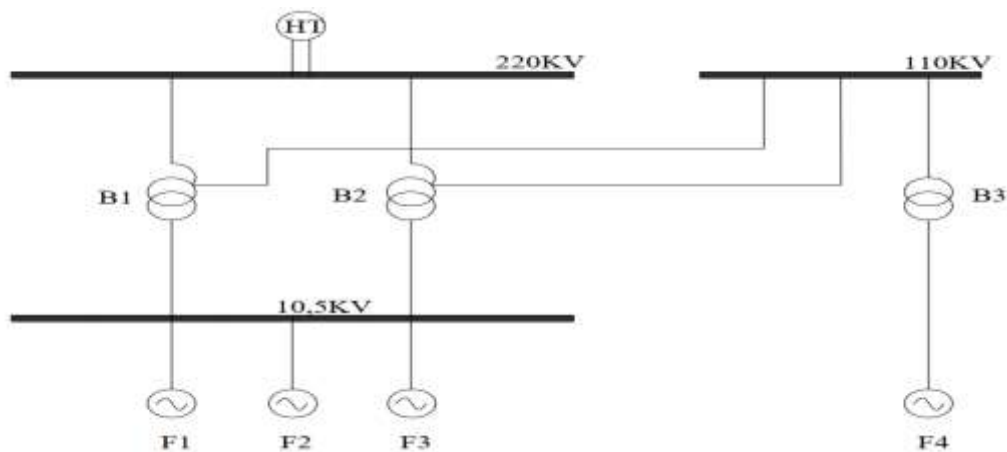
❖ **Nhược điểm:**

- Vì nhiều tổ máy được nối vào thanh góp nên phải bố trí mạch vòng do đó hệ thống thanh góp cấp điện áp máy phát rất phức tạp.
- Thanh góp cấp điện áp máy phát nối vòng nên tính toán Bảo Vệ RơLe phức tạp.

1.3.2. Phương án II:

❖ **Mô tả phương án:** (Hình 1.6)

- Sơ đồ gồm 3 máy phát F_1, F_2, F_3 nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát.
- Dùng hai máy biến áp tự ngẫu B_1, B_2 để liên lạc giữa các cấp điện áp giữa nhà máy với hệ thống.
- Một bộ máy phát F_4 – máy biến áp hai cuộn dây B_3 nối vào thanh góp cấp điện áp trung.



Hình 1.6: Sơ đồ nối điện phương án II

❖ **Ưu điểm**

- Sơ đồ đảm bảo sự liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống.
- Máy biến áp nối vào thanh góp cấp điện áp trung nên giá thành máy biến áp và các thiết bị 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.

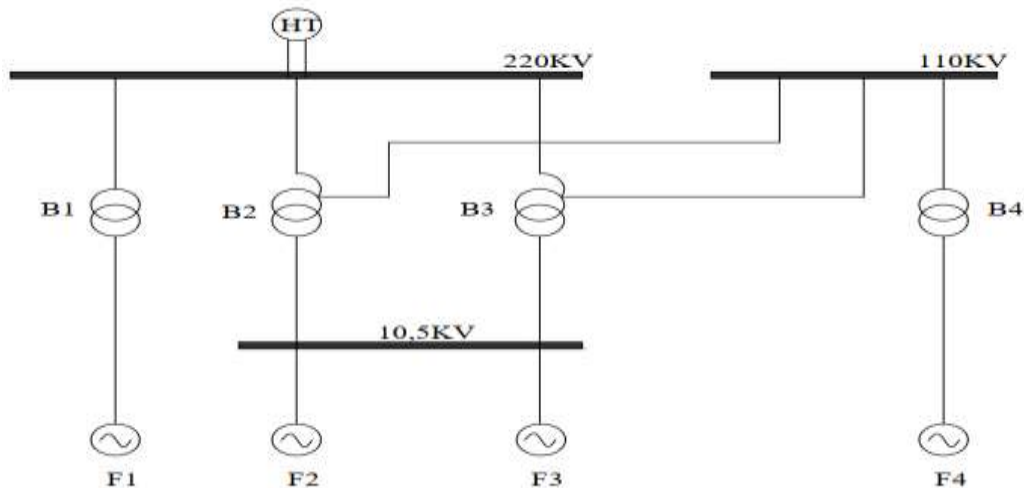
❖ **Nhược điểm:**

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

1.3.3. Phương án III:

❖ **Mô tả phương án:** (Hình 1.7)

- Sơ đồ gồm 2 máy phát F_1, F_2 nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát
- Dùng hai máy biến áp tự ngẫu B_1, B_2 để liên lạc giữa các cấp điện áp và giữa nhà máy với hệ thống.
- Hai bộ máy phát $F_3- F_3, F_4- F_4$ tương ứng nối vào thanh góp cấp điện áp trung và cấp điện áp cao.



Hình 1.7: Sơ đồ nối điện phương án III

❖ **Ưu điểm:**

- Sơ đồ đảm bảo yêu cầu cung cấp điện, độ tin cậy cũng như sự liên lạc giữa các cấp điện áp với nhau và giữa nhà máy với hệ thống.
- Máy biến áp tự ngẫu được chọn có công suất nhỏ do có thêm bộ phát – máy biến áp nối bên cao.
- Số lượng máy phát nối vào thanh góp cấp điện áp máy phát ít nên thanh góp đơn giản.

❖ **Nhược điểm:**

- Số lượng máy biến áp nhiều dẫn đến mặt bằng phân bố thiết bị ngoài trời lớn và sẽ khó khăn hơn cho việc bảo dưỡng định kỳ MBA liên lạc
- Vì có bộ máy phát – máy biến áp hai cuộn dây nối ở phía cao nên tốn kém vì phải dùng thiết bị có cách điện cao.
- Số lượng máy biến áp hai cuộn dây nhiều nên tốn kém.

1.3.4. Nhận xét chung:

Qua phân tích ưu, nhược điểm của từng phương án, ta nhận thấy phương án I đảm bảo về mặt kỹ thuật và có nhiều ưu điểm hơn nên ta chọn phương án I để tính toán cho các phần tiếp theo.

1.4. Kết luận chương 1

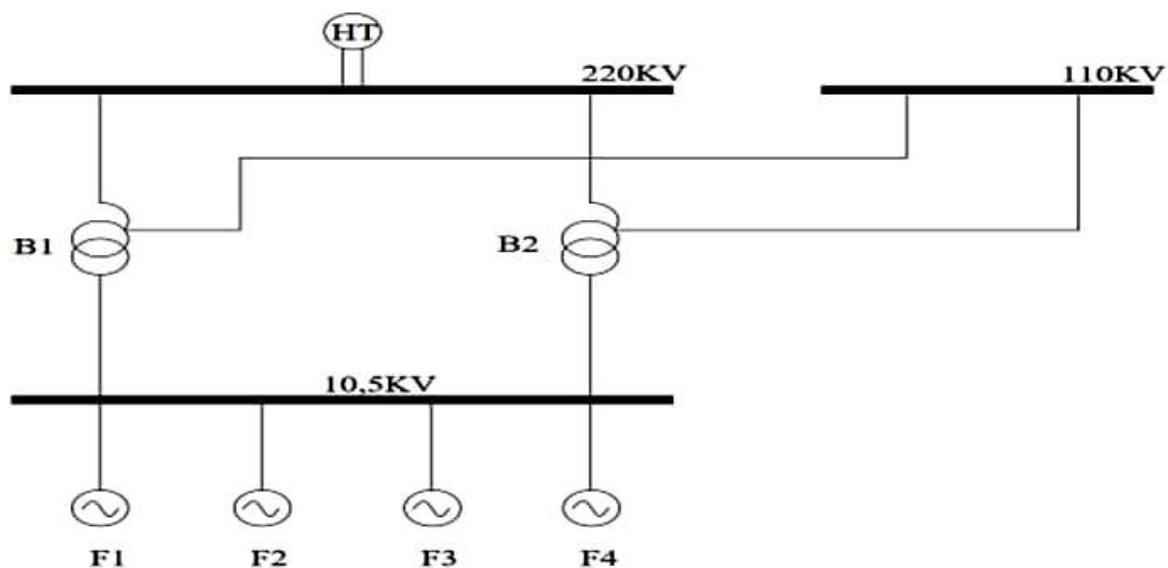
➤ Chương này trình bày quá trình lựa chọn máy phát điện cho nhà máy nhiệt điện dựa trên các thông số đã cho. Phân tích phụ tải được thực hiện tại các cấp điện áp 10,5 kV, 110 kV và 220 kV nhằm xác định công suất cực đại và hệ số công suất tương ứng. Trên cơ sở đó, đồ thị phụ tải tổng hợp theo thời gian trong ngày được xây dựng để phục vụ cho việc tính toán các thiết bị điện. Nhiều phương án nối điện chính được đưa ra, mỗi phương án đều được phân tích rõ ràng về ưu điểm và hạn chế. Kết quả cho thấy, phương án I là lựa chọn tối ưu nhờ đáp ứng tốt các yêu cầu về kỹ thuật, kinh tế và đảm bảo sự linh hoạt trong vận hành của nhà máy.

CHƯƠNG 2: CHỌN MÁY BIẾN ÁP VÀ TÍNH TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG

2.1. Chọn máy biến áp:

Máy biến áp là một thiết bị chính trong nhà máy điện, vốn đầu tư của nó chiếm 1 phần rất quan trọng tổng số vốn đầu tư của nhà máy. Vì vậy việc chọn số lượng máy biến áp và công suất định mức của chúng là rất quan trọng. Công suất của máy biến áp được chọn phải đảm bảo đủ khả năng cung cấp điện theo yêu cầu phụ tải không những trong điều kiện làm việc bình thường mà ngay cả lúc sự cố. Chế độ làm việc định mức của máy biến áp phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ môi trường nhưng do có thể đặt hàng theo điều kiện khí hậu tại nơi lắp đặt nên không cần hiệu chỉnh theo nhiệt độ.

2.2. Chọn máy biến áp cho phương án I:



2.2.1. Chọn máy biến áp liên lạc B1, B2:

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

$$S_{dmB1} = S_{dmB2} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thMax}}{K_{cl}} \quad (2.1)$$

Trong đó:

$$S_{thMax} = \sum_{i=1}^4 (S_{dmFi} - S_{tdmaxFi}) - S_{UFmin} = 4.75 - 4 \cdot \frac{11,718}{4} - 65,88 = 222,4 \text{ (MVA)}$$

S_{dmFi} : công suất định mức máy phát

$S_{tdmaxFi}$: công suất tự dùng

S_{UFmin} : công suất nhỏ nhất của cấp điện áp máy phát

$$K_{cl} = \frac{U_C - U_T}{U_C} = \frac{220 - 110}{220} = 0,5 \quad K_{cl}: \text{ Là hệ số có lợi của máy biến áp tự ngẫu.}$$

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

$$S_{dmB1} = S_{dmB2} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thMax}}{K_{cl}} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{222,4}{0,5} = 222,4 \text{ MVA}$$

Tra “*phụ lục III.6 trang 156*” sách thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp của PSG. Nguyễn Hữu Khái ta chọn máy biến áp có thông số như bảng 2.1:

Bảng 2.1: Thông số máy biến áp

Loại MBA	S (MVA)	Điện áp cuộn dây			ΔP (KW)				$U_N\%$			$I_o\%$
		C	T	H	ΔP_o	$\Delta P_{N(C-T)}$	$\Delta P_{N(C-H)}$	$\Delta P_{N(T-H)}$	C-T	C-H	T-H	
ATДЦТН	250	230	121	11	120	520	-	-	11	32	20	0,5

2.2.2. Kiểm tra quá tải máy biến áp đã chọn của phương án 1:

+ Kiểm tra quá tải bình thường:

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

+ Kiểm tra quá tải sự cố:

a. Trường hợp sự cố MBA TN liên lạc:

Sự cố MBA B2:

- Công suất cần cấp cho phụ tải điện áp trung lúc cực đại của MBA tự ngẫu B1 là:

$$K_{qt} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB1} \geq S_{UTmax}$$

- Vế trái = $K_{qt} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB1} = 1,2 \times 0,5 \times 250 = 150$ (MVA)

- Vế phải = $S_{UTmax} = 100$ (MVA)

$$\Leftrightarrow 150 \geq 100 \text{ (MVA)}$$

Như vậy MBA đã xét không bị quá tải.

2.2.3. Kết luận:

Các máy biến áp đã chọn thỏa mãn điều kiện làm việc bình thường và sự cố.

2.3. Tính tổn thất điện năng qua máy biến áp liên lạc B1,B2:

Tổn thất điện năng trong máy biến áp gồm 2 phần:

- Tổn thất không tải không phụ thuộc vào đồ thị phụ tải.
- Tổn thất tải phụ thuộc vào đồ thị phụ tải.

- Vì hai máy biến áp B1, B2 là 2 máy biến áp tự ngẫu giống nhau vận hành song song và đồ thị phụ tải là đồ thị bậc thang bên ta sử dụng công thức (2.9) sau:

$$\Delta A_{B1,B2} = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \cdot \Sigma \left[\left(\frac{S_{iC}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NC} + \left(\frac{S_{iT}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NT} + \left(\frac{S_{iH}}{S_{dmB}} \right)^2 \cdot \Delta P_{NH} \right] \cdot t_i \quad (2.9)$$

$$\Delta P_{NC} = \frac{1}{2} \left[\Delta P_{NC-T} + \frac{\Delta P_{NC-H} - \Delta P_{NT-H}}{k_{Cl}^2} \right]$$

$$\Delta P_{NT} = \frac{1}{2} \left[\Delta P_{NC-T} + \frac{\Delta P_{NT-H} - \Delta P_{NC-H}}{k_{Cl}^2} \right]$$

$$\Delta P_{NH} = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta P_{NT-H} + \Delta P_{NC-H}}{k_{Cl}^2} - \Delta P_{NC-T} \right]$$

Nhà chế tạo chỉ cho biết trị số $\Delta P_{NC-T} = 520 \text{ KW}$,

$$\Rightarrow \Delta P_{NC-H} = \Delta P_{NT-H} = 0,5 \cdot \Delta P_{NC-T} = 0,5 \cdot 520 = 260(\text{KW})$$

$$\Delta P_{NC} = \frac{1}{2} \left[520 + \frac{260 - 260}{0,5^2} \right] = 260 (\text{KW})$$

$$\Delta P_{NT} = \frac{1}{2} \left[520 + \frac{260 - 260}{0,5^2} \right] = 260 (\text{KW})$$

$$\Delta P_{NH} = \frac{1}{2} \left[\frac{260 + 260}{0,5^2} - 520 \right] = 780 (\text{KW})$$

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

$$S_{Ti}(t) = S_{UT}(t) ; S_{Hi}(t) = \sum_{i=1}^4 (S_{dmFi} - S_{tdmaxFi}) - S_{UF} ; S_{Ci}(T) = S_{Hi}(t) - S_{Ti}(t)$$

Ta lập bảng công suất truyền qua từng cuộn dây MBA tự ngẫu như bảng 2.2:

Bảng 2.2: Công suất truyền qua từng cuộn dây MBA tự ngẫu

t(h)	0÷4	4÷8	8÷12	12÷16	16÷18	18÷20	20÷22	22÷24
S_{UF}(t)	84,71	75,294	94,118	94,118	75,294	65,882	65,882	84,71
S_T(t)	80	80	100	100	90	90	80	70
S_C(t)	123,572	132,988	94,164	94,164	122,988	132,4	142,4	133,572
S_H(t)	203,572	212,988	194,164	194,164	212,988	222,4	222,4	203,572

$$\Sigma S_{Ci}^2 \cdot t_i = (123,572)^2 \cdot 4 + (132,988)^2 \cdot 4 + (94,164)^2 \cdot 8 + (122,988)^2 \cdot 2 + (132,4)^2 \cdot 2 + (142,4)^2 \cdot 2 + (133,572)^2 \cdot 2 = 344308,355 (\text{MVA})^2 \text{h}$$

$$\Sigma S_{Ti}^2 \cdot t_i = (80)^2 \cdot 10 + (100)^2 \cdot 8 + (90)^2 \cdot 4 + (70)^2 \cdot 2 = 186200 (\text{MVA})^2 \text{h}$$

$$\Sigma S_{Hi}^2 \cdot t_i = (203,572)^2 \cdot 6 + (212,988)^2 \cdot 6 + (194,164)^2 \cdot 8 + (222,4)^2 \cdot 4 = 871891,715 (\text{MVA})^2 \text{h}$$

Tồn thất điện năng của MBA B1,B2 trong một ngày:

$$\Delta A_{ng} = 2.120.24 + \frac{1}{2.250^2} (344308,355.260 + 186200.260 + 871891,715.780) \\ = 12304,062 \text{ (KWh)}$$

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

$$\Delta A_{B1,B2} = 12304,062.365 = 4490,982.10^3 \text{ (kWh)} = 4490,982 \text{ (MWh)}$$

Tổn thất điện năng hàng năm: $\Delta A = \Delta A_{B1,B2} = 4490,982 \text{ (MWh)}$

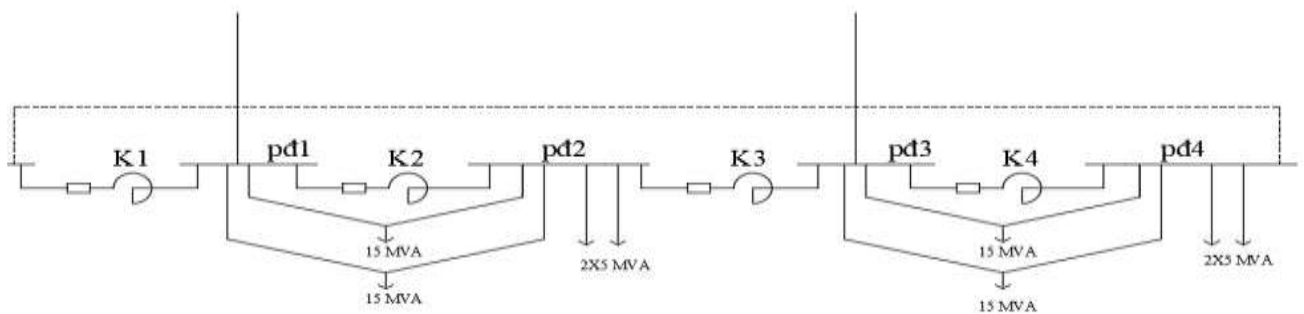
2.4. Chọn điện kháng trong từng phân đoạn:

- Kháng điện là một cuộn dây không có lõi thép, điện kháng X lớn hơn điện trở r rất nhiều. Kháng điện phân đoạn nhằm mục đích hạn chế dòng ngắn mạch khi ngắn mạch trên các phân đoạn và tạo điện áp dư trên phân đoạn kể khi ngắn mạch trên phân đoạn đó. Tuy nhiên kháng điện vẫn có nhược điểm là gây ra tổn thất điện áp khi làm việc bình thường và cường bức.

- Khi phân bố phụ tải cấp điện áp máy phát ta cần phân bố phụ tải vào phân đoạn có máy biến áp nối vào nhiều phân đoạn có MBA nối vào. Mục đích để khi làm việc dòng qua kháng và độ lệch áp giữa tải các phân đoạn là nhỏ nhất. Tuy nhiên, khi phân đoạn có nhiều phụ tải nối vào bị sự cố thì số lượng tải mất điện sẽ lớn.

2.4.1 Chọn kháng điện phân đoạn cho phương án 1.

2.4.1.1. Phân bố phụ tải cấp điện áp máy phát



Công suất phụ tải cấp UF trên PD1:

$$S_{pd1max} = S_{pd3max} = \frac{P_{pd1max}}{\cos\varphi} = \frac{15}{0,85} = 17,65 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow S_{pd1min} = S_{pd3min} = P\%.S_{pd1max} = 0,7.17,65 = 12,355 \text{ (MVA)}$$

$$S_{pd2max} = S_{pd4max} = \frac{P_{pd2max}}{\cos\varphi} = \frac{25}{0,85} = 29,412 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow S_{pd2min} = P\%.S_{pd2max} = 0,7.29,412 = 20,588 \text{ (MVA)}$$

2.4.1.2. Tính dòng điện bình thường qua kháng:

$$S_{K1}^{bt} = S_{K2}^{bt} = S_{K3}^{bt} = S_{K4}^{bt} = \frac{1}{2} (S_{dmF2} - S_{pd2min} - S_{tdF2max})$$

$$= \frac{1}{2} \left[75 - 20,588 - \frac{11,718}{4} \right] = 25,741 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow I_{K1}^{bt} = I_{K2}^{bt} = I_{K3}^{bt} = I_{K4}^{bt} = \frac{S_{K1}^{bt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{25,741}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1,415 \text{ (kA)}$$

2.4.1.3. Tính 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 :

$$S_{BA}^{(1)} = \frac{1}{2} (\sum_1^3 S_{dmFi} - S_{UFmax} - \sum_1^3 S_{tdmax})$$

$$= \frac{1}{2} (3.75 - 94,118 - \frac{3}{4} \cdot 11,718) = 61,047 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(1)} = S_{K4}^{(1)} = \frac{1}{2} (S_{BA}^{(1)} + S_{PD1max}) = \frac{1}{2} (61,047 + 17,65) = 39,349 \text{ (MVA)}$$

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

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

$$= \frac{1}{2} (3 \cdot 75 - 65,882 - \frac{3}{4} \cdot 11,718) = 75,165 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow S_{K1}^{(2)} = S_{K4}^{(2)} = \frac{1}{2} (S_{BA}^{(2)} + S_{PD1min}) = \frac{1}{2} (75,165 + 12,355) = 43,76 \text{ (MVA)}$$

b. Khi một tổ máy phát F2(hoặc F4) nghỉ làm việc :

$$S_{K1} = S_{K2} = \frac{1}{2} (S_{PD2max} + S_{tdmax}) = \frac{1}{2} (29,412 + \frac{1}{4} \cdot 11,718) = 16,171 \text{ (MVA)}$$

c. Khi ngừng làm việc một máy biến áp tự ngẫu B1 (hoặc B2) :

$$S_{K3} = S_{K4} = \frac{1}{2} (S_{BA} + S_{PD3max} + S_{tdF3max} - S_{dmF3})$$

Trong đó :

$$S_{BA} = \min\{S_{thmax}; S_{Hmax}\}$$

$$\text{Với : } S_{Hmax} = k_{qt}^{sc} \cdot S_{mẫu} = k_{qt}^{sc} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB2} = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 250 = 150 \text{ (MVA)}$$

$$S_{thmax} = \sum_1^4 S_{dmFi} - S_{UFmin} - \sum_1^4 S_{tdFi} = 4 \cdot 75 - 65,882 - 11,718 = 222,4 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow S_{K3} = S_{K4} = \frac{1}{2} (150 + 17,65 + \frac{1}{4} \cdot 11,718 - 75) = 47,79 \text{ (MVA)}$$

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

$$S_{K3} = S_{dmF2} - S_{tdF2max} - S_{pd2min} = 75 - \frac{1}{4} \cdot 11,718 - 20,588 = 51,483 \text{ (MVA)}$$

***Vậy công suất cường bức lớn nhất chạy qua kháng K1,K2,K3,K4 :**

$$S_{max}^{cb} = 51,483 \text{ (MVA)}$$

$$\Rightarrow I_{K1}^{cb} = I_{K2}^{cb} = I_{K3}^{cb} = I_{K4}^{cb} = \frac{S_{max}^{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_F} = \frac{51,483}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 2,83 \text{ (KA)}$$

2.4.2. Chọn kháng điện :

Điều kiện chọn:

- + $U_{dmk} \geq U_{dmmang}$
- + $I_{dmK} \geq I_{cbmax}$

Từ các thông số đã tính toán tra “*phụ lục X.I trang 265*” sách thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp của PSG. Nguyễn Hữu Khái, ta chọn kháng điện có thông số như sau:

Bảng 2.3: Thông số các kháng điện phân đoạn K1,K2,K3,K4

Loại điện kháng	U_{dm} (kV)	I_{cbK} (kA)	X_K (Ω)	$\frac{\Delta P_{dm}}{1}$ pha(kW)	I_{odd} (kA)	I_{nh} (kA)
PbA-10-3000	10	3	0,23	25,7	53	42

2.4.3. Kiểm tra tổn thất điện áp :

a. Điều kiện làm việc bình thường :

Chọn $X_K\% = 12\%$

$$\begin{aligned}\Delta U\%_K^{bt} &= X_K\% \cdot \frac{I_K^{bt}}{I_{dmK}} \cdot \sin\varphi = 12\% \cdot \frac{1,415}{4} \cdot \sin [\cos^{-1}(0,85)] \\ &= 2,24\% \geq \Delta U_{cp}^{bt}\% = 2\% \text{ (Không thoả mãn)}\end{aligned}$$

Ta chọn lại $X_K\% = 10\%$

$$\begin{aligned}\Delta U\%_K^{bt} &= X_K\% \cdot \frac{I_K^{bt}}{I_{dmK}} \cdot \sin\varphi = 10\% \cdot \frac{1,415}{4} \cdot \sin [\cos^{-1}(0,85)] \\ &= 1,86\% \leq \Delta U_{cp}^{bt}\% = 2\% \text{ (thoả mãn)}\end{aligned}$$

b. Điều kiện làm việc cưỡng bức :

$$\begin{aligned}\Delta U\%_K^{cb} &= X_K\% \cdot \frac{I_K^{cb}}{I_{dmK}} \cdot \sin\varphi = 10\% \cdot \frac{2,83}{4} \cdot \sin [\cos^{-1}(0,85)] \\ &= 3,73\% \leq \Delta U_{cp}^{bt}\% = 5\% \text{ (thoả mãn)}\end{aligned}$$

Vậy kháng điện 10% thoả mãn yêu cầu về tổn thất điện áp.

2.5. Kết luận chương 2

➤ Trong chương này, việc lựa chọn máy biến áp (MBA) liên lạc B1 và B2 được thực hiện dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật và khả năng mang tải ổn định trong cả điều kiện vận hành bình thường lẫn khi xảy ra sự cố. Bên cạnh đó, chương cũng tiến hành tính toán tổn thất điện năng trong các MBA theo phụ tải truyền qua từng cuộn dây. Ngoài

ra, kháng điện phân đoạn được lựa chọn nhằm mục đích hạn chế dòng ngắn mạch, góp phần đảm bảo độ ổn định cho thanh góp và các thiết bị khi có sự cố xảy ra.

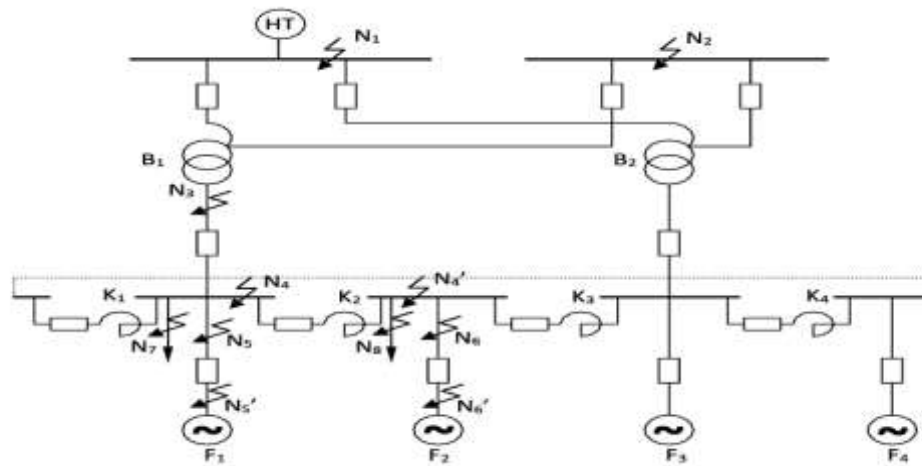
CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

3.1. Mở đầu

Ngắn mạch là một loại sự cố xảy ra trong hệ thống điện do hiện tượng chạm chập giữa các pha, không thuộc chế độ làm việc bình thường. Chúng ta cần phải dự báo các tình trạng ngắn mạch có thể xảy ra và xác định dòng điện ngắn mạch tính toán tương ứng. Mục đích tính dòng ngắn mạch là để chọn các khí cụ điện, các thành phần có dòng điện chạy qua và kiểm tra các phần tử đó đảm bảo ổn định động và ổn định nhiệt. Ngoài ra, các số liệu về dòng điện ngắn mạch là căn cứ qua trọng để thiết kế hệ thống bảo vệ rơle và ổn định phương thức vận hành hệ thống. Phương pháp tính toán ngắn mạch ở đây, ta chọn phương pháp đường cong tính toán. Điểm ngắn mạch tính toán là điểm mà khi xảy ra ngắn mạch tại đó thì dòng ngắn mạch đi qua khí cụ điện là lớn nhất. Vì vậy việc lập sơ đồ tính toán dòng điện ngắn mạch đối với mỗi khí cụ điện cần chọn một chế độ làm việc nặng nề nhất nhưng phải phù hợp với điều kiện thực tế.

3.2. Tính toán ngắn mạch cho phương án

3.2.1. Sơ đồ tính toán:



Hình 3.1: Sơ đồ tính toán

3.2.2. Các điểm ngắn mạch:

a) Điểm N1:

- Mục đích: Để chọn và kiểm tra khí cụ điện các mạch phía cao áp
- Trạng 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
Trạng 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, máy phát F2 và K2 (hoặc K3) 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, N8

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

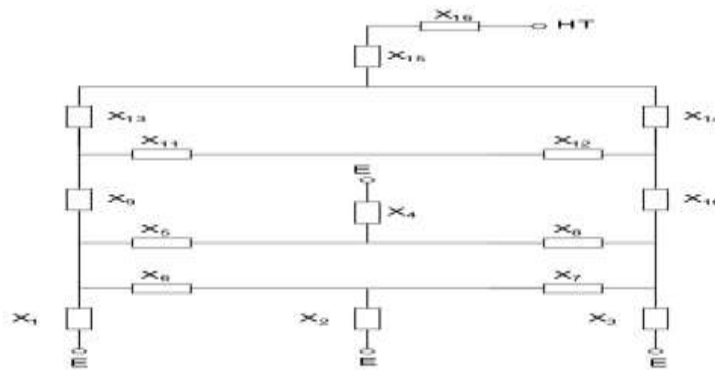
$$I_{N3} = I_{N4} + I_{N5}$$

$$I_{N7} = I_{N5} + I_{N5'}, \quad \Rightarrow \text{Theo nguyên lý xếp chồng}$$

$$I_{N8} = I_{N6} + I_{N6'}$$

3.2.3 Sơ đồ thay thế:

Với $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E$ (các máy phát là như nhau)



Hình 3.2: Sơ đồ thay thế

3.3. Tính toán các thông số của sơ đồ thay thế:

3.3.1. Các đại lượng cơ bản:

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

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

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

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

$$U_{cb220} = 230 \text{ kV} \rightarrow I_{cb230} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb230}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,251 \text{ kA}$$

3.3.2. Các thông số của sơ đồ thay thế:

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

$$X_{Fcb}^* = X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = X_d'' \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF}} = 0,146 \cdot \frac{100}{75} = 0,195$$

b) Điện kháng của máy kháng điện phân đoạn:

$$X_{Kcb}^* = X_5 = X_6 = X_7 = X_8 = \frac{X_K\%}{100} \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK}} = \frac{10}{100} \cdot \frac{5,449}{3} = 0,182$$

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

- Điện kháng của cuộn hạ:

$$\begin{aligned} X_{Hcb}^* = X_9 = X_{10} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-H}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-T}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (32 + 20 - 11) \cdot \frac{100}{250} = 0,082 \end{aligned}$$

- Điện kháng của cuộn trung:

$$\begin{aligned} X_{Tcb}^* = X_{11} = X_{12} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-T}\% + U_{NT-H}\% - U_{NC-H}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (11 + 20 - 32) \cdot \frac{100}{250} = 0 \end{aligned}$$

- Điện kháng của cuộn cao:

$$\begin{aligned} X_{Ccb}^* = X_{13} = X_{14} &= \frac{1}{200} \cdot (U_{NC-T}\% + U_{NC-H}\% - U_{NT-H}\%) \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} \\ &= \frac{1}{200} \cdot (11 + 32 - 20) \cdot \frac{100}{250} = 0,046 \end{aligned}$$

d) Điện kháng của đường dây liên lạc với hệ thống:

$$X_{Dcb}^* = X_{15} = \frac{X_0 \cdot l}{2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb220}^2} = \frac{0,4 \cdot 100}{2} \cdot \frac{100}{230^2} = 0,038$$

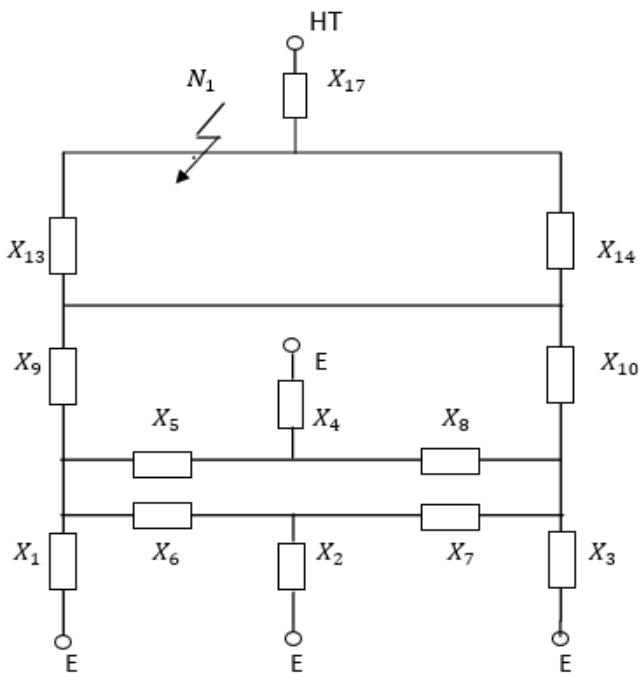
e) Điện kháng của hệ thống:

$$X_{HTcb}^* = X_{16} = X_{HTdm}^* \cdot \frac{S_{cb}}{S_{HT}} = 0,2 \cdot \frac{100}{2500} = 0,008$$

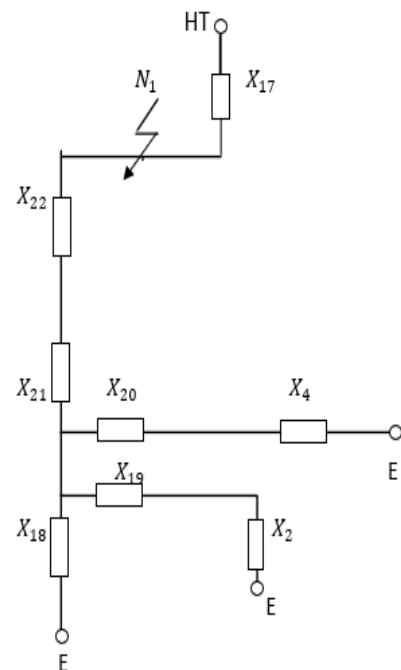
3.4. Tính toán dòng ngắn mạch:

3.4.1. Điểm ngắn mạch N1:

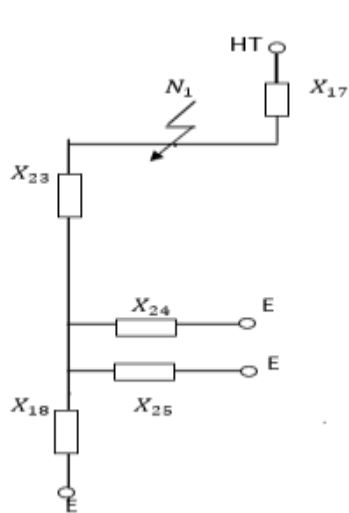
a) Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng :



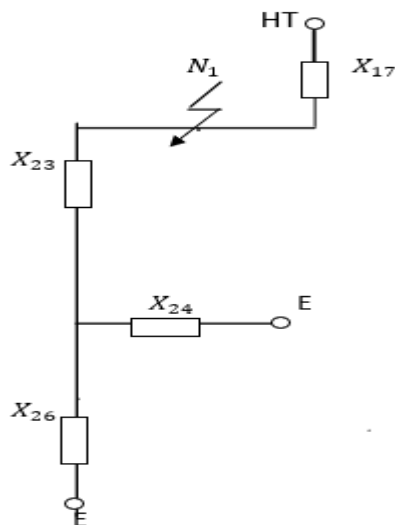
H:3.3a



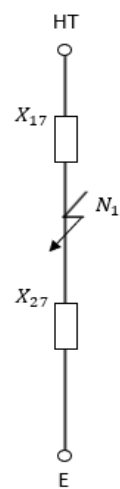
H:3.3b



H:3.3c



H:3.3d



H:3.3e

Hình 3.3: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N1

Từ sơ đồ (H:3.3a), ta có: $X_{17} = X_{16} + X_{15} = 0,038 + 0,008 = 0,046$

Vì sơ đồ (H:3.3a) cách đối xứng nhau qua điểm N1 nên ta có sơ đồ (H:3.3b) và giá trị điện kháng như sau:

$$X_{18} = \frac{X_1}{2} = \frac{0,195}{2} = 0,097 \quad ; \quad X_{19} = X_{20} = \frac{X_6}{2} = \frac{0,182}{2} = 0,091 \quad (X_5 = X_6 = X_7 = X_8)$$

$$X_{21} = \frac{X_9}{2} = \frac{0,082}{2} = 0,041 \quad ; \quad X_{22} = \frac{X_{13}}{2} = \frac{0,046}{2} = 0,023$$

Từ sơ đồ (H:3.3c), ta có:

$$X_{23}=X_{22}+X_{21}=0,064 \ ; \ X_{24}=X_4+X_{20}=0,286 \ ; \ X_{25}=X_2+X_{19}=0,286$$

Từ sơ đồ (H:3.3d), ta có:

$$X_{26} = \frac{X_{25}.X_{18}}{X_{25}+X_{18}} = \frac{0,286.0,097}{0,286+0,097} = 0,072$$

Từ sơ đồ (H:3.3e), ta có:

$$X_{27} = \frac{X_{24}.X_{26}}{X_{24}+X_{26}} + X_{23} = \frac{0,286.0,072}{0,286+0,072} + 0,064 = 0,122$$

b) Tính dòng ngắn mạch:

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

$$X_{tt} *_{dm} = X_{27} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,122 \cdot \frac{75 \cdot 4}{100} = 0,366$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 46 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kì dòng điện ngắn mạch:

$$K''_0=2,7 \ ; \ K''_{\infty}=2,07$$

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

$$I''_0 = K''_0 \cdot I_{dmF} = K''_0 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb220}} = 2,7 \cdot \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,033 \text{ kA}$$

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

$$I''_{\infty} = K''_{\infty} \cdot I_{dmF} = K''_{\infty} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb220}} = 2,07 \cdot \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 230} = 1,559 \text{ kA}$$

- Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp: $I_{HT} = \frac{I_{cb220}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb220}}{X_{17}} = \frac{0,251}{0,046} = 5,457 \text{ kA}$

- Trị số ngắn mạch tại điểm N1:

$$I''_{0N1} = I''_0 + I_{HT} = 2,033 + 5,457 = 7,49 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N1} = I''_{\infty} + I_{HT} = 1,559 + 5,457 = 7,016 \text{ kA}$$

- Dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$i_{xkN1} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I''_{0N1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,49 = 19,066 \text{ kA}$$

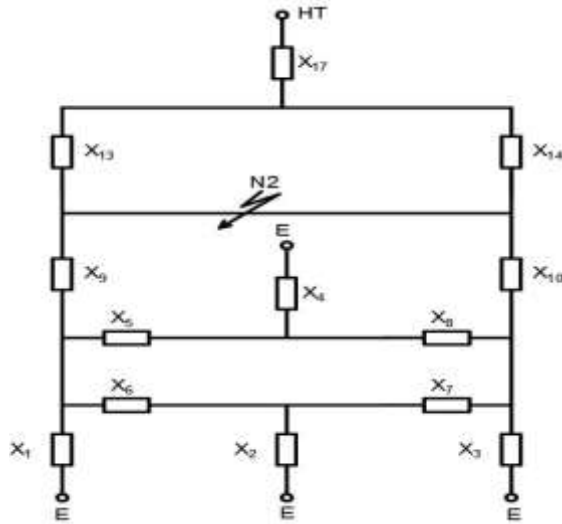
- Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N1:

$$I_{xkN1} = I''_{0N1} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 7,49 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 11,31 \text{ kA}$$

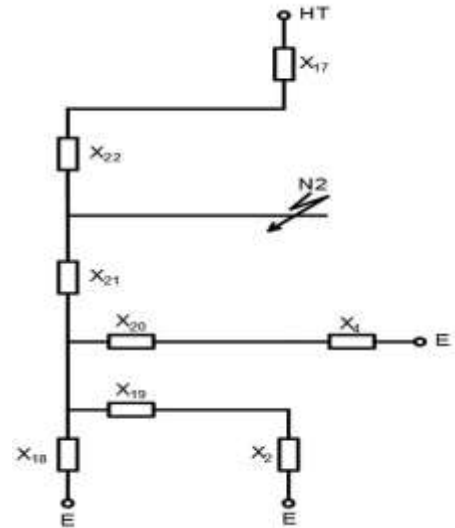
3.4.2. Điểm ngắn mạch N2:

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

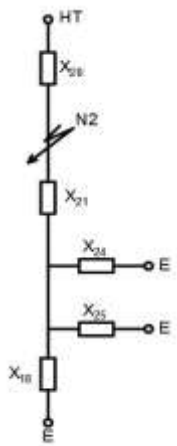
Tương tự như ngắn mạch tại N1, sơ đồ (H:) đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch N2 nên ta có sơ đồ (H) và giá trị điện kháng như sau:



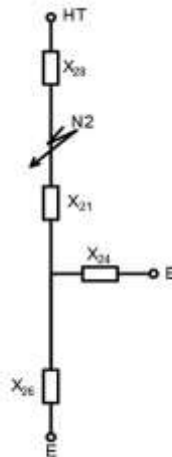
H:3.4a



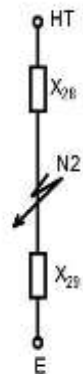
H:3.4b



H:3.4c



H:3.4d



H:3.4e

Hình 3.4: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N2

$$X_{17} = 0,046; \quad X_{18} = 0,097; \quad X_{19} = X_{20} = 0,091; \quad X_{21} = 0,041;$$

$$X_{22} = 0,023; \quad X_{24} = X_{25} = 0,286; \quad X_{26} = 0,072;$$

- Từ sơ đồ (H:3.4c), ta có: $X_{28} = X_{22} + X_{17} = 0,069$

- Từ sơ đồ (H:3.4e), ta có: $X_{29} = \frac{X_{24} \cdot X_{26}}{X_{24} + X_{26}} + X_{21} = \frac{0,286 \cdot 0,072}{0,286 + 0,072} + 0,041 = 0,099$

b) Tính 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 ($X_{tt} \cdot s_{dm}$)

$$X_{tt} \cdot s_{dm} = X_{29} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,099 \cdot \frac{300}{100} = 0,297$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 46 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K''_0 = 3,37 \quad ; \quad K''_\infty = 2,26$$

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

$$I''_0 = K''_0 \cdot I_{dmF} = K''_0 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 3,37 \cdot \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,076 \text{ kA}$$

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

$$I''_\infty = K''_\infty \cdot I_{dmF} = K''_\infty \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb110}} = 2,26 \cdot \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 115} = 3,404 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb110}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb110}}{X_{28}} = \frac{0,502}{0,069} = 7,275 \text{ kA}$$

-Trị số ngắn mạch tại điểm N2:

$$I''_{0N2} = I''_0 + I_{HT} = 5,076 + 7,275 = 12,351 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N2} = I''_\infty + I_{HT} = 3,404 + 7,275 = 10,679 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N2:

$$i_{xkN2} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I''_{0N2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,351 = 31,441 \text{ kA}$$

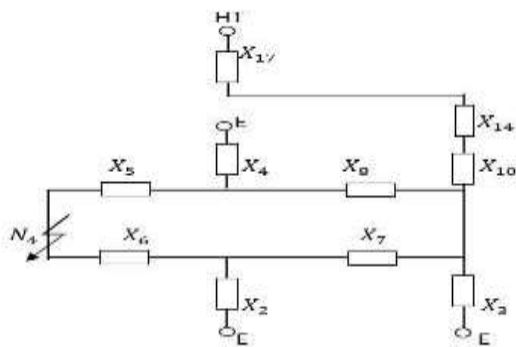
-Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N2:

$$I_{xkN2} = I''_{0N2} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 12,351 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 18,65 \text{ kA}$$

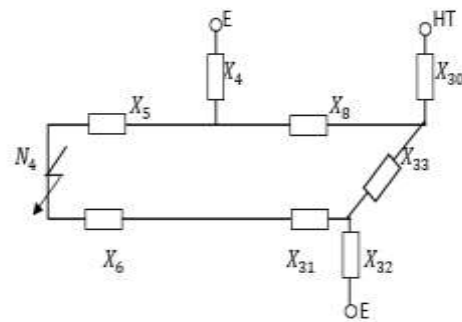
3.3.4 Điểm ngắn mạch N4:

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

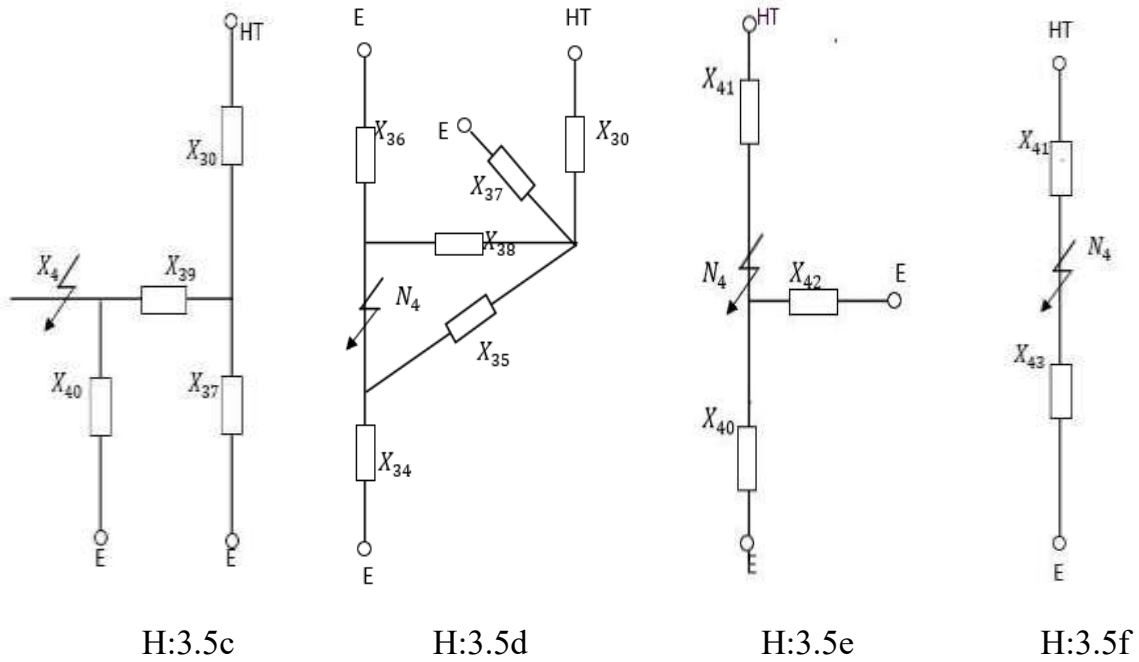
Sơ đồ biến đổi: (H:3)



H:3.5a



H:3.5b



Hình 3.5: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N4

-Từ sơ đồ (H:3.5a), ta có:

$$X_{17} = 0,046 \text{ (đã tính ở trên)}$$

- Từ sơ đồ (H:3.5b), ta có:

$$X_{30} = X_{10} + X_{14} + X_{17} = 0,082 + 0,046 + 0,046 = 0,174$$

$$X_{31} = \frac{X_2 \cdot X_7}{X_2 + X_3 + X_7} = \frac{0,195 \cdot 0,182}{0,195 + 0,195 + 0,182} = 0,062$$

$$X_{32} = \frac{X_2 \cdot X_3}{X_2 + X_3 + X_7} = \frac{0,195 \cdot 0,195}{0,195 + 0,195 + 0,182} = 0,066$$

$$X_{33} = \frac{X_3 \cdot X_7}{X_2 + X_3 + X_7} = \frac{0,195 \cdot 0,182}{0,195 + 0,195 + 0,182} = 0,062$$

- Từ sơ đồ (H:3.5c), ta có:

$$X_{34} = X_6 + X_{31} + X_{32} + \frac{(X_6 + X_{31}) \cdot X_{32}}{X_{33}} = 0,57 \quad ; \quad X_{35} = X_6 + X_{31} + X_{33} + \frac{(X_6 + X_{31}) \cdot X_{33}}{X_{32}} = 0,535$$

$$X_{36} = X_4 + X_5 + \frac{X_4 \cdot X_5}{X_8} = 0,572 \quad ; \quad X_{37} = X_4 + X_8 + \frac{X_4 \cdot X_8}{X_5} = 0,572$$

$$X_{38} = X_5 + X_8 + \frac{X_5 \cdot X_8}{X_4} = 0,534$$

-Từ sơ đồ (H:3.5d), ta có:

$$X_{39} = \frac{X_{35} \cdot X_{38}}{X_{35} + X_{38}} = 0,267 \quad ; \quad X_{40} = \frac{X_{36} \cdot X_{34}}{X_{36} + X_{34}} = 0,285$$

-Từ sơ đồ (H:3.5e), ta có:

$$X_{41} = X_{30} + X_{39} + \frac{X_{30} \cdot X_{39}}{X_{37}} = 0,522 \quad ; \quad X_{42} = X_{37} + X_{39} + \frac{X_{37} \cdot X_{39}}{X_{30}} = 1,717$$

-Từ sơ đồ (H:3.5f), ta có:

$$X_{43} = \frac{X_{40} \cdot X_{42}}{X_{40} + X_{42}} = 0,244$$

b) Tính 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 ($X_{tt} \cdot dm$)

$$X_{tt} \cdot dm = X_{43} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,244 \cdot \frac{225}{100} = 0,549$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 46 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Nguyễn Hữu Khải), ta được bội số của thành phần không chu kì dòng điện ngắn mạch:

$$K''_0 = 1,8 ; K''_{\infty} = 1,75$$

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

$$I''_0 = K''_0 \cdot I_{dmF} = K''_0 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,8 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 22,269 \text{ kA}$$

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

$$I''_{\infty} = K''_{\infty} \cdot I_{dmF} = K''_{\infty} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,75 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 21,65 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{41}} = \frac{5,499}{0,522} = 10,534 \text{ kA}$$

-Trị số ngắn mạch tại điểm N4:

$$I''_{0N4} = I''_0 + I_{HT} = 22,269 + 10,534 = 32,803 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N4} = I''_{\infty} + I_{HT} = 21,65 + 10,534 = 32,184 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N4:

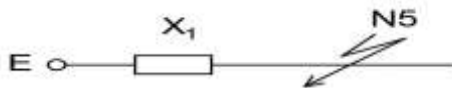
$$i_{xkN4} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I''_{0N4} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 32,803 = 83,503 \text{ kA}$$

-Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N4:

$$I_{xkN4} = I''_{0N4} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 32,803 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 49,531 \text{ kA}$$

3.4.5. Điểm ngắn mạch N5, N6(vì các máy phát là như nhau):

a) Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng



Hình 3.6: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N5, N6

b) Tính 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 ($X_{tt} *_{dm}$)

$$X_{tt} *_{dm} = X_1 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,195 \cdot \frac{75}{100} = 0,146$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.3a trang 48 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Phạm Ngọc Hùng ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

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

-Trị số ngắn mạch tại điểm N5, N6:

$$I_{0N5}'' = I_{0N6}'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 7,1 \cdot \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 29,28 \text{ kA}$$

$$I_{\infty N5}'' = I_{\infty N6}'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,7 \cdot \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 11,135 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N5 và N6:

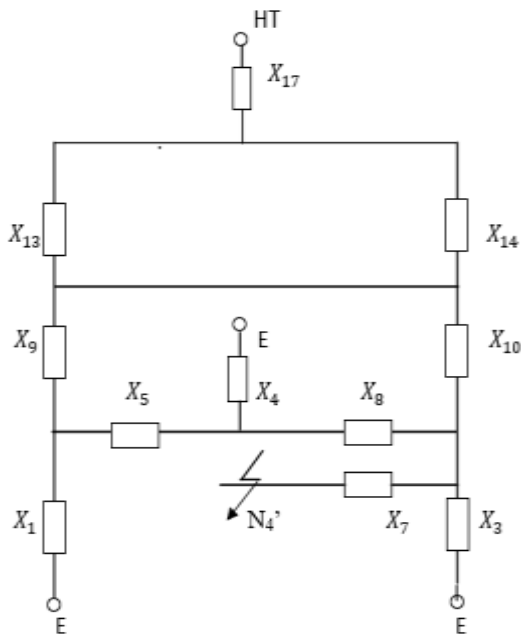
$$i_{xkN5} = i_{xkN6} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{0N5}'' = \sqrt{2} \cdot 1,91 \cdot 29,28 = 79,09 \text{ kA}$$

-Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N5 và N6:

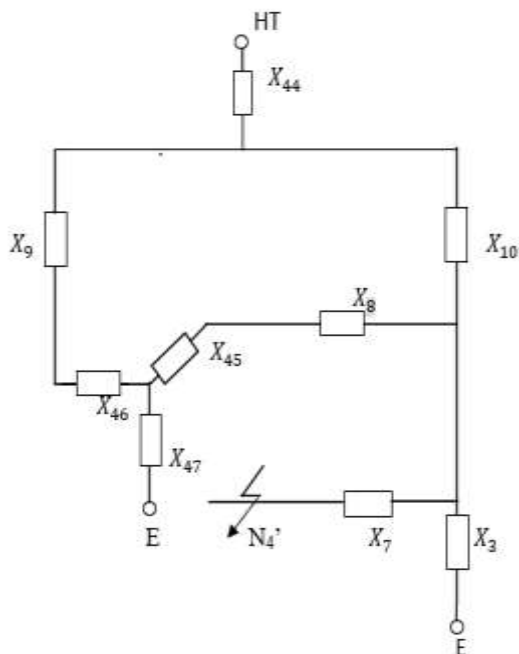
$$I_{xkN5} = I_{xkN6} = I_{0N5}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 29,28 \cdot \sqrt{1 + 2(1,91 - 1)^2} = 47,72 \text{ kA}$$

3.4.6. Điểm ngắn mạch N4':

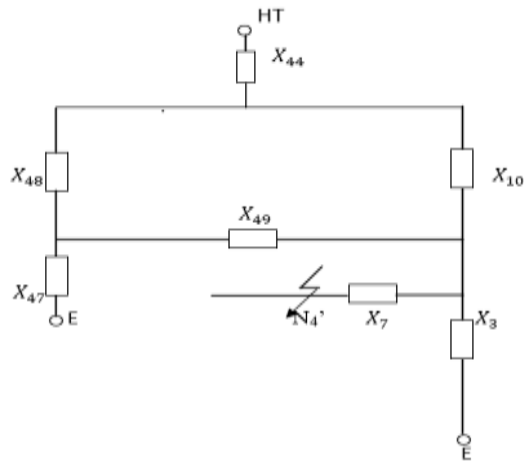
a) Biến đổi sơ đồ và tính toán các điện kháng



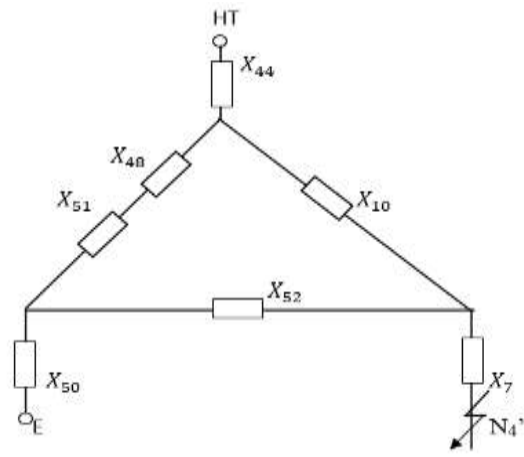
H.3.6a



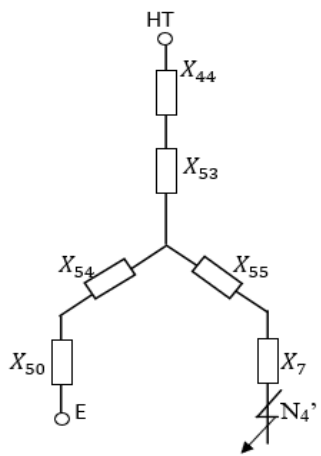
H.3.6b



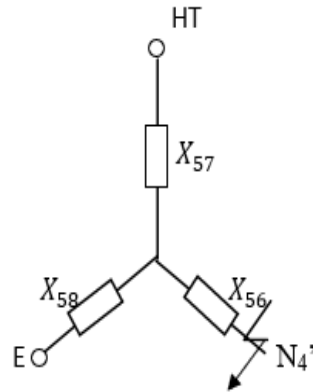
H:3.6c



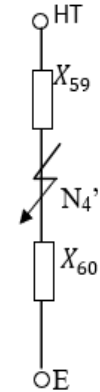
H:3.6d



H:3.6e



H:3.6f



H:3.6g

Hình 3.7: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N4'

-Từ sơ đồ (H:3.6a), ta có:

$$X_{17} = 0,046 \text{ (đã tính ở trên)}$$

-Từ sơ đồ (H:3.6b), ta có:

$$X_{44} = X_{17} + \frac{X_{14}}{2} = 0,069; \quad X_{45} = \frac{X_4 \cdot X_5}{X_1 + X_4 + X_5} = 0,062;$$

$$X_{46} = \frac{X_1 \cdot X_5}{X_1 + X_4 + X_5} = 0,062; \quad X_{47} = \frac{X_1 \cdot X_4}{X_1 + X_4 + X_5} = 0,066;$$

-Từ sơ đồ (H:3.6c), ta có:

$$X_{48} = X_9 + X_{46} = 0,144; \quad X_{49} = X_{45} + X_8 = 0,244$$

-Từ sơ đồ (H:3.6d), ta có:

$$X_{50} = \frac{X_3 \cdot X_{47}}{X_3 + X_{47} + X_{49}} = 0,025; \quad X_{51} = \frac{X_{47} \cdot X_{49}}{X_3 + X_{47} + X_{49}} = 0,032; \quad X_{52} = \frac{X_3 \cdot X_{49}}{X_3 + X_{47} + X_{49}} = 0,094$$

-Từ sơ đồ (H:3.6e), ta có:

$$X_{53} = \frac{(X_{48} + X_{51}) \cdot X_{10}}{X_{10} + X_{48} + X_{51} + X_{52}} = 0,041; X_{54} = \frac{(X_{48} + X_{51}) \cdot X_{52}}{X_{10} + X_{48} + X_{51} + X_{52}} = 0,047; X_{55} = \frac{X_{10} \cdot X_{52}}{X_{10} + X_{48} + X_{51} + X_{52}} = 0,022$$

-Từ sơ đồ (H:3.6f), ta có:

$$X_{56} = X_7 + X_{55} = 0,204; X_{57} = X_{44} + X_{53} = 0,11; X_{58} = X_{50} + X_{54} = 0,072$$

-Từ sơ đồ (H:3.6g), ta có:

$$X_{59} = X_{56} + X_{57} + \frac{X_{56} \cdot X_{57}}{X_{58}} = 0,626; X_{60} = X_{56} + X_{58} + \frac{X_{56} \cdot X_{58}}{X_{57}} = 0,41$$

b) Tính 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 ($X_{tt} \cdot dm$)

$$X_{tt} \cdot dm = X_{60} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,41 \cdot \frac{225}{100} = 0,9225$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 46 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Nguyễn Hữu Khái), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 1; K_\infty'' = 1,22$$

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

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 12,371 \text{ kA}$$

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

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,22 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 15,094 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{59}} = \frac{5,499}{0,626} = 8,874 \text{ kA}$$

-Trị số ngắn mạch tại điểm N_4' :

$$I_{0N4'}'' = I_0'' + I_{HT} = 12,371 + 8,874 = 21,245 \text{ kA}$$

$$I_{\infty N4'}'' = I_\infty'' + I_{HT} = 15,094 + 8,874 = 23,968 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N_4' :

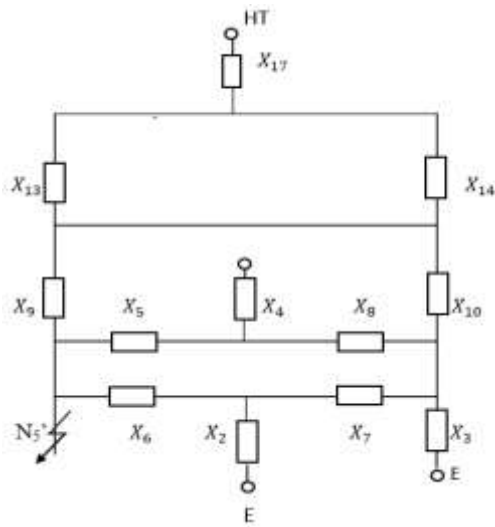
$$i_{xkN4'} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{0N4'}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 21,245 = 54,081 \text{ kA}$$

-Giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích tại N_4' :

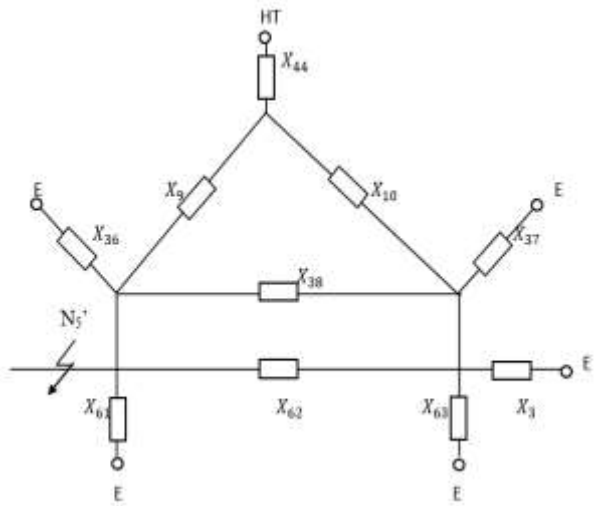
$$I_{xkN4'} = I_{0N4'}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 21,245 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 32,079 \text{ kA}$$

3.4.7. Điểm ngắn mạch N_5' :

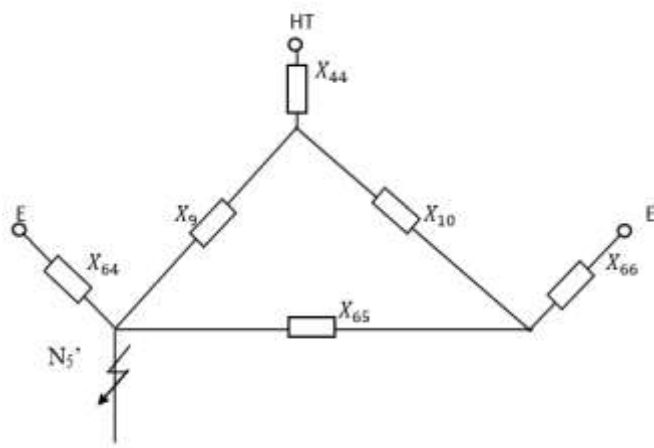
a) Sơ đồ biến đổi: (H:5)



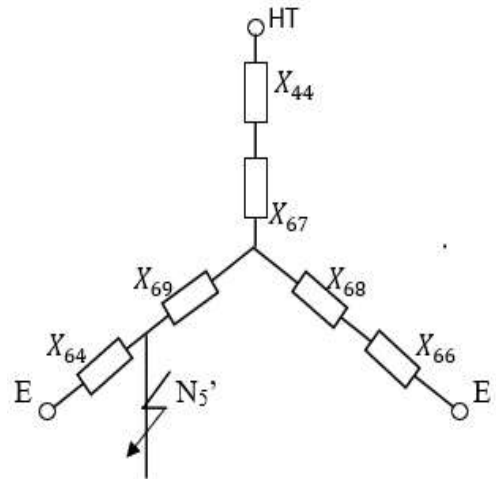
H:3.8a



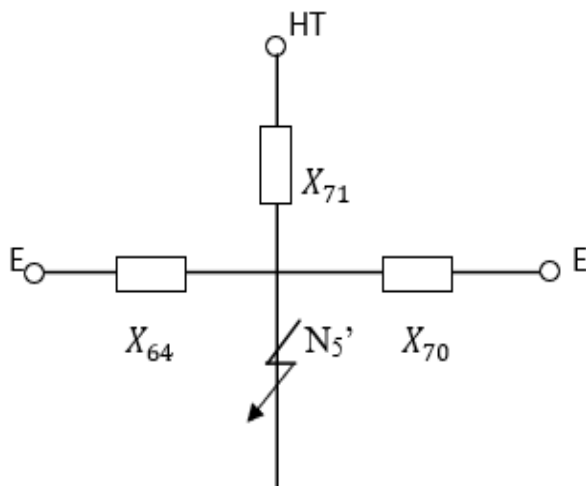
H:3.8b



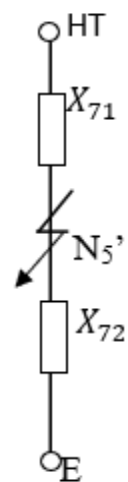
H:3.8c



H:3.8d



H:3.8e



H:3.8f

Hình 3.8: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch N5'

Ta có giá trị điện kháng như sau:

$$X_{17} = 0,046 \text{ (đã tính ở trên)}$$

- Từ sơ đồ (H:3.8b), ta có:

- Các giá trị đã tính ở trên :

$$X_{44} = 0,069; X_{36} = 0,572 \quad ; X_{37} = 0,572 \quad ; X_{38} = 0,537$$

- Các giá trị còn lại:

$$X_{61} = X_2 + X_6 + \frac{X_2 \cdot X_6}{X_7} = 0,572 \quad ; X_{62} = X_6 + X_7 + \frac{X_6 \cdot X_7}{X_2} = 0,534 \quad ; X_{63} = X_2 + X_7 + \frac{X_2 \cdot X_7}{X_6} = 0,572$$

- Từ sơ đồ (H:3.8c), ta có:

$$X_{64} = \frac{X_{36}}{2} = 0,286 \quad ; X_{65} = \frac{X_{38}}{2} = 0,269; X_{66} = \frac{\frac{X_{37} \cdot X_3}{2}}{\frac{X_{37}}{2} + X_3} = 0,116$$

- Từ sơ đồ (H:3.8d), ta có:

$$X_{67} = \frac{X_9 \cdot X_{10}}{X_9 + X_{10} + X_{65}} = 0,016 \quad ; X_{68} = \frac{X_{10} \cdot X_{65}}{X_9 + X_{10} + X_{65}} = 0,051 \quad ; X_{69} = \frac{X_9 \cdot X_{65}}{X_9 + X_{10} + X_{65}} = 0,051$$

- Từ sơ đồ (H:3.8e), ta có:

$$X_{70} = X_{66} + X_{68} + X_{69} + \frac{(X_{66} + X_{68}) \cdot X_{69}}{X_{44} + X_{67}} = 0,318 \quad ; X_{71} = X_{44} + X_{67} + X_{69} + \frac{(X_{44} + X_{67}) \cdot X_{69}}{X_{66} + X_{68}} = 0,162$$

- Từ sơ đồ (H:3.8f), ta có:

$$X_{72} = \frac{X_{64} \cdot X_{70}}{X_{64} + X_{70}} = 0,151$$

b) Tính 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 ($X_{tt} \cdot dm$)

$$X_{tt} \cdot dm = X_{72} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,151 \cdot \frac{225}{100} = 0,34$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.3a trang 48 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Phạm Ngọc Hùng), ta được bội số α thành phần không chu kì dòng điện ngắn mạch:

$$K''_0 = 3,5 \quad ; \quad K''_\infty = 2,25$$

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

$$I''_0 = K''_0 \cdot I_{dmF} = K''_0 \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 3,5 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 43,301 \text{ kA}$$

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

$$I''_\infty = K''_\infty \cdot I_{dmF} = K''_\infty \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 2,25 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,836 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{71}} = \frac{5,499}{0,162} = 33,944 \text{ kA}$$

-Trị số ngắn mạch tại điểm N_5' :

$$I''_{0N5'} = I''_0 + I_{HT} = 43,301 + 33,944 = 77,245 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N5'} = I''_{\infty} + I_{HT} = 27,836 + 33,944 = 61,78 \text{ kA}$$

- Dòng ngắn mạch xung kích tại $N5'$:

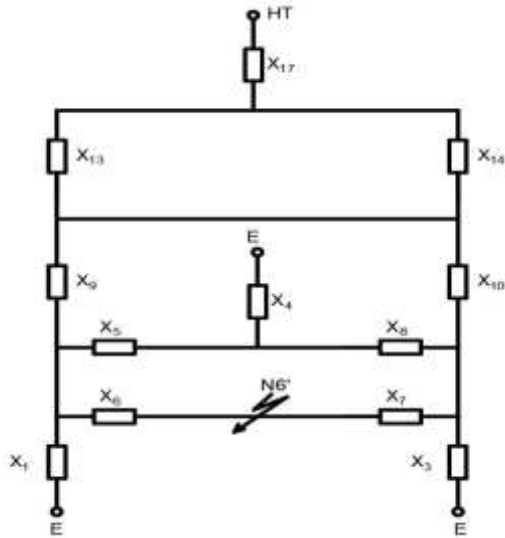
$$i_{xkN5'} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I''_{0N5'} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 77,245 = 196,634 \text{ kA}$$

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

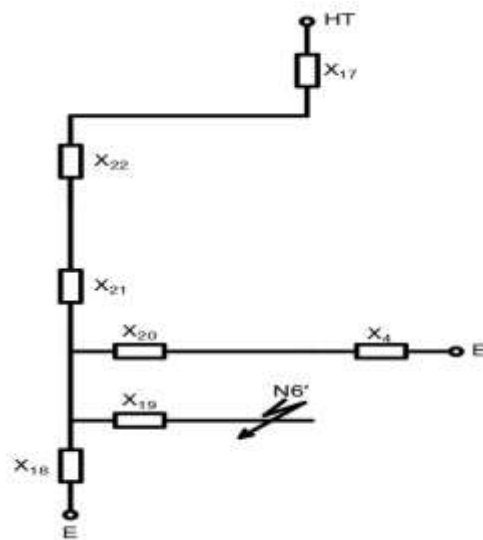
$$I_{xkN5'} = I''_{0N5'} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 77,245 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 116,637 \text{ kA}$$

3.4.8. Điểm ngắn mạch $N6'$:

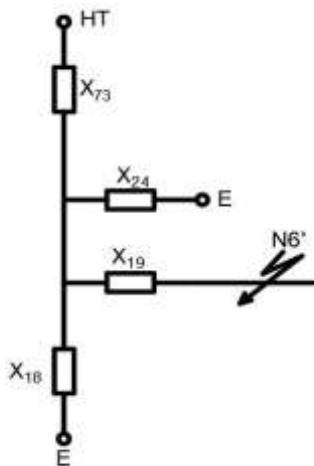
a) Sơ đồ biến đổi: (H:6)



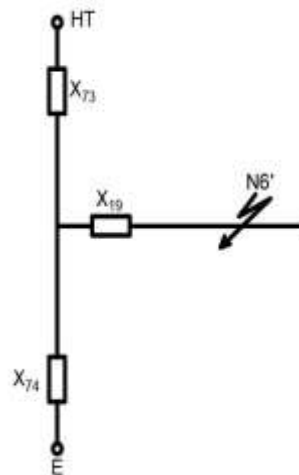
H:3.9a



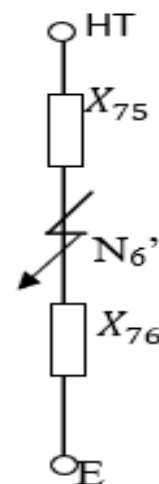
H:3.9b



H:3.9c



H:3.9d



H:3.9e

Hình 3.9: Sơ đồ thay thế tính toán điểm ngắn mạch $N6'$

Tương tự như ngắn mạch tại $N1$, sơ đồ (H:3.9a) đối xứng nhau qua điểm ngắn mạch $N6'$ nên ta có sơ đồ (H:3.9b) và giá trị điện kháng như sau :

$$-X_{17} = 0,046; \quad X_{18} = 0,097; \quad X_{19} = X_{20} = 0,091; \quad X_{21} = 0,041;$$

$$X_{22} = 0,023; \quad X_{24} = 0,286;$$

Từ sơ đồ (H:3.9c), ta có: $X_{73} = X_{22} + X_{17} + X_{21} = 0,023 + 0,046 + 0,041 = 0,11$

Từ sơ đồ (H:3.9d), ta có: $X_{74} = \frac{X_{24} \cdot X_{18}}{X_{24} + X_{18}} = \frac{0,286 \cdot 0,097}{0,286 + 0,097} = 0,072$

- Từ sơ đồ (H:3.9e), ta có:

$$X_{75} = X_{19} + X_{73} + \frac{X_{19} \cdot X_{73}}{X_{74}} = 0,34; \quad X_{76} = X_{19} + X_{74} + \frac{X_{19} \cdot X_{74}}{X_{73}} = 0,223$$

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 ($X_{tt} \cdot s_{dm}$)

$$X_{tt} \cdot s_{dm} = X_{76} \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{S_{cb}} = 0,223 \cdot \frac{225}{100} = 0,502$$

Tra đường cong tính toán (hình 3.5 trang 46 sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của thầy Nguyễn Hữu Khải), ta được bội số của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch:

$$K_0'' = 1,95; \quad K_\infty'' = 1,8$$

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

$$I_0'' = K_0'' \cdot I_{dmF} = K_0'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,95 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 24,125 \text{ kA}$$

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

$$I_\infty'' = K_\infty'' \cdot I_{dmF} = K_\infty'' \cdot \frac{\sum S_{dmFi}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb10,5}} = 1,8 \cdot \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 22,269 \text{ kA}$$

- Dòng ngắn mạch do hệ thống cung cấp:

$$I_{HT} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{HT}} = \frac{I_{cb10,5}}{X_{75}} = \frac{5,499}{0,34} = 16,174 \text{ kA}$$

- Trị số ngắn mạch tại điểm N_6' :

$$I_{0N6'}'' = I_0'' + I_{HT} = 24,125 + 16,174 = 40,299 \text{ kA}$$

$$I_{\infty N6'}'' = I_\infty'' + I_{HT} = 22,269 + 16,174 = 38,443 \text{ kA}$$

- Dòng ngắn mạch xung kích tại N_6' :

$$i_{xkN6'} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{0N6'}'' = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 40,299 = 102,585 \text{ kA}$$

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

$$I_{xkN6'} = I_{0N6'}'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{xk} - 1)^2} = 40,299 \cdot \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 60,85 \text{ kA}$$

3.4.9. Điểm ngắn mạch N_3 :

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

- Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N_3 :

$$I_{0N3}'' = I_{0N4}'' + I_{0N5}'' = 32,803 + 29,28 = 62,083 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N3} = I''_{\infty N4} + I''_{\infty N5} = 32,184 + 11,135 = 43,319 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N₃:

$$i_{xkN3} = i_{xkN4} + i_{xkN5} = 83,503 + 79,09 = 162,593 \text{ kA}$$

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

$$I_{xkN3} = I_{xkN4} + I_{xkN5} = 49,531 + 47,72 = 97,251 \text{ kA}$$

3.4.10. 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:

$$I''_{ON7} = I''_{ON5} + I''_{ON5'} = 29,28 + 77,245 = 106,525 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N7} = I''_{\infty N5} + I''_{\infty N5'} = 11,135 + 61,78 = 72,915 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N₇:

$$i_{xkN7} = i_{xkN5} + i_{xkN5'} = 79,09 + 196,634 = 275,724 \text{ kA}$$

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

$$I_{xkN7} = I_{xkN5} + I_{xkN5'} = 47,72 + 116,637 = 164,357 \text{ kA}$$

3.4.11. Điểm ngắn mạch N₈:

-Theo nguyên tắc xếp chồng ta có: $I_{N8} = I_{N6} + I_{N6'}$

-Vậy, trị số dòng ngắn mạch tại điểm N₈:

$$I''_{ON8} = I''_{ON6} + I''_{ON6'} = 29,28 + 40,299 = 69,579 \text{ kA}$$

$$I''_{\infty N8} = I''_{\infty N6} + I''_{\infty N6'} = 11,135 + 38,443 = 49,578 \text{ kA}$$

-Dòng ngắn mạch xung kích tại N₈:

$$i_{xkN8} = i_{xkN6} + i_{xkN6'} = 79,09 + 102,585 = 181,675 \text{ kA}$$

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

$$I_{xkN8} = I_{xkN6} + I_{xkN6'} = 47,72 + 60,85 = 108,57 \text{ kA}$$

Bảng 3.1: Bảng kết quả tính toán ngắn mạch

Điểm NM	Mạch điện	U_{dm} (kV)	I_0'' (kA)	I''_{∞} (kA)	i_{xk} (kA)	I_{xk} (kA)
N ₁	Cao áp	220	7,49	7,016	19,066	11,31
N ₂	Trung áp	110	12,351	10,679	31,441	18,65
N ₃	Hạ áp MBA	10,5	62,083	43,319	162,593	97,251
N ₄	Phân Đoạn	10,5	32,803	32,184	83,503	49,531

N4'	Phân Đoạn	10,5	21,245	23,968	54,081	32,079
N ₅	Máy phát	10,5	29,28	11,135	79,09	47,72
N ₅ '	Máy phát	10,5	77,245	61,78	196,634	116,637
N ₆	Máy phát	10,5	29,28	11,135	79,09	47,72
N ₆ '	Máy phát	10,5	40,299	38,443	102,585	60,85
N ₇	Tự dùng	10,5	106,525	72,915	275,724	164,357
N ₈	Tự dùng	10,5	69,579	49,578	181,675	108,57

3.5. 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

$$B_{NKCK} = (I''_{0N})^2 \cdot T_a \left(1 - e^{-\frac{2t}{T_a}}\right)$$

- 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: $B_{NKCK} = (I''_{0N})^2 \cdot T_a$

Với $U > 1000V$ thì $T_a = 0,05 (s)$

Bảng 3.2 Tổng hợp thông số tính toán lượng nhiệt

Điểm NM	Mạch điện	I''_{0Ni} (kA)	$I''_{\infty Ni}$ (kA)	β''	t_{td} (s)	B_{NCK} (KA) ² .s	B_{NKCK} (KA) ² .s	B_N (KA) ² .s
N ₁	Cao áp	7,49	7,016	1,067	0,1	4,922	2,805	7,727
N ₂	Trung áp	12,351	10,679	1,157	0,13	14,825	7,627	22,452

N ₃	Hạ áp	62,083	43,319	1,433	0,197	369,678	192,715	562,393
N ₄	Phân đoạn	32,803	32,184	1,019	0,11	113,939	53,802	167,741
N ₅ '	Máy phát	77,245	61,78	1,25	0,17	648,851	298,34	947,191
N ₇	Tự dùng	106,525	72,915	1,461	0,195	1036,736	567,379	1604,115

3.6. Kết luận chương 3

- Trong chương này, các điểm xảy ra ngắn mạch trong nhà máy được xác định và phân tích cụ thể. Thông qua việc áp dụng phương pháp tính toán ngắn mạch và sử dụng đường cong đặc tính, dòng điện ngắn mạch tại các cấp điện áp và tại các vị trí quan trọng như máy phát, máy biến áp, thanh góp và đường dây đã được xác định. Các số liệu thu được đóng vai trò quan trọng trong quá trình lựa chọn khí cụ điện và các thiết bị có dòng điện chạy qua ở chương 4, đồng thời kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt và động của thiết bị khi xảy ra sự cố.

CHƯƠNG 4: CHỌN KHÍ CỤ ĐIỆN VÀ THIẾT BỊ CÓ DÒNG ĐIỆN CHẠY QUA

4.1. Điều kiện chung:

Khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua được chọn theo các điều kiện chung như sau:

- Kiểu (loại)
- Điện áp định mức
- Dòng điện làm việc cưỡng bức
- Kiểm tra điều kiện ổn định động và điều kiện ổn định nhiệt của khí cụ điện
- Ngoài ra đối với mỗi khí cụ điện hay phần tử có dòng điện chạy qua có những điều kiện riêng của nó, đòi hỏi khi tính chọn cần thỏa mãn những điều kiện riêng này

4.1.1. Loại khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua.

Loại khí cụ điện được chọn phải phù hợp với điều kiện khí hậu nơi đặt nó làm việc như trong nhà hay ngoài trời. Ngoài ra khi chọn loại khí cụ điện cũng cần quan tâm về mặt kinh tế và kỹ thuật của nó.

a. Điện áp.

Khí cụ điện phải chịu được khi làm việc lâu dài đối với điện áp định mức của thiết bị và cũng có thể chịu được trong một thời gian nào đó dưới tác dụng của điện áp.

Điều kiện khi chọn khí cụ điện về điện áp như sau:

$$U_{dmKCD} \geq U_{dmạng}$$

Trong đó: $U_{dmạng}$: là điện áp định mức của mạng.

b. Dòng điện làm việc.

Các khí cụ điện và các phần có dòng điện chạy qua cần phải đảm bảo điều kiện phát nóng khi làm việc.

$$I_{lvdmKCD} \geq I_{lvcb}$$

Trong đó: $I_{lvdmKCD}$: Dòng điện làm việc định mức của khí cụ điện.

I_{lvcb} : Dòng điện làm việc cưỡng bức của KCD

c. Kiểm tra ổn định động.

Khi xảy ra ngắn mạch, khí cụ điện và các phần tử có dòng điện chạy qua phải sinh ra những xung động lớn do dòng ngắn mạch phát sinh ra lực điện động.

Điều kiện kiểm tra: $I_{odd} \geq I_{xk}$

d. Kiểm tra ổn định nhiệt.

Nhiệt độ khí cụ điện và dây dẫn quá cao có thể làm cho chúng bị hỏng. Vì vậy khí cụ điện và dây dẫn phải quy định nhiệt độ cho phép. Để đảm bảo ổn định nhiệt thì nhiệt độ của chúng không được vượt quá trị số cho phép.

Điều kiện kiểm tra.

$B_N \geq B_{NTT}$ Trong đó B_N : Xung lượng điện của dòng ngắn mạch

$$B_{NTT} = \int_0^t I_t^2 dt \quad (A^2 \cdot S) \quad B_{NTT}: \text{Là dòng nhiệt tính toán dòng ngắn mạch.}$$

4.2. Dòng điện làm việc cưỡng bức.

4.2.1 Các mạch phía cao áp 220kV

a. Đường dây liên lạc của hệ thống:

$$I_{bt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{thmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmC}} = \frac{88,594}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 0,116 \text{ kA}$$

Trong đó: S_{thmax} là công suất thừa lớn nhất nhà máy phát về hệ thống.

$$I_{cb} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,116 = 0,232 \text{ kA}$$

b. Đường dây kép của phụ tải:

$$I_{bt} = \frac{S_{ptmax}^K}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dmC}} = \frac{P_{ptmax}^K}{2 \cos \varphi_{UC} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dmC}} = \frac{40}{2 \cdot 0,85 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 0,062 \text{ kA}$$

$$I_{cb} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,062 = 0,124 \text{ kA}$$

c. Mạch cao áp máy biến áp liên lạc B1,B2:

Dòng cường bức được tính theo khả năng quá tải của máy biến áp.

$$I_{cb} = \frac{K_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmC}} = \frac{1,2 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,787 \text{ kA}$$

Từ 1, 2, 3 ta suy ra, $I_{cb} = 0,787 \text{ kA}$ được chọn làm cơ sở cho việc chọn khí cụ điện mạch cao áp.

d. Thanh góp cấp điện áp cao

$$I_{cb} = \frac{K_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmC}} = \frac{1,2 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,787 \text{ kA}$$

4.2.2. Các mạch phía trung áp 110kV

a. Đường dây đơn của phụ tải:

$$I_{bt} = \frac{S_{ptmax}^D}{\sqrt{3} \cdot U_{dmT}} = \frac{P_{ptmax}^D}{\cos \varphi_{UT} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dmT}} = \frac{10}{0,8 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 0,066 \text{ kA}$$

b. Đường dây kép của phụ tải:

$$I_{bt} = \frac{S_{ptmax}^D}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dmT}} = \frac{P_{ptmax}^K}{2 \cdot \cos \varphi_{UT} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dmT}} = \frac{20}{2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 0,066 \text{ kA}$$

Trong đó: S_{thmax} là công suất thừa lớn nhất nhà máy phát về hệ thống.

$$I_{cb} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 0,066 = 0,132 \text{ kA}$$

c. Mạch trung áp máy biến áp liên lạc B1,B2:

Dòng cường bức được tính sự cố một máy biến áp liên lạc và phụ tải ở phía trung là lớn nhất.

$$I_{cb} = \frac{S_{Tmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmT}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 110} = 0,525 \text{ kA}$$

Từ 1, 2, 3 ta suy ra, $I_{cb}=0,525 \text{ kA}$ được chọn làm cơ sở cho việc chọn khí cụ điện mạch trung áp.

d. Thanh góp cấp điện áp trung:

$$I_{cb} = \frac{K_{qtsc} \cdot S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmT}} = \frac{1,2 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 110} = 1,575 \text{ kA}$$

4.2.3. Các mạch phía hạ áp 10,5 kV

a. Mạch hạ áp máy biến áp liên lạc B1,B2:

$$I_{bt} = \frac{S_{Hmax}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dmH}} = \frac{222,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,114 \text{ kA} ; \quad I_{cb} = \frac{S_{B1}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmH}} = \frac{150}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 8,249 \text{ kA}$$

Trong đó: $S_{B1} = \min\{S_{Hmax}; K_{qtsc} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB1}\}$

$$K_{qt} \cdot K_{cl} \cdot S_{dmB1} = 1,2 \times 0,5 \times 250 = 150 \text{ (MVA)}$$

$$S_{Hmax} = 222,4 \text{ MVA}$$

b. Mạch đầu cực máy phát:

$$I_{bt} = \frac{S_{dmF}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmH}} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 4,124 \text{ kA} ; \quad I_{cb} = 1,05 \cdot I_{bt} = 1,05 \cdot 4,124 = 4,33 \text{ kA}$$

c. Mạch phân đoạn:

$$I_{bt} = I_{K1}^{bt} = 1,415 \text{ kA}; \quad I_{cb} = I_{K1}^{cb} = 2,83 \text{ kA}$$

d. Mạch tự dùng:

$$I_{bt} = \frac{S_{tdmaxF}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmH}} = \frac{4\% \cdot 75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,165 \text{ kA} ; \quad I_{cb} = 1,05 \cdot I_{bt} = 1,05 \cdot 0,165 = 0,173 \text{ kA}$$

4.3. Chọn máy cắt và dao cách ly

4.3.1. Điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt

Máy cắt được chọn theo các điều kiện sau

- Loại máy cắt điện
- Điện áp định mức : $U_{dmMC} \geq U_{dmHT}$
- Dòng điện định mức : $I_{dmMC} \geq I_{cb}$
- Dòng cắt định mức : $I_{cdm} \geq I''_N$
- Kiểm tra ổn định động : $i_{oddMC} \geq i_{xk}$
- Kiểm tra ổn định nhiệt : $I_{nh}^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$

4.3.2. Điều kiện chọn và kiểm tra dao cách ly

Dao cách ly được chọn theo các điều kiện sau:

- Loại dao cách ly

- Điện áp định mức : $U_{dmDCL} \geq U_{dmHT}$

- Dòng điện định mức : $I_{dmDCL} \geq I_{cb}$

- Kiểm tra ổn định động : $i_{oddDCL} \geq i_{xk}$

- Kiểm tra ổn định nhiệt : $I_{nh}^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$

Với máy cắt và dao cách ly có dòng điện định mức $I_{dm} \geq 1000A$ thì không cần kiểm tra ổn định nhiệt

Theo các điều kiện chọn máy cắt và dao cách ly trên, chọn được các máy cắt và dao cách ly có thông số như bảng 4.1 và 4.2

Bảng 4.1: Thông số máy cắt

Mạch tính toán	Điện ngắn mạch	Thông số tính toán				Loại máy cắt	Thông số định mức				Giá
		U_{dm} (kV)	I_{cb} (kA)	I''_N (kA)	I_{xk} (kA)		U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{cdm} (kA)	I_{odd} (kA)	
Hạ áp MBA	N3	10,5	8,249	62,083	97,251	MF-10-9000/1800	10	9000	90	174	70/10
Máy phát	N'5	10,5	4,33	77,245	116,637	MF-10-5000/1800	10	5000	105	175	70/10
Phân đoạn	N4	10,5	2,83	32,803	49,531	MF-10-3200-45Y3	10	3200	45	120	45/4

Bảng 4.2: Thông số dao cách ly

Mạch tính toán	Điện ngắn mạch	Thông số tính toán				Loại dao cách ly	Thông số định mức				Giá
		U_{dm} (kV)	I_{cb} (kA)	I''_N (kA)	I_{xk} (kA)		U_{dm} (kV)	I_{dm} (A)	I_{odd} (kA)	I_{nh} (kA)	
Hạ áp MBA	N3	10,5	8,249	62,083	97,251	PBK-20/12500	20	12500	320	125	4
Máy phát	N'5	10,5	4,33	77,245	116,637	PBK-10/5000	10	5000	200	70	10
Phân đoạn	N4	10,5	2,83	32,803	49,531	PBK-10/4000	10	4000	265	65	10

4.4. Chọn thanh góp, thanh dẫn, cáp điện lực cấp điện áp máy phát

- Thanh dẫn, thanh góp là hệ thống dây dẫn được gắn chặt trên sứ để tạo thành sự liên hệ về điện giữa các thiết bị điện với nhau.
- Với cấp điện áp < 35kV thường dùng thanh dẫn cứng.
- Với cấp điện áp > 35kV thường dùng thanh dẫn mềm.
- Điều kiện chọn: theo điều kiện phát nóng lâu dài $I_{cp} \geq I_{cb}$

4.4.1. Chọn 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:

$$I'_{cp} \geq I_{cb}$$

Trong đó: I'_{cp} là dòng điện cho phép của thanh dẫn sau khi đã qui đổi về điều kiện làm việc thực tế. $I_{cp} = K_1.K_2.I_{cb}$.

Với:

K_1 là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường, tra sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái, với nhiệt độ môi trường 35°C thì $K_1 = 0,9$.

K_2 là hệ số hiệu ứng gần, chọn thanh dẫn cứng hình máng nên $K_2=0,95$.

$$\Rightarrow I'_{cp} = K_1.K_2.I_{cb} \geq I_{cb} \Rightarrow I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{K_1.K_2}$$

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{TGMF}}{K_1.K_2} = \frac{8,249}{0,9.0,95} = 9,65kA = 9650A$$

Bảng 4.3 Thông số thanh góp cấp điện áp máy phát:

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}		
200	90	10	14	3435	193	40	422	1930	254	4220	9900

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 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.

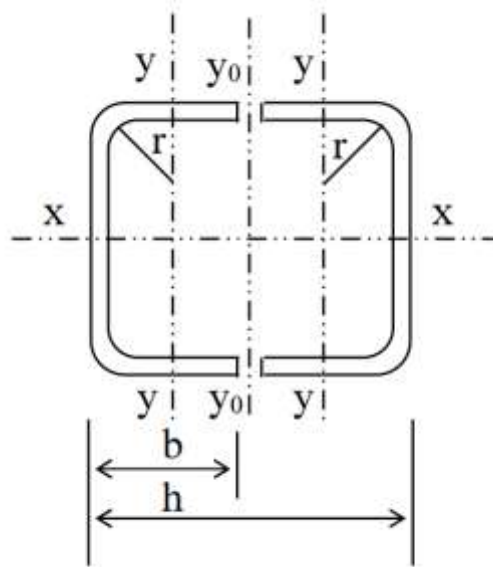
C : là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm thanh dẫn, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 171 A^2s mm^2$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N7}}}{C} = \frac{\sqrt{1604,115}}{171} \cdot 10^3 = 234,219(mm^2)$$

$$S_{chọn} = 2.3435 = 6870 (mm^2) > 234,219 (mm^2)$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

Hình 4.1: Tiết diện mặt cắt thanh dẫn hình máng



3. Kiểm tra ổn định động

Kiểm tra ổn định động bằng phương pháp đơn giản hóa. Theo phương pháp này, ta coi nhịp thanh dẫn (phần thanh dẫn giữa 2 sứ gần nhau) có chiều dài l_1 , khi ngắn mạch thanh dẫn chịu tác động của 1 lực không đổi F_1 và bằng lực cực đại khi ngắn mạch 3 pha tính với pha giữa. 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:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

δ_1 : là ứng suất do dòng điện giữa các pha tác động với nhau sinh ra.

δ_2 : là ứng suất do dòng điện trong 2 thanh dẫn cùng pha tác động với nhau sinh ra.

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 N₇)

a : là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 40 \text{ cm}$

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100 \text{ cm}$

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i_{(3)_{xk}}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{40} \cdot 275,724^2 = 3421,068 \text{ (Kg)}$$

+ Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{3421,068 \cdot 100}{10} = 34210,68 \text{ (Kg. cm)}$$

+ Momen chống uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{y_0-y_0} = 422 \text{ cm}^3$$

+ Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{34210,68}{422} = 81,068 \text{ Kg/cm}^2$$

-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 ($h = 20 \text{ cm}$)

$$\Rightarrow f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{20} \cdot 275,724^2 = 19,386 \text{ (Kg)}$$

+ 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:

$$W_2 = W_{y-y} = 40 \text{ cm}^3$$

+ Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

- 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:

$$\delta_{cp} = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \delta_2 \leq \delta_{cp} - \delta_1$$

-Khoảng cách lớn nhất giữa 2 miếng đệm:

$$\Leftrightarrow \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \leq \delta_{cp} - \delta_1 \Rightarrow l_2 \leq \sqrt{\frac{(\delta_{cp} - \delta_1) \cdot 12 \cdot W_2}{f_2}} = l_{2 \max}$$

$$\Rightarrow l_{2 \max} = \sqrt{\frac{(1400 - 81,068) \cdot 12 \cdot 40}{19,386}} = 180,712 \text{ cm}$$

Ta lấy $l_{\max} = 180,712 \text{ cm} > l_1 = 100 \text{ cm}$

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 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 chiều dài của một 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 ($J = J_{y_0-y_0} = 4220 \text{ cm}^4$).

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 ($S = 2.3435 = 6870 \text{ mm}^2 = 68,7 \text{ cm}^2$)

$$\Rightarrow f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 4220 \cdot 10^6}{68,7 \cdot 8,93}} = 979,261 \text{ (Hz)}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 979,261 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được thỏa mãn.

Vậy thanh gốp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

4.4.2. Chọn thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh gốp cấp điện áp máy phát.

a. Điều kiện chọn.

- Ta chọn thanh dẫn cứng bằng đồng, tiết diện hình máng.

$$\text{- Điều kiện chọn: } I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{MF}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{4,33}{0,9 \cdot 0,95} = 5,064 \text{ kA} = 5064 \text{ A}$$

Tra phụ lục XII/trang 285_TLHD, ta chọn thanh dẫn cứng bằng đồng, có tiết diện hình máng như hình 4.1, quét sơn và có thông số như bảng sau:

Bảng 4.4: Thông số thanh dẫn đầu cực máy phát.

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}		
125	455	6,5	10	1370	50	9,5	100	290,3	36,7	625	5500

b. Kiểm tra ổn định nhiệt.

- Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép.

$$S_{\text{chọn}} \geq S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

Trong đó:

Schön : 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 $C_{cu} = 171 \text{ A}^2\text{s mm}^2$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_{N5'}}}{C} = \frac{\sqrt{947,191}}{171} \cdot 10^3 = 179,979 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_{chọn} = 2.1370 = 2740 \text{ (mm}^2\text{)} > 179,979 \text{ (mm}^2\text{)}$$

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 δ_1 và δ_2 . Ta có:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

δ_1 : là ứng suất do dòng điện giữa các pha tác động với nhau sinh ra.

δ_2 : là ứng suất do dòng điện trong 2 thanh dẫn cùng pha tác động với nhau sinh ra.

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 N5')

a: là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 40 \text{ cm}$

l_1 : là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100 \text{ cm}$

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l_1}{a} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{40} \cdot 196,634^2 = 1739,922 \text{ (Kg)}$$

-Momen uốn tác dụng lên thanh dẫn khi số nhịp lớn hơn 2:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{1739,922 \cdot 100}{10} = 17399,22 \text{ (Kg.cm)}$$

-Momen uốn của thanh dẫn:

$$W_1 = W_{y0-y0} = 100 \text{ cm}^3$$

-Ứng suất trong thanh dẫn δ_1 dưới tác động của momen uốn M_1 :

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{17399,22}{100} = 173,992 \text{ Kg/cm}^2$$

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 ($h = 12,5 \text{ cm}$)

$$\Rightarrow f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i_{\text{xx}}^{(3)2} = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{12,5} \cdot 196,634^2 = 15,775 \text{ (Kg)}$$

-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:

$$W_2 = W_{y-y} = 9,5 \text{ cm}^3$$

-Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

-Điều kiện ổn định động của thanh dẫn là:

$$\delta_{\text{tt}} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{\text{cp}}$$

Trong đó:

δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{\text{cp}} = 1400 \text{ Kg/cm}^2$

$$\Rightarrow \delta_2 \leq \delta_{\text{cp}} - \delta_1$$

$$\Leftrightarrow \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \leq \delta_{\text{cp}} - \delta_1 \Rightarrow l_2 \leq \sqrt{\frac{(\delta_{\text{cp}} - \delta_1) \cdot 12 \cdot W_2}{f_2}} = l_{2 \text{ max}}$$

$$\Rightarrow l_{2 \text{ max}} = \sqrt{\frac{(1400 - 173,992) \cdot 12 \cdot 9,5}{15,775}} = 94,127 \text{ cm}$$

Ta lấy $l_{\text{max}} = 94,127 \text{ cm} < l_1 = 100 \text{ cm}$

Không thoả mãn, vậy ta cần đặt thêm miếng đệm vào giữa 2 sứ để đảm bảo điều kiện ổn định động.

Số miếng đệm cần đặt giữa 2 sứ:

$$n = \frac{l_1}{l_{2 \text{ max}}} - 1 = \frac{100}{94,127} - 1 = 0,062$$

d. Kiểm tra ổn định động của thanh dẫn 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 giữa 2 sứ gần nhau $l = 100\text{cm}$

E: là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng $E = 1,1.10^6 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

J: là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn

($J = J_{y_0-y_0} = 625 \text{ cm}^4$).

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 ($S = 2.13,7 = 27,4 \text{ cm}^2$)

$$\Rightarrow f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 625 \cdot 10^6}{27,4 \cdot 8,93}} = 596,74 \text{ (Hz)}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 596,74 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được thỏa mãn.

Vậy thanh góp đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

4.4.3. Chọn thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến hạ áp máy biến áp:

1. Đoạn trong nhà:

Tương tự khi chọn thanh góp cấp điện áp máy phát.

a. Điều kiện chọn.

- Ta chọn thanh dẫn cứng bằng đồng, tiết diện hình máng.

- Điều kiện chọn: $I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{MBA}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{8,249}{0,9 \cdot 0,95} = 9,648 \text{ kA} = 9648 \text{ A}$

Vậy ta chọn thanh góp có các thông số sau:

Bảng 4.5: Thông số thanh dẫn mạch hạ áp máy biến áp.

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}		
200	90	10	14	3435	193	40	422	1930	254	4220	9900

b. Kiểm tra ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện tiết diện cho phép.

$$S_{\text{chọn}} \geq S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$$

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, ta chọn thanh dẫn làm bằng đồng nên $C_{cu} = 171 \text{ A}^2\text{s mm}^2$

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_{N3}}}{C} = \frac{\sqrt{562,393}}{171} \cdot 10^3 = 138,683 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_{\text{chọn}} = 2.3435 = 6870 \text{ (mm}^2\text{)} > 138,683 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt.

c. Kiểm tra ổn định động khi ngắn mạch.

Sử dụng phương pháp đơn giản hóa.

-Điều kiện: $\delta_{cp} \geq \delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2$

-Xác định δ_1 :

Lực điện động cực đại khi ngắn mạch 3 pha tác dụng lên pha giữa của thanh dẫn được tính như sau:

$$F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{a} \cdot i_{\text{xk}}^{(3)2} \text{ (Kg)}$$

Trong đó:

$-i_{\text{xk}}^{(3)}$: là dòng điện xung kích khi ngắn mạch 3 pha (kA) (tại điểm N_3)

$-a$: là khoảng cách giữa các thanh dẫn, chọn $a = 40 \text{ cm}$

$-l_1$: là chiều dài của 1 nhịp thanh dẫn, chọn $l_1 = 100 \text{ cm}$

$$\Rightarrow F_1 = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{a} \cdot i_{\text{xk}}^{(3)2} = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{100}{40} \cdot 162,593^2 = 1189,642 \text{ (Kg)}$$

-Momen uốn tác dụng lên 1 nhịp thanh dẫn, giả sử số nhịp $n > 2$:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot l_1}{10} = \frac{1189,642 \cdot 100}{10} = 11896,42 \text{ (Kg. cm)}$$

-Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do lực động điện giữa các thanh dẫn của các pha sinh ra:

$$\delta_1 = \frac{M_1}{W_1}$$

Vì bố trí thanh dẫn của 3 pha trên mặt phẳng nằm ngang và 2 phần của thanh dẫn hàn chặt nhau nên momen chống uốn của thiết bị dây dẫn:

$$W_1 = W_{y_0-y_0} = 422 \text{ cm}^3$$

$$\text{Vậy: } \delta_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{11896,42}{422} = 28,191 \text{ Kg/cm}^2$$

Xác định δ_2 :

Lực tác động trên 1 đơn vị chiều dài của thanh dẫn (1cm).

$$f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 \quad (\text{Kg})$$

Trong đó:

h: là chiều cao thanh dẫn ($h = 20 \text{ cm}$)

$$\Rightarrow f_2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{h} \cdot i^{(3)}_{xk}^2 = 0,51 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{20} \cdot 162,593^2 = 6,741 \quad (\text{Kg})$$

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 1 nhịp của 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:

$$W_2 = W_{y-y} = 40 \text{ cm}^3$$

-Ứng suất trong vật liệu thanh dẫn do f_2 sinh ra:

$$\delta_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} = \frac{6,741 \cdot 100^2}{12 \cdot 40} = 140,438 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

-Ứng suất tính toán:

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 \leq \delta_{cp}$$

Trong đó: δ_{cp} : là ứng suất cho phép của vật liệu làm thanh dẫn.

Đối với đồng $\delta_{cp} = 1400 \text{ Kg/cm}^2$

$$\delta_{tt} = \delta_1 + \delta_2 = 28,191 + 140,438 = 168,629 \text{ Kg/cm}^2 < \delta_{cp}$$

$$\Rightarrow \delta_2 \leq \delta_{cp} - \delta_1$$

$$\Leftrightarrow \frac{f_2 \cdot l_2^2}{12 \cdot W_2} \leq \delta_{cp} - \delta_1 \Rightarrow l_2 \leq \sqrt{\frac{(\delta_{cp} - \delta_1) \cdot 12 \cdot W_2}{f_2}} = l_{2 \max}$$

$$\Rightarrow l_{2 \max} = \sqrt{\frac{(1400 - 28,191) \cdot 12 \cdot 40}{6,741}} = 312,54 \text{ cm}$$

Ta lấy $l_{\max} = 312,54 \text{ cm} > l_1 = 100 \text{ cm}$

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 xét đến dao động.

-Tần số dao động riêng của thanh dẫn 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:

+ E : là modul đàn hồi của vật liệu thanh dẫn, thanh dẫn bằng đồng $E = 1,1 \cdot 10^6$

(Kg/cm²)

+ J : là momen quán tính của tiết diện thanh dẫn đối với trục thẳng góc và phương uốn

($J = J_{y_0-y_0} = 4220 \text{ cm}^4$).

+ 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 ($S = 2. 3435 = 6870 \text{ mm}^2 = 68,7 \text{ cm}^2$)

$$\Rightarrow f_r = \frac{3,56}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot 10^6}{S \cdot \gamma}} = \frac{3,56}{100^2} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot 4220 \cdot 10^6}{68,7 \cdot 8,93}} = 979,261 \text{ (Hz)}$$

Ta thấy tần số dao động riêng $f_r = 979,261 \text{ Hz}$ nằm ngoài khoảng (45-55) Hz và (90-100) Hz nên điều kiện ổn định động khi có xét đến dao động riêng được thỏa mãn.

Vậy thanh gố đã chọn thỏa mãn các điều kiện kiểm tra.

2. Đoạn ngoài trời:

a. Điều kiện chọn.

-Điều kiện: $I_{cp} \geq \frac{I_{cb}^{mba}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{8,249}{0,91 \cdot 1} = 9,065 \text{ kA}$ với $k_1 = 0.91$ và $k_2 = 1$

Ta chọn bộ dây dẫn mềm bằng nhôm có các thông số sau:

+ 8 dây dẫn AC-700/86 có dòng cho phép 1 dây là: $I_{cp1} = 1220 \text{ A}$

+ Dòng cho phép của bộ dây là: $I_{cp\Sigma} = 8 \cdot 1220 = 9760 \text{ A}$

b. Kiểm tra ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

-Điều kiện: $S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C}$

Ta có: $B_N = B_{N3} = 562,393 \text{ (kA}^2 \cdot \text{s)}$

$C_{cu} = 88 \text{ A}^2 \text{ s mm}^2$

$$\Rightarrow S_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C} = \frac{\sqrt{562,393}}{88} \cdot 10^3 = 269,487 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Do đó: $S_{chọn} = 700 \text{ mm}^2 > 269,487 \text{ mm}^2$

Vậy thanh dẫn đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định nhiệt khi ngắn mạch.

c. Kiểm tra ổn định động.

-Đối với các thiết bị phân phối ngoài trời khoảng cách giữa các pha lớn nên lực động điện bé nên không cần kiểm tra ổn định động.

4.4.4. Chọn cáp cho phụ tải địa phương:

Ở đây ta chỉ chọn một phân cáp dẫn từ thanh gố cấp điện áp máy phát ra ngoài nhà máy (khoảng 200m).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}

$$T_{max} = \frac{365}{94,118} \cdot (84,71.6 + 75,294.6 + 94,118.8 + 65,882.4) = 6735 \text{ (h)}$$

Tra sách “Thiết kế phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp” của PGS Nguyễn Hữu Khái, đối với cáp cách điện bằng giấy, lõi đồng thì $J_{kt} = 2 \text{ A/cm}^2$.

+ Đối với đường dây kép:

$$I_{bt} = \frac{P_K \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos\varphi} = \frac{15 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 485,168 \text{ A}$$

$$I_{cb} = 2 \cdot I_{bt} = 2 \cdot 485,168 = 970,336 \text{ A}$$

$$\Rightarrow S_{kt} = \frac{I_{bt}}{j_{kt}} = \frac{485,168}{2} = 242,584 \text{ mm}^2$$

+ Đối với đường dây đơn:

$$I_{bt} = \frac{P_D \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos\varphi} = \frac{5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 323,446 \text{ A}$$

$$\Rightarrow S_{kt} = \frac{I_{bt}}{j_{kt}} = \frac{323,446}{2} = 161,723 \text{ mm}^2$$

Theo kinh nghiệm thì khi $S_{kt} \geq 150 \text{ mm}^2$ thì số cáp kinh tế được xác định bởi:

$$n_{bt}^K = \frac{S_{kt}^K}{150} = \frac{242,584}{150} = 1,617$$

$$n_{bt}^D = \frac{S_{kt}^D}{150} = \frac{161,723}{150} = 1,078$$

Vậy đối với đường dây kép, chọn 2 sợi cáp đồng làm việc song song; đối với đường dây đơn ta cũng chọn 2 sợi cáp đồng 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 150 mm^2 có $I_{cp} = 355 \text{ A}$.

b. Kiểm tra cáp theo điều kiện phát nóng lâu dài:

- Kiểm tra điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc bình thường:

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{bt}$$

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 đường dây kép:

$$I_{bt} = 485,168 \text{ A}$$

$$I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1 \cdot 0,93 \cdot 355 = 330,15 \geq I_{bt} = 485,168 \text{ A}$$

- Đối với đường dây đơn:

$$I_{bt} = 323,446 \text{ A}$$

$$I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1,0,93 \cdot 2,355 = 660,3 \geq I_{bt} = 323,446 \text{ A}$$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc bình thường.

- *Kiểm tra điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc cường bức:*

Khi sự cố cáp có thể cho phép quá tải 130% trong thời gian không quá 5 ngày đêm.

Điều kiện:

$$1,3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1,3 \cdot 1,0,93 \cdot 2,355 = 858,39 \text{ A} < I_{cb} = 2,485,168 = 970,336 \text{ A}$$

Vậy cáp đã chọn không thỏa mãn điều kiện phát nóng khi làm việc cường bức.

Vậy ta chọn lại 3 sợi cáp đồng 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 150 mm^2 có $I_{cp} = 355 \text{ A}$.

Kiểm tra cáp theo điều kiện phát nóng lâu dài:

- *Kiểm tra điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc bình thường:*

$$K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} \geq I_{bt}$$

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 đường dây kép:

$$I_{bt} = 485,168 \text{ A}$$

$$I'_{cp} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1,0,93 \cdot 3,355 = 990,45 \geq I_{bt} = 485,168 \text{ A}$$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc bình thường.

- *Kiểm tra điều kiện phát nóng của cáp khi làm việc cường bức:*

Khi sự cố cáp có thể cho phép quá tải 130% trong thời gian không quá 5 ngày đêm.

Điều kiện:

$$1,3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot I_{cp} = 1,3 \cdot 1,0,93 \cdot 3,355 = 990,45 \text{ A} > I_{cb} = 2,485,168 = 970,336 \text{ A}$$

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.

4.5. Chọn sứ cách điện

-Sứ được chọn dùng để giữ các dây dẫn trần. Do đó sứ phải chịu được điện áp lớn nhất có thể đặt lên dây dẫn, phải chịu được tác động và nhiệt của dòng điện khi làm việc lâu

dài cũng như khi ngắn mạch. Đồng thời chịu được tác động của môi trường làm việc.

4.5.1. 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:

$$F_{tt} \leq F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} \quad \text{Trong đó:} \quad F_{cp}: \text{Lực cho phép tác động lên đầu sứ (Kg)}$$

$$F_{phá}: \text{Lực phá hoại định mức (Kg)}$$

$$F_{tt}: \text{Lực tính toán đẳng trị qui đổi về đầu sứ.}$$

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).

H' : Là chiều cao của trọng tâm thanh dẫn

H : Là chiều cao của sứ

h : Là chiều cao thanh dẫn

4.5.2. Chọn sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát.

-Ta có: $F_1 = 3518,581 \text{ Kg}$

$$h = 200 \text{ (mm)}$$

-Dựa vào Phụ lục VII/trang 252/ ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Bảng 4.6: Thông số sứ đỡ thanh góp cấp điện áp máy phát

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-10-8000Y3	10	47	8000	300

$$\text{-Vậy: } F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H + \frac{h}{2}}{H} = 3518,581 \cdot \frac{300 + \frac{200}{2}}{300} = 4691,441 \text{ Kg}$$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 8000 = 4800 \text{ Kg}$$

-Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

4.5.3. Sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5 KV:

-Ta có: $F_1 = 1809,661 \text{ Kg}$

$$h = 125 \text{ (mm)}$$

-Dựa vào Phụ lục VII/trang 252/ ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Bảng 4.7: Thông số sứ đỡ sứ đỡ thanh dẫn từ đầu cực máy phát đến thanh góp 10,5 KV

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-10-5000Y3	10	47	5000	150

$$\text{-Vậy: } F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H + \frac{h}{2}}{H} = 1809,661 \cdot \frac{150 + \frac{125}{2}}{150} = 2563,686 \text{ Kg}$$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 5000 = 3000 \text{ Kg}$$

-Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

4.5.4. Sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc(phần trong nhà):

-Ta có: $F_1 = 1384,543 \text{ Kg}$
 $h = 200 \text{ (mm)}$

-Dựa vào Phụ lục VII/trang 252/ ta chọn loại sứ đặt trong nhà có các thông số như sau:

Bảng 4.8: Thông số sứ đỡ thanh dẫn từ thanh góp cấp điện áp máy phát đến máy biến áp liên lạc(phần trong nhà)

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-10-4250KBY3	10	47	4250	230

$$\text{-Vậy: } F_{tt} = F_1 \cdot \frac{H'}{H} = F_1 \cdot \frac{H + \frac{h}{2}}{H} = 1384,543 \cdot \frac{230 + \frac{200}{2}}{230} = 1986,518 \text{ Kg}$$

$$F_{cp} = 0,6 \cdot F_{phá} = 0,6 \cdot 4250 = 2550 \text{ Kg}$$

-Ta thấy: $F_{tt} < F_{cp} \Rightarrow$ thỏa mãn yêu cầu ổn định động.

4.5.5. Chọn sứ xuyên tường:

-Điều kiện chọn sứ xuyên:

$$+ U_{đmS} \geq U_{ht} = 10,5 \text{ kV}$$

$$+ I_{đm} \geq I_{lvcb} = 8,249 \text{ kA}$$

-Ta chọn sứ xuyên cho thanh dẫn có các thông số như sau:

Bảng 4.9: Thông số sứ xuyên

Loại sứ	Điện áp (kV)	Dòng định mức kA	Lực phá hoại nhỏ nhất khi uốn tính (Kg)
TA-10	10,5	8	6000

4.6. Chọn kháng điện cho đường dây:

-Kháng điện đường dây là một cuộn dây điện cảm không có lõi thép, có điện kháng lớn hơn điện trở. Dùng để hạn chế dòng điện ngắn mạch và dòng điện khởi động của động cơ. Ngoài ra nó còn nâng cao điện áp dư trên thanh góp khi xảy ra ngắn mạch trên đường dây.

4.6.1. Điều kiện chọn và kiểm tra

-Kháng điện đường dây được chọn theo điều kiện:

$$+ U_{đmK} \geq U_{đm \text{ mạng}}$$

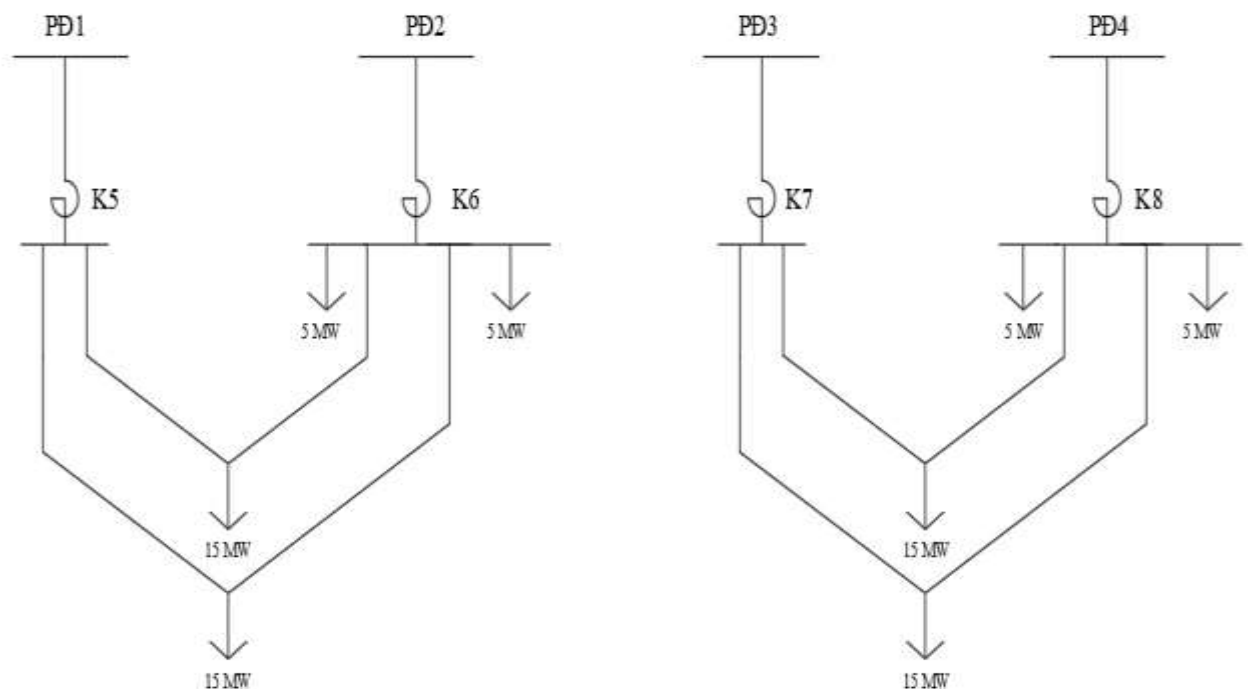
$$+ I_{đmK} \geq I_{lvcb}$$

-Kiểm tra ÔU% khi làm việc bình thường cả cường bức.

-Kiểm tra điều kiện ổn định động: $i_{ôđđ} \geq i_{xk}$

-Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt: $I_{nh}^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$.

4.6.2. Tính toán phân bố công suất qua kháng



Trạng thái	K5[MW]	K6[MW]		K7[MW]	K8[MW]	
		Nh1	Nh2		Nh1	Nh2

Bình thường	15	12,5	12,5	15	12,5	12,5
Sự cố K5	0	20	20	15	12,5	12,5
Sự cố K6	30	0	0	15	12,5	12,5
Sự cố K7	15	12,5	12,5	0	20	20
Sự cố K8	15	12,5	12,5	30	0	0

+ Dòng điện làm việc bình thường qua kháng điện

$$I_{K5}^{bt} = I_{K7}^{bt} = \frac{P_{K5}^{bt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmk} \cdot \cos \varphi} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,97 \text{ (kA)}$$

$$I_{Nh1K6}^{bt} = I_{Nh2K6}^{bt} = I_{Nh1K8}^{bt} = I_{Nh2K8}^{bt} = \frac{P_{K6}^{bt}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmk} \cdot \cos \varphi} = \frac{12,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 0,809 \text{ (kA)}$$

+ Dòng điện làm việc cường bức qua kháng điện

$$I_{K5}^{cb} = I_{K7}^{cb} = \frac{S_{K5}^{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmk} \cdot \cos \varphi} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 1,94 \text{ (kA)}$$

$$I_{Nh1K6}^{cb} = I_{Nh2K6}^{cb} = I_{Nh1K8}^{cb} = I_{Nh2K8}^{cb} = \frac{P_{K6}^{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{dmk} \cdot \cos \varphi} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 1,294 \text{ (kA)}$$

Tra tài liệu tham khảo:

Ta chọn kháng điện K₅, K₇ là kháng điện đơn loại PbA-10-2000-Xk%.

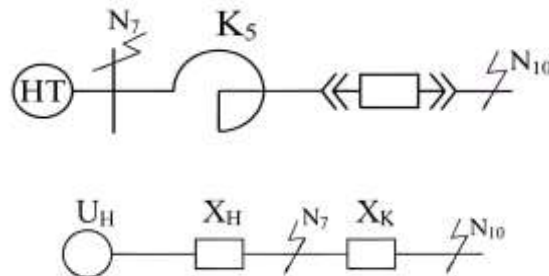
Ta chọn kháng điện K₆, K₈ là kháng điện đơn loại PbA-10-2.1500-Kx%.

4.6.3. Tính toán chọn giá trị X_k% :

-X_k% được xác định theo điều kiện hạn chế dòng ngắn mạch đến trị số cho phép nhằm đảm bảo ổn định động, ổn định nhiệt và khả năng cắt của máy cắt sau kháng điện đường dây và đảm bảo điện áp dư trên thanh góp phân đoạn. Đồng thời phải đảm bảo tổn thất điện áp trên kháng điện không được vượt quá trị số cho phép.

a. Xác định X_{k5}% , X_{k7}% :

-Xét kháng điện K₅(K₇), ta có sơ đồ thay thế ngắn mạch như sau:



-Từ sơ đồ ta có:

$$\begin{aligned}
 + \quad I''_{N10} &= \frac{I_{cb10,5}}{X_{tt}} \\
 + \quad X_{tt} &= X_H + X_K \\
 + \quad X_{Ht} &= \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N7}} = \frac{5,499}{106,525} = 0,052
 \end{aligned}$$

-Đề đảm bảo khả năng cắt của các máy cắt các máy cắt địa phương và điều kiện ổn định nhiệt cho cáp thì:

$$I''_{N10} \leq \min \{I_{cdm}, I_{nhC}\}$$

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 $S = 150 \text{ mm}^2$

+ 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 ($t_C = 1\text{s}$)

$$\Rightarrow I_{nhC} = \frac{S.C}{\sqrt{t_{cat}}} = \frac{150.141.10^{-3}}{\sqrt{1}} = 21,15 \text{ (kA)} > 20 \text{ (kA)}$$

Vậy: $I''_{N10} = 20 \text{ kA}$

$$\Rightarrow X_{tt} = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N10}} = \frac{5,499}{20} = 0,275$$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_{Ht}$$

Vì ngắn mạch có thể xảy ra ở đầu cực máy cắt nên: $X_C \sim 0$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_{Ht} = 0,275 - 0,052 = 0,223$$

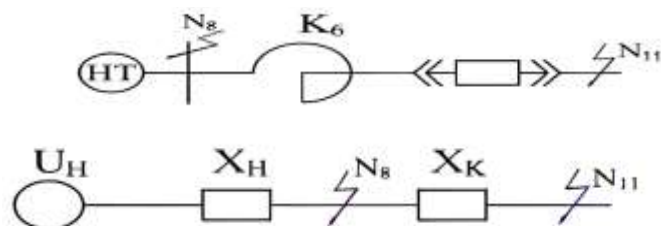
$$\Rightarrow X_{K5}\% = X_{K7}\% = X_K \cdot \frac{I_{dmK}}{I_{cb}} \cdot 100\% = 0,223 \cdot \frac{2}{5,499} \cdot 100\% = 8,11\%$$

Vậy ta chọn $X_{K5}\% = X_{K7}\% = 8\%$.

Loại kháng điện	U_{dm} (kV)	I_{dm} (kA)	$X_k\%$	I_{odd} (kA)	I_{nh} (kA)
PbA-10-2000-8	10	2	8	53	42

b. Xác định $X_{k6}\%$, $X_{k8}\%$:

Xét kháng điện X_{k6} (X_{k8}) ta có sơ đồ ngắn mạch như sau :



-Từ sơ đồ ta có:

$$\begin{aligned}
 + \quad I''_{N11} &= \frac{I_{cb10,5}}{X_{tt}} \\
 + \quad X_{tt} &= X_H + X_K \\
 + \quad X_H &= \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N8}} = \frac{5,499}{69,579} = 0,079
 \end{aligned}$$

Để đảm bảo khả năng cắt của các máy cắt các máy cắt địa phương và điều kiện ổn định nhiệt cho cáp thì:

$$I''_{N11} \leq \min \{I_{cdm}, I_{nhC}\}$$

-

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 $S = 150 \text{ mm}^2$
- + 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 ($t_C = 1\text{s}$)

$$\Rightarrow I_{nhC} = \frac{S.C}{\sqrt{t_{cat}}} = \frac{150.141.10^{-3}}{\sqrt{1}} = 21,15 \text{ (kA)} > 20 \text{ (kA)}$$

Vậy: $I''_{N11} = 20 \text{ kA}$

$$\Rightarrow X_{tt} = \frac{I_{cb10,5}}{I''_{N11}} = \frac{5,499}{20} = 0,275$$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_H$$

Vì ngắn mạch có thể xảy ra ở đầu cực máy cắt nên: $X_C \sim 0$

$$\Rightarrow X_K = X_{tt} - X_H = 0,275 - 0,079 = 0,196$$

$$\Rightarrow X_{K6}\% = X_{K8}\% = X_K \cdot \frac{I_{dmK}}{I_{cb}} \cdot 100\% = 0,196 \cdot \frac{1,5}{5,499} \cdot 100\% = 5,346 \%$$

Vậy ta chọn $X_{K6}\% = X_{K8}\% = 6\%$

Loại kháng điện	U_{dm} (kV)	I_{dm} (kA)	$X_k\%$	I_{odd} (kA)	I_{nh} (kA)
PbAC-10-2x1500-6	10	1,5	6	53	42

4.6.4. Kiểm tra kháng điện đã chọn:

1. Kiểm tra khả năng cắt của các máy cắt địa phương và ổn định nhiệt cho cáp.

Ta có:

$$X_{K5} = X_{K7} = X_{K5} \% \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK3}} = 8\% \cdot \frac{5,499}{2} = 0,22$$

$$\Rightarrow I''_{N10} = \frac{I_{cb10,5}}{X_H + X_K} = \frac{5,499}{0,052 + 0,22} = 20,22 \text{ kA}$$

$$X_{K6} = X_{K8} = X_K \% \cdot \frac{I_{cb10,5}}{I_{dmK}} = 6\% \cdot \frac{5,499}{1,5} = 0,22$$

$$\Rightarrow I''_{N11} = \frac{I_{cb10,5}}{X_H + X_K} = \frac{5,499}{0,079 + 0,22} = 18,39 \text{ kA}$$

Ta thấy: I''_{N10} và $I''_{N11} \leq I_{cđm}$

Vậy kháng điện đã chọn thoả điều kiện này.

2. Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp $\Delta U_K \%$.

a. Điều kiện làm việc bình thường:

$$\Delta U_{bt}^K \% \leq \Delta U_{cp}^K \% = 2\%$$

-Kháng điện K_5, K_7 .

$$\Delta U_{bt}^{K5} \% = \Delta U_{bt}^{K7} \% = X_{K5} \% \cdot \frac{I_{btK5}}{I_{dmK5}} \cdot \sin \varphi = 8\% \cdot \frac{0,97}{2} \cdot \sin (\cos^{-1}(0.85))$$
$$= 2\% \leq 2\%$$

Vậy $\Delta U_{bt}^K \% = 2\% \leq \Delta U_{cp}^K \% = 2\% \Rightarrow$ Thoả mãn

-Kháng điện K_6, K_8 :

$$-\Delta U_{bt}^{K6} \% = \Delta U_{bt}^{K8} \% = X_{K6} \% \cdot \frac{I_{K6.Nh1}^{bt} - K \cdot I_{K6.Nh2}^{bt}}{I_{dmK6}} \cdot \sin \varphi$$
$$= 6\% \cdot \frac{0,809 - 0,62 \cdot 0,809}{1,5} \cdot \sin(\cos^{-1}(0.85)) = 0,65\% < 2\%$$

Vậy $\Delta U_{bt}^K \% = 0,65 < \Delta U_{cp}^K \% = 2\% \Rightarrow$ Thoả mãn

b. Điều kiện làm việc cưỡng bức:

$$\Delta U_{cb}^K \% \leq \Delta U_{cp}^{cb} \% = 5\%$$

- Kháng điện đơn K_5, K_7 :

$$\Delta U_{cb}^{K5} \% = \Delta U_{cb}^{K7} \% = X_{K5} \% \cdot \frac{I_{cbK}}{I_{dmK}} \cdot \sin \varphi$$
$$= 8\% \cdot \frac{1,94}{2} \cdot \sin (\cos^{-1}(0.85)) = 4,1\% < 5\%$$

Vậy $\Delta U_{cb}^K \% = 4,1 \leq \Delta U_{cp}^{cb} \% = 5\% \Rightarrow$ Thoả mãn

- Kháng điện kép K_6, K_8 :

$$\Delta U_{cb}^{K6} \% = \Delta U_{cb}^{K8} \% = X_{K6} \% \cdot \frac{I_{K6.Nh1}^{cb} - K \cdot I_{K6.Nh2}^{cb}}{I_{dmK}} \cdot \sin \varphi$$

$$= 6\% \cdot \frac{1,294 - 0,62 \cdot 1,294}{1,5} \cdot \sin(\cos^{-1}(0,85)) = 1,03\% < 5\%$$

$$\text{Vậy } \Delta U_{\text{cb}}^{\text{K}} \% = 1,03 \leq \Delta U_{\text{cb}}^{\text{cp}} \% = 5\% \Rightarrow \text{Thỏa mãn}$$

c. Kiểm tra điều kiện tạo điện áp dư trên thanh góp khi ngắn mạch sau máy cắt đường dây:

- Kháng điện đơn K_5, K_7 :

$$\Delta U_{\text{dư}}^{\text{K}_5} \% = \Delta U_{\text{dư}}^{\text{K}_7} \% = X_{\text{K}_5} \% \cdot \frac{I''_{\text{ON}_{10}}}{I_{\text{dmK}_5}} = 8\% \cdot \frac{20,22}{2} = 80,88\% > 60\%$$

- Kháng điện kép K_6, K_8 :

$$\Delta U_{\text{dư}}^{\text{K}_6} \% = \Delta U_{\text{dư}}^{\text{K}_8} \% = X_{\text{K}_6} \% \cdot \frac{I''_{\text{ON}_{11}}}{I_{\text{dmK}_6}} = 6\% \cdot \frac{18,39}{1,5} = 73,57\% > 60\%$$

Vậy kháng điện đã chọn thỏa mãn điều kiện này

3. Kiểm tra ổn định động:

Điều kiện: $i_{\text{xk}} < i_{\text{odd}} = 53 \text{ (kA)}$

-Kháng điện đơn K_5, K_7 :

$$i_{\text{odd}} = 53 \text{ (kA)}$$

$$i_{\text{xk}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{xk}} \cdot I''_{\text{N}_{10}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 20,22 = 51,47 \text{ (kA)} < i_{\text{odd}} = 53 \text{ (kA)}$$

- Kháng điện kép K_6, K_8 :

$$i_{\text{odd}} = 53 \text{ (kA)}$$

$$i_{\text{xk}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{xk}} \cdot I''_{\text{N}_{11}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 18,39 = 46,81 \text{ kA} < i_{\text{odd}} = 53 \text{ (kA)}$$

Vậy kháng điện thỏa mãn điều kiện ổn định động.

4. Kiểm tra ổn định nhiệt:

-Vì các kháng điện đã chọn có $I_{\text{dm}} > 1000\text{A}$ không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt.

Vậy kháng điện K_5, K_6, K_7, K_8 đã chọn thỏa mãn tất cả các điều kiện kiểm tra.

4.7. Chọn máy cắt sau kháng điện đường dây:

4.7.1. Điều kiện chọn và kiểm tra

- Loại máy cắt điện.

$$+ U_{\text{dmMC}} \geq U_{\text{mg}} \quad ; \quad I_{\text{dmMC}} \geq I_{\text{lvcb}} \quad ; \quad I_{\text{cdmMC}} \geq I''_{\text{ON}}$$

-Kiểm tra điều kiện ổn định động: $i_{\text{odd}} \geq i_{\text{xk}}$

-Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt: $I_{\text{nh}}^2 \cdot t_{\text{nh}} \geq B_{\text{N}}$.

a. Đối với đường dây nối với kháng điện đơn K_5, K_7 :

Dòng điện làm việc cường bức là $I_{\text{cb}}^{\text{D}} = 1,94 \text{ (kA)}$

Tra tài liệu tham khảo [1] ta chọn máy cắt điện có các thông số như bảng sau:

Loại máy cắt điện	$U_{\text{dm}} \text{ (kV)}$	$I_{\text{dm}} \text{ (A)}$	$I_{\text{cdm}} \text{ (kA)}$	$i_{\text{odd}} \text{ (kA)}$	$i_{\text{odn}}/t_{\text{nh}}$
МГГ-10-3200-20	10	3200	20	52	20/4

b. Đối với đường dây nối với kháng điện kép K_6, K_8 :

- Dòng điện làm việc cường bức là $I_{cb}^k = 1,294$ (kA)

- Tra tài liệu tham khảo [1] 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}
БМПП-10-1600-20	10	1600	20	52	20/4

c. Kiểm tra máy cắt đã chọn:

- Kiểm tra ổn định động

$$i_{xk} \leq i_{odd}$$

- Đối với đường dây nối với kháng điện đơn K_5, K_7 :

+ Ta có : $i_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I_N''$

+ Chọn I_{N10}'' để tính toán, $I_{N10}'' = 20,22$ kA

+ $i_{xk} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 20,22 = 51,47$ (kA) $< i_{odd} = 52$ (kA)

- Đối với đường dây nối với kháng điện đơn K_6, K_8 :

+ Chọn I_{N11}'' để tính toán, $I_{N11}'' = 18,39$ kA

+ $i_{xk} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 18,39 = 46,81$ (kA) $< i_{odd} = 52$ (kA)

Vậy máy cắt đã chọn thỏa mãn điều kiện ổn định động.

- 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.

4.8. Chọn cuộn dập hồ quang:

Nhà máy điện có cấp điện áp máy phát $U = 10,5$ kV 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 ≤ 10 kV, 10 A đối với mạng ≤ 35 kV), khi dòng điện dung lớn hơn, người ta thường dùng cuộn dập hồ quang nối vào điểm trung tính của mạng cách đất.

4.8.1. 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:

$$I_c = \frac{U_d \cdot I_{\Sigma k}}{350} [A].$$

- Đối với đường dây cáp:

$$I_C = \frac{U_d \cdot l_{\Sigma k}}{10} [A].$$

Với l_{Σ} là tổng chiều dài của đường dây.

4.8.2. Chọn cuộn dập hồ quang cho mạng cấp điện áp máy phát 10,5 kV:

Phụ tải cấp điện áp máy phát gồm:

- 4 đường dây kép x 15 MW dài 12km.
- 4 đường dây đơn x 5 MW dài 8km.

Tổng chiều dài đường dây:

$$l_{\Sigma} = 4 \cdot 2 \cdot 12 + 4 \cdot 8 = 128 \text{ km.}$$

Tổng chiều dài cáp:

$$l_{\Sigma} = 4 \cdot 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 = 2,4 \text{ km.}$$

Tổng chiều dài đường dây trên không:

$$l_k = l_{\Sigma} - l_{\Sigma} = 128 - 2,4 = 125,6 \text{ km.}$$

Dòng dung dẫn của đường dây trên không:

$$I_C^k = \frac{U_d \cdot l_k}{350} = \frac{10,5 \cdot 125,6}{350} = 3,768 \text{ A.}$$

Dòng dung dẫn của cáp:

$$I_C^c = \frac{U_d \cdot l_c}{10} = \frac{10,5 \cdot 2,4}{10} = 2,52 \text{ A.}$$

Dòng dung dẫn của đường dây phụ tải cấp điện áp máy phát:

$$I_C = I_C^k + I_C^c = 3,768 + 2,52 = 6,288 \text{ A.}$$

Ta thấy, $I_C < 30A$ nên không cần phải chọn cuộn dây hồ quang ở mạng 10,5 kV.

4.9. 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 12 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 (thường $U_1 \geq 380 \text{ V}$) về một trị số thích hợp U_2 (100; $100/\sqrt{3}$ và $100/3 \text{ V}$) 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 $U_{dm} = 10,5 \text{ kV}$, $I_{cb}^{MF} = 4,33 \text{ kA}$.

4.9.1. Chọn máy biến dòng (BI):

a. Điều kiện chọn và kiểm tra:

Máy biến dòng BI được chọn theo các điều kiện :

+ Điện áp: $U_{dmBI} \geq U_{mạng} = 10,5 \text{ kV}$

Phụ tải :

$$Z_{2dmBI} \geq Z_{dc} + Z_{dd}$$

+ Dòng điện : $I_{dm} \geq \frac{I_{cb}}{1,2}$

+ Ổn định động : $\sqrt{2} \cdot K_{ổđđ} \cdot I_{lđm} \geq i_{xk}$

+

b. Tính chọn BI

Ta có: $I_{dm} \geq \frac{I_{cb}}{1,2} = \frac{I_{cb}^{mF}}{1,2} = \frac{4,33}{1,2} = 3,608 \text{ (kA)}$

1,2 là hệ số quá tải biến dòng BI

Ta chọn loại máy biến dòng ТПІІІ-10-4000 có các thông số như bảng sau :

Loại BI	$U_{dm}(kV)$	$I_{dmS}(kA)$	$I_{dmF}(kA)$	Cấp	Phụ tải định mức	$k_{ổđđ}$	$i_{ổđđ}$	I_{nh}/I_{nh}
ТПІІІ-10	10	4000	5	0,5	1,2	165	81	31,5/4

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	0,5
Oát mét phản kháng	Д – 335	0,5	0	0,5
Oát mét tự dùng tự ghi	Н – 348	10	0	10
Oát mét phản kháng tự ghi	Н – 3180	10	0	10
Oát giờ kế tác dụng	и - 675	2,5	2,5	2,5

Oát giờ kế phản kháng	$\eta - 673M$	2,5	2,5	2,5
Tổng công suất		26,5	5,5	26,5

Lấy số liệu pha A để tính toán $S = 26,5$ (VA)

+ Tổng trở các dụng cụ đo

$$Z_{dc} = \frac{\Sigma S_{cd}}{I_{2dm}^2} = \frac{26,5}{5^2} = 1,06 (\Omega)$$

+ 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, $Z_{dmBI} = 1,2 (\Omega)$

Z_{dc} là tổng trở các dụng cụ đo $Z_{dc} = 1,06 (\Omega)$

Vậy $Z_{dd} = 1,2 - 1,06 = 0,14 (\Omega)$

Giả sử dây dẫn có chiều dài là $l = 30$ (m)

+ Ta chọn dây dẫn có $\varsigma = 0,0175 (\Omega mm^2/m)$

+ Ta có $Z_{dd} \approx r_{dd} = \rho \cdot \frac{l}{S_{tt}}$

$$\Rightarrow S_{tt} = \rho \cdot \frac{l}{Z_{dd}} = \frac{0,0175 \cdot 30}{0,14} = 3,75 (mm^2)$$

Để đảm bảo độ bền cơ ta chọn dây dẫn đồng có $F = 4 mm^2$

d. Kiểm tra máy biến dòng đã chọn:

+ Kiểm tra ổn định động:

Điều kiện: $\sqrt{2} \cdot K_{\delta dd} \cdot I_{ldm} \geq i_{xk}$

$$K_{\delta dd} = 165$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} \cdot K_{\delta dd} \cdot I_{ldm} = \sqrt{2} \cdot 165 \cdot 4 = 933,381 kA$$

$$i_{xk} = i_{xk'_{N5}} = 196,634 kA < 933,381 kA$$

Vậy BI đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định động.

+ Kiểm tra ổn định nhiệt:

Vì BI có $I_{ldm} > 1000$ (A) nên không cần thiết kiểm tra ổn định nhiệt

4.9.2. Chọn máy biến điện áp (BU)

a. Điều kiện chọn:

Máy biến áp được chọn theo điều kiện sau:

+ Điện áp: $U_{dmBU} \geq U_{mang} = 10,5 kV$

+ 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 bảng 4.10 :

Bảng 4.10 :Phụ tải BU

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	Н – 318	10		10	
Oát mét phản kháng tự ghi	Н – 3180	10		10	
Tần số kế	Н – 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

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	Cuộn thứ cấp phụ		
HTMИ-10-66	10	10000	100	100/3	0,5	120

c. Chọn dây dẫn nối từ BU đến các dụng cụ đo.

Dây dẫn phải thoả mãn 2 điều kiện:

+ 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 $2,5 \text{ mm}^2$, dây dẫn đồng là $1,5 \text{ mm}^2$. Chọn dây dẫn bằng đồng có $S_{tt} = 1,5 \text{ mm}^2$

Giả sử chiều dài dây dẫn từ BU đến các dụng cụ đo là $l = 30 \text{ m}$. Điện trở của dây dẫn là:

$$r_{dd} = \rho \cdot \frac{l}{S_{tt}} = \frac{0,0175 \cdot 30}{1,5} = 0,35 \text{ } (\Omega)$$

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 thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật.

4.10. Kết luận chương 4

➤ Chương này tiến hành lựa chọn các khí cụ điện như máy cắt, dao cách ly, thanh dẫn, sứ cách điện, cuộn dập hồ quang, máy biến dòng và máy biến điện áp dựa trên dòng làm việc và dòng ngắn mạch đã được tính toán. Việc lựa chọn đảm bảo các thiết bị đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật, khả năng ổn định nhiệt và ổn định động, cũng như phù hợp với khả năng chịu tải lâu dài trong quá trình vận hành.

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ PHẦN TỰ DỪNG CHO NHÀ MÁY ĐIỆN

5.1. Giới thiệu chung

Trong nhà máy điện để sản xuất điện năng nhà máy điện phải tiêu thụ một lượng công suất phát ra để cung cấp cho các thiết bị phục vụ cho nhà máy bao gồm hai phần tự dừng riêng cho từng tổ máy và tự dừng chung cho toàn nhà máy. Trong nhà máy nhiệt điện, điện năng tiêu thụ chủ yếu để cung cấp cho các bộ phận chính sau:

- Các cơ cấu cho nhiên liệu và vận chuyển nhiên liệu.
- Tự dừng cho các tổ máy như bơm dầu, điều khiển tuabin bơm dầu bôi trơn, bơm nước để làm mát các gối đỡ, mạch kích từ.
- Tập hợp các cơ cấu trên cộng với thiết bị phân phối, máy biến áp giảm áp, nguồn năng lượng độc lập và hơi tạo thành hệ thống điện tự dùng cho nhà máy.
- Nhà máy điện chỉ làm việc bình thường trong điều kiện hệ thống điện tự dùng làm việc tin cậy. Như vậy yêu cầu cơ bản đối với hệ thống điện tự dùng là độ tin cậy cao đồng thời đảm bảo tính kinh tế.

5.2. Chọn sơ đồ chính của hệ thống tự dùng:

-Điện áp tự dùng được sử dụng chủ yếu là 6kV và cấp 0,4kV. Cấp 6kV thường là cấp cho các động cơ lớn hơn 200kW, cấp 0,4kV phục vụ cho động cơ nhỏ, hệ thống điện chiếu sáng, điều khiển, bảo vệ.

-Để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện ta phân đoạn hệ thống thành góp tự dùng và xây dựng hệ thống thanh góp dự trữ cho mỗi cấp điện áp, máy biến áp tự dùng dự trữ được nối vào phía hạ áp máy biến áp liên lạc.

5.3. Chọn số lượng và công suất tự dùng:

5.3.1. Máy biến áp tự dùng bậc 1:

a. *Máy biến áp tự dùng làm việc:*

-Công suất định mức của máy biến áp cần phải phù hợp với phụ tải cực đại của động cơ 6kV, động cơ 360kW và các thiết bị tiêu thụ điện năng khác nối qua máy biến áp công tác bậc 2. Hệ thống tự dùng phân phối theo sự đồng đều giữa các phân đoạn, phụ tải mỗi phân đoạn phù hợp với tổ máy tương ứng và phần phụ tải chung. Vì vậy công suất máy biến áp này được chọn như sau:

$$S_{dmTDB1234} \geq S_{TDmax}$$
$$\Rightarrow S_{TDmax} = \alpha \cdot S_{dmF1} = 4\% \cdot 75 = 3 \text{ (MVA)}$$

$$S_{dmTDB1234} \geq 3 \text{ (MVA)}$$

-*Chọn máy biến áp tự dùng dự trữ bậc 1:*

+ Công suất máy biến áp tự dùng dự trữ được chọn phù hợp với mục đích của chúng. Ở đây ta xét trong nhà máy điện nối theo sơ đồ bộ. Nhiệm vụ của máy biến áp dự trữ rộng hơn, nó không chỉ dùng để thay thế máy biến áp làm việc khi sửa chữa mà còn cung cấp cho hệ thống tự dùng trong quá trình đứng và khởi động bộ.

+ Công suất cần thiết để đứng một tổ máy và khởi động một tổ máy khác chiếm 50% công suất cần thiết cho sự làm việc bình thường của khối lúc đầy tải. Do vậy công suất của máy biến áp dự trữ được chọn lớn hơn một cấp so với công suất của máy biến áp làm việc.

$$S_{tdtb\text{bậc}2B13} \geq 1,5 \cdot S_{tdmax}$$

$$\Rightarrow S_{tddbAC1} = 1,5.3 = 4,5 \text{ (MVA)}$$

-Tra bảng thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp (TS-Nguyễn Hữu Khải) 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 5.1 sau:

Bảng 5.1: Thông số máy biến áp tự dòng bậc 1

Loại MBA		S_{dm} (MVA)	Số lượng	Điện áp (kV)		Tổn thất (kW)		U_N %	I_0 %
				Cao	Hạ	P_0	P_N		
TM	LV	4	4	10	6,3	5,45	33,5	6,5	0,9
TD	DT	6,3	1	10	6,3	7,65	46,5	6,5	0,8

5.3.2. Chọn máy biến áp tự dòng bậc 2:

a. *Máy biến áp tự dòng làm việc:*

Dùng để cung cấp cho các động cơ 380/220V và chiếu sáng, các máy biến áp này cùng với thiết bị phân phối 380/220V tạo nên các trạm biến áp công suất không lớn.

Trong thiết kế do không có số liệu cụ thể nên ta lấy gần đúng công suất tự dòng làm việc bậc 2 như sau:

$$S_{dmTDB5678} \geq \beta \cdot S_{TDF1max}$$

$$\Rightarrow S_{dmTDB78910} = 20\%.3 = 0,6 \text{ (MVA)}$$

b. *Chọn máy biến áp tự dòng bậc 2:*

Tương tự như máy biến áp tự dòng bậc 1 công suất của máy biến áp tự

dòng dự trữ bậc 2 được chọn lớn hơn một cấp so với máy biến áp tự dòng bậc 2.

$$S_{TDDTBA2} \geq 1,5 \cdot S_{dmTDB78910}$$

$$\Rightarrow S_{TDDTBA2} = 1,5.0,6 = 0,9 \text{ (MVA)}$$

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 dòng dự trữ bậc 2, có các thông số kỹ thuật như sau:

Bảng 5.2: Thông số máy biến áp tự dòng bậc 2

Loại MBA		S_{dm} (MVA)	Số lượng	Điện áp (kV)		Tổn thất (kW)		U_N	I_0 %
				Cao	Hạ	P_0	P_N		
TM	LV	1	4	6	0,4	2,1	12,2	5,5	1,4
TM	DT	1	1	6	0,4	2,1	12,2	5,5	1,4

5.4. Kết luận chương 5

➤ Chương này thiết kế chọn sơ đồ chính của hệ thống tự dùng cho nhà máy và chọn máy biến áp tự dùng bậc 1 và bậc 2. Việc lựa chọn được thực hiện nhằm đảm bảo khả năng cấp điện liên tục và tin cậy cho các phụ tải quan trọng như hệ thống điều khiển, chiếu sáng, bảo vệ, bơm nước và các thiết bị phụ trợ khác, góp phần duy trì hoạt động ổn định và an toàn cho toàn bộ nhà máy.

B. PHẦN II: TÌM HIỂU TÍNH TOÁN BẢO VỆ RƠ LE

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG BẢO VỆ RƠ LE VÀ TÌNH HÌNH SỰ CỐ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

1.1. Tổng quan về hệ thống rơ le bảo vệ

1.1.1. Nhiệm vụ và yêu cầu cơ bản của mạch bảo vệ rơ le

Có rất nhiều nguyên nhân gây sự cố cho HTĐ: do các hiện tượng thời tiết cực đoan như giông bão, lũ lụt, động đất gây ra, do máy móc thiết bị hao mòn, già cỗi trong quá trình vận hành, do vi phạm của con người, do thao tác của nhân viên vận hành... Hệ thống rơ le bảo vệ có nhiệm vụ phát hiện và kết hợp các thiết bị bảo vệ để loại trừ càng nhanh càng tốt đối với phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống, không để hệ thống bị sự cố lan rộng, giúp hệ thống nhanh chóng trở về trạng thái ổn định ban đầu.

Trong vận hành HTĐ truyền tải, phần lớn sự cố là do ngắn mạch đường dây, khi xảy ra ngắn mạch dòng điện tại chỗ ngắn mạch tăng cao rất lớn dẫn đến dòng điện từ nguồn đến vị trí ngắn mạch gây ra tác động nhiệt và cơ gây nguy hiểm cho các phần tử mà nó chạy qua. Hồ quang tại chỗ ngắn mạch nếu tồn tại lâu sẽ gây hư hỏng thiết bị. Ngoài ra, ngắn mạch làm điện áp giảm thấp gây ảnh hưởng đến các thiết bị dùng điện ở khu vực lân cận điểm ngắn mạch. Nguy hiểm nhất, ảnh hưởng của sự cố ngắn mạch là ảnh hưởng đến HTĐ, có thể gây mất ổn định và dẫn đến tan rã hệ thống.

Các rơ le bảo vệ kỹ thuật số hiện nay có khả năng phát hiện sự cố gần như tức thời (trong vòng vài chu kỳ) và cách ly phần tử sự cố ra khỏi hệ thống, giúp có thể ngăn chặn và hạn chế đến mức thấp nhất những thiệt hại, hư hỏng do sự cố gây ra.

Yêu cầu cơ bản của hệ thống rơ le bảo vệ trong HTĐ đó là : hoạt động tin cậy, tác động chọn lọc, tác động nhanh và độ nhạy cao.

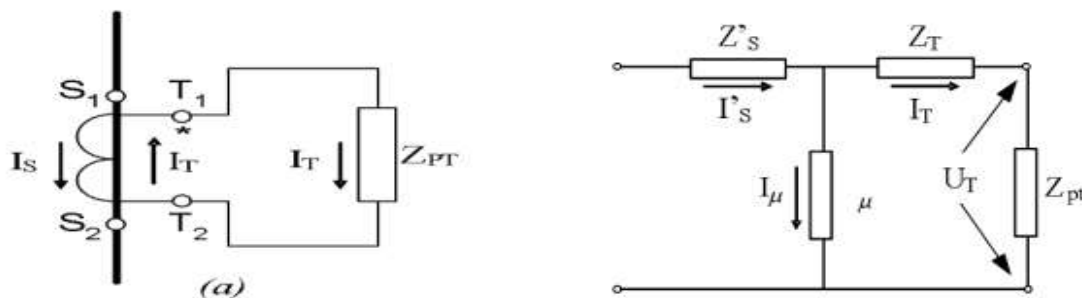
- Độ tin cậy: là tính năng đảm bảo cho thiết bị bảo vệ làm việc đúng, chắc chắn. Độ tin cậy gồm có tin cậy khi tác động và tin cậy không tác động.
- Tính chọn lọc: là khả năng bảo vệ có thể phát hiện và loại trừ đúng phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống. Hệ thống điện luôn phát triển và ngày càng phức tạp do vậy tính chọn lọc của bảo vệ ngày càng được yêu cầu cao. Tính chọn lọc gồm 2 loại là chọn lọc tuyệt đối và chọn lọc tương đối.
- Tác động nhanh: tính tác động nhanh của rơ le bảo vệ là một yêu cầu hết sức quan trọng, vì việc cô lập càng nhanh chóng phần tử bị sự cố thì sẽ càng hạn chế mức độ thiệt hại do sự cố gây ra, càng giảm thời gian sụt điện áp ở vùng lân cận điểm sự cố, giảm xác suất gây hư hỏng nặng hơn và nâng cao khả năng duy trì chế độ làm việc ổn định của các máy phát và toàn bộ HTĐ.
- Độ nhạy của bảo vệ: độ nhạy của bảo vệ đặc trưng cho khả năng phát hiện sự cố của rơ le hoặc hệ thống bảo vệ, được biểu diễn bằng hệ số độ nhạy, đó là tỷ số giữa trị số của đại lượng vật lý đặt vào rơ le khi có sự cố với ngưỡng tác động của nó. Tùy thuộc vào vai trò của bảo vệ mà yêu cầu về độ nhạy cũng khác nhau. Các đối tượng bảo vệ càng quan trọng thì yêu cầu độ nhạy càng cao.

1.1.2. Các bộ phận đo lường của hệ thống bảo vệ

1.1.2.1. Máy biến dòng điện (TI)

Dùng để biến đổi dòng điện sơ cấp của đối tượng bảo vệ thành dòng điện thứ cấp phù hợp cung cấp cho hệ thống bảo vệ, đo lường. Máy biến dòng làm nhiệm vụ cách ly mạch

thứ cấp khối điện áp cao phía sơ cấp và đảm bảo dòng điện thứ cấp tiêu chuẩn (5 hoặc 1A) khi dòng điện sơ cấp danh định có thể rất khác nhau.



Hình 1.1: Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ thay thế máy biến dòng

Để phản ánh đúng cả trị số và góc pha, cần phải đấu nối đúng các đầu dây cuộn sơ cấp và thứ cấp của biến dòng điện. Theo sơ đồ: các đầu dây sơ cấp S1 và S2, các đầu dây thứ cấp T1 và T2. Quy ước: giá trị tức thời của dòng điện sơ cấp IS đi từ đầu S1 đến S2 thì dòng điện thứ cấp IT đi từ đầu T2 đến T1.

Sai số của biến dòng điện: $I_T = I_S / n$ (n : tỷ số biến đổi của biến dòng). Tuy nhiên, thực tế bao giờ cũng có sai số do tổn thất sinh ra trong biến dòng. Gồm có các sai số sau:

- Sai số về trị số dòng điện f_i : bằng hiệu số giữa biên độ dòng điện sơ cấp sau khi đã tính đổi IS và dòng điện thứ cấp IT.

$$\text{Sai số \%} = \frac{n \cdot I_T - I_S}{I_S} \cdot 100\%$$

- Sai số góc θ_i : bằng góc lệch pha θ giữa véc tơ dòng điện sơ cấp và dòng điện thứ cấp.

- Sai số phức hợp F_i : bằng trị số hiệu dụng của dòng điện thứ cấp lý tưởng với dòng điện thứ cấp thực tế, bao gồm cả sai số về trị số và sai số về góc pha có xét đến ảnh hưởng của các hài bậc cao trong dòng điện từ hoá:

$$F_i \% = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (n_i \cdot i_T - i_S)^2 \cdot dt}}{I_S}$$

Trong đó:

- F_i % : sai số phức hợp tính bằng %

- T : chu kỳ của dòng điện xoay chiều S

- n_i : Tỷ số biến đổi của máy biến dòng

- i_T : Giá trị tức thời của dòng điện sơ cấp.

- I_S và i_S : tương ứng là giá trị hiệu dụng và tức thời của dòng điện sơ cấp.

Yêu cầu cấp chính xác của biến dòng cho role bảo vệ:

- Trị số dòng điện sơ cấp mà ở đó TI còn đảm bảo được độ chính xác yêu cầu được gọi là dòng điện giới hạn theo độ chính xác.

- Tỷ số dòng điện giới hạn theo độ chính xác và dòng điện định mức gọi là hệ số giới hạn theo độ chính xác.

- Các TI dùng cho thiết bị bảo vệ có cấp chính xác 5P và 10P, sai số cho phép về trị số (f_i %); góc pha (θ_i, phút) và sai số phức hợp (F_i %) theo bảng 1-1.

Bảng 1.1: Cấp chính xác của TI

Cấp chính xác	f _i %	θ _i , phút	F _i %
---------------	------------------	-----------------------	------------------

5P	± 1	± 60	5
10P	± 3		10
Hệ số giới hạn theo độ chính xác: 5, 10, 15, 20 và 30			

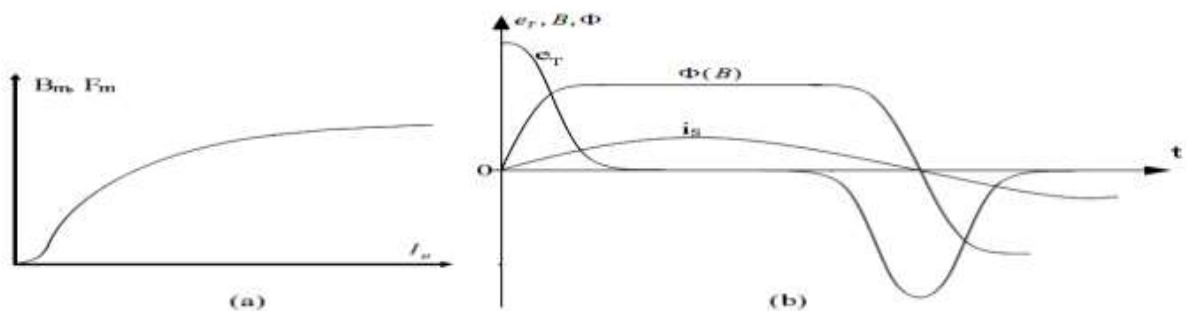
Tính toán phụ tải của máy biến dòng:

- Trong sơ đồ bảo vệ, phụ tải của máy biến dòng điện có thể được đặc trưng bằng công suất đầu ra phía thứ cấp S_{PT} (VA) hoặc tổng trở phía phụ tải Z_{PT} (Ω). Tổng trở phía thứ cấp của TI gồm có điện trở của role, điện trở dây nối phụ và điện trở tiếp xúc. Tổng trở phụ tải càng lớn thì công suất tiêu thụ ở phía thứ cấp càng cao, và sai số của biến dòng càng lớn.

$$Z_{PT} = \frac{U_T}{I_T} = \frac{S_{PT}}{I_T^2}$$

- Chế độ hở mạch thứ cấp của biến dòng:

Từ sơ đồ thay thế của TI trên hình vẽ 1.1 nhận thấy khi mạch thứ cấp của TI bị hở, nếu phía sơ cấp có dòng điện thì toàn bộ dòng điện sơ cấp ấy sẽ làm nhiệm vụ từ hoá, từ cảm B_m tăng lên đột ngột gây bão hoà cho mạch từ nên các đường cong biến thiên theo thời gian của độ từ cảm B và từ thông F có dạng bằng đầu. Khi dòng điện sơ cấp qua trị số không, sức điện động cảm ứng trong cuộn thứ cấp của máy biến dòng có dạng đỉnh nhọn với biên độ rất lớn (Hình vẽ 1-2). Đặc biệt trong chế độ sự cố, khi dòng điện sơ cấp đạt bội số lớn, sức điện động cảm ứng phía thứ cấp có thể đến hàng chục kV, rất nguy hiểm cho người và thiết bị bên thứ cấp. Vì vậy trong vận hành không được để hở mạch phía thứ cấp của TI trong khi phía sơ cấp có dòng điện chạy qua. Trong trường hợp cần thực hiện đổi nối phía thứ cấp khi có dòng điện chạy qua cuộn sơ cấp thì phải nối tắt các cực thứ cấp của TI trước khi tiến hành đổi nối. Chế độ làm việc với cuộn thứ cấp bị nối ngắn mạch là chế độ làm việc bình thường của máy biến dòng.



Hình 1.2 : Đường cong từ hoá (a) và quan hệ của dòng điện sơ cấp i_s , từ thông F, từ cảm B và sức điện động thứ cấp e_T theo thời gian (b).

1.1.2.2. Máy biến điện áp (TU)

Máy biến điện áp (Voltage Transformer) làm nhiệm vụ biến đổi điện áp cao phía sơ cấp xuống điện áp thứ cấp tiêu chuẩn (100V hoặc 110V) để dùng cho mục đích bảo vệ và đo lường, đồng thời cách ly các thiết bị ở mạch thứ cấp khỏi điện áp cao phía sơ cấp.

Phụ tải của TU thông thường được mắc song song cùng nhau, tổng trở của dây nối nếu quá lớn sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác của TU. Đầu ra các cuộn dây của biến điện áp cũng được đánh dấu tương tự như đã xét đối với máy biến dòng, đầu đúng đầu cuộn dây với các dụng cụ đo và thiết bị bảo vệ có ý nghĩa quan trọng khi cần xét đến góc lệch pha của các đại lượng điện.

Sai số của biến điện áp:

Cũng tương tự như biến dòng điện, biến điện áp cũng có sai số.

- Sai số của biến điện áp được tính theo công thức:

$$F_U \% = \frac{n_U \cdot U_T - U_S}{U_S} \cdot 100\%$$

Trong đó:

- $F_U \%$: Sai số tính bằng %.
- n_U : Tỷ số biến đổi của BU, $n_U = US_{dd} / UT_{dd}$
- U_S / U_T : giá trị tương ứng của điện áp đo được trên cực của cuộn sơ cấp và thứ cấp.
- Sai số góc θ_U : bằng góc lệch pha giữa véc tơ điện áp sơ cấp và véc tơ điện áp thứ cấp.
- Cấp chính xác của TU: cấp chính xác thông thường dùng cho bảo vệ của TU được cho ở bảng 1.2.

Bảng 1.2: Cấp chính xác dùng cho bảo vệ của TU

Cấp chính xác	$F_U \%$	θ_U , phút
3P	± 3	± 120
6P	± 6	± 240

Ghi chú: Điện áp thay đổi trong giới hạn $(0,05 \div 1) U_{mcp}$ (quá điện áp lớn nhất cho phép). Phụ tải thay đổi trong giới hạn $(0,25 \div 1) S_{PTdm}$, với $\cos \varphi = 0,8$.

1.2. Các dạng sự cố và bảo vệ để bảo vệ đường dây tải điện:

- Những sự cố thường gặp đối với ĐZ tải điện là ngắn mạch (một pha hoặc nhiều pha), chạm đất một pha (trong lưới điện có trung tính cách đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang), quá điện áp (khí quyển hoặc nội bộ), đứt dây và quá tải. Để chống các dạng ngắn mạch trong lưới hạ áp thường người ta dùng cầu chảy (fuse) hoặc aptomat.

Để bảo vệ các ĐZ trung áp chống ngắn mạch, người ta dùng các loại bảo vệ:

- Quá dòng cắt nhanh hoặc có thời gian với đặc tính thời gian độc lập hoặc phụ thuộc.
- Quá dòng có hướng.
- Bảo vệ khoảng cách.
- Bảo vệ so lệch sử dụng cáp chuyên dùng.

Đối với ĐZ cao áp và siêu cao áp, người ta thường dùng các bảo vệ:

- So lệch dòng điện.
- Bảo vệ khoảng cách.
- So sánh biên độ, so sánh pha.
- So sánh hướng công suất hoặc dòng điện.

Các loại bảo vệ thường dùng để bảo vệ đường dây:

1. Bảo vệ khoảng cách 21
2. Bảo vệ quá dòng có thời gian 51
3. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh 50

1.3. Kết luận chương 1

Chương này đã trình bày tổng quan về hệ thống bảo vệ rơle và các sự cố thường gặp trên đường dây truyền tải điện. Qua đó, có thể nhận thấy rằng bảo vệ rơle đóng vai trò hết sức quan trọng trong việc đảm bảo an toàn, độ tin cậy và tính liên tục của hệ thống điện. Việc lựa chọn và thiết kế các phương án bảo vệ phù hợp đòi hỏi phải hiểu rõ đặc điểm của từng loại sự cố, chức năng của các phần tử trong mạch bảo vệ cũng như yêu cầu kỹ thuật trong từng tình huống cụ thể.

Ngoài ra, việc sử dụng các thiết bị như máy biến dòng điện (TI), máy biến điện áp (TU), và các loại rơle bảo vệ (rơle quá dòng, rơle so lệch, rơle khoảng cách,...) cần

được thực hiện một cách đồng bộ, chính xác nhằm phát hiện và loại trừ nhanh chóng các sự cố, giảm thiểu tối đa thiệt hại cho thiết bị và hệ thống điện.

CHƯƠNG 2: TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CÀI ĐẶT CHO RƠ LE BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH ĐƯỜNG DÂY PHÍA 110kV

2.1. Bảo vệ khoảng cách

2.1.1. Nguyên tắc hoạt động

Bảo vệ khoảng cách là loại bảo vệ dùng rơ le tổng trở có thời gian làm việc phụ thuộc vào quan hệ giữa điện áp U_R và dòng điện I_R đưa vào rơ le và góc φ_R giữa chúng:

$$t = \left(\frac{U_R}{I_R}, \varphi_R \right)$$

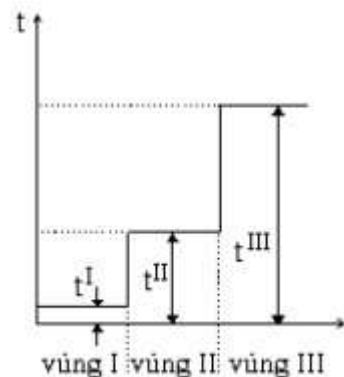
Thời gian này tự động tăng lên khi khoảng cách từ chỗ nối bảo vệ đến điểm hư hỏng tăng lên. Bảo vệ đặt gần chỗ hư hỏng nhất có thời gian làm việc bé nhất.

2.1.2. Đặc tính thời gian

Là quan hệ giữa thời gian tác động của bảo vệ với khoảng cách hay tổng trở đến chỗ hư hỏng. Hiện nay thường dùng bảo vệ có đặc tính thời gian hình bậc thang. Số vùng và số cấp thời gian thường bé hơn hoặc bằng 3 để sơ đồ bảo vệ được đơn giản.

Hình 2.1: Đặc tính thời gian nhiều cấp của bảo vệ khoảng cách

- Vùng I: có thời gian tác động t^I . Khi xét đến sai số của bộ phận khoảng cách, cũng như do một số yếu tố khác, vùng I được chọn khoảng 80-85% chiều dài đoạn được bảo vệ.
- Vùng II: có thời gian tác động t^{II} , thời gian t^{II} của tất cả các bảo vệ đều bằng nhau và để đảm bảo chọn lọc t^{II} phải lớn hơn một bậc Δt so với thời gian làm việc của bảo vệ chính đặt ở các phần tử kề. Chiều dài cùng vùng II phải có giá trị thế nào để đảm bảo vệ tác động chắc chắn với thời gian t^{II} khi ngắn mạch ở cuối đoạn được bảo vệ. Khi thời gian t^{II} được chọn theo cách nói trên thì chiều dài của vùng II bị giới hạn bởi yêu cầu chọn lọc của các bảo vệ. Xét đến sai số đã nêu và tính đến chiều dài của vùng I, vùng II chiếm khoảng 30-40% chiều dài đoạn kề.
- Vùng III: có thời gian tác động t^{III} dùng làm dự trữ cho các đoạn tiếp theo và bọc lấy toàn bộ những đoạn này. Thời gian t^{III} của các bảo vệ được chọn theo nguyên tắc bậc thang ngược chiều.

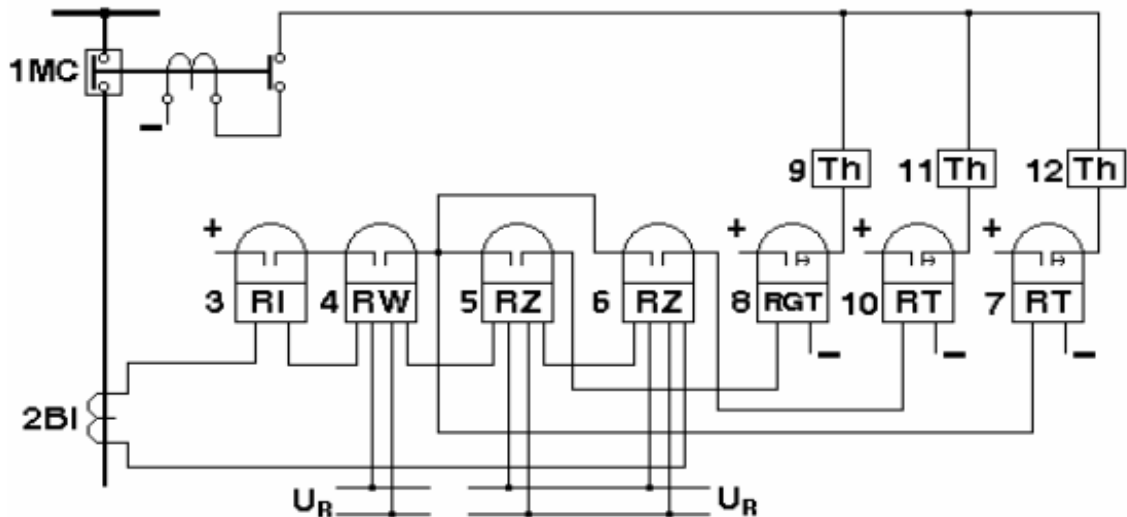


2.1.3. Sơ đồ bảo vệ khoảng cách

Trong trường hợp chung, bảo vệ khoảng cách có các bộ phận chính như sau:

- Bộ phận khởi động có nhiệm vụ:
 - Khởi động bảo vệ vào thời điểm phát sinh hư hỏng.
 - Kết hợp với các bộ phận khác làm bậc bảo vệ cuối cùng.
 - Bộ phận khởi động thường được thực hiện nhờ rơ le dòng cực đại hoặc rơ le tổng trở cực tiểu.
- Bộ phận khoảng cách: đo khoảng cách từ chỗ nối bảo vệ đến điểm hư hỏng, thực hiện bằng rơ le tổng trở.

- Bộ phận tạo thời gian: tạo thời gian làm việc tương ứng với khoảng cách đến điểm hư hỏng, được thực hiện bằng một số role thời gian khi bảo vệ có đặc tính thời gian nhiều cấp.
- Bộ phận định hướng công suất: để ngăn ngừa bảo vệ tác động khi hướng công suất ngăn mạch từ đường dây được bảo vệ đi vào thanh góp của trạm, được thực hiện bằng role định hướng công suất riêng biệt hoặc kết hợp trong bộ phận khởi động và khoảng cách, nếu các bộ phận này thực hiện bằng role tổng trở có hướng.



Hình 2.2: Sơ đồ nguyên lý 1 pha của bảo vệ khoảng cách

Trên hình 2.2 là sơ đồ nguyên lý một pha của bảo vệ khoảng cách có đặc tính thời gian nhiều cấp, có bộ phận khởi động dòng điện, không có các phần tử nào thực hiện chung nhiệm vụ của một số bộ phận.

Bộ phận khởi động dùng role dòng 3RI, bộ phận định hướng công suất - 4RW, bộ phận khoảng cách - cấp I: 5RZ, cấp II: 6RZ, và bộ phận tạo thời gian - cấp I: 8RGT, cấp II: 10RT, cấp III: 7RT.

Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ, 3RI và 4RW sẽ khởi động và khép tiếp điểm của chúng, cực (+) của nguồn thao tác được đưa đến tiếp điểm của 5RZ, 6RZ và đến cuộn dây của 7RT.

Nếu ngắn mạch xảy ra trong phạm vi vùng I, các role 5RZ, 8RGT sẽ khởi động và qua role 9Th sẽ đưa xung đi cắt 1MC với thời gian t^I . Nếu xảy ra hư hỏng ở xa hơn trong vùng II, role 5RZ không khởi động, các role 6RZ và 10RT tạo thời gian t^{II} của cấp thứ II sẽ khởi động và cho xung đi cắt 1MC qua role 11Th. Khi ngắn mạch xa hơn nữa trong vùng III, các role 5RZ và 6RZ sẽ không khởi động, 1MC bị cắt với thời gian t^{III} tạo nên bởi 7RT qua 12Th. Như vậy, trong sơ đồ đang xét bộ phận khoảng cách không kiểm soát vùng III và khi ngắn mạch trong vùng đó bảo vệ (theo hình 2.2) sẽ làm việc như là một bảo vệ dòng cực đại có hướng.

2.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự làm việc của bảo vệ khoảng cách.

2.2.4.1. Ảnh hưởng của điện trở quá độ đến sự làm việc của bảo vệ khoảng cách.

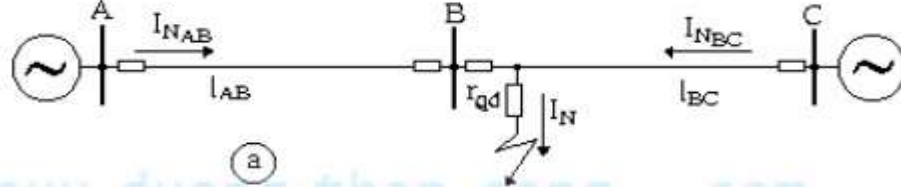
Ảnh hưởng của điện trở quá độ r_{qd} đến sự làm việc của bộ phận khoảng cách được xét đối với mạng hở có nguồn cấp từ hai phía (hình 6.13)

Ở đầu cực role tổng trở đặt ở đường dây AB về phía trạm A (ví dụ, nối với áp dây và hiệu dòng pha) khi $N^{(2)}$ qua r_{qd} ở đầu đường dây BC sẽ có tổng trở bằng :

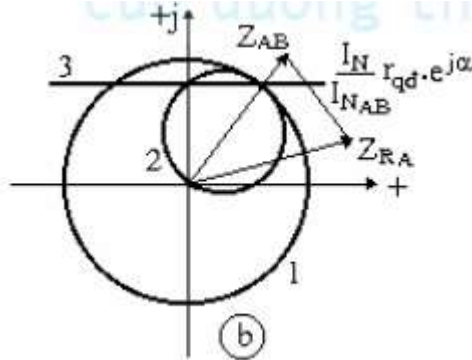
$$Z_{RA} = \frac{\dot{U}_d}{\dot{I}_d} = \frac{\dot{I}_{NAB} \cdot Z_1 \cdot I_{AB} + \dot{I}_N \cdot r_{qd}}{\dot{I}_{NAB}} = Z_1 \cdot I_{AB} + \frac{\dot{I}_N}{\dot{I}_{NAB}} r_{qd}$$

$$= Z_1 \cdot I_{AB} + \frac{I_N}{I_{NAB}} r_{qd} e^{j\alpha}$$

Trong đó: α – góc lệch pha giữa dòng I_N ở điểm hư hỏng và dòng I_{NAB} .



Hình 2.3a: Sơ đồ ảnh hưởng của điện trở quá độ đến sự làm việc của role tổng trở.



Hình 2.3b: Tổng trở ở đầu cực role.

Tương tự đối với role tổng trở nối vào đường dây BC về phía trạm C khi hư hỏng ở cùng điểm đó :

$$Z_{RC} = Z_1 \cdot I_{BC} + \frac{\dot{I}_N}{\dot{I}_{NBC}} r_{qd} = Z_1 \cdot I_{BC} + \frac{I_N}{I_{NBC}} r_{qd} \cdot e^{j\beta}$$

Trong đó: β – góc lệch pha giữa dòng I_N và dòng I_{NBC} trong đường dây BC, nếu β dương và I_N vượt trước I_{NBC} , thì góc α sẽ âm vì I_N chậm sau I_{NAB} .

Tổng trở ở đầu cực role của đường dây BC đặt về phía trạm B, dù khoảng cách từ nó đến điểm ngắn mạch bằng 0, vẫn có một giá trị hữu hạn:

$$Z_{RB} = \frac{\dot{I}_N}{\dot{I}_{NAB}} r_{qd}$$

Các biểu thức nói trên cho thấy điện trở quá độ r_{qd} trong trường hợp chung làm sai lệch sự làm việc của các role tổng trở, tổng trở Z_R ở đầu cực của chúng sẽ không còn tỷ lệ với khoảng cách l đến điểm hư hỏng.

Tổng trở ở đầu cực role tăng lên do r_{qd} làm cho điểm ngắn mạch như là lùi xa hơn và bảo vệ có thể tác động với thời gian lớn hơn của cấp sau, ví dụ cấp II thay vì cấp I. Như vậy, do ảnh hưởng của r_{qd} bảo vệ khoảng cách sẽ có thể tác động chậm hơn nhưng vẫn không mất tính chọn lọc.

2.2.4.2. Ảnh hưởng của trạm trung gian.

Trên hình 2.4a là một phần của mạng điện, xét ngắn mạch xảy ra ở đoạn BD cách thanh góp B một khoảng l . Qua các đoạn AB và CB có dòng I_{AB} và I_{CB} . Dòng ngắn mạch trên đoạn hư hỏng BD là:

$$\dot{I}_{BD} = \dot{I}_{AB} + \dot{I}_{CB}$$

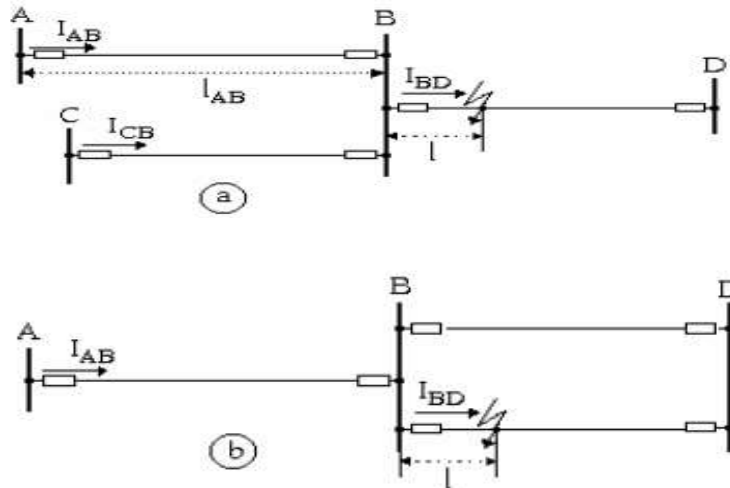
Khi ngắn mạch nhiều pha, tổng trở ở đầu cực role tổng trở đặt về phía trạm A của đường dây AB là :

$$\begin{aligned} Z_{RA} &= \frac{\dot{I}_{AB} \cdot Z_1 \cdot \dot{I}_{AB} + \dot{I}_{BD} \cdot Z_1 \cdot I}{\dot{I}_{AB}} = Z_1 \cdot I_{AB} + \frac{\dot{I}_{BD}}{\dot{I}_{AB}} Z_1 \cdot I \\ &= Z_1 \cdot I_{AB} + \frac{1}{K_I} Z_1 \cdot I \end{aligned}$$

Trong đó : $K_I = \dot{I}_{AB} / \dot{I}_{BD}$

Như vậy, tổng trở ở đầu cực role A được xác định không những bằng vị trí của điểm hư hỏng, mà còn bằng hệ số phân bố dòng, hệ số này đặc trưng cho phân dòng của đoạn hư hỏng đi qua đoạn không hư hỏng.

Trong tính toán thực tế, thường bỏ qua góc lệch pha giữa các dòng và coi K_I là số thực. Lúc ấy, nếu $K_I < 1$ thì tổng trở Z_{RA} sẽ tăng lên, nghĩa là role tại trạm A sẽ đo được một tổng trở lớn hơn tổng trở thực tế và bảo vệ sẽ không tác động nhầm. Tuy nhiên nếu $K_I > 1$, ví dụ khi đường dây đơn nối với hai đường dây song song (hình 6.17b), bảo vệ A có thể tác động nhầm; để đảm bảo tác động chọn lọc của bảo vệ A trong trường hợp này, tổng trở khởi động của role tổng trở cấp II cần được tính chọn có xét đến sự giảm thấp của Z_{RA} do ảnh hưởng của trạm trung gian.



a) $K_I < 1$

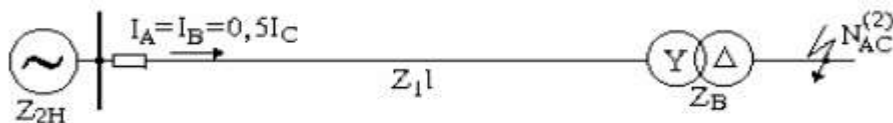
b) $K_I > 1$

Hình 2.4: Ảnh hưởng của hệ số phân bố dòng K_I đến sự làm việc của role tổng trở đặt tại trạm A.

2.2.4.3. Ảnh hưởng của tổ nối dây máy biến áp

Khi giữa chỗ nối bảo vệ và điểm ngắn mạch có thêm các máy biến áp có tổ nối dây Y/Y (hay máy biến áp tự ngẫu), role tổng trở sẽ làm việc đúng, chỉ khác là giá trị Z_R ở đầu cực role là tổng của tổng trở các đoạn đường dây và các máy biến áp tương ứng.

Vấn đề đáng quan tâm ở đây là trường hợp các máy biến áp có tổ nối dây Y/ Δ hoặc Δ /Y, chúng sẽ có ảnh hưởng lớn đến sự làm việc của các role tổng trở khi xảy ra ngắn mạch hai pha.



Hình 2.5: Ảnh hưởng của máy biến áp có tổ nối dây Y/ Δ đến sự làm việc của role tổng trở.

Khi ngắn mạch giữa các pha A và C sau máy biến áp nối Y/ Δ -11 (hình 2.5), ta có thể tính được tổng trở ở đầu cực các role nối vào dòng và áp giữa các pha đặt trên đường dây về phía nguồn cung cấp như sau :

$$\begin{aligned} Z_{Rab} &= \infty \\ Z_{Rbc} &= Z_1l + Z_B - j\frac{\sqrt{3}}{3}(Z_{2H} + Z_1l + Z_B) \\ Z_{Rca} &= Z_1l + Z_B + j\frac{\sqrt{3}}{3}(Z_{2H} + Z_1l + Z_B) \end{aligned}$$

Trong đó:

Z_{2H} – tổng trở thứ tự nghịch của nguồn cung cấp

Z_B – tổng trở của máy biến áp

Z_1l – tổng trở đường dây (coi $Z_1 = Z_2$)

Các biểu thức trên cho thấy, role tổng trở của bảo vệ đường dây có Z_R tăng lên (so với $Z_1l + Z_B$) và bảo vệ sẽ không tác động nhầm.

2.2.4.4. Ảnh hưởng của sai số BI và BU

Sai số của BI là do mạch từ BI bị bão hòa, làm giảm dòng thứ cấp so với giá trị xác định theo tỷ số biến đổi định mức. Điều đó làm giảm chiều dài vùng bảo vệ. Vì vậy, BI được kiểm tra theo đường cong sai số 10% đối với giá trị cực đại của dòng điện khi ngắn mạch ở cuối vùng bảo vệ thứ nhất.

Sai số về áp được quyết định bởi độ chính xác của bản thân BU cũng như do áp rơi trên các dây nối. Thường dùng các BU có công suất khá lớn, sai số của chúng nằm trong phạm vi cho phép. Tuy nhiên, nếu từ BU đến chỗ đặt bảo vệ có khoảng cách lớn thì thường phải dùng các dây dẫn phụ tiết diện lớn để giảm tổn thất điện áp trong chúng.

2.2. Các thông số cần phục vụ cho tính toán đường dây (đối tượng bảo vệ là đường dây đơn phía trung áp 110 kV).

2.2.1. Đường dây D1,D2

- Giả sử có các đường dây đi ra từ thanh góp 110 kV ta giả sử cho các thông số đường dây để phục vụ tính toán.

a) Đường dây D1,D2

Loại dây dẫn : AAAC

Chiều dài dây dẫn : $L_1 = 50$ km

Điện trở trên 1km đường dây : $R_{11} = 0,598 \Omega/\text{km}$

Điện kháng trên 1km đường dây : $X_{11} = 0,3737 \Omega/\text{km}$

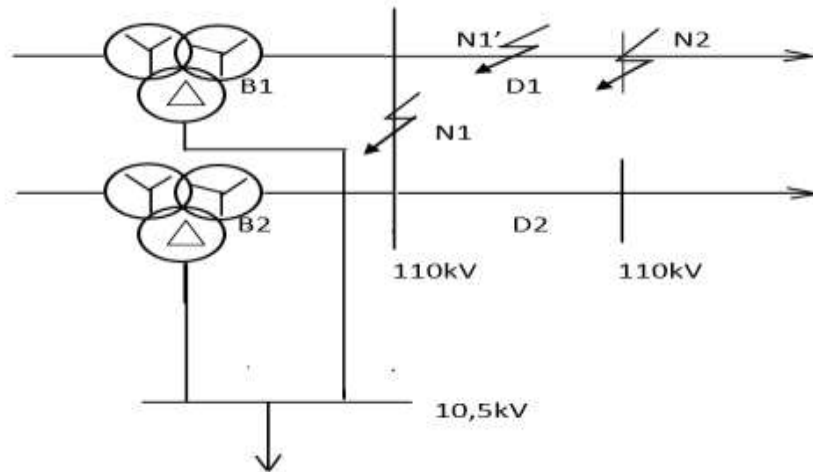
Điện kháng thứ tự không : $X_{0D1} = 1,266 \Omega/\text{km}$

Phụ tải cuối đường dây : $S = 10,245 + j7,684$

2.2.2. Chế độ làm việc bình thường

$$I_{bt} = \frac{S_{ptdonmax}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 110,0,8} = 0,066 (kA)$$

2.2.3. Chế độ sự cố ngắn mạch



Hình 2.6: Sơ đồ tính toán ngắn mạch phục vụ việc bảo vệ đường dây
 Từ tính toán của chương 3 phần 1 nhà máy điện và trạm biến áp ta có:

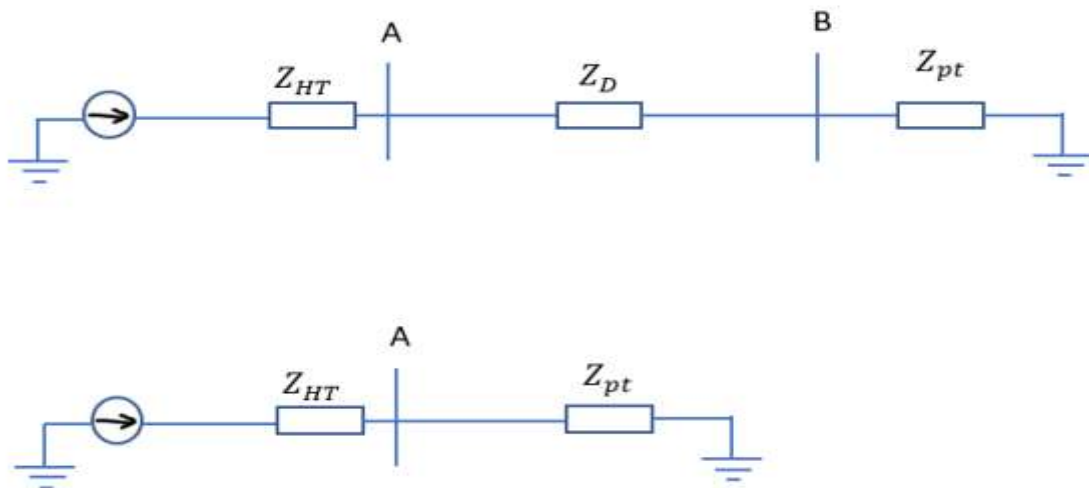
$$I_{N.ng.max1} = I_{N1}^{(3)} = 12,351 \text{ kA}$$

2.3. Tính toán bảo vệ khoảng cách



2.3.1. Nguyên lý làm việc

Ta có sơ đồ thay thế tính toán và biến đổi lúc làm việc bình thường như sau:



- Khi vận hành bình thường ta có:

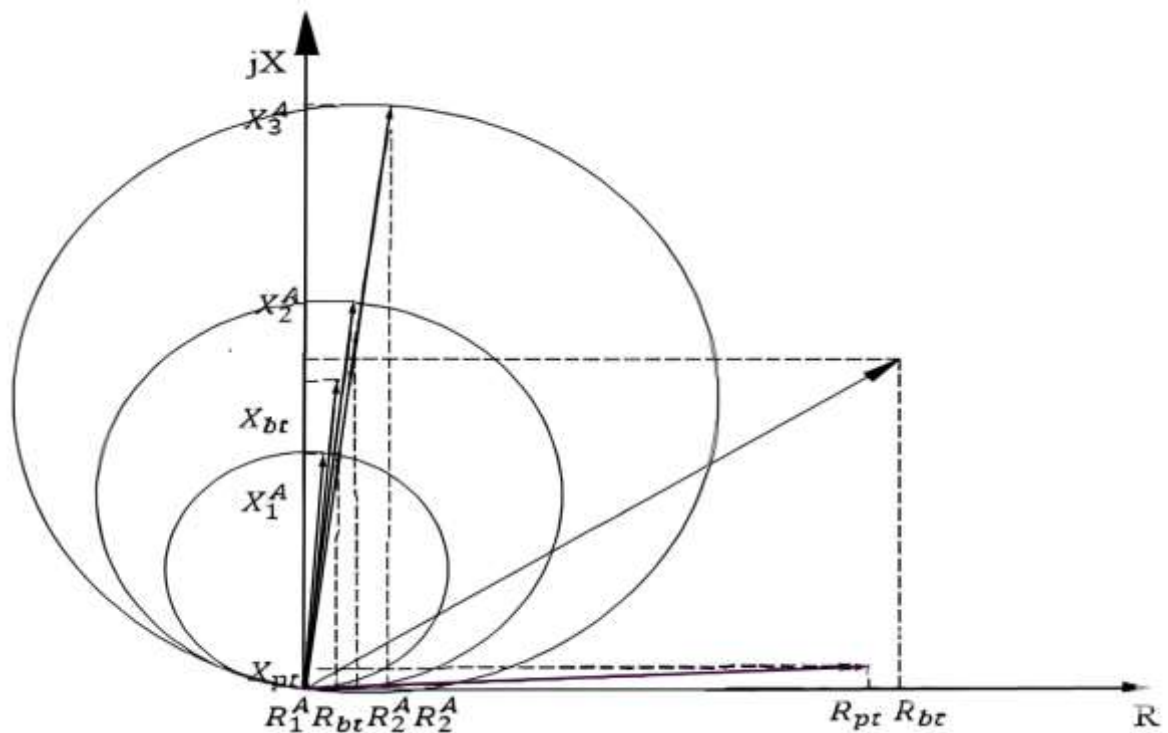
$$Z_{bt} = Z_D + Z_{pt} = (R_D + R_{pt}) + j(X_D + X_{pt})$$

$$Z_D = R_D + j.X_D \text{ có } R_D \ll X_D$$

$$Z_{pt} = R_{pt} + j.X_{pt} \text{ có } R_{pt} \gg X_{pt}$$

Nếu $\cos\varphi \approx 1 \Rightarrow$ chỉ có mỗi R_{pt}

2.3.2. Đặc tính bảo vệ của bảo vệ khoảng cách



2.3.3. Tính toán trị số đặt cho F21

- Cấp điện áp $U_{dm} = 110(kV)$
- BI: $n_I = 100/1$, $E_{RRCT} = 10\%$
- BU: $n_I = 200000/100$, $E_{RRBU} = 5\%$
- $E_{RRRelay} = 2\%$
- $Z_{AB} = R_{AB} + j \cdot X_{AB} = r_0 \cdot l + j \cdot x_0 \cdot l (\Omega/km)$
- $Z_{pt} = R_{pt} + j \cdot X_{pt} (\Omega/km)$

2.3.3.1. Các định tổng trở các vùng

- Vùng 1: $Z_A^1 = (80 \div 85)\% \cdot Z_{AB} (\Omega/km)$
- Vùng 2: $Z_A^2 = (120 \div 150)\% \cdot Z_{AB} (\Omega/km)$
- Vùng 3: $Z_A^3 = (180 \div 200)\% \cdot Z_{AB} (\Omega/km)$
- Vùng 4: $Z_A^4 = 20\% \cdot Z_{AB} \cdot 10 (\Omega/km)$

2.3.3.2. Cài đặt thời gian

$$\Delta t \approx 0,2(sec)$$

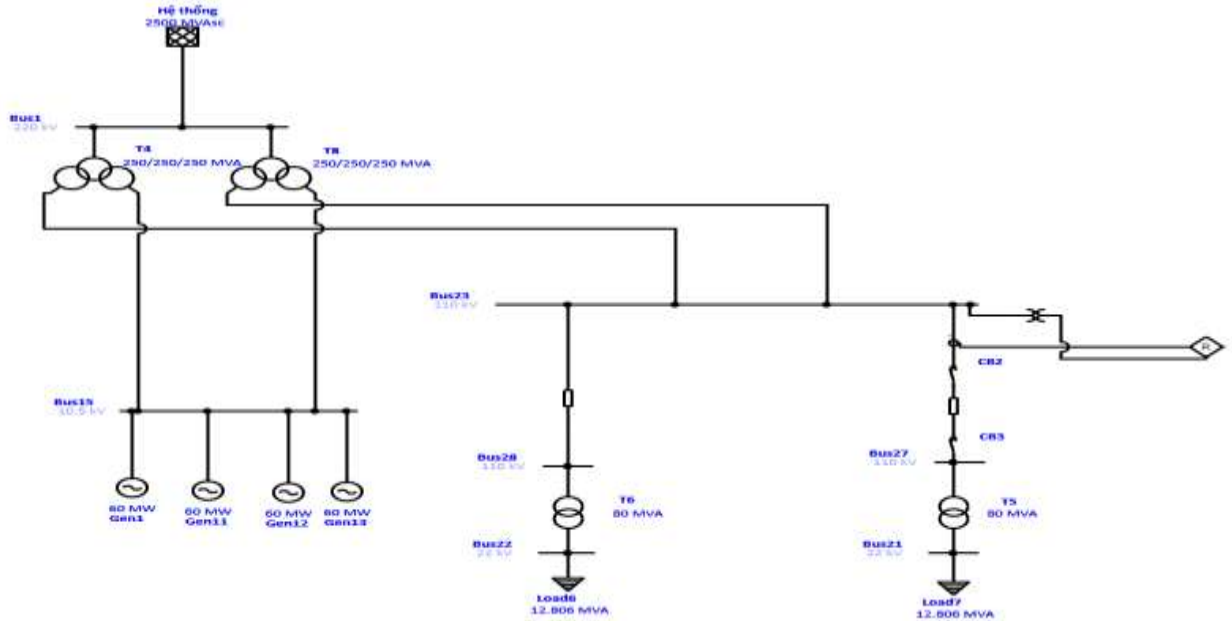
$$t_A^1 = 0,0001(sec)$$

$$t_A^2 = 0,2(sec)$$

$$t_A^3 = 0,6(sec)$$

$$t_A^4 = 1(sec)$$

2.4. Triển khai và tính toán bảo vệ đường dây trên phần mềm ETAP



Hình 2.7: Xây dựng kết nối trong Etap.

Hình 2.8 thể hiện các thông số đường dây được cài đặt để bảo vệ được tính toán chính xác trên excel và nhập vào phần mềm ETAP. Lưu ý cách chọn các CT, PT xung quanh được gắn với nhau thành một role. Để đơn giản hoá, em đã chọn chỉ hiển thị một phần của mạng có bảo vệ đường dây. Hình 2.9 cho thấy hệ thống với role được thêm vào để bảo vệ mạng. Em đã sử dụng thư viện của ETAP để tìm role cụ thể. Em đã chọn sử dụng role do Schneider P441 sản xuất vì chúng là một số role được sử dụng phổ biến nhất trong ngành.

DISTANCE PROTECTION CALCULATION						
CT ratio	100					
VT ratio	2000					
Z ratio	0.05					
Length	50 km					
	Impedance per km					
R1	0.598 X1	0.37372 Z1	0.70517 <Z1	32.0033162		
R2	0.598 X2	0.37372 Z2	0.70517 <Z2	32.0033162		
R0	0.89576 X0	1.266 Z0	1.55085 <Z0	54.71863287		
	Impedance					
R1	29.9 X1	18.686 Z1	35.2587 <Z1	32.0033162		
R2	29.9 X2	18.686 Z2	35.2587 <Z2	32.0033162		
R0	44.788 X0	63.3 Z0	77.5426 <Z0	54.71863287		
K0	0.39975					
<K0						
Forward	80%					
Z1	28.207					
X1P	14.9488					
R1P	23.92					
R1G	35.8304					
Forward	120%					
Z2	42.3105					
X2P	22.4232					
R2P	35.88					
R2G	53.7456					
Forward	180%					
Z3	66.9915					
X3P	35.5034					
R3P	56.81					
R3G	85.0972					

Hình 2.8. Tính toán thông số nhập vào role khoảng cách trên phần mềm EXCEL

Multi-Function Relay Editor - Relay2

Info Input Output OCR OLR StarZ | Distance Scheme Logic TCC kA Model Info Checker Remarks Comment

Schneider Electric P441 Settings Group Group 1 Copy...

Setting Base Secondary-1A Library Info Library...

Category	Settings	Label	Value	Units
All	Line Angle	32	degrees	
LINE SETTING	Zone Status	110110		
ZONE SETTING	KZ1 Res Comp	0.4		
OTHER PARAMETERS	KZ1 Angle	32	degrees	
	Z1	28.21	Ohms	
	Z1X	15	Ohms	
	R1G	35.83	Ohms	
	R1Ph	23.92	Ohms	
	tZ1	0.0001	s	
	KZ2 Res Comp	0.4		
	KZ2 Angle	32	degrees	
	Z2	42.31	Ohms	
	Z2X	53.74	Ohms	

Relay2 OK Cancel

Hình 2.9. Cài đặt thông số cho relay khoảng cách
Tạo sự cố đơn trên đường dây truyền tải 3 – pha tại StarZ Study Case

StarZ Study Case

Info Prefault Loading Protective Device Comment

Study Case ID SZM

Solution Parameters
Max. Iteration 100 Precision 0.000001
☐ Include Line Compensation Protection

Study Type
☒ Single Fault
☐ Load Flow (No Fault)
☐ Sliding Fault
Total Simulation Time 5 Sec.

Fault / Study Location
Select Line4 @ 100% from Bus23
Reference Bus Bus23 Location (%) 100

Fault Type
☒ 3 Phase
☐ Line - to - Ground
☐ Line - to - Line
☐ Line - to - Line - to - Ground

Fault Zf
☐ Include Fault Impedance Zf
R X ☒ Ohm ☐ %
0 0

Study Remarks

SZM Copy New Delete Help OK Cancel

Hình 2.10: Tạo sự cố trên đường dây truyền tải

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

Data Rev: BaseConfig: NormalDate: 12-05-2025

Study Type: Single FaultFault Type: 3 Phase

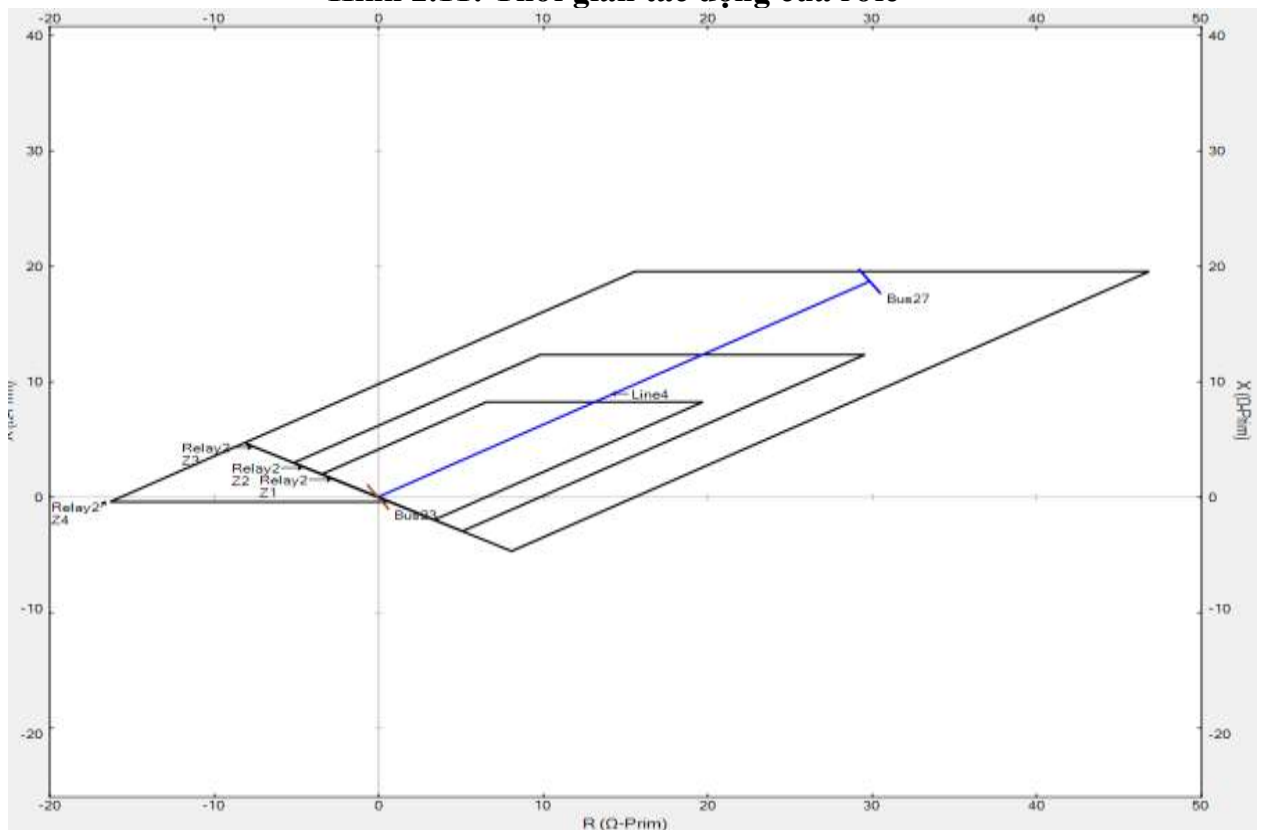
Location: Line4 @ 100% from Bus23

Time (ms)	Device ID	IO ID	IO Type	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
620	Relay2	DO1	Relay Output	620		On - Logic
675	CB2		Interlock	55		Tripped by Relay2 - DO1

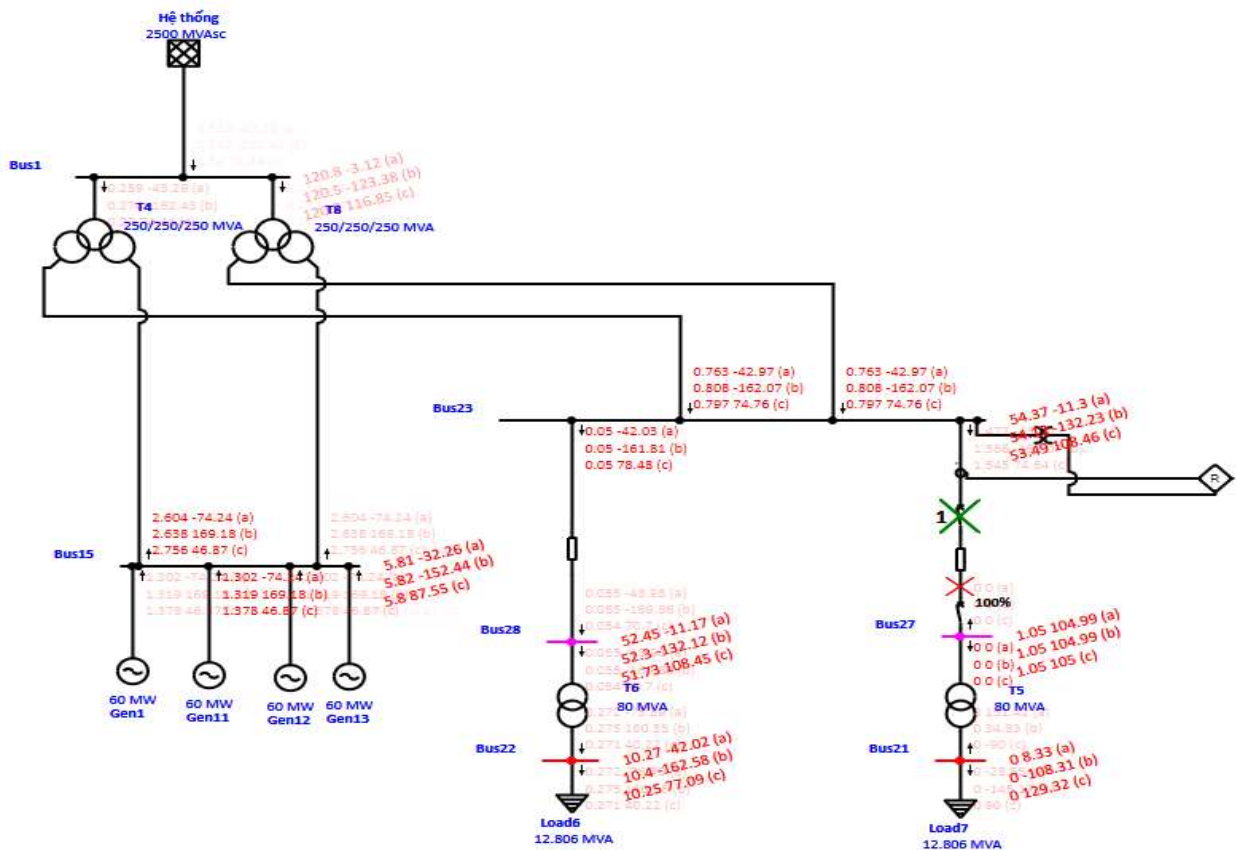
Help

Close

Hình 2.11: Thời gian tác động của role



Hình 2.12: Đường đặc tuyến của role khoảng cách



Hình 2.13: Kết quả mô phỏng từ ETAP

2.5. Nhận xét và đánh giá

2.5.1. Nhận xét

- Vùng I: 80 – 90% đường dây được bảo vệ
- Vùng II: Hoàn toàn đường dây được bảo vệ và 50% đường dây kế sau có tổng trở nhỏ nhất (hay dài hơn 120% đường dây bảo vệ)
- Vùng III: 120% (đường dây được bảo vệ + đường dây kế sau có tổng trở lớn nhất)
- Vùng IV: 20% đầu đường dây

2.5.2. Đánh giá

- Theo nguyên tắc tác động của mình, bảo vệ đảm bảo cắt chọn lọc hư hỏng trong vùng bảo vệ.
- Cấp 1 của bảo vệ tác động không thời gian đối với các hư hỏng trong khoảng 80- 90% chiều dài phần tử được bảo vệ.
- Độ nhạy của bảo vệ đối với ngắn mạch trên đoạn được bảo vệ là đảm bảo được.
- Chỉ có thể sử dụng nguyên tắc bảo vệ khoảng cách mới có thể thực hiện được bảo vệ chọn lọc các đoạn đường dây và thanh góp của trạm khi ngắn mạch nhiều pha trong mạng điện.
- Cấu trúc của relay phức tạp. Nên độ tin cậy của bảo vệ không được cao.

➤ Chức năng F21 đảm bảo các yêu cầu bảo vệ chính cho đường dây.

2.6. Kết luận chương 2

- Phần này đã lựa chọn hình thức bảo vệ phù hợp cho đường dây đó là bảo vệ khoảng cách. Các thông số cài đặt được tính toán chi tiết, làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến sự làm việc của bảo vệ khoảng cách. Và chỉnh định thông số được thực hiện sao cho vừa đảm bảo an toàn thiết bị, vừa đảm bảo không tác động sai trong các chế độ làm việc của bảo vệ khoảng cách.
- Sử dụng phần mềm ETAP, mô phỏng hoạt động của role bảo vệ đường dây khi bị sự cố. Qua kết quả mô phỏng, khả năng tác động của role được kiểm tra và đánh giá, cho thấy tính hiệu quả và độ tin cậy cao của hệ thống bảo vệ được thiết kế.

KẾT LUẬN

1. Đồ án tốt nghiệp với đề tài “Tính toán, thiết kế phần điện và bảo vệ rơle trong nhà máy nhiệt điện ngưng hơi công suất 240MW” là cơ hội để em tổng hợp và vận dụng kiến thức đã học vào một bài toán thực tế trong ngành điện.

2. Ở phần I của đồ án, quá trình tính toán cân bằng công suất, phân tích phụ tải và đề xuất các phương án sơ đồ nối điện chính đã được thực hiện một cách hệ thống. Qua so sánh các phương án về mặt kỹ thuật, kinh tế và khả năng vận hành, phương án I được lựa chọn nhờ ưu điểm nổi bật về hiệu quả và tính linh hoạt. Các bước tính toán ngắn mạch, chọn và kiểm tra thiết bị điện cũng đã được thực hiện chi tiết nhằm đảm bảo an toàn và ổn định cho hệ thống trong mọi chế độ làm việc.

Ở phần II, em đã tìm hiểu về hệ thống bảo vệ rơle của đường dây truyền tải, với việc trình bày rõ nguyên lý làm việc, các yếu tố ảnh hưởng và cách xác định thông số cài đặt. Việc kết hợp phần mềm ETAP trong mô phỏng các tình huống sự cố và vận hành bình thường đã giúp kiểm chứng tính chính xác và hiệu quả của hệ thống bảo vệ được đề xuất.

3. Thông qua quá trình thực hiện đồ án, em không chỉ củng cố các kỹ năng thiết kế kỹ thuật, mà còn nâng cao năng lực tư duy hệ thống, xử lý mô phỏng và áp dụng phần mềm chuyên ngành. Đặc biệt, em hiểu rõ hơn về vai trò then chốt của hệ thống bảo vệ rơle trong việc duy trì sự an toàn, ổn định cho thiết bị và hệ thống điện nói chung.

4. Với tinh thần học hỏi và tiếp thu, em kính mong nhận được những nhận xét, đánh giá và góp ý từ thầy cô để từ đó rút ra kinh nghiệm, nâng cao năng lực chuyên môn và phục vụ tốt hơn cho công việc sau này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. PGS. Nguyễn Hữu Khải, “*Thiết kế phần điện nhà máy điện và trạm biến áp*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật – 2006.
- [2]. GS.TS. Lê Kim Hùng – TS. Vũ Phan Huân, “*Role kỹ thuật số bảo vệ hệ thống Điện*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. TS. Đào Quang Thạch (chủ biên) – TS. Phạm Văn Hoà, “*Phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội – 2007.