

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

**Thiết kế bảo vệ trạm biến áp 220/110/35 –
2x125 MVA và đường dây 220kV.**

ĐÀM QUANG HUY

huy.dq181173@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật điện

Chuyên ngành Hệ thống điện

Giảng viên hướng dẫn: TS Nguyễn Thị Anh

Bộ môn: Hệ thống điện

Viện: Điện

HÀ NỘI, 7/2023

Chữ ký của
GVHD

NHIỆM VỤ THIẾT KẾ TỐT NGHIỆP

Họ và tên: **Đàm Quang Huy**

MSSV: **20181173**

Lớp: **KTD 04 – K63**

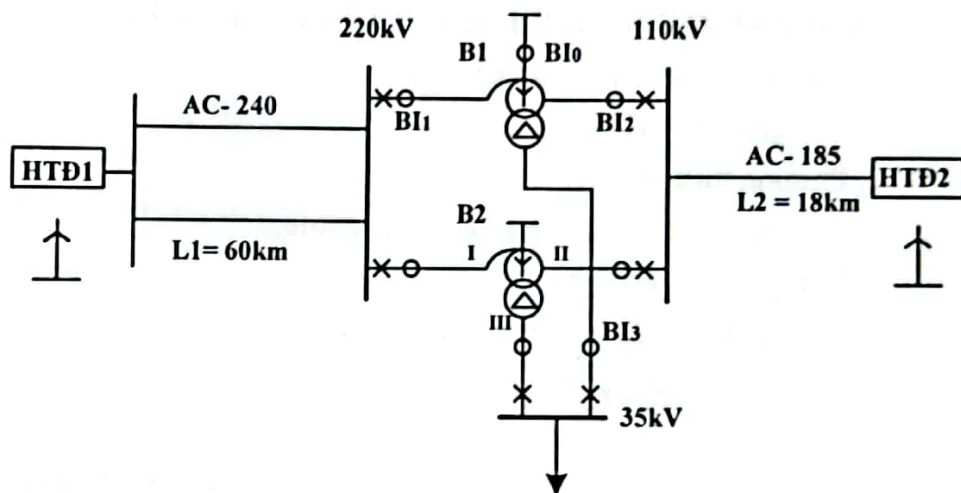
Bộ môn: **HTĐ**

1. Đề tài thiết kế

Phần 1: Thiết kế bảo vệ trạm biến áp 220/110/35 – 2x125 MVA và đường dây 220kV.

Phần 2: Tìm hiểu đặc tính bảo vệ khoảng cách của các dòng rơle hãng Siemens.

2. Các số liệu ban đầu:



Hệ-thống điện

HTĐ1	HTĐ2
$S_{Nmax} = 3500MVA$	$S_{Nmax} = 3200MVA$
$S_{Nmin} = 2500 MVA$	$S_{Nmin} = 2630MVA$
$X_{0III} = 0,85 X_{III}$	$X_{0III} = 0,85 X_{III}$

Đường dây

- AC-240 (60 Km)
- AC-185(18 Km)

MBA tự ngẫu

- $S_{dd} = 125 MVA$

- Cấp điện áp 230/121/38,5 kV
- Công suất danh định của các cuộn dây: 125/125/63 MVA
- $U_{NC-T}\% = 11$
- $U_{NC-H}\% = 32$
- $U_{NT-H}\% = 20$
- Tổ đấu dây: YN – Auto- d11 ($Y_0 - \Delta-11$)
- $\Delta U_{dc} = 16\%$

3. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán

- a. Mô tả đối tượng được bảo vệ, thông số chính.
- b. Tính toán ngắn mạch phục vụ bảo vệ rơle.
- c. Lựa chọn phương thức bảo vệ.
- d. Giới thiệu tính năng và thông số các loại rơ le định sử dụng.
- e. Tính toán các thông số bảo vệ, kiểm tra sự làm việc của bảo vệ.
- f. Thuyết minh phần chuyên đề và các kết quả liên quan

4. Các bản vẽ (Ghi rõ các loại bản vẽ, kích thước các bản vẽ)

- a. Sơ đồ đấu dây và các thông số chính.
- b. Kết quả tính toán ngắn mạch.
- c. Phương thức bảo vệ.
- d. Tính năng và các thông số chính của rơle.
- e. Kết quả tính toán bảo vệ.
- f. Kết quả kiểm tra sự làm việc của bảo vệ.
- g. Các bản vẽ liên quan tới phần chuyên đề

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN



TS. Nguyễn Thị Anh

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

**Thiết kế bảo vệ trạm biến áp 220/110/35 –
2x125 MVA và đường dây 220kV.**

ĐÀM QUANG HUY

huy.dq181173@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật điện

Chuyên ngành Hệ thống điện

Giảng viên hướng dẫn:

TS Nguyễn Thị Anh

Chữ ký của
GVHD

Bộ môn:

Hệ thống điện

Viện:

Điện

HÀ NỘI, 7/2023

Lời nói đầu

Trạm biến áp và đường dây là hai phần quan trọng trong hệ thống điện, đảm bảo việc chuyển đổi, truyền tải và cung cấp điện năng cho các tải khác nhau. Tuy nhiên, trong quá trình hoạt động, chúng có thể gặp phải các sự cố điện như quá tải, ngắn mạch, hay các tác động từ môi trường. Để đảm bảo tính an toàn, ổn định và tin cậy cho hệ thống điện, việc thiết kế và triển khai một hệ thống role bảo vệ cho trạm biến áp và đường dây là cực kỳ quan trọng.

Đồ án tốt nghiệp của em có đề tài: **Thiết kế bảo vệ trạm biến áp 220/110/35 – 2x125 MVA và đường dây 220kV**. Nội dung đồ án của em gồm 7 chương:

Chương 1: Mô tả về đối tượng được bảo vệ và các thông số chính.

Chương 2: Tính toán ngắn mạch.

Chương 3: Lựa chọn phương thức bảo vệ.

Chương 4: Giới thiệu tính năng và thông số các role sử dụng.

Chương 5: Tính toán các giá trị chỉnh định và cài đặt cho role.

Chương 6: Kiểm tra sự làm việc của các bảo vệ.

Chương 7: Tìm hiểu đặc tính bảo vệ khoảng cách của các dòng role hãng Siemens

Trong suốt thời gian làm đồ án em được sự hướng dẫn một cách tận tình của cô **Nguyễn Thị Anh** đã giúp em hoàn thành bản đồ án này. Mặc dù em đã cố gắng tìm hiểu, học hỏi tuy nhiên còn hạn chế về kiến thức và kinh nghiệm thực tiễn nên không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong được sự chỉ bảo, góp ý của các thầy cô.

Em xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ nhiệt tình của các thầy cô.

Hà Nội, ngày 25 tháng 7 năm 2023

Sinh viên thực hiện

Đàm Quang Huy

Mục lục

Lời nói đầu	2
Chương 1: Mô tả đối tượng cần bảo vệ và thông số chính	9
1.1. Mô tả đối tượng cần bảo vệ.....	9
1.2. Các thông số chính của đối tượng bảo vệ	9
Chương 2. Tính toán ngắn mạch.....	11
2.1. Giới thiệu chung.....	11
2.1.1. Mục đích tính toán ngắn mạch	11
2.1.2. Các giả thiết khi tính toán ngắn mạch.....	11
2.2. Các chế độ tính toán ngắn mạch và các vị trí ngắn mạch.....	12
2.2.1. Các chế độ tính ngắn mạch	12
2.2.2. Các điểm ngắn mạch cần tính toán	13
2.3. Quy đổi các thông số phần tử.....	13
2.3.1. Lựa chọn các đại lượng cơ bản	13
2.3.2. Tính toán thông số các phần tử	14
2.4. Tính toán ngắn mạch.....	16
2.4.1. Tính toán ngắn mạch tại N1	16
2.5. Tính toán dòng ngắn mạch bằng ETAP.....	30
2.5.1. Giới thiệu phần mềm ETAP.....	30
2.5.2. Sử dụng phần mềm ETAP để mô phỏng đối tượng cần bảo vệ.....	31
2.5.3. So sánh kết quả tính tay với kết quả trên ETAP	37
2.5.4. Tổng hợp kết quả tính toán ngắn mạch.....	38
Chương 3: Lựa chọn phương thức bảo vệ.....	43
3.1. Máy biến áp.....	43
3.1.1. Các dạng hư hỏng đối với máy biến áp.....	43
3.1.2. Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến áp.....	44
3.2. Đường dây	46
3.2.1. Các dạng hư hỏng đối với đường dây	46
3.2.2. Sơ đồ phương thức bảo vệ đường dây	47
3.3. Thanh cái 220kV	48
Chương 4: Giới thiệu tính năng và thông số các rơ le sử dụng	50

4.1. Rơ le SEL-487E	50
4.1.1. Giới thiệu tổng quan.....	50
4.1.2. Chức năng 87T của role SEL-487E	51
4.2. Rơ le hợp bộ quá dòng số 7SJ64.....	52
4.2.1 Giới thiệu tổng quan về role 7SJ64.....	52
4.2.2 Các chức năng của 7SJ64.....	52
4.3. Rơ le SEL311L.....	54
4.3.1. Giới thiệu tổng quát.....	54
4.3.2. Chức năng so lệch dòng điện.	55
4.3.3. Chức năng bảo vệ khoảng cách.....	57
4.4. Role 7SS522.....	57
4.4.1. Giới thiệu tổng quan.....	57
4.4.2. Chức năng 87B.....	58
Chương 5: Tính toán các giá trị chỉnh định và cài đặt cho role.....	60
5.1. Chọn máy biến dòng điện, máy biến điện áp.....	60
5.1.1. Chọn máy biến dòng điện	60
5.1.2. Máy biến điện áp.....	61
5.2. Tính toán chỉnh định role 87T	62
5.2.1. Chức năng bảo vệ so lệch có hãm.	62
5.2.2. Bảo vệ chống chạm đất hạn chế(REF).....	63
5.3. Tính toán chỉnh định role 7SJ64	65
5.3.1. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh có hướng	65
5.3.2. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh thứ tự không có hướng	66
5.3.3. Bảo vệ quá dòng có hướng thời gian trễ	68
5.3.4. Bảo vệ quá dòng TTK có hướng có thời gian trễ	69
5.3.5. Bảo vệ chống máy cắt từ chối tác động 50BF	69
5.4. Tính toán chỉnh định role SEL311L	76
5.4.1. Chức năng 87L	76
5.4.2. Chức năng 21/21N	78
5.4.3. Chức năng quá dòng có hướng.	80
5.5. Tính toán chỉnh định role 7SS522	82

5.5.1. Chức năng 87B.....	82
5.5.2. Chức năng 50BF.....	83
Chương 6: Kiểm tra làm việc của các bảo vệ	84
6.1. Bảo vệ so lệch có hãm (87T).....	84
6.1.1. Sự cố trong máy biến áp(N1', N2', N3')	85
6.1.2. Sự cố ngoài máy biến áp(N1, N2, N3).....	86
6.2. Bảo vệ quá dòng có hướng có thời gian trễ	87
6.3. Bảo vệ quá dòng TTK có hướng có thời gian trễ	89
Chương 7: Tìm hiểu đặc tính bảo vệ khoảng cách của các dòng rơle hãng Siemens	90
7.1. Giới thiệu về nguyên lý bảo vệ khoảng cách.....	90
7.1.1. Tổng quan.....	90
7.1.2. Nguyên lý hoạt động của bảo vệ khoảng cách.....	90
7.2. Đặc tính bảo vệ khoảng cách của rơle hãng Siemens	92
7.2.1. Đặc tính tứ giác	92
7.2.2. Đặc tính MhO.....	97
Tài liệu tham khảo.....	101

Danh mục hình vẽ

Hình 1. 1. Sơ đồ nối điện chính của trạm biến áp.....	9
Hình 2. 1. Vị trí điểm ngắt mạch cần tính toán.....	13
Hình 2. 2. Sơ đồ thứ tự thuận chế độ cực đại 1 MBA.....	16
Hình 2. 3. Sơ đồ thứ tự nghịch chế độ cực đại 1 MBA.....	17
Hình 2. 4. Sơ đồ thứ tự không chế độ cực đại 1 MBA	17
Hình 2. 5. Sơ đồ thứ tự thuận chế độ cực đại 2 MBA.....	23
Hình 2. 6. Sơ đồ thứ tự nghịch chế độ cực đại 2 MBA.....	23
Hình 2. 7. Sơ đồ thứ tự không chế độ cực đại 2 MBA	23
Hình 2. 8. Sơ đồ tính toán ngắn mạch trong ETAP	31
Hình 2. 9. Thông số HTĐ 1, HTĐ 2 chế độ cực đại Etap.....	32
Hình 2. 10. Thông số HTĐ 1, HTĐ 2 chế độ cực tiểu Etap	32
Hình 2. 11. Thông số máy biến áp phần mềm Etap.....	33
Hình 2. 12. Thông số đường dây ETAP.....	33
Hình 2. 13. Lựa chọn loại ngắn mạch Etap.....	34
Hình 2. 14. Kết quả tính toán ngắn mạch 3 pha chế độ cực đại 2MBA tại N1 Etap.....	34
Hình 2. 15. Kết quả tính toán ngắn mạch 1 pha chế độ cực đại 2MBA tại N1 Etap.....	35
Hình 2. 16. Kết quả tính toán ngắn mạch 2 pha chạm đất chế độ cực đại 2 MBA tại N1 Etap.....	35
Hình 2. 17. Kết quả tính toán ngắn mạch 3 pha chế độ cực đại 1 MBA tại N1 Etap.....	36
Hình 2. 18. Kết quả tính toán ngắn mạch 1 pha chế độ cực đại 1 MBA tại N1 Etap.....	36
Hình 2. 19. Kết quả tính toán ngắn mạch 2 pha chạm đất chế độ cực đại 1 MBA tại N1 Etap.....	37
Hình 3. 1. Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến áp.....	45
Hình 3. 2. Sơ đồ phương thức bảo vệ đường dây	47
Hình 3. 3. Sơ đồ phương thức bảo vệ thanh cái 220kV	49
Hình 4. 1. Rơ le SEL-487E	50
Hình 4. 2. Các chức năng bảo vệ của rơ le SEL-487E.....	51
Hình 4. 3. Đặc tính tác động chức năng 87T của role SEL-487E	52

Hình 4. 4. Các chức năng bảo vệ của rơ le 7SJ64.....	54
Hình 4. 5. Rơle SEL311L.....	55
Hình 4. 6. Vùng hãm và vùng hoạt động của chức năng 87L.....	56
Hình 4. 7. Rơle 7SS522.....	57
Hình 4. 8. Hệ thống thanh cái với n lộ	58
Hình 4. 9. Đặc tính bảo vệ chức năng 87B	58
Hình 4. 10. Dòng ổn định(hãm) được điều chỉnh	59
Hình 5. 1. Đặc tính bảo vệ chức năng 87T.....	63
Hình 5. 2. Vùng cắt và vùng hãm chức năng 87L của rơle SEL311L.....	77
Hình 5. 3. Đặc tính bảo vệ MhO	78
Hình 6. 1. Đường đặc tính làm việc rơle 87T	85
Hình 7. 1. Sơ đồ minh họa nguyên lý bảo vệ khoảng cách.....	90
Hình 7. 2. Điểm làm việc lúc bình thường và sự cố trên mặt phẳng tổng trở.....	91
Hình 7. 3. Một số đặc tính bảo vệ của bảo vệ khoảng cách.....	92
Hình 7. 4. Đặc tính tứ giác	93
Hình 7. 5. Xác định hướng với điện áp không sự cố	94
Hình 7. 6. Đặc tính hướng trên đồ thị R-X	96
Hình 7. 7. Đặc tính hướng với điện áp ghi nhớ.....	97
Hình 7. 8. Hình dạng cơ bản của một đặc tính MhO	98
Hình 7. 9. Đặc tính MhO mở rộng	99
Hình 7. 10. Đặc tính MhO mở rộng với điện áp ghi nhớ.....	100

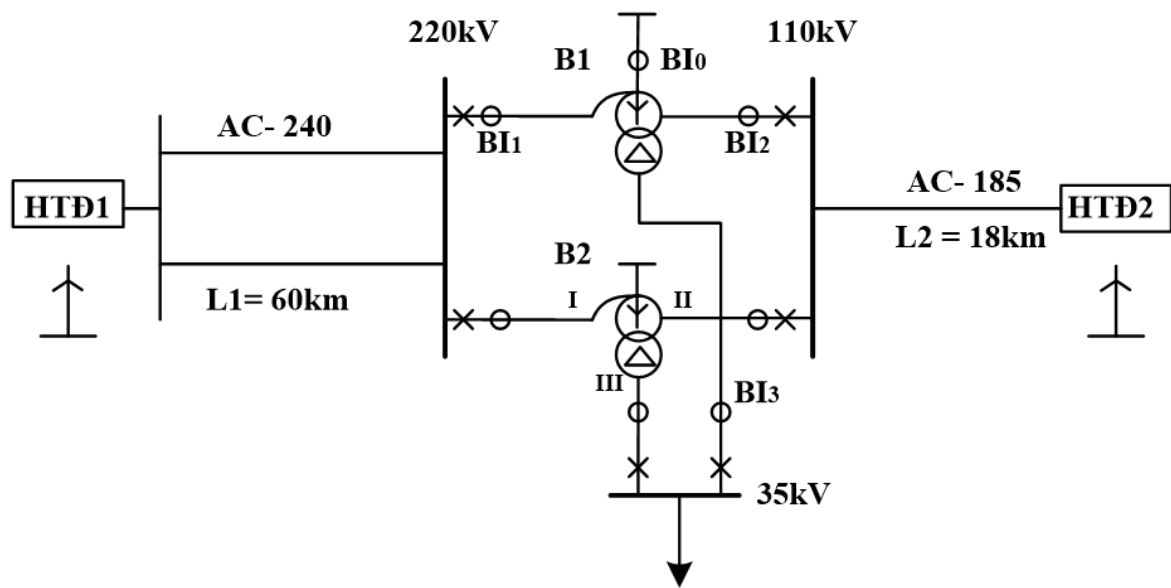
Danh mục bảng

Bảng 2. 1. Bảng so sánh kết quả tính tay với kết quả tính toán trên ETAP.....	37
Bảng 2. 2. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực đại 1 MBA.....	39
Bảng 2. 3. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực đại 2 MBA.....	40
Bảng 2. 4. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực tiểu 1 MBA.....	41
Bảng 2. 5. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực tiểu 2 MBA.....	42
Bảng 3. 1 Những loại bảo vệ thường dùng	43
Bảng 3. 2. Các chức năng bảo vệ máy biến áp	46
Bảng 3. 3. Các chức năng bảo vệ đường dây.....	48
Bảng 5. 1. Thông số BI	61
Bảng 5. 2. Thông số BU	62
Bảng 5. 3. Phiếu chỉnh định rơ le 87T	65
Bảng 5. 4. Phiếu chỉnh định rơle 7SJ64 phía 220kV	73
Bảng 5. 5. Phiếu chỉnh định rơle 7SJ64 phía 110kV	75
Bảng 5. 6. Phiếu chỉnh định rơle 7SJ64 phía 35kV	76
Bảng 5. 7. Phiếu chỉnh định của rơle SEL311L.....	82
Bảng 7. 1. Điện áp và dòng điện để xác định hướng sự cố.....	95

Chương 1: Mô tả đối tượng cần bảo vệ và thông số chính

1.1. Mô tả đối tượng cần bảo vệ.

Đối tượng bảo vệ ở đây là trạm 220kV gồm 2 máy biến áp tự ngẫu làm việc song song và phân đường dây 220kV. Trạm được liên kết với 2 hệ thống điện ở phía 110kV và 220kV.



Hình 1. 1. Sơ đồ nối điện chính của trạm biến áp

1.2. Các thông số chính của đối tượng bảo vệ

Hệ thống điện

HTĐ1	HTĐ2
$S_{N\max}=3500\text{MVA}$	$S_{N\max}=3200\text{MVA}$
$S_{N\min}=2500\text{MVA}$	$S_{N\min}=2630\text{MVA}$
$X_{0H1} = 0,85 X_{1H}$	$X_{0H1} = 0,85 X_{1H}$

Đường dây

- AC-240 (60 Km) $x_0 = 0,43(\Omega / km)$, $r_0 = 0,12(\Omega / km)$

- AC-185(18 Km) $x_0 = 0,409(\Omega / km)$, $r_0 = 0,16(\Omega / km)$

MBA tự ngẫu

- $S_{\text{đđ}} = 125 \text{ MVA}$
- Cấp điện áp 230/121/38,5 kV
- Công suất danh định của các cuộn dây: 125/125/63 MVA
- $U_{\text{NC-T}}\% = 11$
- $U_{\text{NC-H}}\% = 32$
- $U_{\text{NT-H}}\% = 20$
- Tổ đấu dây: YN – Auto- d11 ($Y_0 - \Delta$ -11)
- $\Delta U_{\text{đc}} = 16\%$

Chương 2. Tính toán ngắn mạch

2.1. Giới thiệu chung

2.1.1. Mục đích tính toán ngắn mạch

Tính toán ngắn mạch nhằm xác định được dòng điện sự cố lớn nhất và dòng điện sự cố nhỏ nhất có thể chạy qua BI đến rơ le để phục vụ:

- Tính toán chỉnh định rơ le và kiểm tra độ an toàn của các rơ le so lệch bảo vệ cho máy biến áp.
- Kiểm tra độ nhạy của các bảo vệ đối với các bảo vệ quá dòng và độ nhạy tác động đối với các bảo vệ so lệch của máy biến áp.

2.1.2. Các giả thiết khi tính toán ngắn mạch

Để thiết lập các sơ đồ và tiến hành tính toán ngắn mạch, ta cần có những giả thiết nhằm đơn giản hóa, làm giảm đáng kể khối lượng tính toán trong khi vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết.

Một số giả thiết khi tính toán ngắn mạch:

- Tần số hệ thống không thay đổi.

Trên thực tế, sau khi xảy ra ngắn mạch thì công suất của các máy phát thay đổi đột ngột dẫn đến mất cân bằng công suất, tốc độ quay thay đổi trong quá trình quá độ dẫn đến tần số hệ thống bị thay đổi.

- Bỏ qua bão hòa mạch từ.

Khi ngắn mạch, mức độ bão hòa mạch từ ở một số thành phần có thể tăng cao hơn bình thường. Thực tế cho thấy sai số mắc phải do bỏ qua hiện tượng này là không nhiều vì số phần tử mang lõi thép chiếm số lượng ít trong hệ thống điện.

- Bỏ qua ảnh hưởng của phụ tải.
- Bỏ qua điện trở của cuộn dây máy phát.

Máy biến áp và điện trở của đường dây do thành phần này quá nhỏ so với điện kháng của chúng.

- Coi hệ thống sức điện động ba pha của nguồn là đối xứng.

Khi ngắn mạch không đối xứng phản ứng các pha lên từ trường quay không hoàn toàn giống nhau. Tuy nhiên từ trường vẫn được giả thiết quay đều với tốc độ không đổi, khi đó suất điện động bap ha luôn đối xứng. Thực tế là hệ số không đối xứng của các suất điện động không đáng kể.

2.2. Các chế độ tính toán ngắn mạch và các vị trí ngắn mạch.

2.2.1. Các chế độ tính ngắn mạch

Để tính được các trị số dòng điện ngắn mạch lớn nhất (I_{Nmax}) và dòng điện ngắn mạch bé nhất (I_{Nmin}) đi qua đối tượng bảo vệ trước tiên ta cần phân tích:

- Để có dòng I_{Nmax} thì khi đó công suất của nguồn là lớn nhất, và trị số của dòng ngắn mạch 3 pha luôn lớn hơn dòng điện ngắn mạch 2 pha nên để tìm I_{Nmax} ta sẽ tính các dạng ngắn mạch $N^{(3)}$, $N^{(1)}$, $N^{(1,1)}$ trong chế độ max. Từ nhận xét này ta có thể thấy để tìm I_{Nmin} ta sẽ tính các dạng ngắn mạch $N^{(2)}$, $N^{(1)}$, $N^{(1,1)}$ trong chế độ min.

- Đối với cấu hình của trạm:

- Khi trạm vận hành một máy thì dòng điện tổng tại điểm ngắn mạch tổng tại điểm ngắn mạch sẽ nhỏ hơn so với trường hợp 2 máy vận hành song song. Tuy nhiên toàn bộ dòng điện này sẽ đi qua bảo vệ.
- Khi trạm vận hành 2 máy biến áp song song thì dòng điện ngắn mạch tổng tại điểm ngắn mạch sẽ lớn hơn trường hợp vận hành 1 máy biến áp độc lập nhưng dòng qua bảo vệ chỉ bằng một nửa dòng điện ngắn mạch tổng.

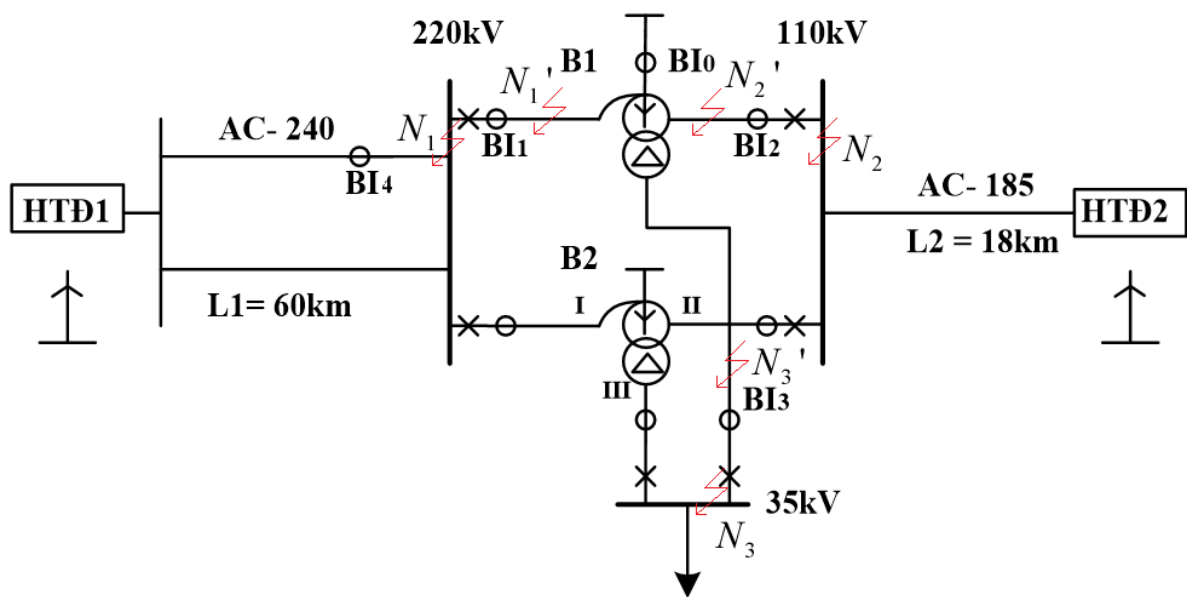
Từ nhận xét trên ta thấy để tìm giá trị dòng dòng điện ngắn mạch lớn nhất (I_{Nmax}) và dòng điện ngắn mạch bé nhất (I_{Nmin}) ta phải tính cho cả 2 trường hợp: vận hành độc lập 1 MBA và vận hành song song 2 MBA.

Đối với các dạng ngắn mạch không đối xứng, dòng điện ở các pha không giống nhau, dòng điện mà ta tính ra là của pha đặc biệt (pha không bị sự cố đối với ngắn mạch 2 pha và 2 pha chạm đất, còn đối với sự cố ngắn mạch 1 pha thì đó là pha sự cố), vì vậy khi tìm dòng chạy qua các BI ta phải chú ý đến vấn đề này.

2.2.2. Các điểm ngắn mạch cần tính toán

Đối với trạm biến áp, vị trí của các điểm ngắn mạch cần tính toán phụ thuộc vào vị trí đặt BI, nếu sự cố xảy ra trước BI thì sẽ không có dòng điện qua BI nên bảo vệ sẽ không cảm nhận được sự cố và ngược lại. Ngoài ra đối với bảo vệ so lệch có khái niệm vùng bảo vệ được giới hạn bằng các BI, cho nên hai điểm ngắn mạch có thể có cùng trị số dòng điện ngắn mạch như N_1 và N_1' nhưng bảo vệ so lệch chỉ tác động khi xảy ra ngắn mạch ở N_1' .

Đối với máy biến áp tự ngẫu ta cần phải tính toán được cho trên hình vẽ dưới đây. Tổng cộng có 6 điểm ngắn mạch cần tính toán (gồm 3 điểm ngắn mạch trong vùng $\{N_1', N_2', N_3'\}$ và 3 điểm ngắn mạch ngoài vùng $\{N_1, N_2, N_3\}$).



Hình 2. 1. Vị trí điểm ngắn mạch cần tính toán

2.3. Quy đổi các thông số phân tử

2.3.1. Lựa chọn các đại lượng cơ bản

Chọn các đại lượng cơ bản:

$$S_{cb} = S_{cb \text{ BA}} = 125 \text{ MVA}$$

$$U_{cb} = U_{tb \text{ các cấp}}$$

Từ hai thông số trên ta tính được I_{cb} ở các cấp điện áp:

- Cấp điện áp 220 kV có $U_{cb1} = 230$ kV

$$I_{cb1} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb1}} = \frac{125}{\sqrt{3}.230} = 0,314kA$$

- Cấp điện áp 110 kV có $U_{cb2} = 121$ kV

$$I_{cb2} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb2}} = \frac{125}{\sqrt{3}.121} = 0,596kA$$

- Cấp điện áp 35 kV có $U_{cb3} = 38,5$ kV

$$I_{cb3} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb3}} = \frac{125}{\sqrt{3}.38,5} = 1,875kA$$

2.3.2. Tính toán thông số các phần tử

a, Điện kháng hệ thống

Phía 220 kV:

- Chế độ cực đại

Điện kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch:

$$X_{1\max}^{HT1} = X_{2\max}^{HT1} = \frac{S_{cb}}{S_{N\max}^{HT1}} = \frac{125}{3500} = 0,036$$

Điện kháng thứ tự không:

$$X_{0\max}^{HT1} = 0,85 \cdot X_{1\max}^{HT1} = 0,85 \cdot 0,036 = 0,031$$

- Chế độ cực tiểu

Điện kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch:

$$X_{1\min}^{HT1} = X_{2\min}^{HT1} = \frac{S_{cb}}{S_{N\min}^{HT1}} = \frac{125}{2500} = 0,05$$

Điện kháng thứ tự không:

$$X_{0\min}^{HT1} = 0,85 \cdot X_{1\min}^{HT1} = 0,85 \cdot 0,05 = 0,043$$

Phía 110 kV:

- Chế độ cực đại

Điện kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch:

$$X_{1\max}^{\text{HT2}} = X_{2\max}^{\text{HT2}} = \frac{S_{\text{cb}}}{S_{\text{N}\max}^{\text{HT2}}} = \frac{125}{3200} = 0,039$$

Điện kháng thứ tự không:

$$X_{0\max}^{\text{HT2}} = 0,85 \cdot X_{1\max}^{\text{HT2}} = 0,85 \cdot 0,039 = 0,033$$

- Chế độ cực tiểu

Điện kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch:

$$X_{1\min}^{\text{HT2}} = X_{2\min}^{\text{HT2}} = \frac{S_{\text{cb}}}{S_{\text{N}\min}^{\text{HT2}}} = \frac{125}{2630} = 0,048$$

Điện kháng thứ tự không:

$$X_{0\min}^{\text{HT2}} = 0,85 \cdot X_{1\min}^{\text{HT2}} = 0,85 \cdot 0,048 = 0,041$$

b, Điện kháng máy biến áp tự ngẫu

Điện áp ngắn mạch các cuộn dây MBA là:

$$U_N^C(\%) = \frac{1}{2}(U_{C-T}\% + U_{C-H}\% - U_{T-H}\%) = \frac{1}{2}(11 + 32 - 20) = 11,5\%$$

$$U_N^T(\%) = \frac{1}{2}(U_{C-T}\% + U_{T-H}\% - U_{C-H}\%) = \frac{1}{2}(11 + 20 - 32) = 0\%$$

$$U_N^H(\%) = \frac{1}{2}(U_{C-H}\% + U_{T-H}\% - U_{C-T}\%) = \frac{1}{2}(32 + 20 - 11) = 20,5\%$$

Điện kháng của các cuộn dây MBA trong hệ đơn vị tương đối định mức được xác định như sau:

$$X_C = \frac{U_N^C(\%)}{100} \cdot \frac{U_{\text{đmBA}}^2}{S_{\text{đm}}} \cdot \frac{S_{\text{cb}}}{U_{\text{cb1}}^2} = \frac{U_N^C(\%)}{100} \cdot \frac{S_{\text{cb}}}{S_{\text{đm}}} = \frac{11,5}{100} = 0,115$$

$$X_T = \frac{U_N^T(\%)}{100} \cdot \frac{U_{dmBA}^2}{S_{dm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb1}^2} = \frac{U_N^T(\%)}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{0}{100} = 0$$

$$X_H = \frac{U_N^H(\%)}{100} \cdot \frac{U_{dmBA}^2}{S_{dm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb1}^2} = \frac{U_N^H(\%)}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{20,5}{100} = 0,205$$

c, Điện kháng dây dẫn

Phía 220 kV :

$$X_{1D1} = \frac{x_{01}.l}{2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = \frac{0,43.60}{2} \cdot \frac{125}{220^2} = 0,033$$

$$X_{0D1} = 3.X_{1D1} = 3.0,033 = 0,099$$

Phía 110 kV:

$$X_{1D2} = x_{02}.l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 0,409.18 \cdot \frac{125}{110^2} = 0,076$$

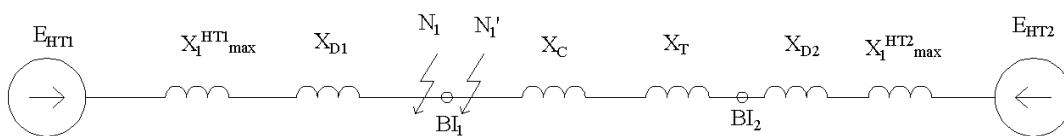
$$X_{0D2} = 3.X_{1D2} = 3.0,076 = 0,228$$

2.4. Tính toán ngắn mạch.

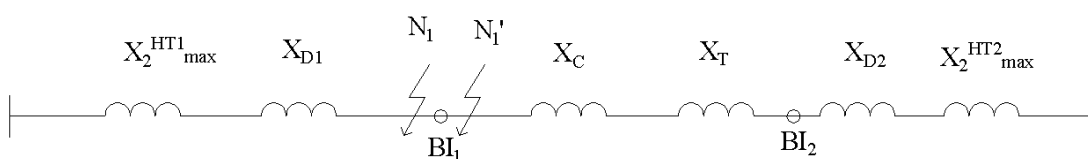
2.4.1. Tính toán ngắn mạch tại N1

2.4.1.1. Chế độ cực đại, trạm vận hành 1 MBA.

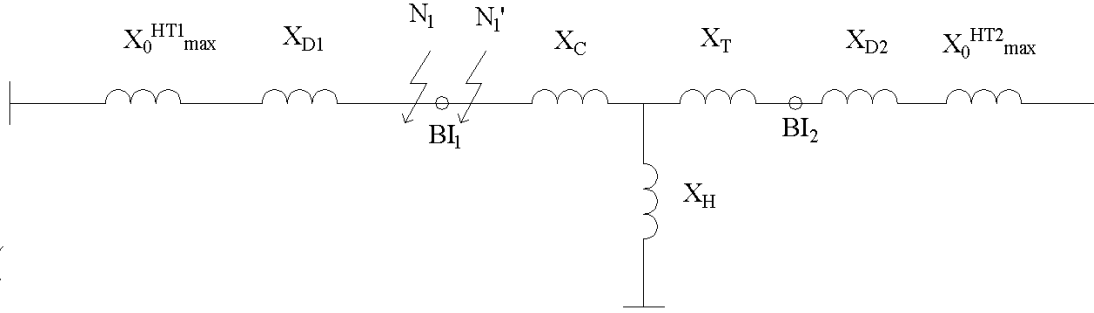
Sơ đồ thứ tự thuận, thứ tự nghịch, thứ tự không như sau:



Hình 2. 2. Sơ đồ thứ tự thuận chế độ cực đại 1 MBA



Hình 2. 3. Sơ đồ thứ tự nghịch chế độ cực đại 1 MBA



Hình 2. 4. Sơ đồ thứ tự không chế độ cực đại 1 MBA

Điện kháng tương đương

$$X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma} = \frac{(X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1})(X_c + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2})}{X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1} + X_c + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}} = \frac{(0,036 + 0,033).(0,115 + 0,076 + 0,039)}{0,036 + 0,033 + 0,115 + 0,076 + 0,039} = 0,053$$

$$X_{0\Sigma} = \frac{(X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1})(X_c + \frac{X_H \cdot (X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2})}{X_H + X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2}})}{X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1} + X_c + \frac{X_H \cdot (X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2})}{X_H + X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2}}}$$

$$= \frac{(0,031 + 0,099).(0,115 + \frac{0,205 \cdot (0,228 + 0,033)}{0,205 + 0,228 + 0,033})}{0,031 + 0,099 + 0,115 + \frac{0,205 \cdot (0,228 + 0,033)}{0,205 + 0,228 + 0,033}} = 0,083$$

a, Ngắn mạch 3 pha

Dòng ngắn mạch tại vị trí ngắn mạch là:

$$I_{1\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma}} = \frac{1}{0,053} = 18,868$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống điện 1 cung cấp là:

$$I_N^{HT1} = I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_c + X_{D2} + X_{1\max}^{HT2}}{X_{1\max}^{HT1} + X_{D1} + X_c + X_{D2} + X_{1\max}^{HT2}} = 18,868 \cdot \frac{0,115 + 0,076 + 0,039}{0,036 + 0,033 + 0,115 + 0,076 + 0,039} = 13,817$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống điện 2 cung cấp là:

$$I_N^{HT2} = I_{1\Sigma} - I_N^{HT1} = 18,868 - 13,817 = 5,051$$

- **Xác định trị số dòng ngắn mạch đi qua các BI**

- **Ngắn mạch tại N1**

$$I_{BI1} = I_{BI2} = I_N^{HT2} = 5,051$$

$$I_{BI3} = I_{BI0} = 0$$

- **Ngắn mạch tại N1'**

$$I_{BI1} = I_N^{HT1} = 13,817$$

$$I_{BI2} = I_N^{HT2} = 5,051$$

$$I_{BI3} = I_{BI0} = 0$$

b, Ngắn mạch 1 pha

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch pha sự cố là:

$$I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = I_{0\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{1}{0,053 + 0,053 + 0,083} = 5,291$$

Phân bố dòng điện thành phần thứ tự thuận và thứ tự nghịch là:

$$I_{1N}^{HT1} = I_{2N}^{HT1} = I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_C + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}}{X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1} + X_C + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}} = 5,291 \cdot \frac{0,115 + 0,076 + 0,039}{0,036 + 0,033 + 0,115 + 0,076 + 0,039} = 4,07$$

$$I_{1N}^{HT2} = I_{2N}^{HT2} = I_{1\Sigma} - I_{1N}^{HT1} = 5,219 - 4,07 = 1,149$$

Phân bố dòng điện thứ tự không:

Dòng TTK chạy qua phía cao MBA:

$$\begin{aligned} I_{0C} &= I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1}}{X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1} + X_c + \frac{X_H \cdot (X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2})}{X_H + X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2}}} \\ &= 6,494 \cdot \frac{0,031 + 0,033}{0,031 + 0,033 + 0,115 + \frac{0,205 \cdot (0,076 + 0,033)}{0,205 + 0,076 + 0,033}} = 1,661 \end{aligned}$$

$$I_{0N}^{HT1} = I_{0\Sigma} - I_{0C} = 6,494 - 1,661 = 4,833$$

Dòng TTK chạy qua phía trung MBA:

$$I_{0T} = I_{0N}^{HT2} = I_{0C} \cdot \frac{X_H}{X_{0D2} + X_{0max}^{HT2} + X_H} = 1,661 \cdot \frac{0,205}{0,076 + 0,033 + 0,205} = 1,084$$

Dòng TTK chạy qua dây trung tính của MBA (trong hệ đơn vị có tên):

$$I_{0tt} = 3 \cdot (I_{0T} I_{cb2} - I_{0C} \cdot I_{cb1}) = 3 \cdot (1,084 \cdot 0,596 - 1,661 \cdot 0,314) = 0,374 kA$$

- **Xác định trị số dòng ngắn mạch đi qua các BI**

- **Ngắn mạch tại N1**

-BI1:

$$I_{f(BI1)} = I_{1N}^{HT2} + I_{2N}^{HT2} + I_{0C} = 1,449 + 1,449 + 1,661 = 5,288$$

$$I_{0(BI1)} = I_{0C} = 1,661$$

Loại bỏ thành phần TTK ta được:

$$I_{BI1(-0)} = I_{f(BI1)} - I_{0(BI1)} = 5,288 - 1,661 = 3,627$$

-BI2:

$$I_{f(BI2)} = I_{1N}^{HT2} + I_{2N}^{HT2} + I_{0N}^{HT2} = 1,449 + 1,449 + 1,084 = 3,982$$

$$I_{0(BI2)} = I_{0T} = 1,084$$

Loại bỏ thành phần TTK ta được:

$$I_{BI2(-0)} = I_{f(BI2)} - I_{0(BI2)} = 3,982 - 1,084 = 2,898$$

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là 0,374kA

- **Ngắn mạch tại N1'**

-BI1:

$$I_{f(BI1)} = I_{1N}^{HT1} + I_{2N}^{HT1} + I_{0N}^{HT1} = 4,995 + 4,995 + 4,833 = 14,823$$

$$I_{0(BI1)} = I_{0N}^{HT1} = 4,833$$

Loại bỏ thành phần TTK ta được:

$$I_{BI1(-0)} = I_{f(BI1)} - I_{0(BI1)} = 14,823 - 4,833 = 9,99$$

-BI2: Tương tự ngắn mạch tại N1

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là $0,374kA$

• **Ngắn mạch 2 pha chạm đất (giả sử pha B, C chạm đất)**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại pha không sự cố:

- Thành phần thứ tự thuận:

$$I_{1Na} = \frac{E}{X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}} = \frac{1}{0,053 + \frac{0,053 \cdot 0,048}{0,053 + 0,048}} = 12,79$$

- Thành phần thứ tự nghịch:

$$I_{2Na} = -I_{1Na} \cdot \frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -12,79 \cdot \frac{0,048}{0,053 + 0,048} = -6,078$$

- Thành phần thứ tự không:

$$I_{0Na} = -I_{1Na} \cdot \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -12,79 \cdot \frac{0,053}{0,053 + 0,048} = -6,712$$

- Phân bố dòng điện thứ tự thuận:

$$I_{1Na}^{HT2} = I_{1Na} \cdot \frac{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1}}{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1} + X_C + X_{1D2} + X_{1max}^{HT2}} = 12,79 \cdot \frac{0,036 + 0,033}{0,036 + 0,033 + 0,115 + 0,076 + 0,039} = 2,952$$

$$I_{1Na}^{HT1} = I_{1Na} - I_{1Na}^{HT2} = 12,79 - 2,952 = 9,838$$

- Phân bố dòng điện thứ tự nghịch:

$$I_{2Na}^{HT2} = I_{2Na} \cdot \frac{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1}}{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1} + X_C + X_{1D2} + X_{1max}^{HT2}} = -6,078 \cdot \frac{0,036 + 0,033}{0,036 + 0,033 + 0,115 + 0,076 + 0,039} = -1,403$$

$$I_{2Na}^{HT1} = I_{2Na} - I_{2Na}^{HT2} = -6,078 - (-1,403) = -4,675$$

- Phân bố dòng điện thứ tự không:

Dòng điện TTK chạy qua phía cao MBA:

$$I_{0aC} = I_{0Na} \cdot \frac{X_{0max}^{HT1} + X_{1D1}}{X_{0max}^{HT1} + X_{1D1} + X_c + \frac{X_H \cdot (X_{1D2} + X_{0max}^{HT2})}{X_H + X_{1D2} + X_{0max}^{HT2}}}$$

$$= -6,712 \cdot \frac{0,031 + 0,033}{0,031 + 0,033 + 0,115 + \frac{0,205 \cdot (0,076 + 0,033)}{0,205 + 0,076 + 0,033}} = -1,717$$

Dòng điện TTK chạy qua phía trung MBA:

$$I_{0aT} = I_{0Na}^{HT2} = I_{0aC} \cdot \frac{X_H}{X_{0D2} + X_{0max}^{HT2} + X_H} = -1,717 \cdot \frac{0,205}{0,076 + 0,033 + 0,205} = -1,121$$

Dòng TTK chạy qua dây trung tính của MBA (trong hệ đơn vị có tên):

$$I_{0tt} = 3 \cdot (I_{0aT} I_{cb2} - I_{0aC} I_{cb1}) = 3 \cdot (-1,121 \cdot 0,596 - (-1,717) \cdot 0,314) = -0,387 kA$$

Xác định dòng ngắn mạch chạy qua BI

o Ngắn mạch tại N1:

Dòng ngắn mạch mà ta tính là của pha đặc biệt tức pha không sự cố, để tính dòng ngắn mạch qua BI ta phải sử dụng toán tử quay. Giả sử viết với dòng điện pha B và chỉ quan tâm đến trị số:

$$I_{Nb} = |a^2 \cdot I_{1Na} + a \cdot I_{2Na} + I_{0Na}|$$

- BI1:

$$I_{f(BI1)} = |a^2 \cdot I_{1Na}^{HT2} + a \cdot I_{2Na}^{HT2} + I_{0aC}| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,952 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-1,403) + (-1,717) \right| = 5,243$$

$$I_{0(BI1)} = I_{0aC} = -1,717$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

$$I_{BI1(-0)} = |a^2 \cdot I_{1Na}^{HT2} + a \cdot I_{2Na}^{HT2}| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,952 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-1,403) \right| = 3,85$$

-BI2:

$$I_{f(BI2)} = \left| a^2 \cdot I_{1Na}^{HT2} + a \cdot I_{2Na}^{HT2} + I_{0aT} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,952 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-1,403) + (-1,121) \right| = 4,221$$

$$I_{0(BI2)} = I_{0aT} = -1,121$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

$$I_{BI2(-0)} = \left| a^2 \cdot I_{1Na}^{HT2} + a \cdot I_{2Na}^{HT2} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,952 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-1,403) \right| = 3,85$$

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là -0,387kA

o **Ngắn mạch tại N1':**

-BI1:

$$I_{f(BI1)} = \left| I_{1Na}^{HT1} + I_{2Na}^{HT1} + I_{0Na}^{HT1} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 9,838 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-4,675) + (-4,995) \right| = 14,676$$

$$I_{0(BI1)} = I_{0Na}^{HT1} = -4,995$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

$$I_{BI1(-0)} = \left| I_{1Na}^{HT1} + I_{2Na}^{HT1} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 9,838 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-4,675) \right| = 12,831$$

- BI2: Tương tự như ngắn mạch tại N1:

$$I_{f(BI2)} = 4,221$$

$$I_{0(BI2)} = -1,121$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

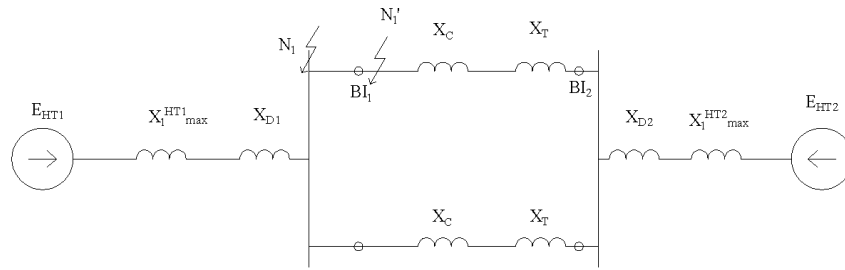
$$I_{BI2(-0)} = 3,85$$

- Dòng qua BI3 bằng 0

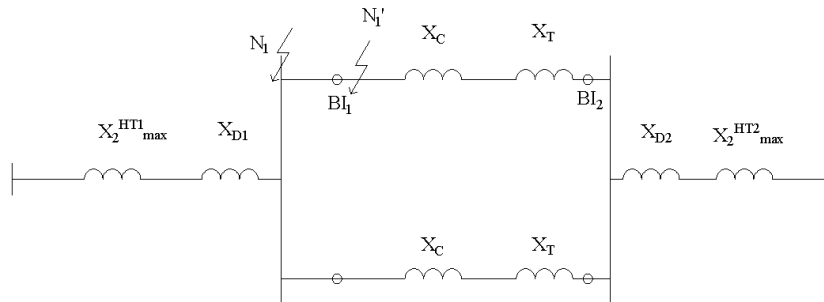
- Dòng qua BI0 là -0,387kA

2.4.1.2. Chế độ cực đại, trạm vận hành 2 MBA.

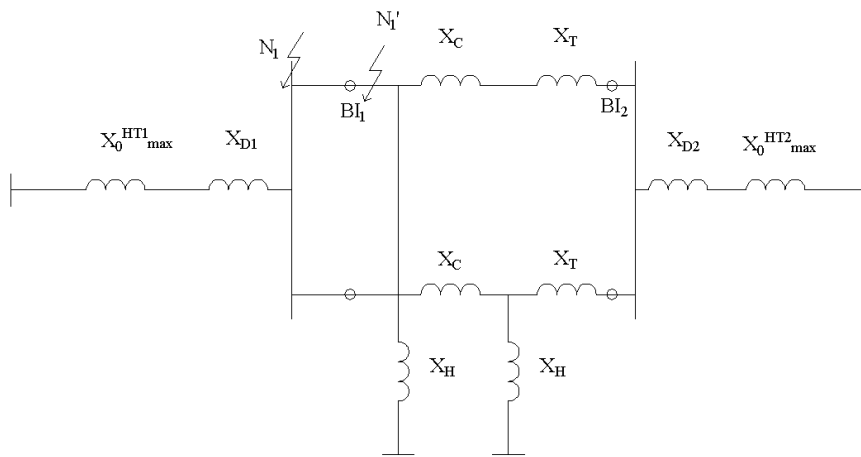
Ta có sơ đồ thứ tự thuận, thứ tự nghịch, thứ tự không như sau:



Hình 2. 5. Sơ đồ thứ tự thuận chế độ cực đại 2 MBA



Hình 2. 6. Sơ đồ thứ tự nghịch chế độ cực đại 2 MBA



Hình 2. 7. Sơ đồ thứ tự không chế độ cực đại 2 MBA

Điện kháng tương đương

$$X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma} = \frac{(X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1}) \cdot (\frac{X_c}{2} + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2})}{X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1} + \frac{X_c}{2} + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}} = \frac{(0,036 + 0,033) \cdot (\frac{0,115}{2} + 0,076 + 0,039)}{0,036 + 0,033 + \frac{0,115}{2} + 0,076 + 0,039} = 0,049$$

$$X_{0\Sigma} = \frac{(X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1}) \cdot \left(\frac{X_c}{2} + \frac{\frac{X_H}{2} \cdot (X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2})}{\frac{X_H}{2} + X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2}} \right)}{X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1} + \frac{X_c}{2} + \frac{\frac{X_H}{2} \cdot (X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2})}{\frac{X_H}{2} + X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2}}}$$

$$= \frac{(0,031 + 0,033) \cdot \left(\frac{0,115}{2} + \frac{\frac{0,205}{2} \cdot (0,076 + 0,033)}{\frac{0,205}{2} + 0,076 + 0,033} \right)}{0,031 + 0,033 + \frac{0,115}{2} + \frac{\frac{0,205}{2} \cdot (0,076 + 0,033)}{\frac{0,205}{2} + 0,076 + 0,033}} = 0,041$$

a, Ngắn mạch 3 pha

Dòng ngắn mạch tại vị trí ngắn mạch là:

$$I_{1\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma}} = \frac{1}{0,049} = 20,408$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống điện 1 cung cấp là:

$$I_N^{HT1} = I_{1\Sigma} \cdot \frac{\frac{X_c}{2} + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}}{X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1} + \frac{X_c}{2} + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}} = 20,408 \cdot \frac{\frac{0,115}{2} + 0,076 + 0,039}{0,036 + 0,033 + \frac{0,115}{2} + 0,076 + 0,039} = 13,642$$

Dòng ngắn mạch do hệ thống điện 2 cung cấp là:

$$I_N^{HT2} = I_{1\Sigma} - I_N^{HT1} = 20,408 - 13,642 = 6,766$$

- **Xác định trị số dòng ngắn mạch đi qua các BI**

- **Ngắn mạch tại N1**

$$I_{BI1} = I_{BI2} = \frac{I_N^{HT2}}{2} = \frac{6,766}{2} = 3,383$$

$$I_{BI3} = I_{BI0} = 0$$

- **Ngắn mạch tại N1'**

$$I_{BI1} = I_N^{HT1} + \frac{I_N^{HT2}}{2} = 13,642 + 3,383 = 17,025$$

$$I_{BI2} = \frac{I_N^{HT2}}{2} = 3,383$$

$$I_{BI3} = I_{BI0} = 0$$

b, Ngắn mạch 1 pha

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch pha sự cố là:

$$I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = I_{0\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{1}{0,049 + 0,049 + 0,041} = 7,194$$

Phân bố dòng điện thành phần thứ tự thuận và thứ tự nghịch là:

$$I_{1N}^{HT1} = I_{2N}^{HT1} = I_{1\Sigma} \cdot \frac{\frac{X_C}{2} + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}}{X_{1\max}^{HT1} + X_{1D1} + \frac{X_C}{2} + X_{1D2} + X_{1\max}^{HT2}} = 7,194 \cdot \frac{\frac{0,115}{2} + 0,076 + 0,039}{0,036 + 0,033 + \frac{0,115}{2} + 0,076 + 0,039} = 5,139$$

$$I_{1N}^{HT2} = I_{2N}^{HT2} = I_{1\Sigma} - I_{1N}^{HT1} = 7,194 - 5,139 = 2,055$$

Phân bố dòng điện thứ tự không:

Dòng TTK chạy qua phía cao MBA:

$$I_{0C} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_{0\max}^{HT1} + X_{1D1}}{X_{0\max}^{HT1} + X_{1D1} + \frac{X_C}{2} + \frac{X_H}{2} \cdot (X_{1D2} + X_{0\max}^{HT2})} = 7,194 \cdot \frac{0,031 + 0,033}{0,031 + 0,033 + 0,0575 + \frac{0,1025 \cdot (0,076 + 0,033)}{0,1025 + 0,076 + 0,033}} = 2,641$$

$$I_{0N}^{HT1} = I_{0\Sigma} - I_{0C} = 7,194 - 2,641 = 4,553$$

Dòng TTK chạy qua phía trung MBA:

$$I_{0T} = I_{0N}^{HT2} = I_{0C} \cdot \frac{\frac{X_H}{2}}{X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2} + \frac{X_H}{2}} = 2,641 \cdot \frac{0,1025}{0,076 + 0,033 + 0,1025} = 1,28$$

Dòng TTK chạy qua dây trung tính của MBA (trong hệ đơn vị có tên):

$$I_{0tt} = 3 \cdot (I_{0T} I_{cb2} - I_{0C} I_{cb1}) = 3 \cdot (1,28 \cdot 0,596 - 2,641 \cdot 0,314) = -0,2kA$$

- **Xác định trị số dòng ngắn mạch đi qua các BI**
 - **Ngắn mạch tại N1**

-BI1:

$$I_{1BI1} = I_{2BI1} = \frac{I_{1N}^{HT2}}{2} = \frac{2,055}{2} = 1,028$$

$$I_{0BI1} = \frac{I_{0C}}{2} = \frac{2,641}{2} = 1,321$$

$$I_{f(BI1)} = I_{1BI1} + I_{2BI1} + I_{0BI1} = 1,028 + 1,028 + 1,321 = 3,917$$

Loại bỏ thành phần TTK ta được:

$$I_{BI1(-0)} = I_{f(BI1)} - I_{0(BI1)} = 3,917 - 1,321 = 2,596$$

-BI2:

$$I_{f(BI2)} = \frac{I_{1N}^{HT2}}{2} + \frac{I_{2N}^{HT2}}{2} + \frac{I_{0T}}{2} = \frac{2,055}{2} + \frac{2,055}{2} + \frac{1,28}{2} = 2,695$$

$$I_{0(BI2)} = \frac{I_{0T}}{2} = \frac{1,28}{2} = 0,64$$

Loại bỏ thành phần TTK ta được:

$$I_{BI2(-0)} = I_{f(BI2)} - I_{0(BI2)} = 2,695 - 0,64 = 2,055$$

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là -0,2kA

○ **Ngắn mạch tại N1'**

-BI1:

$$I_{1BI1} = I_{2BI1} = I_{1N}^{HT1} + \frac{I_{1N}^{HT2}}{2} = 5,139 + \frac{2,055}{2} = 6,167$$

$$I_{0BI1} = I_{0N}^{HT1} + \frac{I_{0C}}{2} = 4,553 + \frac{2,641}{2} = 5,874$$

$$I_{f(BI1)} = I_{1BI1} + I_{2BI1} + I_{0BI1} = 6,167 + 6,167 + 5,874 = 18,208$$

Loại bỏ thành phần TTK ta được:

$$I_{BI1(-0)} = I_{f(BI1)} - I_{0(BI1)} = 18,208 - 5,874 = 12,334$$

-BI2: Tương tự ngắn mạch tại N1

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là $-0,2kA$

• **Ngắn mạch 2 pha chạm đất (giả sử pha B, C chạm đất)**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại pha không sự cố:

- Thành phần thứ tự thuận:

$$I_{1Na} = \frac{E}{X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}} = \frac{1}{0,049 + \frac{0,049 \cdot 0,041}{0,049 + 0,041}} = 14,021$$

- Thành phần thứ tự nghịch:

$$I_{2Na} = -I_{1Na} \cdot \frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -14,021 \cdot \frac{0,041}{0,049 + 0,041} = -6,387$$

- Thành phần thứ tự không:

$$I_{0Na} = -I_{1Na} \cdot \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -14,021 \cdot \frac{0,049}{0,049 + 0,041} = -7,634$$

- Phân bố dòng điện thứ tự thuận:

$$I_{1Na}^{HT2} = I_{1Na} \cdot \frac{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1}}{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1} + \frac{X_C}{2} + X_{1D2} + X_{1max}^{HT2}} = 14,021 \cdot \frac{0,036 + 0,033}{0,036 + 0,033 + 0,0575 + 0,076 + 0,039} = 4,006$$

$$I_{1Na}^{HT1} = I_{1Na} - I_{1Na}^{HT2} = 14,021 - 4,006 = 10,015$$

- Phân bố dòng điện thứ tự nghịch:

$$I_{2Na}^{HT2} = I_{2Na} \cdot \frac{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1}}{X_{1max}^{HT1} + X_{1D1} + \frac{X_C}{2} + X_{1D2} + X_{1max}^{HT2}}$$

$$= -6,387 \cdot \frac{0,036 + 0,033}{0,036 + 0,033 + 0,0575 + 0,076 + 0,039} = -1,825$$

$$I_{2Na}^{HT1} = I_{2Na} - I_{2Na}^{HT2} = -6,387 - (-1,825) = -4,562$$

- Phân bố dòng điện thứ tự không:

Dòng điện TTK chạy qua phía cao MBA:

$$I_{0aC} = I_{0Na} \cdot \frac{X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1}}{X_{0\max}^{HT1} + X_{0D1} + \frac{X_c}{2} + \frac{\frac{X_H}{2} \cdot (X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2})}{\frac{X_H}{2} + X_{0D2} + X_{0\max}^{HT2}}}$$

$$= -7,634 \cdot \frac{0,031 + 0,033}{0,031 + 0,033 + 0,0575 + \frac{0,1025 \cdot (0,076 + 0,033)}{0,1025 + 0,076 + 0,033}} = -2,803$$

$$I_{0Na}^{HT1} = I_{0Na} - I_{0aC} = -7,634 - (-2,803) = -4,831$$

Dòng điện TTK chạy qua phía trung MBA:

$$I_{0aT} = I_{0Na}^{HT2} = I_{0aC} \cdot \frac{\frac{X_H}{2}}{X_{D2} + X_{0\max}^{HT2} + \frac{X_H}{2}} = -2,803 \cdot \frac{0,1025}{0,076 + 0,033 + 0,1025} = -1,358$$

Dòng TTK chạy qua dây trung tính của MBA (trong hệ đơn vị có tên):

$$I_{0tt} = 3 \cdot (I_{0aT} I_{cb2} - I_{0aC} I_{cb1}) = 3 \cdot (-1,358 \cdot 0,596 - (-2,803) \cdot 0,314) = 0,212 kA$$

Xác định dòng ngắn mạch chạy qua BI

o Ngắn mạch tại N1:

- BI1:

$$I_{1aBI1} = \frac{I_{1Na}^{HT2}}{2} = \frac{4,006}{2} = 2,003$$

$$I_{2aBI1} = \frac{I_{2Na}^{HT2}}{2} = \frac{-1,825}{2} = -0,9125$$

$$I_{0aBI1} = \frac{I_{0aC}}{2} = \frac{-2,803}{2} = -1,402$$

$$I_{f(BI1)} = \left| a^2 \cdot I_{1aBI1} + a \cdot I_{2aBI1} + I_{0aBI1} \right|$$

$$= \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,003 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-0,9125) + (-1,402) \right| = 3,699$$

$$I_{0(BI1)} = I_{0aC} = -2,803$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

$$I_{BI1(-0)} = \left| a^2 \cdot I_{1aBI1} + a \cdot I_{2aBI1} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,003 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-0,9125) \right| = 2,583$$

-BI2:

$$I_{1aBI2} = \frac{I_{1Na}^{HT2}}{2} = \frac{4,006}{2} = 2,003$$

$$I_{2aBI2} = \frac{I_{2Na}^{HT2}}{2} = \frac{-1,825}{2} = -0,9125$$

$$I_{0aBI2} = \frac{I_{0aT}}{2} = \frac{-1,358}{2} = -0,679$$

$$\begin{aligned} I_{f(BI2)} &= \left| a^2 \cdot I_{1aBI2} + a \cdot I_{2aBI2} + I_{0aBI2} \right| \\ &= \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,003 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-0,9125) + (-0,679) \right| = 2,806 \end{aligned}$$

$$I_{0(BI2)} = \frac{I_{0aT}}{2} = \frac{-1,358}{2} = -0,679$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

$$I_{BI2(-0)} = \left| a^2 \cdot I_{1aBI2} + a \cdot I_{2aBI2} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 2,003 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-0,9125) \right| = 2,583$$

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là 0,212kA

o **Ngắn mạch tại N1’:**

-BI1:

$$I_{1aBI1} = I_{1Na}^{HT1} + \frac{I_{1Na}^{HT2}}{2} = 10,015 + \frac{4,006}{2} = 12,018$$

$$I_{2aBI1} = I_{2Na}^{HT1} + \frac{I_{2Na}^{HT2}}{2} = -4,562 + \frac{-1,825}{2} = -5,475$$

$$I_{0aBI1} = I_{0Na}^{HT1} + \frac{I_{0aC}}{2} = -4,831 + \frac{-2,803}{2} = -6,233$$

$$\begin{aligned} I_{f(BI1)} &= \left\| a^2 \cdot I_{1aBI1} + a \cdot I_{2aBI1} + I_{0aBI1} \right\| \\ &= \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 12,018 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-5,475) + (-6,233) \right| = 17,884 \end{aligned}$$

$$I_{0(BI1)} = I_{0Na}^{HT1} + \frac{I_{0aC}}{2} = -4,831 + \frac{-2,803}{2} = -6,233$$

Loại bỏ thành phần thứ tự không ta được:

$$I_{BI1(-0)} = \left| a^2 \cdot I_{1aBI1} + a \cdot I_{2aBI1} \right| = \left| \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \cdot 12,018 + \left(\frac{-1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (-5,475) \right| = 15,499$$

- BI2: Tương tự như ngắn mạch tại N1:

- Dòng qua BI3 bằng 0

- Dòng qua BI0 là 0,21

2.5. Tính toán dòng ngắn mạch bằng ETAP

2.5.1. Giới thiệu phần mềm ETAP

ETAP là phần mềm thương mại thành công nhất và nổi tiếng nhất trong các phần mềm tính toán Điện.

Đối với mạch điện có chiều dài lớn, việc tính toán bằng tay hết sức phức tạp và mất nhiều thời gian, trong khi sử dụng phần mềm ETAP, kết quả tương đối hợp lý.

Các chức năng của phần mềm ETAP bao gồm:

- Phân tích phân bố công suất hệ thống điện, phân bố công suất tổn thất trên đường dây, sụt áp trên đường dây, quá tải trên đường dây, hệ số công suất trên tải.
- Phân tích ngắn mạch hệ thống điện: chế độ ngắn mạch đối xứng, chế độ ngắn mạch không đối xứng, ngắn mạch một pha chạm đất, hai pha chạm đất và ngắn mạch giữa hai dây pha, tính toán dòng ngắn mạch.

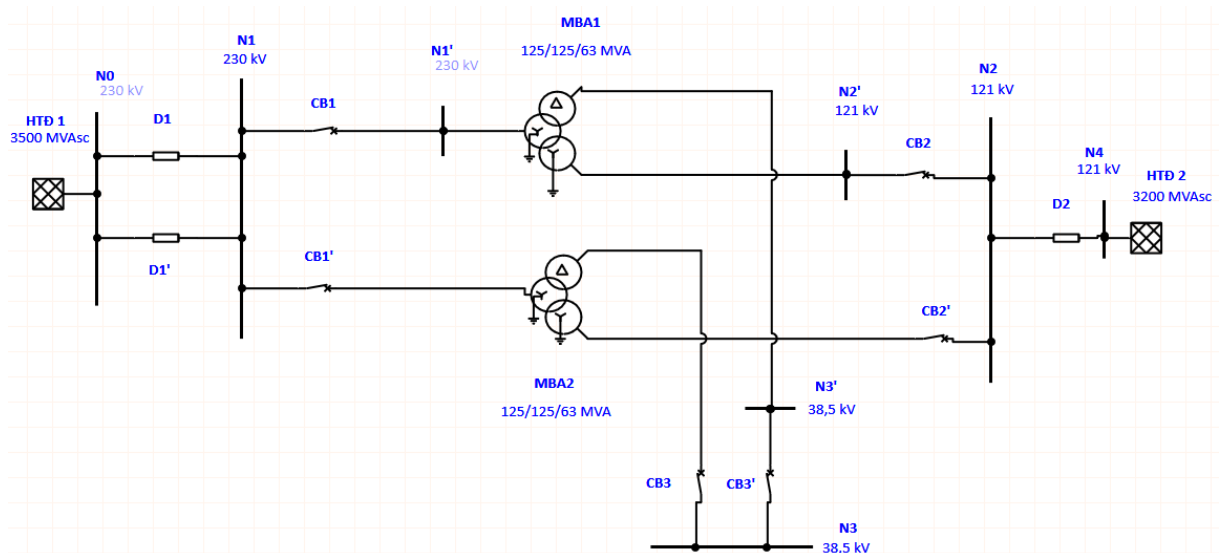
- Xây dựng sơ đồ đơn tuyến của hệ thống điện cần phân tích.
- Khảo sát và phân tích một hệ thống điện đơn tuyến với nhiều nguồn cung cấp.

Hiện nay có nhiều phần mềm được ứng dụng vào việc tính toán và thiết kế cho hệ thống điện hoặc các nhà máy điện, với phần mềm ETAP đang được sử dụng rộng rãi trong các công ty thiết kế về mảng điện. ETAP là giải pháp doanh nghiệp toàn diện nhất cho thiết kế, mô phỏng, vận hành, kiểm soát, tối ưu hóa, và tự động hóa của thể hệ, truyền tải, phân phối, và các hệ thống điện công nghiệp.

ETAP cung cấp một bộ giải pháp phần mềm tích hợp đầy đủ bao gồm cả flash Điện hồ quang, dòng tải, ngắn mạch, ổn định thoáng qua, phối hợp tiếp sức, ampacity cáp, lưu lượng điện năng tối ưu, và nhiều hơn nữa. modular chức năng của nó có thể được tùy chỉnh để phù hợp với nhu cầu của công ty bất kỳ, từ nhỏ đến hệ thống năng lượng lớn.

2.5.2. Sử dụng phần mềm ETAP để mô phỏng đối tượng cần bảo vệ

Sử dụng phần mềm Etap xây dựng lưới hệ thống như hình dưới:



Hình 2. 8. Sơ đồ tính toán ngắn mạch trong ETAP

a. Nhập liệu các thông số hệ thống

- Số liệu hệ thống

Power Grid Editor - HTĐ 1

Info Rating Short Circuit Time Domain Harmonic Reliability Energy Price Remarks Comment

230 kV Swing

Grounding

SC Rating

	MVA _{sc}	MVA _{sc}	X/R	kA _{sc}
3-Phase	3500		9999	8,786
1-Phase	3684,211	1228,07	8499,146	9,248
	sqrt(3)V _{ll} If	V _{ll} If		

SC Impedance (100 MVA_b)

	% R	% X
Pos.	0,00029	2,85714
Neg.	0,00029	2,85714
Zero	0,00029	2,42857

HTĐ 1

OK Cancel

Power Grid Editor - HTĐ 2

Info Rating Short Circuit Time Domain Harmonic Reliability Energy Price Remarks Comment

121 kV Swing

Grounding

SC Rating

	MVA _{sc}	MVA _{sc}	X/R	kA _{sc}
3-Phase	3200		9999	15,269
1-Phase	3368,421	1122,807	8499,15	16,072
	sqrt(3)V _{ll} If	V _{ll} If		

SC Impedance (100 MVA_b)

	% R	% X
Pos.	0,00031	3,125
Neg.	0,00031	3,125
Zero	0,00031	2,65625

HTĐ 2

OK Cancel

Hình 2. 9. Thông số HTĐ 1, HTĐ 2 chế độ cực đại Etap

Power Grid Editor - HTĐ 1

Info Rating Short Circuit Time Domain Harmonic Reliability Energy Price Remarks Comment

230 kV Swing

Grounding

SC Rating

	MVA _{sc}	MVA _{sc}	X/R	kA _{sc}
3-Phase	2500		9999	6,276
1-Phase	2631,579	877,193	11898,81	6,606
	sqrt(3)V _{ll} If	V _{ll} If		

SC Impedance (100 MVA_b)

	% R	% X
Pos.	0,0004	4
Neg.	0,0004	4
Zero	0,00029	3,4

HTĐ 1

OK Cancel

Power Grid Editor - HTĐ 2

Info Rating Short Circuit Time Domain Harmonic Reliability Energy Price Remarks Comment

121 kV Swing

Grounding

SC Rating

	MVA _{sc}	MVA _{sc}	X/R	kA _{sc}
3-Phase	2630		9999	12,549
1-Phase	2768,421	922,807	10341,17	13,209
	sqrt(3)V _{ll} If	V _{ll} If		

SC Impedance (100 MVA_b)

	% R	% X
Pos.	0,00038	3,80228
Neg.	0,00038	3,80228
Zero	0,00031	3,23194

HTĐ 2

OK Cancel

Hình 2. 10. Thông số HTĐ 1, HTĐ 2 chế độ cực tiểu Etap

The image shows two side-by-side windows of the '3-Winding Transformer Editor - MBA1' software. Both windows display the same data for a transformer with a rating of 125/125/63 MVA, 230/121/38.5 kV.

Left Window (Rating Tab):

Rating	kV	MVA	Max MVA	FLA	Connected Bus
Prim.	230	125	125	313,8	230
Sec.	121	125	125	596,4	121
Ter.	38,5	63	63	944,8	38,5

Right Window (Impedance Tab):

Sequence	% Z	X/R	MVA Base
Positive	11	9999	125
Zero	11	9999	125

Hình 2. 11. Thông số máy biến áp phần mềm Etap

The image shows two side-by-side windows of the 'Cable Editor' software. Both windows display the same data for a cable with a rating of 125/125/63 MVA, 230/121/38.5 kV.

Left Window (Physical Tab):



Option	Positive Seq.	Zero Seq.	Units	Frequency
Library	0	0	Ohms per 1000 m	50 Hz
Calculated	0	0	Ohms	50 Hz

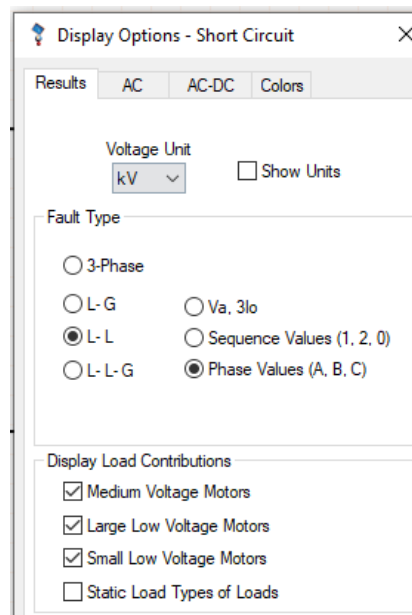
Right Window (Physical Tab):

Option	Positive Seq.	Zero Seq.	Units	Frequency
Library	0	0	Ohms per 1000 m	50 Hz
Calculated	0	0	Ohms	50 Hz

Hình 2. 12. Thông số đường dây ETAP

b. Tính toán ngắn mạch tại điểm N1

- Nhấp chọn  để thực hiện tính toán.
- Nhấp chọn  để chọn loại ngắn mạch và xuất kết quả ra màn hình:



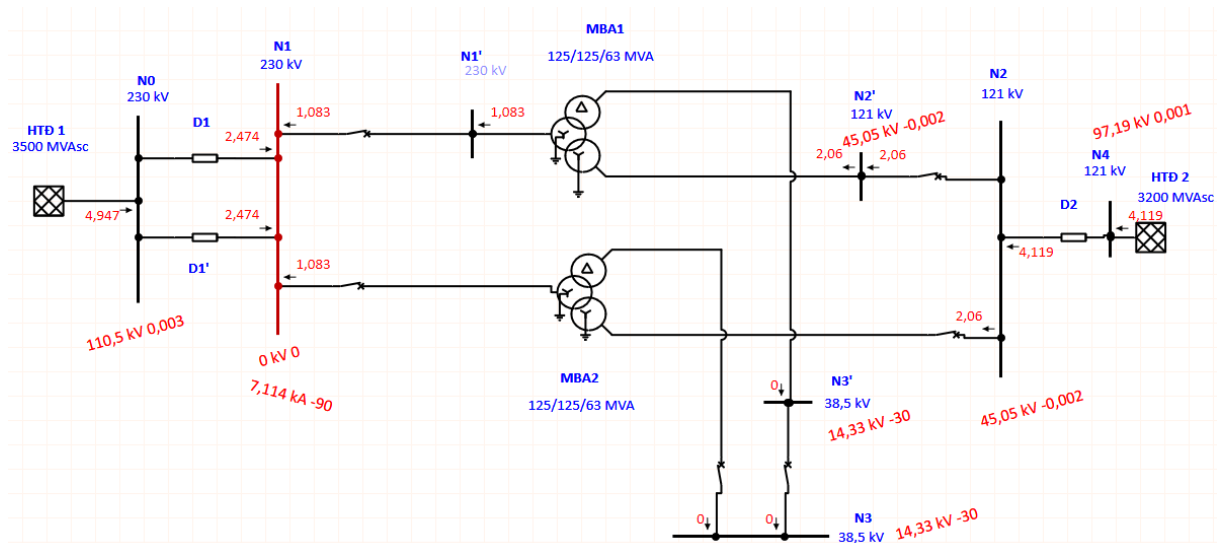
Hình 2. 13. Lựa chọn loại ngắn mạch Etap

Trong đó:

- 3-Phase là chế độ ngắn mạch 3 pha.
- L-G là chế độ ngắn mạch 1 pha chạm đất.
- L-L là chế độ ngắn mạch 2 pha chạm nhau.
- L-L-G là chế độ ngắn mạch 2 pha chạm đất.

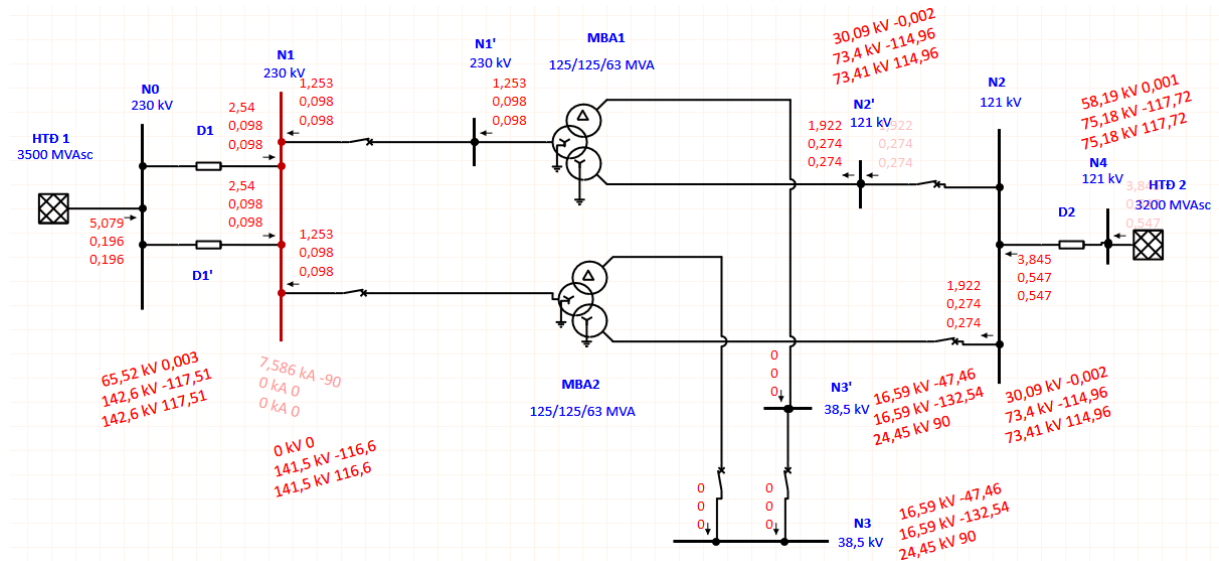
Kết quả tính toán ngắn mạch tại N1 bằng ETAP

- Ở chế độ cực đại 2 MBA hoạt động
- + Dòng ngắn mạch 3 pha



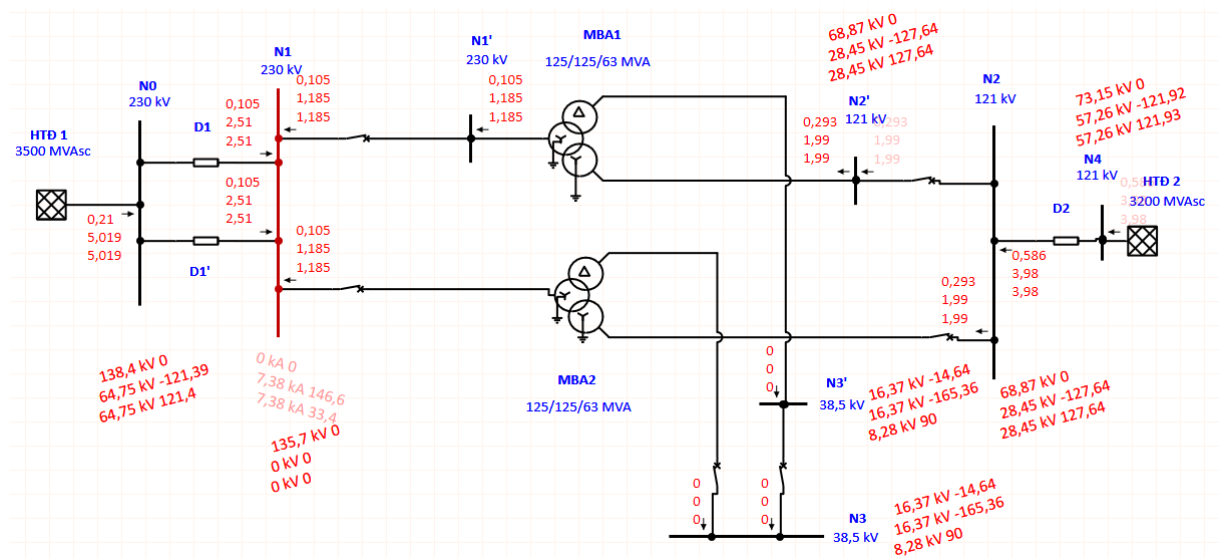
Hình 2. 14. Kết quả tính toán ngắn mạch 3 pha chế độ cực đại 2MBA tại N1 Etap

+ Ngắn mạch 1 pha



Hình 2. 15. Kết quả tính toán ngắn mạch 1 pha chế độ cực đại 2MBA tại N1 Etap

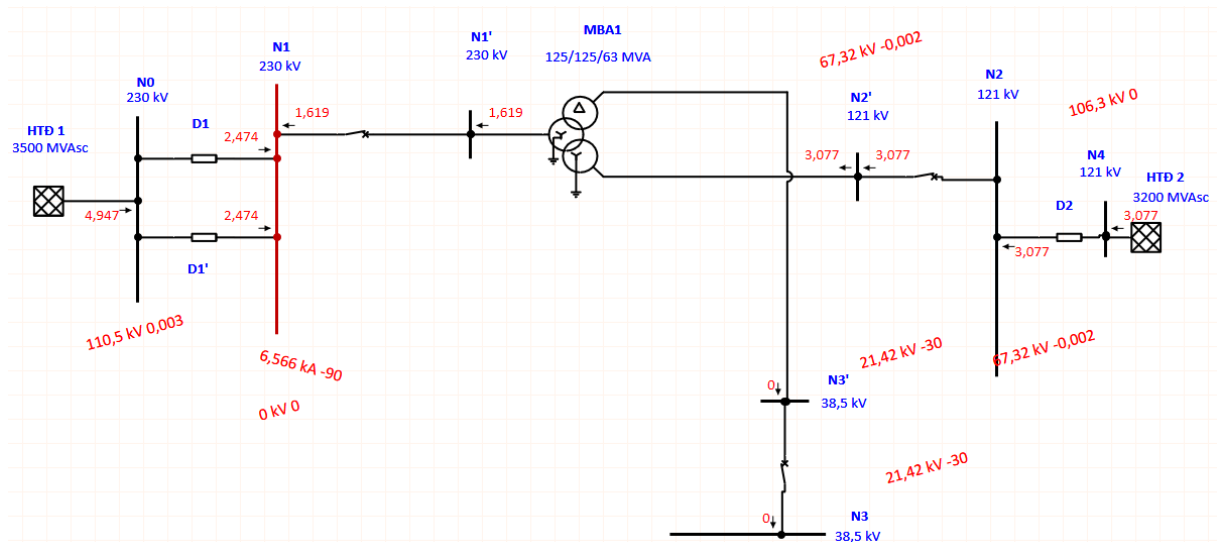
+ngắn mạch 2 pha chạm đất:



Hình 2. 16. Kết quả tính toán ngắn mạch 2 pha chạm đất chế độ cực đại 2 MBA tại N1 Etap

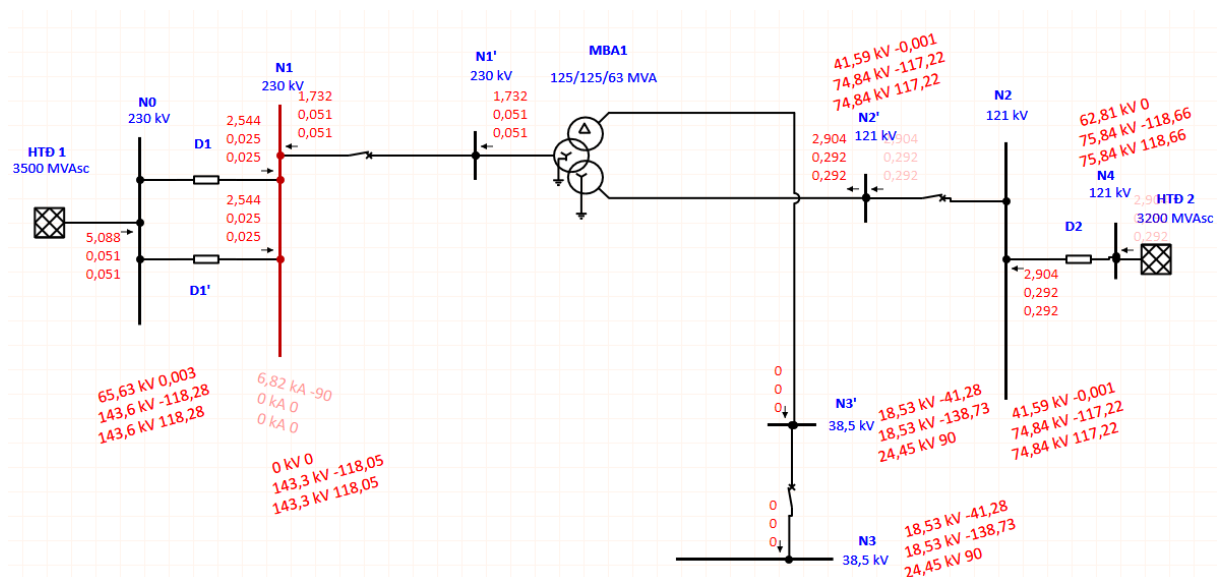
- Ở chế độ cực đại 1 MBA hoạt động

+Dòng ngắn mạch 3 pha



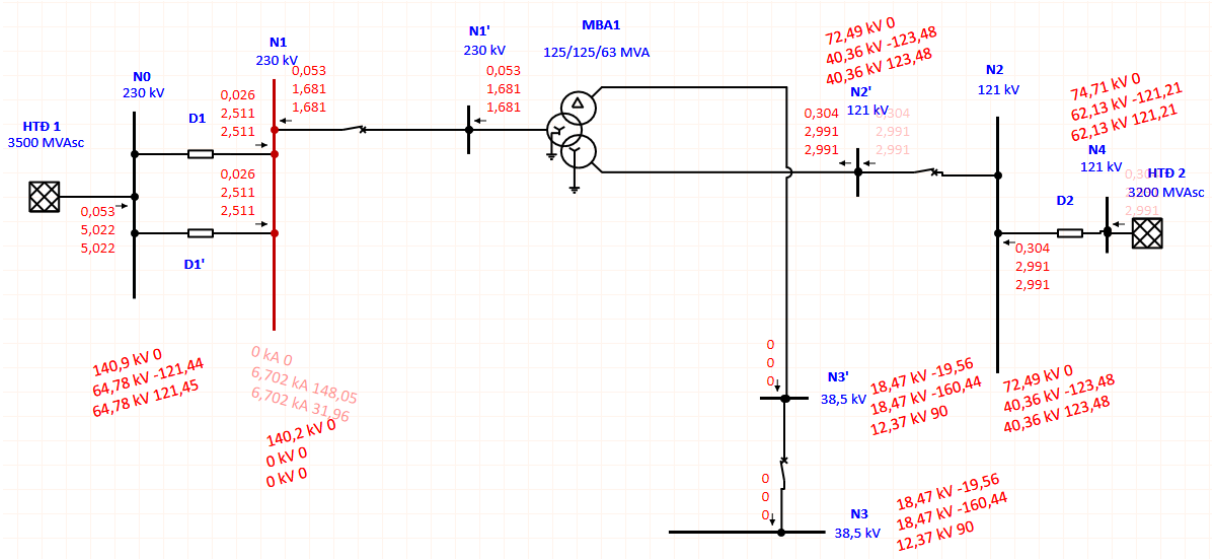
Hình 2. 17. Kết quả tính toán ngắn mạch 3 pha chế độ cực đại 1 MBA tại N1 Etap

+ Ngắn mạch 1 pha



Hình 2. 18. Kết quả tính toán ngắn mạch 1 pha chế độ cực đại 1 MBA tại N1 Etap

+Ngắn mạch 2 pha chạm đất:



Hình 2. 19. Kết quả tính toán ngắn mạch 2 pha chạm đất chế độ cực đại 1 MBA tại N1

2.5.3. So sánh kết quả tính tay với kết quả trên ETAP

Ta có bảng so sánh giữa kết quả tính tay và tính toán trên phần mềm ETAP tại BI₁ khi ngắn mạch tại N1 ở chế độ cực đại 2 MBA và cực đại 1 MBA

Chế độ hệ thống	Dạng ngắn mạch	Kết quả tính toán bằng tay		Kết quả tính toán theo ETAP	Sai số
		Hệ đơn vị tương đối	Hệ đơn vị có tên		
Chế độ max 2 MBA	N ⁽³⁾	3,383	1,062	1,083	2,09%
	N ⁽¹⁾	3,917	1,23	1,211	2,3%
	N ^(1,1)	3,699	1,16	1,147	2,34%
Chế độ max 1 MBA	N ⁽³⁾	5,051	1,586	1,619	3,31%
	N ⁽¹⁾	5,288	1,661	1,621	4,14%
	N ^(1,1)	5,243	1,646	1,62	3,46%

Bảng 2. 1. Bảng so sánh kết quả tính tay với kết quả tính toán trên ETAP

Từ bảng trên cho thấy: kết quả tính toán bằng tay và tính toán bằng Etap có sai số nhỏ (<5%) vì vậy phần mềm Etap đủ tin cậy nên ta sẽ sử dụng phần mềm Etap để tính toán ngắn mạch các điểm còn lại.

2.5.4. Tổng hợp kết quả tính toán ngắn mạch.

Chế độ cực đại 1 MBA

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch		Dòng điện đi qua các BI (kA)				
			BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI ₀	BI ₄
N1	N ⁽³⁾	I _f	1,619	3,077			2,474
	N ⁽¹⁾	I _f	1,621	2,379		0,228	2,007
		I ₀	0,695	0,619			0,592
		I _{f(-0)}	0,926	1,76			1,415
	N ^(1,1)	I _f	1,62	2,822		0,198	2,297
		I ₀	0,608	0,542			0,518
		I _{f(-0)}	1,012	2,28			1,779
N1'	N ⁽³⁾	I _f	4,947	3,077			2,474
	N ⁽¹⁾	I _f	4,013	2,379		1,692	2,007
		I ₀	1,183	0,619			0,592
		I _{f(-0)}	2,83	1,76			1,415
	N ^(1,1)	I _f	4,593	2,822		1,482	2,297
		I ₀	1,036	0,542			0,518
		I _{f(-0)}	3,557	2,28			1,779
N2	N ⁽³⁾	I _f	1,943	3,694			0,972
	N ⁽¹⁾	I _f	1,781	4,561		4,944	0,89
		I ₀	0,524	2,172			0,262
		I _{f(-0)}	1,257	2,389			0,628
	N ^(1,1)	I _f	1,87	4,179		4,8	0,935
		I ₀	0,509	2,109			0,254
		I _{f(-0)}	1,361	2,07			0,681
N2'	N ⁽³⁾	I _f	1,943	6,227			0,972

	$N^{(1)}$	I_f	1,781	5,063		1,536	0,89
		I_0	0,524	1,036			0,262
		$I_{f(-0)}$	1,257	4,027			0,628
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,87	5,746		1,491	0,935
		I_0	0,509	1,006			0,254
		$I_{f(-0)}$	1,361	4,74			0,681
N3	$N^{(3)}$	I_f	0,488	1,564	7,834		0,244
N3'	$N^{(3)}$	I_f	0,488	1,564			0,244

Bảng 2. 2. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực đại 1 MBA

Chế độ cực đại 2 MBA

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch		Dòng điện đi qua các BI (kA)				
			BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI ₀	BI ₄
N1	$N^{(3)}$	I_f	1,083	2,06			2,474
	$N^{(1)}$	I_f	1,211	1,577		0,69	2,049
		I_0	0,549	0,319			0,756
		$I_{f(-0)}$	0,662	1,258			1,293
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,147	1,877		0,639	2,303
		I_0	0,507	0,294			0,496
		$I_{f(-0)}$	0,64	1,583			1,807
N1'	$N^{(3)}$	I_f	6,031	2,06			2,474
	$N^{(1)}$	I_f	5,309	1,577		3,915	2,049
		I_0	1,624	0,319			0,756
		$I_{f(-0)}$	3,685	1,258			1,293
	$N^{(1,1)}$	I_f	5,727	1,877		3,615	2,303
		I_0	1,499	0,294			0,496
		$I_{f(-0)}$	4,228	1,583			1,807
N2	$N^{(3)}$	I_f	1,395	2,652			1,395
		I_f	1,265	3,413		3,816	1,265

	$N^{(1)}$	I_0	0,293	1,565			0,293
		$I_{f(-0)}$	0,972	1,848			0,972
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,332	3,128		3,999	1,332
		I_0	0,306	1,639			0,306
		$I_{f(-0)}$	1,026	1,489			1,026
N2'	$N^{(3)}$	I_f	1,395	8,879			1,395
	$N^{(1)}$	I_f	1,265	8,642		6,483	1,265
		I_0	0,293	2,454			0,293
		$I_{f(-0)}$	0,972	6,188			0,972
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,332	8,758		6,792	1,332
		I_0	0,306	2,57			0,306
		$I_{f(-0)}$	1,026	6,188			1,026
N3	$N^{(3)}$	I_f	0,511	1,14	6,633		0,511
N3'	$N^{(3)}$	I_f	0,511	1,14	6,633		0,511

Bảng 2. 3. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực đại 2 MBA

Chế độ cực tiểu 1 MBA

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch		Dòng điện đi qua các BI (kA)				
			BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI ₀	BI ₄
N1	$N^{(3)}$	I_f	1,343	2,554			1,748
	$N^{(1)}$	I_f	1,575	2,325		0,246	1,707
		I_0	0,652	0,57			0,506
		$I_{f(-0)}$	0,923	1,755			1,201
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,562	2,711		0,222	1,894
		I_0	0,589	0,515			0,457
		$I_{f(-0)}$	0,973	2,196			1,437
N1'	$N^{(3)}$	I_f	3,497	2,554			1,748
	$N^{(1)}$	I_f	3,414	2,325		1,323	1,707
		I_0	1,011	0,57			0,506

	$N^{(1,1)}$	$I_{f(-0)}$	2,403	1,755			1,201
		I_f	3,788	2,711		1,194	1,894
		I_0	0,913	0,515			0,457
		$I_{f(-0)}$	2,875	2,196			1,437
N2	$N^{(3)}$	I_f	1,546	2,939			0,773
	$N^{(1)}$	I_f	1,655	4,28		4,689	0,828
		I_0	0,478	2,041			0,239
		$I_{f(-0)}$	1,177	2,239			0,589
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,725	3,906		4,641	0,862
		I_0	0,473	2,02			0,236
		$I_{f(-0)}$	1,252	1,886			0,626
N2'	$N^{(3)}$	I_f	1,546	4,955			0,773
	$N^{(1)}$	I_f	1,655	4,738		1,458	0,828
		I_0	0,478	0,964			0,239
		$I_{f(-0)}$	1,177	3,774			0,589
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,725	5,302		1,443	0,862
		I_0	0,473	0,954			0,236
		$I_{f(-0)}$	1,252	4,348			0,626
N3	$N^{(3)}$	I_f	0,756	1,456	6,637		0,119
N3'	$N^{(3)}$	I_f	0,756	1,456			0,119

Bảng 2. 4. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực tiểu 1 MBA

Chế độ cực tiểu 2 MBA

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch		Dòng điện đi qua các BI (kA)				
			BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI ₀	BI ₄
N1	$N^{(3)}$	I_f	0,887	1,685			1,748
	$N^{(1)}$	I_f	1,162	1,526		0,663	1,738
		I_0	0,511	0,29			0,455

	$N^{(1,1)}$	$I_{f(-0)}$	0,651	1,236			1,283
		I_f	1,096	1,78		0,633	1,899
		I_0	0,488	0,277			0,435
		$I_{f(-0)}$	0,608	1,503			1,464
N1'	$N^{(3)}$	I_f	4,383	1,685			1,748
	$N^{(1)}$	I_f	4,638	1,526		3,396	1,738
		I_0	1,422	0,29			0,455
		$I_{f(-0)}$	3,216	1,236			1,283
	$N^{(1,1)}$	I_f	4,872	1,78		3,243	1,899
		I_0	1,358	0,277			0,435
		$I_{f(-0)}$	3,514	1,503			1,464
N2	$N^{(3)}$	I_f	1,072	2,038			1,072
	$N^{(1)}$	I_f	1,14	3,125		3,573	1,14
		I_0	0,258	1,449			0,258
		$I_{f(-0)}$	0,882	1,676			0,882
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,189	2,859		3,837	1,189
		I_0	0,277	1,556			0,277
		$I_{f(-0)}$	0,912	1,303			0,912
N2'	$N^{(3)}$	I_f	1,072	6,993			1,072
	$N^{(1)}$	I_f	1,14	8,015		6,018	1,14
		I_0	0,258	2,264			0,258
		$I_{f(-0)}$	0,882	5,751			0,882
	$N^{(1,1)}$	I_f	1,189	8,043		6,459	1,189
		I_0	0,277	2,43			0,277
		$I_{f(-0)}$	0,912	5,613			0,912
N3	$N^{(3)}$	I_f	0,641	1,365	3,193		0,241
N3'	$N^{(3)}$	I_f	0,641	1,365	3,193		0,241

Bảng 2. 5. Kết quả tính toán ngắn mạch chế độ cực tiểu 2 MBA

Chương 3: Lựa chọn phương thức bảo vệ

3.1. Máy biến áp

3.1.1. Các dạng hư hỏng đối với máy biến áp

Trong quá trình vận hành hệ thống điện, máy biến áp có thể gặp phải những sự cố khác nhau và để lựa chọn những phương thức bảo vệ hợp lý thì bước đầu tiên chúng ta cần hiểu rõ các trường hợp này.

Những hư hỏng của máy biến áp thường được chia thành hai nhóm: Hư hỏng bên trong và Hư hỏng bên ngoài. Hư hỏng bên trong máy biến áp:

- Chạm chập giữa các vòng dây.
- Ngắn mạch giữa các cuộn dây.
- Chạm đất (vỏ) và ngắn mạch chạm đất.
- Hỏng bộ chuyển đổi đầu phân áp.
- Thùng dầu bị thủng hoặc rò dầu.

Hư hỏng bên ngoài máy biến áp:

- Ngắn mạch nhiều pha trong hệ thống.
- Ngắn mạch một pha trong hệ thống.
- Quá tải.
- Quá bão hòa mạch từ do điện áp tăng cao hoặc tần số giảm thấp.

Tùy theo công suất máy biến áp, vị trí vai trò của máy biến áp trong hệ thống mà người ta lựa chọn phương thức bảo vệ thích hợp cho máy biến áp. Những loại bảo vệ thường dung của máy biến áp được giới thiệu trong bảng sau.

Bảng 3. 1 Những loại bảo vệ thường dùng

Loại sự cố	Loại bảo vệ
Ngắn mạch một pha hoặc nhiều pha chạm đất	So lệch có hãm (Bảo vệ chính)
	Khoảng cách (Bảo vệ dự phòng)
	Quá dòng có thời gian (Chính hoặc dự phòng theo công suất máy biến áp)

	Quá dòng thứ tự không
Chạm chập các vòng dây, thùng dầu thùng hoặc bị rò rỉ	Rơ le khí (Buchholz)
Quá tải	Quá dòng nhiệt
	Hình ảnh nhiệt
Quá bão hòa mạch từ	Chống quá bão hòa

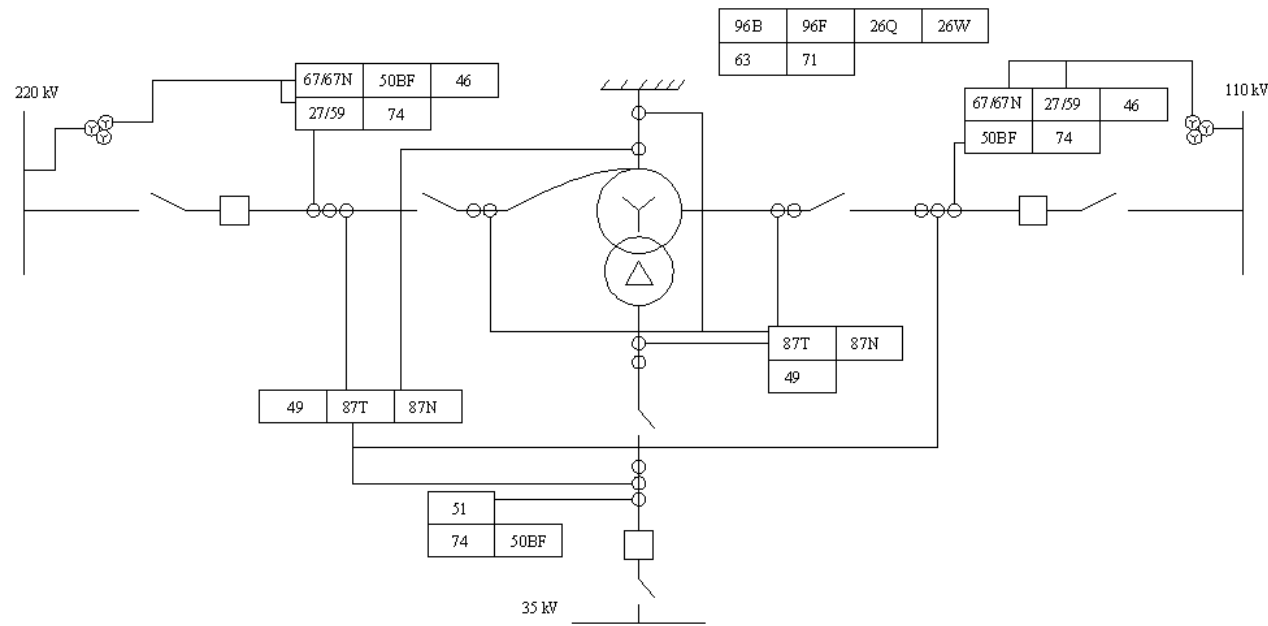
3.1.2. Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến áp

Tùy theo công suất, vị trí và vai trò của máy biến áp trong hệ thống mà người ta lựa chọn các phương thức bảo vệ thích hợp cho máy biến áp. Ở đây, dựa vào “Quy định về cấu hình hệ thống bảo vệ, quy cách kỹ thuật của rơle bảo vệ cho đường dây và TBA” của EVN, yêu cầu về cấu hình hệ thống bảo vệ cho máy biến áp tự ngẫu 220/110/35 như sau:

- Bảo vệ chính 1: được tích hợp các chức năng bảo vệ 87T, 49, 64, 50/51, 50/51N tín hiệu dòng điện các phía được lấy từ máy biến dòng chân sứ MBA.
- Bảo vệ chính 2: được tích hợp các chức năng bảo vệ 87T, 49, 64, 50/51, 50/51N tín hiệu dòng điện các phía được lấy từ máy biến dòng ngăn máy cắt đầu vào các phía MBA.
- Bảo vệ dự phòng cho cuộn dây 220 kV: được tích hợp các chức năng bảo vệ 67/67N, 50/51, 50/51N, 27/59, 74, 50BF tín hiệu dòng điện được lấy từ máy biến dòng ngăn máy cắt đầu vào phía 220 kV của MBA, tín hiệu điện áp được lấy từ máy biến điện áp thanh cái 220 kV.
- Bảo vệ dự phòng cho cuộn dây 110 kV: được tích hợp các chức năng bảo vệ 67/67N, 50/51, 50/51N, 27/59, 74, 50BF tín hiệu dòng điện được lấy từ máy biến dòng ngăn máy cắt đầu vào phía 110 kV của MBA, tín hiệu điện áp được lấy từ máy biến điện áp thanh cái 110 kV.
- Bảo vệ dự phòng cho cuộn dây trung áp: được tích hợp các chức năng bảo vệ 50/51, 50/51N, 74, 50BF tín hiệu dòng điện được lấy từ máy biến dòng chân sứ cuộn trung áp MBA.

Chức năng rơle bảo vệ nhiệt độ dầu/cuộn dây MBA (26), rơle áp lực MBA (63), rơle gas cho bình dầu chính và ngăn điều áp dưới tải (96), rơle báo mức dầu tăng cao (71) được trang bị đồng bộ với MBA, được gửi đi cắt trực tiếp máy cắt 3 phía thông qua rơle chỉ huy cắt hoặc được gửi đi cắt đồng thời thông qua hai bộ bảo vệ chính và dự phòng của MBA.

Sơ đồ phương thức máy biến áp:



Hình 3. 1. Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến

Các chức năng được sử dụng để bảo vệ cho trạm biến áp trên sơ đồ phương thức được tổng hợp trong bảng sau:

STT	Kí hiệu	Chức năng
1	87T	Bảo vệ so lệch MBA
2	87N	Bảo vệ so lệch TTK (REF)
3	49	Bảo vệ chống quá tải
4	67	Bảo vệ quá dòng có hướng 2 cấp tác động (cắt nhanh và có thời gian)
5	67N	Bảo vệ quá dòng TTK có hướng 2 cấp tác động (cắt nhanh và có thời gian)

6	51	Bảo vệ quá dòng có thời gian
7	46	Bảo vệ quá dòng TTN
8	27	Bảo vệ kém áp
9	59/59N	Bảo vệ quá áp/ Bảo vệ quá áp TTK
10	50BF	Bảo vệ trong trường hợp máy cắt từ chối tác động
11	74	Chức năng giám sát mạch cắt
12	94B	Role khí cho bình dầu MBA (Buchholz)
13	94F	Role khí cho thùng dầu ngăn điều áp dưới tải
14	26Q	Bảo vệ theo nhiệt độ dầu
15	26W	Bảo vệ theo nhiệt độ cuộn dây
16	63	Role áp lực MBA
17	71	Role báo mức dầu tăng cao

Bảng 3. 2. Các chức năng bảo vệ máy biến áp

3.2. Đường dây

3.2.1. Các dạng hư hỏng đối với đường dây

Những sự cố thường gặp với đường dây tải điện là ngắn mạch (nhiều pha hoặc một pha), chạm đất một pha (trong lưới điện có trung tính cách điện hoặc nối qua cuộn Petersen), quá điện áp (khí quyển hoặc thao tác), đứt dây và quá tải.

Theo cấp điện áp người ta phân biệt:

$U < 1 \text{ kV}$ – đường dây hạ áp (LV)

$1 \text{ kV} < U < 35 \text{ kV}$ – đường dây trung áp (MV)

$66 \text{ kV} < U < 220 \text{ kV}$ – đường dây cao áp (HV)

$330 \text{ kV} < U < 1000 \text{ kV}$ – đường dây siêu cao áp (EHV)

$U > 1000 \text{ kV}$ - đường dây cực cao áp (UHV)

Đối với đường dây cao áp và siêu cao áp, người ta thường dùng những bảo vệ:

- So lệch dòng điện;
- Khoảng cách ;
- So sánh tín hiệu (Signal Comparision);

- So sánh pha;
- So sánh hướng (công suất hoặc dòng điện).

3.2.2. Sơ đồ phương thức bảo vệ đường dây

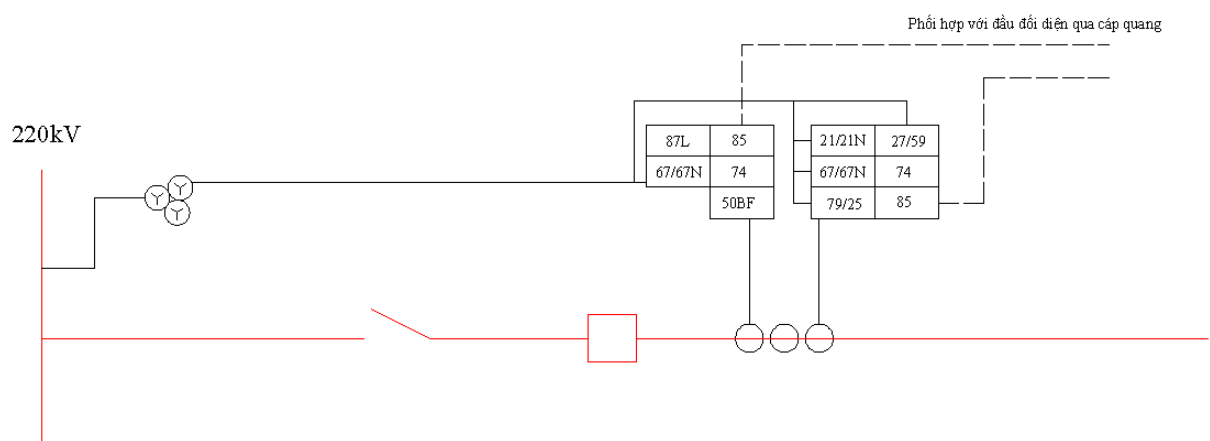
Tùy theo cấp điện áp của đường dây trong hệ thống mà người ta lựa chọn các phương thức bảo vệ thích hợp. Ở đây, dựa vào “Quy định về cấu hình hệ thống bảo vệ, quy cách kỹ thuật của rơle bảo vệ cho đường dây và TBA” của EVN, yêu cầu về cấu hình hệ thống bảo vệ cho đường dây 220kV như sau:

- Bảo vệ chính: được tích hợp các chức năng bảo vệ 87L, 67/67N, 50/51, 50/51N, 50BF, 85, 74
- Bảo vệ dự phòng: được tích hợp những chức năng bảo vệ 21/21N, 67/67N, 50/51, 50/51N, 79/25, 27/59, 85, 74

Chức năng 50BF, 79/25, 27/59 không cần phải dự phòng, có thể tích hợp ở một trong hai bộ bảo vệ nêu trên.

Bảo vệ so lệch và khoảng cách được phối hợp với đầu đối diện thông qua kênh truyền bằng cáp quang.

Sơ đồ phương thức bảo vệ đường dây:



Hình 3. 2. Sơ đồ phương thức bảo vệ đường dây

Các chức năng được sử dụng để bảo vệ cho trạm biến áp trên sơ đồ phương thức được tổng hợp trong bảng sau:

STT	Kí hiệu	Chức năng
1	87L	Bảo vệ so lệch đường dây
2	21/21N	Bảo vệ khoảng cách
3	85	Role nhận thông tin phối hợp tác động từ bảo vệ đầu đối diện
4	67	Bảo vệ quá dòng có hướng 2 cấp tác động (cắt nhanh và có thời gian)
5	67N	Bảo vệ quá dòng TTK có hướng 2 cấp tác động (cắt nhanh và có thời gian)
6	27	Bảo vệ kém áp
7	59	Bảo vệ quá áp
8	50BF	Bảo vệ trong trường hợp máy cắt từ chối tác động
9	74	Chức năng giám sát mạch cắt
10	25	Thiết bị kiểm tra đồng bộ

Bảng 3. 3. Các chức năng bảo vệ đường dây

3.3. Thanh cái 220kV

Nhiệm vụ của bảo vệ hệ thống thanh cái nhằm loại trừ các sự cố xảy ra trên bản thân các thanh cái, cũng như trên các đoạn thanh dẫn nối thanh cái đến máy cắt điện của các phần tử liên hệ trực tiếp với thanh cái.

Khi xảy ra ngắn mạch duy trì trong vùng tác động của bảo vệ thanh góp, bảo vệ gửi tín hiệu đi cắt tất cả các máy cắt nối với thanh góp bị hư hỏng.

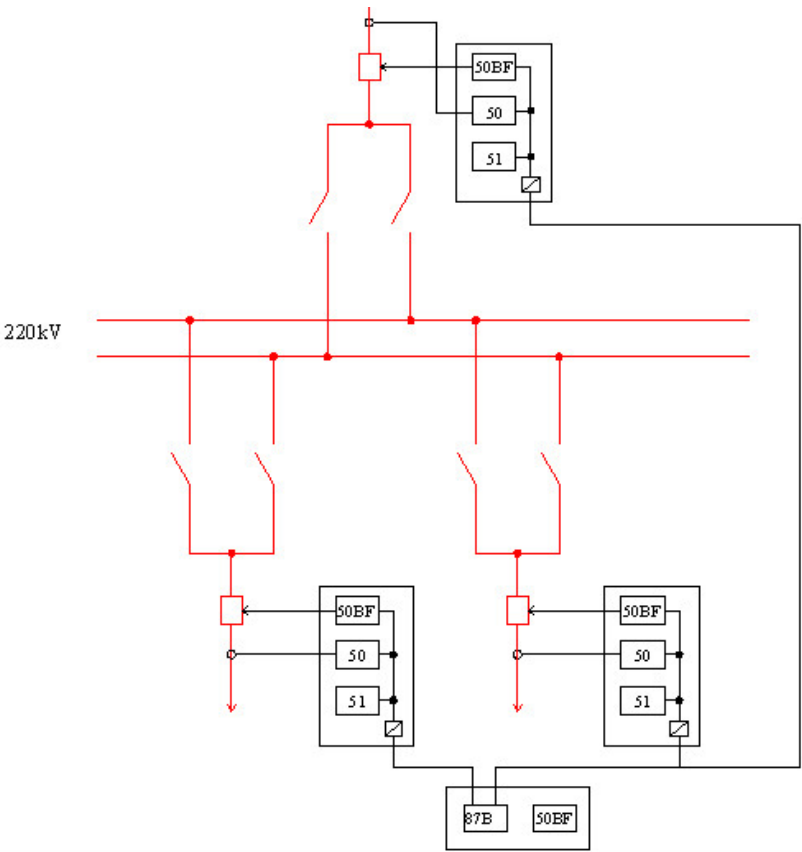
Khi xảy ra ngắn mạch xảy ra trên một phần tử nào đó nối với thanh góp mà máy cắt của phần tử này không cắt có liên quan. Chính vì vậy mà bảo vệ thanh góp phải tác động cắt tất cả các máy cắt có liên quan. Chính vì vậy mà bảo vệ thanh góp và bảo vệ dự phòng chống hư hỏng thường được kết hợp cùng một hệ thống.

So với máy phát điện, máy biến áp và các thiết bị khác thì xác suất hư hỏng máy cắt bé hơn nhiều, tuy nhiên do thanh góp là đầu mối liên hệ của nhiều phần tử trong hệ

thống, sự cố xảy ra trên thanh góp nếu không được loại trừ một cách nhanh chóng và tin cậy thì có thể dẫn đến những hậu quả rất nghiêm trọng và làm tan rã hệ thống.

Vì vậy thanh góp đòi hỏi rất cao về độ chọn lọc, độ tác động nhanh, tin cậy và thích ứng với mọi cấu hình của thanh góp.

Sơ đồ phương thức bảo vệ thanh cái:



Hình 3. 3. Sơ đồ phương thức bảo vệ thanh cái 220kV

Các chức năng được sử dụng để bảo vệ cho trạm biến áp trên sơ đồ phương thức được tổng hợp trong bảng sau:

STT	Kí hiệu	Chức năng
1	87B	Bảo vệ so lệch thanh cái
2	50	Bảo vệ quá dòng cắt nhanh
3	51	Bảo vệ quá dòng có thời gian
4	50BF	Bảo vệ trong trường hợp máy cắt từ chối tác động

Chương 4: Giới thiệu tính năng và thông số các rơ le sử dụng

4.1. Rơ le SEL-487E

4.1.1. Giới thiệu tổng quan



Hình 4. 1. Rơ le SEL-487E

Role SEL-487E do hãng SEL sản xuất được sử dụng để bảo vệ chính cho máy biến áp. Role phản ứng rất nhanh với sự cố trong máy biến áp với thời gian nhỏ hơn 1,5 chu kỳ. Tổng cộng, role bao gồm 24 kênh tương tự, được chia thành ba nhóm đầu vào tương tự. Nhóm đầu tiên bao gồm 15 kênh dành cho đầu vào dòng điện pha được chia thành năm nhóm đầu vào ba pha. Nhóm thứ hai bao gồm ba kênh cho đầu vào dòng điện một pha (trung tính) và nhóm thứ ba bao gồm sáu kênh cho hai đầu vào điện áp ba pha. Ngoài bảo vệ máy biến áp, role còn phù hợp với các bảo vệ sơ lệch dòng điện khác như bảo vệ thanh cái.

Với việc làm bảo vệ chính cho máy biến áp, role SEL-487E bao gồm những chức năng như sơ lệch dòng điện, bảo vệ chống chạm đất hạn chế, bảo vệ chống hư hỏng máy cắt, bảo vệ quá dòng có hướng, không hướng, ...

ANSI NUMBERS/ACRONYMS AND FUNCTIONS	
16 SEC	Access Security (Serial, Ethernet)
24	Volts/Hertz
25	Synchronism Check
27	Undervoltage
32	Directional Power
46	Current Unbalance
49	Thermal
50BF	Breaker Failure Overcurrent
50N	Neutral Overcurrent
50 (P, G, Q)	Overcurrent (Phase, Ground, Neg. Seq.)
51N	Neutral Time-Overcurrent
51 (P, G, Q)	Time-Overcurrent (Phase, Ground, Neg. Seq.)
59	Overvoltage
67 (P, G, Q)	Directional Overcurrent (Phase, Ground, Neg. Seq.)
81 (O, U)	Over- and Underfrequency
85 RIO	SEL Message Bits® Communications
87 (U, R, Q)	Transformer Differential (Unrestrained, Restrained, Neg. Seq.)
DFR	Event Reports
ENV	SEL-2600
HMI	Operator Interface
LGC	Expanded SELoc® Control Equations
MET	High-Accuracy Metering
PMU	Synchrophasors
REF	Restricted Earth Fault
RTU	Remote Terminal Unit
SER	Sequential Events Recorder

Hình 4. 2. Các chức năng bảo vệ của rơ le SEL-487E

4.1.2. Chức năng 87T của rơle SEL-487E

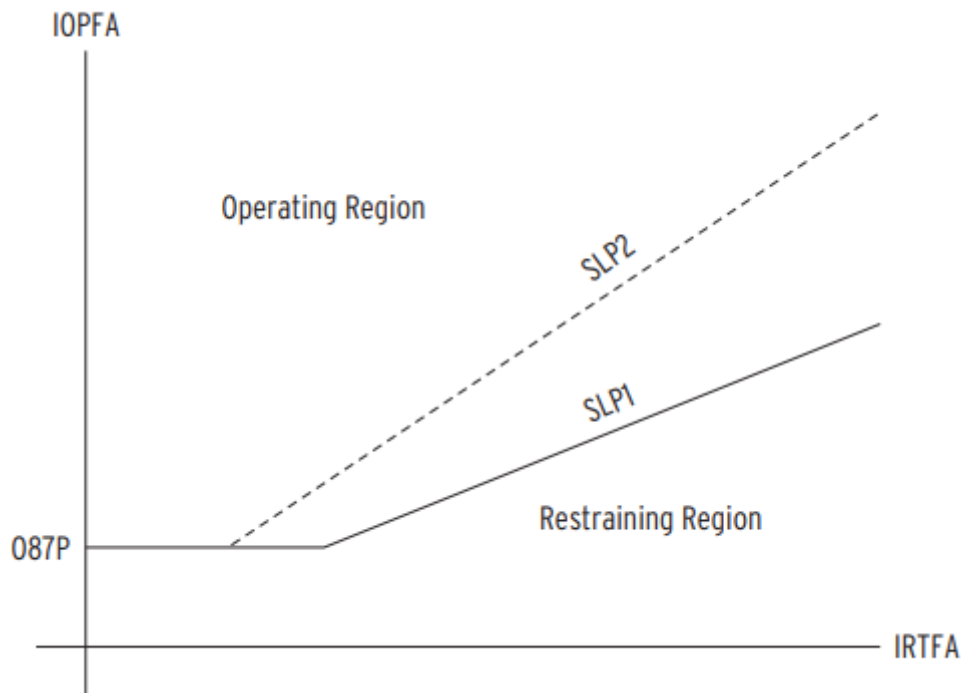
a. Ngưỡng tác động cấp 1: O87P

Giá trị này biểu thị giá trị khởi động của bảo vệ. O87P dòng so lệch ngưỡng thấp, xác định theo dòng không cân bằng I_{KCB} trong chế độ làm việc bình thường (chủ yếu dòng từ hoá của máy biến áp và sai số của BI).

Sử dụng cài đặt SLOPE 1 và SLOPE 2 để bảo vệ máy biến áp tùy thuộc vào sự cố trong và ngoài máy biến áp. Trong các lỗi bên ngoài, rơle chuyển từ SLOPE 1 sang SLOPE 2 để tránh hoạt động sai của rơle do bão hòa BI. Để tránh rơle hoạt động sai, hãy đặt SLOPE 2 càng cao càng tốt. Thông thường, cài đặt SLOPE 2 cao gây ra sự tác động chậm đối với các sự cố (sự cố từ bên ngoài đến bên trong). Tuy nhiên, vì phần tử so lệch trong SEL-487E cần ít hơn 1,5 chu kỳ để trở về chế độ bình thường, nên có thể chấp nhận cài đặt SLOPE 2 = 90%.

b. Ngưỡng tác động cấp 2: U87P

Ngưỡng tác động này tạo ra để phản ứng nhanh với các dòng điện rất lớn cho thấy rõ ràng lỗi bên trong máy biến áp.



Hình 4. 3. Đặc tính tác động chức năng 87T của rơle SEL-487E

4.2. Rơ le hợp bộ quá dòng số 7SJ64

4.2.1 Giới thiệu tổng quan về rơle 7SJ64

SIPROTEC4 7SJ64 là loại rơ le được dùng bảo vệ và kiểm soát các lộ đường dây phân phối và đường dây truyền tải với mọi cấp điện áp, mạng trung tính nối đất, nối đất qua điện trở thấp, nối đất bù điện dung. Rơ le cũng phù hợp dùng cho mạch vòng kín, mạng hình tia, đường dây một hoặc nhiều nguồn cung cấp. 7SJ64 là loại rơ le duy nhất của họ rơ le 7SJ6 có đặc điểm chức năng bảo vệ linh hoạt, có thể lên tới 20 chức năng bảo vệ tương ứng với các yêu cầu riêng. Các chức năng dễ sử dụng, tự động hoá.

Role này có những chức năng điều khiển đơn giản cho máy cắt và các thiết bị tự động. Logic tích hợp lập trình được (CFC) cho phép người dùng thực hiện được tất cả các chức năng sẵn có, ví dụ như chuyển mạch tự động (khóa liên động).

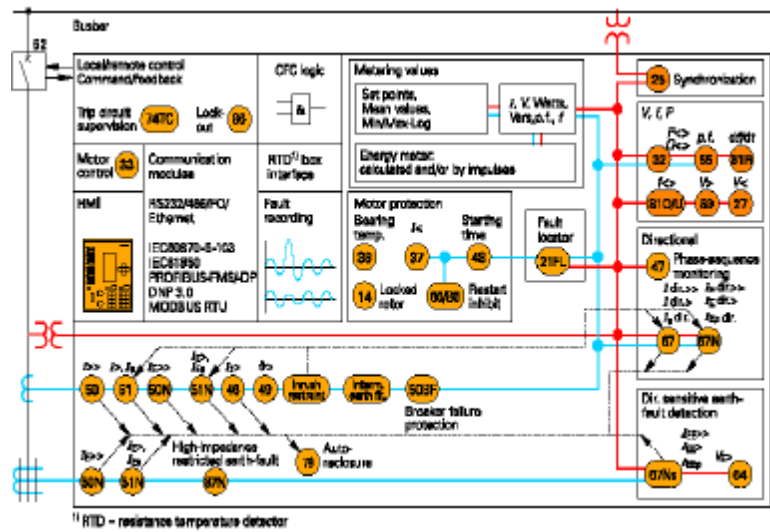
4.2.2 Các chức năng của 7SJ64

- Bảo vệ quá dòng có thời gian (51, 51N)
- Bảo vệ quá dòng cắt nhanh (50, 50N)

- Bảo vệ quá dòng có thời gian có hướng (67, 67N)
- Bảo vệ chống chạm đất độ nhạy cao
- Bảo vệ thay đổi điện áp (59N/64)
- Bảo vệ chống chạm đất chập chờn
- Bảo vệ chống chạm đất tổng trở cao (87N)
- Hãm dòng xung kích
- Bảo vệ động cơ (14)
- Bảo vệ quá tải (49)
- Kiểm soát nhiệt độ (38)
- Bảo vệ tần số (81O/U)
- Bảo vệ công suất (32)
- Bảo vệ chống hư hỏng máy cắt (50BF)
- Bảo vệ dòng thứ tự nghịch (46)
- Kiểm soát thành phần pha
- Đồng bộ hoá (25)
- Tự động đóng lại
- Định vị sự cố (21FL)
- Lockout (86).
- Chức năng điều khiển / logic lập trình được.
 - Điều khiển máy cắt và dao cách li.
 - Điều khiển qua bàn phím, đầu vào nhị phân, hệ thống DIGSI 4 hoặc SCADA.
 - Người sử dụng cài đặt logic tích hợp lập trình được (cài đặt khoá liên động).
- Chức năng giám sát.
 - Đo giá trị dòng làm việc
 - Chỉ thị liên tục.
 - Đồng hồ thời gian.
 - Giám sát đóng ngắt mạch.
 - 8 biểu đồ dao động ghi lỗi.
- Các cổng giao tiếp

- Giao diện hệ thống:
 - Giao thức IEC 60870 – 5 – 103.
 - PROFIBUS – FMS/ - DP.
 - DNP 3.0 / MODBUS RTU
- Cung cấp giao diện cho DIGSI 4 (modem) / Đo nhiệt độ (RTD –box)
- Giao diện ở mặt trước rơle cho DIGSI 4.
- Đồng bộ thời gian thông qua IRIG B / DCF 77.

Biểu đồ các chức năng của rơle được chỉ ra như sau:



Hình 4. 4. Các chức năng bảo vệ của rơ le 7SJ64

4.3. Rơ le SEL311L

4.3.1. Giới thiệu tổng quát



Hình 4. 5. Role SEL311L

SEL311L là một role so lệch dòng điện kỹ thuật số với các giao diện truyền thông tích hợp. Ngoài bảo vệ so lệch dòng điện, SEL-311L còn bao gồm các bảo vệ quá dòng theo khoảng cách, có hướng và không có hướng; bảo vệ dưới áp, quá áp, tần số; và tự động đóng lại nhiều lần.

SEL-311L thực hiện bảo vệ so lệch dòng điện bằng cách sử dụng giao diện liên lạc, bộ xử lý và đầu ra tiếp điểm tách biệt với các đầu ra được sử dụng cho các chức năng bảo vệ dự phòng. Lỗi trong phần cứng chức năng so lệch dòng điện không ảnh hưởng đến các bảo vệ dự phòng.

SEL-311L có các tính năng tiêu chuẩn sau:

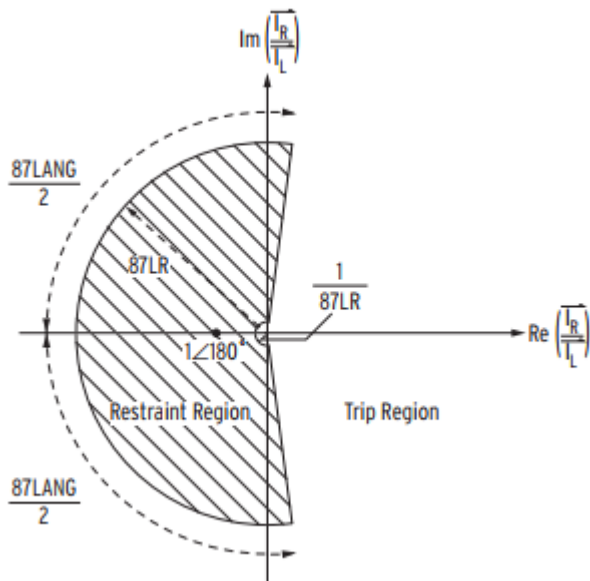
- Đầu vào điện áp được nối sao
- 8 tiếp điểm đầu ra tiêu chuẩn và 6 tiếp điểm ngắt dòng điện cao, nhanh danh bạ đầu ra
- 6 đầu vào tiếp xúc cách ly quang học
- 1 cổng EIA-485
- 3 cổng EIA-232
- Đồng bộ thời gian IRIG-B

4.3.2. Chức năng so lệch dòng điện.

Đối với role SEL-311L, để role xác nhận có 1 sự cố trong đường dây cần thỏa mãn 2 điều kiện :

+ Tỷ lệ dòng điện vào và ra khỏi pha bảo vệ nằm ngoài vùng hãm

+ Dòng điện so lệch pha vượt quá cài đặt dòng khởi động (87LPP), thì phân tử 87L xác nhận, cho biết lỗi bên trong



Hình 4. 6. Vùng hãm và vùng hoạt động của chức năng 87L

Hình 4.6 thể hiện mặt phẳng alpha, đại diện cho tỷ số phức của dòng điện đi ra đường dây bảo vệ (IR) với dòng điện đi vào đường dây bảo vệ (IL). Đường đặc tính của rơle SEL-311L bao quanh điểm $1\angle 180^\circ$ trên mặt phẳng alpha với vùng hãm, như trong Hình 4.6. Rơle tác động khi tỷ lệ dòng điện vào và ra khỏi pha bảo vệ di chuyển ra ngoài vùng hãm và dòng điện chênh lệch vượt quá ngưỡng đặt. Rơle hãm khi tỷ lệ dòng điện vào và ra khỏi pha bảo vệ vẫn nằm trong vùng hãm hoặc khi không đủ dòng điện so lệch.

Hình dạng của vùng hãm được mô tả bằng hai cài đặt, như trong Hình 4.6. Cài đặt 87LANG xác định góc của vùng hãm. Cài đặt 87LR xác định bán kính ngoài của vùng hãm. Bán kính bên trong là nghịch đảo của 87LR. Cài đặt 87LR được đặt bằng 6 và $87LANG = 195$ (mặc định của nhà sản xuất) trừ khi có các trường hợp đặc biệt.

Rơle so lệch dòng truyền thống, rơle so sánh pha và rơle so sánh điện tích cũng có thể được biểu diễn dưới dạng vùng hạn chế trên mặt phẳng alpha. Trong mọi trường hợp, đặc tính bảo vệ của SEL-311L mang lại sự cải thiện đáng kể về bảo mật, độ nhạy, tốc độ, độ tin cậy.

4.3.3. Chức năng bảo vệ khoảng cách

SEL-311L có bốn vùng bảo vệ khoảng cách pha MhO độc lập. Tất cả các vùng được thiết lập độc lập. Vùng 1 và 2 được cố định chỉ hoạt động theo hướng thuận. Vùng 3 và 4 có thể được thiết lập để hoạt động theo hướng thuận hoặc ngược. Các phần tử khoảng cách pha sử dụng phân cực điện áp thứ tự dương để bảo mật và tạo ra đặc tính mho mở rộng. Các phần tử khoảng cách pha hoạt động trên các sự cố pha-pha, pha-pha với đất và sự cố ba pha

Đối với chức năng 21N, có thể sử dụng cả đặc tính MhO và đặc tính tứ giác để cài đặt.

4.4. Rơle 7SS522.

4.4.1. Giới thiệu tổng quan



Hình 4. 7. Rơle 7SS522.

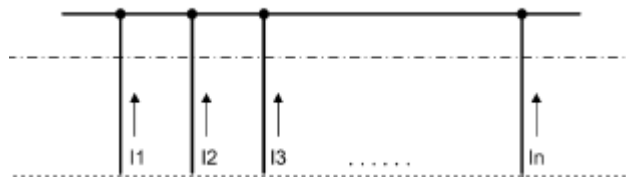
Rơle 7SS522 là rơle của hãng Siemens, cung cấp chức năng bảo vệ sự cố thanh cái và hư hỏng máy cắt một cách chọn lọc, đáng tin cậy và nhanh chóng đối với ngắn mạch thanh cái và sự cố máy cắt trong các trạm biến áp trung áp, cao áp và siêu cao áp. Nó phù hợp với hầu hết các cấu hình thanh cái.

Hệ thống bảo vệ bao gồm một thiết bị trung tâm (CU) và tối đa 48 bay units(BU) được kết nối bằng cáp quang (FO). Việc bảo vệ có thể được sử dụng với tất cả các loại thiết bị đóng cắt có CT thông thường hoặc CT tuyến tính. Thiết kế kiểu mô-đun tạo điều kiện mở rộng hoặc sửa đổi hệ thống bảo vệ phù hợp với thiết kế thiết bị đóng cắt.

Các chức năng bảo vệ chính của 7SS522 gồm: bảo vệ so lệch thanh cái, bảo vệ chống hư hỏng máy cắt, bảo vệ quá dòng.

4.4.2. Chức năng 87B

Về cơ bản chức năng bảo vệ này dựa trên định luật Kirchoff. Định luật này cho rằng tổng vector của tất cả dòng điện đi vào khu vực kín bằng không.



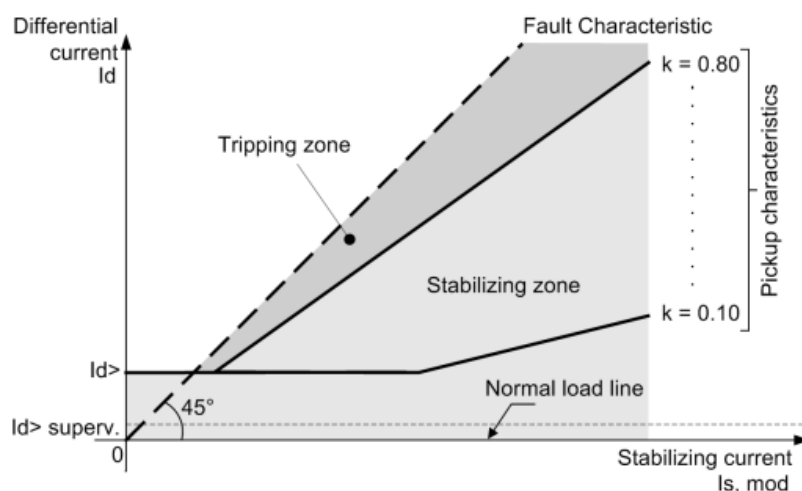
Hình 4. 8. Hệ thống thanh cái với n lộ

Với quy ước dòng đi vào thanh cái là hướng dương, đi ra thanh cái là hướng âm, theo định luật Kirchoff ta có:

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

Nếu phương trình trên không thỏa mãn thì một khu vực trong thanh cái bị lỗi. Tuy nhiên do sai số của BI cũng như BI có thể bị bão hòa đối với trường hợp sự cố ngoài dẫn đến rơle có thể tác động sai khi đặt giá trị tác động bằng không. Để khắc phục điều này họ sử dụng phương pháp ổn định (hãm).

Đường đặc tính của rơle xác định bởi 2 thông số có thể cài đặt được: Hệ số ổn định (hãm) k và giới hạn dòng so lệch $I_d >$.



Hình 4. 9.Đặc tính bảo vệ chức năng 87B

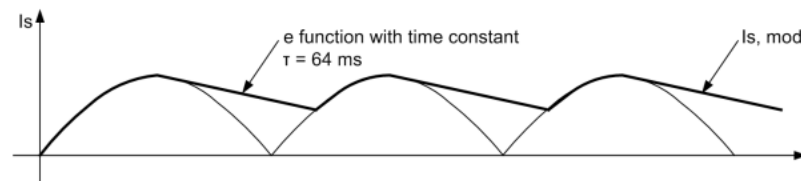
Dòng so lệch: $I_d = |I_1 + I_2 + \dots + I_n|$

Dòng ổn định(hãm): $I_s = |I_1| + |I_2| + \dots + |I_n|$

Do đó, điều kiện để rơle xác định một sự cố ngắn mạch trên thanh cái là:

$$I_d > k.I_{s,mod}$$

$I_{s,mod}$ được điều chỉnh từ I_s sao cho đặc tính mềm hơn, đảm bảo sự ổn định ngay cả trong trường hợp bão hòa.



Hình 4. 10. Dòng ổn định(hãm) được điều chỉnh

Hình 4.8 mô tả đặc tính của bảo vệ so lệch có hãm. Nếu có ngắn mạch xảy ra trên thanh cái và pha các dòng điện đi vào giống nhau thì $I_d = I_s$. Đường đặc tính sự cố là một đường thẳng nghiêng 45° . Nếu có sự khác nhau về pha của các dòng điện đường đặc tính sự cố này sẽ hạ thấp xuống (thực tế không đáng kể). Do trong chế độ làm việc bình thường I_d xấp xỉ bằng 0 nên có thể coi trục x là đường tải bình thường. Hệ số ổn định(hãm) k có thể chọn trong khoảng từ 0,1 đến 0,8. Các yếu tố trên được biểu diễn thành 3 đường thẳng với độ dốc tương ứng tạo ra đặc tính hoạt động của rơle.

Chương 5: Tính toán các giá trị chỉnh định và cài đặt cho rơle

5.1. Chọn máy biến dòng điện, máy biến điện áp

5.1.1. Chọn máy biến dòng điện

- Máy biến dòng điện được chọn theo điều kiện sau:

+ Điện áp: $U_{dm\ BI} \geq U_{dm\ LB}$

+ Dòng điện: $I_{dm\ BI} \geq I_{lvcb}$

Ta chọn dòng định mức phía sơ cấp cao hơn 10%÷40% so với dòng điện làm việc lớn nhất.

$$I_{dm\ BI} \geq I_{lv\ max} = 1,3 \cdot I_{dm\ BA} = 1,3 \cdot \frac{S_{dm\ BA}^i}{\sqrt{3} \cdot U_{dm\ BA}^i}$$

Trong đó:

$S_{dm\ BA}^i$: Công suất định mức của cuộn dây thứ i (cuộn cao, trung, hạ) của MBA.

$U_{dm\ BA}^i$: Điện áp định mức của cuộn dây i

- Phía 230kV: BI1

$$I_{lv\ max} = 1,3 \cdot \frac{125000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 407,91\ A$$

Chọn BI cho phía 230kV

- Điện áp: $U_{dm\ BI} \geq 230kV$
- Dòng điện: $I_{dm\ BI}^{230kV} \geq I_{lv\ max}^{230kV} = 407,91\ A$

Vậy chọn BI có $I_{dm\ sc\ BI} = 600\ (A)$, $I_{dm\ tc\ BI} = 1\ (A)$

- Chọn hệ số giới hạn dòng điện(ALF):
 - Dòng ngắn mạch lớn nhất qua BI1 là $I_{Nmax} = 6,333(kA)$ tương ứng với sự cố ngắn mạch 1 pha tại N_1
 - Xét tỷ số:

$$\frac{I_{N\max}}{I_{dm\ BI}} = \frac{6,333}{0,6} = 10,555$$

⇒ Chọn hệ số giới hạn dòng điện của BI1 là 20

Tính toán tương tự cho các phía còn lại ta có bảng sau:

Thông số	Cấp điện áp		
	220kV	110kV	35kV
Dòng điện làm việc MBA	407,91	775,37	1228,18
Dòng điện sơ cấp định mức (A)	600	800	1500
Dòng điện thứ cấp định mức (A)	1	1	1
Tỉ số biến dòng	31,5	250	350
Điện áp định mức (kV)	230	121	38,5
Cấp chính xác	5P20	5P20	5P10

Bảng 5. 1. Thông số BI

5.1.2. Máy biến điện áp

Máy biến điện áp được lựa chọn theo điều kiện sau:

- Điện áp: $U_{dm\ BI} \geq U_{dm\ LĐ}$
- Cấp chính xác phù hợp với yêu cầu của dụng cụ đo
- Cấp cách điện
- Hệ số điện áp danh định
- Tỷ số biến điện áp.

Từ những điều kiện trên, ta có bảng chọn biến điện áp như sau:

Thông số	Cấp điện áp		
	220kV	110kV	35kV
Điện áp định mức (kV)	230	121	38,5
Điện áp sơ cấp	$\frac{220000}{\sqrt{3}}$	$\frac{110000}{\sqrt{3}}$	$\frac{35000}{\sqrt{3}}$
Điện áp thứ cấp	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{3}$
Cấp chính xác	3P	3P	3P

Bảng 5. 2. Thông số BU

5.2. Tính toán chỉnh định rơle 87T

5.2.1. Chức năng bảo vệ so lệch có hãm.

a. Ngưỡng tác động cấp 1: O87P

Giá trị này biểu thị giá trị khởi động của bảo vệ. O87P dòng so lệch ngưỡng thấp, xác định theo dòng không cân bằng I_{KCB} trong chế độ làm việc bình thường (chủ yếu dòng từ hoá của máy biến áp và sai số của BI): $O87P > I_{KCB}$

I_{KCB} : là dòng điện không cân bằng

$$O87P = (0,1 \div 0,5) \cdot I_{dm\ BI}; \text{ Thường chọn } O87P = 0,3 \cdot I_{dm\ BI} = 0,3$$

Sử dụng cài đặt SLOPE 1 và SLOPE 2 để bảo vệ máy biến áp tùy thuộc vào sự cố trong và ngoài máy biến áp.

Ta có: Cấp chính xác của BI bằng 5P20 nên sai số của BI là 5%, $\varepsilon=0,05$

Tỉ số biến điện áp thay đổi của máy biến áp có điều áp dưới tải, $a=0,16$

Trong tình huống có dòng điện chạy qua, dòng chênh lệch lý thuyết trong trường hợp xấu nhất xảy ra khi tất cả các dòng điện đầu vào được đo với sai số BI dương tối đa và tất cả các dòng điện đầu ra được đo với sai số BI âm tối đa. Do đó, dòng điện chênh lệch lớn nhất có thể được tính như sau:

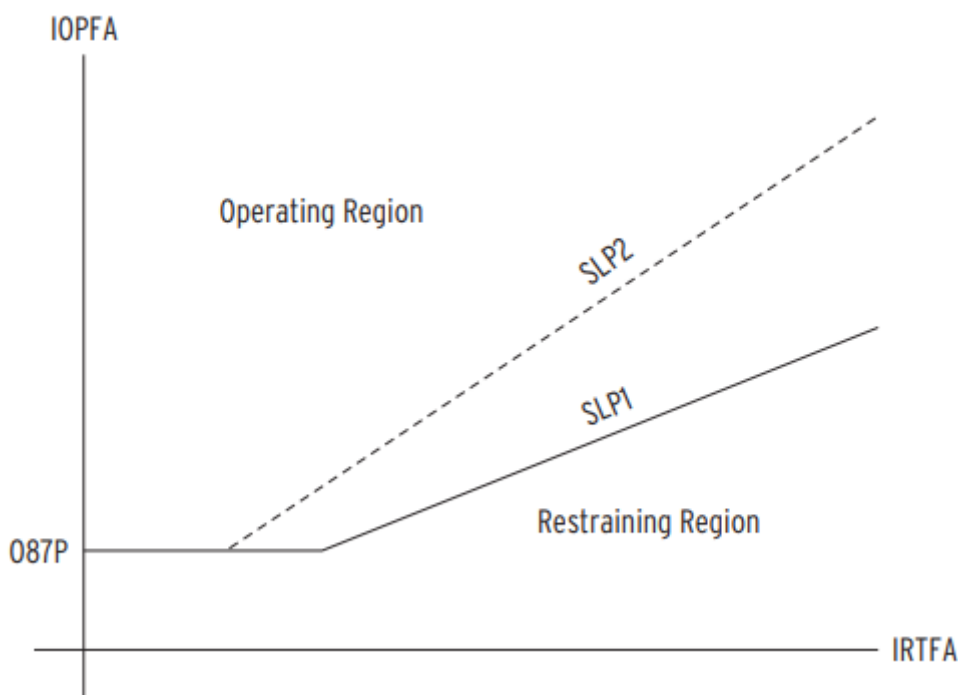
$$Id\ max = (1 + \varepsilon) - \frac{(1 - \varepsilon)}{(1 + a)} = 19,1\%$$

Cộng thêm sai số do dòng kích thích máy biến áp (khoảng 2%), sai số của rơle ($< 3\%$), ta có thể lấy $SLOPE\ 1 = 25\%$

Trong các lỗi bên ngoài, rơle chuyển từ SLOPE 1 sang SLOPE 2 để tránh hoạt động sai của rơle do bão hòa BI. Để tránh rơle hoạt động sai, hãy đặt SLOPE 2 càng cao càng tốt. Thông thường, cài đặt SLOPE 2 cao gây ra sự tác động chậm đối với các sự cố (sự cố từ bên ngoài đến bên trong). Tuy nhiên, vì phân tử so lệch trong SEL-487E cần ít hơn 1,5 chu kỳ để trở về chế độ bình thường, nên có thể chấp nhận cài đặt $SLOPE\ 2 = 90\%$. Ở đây ta chọn $SLOPE2 = 70\%$

b. Ngưỡng tác động cấp 2: U87P

Ngưỡng tác động này tạo ra để phản ứng nhanh với các dòng điện rất lớn cho thấy rõ ràng lỗi bên trong máy biến áp. Ta đặt $U87P = 9$



Hình 5. 1. Đặc tính bảo vệ chức năng 87T

5.2.2. Bảo vệ chống chạm đất hạn chế (REF)

Bảo vệ chống chạm đất REF dùng để bảo vệ sự cố trong MBA lực có trung tính nối đất. Vùng bảo vệ là vùng giữa máy biến dòng đặt ở dây trung tính và tổ máy biến dòng nối theo sơ đồ bộ lọc dòng thứ tự không đặt ở phía đầu ra cuộn

dây nối hình sao của MBA. Dòng điện bình thường qua trung tính xấp xỉ 0, tuy nhiên nếu có xét đến sai số của biến dòng và dòng không cân bằng thì ta sẽ đặt:

Dòng khởi động: $I_{kd} = 0,2 \cdot I_{dm \text{ BI}}$

Thời gian tác động: $t = 0s$

Cài đặt	Mô tả	Giá trị	Mô tả tiếng việt
E87	Include the Following Terminals in the Differential Element	S, T, U	Các phía bảo vệ so lệch
EREF	Enable the Following Number of Restricted Earth Fault Elements	1	Bảo vệ chống chạm đất hạn chế
CTRS	Current Transformer Ratio For Terminal S	600	Tỉ lệ biến dòng phía S
CTRT	Current Transformer Ratio For Terminal T	800	Tỉ lệ biến dòng phía T
CTRU	Current Transformer Ratio For Terminal U	1500	Tỉ lệ biến dòng phía U
E87TS	Include Terminal S in the Differential Element for the Following Conditions	1	Thêm phía S vào chức năng bảo vệ so lệch
E87TT	Include Terminal T in the Differential Element for the Following Conditions	1	Thêm phía T vào chức năng bảo vệ khoảng cách
E87TU	Include Terminal U in the Differential Element for the Following Conditions	1	Thêm phía U vào chức năng bảo vệ khoảng cách
MVA	Enter Transformer Maximum MVA Rating	125	Công suất định mức máy biến áp
VTERMS	Terminal S Line-to-Line Voltage	230	điện áp dây pha S

VTERMT	Terminal T Line-to-Line Voltage	121	điện áp dây pha T
VTERMU	Terminal U Line-to-Line Voltage	38,5	điện áp dây pha U
O87P	Differential Element Operating Current Pickup	0,3	Dòng khởi động ngưỡng 1
SLP1	Slope 1 Setting	25	Cài đặt SLOPE 1
SLP2	Slope 2 Setting	70	Cài đặt SLOPE 2
U87P	Unrestrained Element Current Pickup	9	Dòng khởi động ngưỡng 2
E87HB	Enable Harmonic Blocking Differential Element	Y	Khóa/Chặn sóng hài
E87HR	Enable Harmonic Restraint Differential Element	Y	
PCT2	Second-Harmonic Percentage (% of fundamental)	15	Hãm các thành phần sóng hài bậc 2, 4, 5
PCT4	Fourth-Harmonic Percentage (% of fundamental)	15	
PCT5	Fifth-Harmonic Percentage (% of fundamental)	35	
REFRF1	Select the Restraint Quantity for REF Element 1	S, T	Chọn phía bảo vệ chống chạm đất hạn chế
REF50G1	Residual Current Pickup for REF Element 1 (p.u.)	0,25	Dòng tác động bảo vệ chống chạm đất hạn chế

Bảng 5. 3. Phiếu chỉnh định rơle 87T

5.3. Tính toán chỉnh định rơle 7SJ64

5.3.1. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh có hướng

Dòng điện khởi động được tính theo công thức:

$$I_{kd} = K_{at} \cdot I_{Nng \max}$$

Trong đó:

K_{at} : Hệ số an toàn $K_{at} = 1,1 \div 1,2$

$I_{Nng\max}$: Dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất

Dòng khởi động theo dòng phía thứ cấp của BI được xác định theo công thức:

$$I_{kdtc} = \frac{I_{kd}}{n_I} \cdot 10^3, (A)$$

Trong đó : n_I là tỉ số biến dòng của BI tương ứng

Thời gian đặt cho các bảo vệ quá dòng cắt nhanh có hướng ta chọn là 0,05s.

- **Bảo vệ quá dòng cắt nhanh phía 220 kV**

Dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất:

$$I_{Nng\max} = \max \{I_{N2\max}; I_{N3\max}\} \text{ qua } BI_1 = 1,943 \text{ kA}$$

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{kd220} = 1.2.1,943 = 2,332 \text{ kA}$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{kd220tc} = \frac{I_{kd220}}{n_I} \cdot 10^3 = \frac{2,332}{600/1} \cdot 10^3 = 3,887 \text{ A}$$

- **Bảo vệ quá dòng cắt nhanh phía 110 kV**

Dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất:

$$I_{Nng\max} = \max \{I_{N1\max}; I_{N3\max}\} \text{ qua } BI_2 = 3,077 \text{ kA}$$

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{kd110} = 1.2.3,077 = 3,692 \text{ kA}$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{kd110tc} = \frac{I_{kd110}}{n_I} \cdot 10^3 = \frac{3,692}{800/1} \cdot 10^3 = 4,615 \text{ A}$$

5.3.2. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh thứ tự không có hướng

Dòng điện khởi động:

$$I_{kd} = 3 \cdot k_{at} \cdot I_{0N \text{ ng max}}$$

Trong đó:

k_{at} : Hệ số an toàn, $k_{at} = 1,2$.

$I_{0N \text{ ng max}}$: Dòng ngắn mạch ngoài thứ tự không lớn nhất.

Dòng khởi động theo dòng phía thứ cấp của BI được xác định theo công thức:

$$I_{0kdtc} = \frac{I_{0kd}}{n_l} \cdot 10^3, (A)$$

Thời gian đặt cho các bảo vệ quá dòng TTK cắt nhanh có hướng ta chọn là 0,05s.

- **Bảo vệ TTK phía 220kV**

$$I_{0N \text{ ng max}} = \max\{I_{0BI1}^{N2}\} \text{ qua BI1} = 0,524 \text{ kA}$$

Dòng khởi động phía sơ cấp:

$$I_{0kd} = 3 \cdot k_{at} \cdot I_{0N \text{ ng max}} = 3 \cdot 1,2 \cdot 0,524 = 1,886 \text{ kA}$$

Dòng khởi động phía thứ cấp:

$$I_{0kdtc} = \frac{I_{0kd}}{n_l} \cdot 10^3 = \frac{1,886}{600/1} \cdot 10^3 = 3,143(A)$$

- **Bảo vệ TTK phía 110kV**

$$I_{0N \text{ ng max}} = \max\{I_{0BI1}^{N1}\} \text{ qua BI2} = 0,619 \text{ kA}$$

Dòng khởi động phía sơ cấp:

$$I_{0kd} = 3 \cdot k_{at} \cdot I_{0N \text{ ng max}} = 3 \cdot 1,2 \cdot 0,619 = 2,228 \text{ kA}$$

Dòng khởi động phía thứ cấp:

$$I_{0kdtc} = \frac{I_{0kd}}{n_l} \cdot 10^3 = \frac{2,228}{800/1} \cdot 10^3 = 2,785(A)$$

5.3.3. Bảo vệ quá dòng có hướng thời gian trễ

Dòng khởi động qua bảo vệ quá dòng có thể chỉnh định theo công thức sau:

$$I_{kd} = k \cdot I_{dm\ MBA}$$

Với:

k là hệ số chỉnh định, $k = 1,6$

$I_{dm\ MBA}$: Dòng điện định mức máy biến áp

- **Phía 220kV:**

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{kd220} = 1,6 \cdot 314 = 502,4\ A$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{kd220tc} = \frac{I_{kd220}}{n_l} = \frac{502,4}{600/1} = 0,837\ A$$

- **Phía 110kV:**

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{kd110} = 1,6 \cdot 596 = 953,6\ A$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{kd110tc} = \frac{I_{kd110}}{n_l} = \frac{953,6}{800/1} = 1,192\ A$$

- **Phía 35kV:**

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{kd35} = 1,6 \cdot 1875 = 3000\ A$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{kd35tc} = \frac{I_{kd35}}{n_l} = \frac{3000}{1500/1} = 2\ A$$

Thời gian đặt cho các rơle:

Giả thiết thời gian cắt của các xuất tuyến đường dây các phía là 1s và cấp thời gian chọn lọc là 0,5s, ta có:

$$t_{RL(35)} = t_{DD35} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5s$$

$$t_{RL(220)} = \max\{t_{DD110}; t_{RL(35)}\} + \Delta t = \max\{1; 1,5\} + 0,5 = 2s$$

$$t_{RL(110)} = \max\{t_{DD220}; t_{RL(35)}\} + \Delta t = \max\{1; 1,5\} + 0,5 = 2s$$

5.3.4. Bảo vệ quá dòng TTK có hướng có thời gian trễ

Dòng khởi động của bảo vệ quá dòng thứ tự không được chọn theo công thức:

$$I_{0kd} = k_0 \cdot I_{dm BI}$$

Trong đó:

k_0 : là hệ số chỉnh được, $k_0 = 0,1 \div 0,3$

$I_{dm BI}$: là dòng điện định mức phía sơ cấp của BI

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{0kd220} = 0,2 \cdot 600 = 120 A$$

$$I_{0kd110} = 0,2 \cdot 800 = 160 A$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{0kd220tc} = \frac{I_{0kd220}}{n_l} = \frac{120}{600/1} = 0,2 A$$

$$I_{0kd110tc} = \frac{I_{0kd110}}{n_l} = \frac{160}{800/1} = 0,2 A$$

Bảo vệ quá dòng TTK sử dụng đặc tính thời gian độc lập. Thời gian làm việc tương tự như bảo vệ quá dòng có hướng có trễ.

5.3.5. Bảo vệ chống máy cắt từ chối tác động 50BF

Chức năng chống máy cắt từ chối tác động sử dụng để giám sát mạch máy cắt và tác động gửi tín hiệu đi cắt các máy cắt cấp cao hơn khi máy cắt từ chối tác động. Mỗi bảo vệ tác động đều gửi tín hiệu đến các máy cắt tương ứng, bộ đếm

thời gian của chức năng 50BF đếm thời gian. Nếu hết thời gian đặt mà vẫn còn dòng điện lúc đó máy cắt từ chối tác động chức năng 50BF sẽ gửi tín hiệu cắt tới các máy cắt cấp trên ở lân cận. Thông số cài đặt cho 50BF:

- Dòng đặt: $I = 0,2 I_n$
- Thời gian trễ: $t_{BF} = 0 \text{ sec}$

Từ các thông số tính toán ở trên ta sẽ chỉnh định role 7SJ64 ở các phía:

220kV

Địa chỉ	Hiển thị	Các lựa chọn	Cài đặt	Nội dung
115	67/67 TOC	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Definite Time	Bật bảo vệ quá dòng có hướng
116	67N/67N TOC	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Definite Time	Bật bảo vệ quá dòng TTK có hướng
170	50 BF	Disabled Enabled enabled w/3I ₀ >	Enabled	Bật chức năng chống hư hỏng máy cắt

1501	FCT 67/67TOC	OFF ON	ON	Bật chức năng 67
1502	67-2 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	4	Dòng khởi động chức năng quá dòng có hướng cắt nhanh
1503	67-2 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	0,05	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng cắt nhanh có hướng
1504	67-1 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	1	Dòng khởi động chức năng quá dòng có hướng có thời gian trễ
1505	67-1 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	2	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng có hướng
1523	67-2 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng cắt nhanh
1524	67-1 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng
1601	FCT 67N/67N TOC	OFF ON	ON	Bật chức năng 67N

1602	67N-2 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	4	Dòng khởi động chức năng quá dòng TTK có hướng cắt nhANH
1603	67N-2 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	0,05	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng TTK cắt nhanh có hướng
1604	67N-1 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	1	Dòng khởi động chức năng quá dòng TTK có hướng
1605	67N-1 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	2	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng TTK có hướng
1623	67N-2 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng TTK cắt nhANH
1624	67N-1 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng TTK
7001	FCT 50BF	OFF ON	ON	Bật chức năng chống hư hỏng máy cắt

7005	TRIP-Timer	0,06 .. 60,00 sec; ∞	0,25 sec	Thời gian trễ của bảo vệ 50BF
7006	50 BF PICK UP	0,03 .. 20A	0,2 A	Dòng kh chức năng 50 BF

Bảng 5. 4. Phiếu chỉnh định role 7SJ64 phía 220kV

110kV

Địa chỉ	Hiển thị	Các lựa chọn	Cài đặt	Nội dung
115	67/67 TOC	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Definite Time	Bật bảo vệ quá dòng có hướng
116	67N/67N TOC	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Definite Time	Bật bảo vệ quá dòng TTK có hướng
170	50 BF	Diased Enabled enabled w/3I ₀ >	Enabled	Bật chức năng chống hư hỏng máy cắt
1501	FCT 67/67N TOC	OFF ON	ON	Bật chức năng 67

1502	67-2 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	5	Dòng khởi động chức năng quá dòng có hướng cắt nhANH
1503	67-2 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	0,05	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng cắt nhanh có hướng
1504	67-1 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	2	Dòng khởi động chức năng quá dòng có hướng có thời gian trễ
1505	67-1 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	2	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng có hướng
1523	67-2 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng cắt nhanh
1524	67-1 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng
1601	FCT 67N/67N TOC	OFF ON	ON	Bật chức năng 67N
1602	67N-2 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	4	Dòng khởi động chức năng quá dòng TTK có hướng cắt nhanh
1603	67N-2 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	0,05	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng TTK cắt nhanh có hướng

1604	67N-1 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	0,2	Dòng khởi động chức năng quá dòng TTK có hướng
1605	67N-1 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	2	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng TTK có hướng
1623	67N-2 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng TTK cắt nhANH
1624	67N-1 Direction	Forward Reverse Non-directional	Forward	Hướng của bảo vệ quá dòng TTK
7001	FCT 50BF	OFF ON	ON	Bật chức năng chống hư hỏng máy cắt
7005	TRIP Timer	0,06 .. 60,00 sec; ∞	0,1 sec	Thời gian trễ của bảo vệ 50BF
7006	50 BF PICK UP	0,03 .. 20A	0,2 A	Dòng khởi động của chức năng 50 BF

Bảng 5. 5. Phiếu chỉnh định rơle 7SJ64 phía 110kV

35kV

Địa chỉ	Hiển thị	Các lựa chọn	Cài đặt	Nội dung
115	67/67 TOC	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined	Definite Time	Bật chức năng bảo vệ quá dòng

		PU User def. Reset		
170	50 BF	Diasbled Enabled enabled w/3I ₀ >	Enabled	Bật chức năng chống hư hỏng máy cắt
1504	67-1 PICK UP	0,1 .. 35A; ∞	2	Dòng khởi động chức năng quá dòng
1505	67-1 DELAY	0,00 .. 60,00 sec; ∞	1,5	Thời gian trễ của bảo vệ quá dòng
1524	67-1 Direction	Forward Reverse Non-directional	Non directional	Tắt chức năng định hướng của bảo vệ quá dòng
7001	FCT 50BF	OFF ON	ON	Bật chức năng chống hư hỏng máy cắt
7005	TRIP Timer	0,06 .. 60,00 sec; ∞	0,1 sec	Thời gian trễ của bảo vệ 50BF
7006	50 BF PICK UP	0,03 .. 20A	0,2 A	Dòng khởi động của chức năng 50 BF

Bảng 5. 6. Phiếu chỉnh định rơle 7SJ64 phía 35kV

5.4. Tính toán chỉnh định rơle SEL311L

5.4.1. Chức năng 87L

Để rơle xác nhận có 1 sự cố trong đường dây cần thỏa mãn 2 điều kiện :

- + Tỷ lệ dòng điện vào và ra khỏi pha bảo vệ nằm ngoài vùng hãm
- + Dòng điện so lệch pha vượt quá cài đặt dòng khởi động (87LPP), thì phần tử 87L xác nhận, cho biết lỗi bên trong

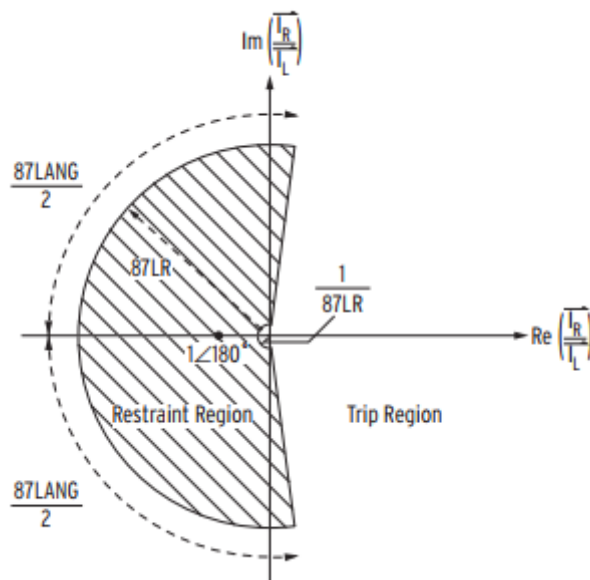
a, Vùng cắt và vùng hãm

Role SEL311L tính toán tỉ số phức giữa dòng vào và dòng ra của đường dây bảo vệ. Giả sử trong chế độ làm việc bình thường, dòng đi vào đường dây có độ lớn 5A và có góc lệch pha 0^0 và dòng đi ra khỏi đường dây có góc lệch pha 180^0 . Dòng pha A đầu đường dây (I_{AL}) là $5\angle 0^0$ và cuối đường dây (I_{AR}) là $5\angle 180^0$. Ta có tỉ số phức giữa dòng vào và dòng ra của đường dây bảo vệ như sau:

$$\begin{aligned}\frac{\overrightarrow{I_{AR}}}{\overrightarrow{I_{AL}}} &= \frac{5\angle 180^0}{5\angle 0^0} = 1\angle 180^0 \\ \frac{\overrightarrow{I_{BR}}}{\overrightarrow{I_{BL}}} &= \frac{5\angle 60^0}{5\angle -120^0} = 1\angle 180^0 \\ \frac{\overrightarrow{I_{CR}}}{\overrightarrow{I_{CL}}} &= \frac{5\angle -60^0}{5\angle 120^0} = 1\angle 180^0\end{aligned}$$

Trên thực tế, ở chế độ làm việc bình thường, tỉ số này luôn là $1\angle 180^0$ bất kể độ lớn, góc pha dòng điện. Tương tự như vậy, dòng điện khi có sự cố ngoài cũng có cùng độ lớn và ngược chiều nên tỉ số cũng là $1\angle 180^0$

Role SEL 311L có vùng hãm bao quanh điểm $1\angle 180^0$ như hình dưới:



Hình 5. 2. Vùng cắt và vùng hãm chức năng 87L của role SEL311L

b, Dòng tác động

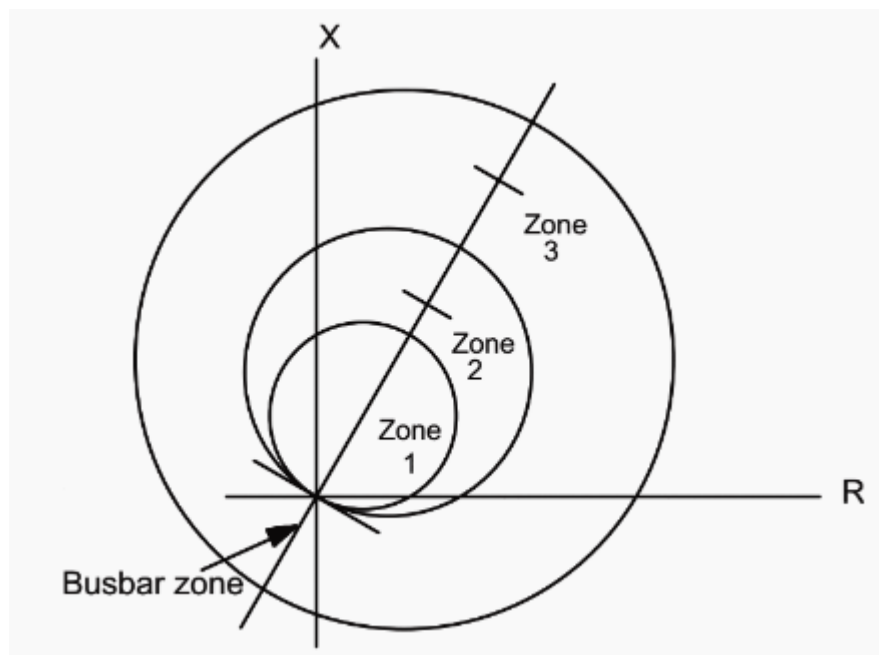
Đặt dòng khởi động (87LPP) cao hơn dòng định mức để tránh sai số của BI, rơle. Cài đặt mặc định gốc cho 87LPP là 1,2 lần dòng thứ cấp danh định (6 A đối với rơle 5 A hoặc 1,2 A đối với rơle 1 A) và có thể không cần thay đổi ngoại trừ các điều kiện đặc biệt.

$$I_{kd}=1,2.I_{dm\ BI}=1,2\ (A)$$

5.4.2. Chức năng 21/21N

a, Chức năng 21

SEL-311L có bốn vùng bảo vệ khoảng cách pha(21) đặc tính MhO độc lập. Tất cả các vùng được thiết lập độc lập. Vùng 1 và 2 được cố định chỉ hoạt động theo hướng thuận. Vùng 3 và 4 có thể được thiết lập để hoạt động theo hướng thuận hoặc ngược. Chức năng bảo vệ khoảng cách pha sử dụng điện áp tham chiếu thứ tự thuận để bảo mật và tạo ra đặc tính MhO mở rộng. Chức năng khoảng cách pha(21) hoạt động trên các sự cố pha-pha, pha-pha với đất và sự cố ba pha.



Hình 5. 3. Đặc tính bảo vệ MhO

Để cài đặt cho rơle ta chuyển tổng trở sơ cấp sang tổng trở thứ cấp theo công thức:

$$Z_{secondary} = k.Z_{primary}$$

$$k = \frac{CTR}{PTR} = \frac{600}{2000} = 0,3$$

Với: $Z_{secondary}$: tổng trở thứ cấp

$Z_{primary}$: tổng trở sơ cấp

CTR: tỉ số biến dòng BI

PTR: tỉ số biến áp BU

Đường dây 220kV có thông số:

$$AC-240 (60 \text{ Km}) \quad x_0 = 0,43(\Omega / \text{km}) \quad r_0 = 0,12(\Omega / \text{km})$$

Từ đó ta tính được: $Z_d = 26,79 \angle 74,4^\circ$

Thông số cài đặt bảo vệ:

*)Vùng 1:

Tổng trở cài đặt vùng 1: $Z_{1P} = k. (0,8. Z_d) = 0,3. 0,8. 26,79 = 6,43 \Omega$

Thời gian tác động vùng 1: $t = 0s$

*)Vùng 2:

Tổng trở cài đặt vùng 2: $Z_{2P} = k. (1,2 Z_d) = 0,3. 1,2 .26,79 = 9,65 \Omega$

Thời gian tác động vùng 2: $t = \Delta t = 0,3s$

b, Chức năng 21N

SEL-311L có bốn vùng bảo vệ 21N với đặc tính MhO và đặc tính tứ giác. Tất cả các vùng được thiết lập độc lập. Vùng 1 và 2 chỉ hướng về phía trước và Vùng 3 và 4 có thể được đặt theo hướng thuận hoặc ngược. Chức năng bảo vệ 21N sử dụng điện áp tham chiếu thứ tự thuận để bảo mật và tạo ra đặc tính MhO mở rộng.

Vùng 1:

Tổng trở cài đặt vùng 1: $Z_{1MG} = k. (0,8. Z_d) = 0,3. 0,8. 26,79 = 6,43 \Omega$

Thời gian tác động vùng 1: $t = 0s$

Vùng 2:

Tổng trở cài đặt vùng 1: $Z_{2MG} = k. (1,2 Z_d) = 0,3. 1,2 .26,79 = 9,65 \Omega$

Thời gian tác động vùng 2: $t = \Delta t = 0,3s$

5.4.3. Chức năng quá dòng có hướng.

Dòng khởi động (tính theo dòng sơ cấp của rơ le):

$$I_{kd220} = 1,6.314 = 502,4 A$$

Dòng khởi động (tính theo dòng thứ cấp của rơ le):

$$I_{kd220tc} = \frac{I_{kd220}}{n_l} = \frac{502,4}{600/1} = 0,837 A$$

Thời gian khởi động: $t = 2 + 0,5 = 2,5(s)$

Ta có phiếu chỉnh định của rơle SEL311L như sau:

Cài đặt	Mô tả	Giá trị	Mô tả tiếng việt
CTR	Local Phase (IA,IB,IC) CT Ratio, CTR:1	600	Tỉ lệ biến dòng
E87L	Number of 87L Terminals	2	Số phía của bảo vệ so lệch
87LPP	Phase 87L (Amps secondary)	1	Dòng khởi động rơle so lệch
PTR	Phase (VA,VB,VC) PT Ratio, PTR:1	2000	Tỉ số biến điện áp pha
Z1MAG	Pos-Seq Line Impedance	8,037	Giá trị điện trở đường dây thứ tự thuận

	Magnitude (Ohms secondary)		
Z1ANG	Pos-Seq Line Impedance Angle (degrees)	74,4	Góc pha điện trở đường dây thứ tự thuận
Z0MAG	Zero-Seq Line Impedance Magnitude (Ohms secondary)	8,037	Điện trở đường dây thứ tự không
Z0ANG	Zero-Seq Line Impedance Angle (degrees)	74,4	Góc pha điện trở đường dây thứ tự không
LL	Line Length	60	Chiều dài dây
E21P	Enable Mho Phase Distance Elements	2	Số vùng bảo vệ đặc tính tròn Mho(pha)
Z1P	Reach Zone 1 (Ohms secondary)	6,43	Tổng trở khởi động chức năng 21 vùng 1
Z2P	Reach Zone 2 (Ohms secondary)	9,65	Tổng trở khởi động chức năng 21 vùng 2
Z1PD	Zone 1 Time Delay (cycles)	0	Thời gian trễ vùng bảo vệ 1 chức năng 21
Z2PD	Zone 2 Time Delay (cycles)	15	Thời gian trễ vùng bảo vệ 2 chức năng 21
E21MG	Enable Mho Ground Distance Elements	2	Số vùng bảo vệ đặc tính tròn Mho(đất)
Z1MG	Zone 1 (Ohms secondary)	6,43	Tổng trở khởi động chức năng 21N vùng 1
Z2MG	Zone 2 (Ohms secondary)	9,65	Tổng trở khởi động chức năng 21N vùng 2

Z1GD	Zone 1 Time Delay (cycles)	0	Thời gian trễ vùng bảo vệ 1 chức năng 21N
Z2GD	Zone 2 Time Delay (cycles)	15	Thời gian trễ vùng bảo vệ 2 chức năng 21N
67P1P	Level 1 (Amps secondary)	0,837	Dòng khởi động rơle 67
67P1D	Level 1 (cycles)	125	Thời gian trễ rơle 67

Bảng 5. 7. Phiếu chỉnh định của rơle SEL311L

5.5. Tính toán chỉnh định rơle 7SS522

5.5.1. Chức năng 87B

a, Tính chọn hệ số ổn định (hãm) k:

Hệ số hãm k phụ thuộc vào hệ số tải K_b của các BI với K_b được tính bằng tỉ số giữa dòng ngắn mạch lớn nhất qua BI và dòng bão hòa của BI.

$$K_b = \frac{I_{ssc \max}}{I_{sat}}$$

Lấy hệ số K_b lớn nhất, Nếu $K_b < 2$ thì k được lấy = 0,6. Nếu $K_b > 2$ hoặc $K_b = 2$ thì:

$$k > \frac{K_b}{4\sqrt{K_b - 1}}$$

Dòng ngắn mạch lớn nhất qua BI: 2,474 kA

BI có độ chính xác 20P5 nên rơle vẫn giữ sai số 5% khi dòng qua BI không quá 20 lần dòng định mức. Ta lấy $I_{sat} = 20 \cdot I_{dm} = 20 \cdot 0,314 = 6,28$ kA

Từ đó tính được $K_b = 0,39$ nên lấy hệ số k = 0,6

b, Tính chọn dòng so lệch tác động:

Dòng so lệch được chọn thỏa mãn điều kiện sau:

$$1,3 I_{\max load} < I_d < 0,8 I_{ssc \min}$$

Với $I_{\max load}$: là dòng tải max

$I_d >$: là dòng so lệch tác động

$I_{ssc \min}$: là dòng ngắn mạch min

Dòng ngắn mạch cực tiểu qua BI4 là 0,119 kA

Ta có $I_{d>} < 0,8 \cdot 0,119 = 0,095 \text{ kA} = 0,3 \cdot I_{dm}$

5.5.2. Chức năng 50BF

Thông số **I > BF** là ngưỡng được sử dụng để bảo vệ phát hiện hư hỏng máy cắt. Siemens khuyến nghị đặt thông số này ở khoảng 50 % dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất.

$$I > BF = 0,5 \cdot 0,119 = 0,2 I_{dm}$$

Phiếu chỉnh định:

Địa chỉ	Hiển thị	Các lựa chọn	Cài đặt	Nội dung
6101	STAB FAC:BZ	0.10 .. 0.80	0,6	Hệ số ổn định(hãm)
6102	$I_{d>} BZ$	0.20 .. 4.00 I/I_{no}	0,3	Ngưỡng dòng so lệch tác động
118	$I > BF$	0.10 .. 2.00 I/I_{no}	0,2	Ngưỡng dòng tác động bảo vệ chống hư hỏng máy cắt

Chương 6: Kiểm tra làm việc của các bảo vệ

6.1. Bảo vệ so lệch có hãm (87T)

Để kiểm tra độ nhạy của bảo vệ 87T, ta kiểm tra với 2 loại sự cố là sự cố ngoài (N1, N2, N3) và sự cố trong (N1', N2', N3').

Đối với sự cố ngoài, ta cần kiểm tra xem khả năng hãm của role nên ta xét ở chế độ max.

Đối với sự cố trong, ta cần kiểm tra khả năng tác động của role nên ta xét ở chế độ min.

Với role SEL487E, ở chế độ bình thường rơ le hoạt động với đường đặc tính độ dốc SLOPE 1. Khi role phát hiện sự cố ngoài, đường đặc tính chuyển sang độ dốc SLOPE 2.

Quan hệ giữa dòng khởi động (IOPFA) và dòng hãm (IRTFA) được thể hiện trong công thức sau:

$$IOPFA = SLOPE_c \cdot IRTFA$$

Với $c = 1$ hoặc 2 .

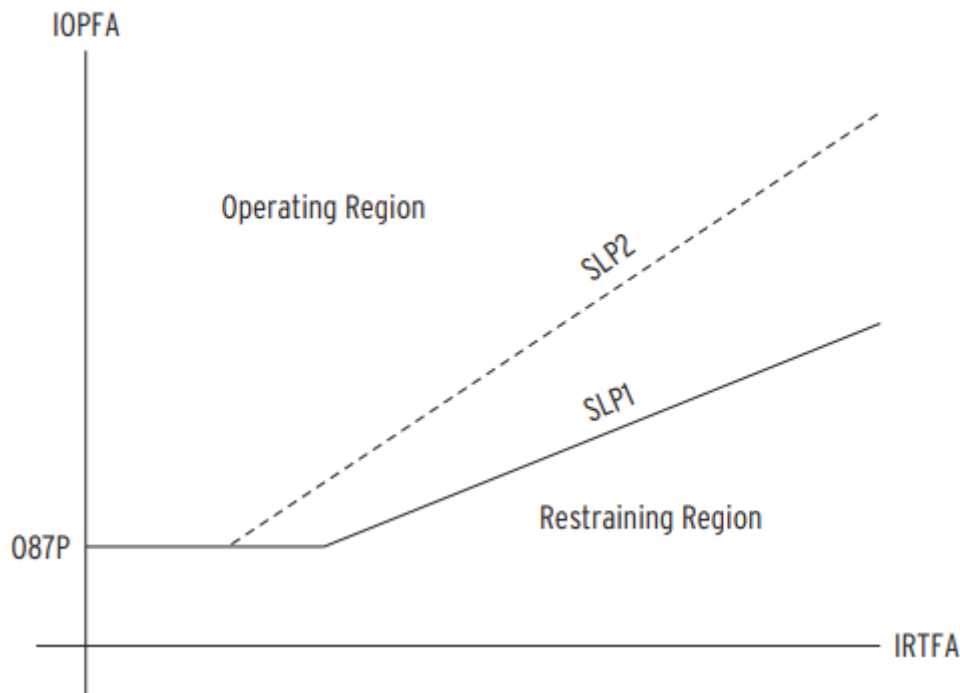
Với I_1 và I_2 là dòng 2 phía của máy biến áp, role sẽ tính toán:

$$+ \text{Dòng so lệch: } I_{diff} = |\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3|$$

$$+ \text{Dòng hãm: } IRTFA = |\vec{I}_1| + |\vec{I}_2| + |\vec{I}_3|$$

$$+ \text{Dòng khởi động: } IOPFA = SLOPE_c \cdot IRTFA$$

Nếu dòng so lệch lớn hơn dòng khởi động, thì điểm làm việc sẽ nằm trong vùng khởi động của role và ngược lại điểm làm việc sẽ ở trong vùng hãm.



Hình 6. 1. Đường đặc tính làm việc role 87T

6.1.1. Sự cố trong máy biến áp(N1', N2', N3')

Xét sự cố ngắn mạch tại N1' chế độ min:

- Dòng ngắn mạch qua BI1: $I_{BI1} = 4,196$
- Dòng ngắn mạch qua BI2: $I_{BI2} = 2,554$
- Dòng ngắn mạch qua BI3: $I_{BI3} = 0$

Từ đó ta tính được:

$$I_{diff} = 4,196 - 2,554 = 1,642$$

$$IRTFA = 4,196 + 2,554 = 6,75$$

$$IOPFA = SLOPE1 \cdot IRTFA = 0,25 \cdot 6,75 = 1,588$$

Ta thấy $I_{diff} > IOPFA$ nên role tác động.

Tương tự ta có bảng dưới:

Chế độ cực tiểu 1 máy biến áp

Điểm sự cố	Loại sự cố	I_{diff}	IRTFA	IOPFA
N1'	$N^{(2)}$	1,6424	6,7504	1,588
	$N^{(1)}$	2,2198	7,7858	1,946
	$N^{(1,1)}$	2,0636	7,7956	1,9489
N2'	$N^{(2)}$	3,409	6,501	1,625
	$N^{(1)}$	4,024	7,636	1,909
	$N^{(1,1)}$	3,986	7,58	1,895
N3'	$N^{(2)}$	0,526	1,004	0,251

Chế độ cực tiểu 2 máy biến áp:

Điểm sự cố	Loại sự cố	I_{diff}	IRTFA	IOPFA
N1'	$N^{(2)}$	2,698	6,068	1,517
	$N^{(1)}$	3,538	7,176	1,794
	$N^{(1,1)}$	3,348	7,11	1,777
N2'	$N^{(2)}$	5,921	8,065	2,016
	$N^{(1)}$	7,701	10,213	2,553
	$N^{(1,1)}$	7,399	9,897	2,474
N3'	$N^{(2)}$	0,316	0,798	0,199

Nhận xét: Ta thấy trong mọi trường hợp $I_{diff} > IOPFA$ nên role đủ độ nhạy với sự cố trong.

6.1.2. Sự cố ngoài máy biến áp(N1, N2, N3)

Ta tính toán I_{diff} , IRTFA tương tự sự cố trong máy biến áp, IOPFA tính bằng SLOPE 2 thay vì SLOPE 1

Ta có bảng sau:

Chế độ cực đại 1 máy biến áp

Điểm sự cố	Loại sự cố	I_{diff}	IRTFA	IOPFA
N1	$N^{(3)}$	1,458	4,696	3,287
	$N^{(1)}$	1,172	4,636	3,245
	$N^{(1,1)}$	1,31	4,672	3,270
N2	$N^{(3)}$	1,751	5,637	3,946
	$N^{(1)}$	2,648	6,57	4,599
	$N^{(1,1)}$	2,343	6,249	4,374
N3	$N^{(3)}$	1,076	2,052	1,436

Chế độ cực đại 2 máy biến áp

Điểm sự cố	Loại sự cố	I_{diff}	IRTFA	IOPFA
N1	$N^{(3)}$	0,977	3,143	2,2
	$N^{(1)}$	0,669	3,175	2,222
	$N^{(1,1)}$	0,805	3,175	2,222
N2	$N^{(3)}$	1,257	4,047	2,832
	$N^{(1)}$	2,051	4,875	3,412
	$N^{(1,1)}$	1,83	4,64	3,248
N3	$N^{(3)}$	0,629	1,651	1,155

Nhận xét: Ta thấy trong mọi trường hợp $I_{diff} < IOPFA$ nên role sẽ đảm bảo hãm đối với các sự cố ngoài.

6.2. Bảo vệ quá dòng có hướng có thời gian trễ

Độ nhạy của bảo vệ được xác định theo biểu thức:

$$K_n = \frac{I_{Nmin}}{I_{kd}}$$

Trong đó:

$I_{N\min}$: là dòng ngắn mạch cực tiểu qua vị trí đặt bảo vệ khi có sự cố ở một trong các phía còn lại của máy biến áp.

I_{kd} : là dòng khởi động của bảo vệ.

- Bảo vệ quá dòng phía 220 kV

$$I_{N\min} = \min\{I_{N2\min}, I_{N3\min}\}$$

Dựa vào bảng tính toán ngắn mạch trong chế độ min ta có:

$$I_{N\min} = 0,641(kA)$$

$$I_{kd220} = 502,4 A$$

$$K_n = \frac{I_{N\min}}{I_{kd220}} = \frac{641}{502,4} = 1,28 > 1 \text{ thỏa mãn độ nhạy.}$$

- Bảo vệ quá dòng phía 110 kV

$$I_{N\min} = \min\{I_{N1\min}, I_{N3\min}\}$$

Dựa vào bảng tính toán ngắn mạch trong chế độ min ta có:

$$I_{N\min} = 1,365(kA)$$

$$I_{kd110} = 953,6 A$$

$$K_n = \frac{I_{N\min}}{I_{kd110}} = \frac{1365}{953,6} = 1,43 > 1,2 \text{ thỏa mãn độ nhạy.}$$

- Bảo vệ quá dòng phía 35 kV

Dựa vào bảng tính toán ngắn mạch trong chế độ min ta có:

$$I_{N\min} = 3,193(kA)$$

$$I_{kd35} = 3000 A$$

$$K_n = \frac{I_{N\min}}{I_{kd220}} = \frac{3193}{3000} = 1,06 > 1 \text{ thỏa mãn độ nhạy.}$$

6.3. Bảo vệ quá dòng TTK có hướng có thời gian trễ

Độ nhạy của rơle được xác định theo biểu thức:

$$K_{n0} = \frac{3I_{0N\min}}{I_{kd}}$$

Với $I_{0N\min}$ là dòng ngắn mạch TTK cực tiểu khi ngắn mạch trên thanh cái phía còn lại của máy biến áp.

I_{kd} : là dòng khởi động của bảo vệ.

- Bảo vệ quá dòng TTK phía 220 kV

$$I_{0N\min} = 0,258 kA$$

$$I_{0kd220} = 120 A$$

$$K_{n0} = \frac{3I_{0N\min}}{I_{kd}} = \frac{3.258}{120} = 6,45 > 1 \text{ thỏa mãn độ nhạy}$$

- Bảo vệ quá dòng TTK phía 110 kV

$$I_{0N\min} = 0,29 kA$$

$$I_{0kd220} = 160 A$$

$$K_{n0} = \frac{3I_{0N\min}}{I_{kd}} = \frac{3.290}{160} = 5,44 > 1 \text{ thỏa mãn độ nhạy}$$

Chương 7: Tìm hiểu đặc tính bảo vệ khoảng cách của các dòng rơle hãng Siemens

7.1. Giới thiệu về nguyên lý bảo vệ khoảng cách.

7.1.1. Tổng quan

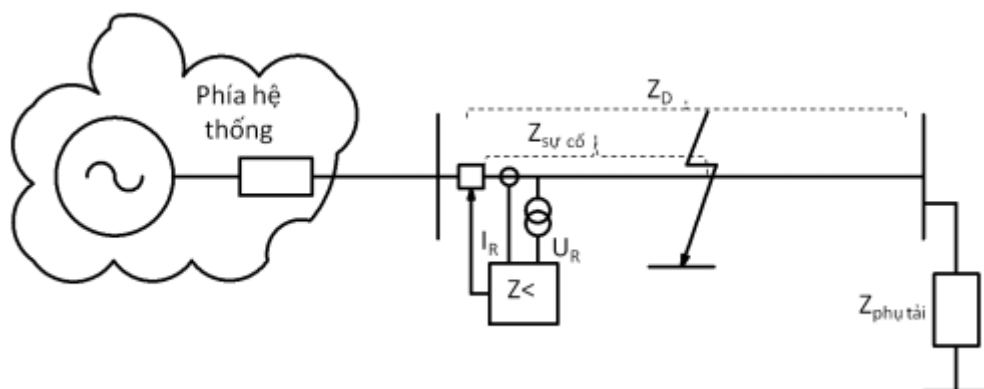
Nguyên lý bảo vệ khoảng cách là nguyên lý được sử dụng rộng rãi để bảo vệ các đường dây tải điện.

Vào đầu những năm thế kỉ 20, bảo vệ khoảng cách được xem là bảo vệ hoàn hảo nhất để bảo vệ những đường dây tải điện. Trải qua một thế kỉ, rơle khoảng cách được nghiên cứu rất rộng rãi và không ngừng cải tiến qua các thế hệ rơle cơ, rơle tĩnh đến các rơle số ngày nay. Tính năng của rơle khoảng cách nhất là những hợp bộ bảo vệ khoảng cách sử dụng kĩ thuật số hiện đại đã được mở rộng và đa dạng hơn nhiều so với những rơle trước đây.

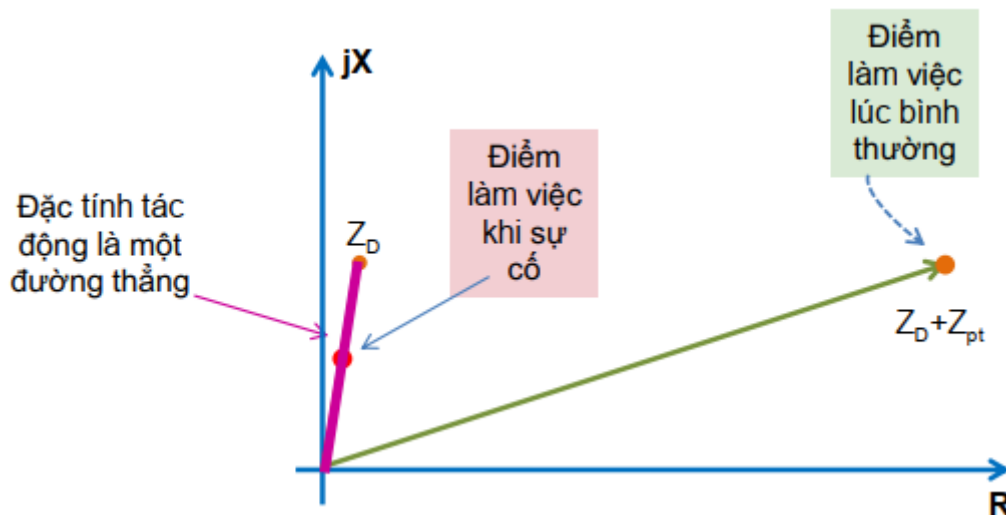
7.1.2. Nguyên lý hoạt động của bảo vệ khoảng cách

Bảo vệ khoảng cách dựa trên các giá trị dòng điện và điện áp tại điểm đặt rơle để xác định tổng trở sự cố, nếu tổng trở sự cố này nhỏ hơn giá trị tổng trở đã cài đặt trong rơle thì rơle sẽ tác động. Người ta sử dụng mặt phẳng tổng trở để biểu diễn sự làm việc của bảo vệ khoảng cách để thuận tiện cho việc phân tích tổng trở sự cố.

Xét một sơ đồ đơn giản:



Hình 7. 1. Sơ đồ minh họa nguyên lý bảo vệ khoảng cách



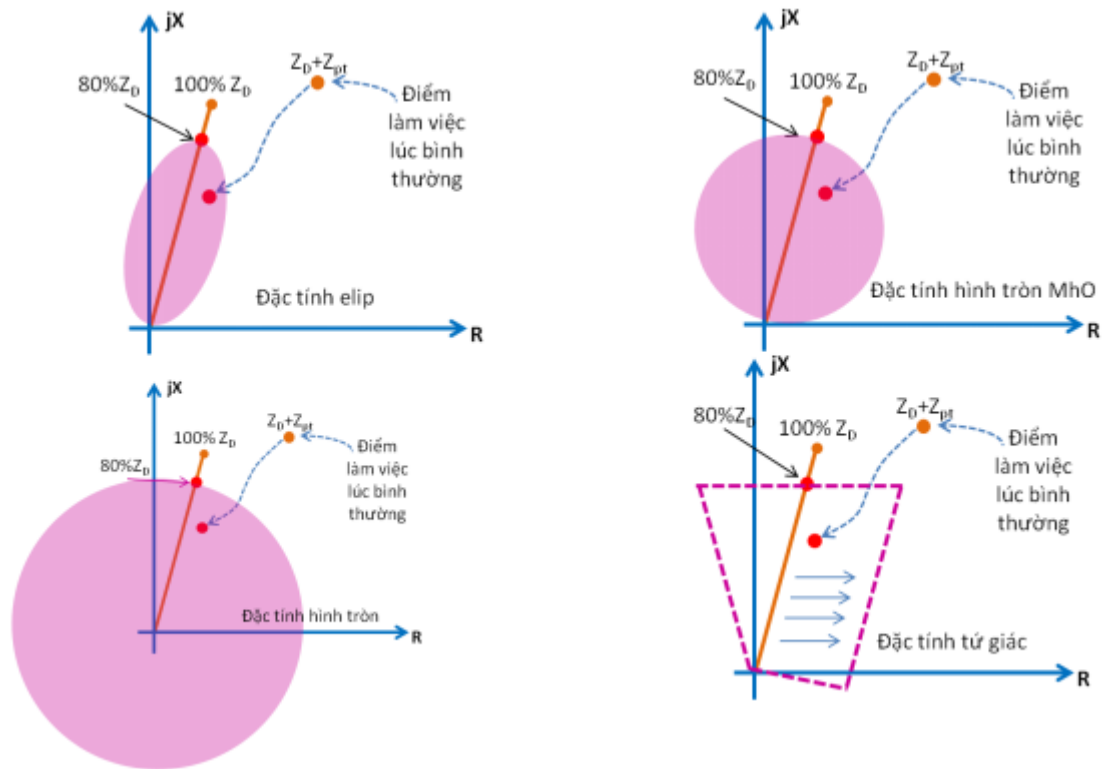
Hình 7. 2. Điểm làm việc lúc bình thường và sự cố trên mặt phẳng tổng trở

Ta thấy khi sự cố điểm làm việc luôn di chuyển từ điểm làm việc bình thường đến một điểm trên đường tổng trở đường dây, do đó có thể chỉ cần chế tạo đặc tính tác động của role là một đường thẳng trùng với đường tổng trở đường dây.

Tuy nhiên, do sai số và sự cố có thể xảy ra qua các tổng trở trung gian nên giá trị role đo được khi sự cố có thể rơi ra lân cận đường tổng trở đường dây. Nếu chỉ chế tạo đặc tính tác động là một đường thẳng thì role có thể sẽ không làm việc trong các trường hợp này. Để khắc phục thì các nhà chế tạo thường cố ý mở rộng đặc tính tác động về cả hai phía của đường dây, từ đó trở thành vùng tác động.

Trong thực tế, đặc tính làm việc được mở rộng theo nhiều dạng khác nhau giúp đáp ứng tốt hơn với mọi loại sự cố và chế độ vận hành của hệ thống.

Dưới đây là một số dạng đường đặc tính bảo vệ thường thấy của role bảo vệ khoảng cách:



Hình 7.3. Một số đặc tính bảo vệ của bảo vệ khoảng cách

7.2. Đặc tính bảo vệ khoảng cách của rơle hãng Siemens

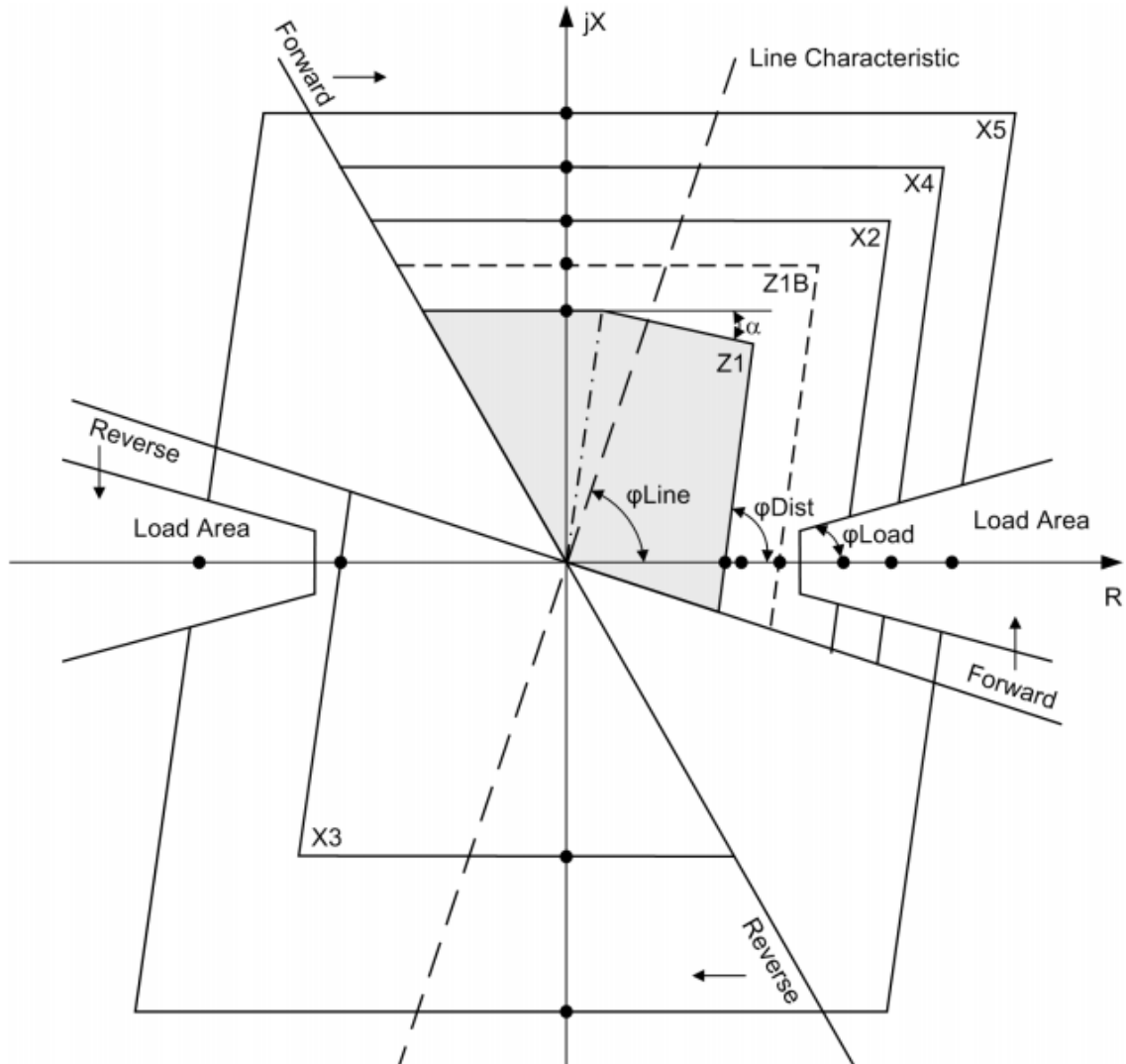
7.2.1. Đặc tính tứ giác

7.2.1.1. Hoạt động của đặc tính tứ giác.

Đặc tính tứ giác được thể hiện trong hình 7.1. Đối với rơle khoảng cách của Siemens (trong trường hợp này là rơle 7SA522), có tổng cộng có sáu vùng bảo vệ độc lập và một vùng điều khiển bổ sung cho mỗi loại sự cố (Z1B). Vùng Z6 không được thể hiện trong hình 7.1. Vùng bảo vệ đầu tiên được tô đậm và có hướng “thuận”. Vùng thứ 3 là hướng “nghịch”.

Nói chung, đa giác được xác định bằng hình bình hành cắt các trục tại các điểm có giá trị R và X cũng như độ nghiêng φ_{Dist} . Một vùng tải với cài đặt R_{Load} và φ_{Load} có thể được sử dụng để cắt vùng tổng trở tải ra khỏi tứ giác. Các tọa độ trục R , X có thể cài đặt riêng cho từng vùng; φ_{Dist} , R_{Load} và φ_{Load} là giá trị chung cho tất cả các vùng. Hình bình hành đối xứng qua gốc tọa độ R - X ; tuy nhiên, đặc tính hướng giới hạn phạm vi tác động ở các góc phần tư mong muốn (được trình bày trong phần xác định hướng bảo vệ bên dưới).

Phạm vi bảo vệ theo trục R có thể được đặt riêng cho các sự cố pha-pha và sự cố pha-đất để đạt được phạm vi bao phủ điện trở sự cố lớn hơn đối với các sự cố chạm đất nếu muốn.



Hình 7. 4. Đặc tính tứ giác

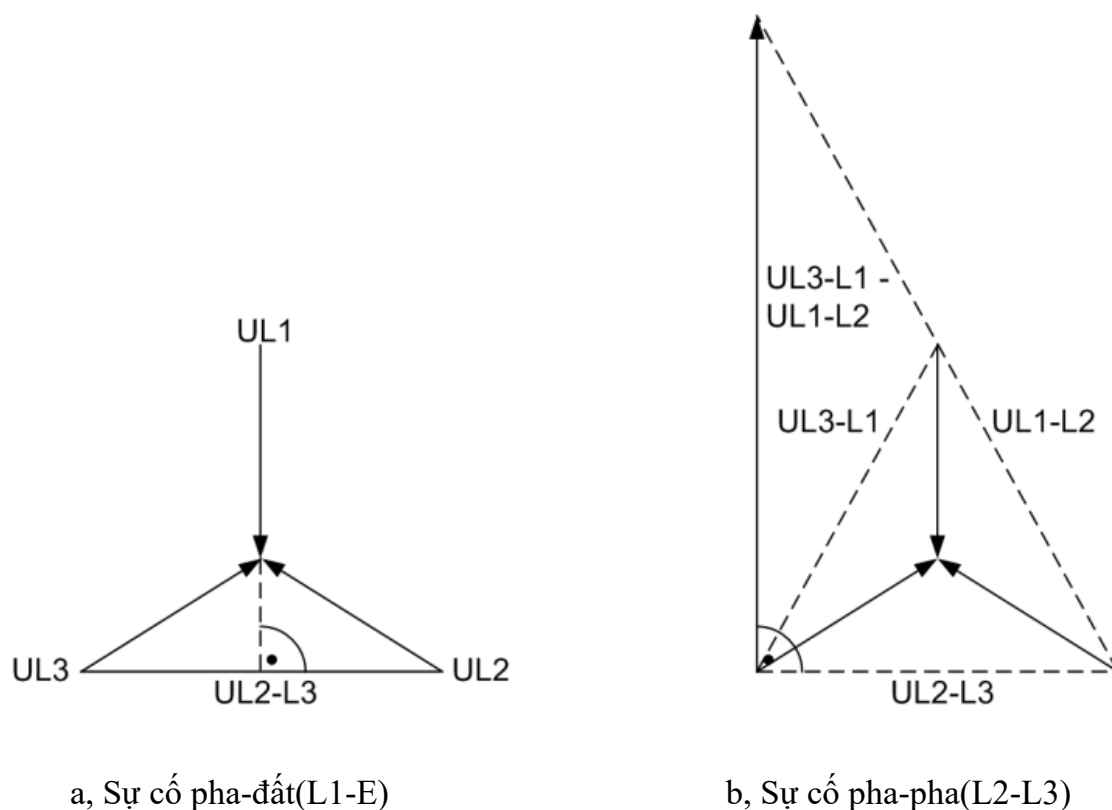
Đối với vùng bảo vệ đầu tiên Z1, tồn tại một độ nghiêng α có thể cài đặt bổ sung, có thể được sử dụng để ngăn sự overreach do thay đổi góc. Đối với Z1B và các vùng cao hơn, độ nghiêng này không tồn tại.

Vùng Z1B là vùng là vùng điều khiển được. Những vùng bình thường Z1 đến Z6 không bị ảnh hưởng bởi Z1B. Mặc định vùng này được cài theo hướng “Thuận” nhưng cũng có thể chuyển sang vùng “Ngược” hay “Không có hướng”. Vùng này thường được kết hợp với tự động đóng lại và/hoặc chức năng bảo vệ từ xa. Vùng này thường được

đặt ít nhất bằng 120% chiều dài đường dây. Thời gian trễ được đặt phù hợp với tùy loại ứng dụng, thường bằng 0 hoặc độ trễ rất nhỏ.

7.2.1.2. Xác định hướng sự cố.

Đối với mỗi loại sự cố, một vector tổng trở được sử dụng để xác định hướng ngắn mạch. Tuy nhiên, tùy thuộc vào “chất lượng” của các giá trị đo được, các kỹ thuật tính toán khác nhau được sử dụng. Ngay sau khi bắt đầu có sự cố, điện áp ngắn mạch bị nhiễu do quá độ. Do đó, điện áp được ghi nhớ trước khi bắt đầu sự cố được sử dụng trong tình huống này. Nếu ngay cả điện áp ngắn mạch ở trạng thái xác lập, trong trường hợp sự cố gần sẽ quá nhỏ để xác định hướng, lúc này điện áp không có sự cố sẽ được sử dụng. Về lý thuyết, điện áp này vuông góc với điện áp ngắn mạch thực tế đối với cả vòng dây pha-đất cũng như vòng dây pha-pha (Hình 7.2). Bảng 7.1 cho thấy sự phân bổ các giá trị đo được cho sáu loại sự cố để xác định hướng lỗi.



Hình 7. 5. Xác định hướng với điện áp không sự cố

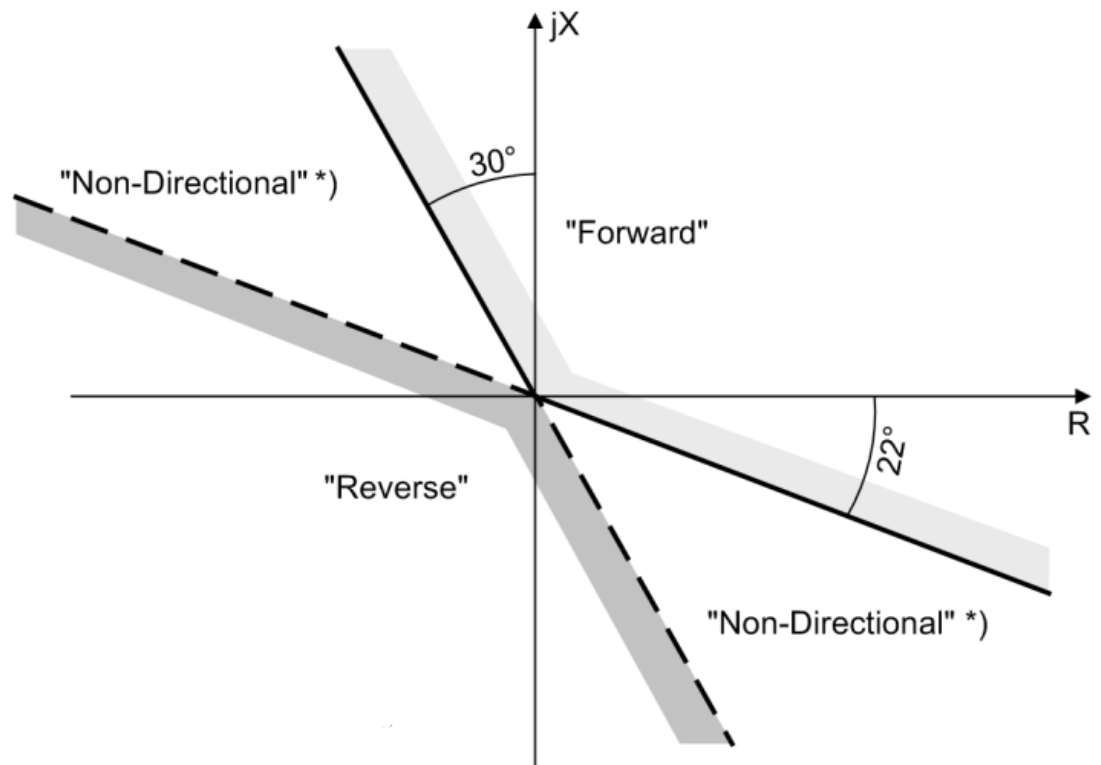
Sự cố	Dòng đo được	Điện áp ngắn mạch thực tế	Điện áp không sự cố
L1-E	\vec{I}_{L1}	\vec{U}_{L1-E}	$\vec{U}_{L2} - \vec{U}_{L3}$
L2-E	\vec{I}_{L2}	\vec{U}_{L2-E}	$\vec{U}_{L3} - \vec{U}_{L1}$
L3-E	\vec{I}_{L3}	\vec{U}_{L3-E}	$\vec{U}_{L1} - \vec{U}_{L2}$
L1-L2	$\vec{I}_{L1} - \vec{I}_{L2}$	$\vec{U}_{L1} - \vec{U}_{L2}$	$\vec{U}_{L2-L3} - \vec{U}_{L3-L1}$
L2-L3	$\vec{I}_{L2} - \vec{I}_{L3}$	$\vec{U}_{L2} - \vec{U}_{L3}$	$\vec{U}_{L3-L1} - \vec{U}_{L1-L2}$
L3-L1	$\vec{I}_{L3} - \vec{I}_{L1}$	$\vec{U}_{L3} - \vec{U}_{L1}$	$\vec{U}_{L1-L2} - \vec{U}_{L2-L3}$

Bảng 7. 1. Điện áp và dòng điện để xác định hướng sự cố

Hình 7.3 cho thấy đặc tính lý thuyết ở trạng thái xác lập. Từ điện áp và dòng điện đo được rơle tính toán ra tổng trở sự cố, tùy thuộc vào vị trí tổng trở sự cố thuộc vùng nào trên mặt phẳng R-X ta xác định được hướng của sự cố là “Thuận”, “Ngược” hay “Không hướng”.

Nếu không có điện áp đo được ở thời điểm hiện tại cũng như không có sẵn điện áp được ghi nhớ để xác định hướng, thì rơle sẽ chọn hướng Thuận. Trong thực tế, điều này chỉ có thể xảy ra khi máy cắt đóng trên đường dây không có điện và có sự cố trên đường dây này (ví dụ: đóng máy cắt trên đường dây đang nối đất).

Trong thực tế, đặc tính hướng khi sử dụng điện áp được ghi nhớ còn phụ thuộc vào cả tổng trở nguồn và dòng tải truyền qua đường dây trước khi bắt đầu sự cố.



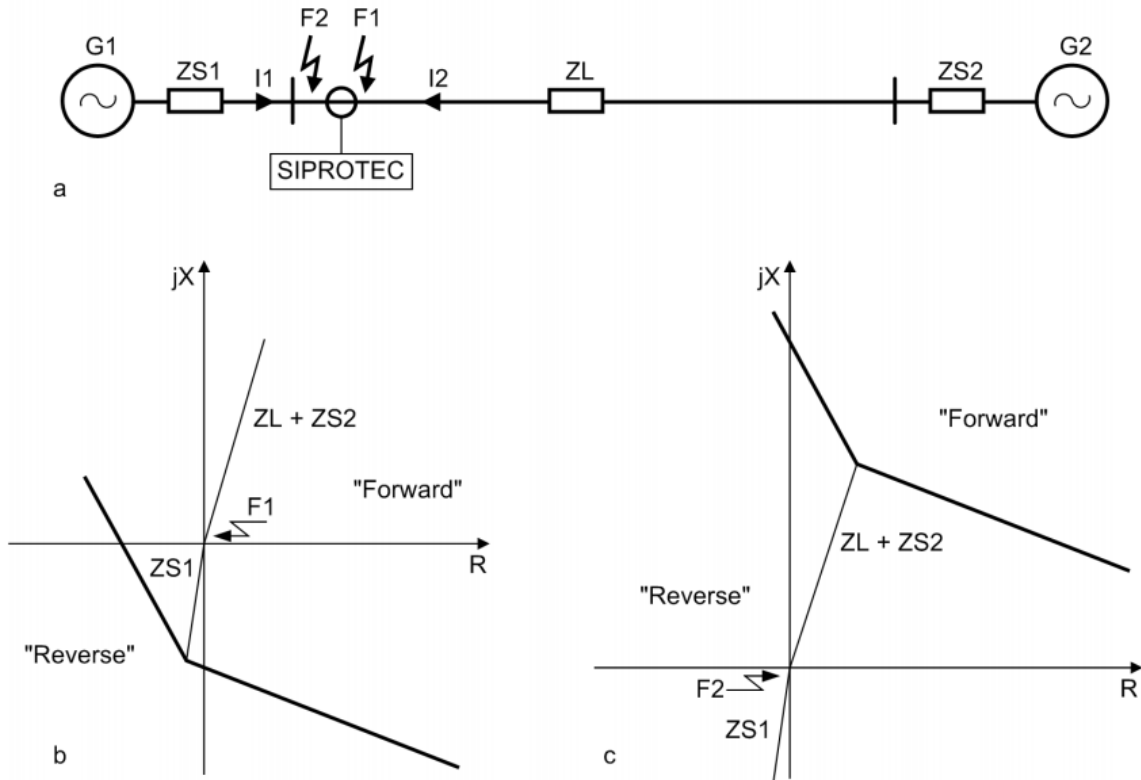
Hình 7. 6. Đặc tính hướng trên đồ thị R-X

Vùng “Non-Directional” là vùng không có đặc tính hướng, cả vùng này đều coi là vùng cắt.

7.2.1.3. Đặc điểm của đặc tính hướng.

Đặc tính lý thuyết ở trạng thái xác lập ở Hình 7.3 sử dụng điện áp ngắn mạch thực tế. Với việc sử dụng điện áp ghi nhớ, vị trí của đường đặc tính sẽ phụ thuộc vào cả tổng trở nguồn cũng như dòng tải truyền qua đường dây trước khi bắt đầu sự cố.

Hình 7.4 thể hiện đặc tính hướng sử dụng điện áp ghi nhớ cũng như tính đến trở kháng của nguồn (không xét dòng tải). Vì các điện áp này bằng với điện áp máy phát tương ứng \vec{E} và chúng không thay đổi sau khi bắt đầu sự cố, đặc tính hướng được thay đổi trong sơ đồ tổng trở R-X bởi một lượng tổng trở nguồn $Z_{S1} = E_1 / I_1$. Đối với vị trí sự cố F1 (Hình 7.4a) vị trí ngắn mạch ở hướng thuận và tổng trở nguồn ở hướng nghịch. Với tất cả các vị trí sự cố, cho đến sát biến dòng đều được cho là sự cố thuận (Hình 7.4b). Nếu đổi chiều dòng điện, vị trí của đặc tính hướng thay đổi đột ngột (Hình 7.4c). Dòng điện nghịch I_2 giờ đi qua biến dòng được xác định bởi $Z_{S2} + Z_L$. Khi có dòng tải được truyền qua đường dây, đặc tính hướng có thể bị xoay thêm bởi góc tải.



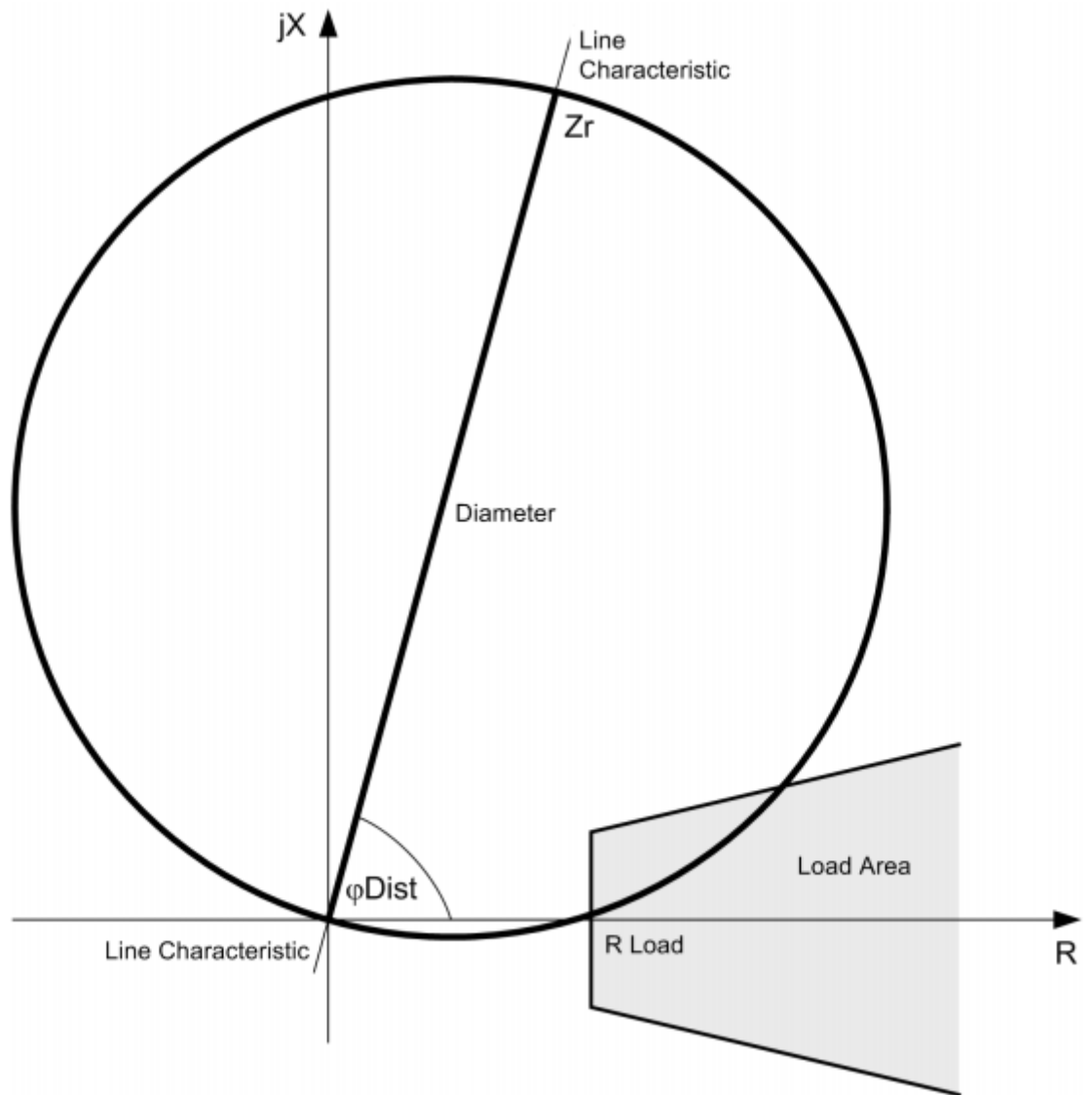
Hình 7. 7. Đặc tính hướng với điện áp ghi nhớ

7.2.2. Đặc tính MhO

7.2.2.1. Đặc tính cơ bản

Một đặc tính MHO được xác định cho từng vùng khoảng cách, đại diện cho đặc tính ngắt của vùng tương ứng. Tổng cộng có sáu vùng độc lập và một vùng bổ sung có thể điều khiển cho các loại sự cố. Hình dạng cơ bản của một đặc tính MHO cho 1 vùng được thể hiện trong Hình 7.5.

Đặc tính MHO được xác định bởi đường kính của nó qua gốc của hệ tọa độ, độ lớn của đường kính tương ứng với tổng trở Z_r xác định phạm vi bảo vệ và bởi góc nghiêng. Góc nghiêng của đặc tính MhO thường tương ứng với góc đường dây φ_{Line} . Một vùng tải hình thang với thông số R_{Load} và φ_{Load} có thể được sử dụng để cắt khu vực của tổng trở tải ra khỏi đặc tính. Z_r có thể đặt riêng cho từng vùng; góc nghiêng φ_{Dist} cũng như các tham số tải R_{Load} và φ_{Load} là chung cho mọi vùng. Vì đặc tính cắt gốc của hệ tọa độ nên không cần phải có đặc tính hướng riêng.



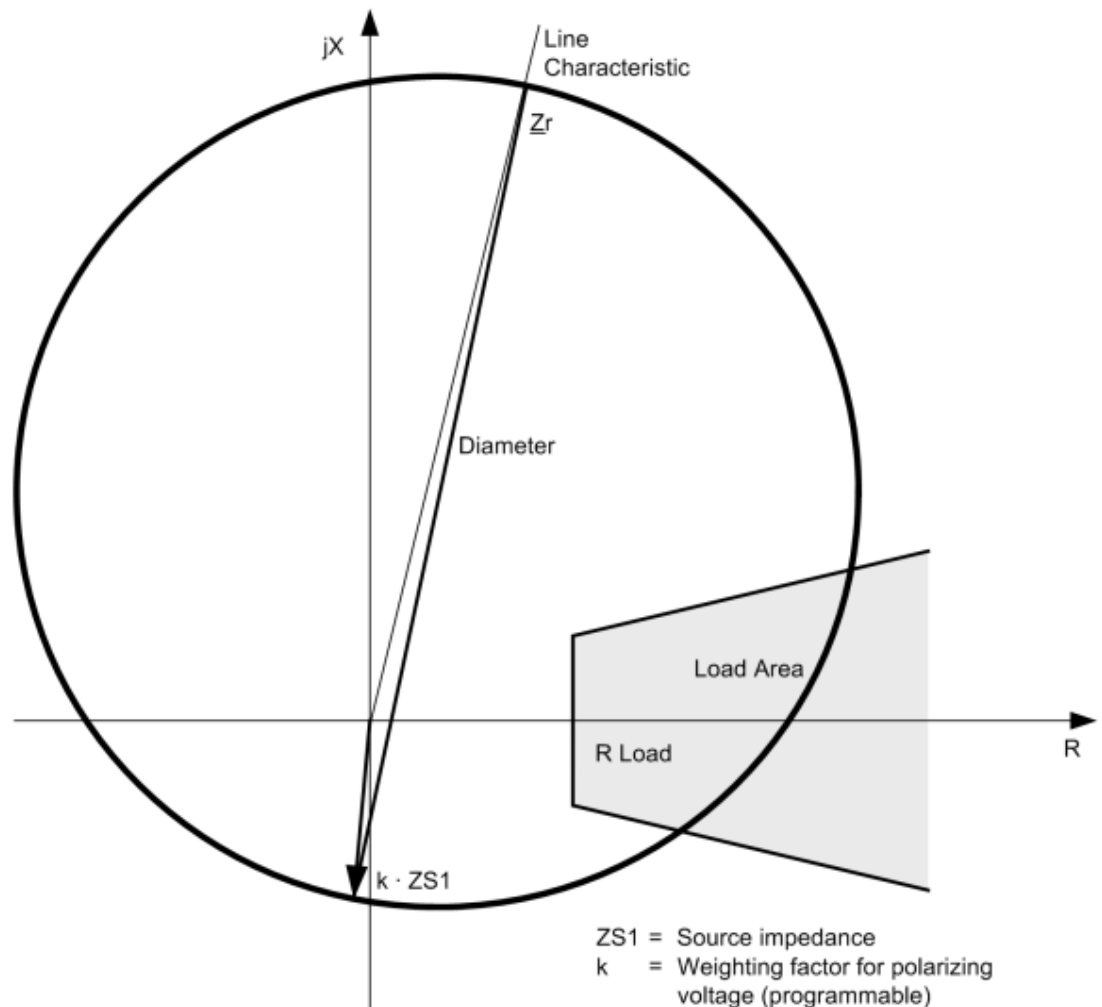
Hình 7. 8. Hình dạng cơ bản của một đặc tính MhO

7.2.2.2. Đặc tính MhO mở rộng.

Giống như các đường đặc tính đi qua gốc tọa độ khác, khu vực quanh gốc tọa độ của đặc tính MhO cũng không xác định được khi điện áp đo được bằng 0 hoặc quá nhỏ để đánh giá. Do đó đặc tính MhO được mở rộng. Phần mở rộng là phần cung tròn phía dưới, cung tròn phía xác định bằng Z_r trên giữ nguyên không đổi.

Ngay sau khi bắt đầu sự cố, điện áp ngắn mạch bị nhiễu do quá độ. Do đó, điện áp được ghi nhớ trước khi bắt đầu sự cố được sử dụng để mở rộng. Điều này gây ra sự dịch chuyển của cung tròn phía dưới bởi một tổng trở tương ứng với điện áp đã ghi nhớ (tham khảo Hình 7.6). Khi điện áp ngắn mạch được ghi nhớ quá nhỏ, điện áp không sự

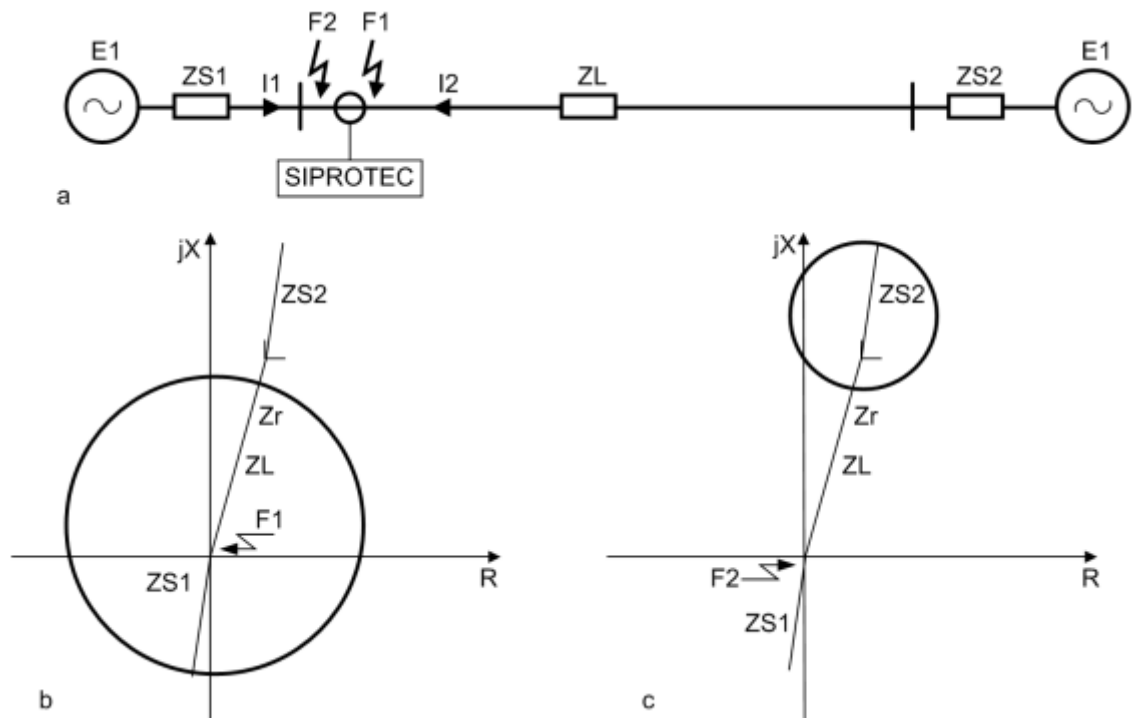
cổ sẽ được sử dụng. Về lý thuyết, điện áp này vuông góc với điện áp của vòng sự cố cho cả vòng pha-đất cũng như vòng pha-pha. Điện áp không sự cố cũng gây ra sự dịch chuyển của đỉnh thấp hơn của đặc tính MHO.



Hình 7. 9. Đặc tính MhO mở rộng

Do điện áp được ghi nhớ bằng điện áp máy phát tương ứng \vec{E} và không thay đổi sau khi bắt đầu sự cố (tham khảo Hình 7.7), cung tròn dưới được dịch chuyển trong sơ đồ tổng trở R-X bởi một lượng $k \cdot \overline{Z_{S1}} = k \cdot \overline{E_1} / \overline{I_1}$. Cung tròn trên vẫn được xác định bởi giá trị cài đặt Z_r . Đối với vị trí sự cố F1 (Hình 7.7a), ngắn mạch theo hướng thuận và trở kháng nguồn theo hướng ngược lại. Tất cả các vị trí sự cố cho đến vị trí lắp đặt thiết bị (máy biến dòng) đều rõ ràng bên trong đặc tính MhO (Hình 7.7b). Nếu đổi chiều dòng điện thì vị trí và đường kính của đặc tính thay đổi đột ngột (Hình 7.7c). Dòng điện ngược

\vec{I}_2 xác định bởi tổng trở nguồn $Z_{S2} + Z_L$ giờ đi qua vị trí biến dòng. Z_r không thay đổi nhưng giờ nằm dưới của đường kính của đặc tính.



Hình 7. 10. Đặc tính MhO mở rộng với điện áp ghi nhớ

Tài liệu tham khảo

1. **Trần Đình Long**, *Bảo vệ các hệ thống điện*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2010.
2. **Lã Văn Út**, *Ngắn mạch trong hệ thống điện*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2009.
3. **SIEMENS**, *Multi-Functional Protective Relay with Local Control*, Manual, 2012
4. **SEL**, *SEL-311L-1, -7 Relay Protection and Automation System Instruction Manual*, 2011
5. **SEL**, *SEL-487E-3, -4 Relay Current Differential and Voltage Protection Instruction Manual*, 2017
6. **SIEMENS**, *SIPROTEC Distance Protection 7SA522 V4.70 Manual*.
7. **SIEMENS**, *SIPROTEC Distributed Busbar/ Breaker Failure Protection 7SS522 V4.6; 7SS523 V3.2; 7SS525 V3.2 Manual*