

**NHIỆM VỤ THIẾT KẾ ĐỒ ÁN MÔN HỌC
PHÂN NHÓM BẢO VỆ & ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN**

Họ và tên: Vũ Năng Dương

Mã số SV: 20140901

Lớp: KT-Điện 02

Ngành học: Hệ thống điện

Giáo viên hướng dẫn: Nguyễn Đức Huy

Chữ ký:

I. Đầu đề thiết kế

Tính toán thiết kế hệ thống bảo vệ rơle cho trạm biến áp 110/23/10,5kV.

II. Các số liệu ban đầu

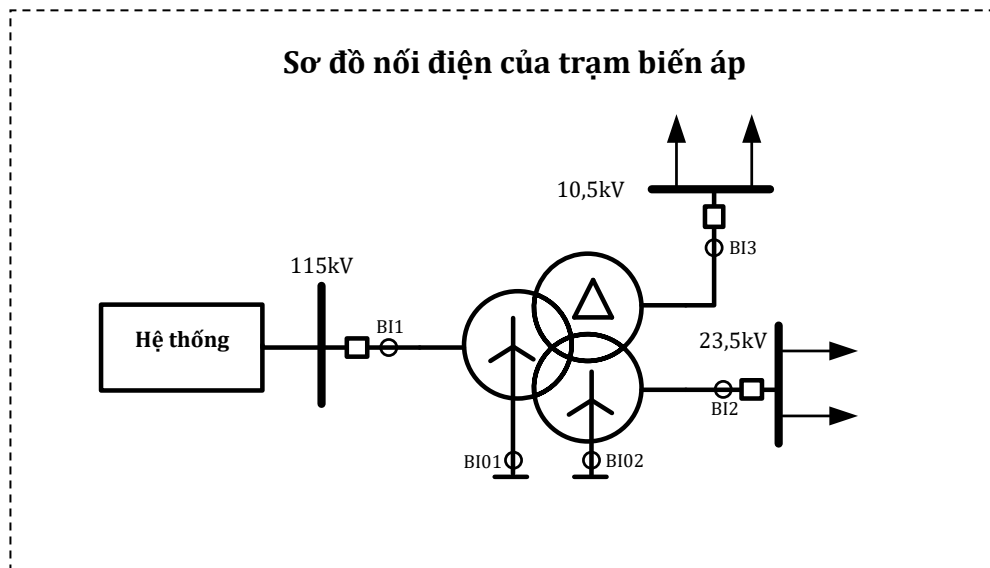
Hệ thống						
$S_{N^{(3)}}_{\max}$ (MVA)	1800	1850	1900	1950	2000	2050
Tỷ số $S_{N^{(3)}}_{\min}/S_{N^{(3)}}_{\max}$	0.6	0.63	0.67	0.70	0.73	0.75
Tỷ số X_{0HT}/X_{1HT}	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45
Máy biến áp						
S_{dm} (MVA)	16	25	32	40	63	125
Tổ đấu dây	$Y_0 - Y_0 - \Delta_{11}$					
Điện áp ngắn mạch	$U_N^{C-T} = 10,5\%$; $U_N^{C-H} = 17\%$; $U_N^{T-H} = 6\%$					
Cấp điện áp (kV)	$U_C/U_T/U_H = 115/23,5/10,5$					
Phạm vi điều chỉnh đầu phân áp	$\pm 9 \times 1,78\%$					

III. Các nội dung chính của đồ án

- Tính toán ngắn mạch.
 - Tính toán ngắn mạch ở chế độ max
 - Tính toán ngắn mạch ở chế độ min
- Lựa chọn sơ đồ phương thức của hệ thống bảo vệ rơle.
 - Sơ lược về nguyên lý bảo vệ quá dòng và bảo vệ so lệch
 - Đề xuất phương thức bảo vệ cho trạm biến áp
- Lựa chọn và giới thiệu tính năng chính của các rơle
 - Lựa chọn và giới thiệu tính năng rơle quá dòng
 - Lựa chọn và giới thiệu tính năng rơle so lệch bảo vệ MBA
- Tính toán chỉnh định và kiểm tra sự làm việc của hệ thống rơle bảo vệ.
 - Chỉnh định các bảo vệ quá dòng và kiểm tra độ nhạy
 - Chỉnh định bảo vệ so lệch MBA và xác định điểm làm việc trên đặc tính của rơle khi sự cố.

IV. Bản vẽ yêu cầu

1. Sơ đồ phương thức của hệ thống bảo vệ role và các kết quả chỉnh định, kiểm tra độ nhạy



MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. MÔ TẢ ĐỐI TƯỢNG BẢO VỆ VÀ THÔNG SỐ CHÍNH	1
1.1. Mô tả đối tượng.....	1
1.2. Thông số chính.....	1
1.2.1. Hệ thống điện.....	1
1.2.2. Máy biến áp.	1
CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH PHỤC BẢO VỆ RƠ LE.....	2
2.1. Giới thiệu chung.....	2
2.1.1. Mục đích của tính toán ngắn mạch.	2
2.1.2. Các giả thiết khi tính toán ngắn mạch.	2
2.2. Tính toán ngắn mạch.....	3
2.2.1. Lựa chọn các đại lượng cơ bản.	3
2.2.2. Tính toán thông số các phần tử.....	3
2.3. Chế độ ngắn mạch cực đại.	4
2.3.1. Điểm ngắn mạch N_1	4
2.3.2. Điểm ngắn mạch N_1'	6
2.3.3. Điểm ngắn mạch N_2	8
2.3.4. Điểm ngắn mạch N_2'	11
2.3.5. Điểm ngắn mạch N_3	11
2.3.6. Điểm ngắn mạch N_3'	11
2.4. Chế độ ngắn mạch cực tiểu.....	12
2.4.1. Điểm ngắn mạch N_1'	12
2.4.2. Điểm ngắn mạch N_1'	14
2.4.3. Điểm ngắn mạch N_2	15
2.4.4. Điểm ngắn mạch N_2'	19
2.4.5. Điểm ngắn mạch N_3	19
2.4.6. Điểm ngắn mạch N_3'	19
2.5. Bảng tổng hợp kết quả tính toán ngắn mạch.....	20
CHƯƠNG 3. LỰA CHỌN PHƯƠNG THỨC BẢO VỆ MÁY BIẾN ÁP.	22
3.1. Các dạng hư hỏng và chế độ làm việc không bình thường của máy biến áp.-	22
3.2. Các loại bảo vệ đặt cho máy biến áp.	23
3.2.1. Những yêu cầu với thiết bị bảo vệ hệ thống điện.	23
3.2.2. Bảo vệ chính cho máy biến áp.....	24

3.2.3.	Bảo vệ dự phòng.....	27
3.3.	Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến áp.....	29
CHƯƠNG 4. GIỚI THIỆU TÍNH NĂNG VÀ THÔNG SỐ CÁC LOẠI		
ROLE.....		
4.1.	Rơ le bảo vệ so lệch 7UT163.....	31
4.1.1.	Giới thiệu tổng quan về rơ le 7UT613.....	31
4.1.2.	Một số thông số kỹ thuật của Rơ le 7UT163.....	31
4.1.3.	Chức năng bảo vệ so lệch máy biến áp của rơ le 7UT613.	33
4.1.4.	Chức năng bảo vệ chống chạm đất hạn thế (REF) của rơ le 7UT613.	37
4.1.5.	Chức năng bảo vệ quá dòng của rơ le 7UT613.	40
4.1.6.	Chức năng bảo vệ chống quá tải.....	40
4.2.	Rơ le hợp bộ quá dòng số 7SJ621.....	41
4.2.1.	Giới thiệu tổng quan về rơ le 7SJ621.	41
4.2.2.	Các chức năng bảo vệ giám sát.....	42
4.2.3.	Một số thông số kỹ thuật của rơ le 7SJ621.....	45
CHƯƠNG 5. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA RƠ LE VÀ KIỂM TRA SỰ		
LÀM VIỆC CỦA BẢO VỆ.....		
5.1.	Chọn máy biến dòng điện, máy biến điện áp.....	47
5.1.1.	Máy biến dòng điện.	47
5.1.2.	Máy biến điện áp.....	49
5.2.	Các chức năng bảo vệ cho rơ le 7UT613.....	50
5.2.1.	Chức năng bảo vệ so lệch có hãm 87T.	50
5.2.2.	Bảo vệ chống chạm đất hạn chế (REF): $(\Delta I_0 / 87N)$	51
5.2.3.	Cài đặt chức năng 49 (chống quá tải MBA).	52
5.3.	Cài đặt chức năng bảo vệ cho rơ le 7SJ621.	52
5.3.1.	Bảo vệ quá dòng cắt nhanh: $(I_{0>>}/50)$	52
5.3.2.	Bảo vệ quá dòng thứ tự không cắt nhanh $(I_0 > 50N)$	53
5.3.3.	Bảo vệ quá dòng có thời gian $(I > / 51)$	53
5.3.4.	Bảo vệ quá dòng thứ tự không có thời gian $(I_0 > / 51N)$	54
5.4.	Kiểm tra độ nhạy của các chức năng bảo vệ.....	55
5.4.1.	Kiểm tra độ nhạy của các chức năng bảo vệ quá dòng.....	55
5.4.2.	Kiểm tra độ nhạy của bảo vệ so lệch $87/\Delta I$	57
5.4.3.	Kiểm tra độ nhạy bảo vệ so lệch TTK $(87N / \Delta I_0)$	62

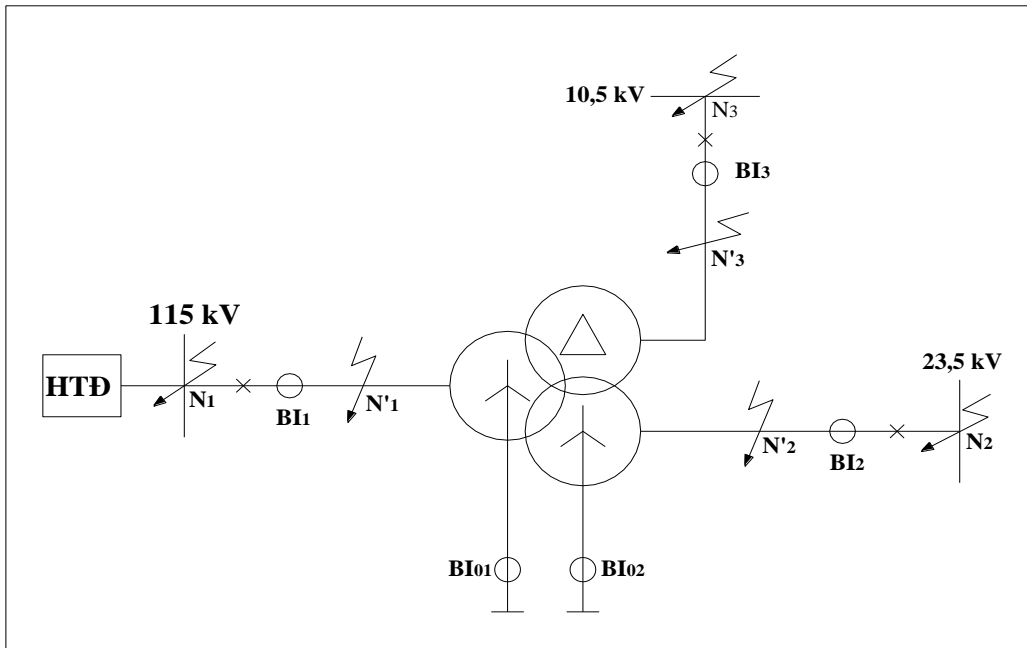
CHƯƠNG 6. SỬ DỤNG PHẦN MỀM PSS SINCAL ĐỂ TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH VÀ KIỂM TRA TÁC ĐỘNG CỦA RƠ LE BẢO VỆ.....	64
6.1. Giới thiệu về phần mềm PSS SINCAL.....	64
6.2. Sử dụng phần mềm mô phỏng đối tượng bảo vệ.	64
6.3. Tính toán ngắn mạch trên sơ đồ mô phỏng.....	65
6.3.1. Thực hiện tính toán ngắn mạch trên phần mềm.	65
6.3.2. Kết quả tính toán ngắn mạch bằng phần mềm PSS SINCAL.	65
6.3.3. Kiểm tra khả năng tác động của rơ le quá dòng trên phần mềm.	67
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	69

CHƯƠNG 1. MÔ TẢ ĐỐI TƯỢNG BẢO VỆ VÀ THÔNG SỐ CHÍNH



1.1. Mô tả đối tượng.

Đối tượng được bảo vệ là máy biến áp 115/23,5/10,5kV. Hệ thống điện (HTĐ) cung cấp đến thanh góp 115kV của trạm biến áp qua lộ đường dây, phía hạ áp của trạm có điện áp 23,5kV và 10,5kV để đưa đến các phụ tải.



Hình 0.1 sơ đồ bảo vệ trạm biến áp.

1.2. Thông số chính.

1.2.1. Hệ thống điện

Trạm có các thanh góp phía 115kV nối với hệ thống qua lộ đường dây với các thông số như sau:

$$S_{N_{max}}^{(3)} = 2000(MVA); \frac{S_{N_{min}}^{(3)}}{S_{N_{max}}^{(3)}} = 0,63; \frac{X_{0HT}}{X_{1HT}} = 1,35$$

1.2.2. Máy biến áp.

Công suất: $S_{dmBA} = 40(MVA)$

Tổ đấu dây: $Y_0 - Y_0 - \Delta_{11}$

Điện áp ngắn mạch %: $U_N^{C-T} = 10,5\%; U_N^{C-H} = 17\%; U_N^{T-H} = 6,5\%$

CHƯƠNG 2.

TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH PHỤC BẢO VỆ RƠ LE



2.1. Giới thiệu chung.

2.1.1. Mục đích của tính toán ngắn mạch.

Tính toán ngắn mạch nhằm xác định được dòng điện sự cố lớn nhất (Max) và nhỏ nhất (Min) có thể chạy qua BI đến role để phục vụ cho:

- Tính toán chỉnh định role và kiểm tra độ an toàn hãm của các role 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 sơ đồ và tiến hành tính toán ngắn mạch, ta cần có những giả thiết đơn giản hóa, nhằm làm giảm đáng kể khối lượng tính toán trong khi vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết.

Một số giả thiết khi tính ngắn mạch:

- *Tần số hệ thống không thay đổi*
Thực tế sau khi xảy ra ngắn mạch, công suất của các máy phát thay đổi đột ngột dẫn đến mất cân bằng mômen quay và tốc độ quay bị thay đổi trong quá trình quá độ nên tần số hệ thống bị thay đổi. Tuy nhiên việc tính toán ngắn mạch được thực hiện ở giai đoạn đầu nên sự biến thiên tốc độ chưa đáng kể. Từ đó giả thiết tần số hệ thống không đổi không mắc sai số nhiều, đồng thời làm giảm đáng kể lượng phép tính.
- *Bỏ qua bão hòa mạch từ*
Khi ngắn mạch, mức độ bão hòa mạch từ ở một số phần tử 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 sự 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 ba pha luôn đối xứng. Thực tế là hệ số không đối xứng của các suất điện động không đáng kể.

2.2. Tính toán ngắn mạch.

2.2.1. Lựa chọn các đại lượng cơ bản.

Tính toán ngắn mạch thường được thực hiện trong đơn vị tương đối, và ta chọn các đại lượng cơ bản như sau: $S_{cb} = S_{dmBA} = 40$ (MVA)

$$U_{cb} = U_{tbcaccap}$$

$$U_{cb1} = U_{tb1} = 115(kV)$$

$$U_{cb2} = U_{tb2} = 23,5(kV)$$

$$U_{cb3} = U_{tb3} = 10,5(kV)$$

Các dòng điện cơ bản được xác định như sau:

$$I_{cb1} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb1}} = \frac{40}{\sqrt{3}.115} = 0,201 \text{ (kA)}$$

$$I_{cb2} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb2}} = \frac{40}{\sqrt{3}.23,5} = 0,983 \text{ (kA)}$$

$$I_{cb3} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb3}} = \frac{40}{\sqrt{3}.10,5} = 2,199 \text{ (kA)}$$

2.2.2. Tính toán thông số các phần tử.

- **Điện kháng của hệ thống**

- ✓ Chế độ cực đại

- ❖ Điện kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch

$$X_{1max}^{HT} = X_{2max}^{HT} = \frac{S_{dm}^{BA}}{S_{Nmax}^{HT}} = \frac{40}{2000} = 0,02$$

- ❖ Điện kháng thứ tự không

$$X_{0max}^{HT} = 1,35.X_{1max}^{HT} = 1,35.0,02 = 0,027$$

- ✓ Chế độ cực tiểu

- ❖ Điện kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch

$$X_{1min}^{HT} = X_{2min}^{HT} = \frac{S_{dm}^{BA}}{S_{Nmin}^{HT}} = \frac{40}{1260} = 0,032$$

- ❖ Điện kháng thứ tự không

$$X_{0min}^{HT} = 1,35.X_{1min}^{HT} = 1,35.0,032 = 0,043$$

- **Tính toán các thông số của máy biến áp**

Theo đề bài ta có điện áp ngắn mạch của các cuộn dây

$$U_N^{C-T} = 10,5\%; U_N^{C-H} = 17\%; U_N^{T-H} = 6,5\%$$

$$U_N^C \% = \frac{1}{2}(U_{C-T} \% + U_{C-H} \% - U_{T-H} \%) = \frac{1}{2}(10,5 + 17 - 6,5) = 10,5\%$$

$$U_N^T \% = \frac{1}{2}(U_{C-T} \% + U_{T-H} \% - U_{C-H} \%) = \frac{1}{2}(10,5 + 6,5 - 17) = 0\%$$

$$U_N^H \% = \frac{1}{2}(U_{C-H} \% + U_{T-H} \% - U_{C-T} \%) = \frac{1}{2}(17 + 6,5 - 10,5) = 6,5\%$$

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

$$X_C = \frac{U_N^C \%}{100} = \frac{10,5}{100} = 0,105$$

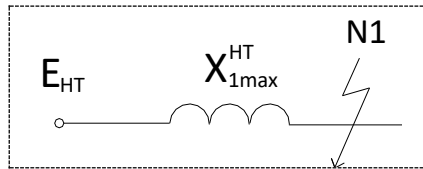
$$X_T = \frac{U_N^T \%}{100} = \frac{0}{100} = 0$$

$$X_H = \frac{U_N^H \%}{100} = \frac{6,5}{100} = 0,065$$

2.3. Chế độ ngắn mạch cực đại.

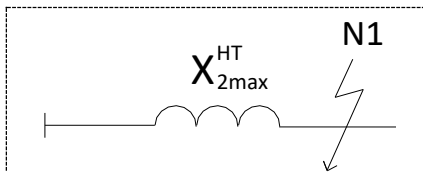
2.3.1. Điểm ngắn mạch N_1 .

❖ Ta có sơ đồ thay thế thứ tự thuận:



Hình 2.1: Sơ đồ thay thế thứ tự thuận

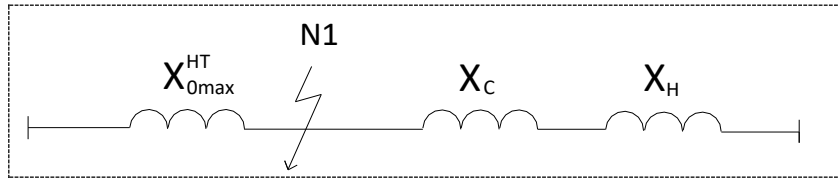
❖ Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch:



Hình 2.2: Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

$$X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma} = X_{1max}^{HT} = 0,020$$

❖ Sơ đồ thứ tự không



Hình 2.3: sơ đồ thay thế thứ tự không

$$X_{0\Sigma} = X_{0max}^{HT} // (X_C + X_H) = \frac{0,027 \cdot (0,105 + 0,065)}{0,027 + (0,105 + 0,065)} = 0,023$$

• **Dạng ngắn mạch N⁽³⁾**

Khi ngắn mạch ba pha tại N₁ khi đó dòng ngắn mạch không chạy qua BI.

• **Dạng ngắn mạch N⁽¹⁾**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{0\Sigma} = I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{1}{0,020 + 0,020 + 0,023} = 15,873$$

Vì dòng thứ tự thuận và thứ nghịch chạy qua BI₁ là bằng 0 nên dòng điện tổng chạy qua BI₁ trong trường hợp này chỉ có thành phần dòng điện thứ tự không chạy qua trung tính máy biến áp:

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_{0max}^{HT}}{X_{0max}^{HT} + X_C + X_H} = 15,873 \cdot \frac{0,027}{0,027 + 0,105 + 0,065} = 2,175$$

Dòng điện thứ tự không chạy qua BI₀₁:

$$I_{0BI01} = 3 \cdot I_{0BI1} = 3 \cdot 2,175 = 6,525$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃ và BI₀₂.

• **Dạng ngắn mạch hai pha chạm đất N^(1,1)**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{1\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}} = \frac{1}{0,02 + \frac{0,02 \cdot 0,023}{0,02 + 0,023}} = 32,576$$

$$I_{2\Sigma} = -I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -32,576 \cdot \frac{0,023}{0,023 + 0,02} = -17,424$$

$$I_{0\Sigma} = -I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -32,576 \cdot \frac{0,020}{0,020 + 0,023} = -15,152$$

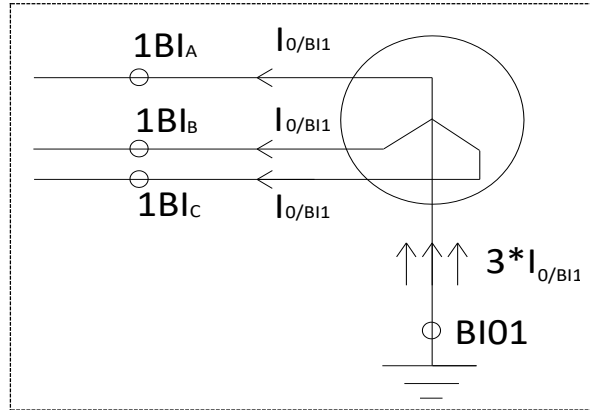
Vì cách phân bố dòng sự cố giống như trong trường hợp ngắn mạch 1 pha nên dòng qua BI₁ chỉ có thành phần dòng thứ tự không chạy qua trung tính máy biến áp.

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng thứ tự không chạy qua BI₁ là:

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_{0HT}}{X_{0HT} + X_C + X_H} = -15,152 \cdot \frac{0,027}{0,027 + 0,105 + 0,065} = -2,077$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**



Hình 2.4 Sơ đồ dòng thứ tự không chạy qua các pha của BI₁ và BI₀₁
Dòng điện thứ tự không chạy qua BI₀₁ là:

$$I_{0BI01} = 3 \cdot (-2,077) = -6,231$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃ và BI₀₂.

Để cho rơ le của bảo vệ so lệch không bị tác động nhầm thì ta cần loại bỏ thành phần thứ tự không: $I_{f(-0)BI1} = I_{fBI1} - I_{0BI1} = 0$

2.3.2. Điểm ngắn mạch N₁'.

Ta có sơ đồ thay thế giống trường hợp ngắn mạch tại điểm N₁

• **Dạng ngắn mạch N⁽³⁾**

Dòng pha chạy qua BI₁ là : $I_{N1}^{(3)} = \frac{E_{HT}}{X_{1max}} = \frac{1}{0,02} = 50$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃, BI₀₁, BI₀₂.

• **Dạng ngắn mạch N⁽¹⁾**

$$I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = I_{0\Sigma} = 15,152$$

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng điện thành phần đối xứng chạy qua BI₁ là:

$$I_{1BI1} = I_{2BI1} = I_{1\Sigma} = 15,152$$

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} - I_{0BI1}^{N1} = 15,152 - 2,175 = 12,977$$

Dòng điện pha qua BI₁ là:

$$I_{fBI1} = I_{1BI1} + I_{2BI1} + I_{0BI1} = 15,152 + 15,152 + 12,977 = 43,281$$

Dòng điện qua BI₁ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-0)BI1} = I_{fBI1} - I_{0BI1} = 43,281 - 13,977 = 29,304$$

➤ Dòng qua BI₀₁

Dòng điện chạy qua BI₀₁ ta đã tính được ở trên là:

$$I_{0BI01} = 6,525$$

Không có dòng điện chạy qua các BI₂, BI₃, BI₀₂

• Dạng ngắn mạch hai pha chạm đất N^(1,1)

Theo kết quả tính toán phần trên ta có:

$$I_{1\Sigma} = 32,576 ; I_{2\Sigma} = -17,424 ; I_{0\Sigma} = -15,152$$

➤ Dòng qua BI₁

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₁ là:

$$I_{1BI1} = I_{1\Sigma} = 32,576$$

$$I_{2BI1} = I_{2\Sigma} = -17,424$$

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} - I_{0BI1}^{N(1,1)} = -15,152 + 2,077 = -13,075$$

Khi ngắn mạch 2 pha chạm đất thì pha đặc biệt chính là pha không bị sự cố (giả sử là pha A). Các dòng điện tính ra và phân bố là tính cho pha A. vậy nên ta có:

$$I_{a1} = I_{1BI1} = 32,576$$

$$I_{a2} = I_{2BI1} = -17,424$$

$$I_{a0} = I_{0BI1} = -13,075$$

Dòng sự cố chạy qua BI₁ trong trường hợp này là dòng của pha B và pha C. Nhưng vì dòng sự cố pha B và pha C có giá trị biên độ bằng nhau nhưng ngược dấu nên ta có:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{fBI1} &= a^2 \cdot \dot{I}_{1BI1} + a \cdot \dot{I}_{2BI1} + \dot{I}_{0BI1} \\ &= (e^{j120})^2 \cdot 32,576 - e^{j120} \cdot 17,424 - 13,075 = 47,974 \angle -115,497 \end{aligned}$$

Dòng qua BI₁ khi đã loại đi thành phần thứ tự không là:

$$i_{f(-)BI1} = i_{fBI1} - i_{0BI1} = 47,974 \angle -115,497 + 13,075 \angle 0 = 43,960 \angle -99,924$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**

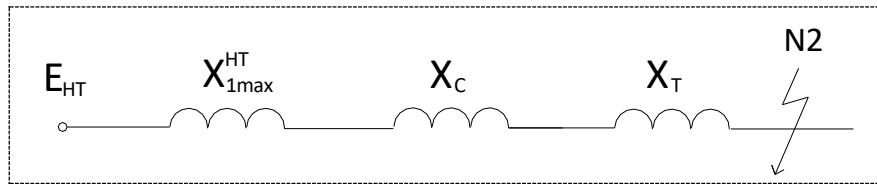
Dòng điện chạy qua BI₀₁ là:

$$I_{fBI01} = -6,231$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃ và BI₀₂

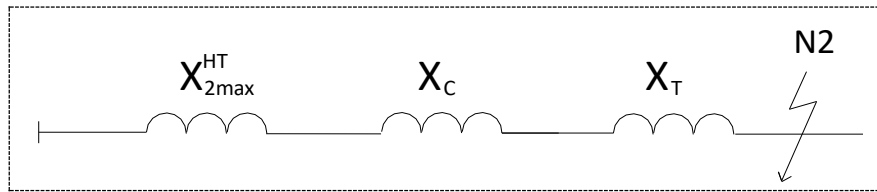
2.3.3. *Điểm ngắn mạch N₂.*

➤ Sơ đồ thay thế thứ tự thuận



Hình 2.5: Sơ đồ thay thế thứ tự thuận

➤ Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

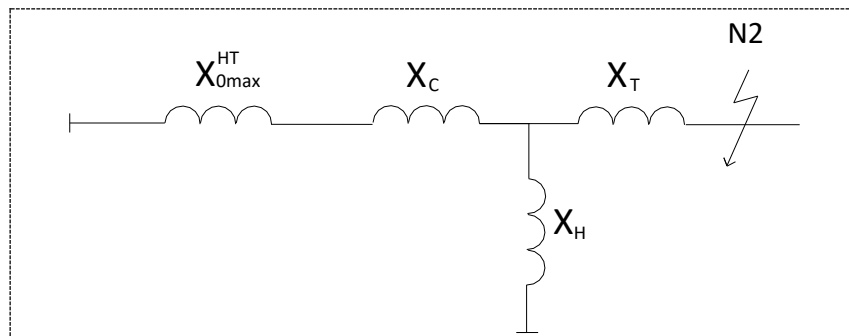


Hình 2.6: Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

Ta có:

$$X_{1\Sigma} = X_{1\Sigma} = X_{1HT} + X_C + X_T = 0,020 + 0,105 + 0 = 0,125$$

➤ Sơ đồ thay thế thứ tự không



Hình 2.7: Sơ đồ thay thế thứ tự không

Ta có:
$$X_{0\Sigma} = (X_{0HT} + X_C) // X_H + X_T = \frac{(0,027 + 0,105) \cdot 0,065}{0,027 + 0,105 + 0,065} + 0 = 0,043$$

• **Dạng ngắn mạch N⁽³⁾**

$$I_{fBI1} = I_{fBI2} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma}} = \frac{1}{0,125} = 8$$

Không có dòng ngắn mạch qua BI₃, BI₀₁, BI₀₂.

• **Dạng ngắn mạch N⁽¹⁾**

Dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = I_{0\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{1}{0,125 + 0,125 + 0,043} = 3,413$$

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₁ là:

$$I_{1BI1} = I_{2BI1} = I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = 3,413$$

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_H}{X_H + X_{0HT} + X_C} = 3,413 \cdot \frac{0,065}{0,065 + 0,027 + 0,105} = 1,126$$

Dòng điện pha sự cố qua BI₁ là:

$$I_{fBI1} = I_{1BI1} + I_{2BI1} + I_{0BI1} = 3,413 + 3,413 + 1,126 = 7,952$$

Dòng điện qua BI₁ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-)BI1} = I_{fBI1} - I_{0BI1} = 6,826$$

➤ **Dòng qua BI₂**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₂ là:

$$I_{1BI2} = I_{2BI2} = I_{0BI2} = I_{1\Sigma} = 3,413$$

Dòng điện pha qua BI₂ là :

$$I_{fBI2} = I_{1BI2} + I_{2BI2} + I_{0BI2} = 3,413 + 3,413 + 3,413 = 10,239$$

Dòng điện qua BI₂ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-)BI2} = I_{fBI2} - I_{0BI2} = 10,239 - 3,413 = 6,826$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**

Dòng điện qua BI₀₁ là :

$$I_{fBI01} = 3 \cdot I_{0BI1} = 3 \cdot 1,126 = 3,378$$

➤ **Dòng qua BI₀₂**

Dòng điện qua BI₀₂ là :

$$I_{fBI02} = 3 \cdot I_{0BI2} = 3 \cdot 3,413 = 10,239$$

Không có dòng chạy qua BI₃.

• **Dạng ngắn mạch hai pha chạm đất N^(1,1)**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{1\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}} = \frac{1}{0,125 + \frac{0,125 \cdot 0,043}{0,125 + 0,043}} = 6,370$$

$$I_{2\Sigma} = -I_{1\Sigma} \frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -6,370 \frac{0,043}{0,125 + 0,043} = -1,630$$

$$I_{0\Sigma} = -I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -6,370 \cdot \frac{0,125}{0,125 + 0,043} = -4,740$$

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₁ là:

$$I_{a1} = I_{1BI1} = I_{1\Sigma} = 6,370$$

$$I_{a2} = I_{2BI1} = I_{2\Sigma} = -1,630$$

$$I_{a0} = I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_H}{X_H + X_{0HT} + X_C} = -4,740 \cdot \frac{0,065}{0,065 + 0,027 + 0,105} = -1,564$$

Dòng điện pha sự cố qua BI₁ (dạng phức) là:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{fBI1} &= a^2 \cdot \dot{I}_{1BI1} + a \cdot \dot{I}_{2BI1} + \dot{I}_{0BI1} \\ &= (e^{j120})^2 \cdot 6,370 - e^{j120} \cdot 1,630 - 1,564 = 8,327 \angle -119,61^\circ \end{aligned}$$

Dòng qua BI₁ đã loại thành phần thứ tự không là:

$$\dot{I}_{f(-0)BI1} = 8,327 \angle -119,61^\circ + 1,564 \angle 0 = 7,676 \angle -109,41^\circ$$

➤ **Dòng qua BI₂**

Dòng điện chạy qua BI₂ là:

$$I_{a1} = I_{1BI2} = I_{1\Sigma} = 6,370$$

$$I_{a2} = I_{2BI2} = I_{2\Sigma} = -1,630$$

$$I_{a0} = I_{0BI2} = I_{0\Sigma} = -4,740$$

Dòng điện pha qua BI₂ (dạng phức) là:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{fBI2} &= a^2 \cdot \dot{I}_{1BI2} + a \cdot \dot{I}_{2BI2} + \dot{I}_{0BI2} \\ &= (e^{j120})^2 \cdot 6,730 - e^{j120} \cdot 1,630 - 4,740 = 10,274 \angle -135,2^\circ \end{aligned}$$

Dòng điện qua BI₂ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-)BI2} = 10,274 \angle -135,2^\circ + 4,74 \angle 0 = 7,675 \angle -109,4^\circ$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**

Dòng điện qua BI₀₁ là:

$$I_{fBI01} = 3.I_{0BI1} = 3.(-1,564) = -4,692$$

➤ **Dòng qua BI₀₂**

Dòng điện qua BI₀₂ là:

$$I_{fBI02} = 3.I_{0BI2} = 3.(-4,740) = -14,22$$

Không có dòng điện chạy qua BI₃.

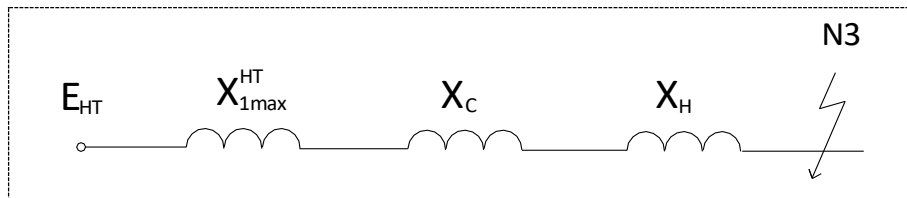
2.3.4. Điểm ngắn mạch N₂'.

Sơ đồ thay thế và quá trình tính toán ngắn mạch giống như trường hợp ngắn mạch ở điểm N₂. Giá trị các dòng qua BI₁, BI₀₁, BI₀₂, BI₃ không đổi. Giá trị dòng qua BI₂ bằng 0.

2.3.5. Điểm ngắn mạch N₃.

Ta thấy cuộn dây phía 10,5kV của máy biến áp nối tam giác cho nên không có dòng thành phần thứ tự không chạy tới điểm ngắn mạch N₃ do đó ta chỉ tính toán dạng ngắn mạch 3 pha.

Sơ đồ thay thế điểm ngắn mạch:



Hình 2.8: Sơ đồ thay thế khi ngắn mạch tại N₃

$$X_{1\Sigma} = X_{1HT} + X_C + X_H = 0,02 + 0,105 + 0,065 = 0,190$$

Dòng điện pha chạy qua các BI₁ và BI₃ là:

$$I_{fBI1} = I_{fBI3} = \frac{E_{HT}}{X_{\Sigma}} = \frac{1}{0,190} = 5,263$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₀₁ và BI₀₂.

2.3.6. Điểm ngắn mạch N₃'.

Sơ đồ thay thế quá trình tính toán ngắn mạch giống như trường hợp ngắn mạch ở điểm N₃.

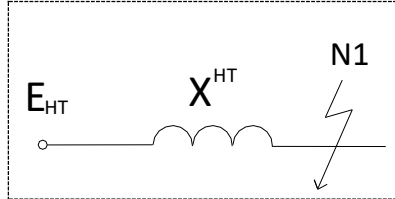
Tại điểm ngắn mạch này chỉ có dòng điện chạy qua BI₁. Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃, BI₀₁, BI₀₂.

Dòng điện pha chạy qua BI₁ là: $I_{fBI1} = 5,263$

2.4. Chế độ ngắn mạch cực tiểu.

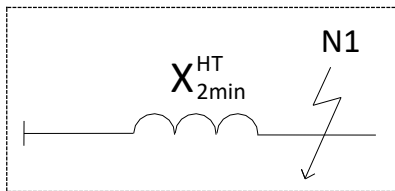
2.4.1. Điểm ngắn mạch N₁'.

❖ Ta có sơ đồ thay thế thứ tự thuận:



Hình 2.9: Sơ đồ thay thế thứ tự thuận

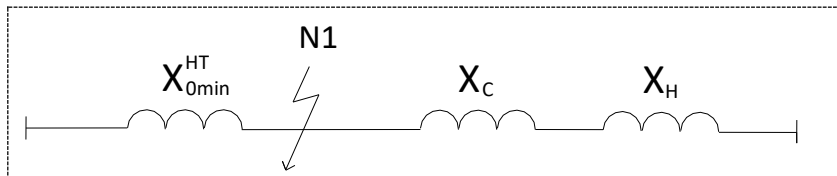
❖ Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch:



Hình 2.10: Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

$$X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma} = X_{1min}^{HT} = 0,032$$

❖ Sơ đồ thứ tự không



Hình 2.11: sơ đồ thay thế thứ tự không

$$X_{0\Sigma} = X_{0min}^{HT} // (X_C + X_H) = \frac{0,043 \cdot (0,105 + 0,065)}{0,043 + (0,105 + 0,065)} = 0,034$$

• **Dạng ngắn mạch N⁽²⁾**

Khi ngắn mạch 2 pha tại N₁ không có dòng chạy qua các BI.

• **Dạng ngắn mạch N⁽¹⁾**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{0\Sigma} = I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{1}{0,032 + 0,032 + 0,034} = 11,204$$

Vì dòng thứ tự thuận và thứ nghịch chạy qua BI₁ là bằng 0 nên dòng điện tổng chạy qua BI₁ trong trường hợp này chỉ có thành phần dòng điện thứ tự không chạy qua trung tính máy biến áp:

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_{0HT}}{X_{0HT} + X_C + X_H} = 10,204 \cdot \frac{0,043}{0,043 + 0,105 + 0,065} = 2,060$$

Dòng điện thứ tự không chạy qua BI₀₁:

$$I_{0BI01} = 3 \cdot I_{0BI1} = 3 \cdot 2,060 = 6,180$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃ và BI₀₂.

• **Dạng ngắn mạch hai pha chạm đất N^(1,1)**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{1\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}} = \frac{1}{0,032 + \frac{0,032 \cdot 0,034}{0,032 + 0,034}} = 20,625$$

$$I_{2\Sigma} = -I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -20,625 \cdot \frac{0,034}{0,032 + 0,034} = -10,640$$

$$I_{0\Sigma} = -I_{1\Sigma} \cdot \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -20,625 \cdot \frac{0,032}{0,032 + 0,034} = -10,000$$

Vì cách phân bố dòng sự cố giống như trong trường hợp ngắn mạch 1 pha nên dòng qua BI₁ chỉ có thành phần dòng thứ tự không chạy qua trung tính máy biến áp.

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng thứ tự không chạy qua BI₁ là:

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_{0HT}}{X_{0HT} + X_C + X_H} = -10,000 \cdot \frac{0,043}{0,043 + 0,105 + 0,065} = -2,019$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**

Dòng điện thứ tự không chạy qua BI₀₁ là:

$$I_{0BI01} = 3 \cdot (-2,019) = -4,038$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃ và BI₀₂.

Để cho rơ le của bảo vệ so lệch không bị tác động nhầm thì ta cần loại bỏ thành phần thứ tự không:

$$I_{f(-0)BI1} = I_{fBI1} - I_{0BI1} = 0$$

2.4.2. Điểm ngắn mạch N_1' .

Ta có sơ đồ thay thế giống trường hợp ngắn mạch tại điểm N_1

- **Dạng ngắn mạch $N^{(2)}$**

Dòng pha chạy qua BI_1 là :

$$I_{BI1} = \sqrt{3} \cdot \frac{E^{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma}} = \sqrt{3} \cdot \frac{1}{0,032 + 0,032} = 27,063$$

Không có dòng chạy qua các $BI_2, BI_3, BI_{01}, BI_{02}$.

- **Dạng ngắn mạch $N^{(1)}$**

$$I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = I_{0\Sigma} = 11,204$$

- **Dòng qua BI_1**

Dòng điện thành phần đối xứng chạy qua BI_1 là:

$$I_{1BI1} = I_{2BI1} = I_{1\Sigma} = 11,204$$

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} - I_{0BI1}^{N1} = 11,204 - 2,060 = 9,144$$

Dòng điện pha qua BI_1 là:

$$I_{fBI1} = I_{1BI1} + I_{2BI1} + I_{0BI1} = 11,204 + 11,204 + 9,144 = 31,522$$

Dòng điện qua BI_1 đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-)BI1} = I_{fBI1} - I_{0BI1} = 31,522 - 9,144 = 22,408$$

- **Dòng qua BI_{01}**

Dòng điện chạy qua BI_{01} ta đã tính được ở trên là:

$$I_{0BI01} = 6,180$$

Không có dòng điện chạy qua các BI_2, BI_3, BI_{02}

- **Dạng ngắn mạch hai pha chạm đất $N^{(1,1)}$**

Theo kết quả tính toán phần trên ta có:

$$I_{1\Sigma} = 20,625; I_{2\Sigma} = -10,640; I_{0\Sigma} = -10,000$$

- **Dòng qua BI_1**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI_1 là:

$$I_{1BI1} = I_{1\Sigma} = 20,625$$

$$I_{2BI1} = I_{2\Sigma} = -10,640$$

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} - I_{0BI1}^{N(1,1)} = -10,00 + 2,019 = -7,981$$

Khi ngắn mạch 2 pha chạm đất thì pha đặc biệt chính là pha không bị sự cố (giả sử là pha A). Các dòng điện tính ra và phân bố là tính cho pha A. vậy nên ta có:

$$I_{a1} = I_{1BI1} = 20,625$$

$$I_{a2} = I_{2BI1} = -10,640$$

$$I_{a0} = I_{0BI1} = -7,981$$

Dòng sự cố chạy qua BI₁ trong trường hợp này là dòng của pha B và pha C. Nhưng vì dòng sự cố pha B và pha C có giá trị biên độ bằng nhau nhưng ngược dấu nên ta có:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{fBI1} &= a^2 \cdot \dot{I}_{1BI1} + a \cdot \dot{I}_{2BI1} + \dot{I}_{0BI1} \\ &= (e^{j120})^2 \cdot 20,625 - e^{j120} \cdot 10,64 - 7,981 = 30,024 \angle -115,6^\circ \end{aligned}$$

Dòng qua BI₁ khi đã loại đi thành phần thứ tự không là:

$$\dot{I}_{f(-0)BI1} = \dot{I}_{fBI1} - \dot{I}_{0BI1} = 30,024 \angle -115,6^\circ + 7,981 \angle 0 = 27,533 \angle -100,45^\circ$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**

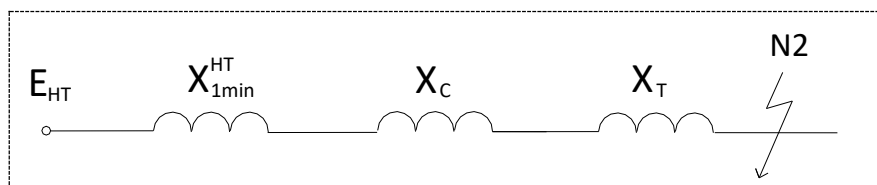
Dòng điện chạy qua BI₀₁ là:

$$I_{fBI01} = -4,038$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃ và BI₀₂.

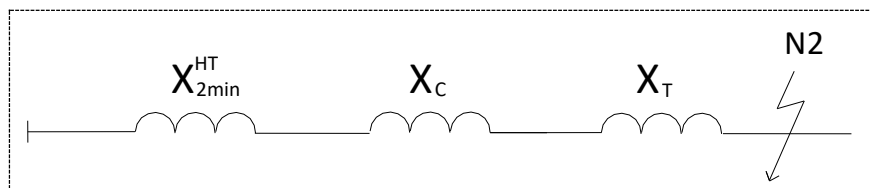
2.4.3. *Điểm ngắn mạch N₂.*

➤ Sơ đồ thay thế thứ tự thuận



Hình 2.12: Sơ đồ thay thế thứ tự thuận

➤ Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

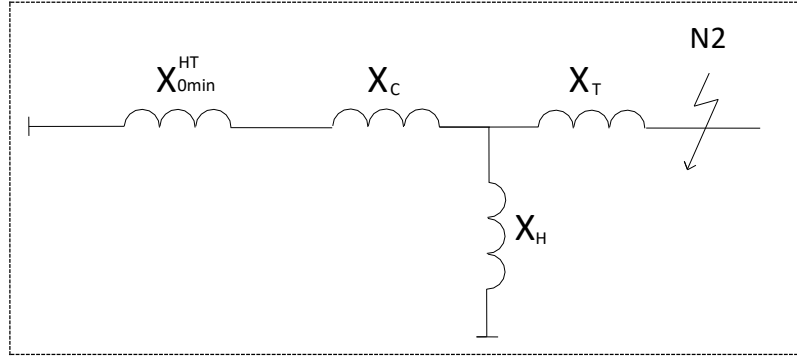


Hình 2.13: Sơ đồ thay thế thứ tự nghịch

Ta có:

$$X_{1\Sigma} = X_{1\Sigma} = X_{1HT} + X_C + X_T = 0,032 + 0,105 + 0 = 0,137$$

➤ Sơ đồ thay thế thứ tự không



Hình 2.14: Sơ đồ thay thế thứ tự không

Ta có:
$$X_{0\Sigma} = (X_{0HT} + X_C) // X_H + X_T = \frac{(0,043 + 0,105) \cdot 0,065}{0,043 + 0,105 + 0,065} + 0 = 0,045$$

• **Dạng ngắn mạch N⁽²⁾**

Dòng điện chạy qua các BI₁ và BI₂:

$$I_{BI1} = I_{BI2} = \sqrt{3} \cdot \frac{E^{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma}} = \sqrt{3} \cdot \frac{1}{0,137 + 0,137} = 6,321$$

Không có dòng ngắn mạch qua BI₃, BI₀₁, BI₀₂.

• **Dạng ngắn mạch N⁽¹⁾**

Dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = I_{0\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{1}{0,137 + 0,137 + 0,045} = 3,135$$

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₁ là:

$$I_{1BI1} = I_{2BI1} = I_{1\Sigma} = I_{2\Sigma} = 3,135$$

$$I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_H}{X_H + X_{0HT} + X_C} = 3,135 \cdot \frac{0,065}{0,065 + 0,043 + 0,105} = 0,957$$

Dòng điện pha sự cố qua BI₁ là:

$$I_{fBI1} = I_{1BI1} + I_{2BI1} + I_{0BI1} = 3,135 + 3,135 + 0,957 = 7,227$$

Dòng điện qua BI₁ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-)BI1} = I_{fBI1} - I_{0BI1} = 6,320$$

➤ **Dòng qua BI₂**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₂ là:

$$I_{1BI2} = I_{2BI2} = I_{0BI2} = I_{1\Sigma} = 3,135$$

Dòng điện pha qua BI₂ là:

$$I_{fBI2} = I_{1BI2} + I_{2BI2} + I_{0BI2} = 3,135 + 3,135 + 3,135 = 9,405$$

Dòng điện qua BI₂ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$I_{f(-)BI2} = I_{fBI2} - I_{0BI2} = 9,405 - 3,135 = 6,270$$

➤ **Dòng qua BI₀₁**

Dòng điện qua BI₀₁ là:

$$I_{fBI01} = 3 \cdot I_{0BI1} = 3 \cdot 0,957 = 2,871$$

➤ **Dòng qua BI₀₂**

Dòng điện qua BI₀₂ là:

$$I_{fBI02} = 3 \cdot I_{0BI2} = 3 \cdot 3,135 = 9,405$$

Không có dòng chạy qua BI₃.

• **Dạng ngắn mạch hai pha chạm đất N^(1,1)**

Các dòng điện thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{1\Sigma} = \frac{E_{HT}}{X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}} = \frac{1}{0,137 + \frac{0,137 \cdot 0,045}{0,137 + 0,045}} = 5,852$$

$$I_{2\Sigma} = -I_{1\Sigma} \frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -5,852 \frac{0,045}{0,137 + 0,045} = -1,447$$

$$I_{0\Sigma} = -I_{1\Sigma} \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = -5,852 \cdot \frac{0,137}{0,137 + 0,045} = -4,405$$

➤ **Dòng qua BI₁**

Dòng điện các thành phần đối xứng chạy qua BI₁ là:

$$I_{a1} = I_{1BI1} = I_{1\Sigma} = 5,852$$

$$I_{a2} = I_{2BI1} = I_{2\Sigma} = -1,447$$

$$I_{a0} = I_{0BI1} = I_{0\Sigma} \cdot \frac{X_H}{X_H + X_{0HT} + X_C} = -4,405 \cdot \frac{0,065}{0,065 + 0,043 + 0,105} = -1,344$$

Dòng điện pha sự cố qua BI₁ (dạng phức) là:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{fBI1} &= a^2 \cdot \dot{I}_{1BI1} + a \cdot \dot{I}_{2BI1} + \dot{I}_{0BI1} \\ &= (e^{j120})^2 \cdot 5,852 - e^{j120} \cdot 1,447 - 1,344 = 7,248 \angle -119,3^\circ \end{aligned}$$

Dòng qua BI₁ đã loại thành phần thứ tự không là:

$$\dot{I}_{f(-)BI1} = 7,248 \angle -119,295^\circ + 1,344 \angle 0 = 6,694 \angle -109,22^\circ$$

➤ Dòng qua BI₂

Dòng điện chạy qua BI₂ là:

$$I_{a1} = I_{1BI2} = I_{1\Sigma} = 5,852$$

$$I_{a2} = I_{2BI2} = I_{2\Sigma} = -1,447$$

$$I_{a0} = I_{0BI2} = I_{0\Sigma} = -4,405$$

Dòng điện pha qua BI₂ (dạng phức) là:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{fBI2} &= a^2 \cdot \dot{I}_{1BI2} + a \cdot \dot{I}_{2BI2} + \dot{I}_{0BI2} \\ &= (e^{j120})^2 \cdot 5,852 - e^{j120} \cdot 1,447 - 4,405 = 8,912 \angle -154,66^\circ \end{aligned}$$

Dòng điện qua BI₂ đã loại trừ thành phần thứ tự không là:

$$\dot{I}_{f(-)BI2} = 8,912 \angle -154,66^\circ + 4,467 \angle 0 = 5,236 \angle -133,25^\circ$$

➤ Dòng qua BI₀₁

Dòng điện qua BI₀₁ là:

$$I_{fBI01} = 3 \cdot I_{0BI1} = 3 \cdot (-1,344) = -4,032$$

➤ Dòng qua BI₀₂

Dòng điện qua BI₀₂ là:

$$I_{fBI02} = 3 \cdot I_{0BI2} = 3 \cdot (-4,405) = -13,215$$

Không có dòng điện chạy qua BI₃.

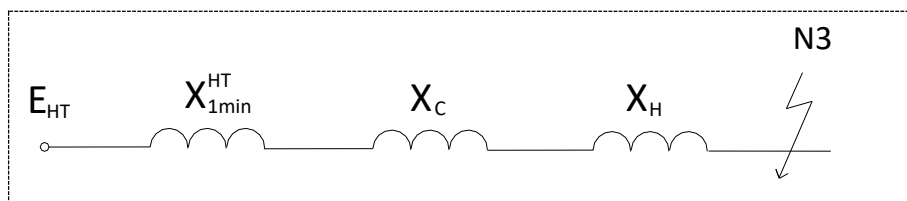
2.4.4. Điểm ngắn mạch N₂'.

Sơ đồ thay thế và quá trình tính toán ngắn mạch giống như trường hợp ngắn mạch ở điểm N₂. Giá trị các dòng qua BI₁, BI₀₁, BI₀₂, BI₃ không đổi. Giá trị dòng qua BI₂ bằng 0.

2.4.5. Điểm ngắn mạch N₃.

Ta thấy cuộn dây phía 10,5kV của máy biến áp nối tam giác cho nên không có dòng thành phần thứ tự không chạy tới điểm ngắn mạch N₃ do đó ta chỉ tính toán dạng ngắn mạch 2 pha.

Sơ đồ thay thế điểm ngắn mạch:



Hình 2.15: Sơ đồ thay thế khi ngắn mạch tại N₃

$$X_{1\Sigma} = X_{1HT} + X_C + X_H = 0,032 + 0,105 + 0,065 = 0,202$$

Dòng điện pha chạy qua các BI₁ và BI₃ là:

$$I_{BI1} = I_{BI3} = \sqrt{3} \cdot \frac{E \cdot^{HT}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma}} = \sqrt{3} \cdot \frac{1}{0,202 + 0,202} = 4,287$$

Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₀₁ và BI₀₂.

2.4.6. Điểm ngắn mạch N₃'.

Sơ đồ thay thế quá trình tính toán ngắn mạch giống như trường hợp ngắn mạch ở điểm N₃. Tại N₃' chỉ có dòng qua BI₁. Không có dòng chạy qua các BI₂, BI₃, BI₀₁, BI₀₂.

Dòng điện pha chạy qua BI₁ là: $I_{fBI1} = 4,287$

2.5. Bảng tổng hợp kết quả tính toán ngắn mạch.

Bảng 2.1 Bảng tổng hợp dòng điện ngắn mạch đi qua rơ le trong chế độ cực đại.

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch		Dòng điện qua các BI					
			BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI ₀₁	BI ₀₂	
N ₁	N ⁽³⁾	I _f	0	0	0	0	0	
	N ⁽¹⁾	I _f	2,175	0	0	6,525	0	
		I ₀	2,175	0	0	6,525	0	
		I _{f(-0)}	0	0	0	0	0	
	N ^(1,1)	I _f	2,077	0	0	6,231	0	
		I ₀	2,077	0	0	6,231	0	
		I _{f(-0)}	0	0	0	0	0	
	N ₁ '	N ⁽³⁾	I _f	50	0	0	0	0
		N ⁽¹⁾	I _f	43,281	0	0	6,525	0
I ₀			12,977	0	0	6,525	0	
I _{f(-0)}			29,304	0	0	0	0	
N ^(1,1)		I _f	47,974	0	0	6,231	0	
		I ₀	13,075	0	0	6,231	0	
		I _{f(-0)}	43,960	0	0	0	0	
N ₂		N ⁽³⁾	I _f	8,000	8,000	0	0	0
		N ⁽¹⁾	I _f	7,952	10,239	0	3,378	10,239
	I ₀		1,126	3,413	0	3,378	10,239	
	I _{f(-0)}		6,826	6,826	0	0	0	
	N ^(1,1)	I _f	8,327	10,274	0	4,692	14,220	
		I ₀	1,564	4,746	0	4,692	14,220	
		I _{f(-0)}	7,676	7,675	0	0	0	
	N ₂ '	N ⁽³⁾	I _f	8,000	0	0	0	0
		N ⁽¹⁾	I _f	7,952	0	0	3,378	10,239
I ₀			1,126	0	0	3,378	10,239	
I _{f(-0)}			6,826	0	0	0	0	
N ^(1,1)		I _f	8,327	0	0	4,692	14,22	
		I ₀	1,564	0	0	4,692	14,22	
		I _{f(-0)}	7,676	0	0	0	0	
N ₃		N ⁽³⁾	I _f	5,263	0	5,263	0	0
N ₃ '		N ⁽³⁾	I _f	5,263	0	0	0	0

Bảng 2.2 Bảng tổng hợp dòng điện ngắn mạch đi qua rơ le trong chế độ cực tiểu

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch		Dòng điện qua các BI				
			BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI ₀₁	BI ₀₂
N ₁	N ⁽²⁾	I _f	0	0	0	0	0
	N ⁽¹⁾	I _f	2,128	0	0	6,180	0
		I ₀	2,128	0	0	6,180	0
		I _{f(-0)}	0	0	0	0	0
	N ^(1,1)	I _f	2,019	0	0	4,038	0
		I ₀	2,019	0	0	6,038	0
I _{f(-0)}		0	0	0	0	0	
N' ₁	N ⁽²⁾	I _f	27,063	0	0	0	0
	N ⁽¹⁾	I _f	31,522	0	0	6,180	0
		I ₀	9,144	0	0	6,180	0
		I _{f(-0)}	22,048	0	0	0	0
	N ^(1,1)	I _f	30,024	0	0	4,038	0
		I ₀	7,981	0	0	4,038	0
I _{f(-0)}		27,533	0	0	0	0	
N ₂	N ⁽²⁾	I _f	7,277	6,321	0	0	0
	N ⁽¹⁾	I _f	6,575	9,405	0	2,870	9,405
		I ₀	0,957	3,135	0	2,870	9,405
		I _{f(-0)}	6,320	6,270	0	0	0
	N ^(1,1)	I _f	7,248	9,241	0	4,032	13,215
		I ₀	1,344	4,467	0	4,032	13,215
I _{f(-0)}		6,694	6,745	0	0	0	
N' ₂	N ⁽²⁾	I _f	7,277	0	0	0	0
	N ⁽¹⁾	I _f	6,575	0	0	2,870	9,405
		I ₀	0,957	0	0	2,870	9,405
		I _{f(-0)}	6,694	0	0	0	0
	N ^(1,1)	I _f	7,248	0	0	4,032	13,215
		I ₀	1,344	0	0	4,032	13,215
I _{f(-0)}		6,694	0	0	0	0	
N ₃	N ⁽²⁾	I _f	4,287	0	4,287	0	0
N' ₃	N ⁽²⁾	I _f	4,287	0	0	0	0

CHƯƠNG 3. LỰA CHỌN PHƯƠNG THỨC BẢO VỆ MÁY BIẾN ÁP.



3.1. Các dạng hư hỏng và chế độ làm việc không bình thường của máy biến áp.

Để lựa chọn phương thức bảo vệ hợp lý, chúng ta cần phải phân tích những dạng hư hỏng và chế độ làm việc không bình thường của đối tượng được bảo vệ, cụ thể là máy biến áp.

Những hư hỏng thường gặp trong máy biến áp có thể phân ra làm hai nhóm : hư hỏng bên trong và hư hỏng bên ngoài.

Những hư hỏng thường gặp trong máy biến áp bao gồm:

- 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.

Những hư hỏng và chế độ làm việc không bình thường bên ngoài máy biến áp bao gồm:

- 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 dùng của máy biến áp được giới thiệu trong bảng 3.1

Bảng 3.1 Những loại bảo vệ thường dùng

Loại bảo vệ	Loại sự cố
Ngắn mạch một pha hoặc nhiều pha chạm đất	<ul style="list-style-type: none"> ○ 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 dầu	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rơ le khí (BUCHHOLZ)
Quá tải	<ul style="list-style-type: none"> ○ Quá dòng nhiệt ○ Hình ảnh nhiệt
Quá bão hòa mạch từ	<ul style="list-style-type: none"> ○ Chống quá bão hòa

3.2. Các loại bảo vệ đặt cho máy biến áp.

3.2.1. Những yêu cầu với thiết bị bảo vệ hệ thống điện.

Để thực hiện được các chức năng và nhiệm vụ quan trọng của mình, thiết bị bảo vệ phải thỏa mãn những yêu cầu cơ bản sau đây: tin cậy, chọn lọc, tác động nhanh và độ nhạy.

- Tin cậy

Là tính năng đảm bảo cho thiết bị bảo vệ làm việc đúng, chắc chắn. Người ta phân biệt:

Độ tin cậy khi tác động: (dependability) được định nghĩa như “mức độ chắc chắn rằng rơ le hoặc hệ thống bảo vệ rơ le sẽ tác động đúng”.

Độ tin cậy không tác động: (security) “mức độ chắc chắn rằng rơ le hoặc hệ thống rơ le sẽ không làm việc sai”.

Nói cách khác, độ tin cậy khi tác động là khả năng bảo vệ làm việc đúng khi có sự cố xảy ra trong phạm vi đã được xác định trong nhiệm vụ bảo vệ, còn độ tin cậy không tác động là khả năng tránh làm việc nhầm ở chế độ vận hành bình thường hoặc sự cố xảy ra ngoài phạm vi bảo vệ đã được quy định.

- Chọn lọc

Là khả năng của bảo vệ có thể loại trừ phát hiện đúng phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống. Cấu hình của hệ thống càng phức tạp việc đảm bảo tính chọn lọc của bảo vệ càng khó khăn.

- Tác động nhanh

Hiện nhiên bảo vệ phát hiện và cách li phần tử sự cố càng nhanh càng tốt. Tuy nhiên khi kết hợp với yêu cầu chọn lọc để thỏa mãn yêu cầu tác động nhanh cần phải sử dụng những loại bảo vệ phức tạp và đắt tiền.

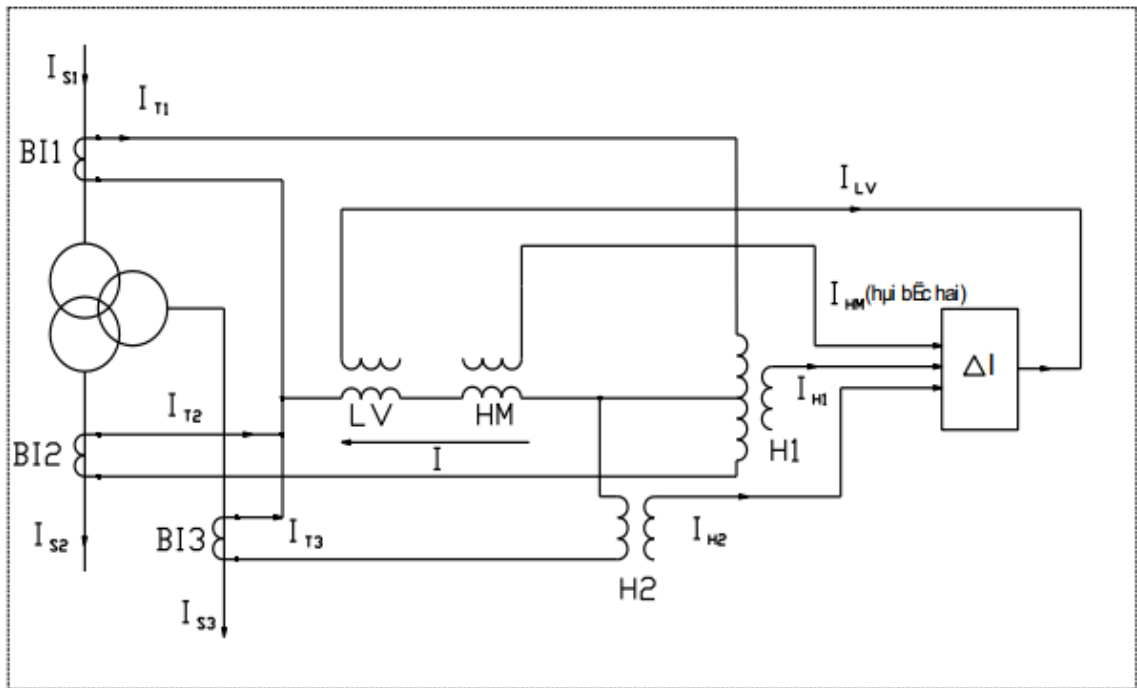
- Độ nhạy

Độ nhạy đặc trưng cho khả năng “cảm nhận” sự cố của rơ le hoặc hệ thống bảo vệ, nó được biểu diễn bằng hệ số độ nhạy, tức là tỉ lệ giữa trị số của đại lượng vật lý đặt vào rơ le khi có sự cố với ngưỡng tác động của nó. Sự sai khác giữa trị số của đại lượng vật lý đặt vào rơ le và ngưỡng khởi động của nó càng lớn, rơ le càng dễ cảm nhận sự xuất hiện của sự cố, hay như thường nói rơ le tác động càng nhạy.

3.2.2. Bảo vệ chính cho máy biến áp.

✓ Bảo vệ so lệch có hãm.

Nguyên lý bảo vệ so lệch có hãm dung cho máy biến áp ba cuộn dây được trình bày như hình 3.1.



Hình 3.1 Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lệch có hãm sử dụng rơ le điện cơ

Cuộn dây cao áp của máy biến áp nối với nguồn cấp, cuộn trung áp và hạ áp nối với phụ tải. Bỏ qua dòng điện kích từ máy biến áp, trong chế độ làm việc bình thường ta có:

$$\dot{I}_{S1} = \dot{I}_{S2} + \dot{I}_{S3}$$

Dòng điện đi vào cuộn dây làm việc bằng:

$$\dot{I}_{LV} = \dot{I}_{T1} - (\dot{I}_{T2} + \dot{I}_{T3})$$

Dòng điện hãm:

$$\dot{I}_{H1} = \dot{I}_{T1} + \dot{I}_{T2}$$

$$\dot{I}_{H2} = \dot{I}_{T3}$$

Các dòng điện được cộng với nhau theo trị số tuyệt đối để tọa nên hiệu ứng hãm theo quan hệ:

$$\dot{I}_H = (|\dot{I}_{T1}| + |\dot{I}_{T2}| + |\dot{I}_{T3}|).K_H$$

Trong đó $K_H < 0,5$ là hệ số hãm bảo vệ so lệch.

Ngoài ra để ngăn chặn tác động sai do ảnh hưởng của dòng điện từ hóa khi đóng máy biến áp không tải và cắt ngắn mạch ngoài, bảo vệ còn được hãm bằng thành phần hài bậc hai trong dòng điện từ hóa I_{HM} .

Để đảm bảo được tác động có hãm khi có ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ cần thực hiện điều kiện:

$$|\dot{I}_H| > |\dot{I}_{LV}|$$

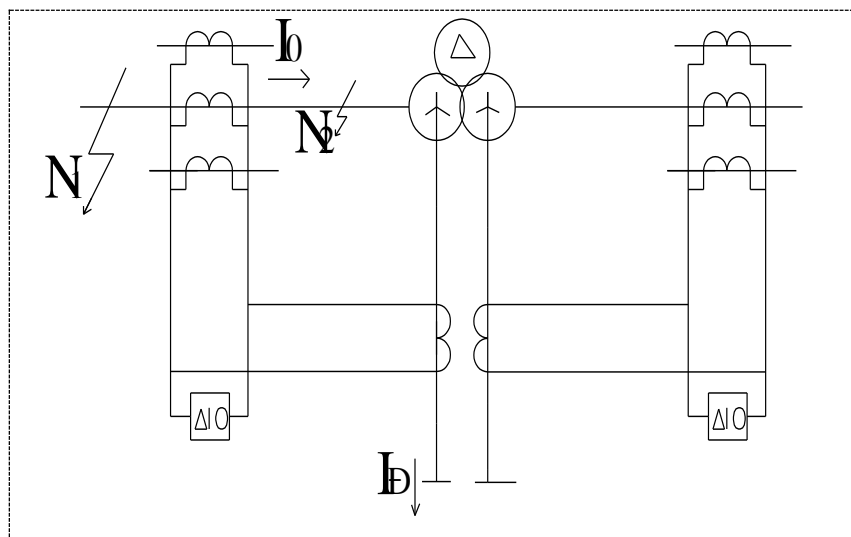
Bảo vệ so lệch làm chức năng bảo vệ chính dùng để cắt nhanh máy biến áp khi có sự cố ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ. Nó phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

Chính định chắc chắn khỏi dòng điện không cân bằng khi đóng máy biến áp không tải, khi cắt ngắn mạch ngoài và dòng điện từ hóa tăng cao khi có quá điện áp.

Đảm bảo độ nhạy cao với các dạng ngắn mạch bên trong vùng bảo vệ.

- Bảo vệ so lệch dòng thứ tự không: ΔI_0 (Bảo vệ so lệch chống chạm đất hạn chế :REF)

Nguyên lý bảo vệ chống chạm đất hạn chế dùng cho máy biến áp ba cuộn dây được trình bày như hình 3.2



Hình 3.2 Bảo vệ chống chạm đất hạn chế của máy biến áp ba cuộn dây

Để bảo vệ chống chạm đất trong cuộn dây nối hình sao có trung điểm nối đất của máy biến áp, người ta dùng sơ đồ bảo vệ chống chạm đất có giới hạn. Thực chất đây là loại bảo vệ so lệch dòng điện thứ tự không có miền bảo vệ được giới hạn giữa máy biến dòng đặt ở trung tính máy biến áp và tổ máy biến dòng nối theo bộ lọc dòng điện thứ tự không đặt ở phía đầu ra của cuộn dây nối hình sao của máy biến áp

Nếu bỏ qua sai số của các máy biến dòng, trong chế độ làm việc bình thường và ngắn mạch chạm đất ngoài vùng bảo vệ (điểm N1), ta có:

$$\Delta I_0 = 3I_0 - I_D = 0$$

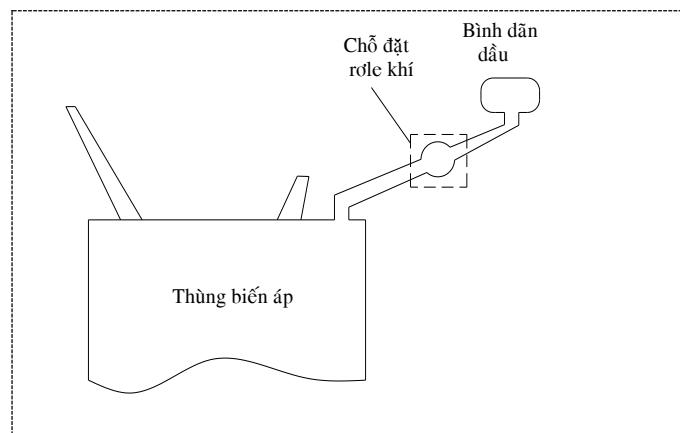
Trong đó: I_0 là dòng điện thứ tự không chạy trong cuộn dây máy biến áp

I_D là dòng điện chạy qua dây trung tính máy biến áp

Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ (điểm N2): $\Delta I_0 = 3I_0 - I_D \neq 0$, sẽ có dòng qua role và role sẽ tác động

- Bảo vệ bằng role khí (BUCHHOLZ)

Role khí thường đặt trên đoạn ống nối từ thùng dầu đến bình dẫn dầu của MBA. Role với 2 cấp tác động gồm có 2 phao bằng kim loại mang bầu thủy tinh con có tiếp điểm thủy ngân hoặc tiếp điểm từ. Ở chế độ làm việc bình thường trong bình role đầy dầu, các phao nổi lơ lửng trong dầu, tiếp điểm của role ở trạng thái hở.



Hình 3.3 Vị trí đặt role khí ở máy biến áp

Khi khí bốc ra yếu (chẳng hạn vì dầu nóng do quá tải), khí tập trung lên phía trên của bình role đẩy phao số 1 xuống, role gửi tín hiệu cấp 1 cảnh báo. Nếu khí bốc ra mạnh (chẳng hạn do ngắn mạch trong thùng dầu) luồng dầu vận chuyển từ thùng lên bình dẫn dầu xô phao thứ 2 chìm xuống gửi tín hiệu đi cắt MBA.

Kí hiệu role khí:

B	1
	2

hoặc:

RK	1
	2

 → cảnh báo
→ cắt MC

- Bảo vệ chống quá tải : $I \geq$

Quá tải làm cho nhiệt độ của máy biến áp tăng cao quá mức cho phép, nếu thời gian kéo dài sẽ làm giảm tuổi thọ máy biến áp. Để bảo vệ chống quá tải ở máy biến áp công suất bé dùng loại bảo vệ quá dòng điện thông thường, với máy biến áp lớn, người ta dùng nguyên lý hình ảnh nhiệt để thực hiện bảo vệ chống quá tải. Bảo vệ loại này phản ánh mức tăng nhiệt độ ở những điểm kiểm tra khác nhau trong máy biến áp và tùy theo mức tăng nhiệt độ mà có nhiều cấp tác động khác nhau: cảnh báo, khởi động các mức làm mát bằng cách tăng tốc độ tuần hoàn của dầu, giảm tải máy biến áp. Nếu các cấp tác động này không mang lại hiệu quả, nhiệt độ máy biến áp vẫn vượt quá giới hạn cho phép và kéo dài quá thời gian quy định thì sẽ cắt máy biến áp ra khỏi hệ thống.

3.2.3. Bảo vệ dự phòng.

- Bảo vệ quá dòng có thời gian: $I >$

Bảo vệ quá dòng điện có thời gian thường được dùng làm bảo vệ chính cho các máy biến áp có công suất bé và làm bảo vệ dự phòng cho máy biến áp có công suất trung bình và lớn để chống các dạng ngắn mạch bên trong và bên ngoài máy biến áp. Dòng điện khởi động của bảo vệ chọn theo dòng điện danh định của máy biến áp có xét đến khả năng quá tải. Thời gian làm việc của bảo vệ chọn theo nguyên tắc bậc thang, phối hợp với thời gian làm việc của các bảo vệ lân cận trong hệ thống.

- Bảo vệ quá dòng thứ tự không có thời gian: $I_0 >$

Bảo vệ này dùng để chống các dạng ngắn mạch chạm đất các phía. Có thể dùng loại có đặc tính thời gian phụ thuộc (tỉ lệ nghịch)

Bảo vệ sẽ tác động khi dòng điện chạm đất chạy qua chỗ đặt bảo vệ vượt quá giá trị chỉnh định

$$\text{Dòng điện thứ tự không: } I_0 = \frac{1}{3} (I_A + I_B + I_C)$$

Khi làm việc bình thường: $I_A + I_B + I_C = 3I_0 = 0$, bảo vệ không làm việc

Khi có ngắn mạch chạm đất: $I_A + I_B + I_C = 3I_0 \neq 0$, bảo vệ làm việc

- Bảo vệ quá dòng điện pha cắt nhanh: $I >>$

Bảo vệ quá dòng điện pha cắt nhanh thường làm bảo vệ dự phòng để chống ngắn mạch. Dòng khởi động của bảo vệ phải đảm bảo khi ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ thì bảo vệ không tác động

$$I_{kd} >> = k_{at} I_{Nngmax}$$

$I_{N\text{gmax}}$: dòng ngắn mạch ngoài cực đại qua bảo vệ, thường được tính theo ngắn mạch ba pha trên thanh cái cuối phần tử được bảo vệ

k_{at} : hệ số an toàn (thường chọn $k_{\text{at}} = 1,2 \div 1,3$)

Bảo vệ quá dòng pha cắt nhanh không bảo vệ được toàn bộ đối tượng, khi ngắn mạch cuối phần tử, bảo vệ cắt nhanh không tác động.

Vùng bảo vệ của bảo vệ cắt nhanh có thể thay đổi nhiều khi chế độ làm việc của hệ thống và dạng ngắn mạch thay đổi.

- *Bảo vệ quá dòng điện thứ tự không cắt nhanh* : $I_0 \gg$

Bảo vệ quá dòng điện thứ tự không cắt nhanh thường dùng làm bảo vệ dự phòng để chống ngắn mạch chạm đất. Dòng khởi động của ngắn mạch được tính theo công thức :

$$I_{0\text{k}\gg} = k_{0\text{at}} I_{0\text{N}\text{gmax}}$$

$I_{0\text{N}\text{gmax}}$: dòng ngắn mạch ngoài thứ tự không cực đại qua bảo vệ

$k_{0\text{at}}$: hệ số an toàn (thường chọn $k_{0\text{at}} = 1,2 \div 1,3$)

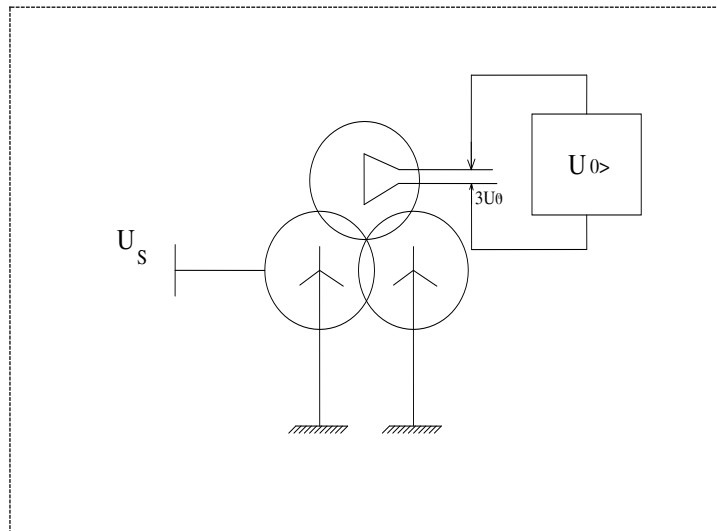
- *Bảo vệ chống máy cắt từ chối* : 50BF

Máy cắt là phần tử thừa hành cuối cùng trong hệ thống bảo vệ có nhiệm vụ cách ly phần tử hư hỏng ra khỏi hệ thống. Nếu máy cắt từ chối tác động thì hệ thống bảo vệ dự phòng phải tác động cắt tất cả những máy cắt lân cận với chỗ hư hỏng nhằm loại trừ dòng ngắn mạch đến chỗ sự cố. Hệ thống bảo vệ này có tên gọi là bảo vệ chống máy cắt hỏng

Khi xảy ra sự cố, nếu bảo vệ ở phần tử bị hư hỏng đã gửi tín hiệu đi cắt máy cắt, nhưng sau một khoảng thời gian nào đó dòng điện sự cố vẫn còn tồn tại, có nghĩa là máy cắt đã từ chối tác động. Dòng điện sự cố sẽ liên tục đưa vào bảo vệ chống máy cắt hỏng, role quá dòng được giữ ở trạng thái tác động, sau một khoảng thời gian 100ms bảo vệ chống máy cắt hỏng gửi tín hiệu đi cắt tất cả các máy cắt lân cận nối với chỗ hư hỏng

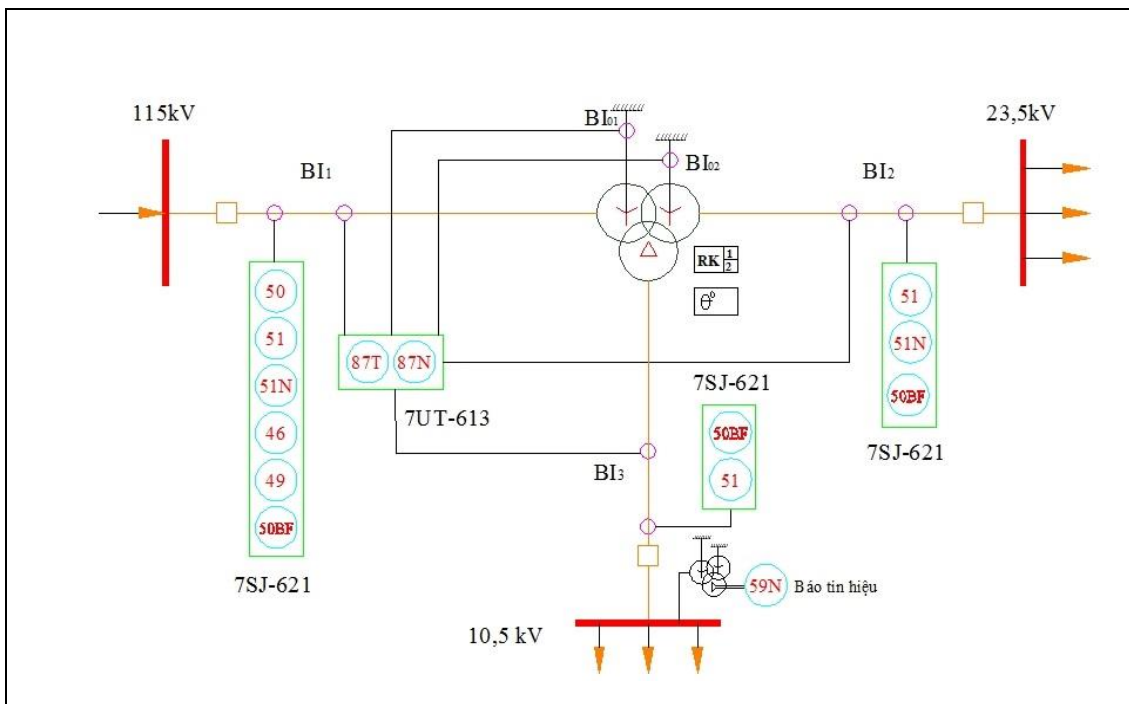
- *Bảo vệ cảnh báo chạm đất*:

Bảo vệ cảnh báo chạm đất thường dùng để phát hiện chạm đất ở hệ thống có trung tính cách điện. Để lọc điện áp thứ tự không thường dùng máy biến điện áp 3 pha 5 trụ với các cuộn thứ cấp được đấu thành hình tam giác hở hình 3.4



Hình 3.4 Bảo vệ cảnh báo chạm đất

3.3. Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến áp.



Hình 3.5 Sơ đồ phương thức bảo vệ máy biến áp.

CHÚ THÍCH:

- ❖ 87T: Bảo vệ so lệch có hãm.
- ❖ 87N: Bảo vệ so lệch thứ tự không.
- ❖ 50 : Bảo vệ quá dòng cắt nhanh.
- ❖ 51 : Bảo vệ quá dòng có thời gian.
- ❖ 50N: Bảo vệ quá dòng thứ tự không cắt nhanh.
- ❖ 51N: Bảo vệ quá dòng thứ tự không có thời gian.
- ❖ 49 : Bảo vệ chống quá tải.
- ❖ 50BF: Bảo vệ chống hư hỏng máy cắt.

- ❖ 59N: Bảo vệ quá điện áp thứ tự không.
- ❖ 46: Bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch.

CHƯƠNG 4. GIỚI THIỆU TÍNH NĂNG VÀ THÔNG SỐ CÁC LOẠI RƠ LE.

4.1. Rơ le bảo vệ số lệch 7UT163.



Hình 4.1 Rơ le 7UT613.

4.1.1. Giới thiệu tổng quan về rơ le 7UT613.

Role số 7UT613 do tập đoàn Siemens AG chế tạo, được sử dụng để bảo vệ chính cho máy biến áp 3 cuộn dây hoặc máy biến áp tự ngẫu ở tất cả các cấp điện áp. Role này cũng có thể dùng để bảo vệ cho các loại máy điện quay như máy phát điện, động cơ, các đường dây ngắn hoặc các thanh cái cỡ nhỏ (có từ 3-5 lộ ra). Các chức năng khác được tích hợp trong role 7UT613 làm nhiệm vụ dự phòng như bảo vệ quá dòng, quá tải nhiệt, bảo vệ quá kích thích, chống hư hỏng máy cắt. Bằng cách phối hợp các chức năng tích hợp trong 7UT613 ta có thể đưa ra phương thức bảo vệ phù hợp và kinh tế cho đối tượng cần bảo vệ chỉ cần sử dụng một role. Đây là quan điểm chung để chế tạo các role số hiện đại ngày nay.

4.1.2. Một số thông số kỹ thuật của Rơ le 7UT163.

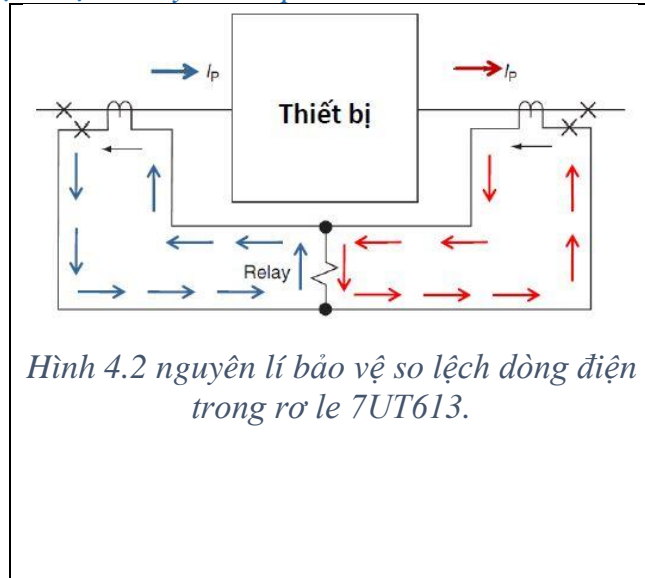
- Mạch đầu vào:
 - ❖ Dòng điện danh định: 1A, 5A hoặc 0,1A (có thể lựa chọn được)
 - ❖ Tần số danh định: 50Hz, 60Hz, hoặc 16,7Hz (có thể lựa chọn được)
 - ❖ Công suất tiêu thụ đối với các đầu vào:
 - Với $I_{dm} = 1A \approx 0.3 VA$
 - Với $I_{dm} = 5A \approx 0.55 VA$
 - Với $I_{dm} = 0.1A \approx 1 mVA$
 - Đầu vào nhạy $\approx 0.55 VA$
 - Khả năng quá tải về nhiệt:
 - Theo nhiệt độ (trị hiệu dụng): Dòng lâu dài cho phép : $4.I_{dm}$

Dòng trong 10s: $30.I_{dm}$

Dòng trong 1s: $100.I_{dm}$

- Theo giá trị dòng xung kích: $250I_{dm}$ trong 1/2 chu kỳ
- Khả năng quá tải về dòng điện cho đầu vào chống chạm đất có độ nhạy cao:
 - Theo nhiệt độ (trị hiệu dụng): Dòng lâu dài cho phép: 15A
 - Dòng trong 10s: 100A
 - Dòng trong 1s: 300A
 - Theo giá trị dòng xung kích: 750A trong 1/2 chu kỳ
- Điện áp cung cấp định mức:
 - Điện áp một chiều: 24 đến 48V
 - 60 đến 125V
 - 110 đến 250V
 - Điện áp xoay chiều: 115V ($f=50/60\text{Hz}$)
 - 230V
 - Khoảng cho phép : - 20% ÷ +20% (DC)
 - $\leq 15\%$ (AC)
 - Công suất tiêu thụ : 5 ÷ 7 W
- Đầu vào nhị phân
 - ❖ Số lượng : 5
 - ❖ Điện áp danh định : 24 ÷ 250V (DC)
 - ❖ Dòng tiêu thụ : 1,8 mA
 - ❖ Điện áp lớn nhất cho phép : 300V (DC)
- Đầu ra nhị phân.
 - ❖ Số lượng: 8 tiếp điểm và 1 tiếp điểm cảnh báo.
 - ❖ Khả năng đóng cắt: Đóng 1000W/VA
 - Cắt 30W/VA
 - Cắt với tải là điện trở: 40 W
 - Cắt với tải là L/R $\leq 50\text{ms}$: 25W
 - ❖ Điện áp đóng cắt: 250 V
 - ❖ Dòng cắt cho phép: 30A cho 0,5s

4.1.3. Chức năng bảo vệ so lệch máy biến áp của rơ le 7UT613.



- Phối hợp các đại lượng đo lường.

Các phía của máy biến áp đều đặt máy biến dòng, dòng điện thứ cấp của các máy biến dòng này không hoàn toàn bằng nhau. Sự sai khác này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tỉ số biến đổi, tổ nối dây, sự điều chỉnh điện áp của máy biến áp, dòng điện định mức, sai số, sự bão hoà của máy biến dòng. Do vậy để tiện so sánh dòng điện thứ cấp máy biến dòng ở các phía máy biến áp thì phải biến đổi chúng về cùng một phía, chẳng hạn phía sơ cấp.

Việc phối hợp giữa các đại lượng đo lường ở các phía được thực hiện một cách thuần tuý toán học như sau:

$$[I_m] = k.[K].[I_n]$$

Trong đó: $[I_m]$ ma trận dòng điện đã được biến đổi (I_A, I_B, I_C)

k hệ số

$[K]$ ma trận hệ số phụ thuộc vào tổ nối dây máy biến áp.

$[I_n]$ ma trận dòng điện pha (I_{L1}, I_{L2}, I_{L3})

- So sánh các đại lượng đo lường và đặc tính tác động

Sau khi dòng đầu vào đã thích ứng với tỉ số biến dòng, tổ đấu dây, xử lí dòng thứ tự không, các đại lượng cần thiết cho bảo vệ so lệch được tính toán từ dòng trong các pha I_A, I_B và I_C , bộ vi xử lí sẽ so sánh về mặt trị số:

$$I_{SL} = | \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 |$$

$$I_H = |\dot{I}_1| + |\dot{I}_2| + |\dot{I}_3|$$

$\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3$ là dòng điện cuộn cao áp, trung áp và hạ áp máy biến áp.

Có hai trường hợp sự cố xảy ra:

- Trường hợp sự cố ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ hoặc ở chế độ làm việc bình thường. Khi đó \dot{I}_1 ngược chiều với \dot{I}_2, \dot{I}_3 và $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$

$$I_{SL} = |\dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3| = 0$$

$$\sum I_{SL} = |\dot{I}_i| = 2 \cdot |\dot{I}_1|$$

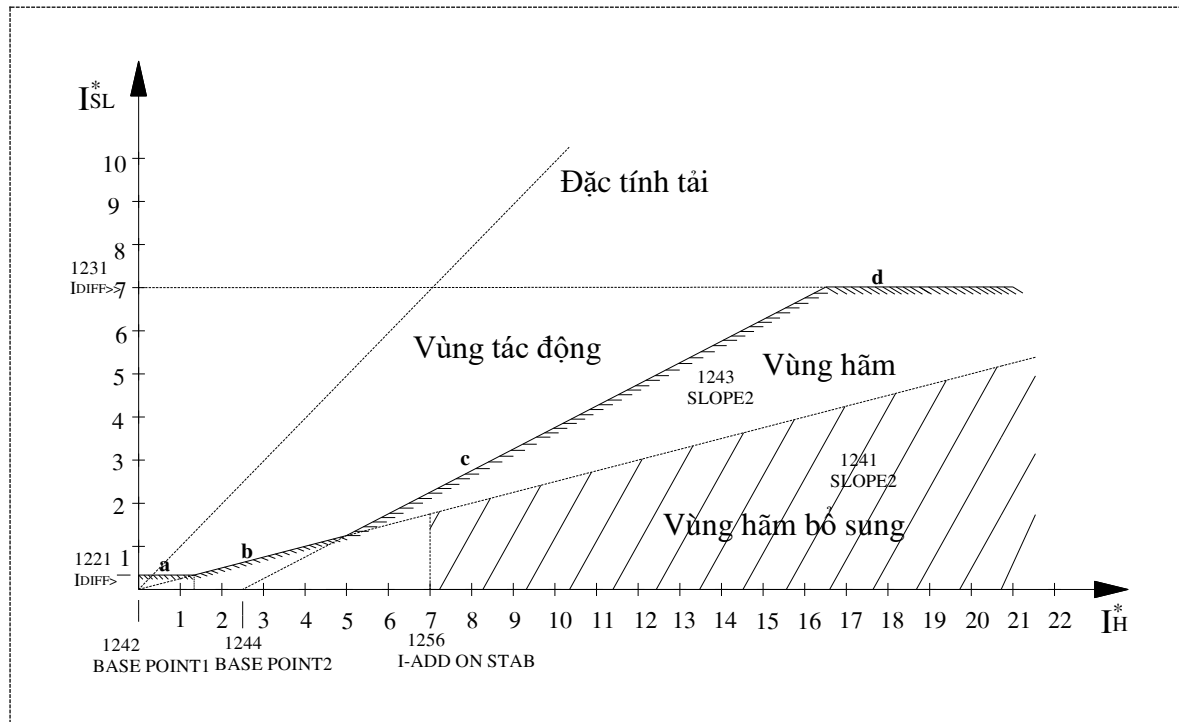
- Trường hợp sự cố ngắn mạch trong vùng bảo vệ, nguồn cung cấp từ phía cao áp nên:

$$I_{SL} = |\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3| = |\dot{I}_1|$$

$$I_H = |\dot{I}_1| + |\dot{I}_2| + |\dot{I}_3| = |\dot{I}_1|$$

Các kết quả trên cho thấy khi có sự cố (ngắn mạch) xảy ra trong vùng bảo vệ thì $I_{SL} = I_H$, do vậy đường đặc tính sự cố có độ dốc bằng 1.

Để đảm bảo bảo vệ so lệch tác động chắc chắn khi có sự cố bên ngoài ta cần chỉnh định các trị số tác động cho phù hợp với yêu cầu cụ thể. Role 7UT613 được sử dụng có đường đặc tính tác động cho chức năng bảo vệ so lệch thoả mãn các yêu cầu bảo vệ.



Hình 4.3 Đặc tính tác động của tơ le 7UT613.

Đoạn a: Biểu thị giá trị dòng điện khởi động ngưỡng thấp $I_{DIFF<}$ của bảo vệ (địa chỉ 1221), với mỗi máy biến áp xem như hằng số. Dòng điện này phụ thuộc dòng điện từ hoá máy biến áp.

Đoạn b: Đoạn đặc tính có kể đến sai số biến đổi của máy biến dòng và sự thay đổi đầu phân áp của máy biến áp. Đoạn b có độ dốc SLOPE 1(địa chỉ 1241) với điểm bắt đầu là BASE POINT 1(địa chỉ 1242)

Đoạn c: Đoạn đặc tính có tính đến chức năng khoá bảo vệ khi xuất hiện hiện tượng bão hoà không giống nhau ở các máy biến dòng. Đoạn c có độ dốc SLOPE 2 (địa chỉ 1243) với điểm bắt đầu BASE POINT 2 (địa chỉ 1244)

Đoạn d: Là giá trị dòng điện khởi động ngưỡng cao $I_{DIFF>>}$ của bảo vệ (địa chỉ 1231). Khi dòng điện so lệch I_{SL} vượt quá ngưỡng cao này bảo vệ sẽ tác động không có thời gian mà không quan tâm đến dòng điện hãm I_H và các sóng hài dùng để hãm bảo vệ. Qua hình vẽ ta thấy đường đặc tính sự cố luôn nằm trong vùng tác động. Các dòng điện I_{SL} và I_H được biểu diễn trên trục tọa độ theo hệ tương đối định mức. Nếu tọa độ điểm hoạt động (I_{SL}, I_H) xuất hiện gần đặc tính sự cố sẽ xảy ra tác động.

- *Vùng hãm bổ sung*

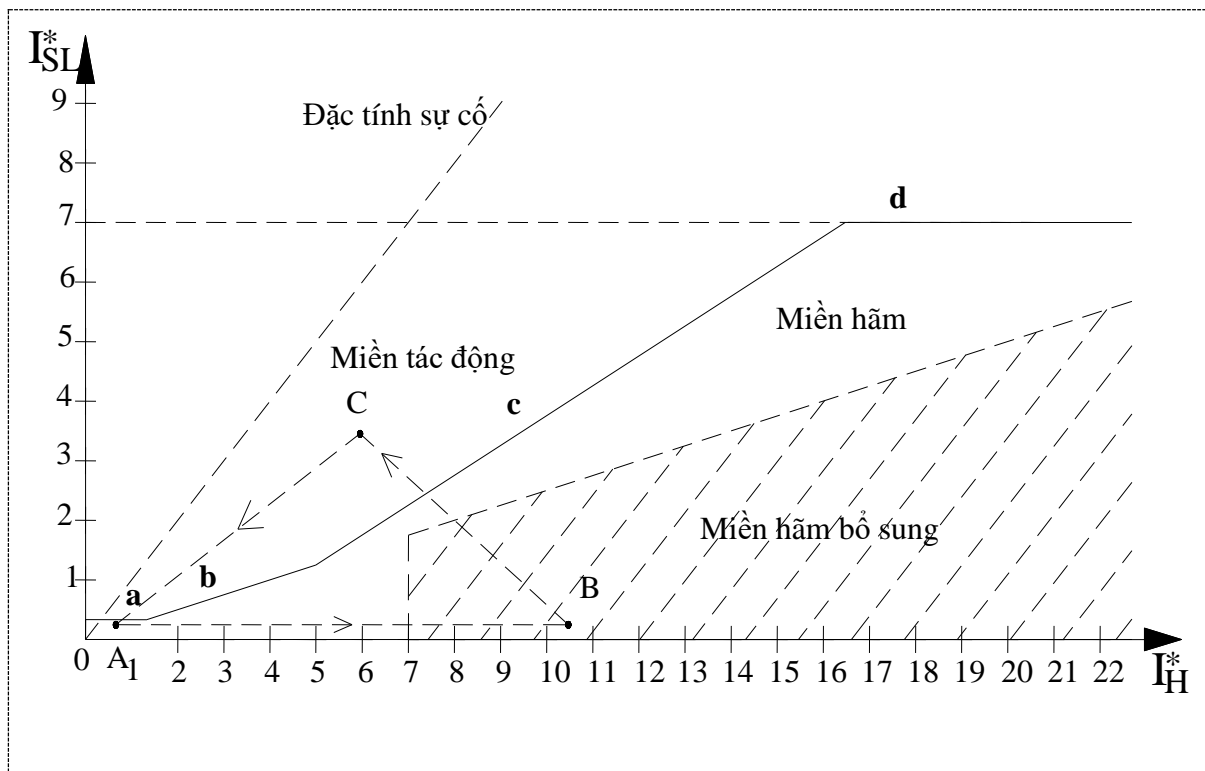
Đây là vùng hãm khi máy biến dòng bão hoà. Khi xảy ra ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, ở thời điểm ban đầu dòng điện ngắn mạch lớn làm cho máy biến dòng bão hoà mạnh. Hằng số thời gian của hệ thống dài, hiện tượng này không xuất hiện khi xảy ra sự cố trong vùng bảo vệ. Các giá trị đo được bị biến dạng được nhận ra trong cả thành phần so lệch cũng như thành phần hãm. Hiện tượng bão hoà máy biến dòng

dẫn đến dòng điện so lệch đạt trị số khá lớn, đặc biệt khi mức độ bão hoà của các máy biến dòng là khác nhau. Trong thời gian đó nếu điểm hoạt động (I_H , I_{SL}) rơi vào vùng tác động thì bảo vệ sẽ tác động nhầm. Role 7UT613 cung cấp chức năng tự động phát hiện hiện tượng bão hoà và sẽ tạo ra vùng hãm bổ sung. Sự bão hoà của máy biến dòng trong suốt thời gian xảy ra ngắn mạch ngoài được phát hiện bởi trị số dòng hãm có giá trị lớn hơn. Trị số này sẽ di chuyển điểm hoạt động đến vùng hãm bổ sung giới hạn bởi đoạn đặc tính b và trục I_H (khác với 7UT513).

Từ hình 4.4 (bên dưới) ta thấy:

Tại điểm bắt đầu xảy ra sự cố A, dòng sự cố tăng nhanh sẽ tạo nên thành phần hãm lớn. BI lập tức bị bão hoà (B). Thành phần so lệch được tạo thành và thành phần hãm giảm xuống kết quả là điểm hoạt động (I_{SL} , I_H) có thể chuyển dịch sang vùng tác động (C).

Ngược lại, khi sự cố xảy ra trong vùng bảo vệ, dòng điện so lệch đủ lớn, điểm hoạt động ngay lập tức dịch chuyển dọc theo đường đặc tính sự cố. Hiện tượng bão hoà máy biến dòng được phát hiện ngay trong 1/4 chu kỳ đầu xảy ra sự cố, khi sự cố ngoài vùng bảo vệ được xác định. Bảo vệ so lệch sẽ bị khoá với lượng thời gian có thể điều chỉnh được. Lệnh khoá được giải trừ ngay khi điểm hoạt động chuyển sang đường đặc tính sự cố. Điều này cho phép phân tích chính xác các sự cố liên quan đến máy biến áp. Bảo vệ so lệch làm việc chính xác và tin cậy ngay cả khi BI bão hoà.



Hình 4.4 Nguyên tắc hãm của chức năng bảo vệ so lệch.

Vùng hãm bỏ sung có thể hoạt động độc lập cho mỗi pha được xác định bằng việc chỉnh định các thông số, chúng được sử dụng để hãm pha bị sự cố hoặc các pha khác hay còn gọi là chức năng khoá chéo.

- *Chức năng hãm theo các sóng hài*

Khi đóng cắt máy biến áp không tải hoặc kháng bù ngang trên thanh cái đang có điện có thể xuất hiện dòng điện từ hoá đột biến. Dòng đột biến này có thể lớn gấp nhiều lần I_{dm} và có thể tạo thành dòng điện so lệch. Dòng điện này cũng xuất hiện khi đóng máy biến áp làm việc song song với máy biến áp đang vận hành hoặc quá kích thích máy biến áp.

Phân tích thành phần đột biến này, ta thấy có một thành phần đáng kể sóng hài bậc hai, thành phần này không xuất hiện trong dòng ngắn mạch. Do đó người ta tách thành phần hài bậc hai ra để phục vụ cho mục đích hãm bảo vệ so lệch. Nếu thành phần hài bậc hai vượt quá ngưỡng đã chọn, thiết bị bảo vệ sẽ bị khoá lại.

Bên cạnh sóng hài bậc hai, các thành phần sóng hài khác cũng có thể được lựa chọn để phục vụ cho mục đích hãm như: thành phần hài bậc bốn thường được phát hiện khi có sự cố không đồng bộ, thành phần hài bậc ba và năm thường xuất hiện khi máy biến áp quá kích thích. Hài bậc ba thường bị triệt tiêu trong máy biến áp có cuộn tam giác nên hài bậc năm thường được sử dụng hơn. Bộ lọc kỹ thuật số phân tích các sóng vào thành chuỗi Fourier và khi thành phần nào đó vượt quá giá trị cài đặt, bảo vệ sẽ gửi tín hiệu tới các khối chức năng để khoá hay trễ.

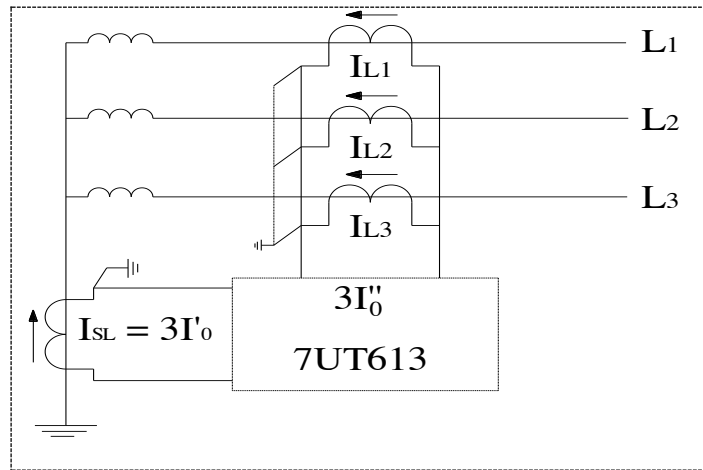
Tuy nhiên bảo vệ so lệch vẫn làm việc đúng khi máy biến áp đóng vào một pha bị sự cố, dòng đột biến có thể xuất hiện trong pha bình thường. Đây gọi là chức năng khoá chéo.

4.1.4. *Chức năng bảo vệ chống chạm đất hạn chế (REF) của rơ le 7UT613.*

Đây chính là bảo vệ so lệch dòng điện thứ tự không. Chức năng REF dùng phát hiện sự cố trong máy biến áp lực có trung điểm 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 điện thứ tự không đặt ở phía đầu ra của cuộn dây nối hình sao của máy biến áp.

- *Nguyên lý làm việc của REF trong rơ le 7UT613*

Bảo vệ chống chạm đất hạn chế REF sẽ so sánh dạng sóng cơ bản của dòng điện trong dây trung tính (I_{SP}) và dạng sóng cơ bản của dòng điện thứ tự không tổng ba pha.



Hình 4.5 nguyên lý bảo vệ chống chạm đất hạn chế trong 7UT613.

$$3I'_0 = I_{SP} \text{ (Dòng chạy trong dây trung tính)}$$

$$3I''_0 = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} \text{ (Dòng điện tổng từ các BI đặt ở các pha)}$$

Trị số dòng điện cắt I_{REF} và dòng điện hãm I_H được tính như sau:

$$I_{REF} = |3\dot{I}'_0|$$

$$I_H = k \cdot (|3\dot{I}'_0 - 3\dot{I}''_0| - |3\dot{I}'_0 + 3\dot{I}''_0|)$$

Trong đó k là hệ số, trong trường hợp chung, giả thiết $k = 1$

Xét các trường hợp sự cố sau:

- Sự cố chạm đất ngoài vùng bảo vệ: khi đó $3\dot{I}''_0$ và $3\dot{I}'_0$ sẽ ngược pha và cùng biên độ, do đó $3\dot{I}''_0 = -3\dot{I}'_0$. Vậy ta có:

$$I_{REF} = |3\dot{I}'_0|$$

$$I_H = |3\dot{I}'_0 - 3\dot{I}''_0| - |3\dot{I}'_0 + 3\dot{I}''_0| = 2 \cdot |3\dot{I}'_0|$$

$$I_H = |3\dot{I}'_0 - 3\dot{I}'_0| - |3\dot{I}'_0 + 3\dot{I}'_0| = 2 \cdot |3\dot{I}'_0|$$

Dòng tác động cắt (I_{REF}) bằng dòng chạy qua điểm đầu sao, dòng hãm bằng 2 lần dòng cắt.

- Sự cố chạm đất trong vùng bảo vệ của cuộn dây nối sao mà không có nguồn ở phía cuộn dây nối sao đó. Trong trường hợp này thì $3\dot{I}''_0 = 0$, do đó ta có:

$$I_{REF} = |3\dot{I}'_0|$$

$$I_H = |3\dot{I}'_0 - 0| - |3\dot{I}'_0 + 0| = 0$$

Dòng tác động cắt (I_{REF}) bằng dòng chạy qua điểm đầu sao, dòng hãm bằng 0.

- Sự cố chạm đất trong vùng bảo vệ ở phía cuộn dây hình sao có nguồn đi đến:

$$3I''_0 \neq 3I'_0$$

$$I_{REF} = |3 \cdot I'_0|$$

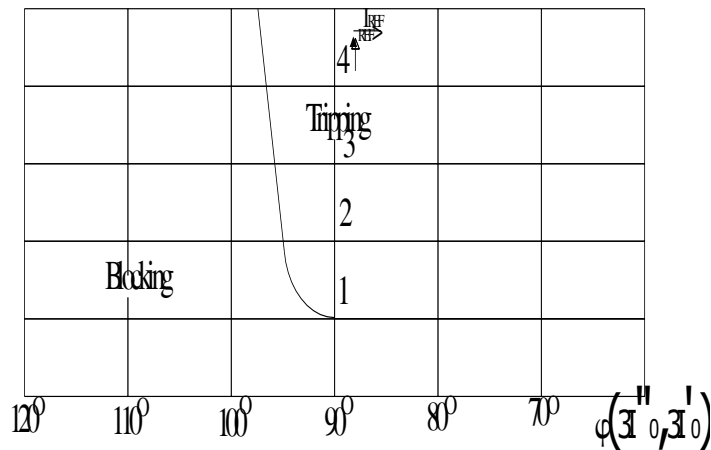
$$I_H = |3\dot{I}'_0 - 3\dot{I}''_0| - |3\dot{I}'_0 + 3\dot{I}''_0| = -2 \cdot |3\dot{I}''_0|$$

Dòng tác động cắt (I_{REF}) bằng dòng chạy qua điểm đầu sao, dòng hãm âm.

Từ kết quả trên ta thấy:

- Khi sự cố chạm đất trong vùng bảo vệ, dòng hãm luôn có giá trị âm hoặc bằng không ($I_H \leq 0$) và dòng cắt luôn tồn tại ($I_{REF} > 0$) do đó bảo vệ luôn tác động
- Khi sự cố ở ngoài vùng bảo vệ không phải là sự cố chạm đất sẽ xuất hiện dòng điện không cân bằng do sự bão hòa khác nhau giữa các BI đặt ở các pha, bảo vệ sẽ phản ứng như trong trường hợp chạm đất một điểm trong vùng bảo vệ. Để tránh bảo vệ tác động sai, chức năng REF trong 7UT613 được trang bị chức năng hãm theo góc pha..

Thực tế $3I''_0$ và $3I'_0$ không trùng pha nhau khi chạm đất trong vùng bảo vệ và ngược pha nhau khi chạm đất ngoài vùng bảo vệ do các máy biến dòng không phải là lí tưởng. Giả sử góc lệch pha của $3I''_0$ và $3I'_0$ là φ . Dòng điện hãm I_H phụ thuộc trực tiếp vào hệ số k, hệ số này lại phụ thuộc vào góc lệch pha giới hạn φ_{gh} . Ví dụ ở rơle 7UT613 cho $k = 4$ thì $\varphi_{gh} = 100$, có nghĩa là với $\varphi > 100$ sẽ không có lệnh cắt gửi đi. Ta có đặc tính tác động của bảo vệ chống chạm đất hạn chế trong rơle 7UT613.



Hình 4.6 Đặc tính tác động chống chạm đất hạn chế.

4.1.5. Chức năng bảo vệ quá dòng của rơ le 7UT613.

Role 7UT613 cung cấp đầy đủ các loại bảo vệ quá dòng như:

- Bảo vệ quá dòng cắt nhanh, có trễ hoặc không trễ
- Bảo vệ quá dòng thứ tự không cắt nhanh, có trễ hoặc không trễ
- Bảo vệ quá dòng có thời gian, đặc tính thời gian độc lập hay phụ thuộc.
- Bảo vệ quá dòng thứ tự không có thời gian, đặc tính thời gian độc lập hay phụ thuộc.

Loại bảo vệ quá dòng, quá dòng thứ tự không có đặc tính thời gian phụ thuộc của 7UT613 có thể hoạt động theo các chuẩn đường cong của IEC, ANSI và IEEE hoặc theo đường cong do người dùng tự thiết lập.

4.1.6. Chức năng bảo vệ chống quá tải.

Role 7UT613 cung cấp hai phương pháp bảo vệ chống quá tải:

- Phương pháp sử dụng nguyên lý hình ảnh nhiệt theo tiêu chuẩn IEC 60255-8. Đây là phương pháp cổ điển, dễ cài đặt.
- Phương pháp tính toán theo nhiệt độ điểm nóng.

Phương pháp tính toán theo nhiệt độ điểm nóng và tỉ lệ già hoá theo tiêu chuẩn IEC 60354. Người sử dụng có thể đặt đến 12 điểm đo trong đối tượng được bảo vệ qua 1 hoặc 2 hộp RTD (Resistance Temperature Detector) nối với nhau. RTD-box 7XV566 được sử dụng để thu nhiệt độ của điểm lớn nhất. Nó chuyển giá trị nhiệt độ sang tín hiệu số và gửi chúng đến cổng hiển thị. Thiết bị tính toán nhiệt độ của điểm nóng từ những dữ liệu này và chỉnh định đặc tính tỉ lệ. Khi ngưỡng đặt của nhiệt độ bị vượt quá, tín hiệu ngắt hoặc cảnh báo sẽ được phát ra. Phương pháp này đòi hỏi phải có thông tin đầy đủ về đối tượng được bảo vệ: đặc tính nhiệt của đối tượng, phương thức làm mát.

Ngoài chức năng theo chế độ nhiệt như trên, role 7UT613 còn chống quá tải theo dòng, tức là khi dòng điện đạt đến ngưỡng cảnh báo thì tín hiệu cảnh báo cũng được đưa ra cho dù độ tăng nhiệt độ θ chưa đạt tới các ngưỡng cảnh báo và cắt.

Chức năng chống quá tải có thể được khoá trong trường hợp cần thiết thông qua đầu vào nhị phân.

4.2. Rơ le hợp bộ quá dòng số 7SJ621



Hình 4.7 Rơ le hợp bộ quá dòng 7SJ621

4.2.1. Giới thiệu tổng quan về rơ le 7SJ621.

Role số 7SJ621 do hãng Siemens chế tạo, dùng để bảo vệ đường dây trong mạng cao áp và trung áp có trung điểm nối đất, nối đất tổng trở thấp, mạng không nối đất hoặc nối đất bù điện dung, bảo vệ các loại động cơ không đồng bộ. Nó có đầy đủ các chức năng để làm bảo vệ dự phòng cho máy biến áp với chức năng chính là bảo vệ quá dòng.

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).

Giao diện linh hoạt mở rộng cho những hệ thống điều khiển có kiến trúc giao tiếp hiện đại.

- Các chức năng bảo vệ
 - Bảo vệ quá dòng có thời gian (đặc tính thời gian độc lập/ đặc tính phụ thuộc/ đặc tính do người sử dụng cài đặt).
 - Phát hiện chạm đất với độ nhạy cao.
 - Bảo vệ chống hư hỏng cách điện.
 - Hãm dòng đột biến.
 - Bảo vệ động cơ

- ✓ Giám sát dòng cực tiêu.
- ✓ Giám sát thời gian khởi động.
- ✓ Hạn chế khởi động lại.
- ✓ Kẹt rotor.
- Bảo vệ quá tải.
- Giám sát nhiệt độ.
- Bảo vệ chống hư hỏng máy cắt.
- Bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch.
- Tự động đóng lại.
- Chức năng khoá.

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 DIGSI4 hoặc SCADA.
- Người sử dụng cài đặt logic tích hợp lập trình được (ví dụ như 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.

4.2.2. Các chức năng bảo vệ giám sát.

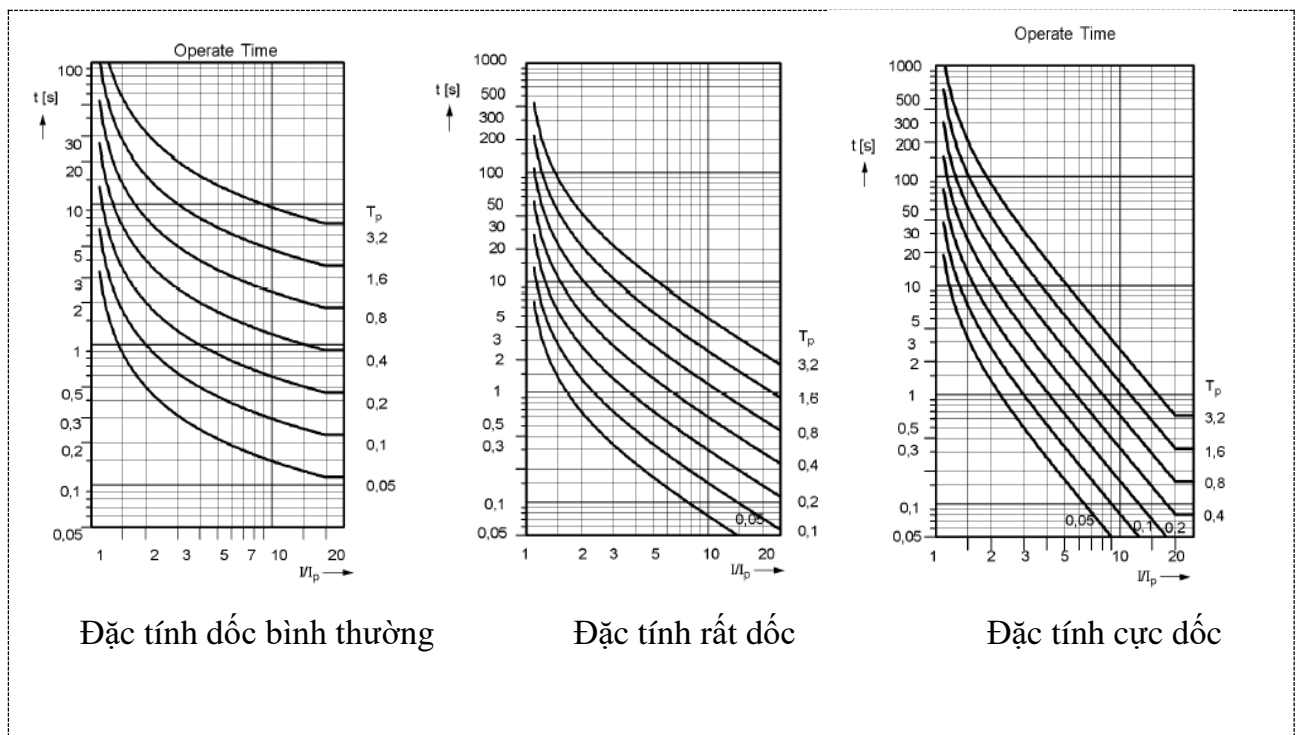
- *Chức năng bảo vệ quá dòng điện*
 - Người sử dụng có thể chọn bảo vệ quá dòng điện có đặc tính thời gian độc lập hoặc phụ thuộc.
 - Các đặc tính có thể cài đặt riêng cho các dòng pha và dòng đất. Tất cả các ngưỡng là độc lập nhau.
 - Với bảo vệ quá dòng có thời gian độc lập, dòng điện các pha được so sánh với giá trị đặt chung cho cả ba pha, còn việc khởi động là riêng cho từng pha, đồng hồ các pha khởi động, sau thời gian đặt tín hiệu cắt được gửi đi.

- Với bảo vệ quá dòng có thời gian phụ thuộc, đường đặc tính có thể được lựa chọn.

Role 7SJ621: Cung cấp đủ các loại bảo vệ quá dòng như sau:

- 50: Bảo vệ quá dòng cắt nhanh, có trễ hoặc không trễ.
- 50N: Bảo vệ quá dòng thứ tự không cắt nhanh, có trễ hoặc không trễ.
- 51 : Bảo vệ quá dòng với đặc tính thời gian độc lập hoặc phụ thuộc
- 51N: Bảo vệ quá dòng thứ tự không với đặc tính thời gian độc lập hoặc phụ thuộc.
- 50Ns, 51Ns: Chống chạm đất có độ nhạy cao, cắt nhanh hoặc có thời gian.
- 67, 67N : Bảo vệ quá dòng và quá dòng thứ tự không có hướng.

Loại bảo vệ quá dòng, quá dòng thứ tự không với đặc tính thời gian phụ thuộc của 7SJ621 có thể hoạt động theo chuẩn đường cong của IEC (hình 4.8), hoặc đường cong do người dùng thiết lập



Hình 4.8 Đặc tính thời gian tác động của 7SJ621.

- Các công thức biểu diễn các đường đặc tính trên là:
 - Đặc tính dốc bình thường (normal inverse) :

$$t = \frac{0,14}{(I/I_p)^{0,02} - 1} \cdot t_p \text{ (s)}$$

- Đặc tính rất dốc (very inverse) :

$$t = \frac{13,5}{I/I_p - 1} \cdot t_p \quad (\text{s})$$

- Đặc tính cực dốc (extremely inverse) :

$$t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} \cdot t_p \quad (\text{s})$$

Trong đó:

t : thời gian tác động của bảo vệ (sec)

t_p : bội số thời gian đặt (sec)

I : dòng điện sự cố (kA)

I_p : dòng điện khởi động của bảo vệ (kA)

- *Chức năng tự động đóng lại*

Người sử dụng có thể đặt số lần đóng lại và khoá nếu sự cố vẫn tồn tại sau lần đóng lại cuối cùng.

Nó có những chức năng sau:

- Đóng lại ba pha với tất cả các sự cố.
- Đóng lại từng pha riêng biệt.
- Đóng lại nhiều lần, một lần đóng nhanh, những lần sau có trễ.
- Khởi động của tự động đóng lại phụ thuộc vào loại bảo vệ tác động (ví dụ 46, 50, 51).

- *Chức năng bảo vệ quá tải*

Tương tự như chức năng bảo vệ quá tải trong role 7UT613, có thể được sử dụng như chức năng bảo vệ dự phòng cho ba phía máy biến áp, có thể điều chỉnh mức nhiệt cảnh báo dựa vào biên độ dòng điện

- *Chức năng chống hư hỏng máy cắt*

Khi bảo vệ chính phát tín hiệu cắt tới máy cắt thì bộ đếm thời gian của bảo vệ 50BF (T-BF) sẽ khởi động. T-BF vẫn tiếp tục làm việc khi vẫn tồn tại tín hiệu cắt và dòng sự cố. Nếu máy cắt từ chối lệnh cắt (máy cắt bị hỏng) và bộ đếm thời gian T-BF đạt tới ngưỡng thời gian giới hạn thì bảo vệ 50BF sẽ phát tín hiệu đi cắt các máy cắt đầu nguồn có liên quan với máy cắt hỏng để loại trừ sự cố.

Có thể khởi động chức năng 50BF của 7SJ621 từ bên ngoài thông qua các đầu vào nhị phân, do đó có thể kết hợp role 7SJ621 với các bộ bảo vệ khác nhằm nâng cao tính chọn lọc, độ tin cậy của hệ thống bảo vệ.

4.2.3. Một số thông số kỹ thuật của rơ le 7SJ621.

- Mạch đầu vào
 - Dòng điện danh định: 1A hoặc 5A (có thể lựa chọn)
 - Điện áp danh định: 115V/230V (có thể lựa chọn)
 - Tần số danh định: 50Hz/60Hz (có thể lựa chọn)
 - Công suất tiêu thụ:
 - ở $I_{dm} = 1A$: $< 0,05 VA$
 - ở $I_{dm} = 5A$: $< 0,3 VA$
 - ở $I_{dm} = 1A$: $\approx 0,05 VA$ (cho bảo vệ chống chạm đất có độ nhạy cao)
 - Khả năng quá tải về dòng
 - Theo nhiệt độ (trị số hiệu dụng): $100 \cdot I_{dm}$ trong 1s
 $30 \cdot I_{dm}$ trong 10s
 $4 \cdot I_{dm}$ trong thời gian dài
 - Theo giá trị dòng xung kích: $250 \cdot I_{dm}$ trong 1/2 chu kỳ
 - Khả năng quá tải về dòng cho chống chạm đất có độ nhạy cao
 - Theo nhiệt độ (trị số hiệu dụng): 300A trong 1s
 $100A$ trong 10s
 $15A$ trong thời gian dài
 - Theo giá trị dòng xung kích: $750A$ trong 1/2 chu kỳ
- Điện áp cung cấp 1 chiều
 - Điện áp định mức: 24/48V khoảng cho phép $19 \div 58V$.
 $60/125V$ khoảng cho phép $48 \div 150V$
 $110/250V$ khoảng cho phép $88 \div 330V$
 - Công suất tiêu thụ:
 - Tĩnh (Quiescent) $\approx 3 \div 4W$
 - Kích hoạt (Energized) $\approx 7 \div 9W$
- Các tiếp điểm đóng cắt
 - Số lượng : 6

- Khả năng đóng cắt : Đóng 1000 W/VA
Cắt 30 W/VA
- Điện áp đóng cắt : ≤ 250 V
- Dòng đóng cắt cho phép : 30A trong 0,5s
6A với thời gian không hạn chế.

CHƯƠNG 5. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA RƠ LE VÀ KIỂM TRA SỰ LÀM VIỆC CỦA BẢO VỆ.

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

5.1.1. Máy biến dòng điện.

Máy biến dòng điện được chọn theo điều kiện sau:

- Điện áp: $U_{dmBI} \geq U_{mg}$
- Dòng điện: $I_{dmBI} \geq I_{lvcb}$
- Phụ tải: $Z_{2dmBI} \geq Z_2 = r_2$
- Ổn định nhiệt: $(k_{nh} I_{1dm})^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$ (Chỉ kiểm tra với máy cắt có $I_{dm} \leq 1000A$)
- Ổn định động: $\sqrt{2} \cdot k_{lđđ} \cdot I_{dm} \geq i_{xk}$

Ta chọn dòng định mức phía sơ cấp cao hơn 30% ÷ 40% so với dòng điện làm việc lớn nhất.

$$I_{dmBI} \geq I_{lvmax} = 1,4 \cdot I_{dmBA} = 1,4 \cdot \frac{S_{dmBA}^i}{\sqrt{3} \cdot U_{dmBA}^i}$$

Trong đó:

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

U_{dmBA}^i : Điện áp định mức của cuộn dây i.

- Phía 115 kV: BI₁

$$I_{lvmax} = 1,4 \cdot \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 281,14 \text{ (A)}$$

- Phía 23,5kV: BI₂

$$I_{lvmax} = 1,4 \cdot \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 23,5} = 1375,81 \text{ (A)}$$

- Phía 10,5kV: BI₃

$$I_{lvmax} = 1,4 \cdot \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3079,20 \text{ (A)}$$

➤ **Chọn BI cho phía 110kV.**

Điện áp: $U_{dm(BI)} > 115kV$

Dòng điện: $I_{dm(BI)}^{110kV} > I_{lvmax}^{110kV} = 281,14A$

Chọn BI loại **IMB123**, với cấp chính xác 5P20

Các thông số chính:

$$U_{dm(BI)} = 123 kV > U_{dmBA} = 115kV \text{ (thỏa mãn)}$$

$$I_{dm(BI)} = 300 A > I_{lvmax} = 281,14A \text{ (thỏa mãn)}$$

$$I_{nh.dm} = 31,5 kA \text{ (trong 1s)}$$

$$I_{odd} = 80 kA$$

➤ **Chọn BI phía 23,5kV**

Điện áp: $U_{dm(BI)} > 23,5kV$

Dòng điện: $I_{dm(BI)}^{23,5kV} > I_{lvmax}^{23,5kV} = 1375,8A$

Chọn BI loại **4ME34**, với cấp chính xác 5P20

Các thông số chính:

$$U_{dm(BI)} = 24 kV > U_{dmBA} = 23,5kV \text{ (thỏa mãn)}$$

$$I_{dm(BI)} = 1500 A > I_{lvmax} = 1375,8A \text{ (thỏa mãn)}$$

$$I_{nh.dm} = 80 kA \text{ (trong 1s)}$$

$$I_{odd} = 200 kA$$

➤ **Chọn BI phía 10,5kV**

Điện áp: $U_{dm(BI)} > 10,5kV$

Dòng điện: $I_{dm(BI)}^{10,5kV} > I_{lvmax}^{10,5kV} = 3079,2A$

Chọn BI loại **4ME32**, với cấp chính xác 5P20

Các thông số chính:

$$U_{dm(BI)} = 12 \text{ kV} > U_{dmBA} = 10,5 \text{ kV} \text{ (thỏa mãn)}$$

$$I_{dm(BI)} = 4000 \text{ A} > I_{lvmax} = 3079,2 \text{ A} \text{ (thỏa mãn)}$$

$$I_{nh.dm} = 80 \text{ kA (trong 1s)}$$

$$I_{odd} = 200 \text{ kA}$$

Ta có bảng thông số kỹ thuật:

Bảng 5.1 Bảng thông số BI

Thông số	Cấp điện áp		
	110kV	22kV	10kV
Loại BI	IMB 123	4ME34	4ME32
Điện áp danh định (kV)	123	24	12
Dòng điện danh định sơ cấp (A)	300	1500	4000
Dòng điện danh định thứ cấp (A)	1	1	1
Dòng ổn định nhiệt trong 1s (kA)	31,5	80	80
Cấp chính xác	5P20	5P20	5P20

5.1.2. Máy biến điện áp.

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

- Điện áp: $U_{ddBU} \geq U_{ng}$.
- Cấp chính xác phù hợp với yêu cầu của dụng cụ đo.

Dựa vào các điều kiện ta chọn máy biến điện áp với các thông số trong bảng như sau:

Bảng 5.2 Bảng thông số BU.

Cấp điện áp (kV)	115	23,5	10,5
Loại BU	EMFC 145	EMFC 24	EMFC 24
Tỷ số biến	$\frac{110000}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{22000}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{10500}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}}$
Cấp chính xác	3P	3P	3P

5.2. Các chức năng bảo vệ cho rơ le 7UT613.

5.2.1. Chức năng bảo vệ so lệch có hãm 87T.

- Ngưỡng tác động cấp 1: $I_{SL>}$

Đoạn a: Giá trị này Biểu thị giá trị khởi động của bảo vệ. $I_{SL}(I_{DIFF})$ 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): $I_{DIFF>} > I_{KCB}$

I_{KCB} : dòng điện không cân bằng

$I_{DIFF>} = (0,1 \div 0,5)I_{ddBI}$; Thường chọn $I_{DIFF>} = 0,3I_{ddBI}$

Đoạn b (SLOPE1): Đặc trưng cho độ hãm thấp tương ứng với dòng ngắn mạch trị số không lớn lắm (quá tải hoặc ngắn mạch ở xa) xác định theo độ dốc: $tg\alpha_1 = 0,1 \div 0,25$. Đoạn b đi qua gốc toạ độ. Theo nhà sản xuất thì độ dốc $SLOPE1 = 0,25(tg\alpha_1 = 0,25)$ tương ứng và $\alpha_1 = 14,03^\circ$ thì cho phép thay đổi đầu phân áp của máy biến áp tới 20%.

Ngưỡng thay đổi hệ số hãm thứ nhất: $I_{s1} = \frac{I_{DIFF>}}{K_{Hb}} = \frac{0,3}{0,25} = 1,2$

Đoạn c (SLOPE2): có độ dốc lớn hơn nhằm đảm bảo cho role làm việc trong điều kiện dòng không cân bằng lớn, BI bị bão hoà khi có ngắn mạch ngoài. Độ dốc này được xác định theo độ lớn của góc α_2 : $tg\alpha_2 = 0,3 \div 0,75$. Nhà sản xuất đã đặt sẵn trong role điểm cơ sở là 2,5. Chọn $SLOPE2 = 0,5 (tg\alpha_2 = 0,5)$ tương ứng và $\alpha_2 = 26,56^\circ$.

- Ngưỡng tác động cấp 2: $I_{SL>>}$

Dòng so lệch mức cao $I_{DIFF>>}$ là giới hạn trên đường đặc tính (đoạn d), đoạn đặc tính này phụ thuộc vào giá trị dòng ngắn mạch của máy biến áp. Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ, dòng so lệch lớn hơn giá trị $I_{DIFF>>}$ thì role tác động ngay lập tức không kể mức độ dòng hãm, ngưỡng này thường được chỉnh định ở mức khi ngắn mạch ở

đầu ra máy biến áp và dòng sự cố xuất hiện lớn hơn $\frac{1}{U_N^{(i-j)} \%_{\min}}$ lần dòng danh định của máy biến áp.

Thông thường: $I_{DIFF} = \frac{1}{U_N^{(i-j)} \%_{\min}}$

$U_N^{(i-j)} \%_{\min} = \text{Min}(U_N^{(C-T)} \% ; U_N^{C-H} \%) = \text{Min}(10,5\% ; 17\%) = 10,5\%$

Chọn: $I_{DIFF >>} = \frac{1}{10,5\%} = 9,524$

- Tỷ lệ hài bậc hai và bậc năm trong so lệch.

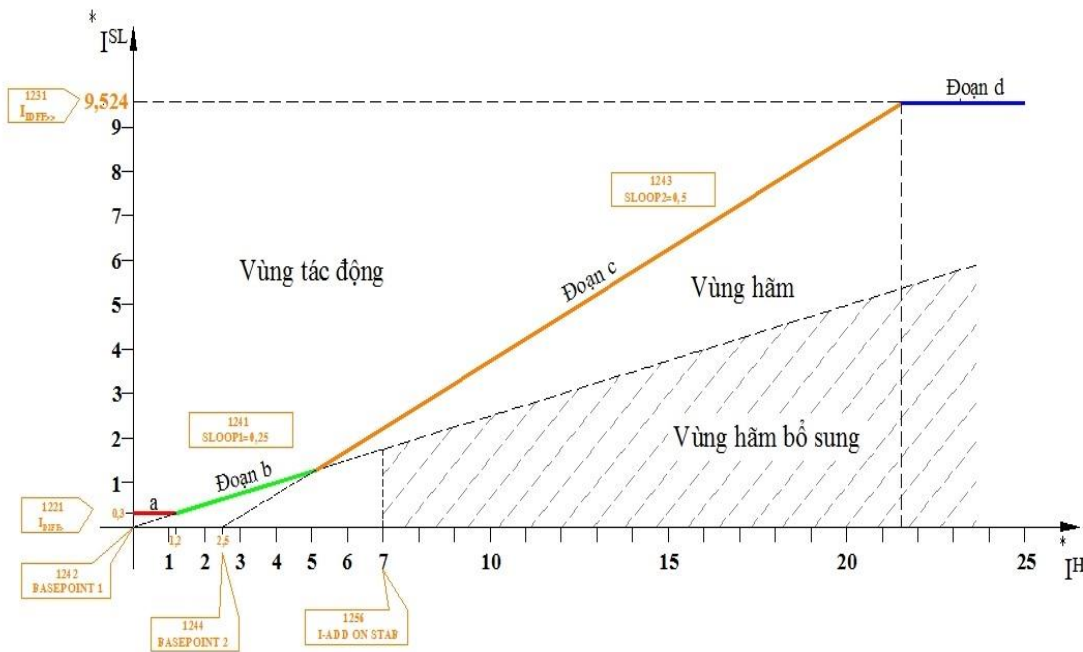
Tỷ lệ thành phần hài bậc hai đạt đến ngưỡng chỉnh định, tín hiệu cắt sẽ bị khoá, tránh cho role khởi tác động nhầm (15%).

- Phạm vi hãm bổ sung

Phạm vi hãm bổ sung nhằm tránh cho role tác động nhầm khi BI bảo hoà mạnh khi ngắn mạch ngoài lấy $I_{ADD ON STAB} = 7 I_{đđBI}$.

Thời gian trễ của cấp $I_{DIFF >}$ là 0s.

Thời gian trễ của cấp $I_{DIFF >>}$ là 0s.



Hình 5.1 Đặc tính tác động của rơ le 7UT613.

5.2.2. Bảo vệ chống chạm đất hạn chế (REF): $(\Delta I_0 / 87N)$.

Dòng khởi động của bảo vệ chống chạm đất hạn chế.

$I_{kđ87N} = K.I_{đmBI} = (0,2 \div 0,3) I_{đmBI}$

Chọn dòng khởi động $I_{kd87N} = 0,2 \cdot I_{dmBI} = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ A}$ phía thứ cấp

Thời gian trễ của bảo vệ: $t_{87N} = 0 \text{ s}$.

5.2.3. Cài đặt chức năng 49 (chống quá tải MBA).

Bảo vệ quá tải cho máy biến áp dùng chức năng bảo vệ quá tải theo nhiệt độ của role số 7UT613

Tính toán các thông số cần chỉnh định

Hệ số quá tải lâu dài cho phép: $k_{qt} = \frac{I_{cp}}{I_{dd}}$

Trong đó:

I_{cp} : Là dòng điện quá tải lâu dài cho phép

k_{qt} : do nhà sản xuất MBA quy định, thường lấy $k_{qt} = 1,1$

Hằng số thời gian nhiệt độ đốt nóng cuộn dây $\tau = \frac{t_{\max}}{60} \left(\frac{I_{maz}}{I_{cp}} \right)^2$ phút

Với I_{\max} là dòng điện lớn nhất cho phép trong thời gian quá tải cho phép $t_{\max}(\text{s})$. Máy biến áp được phép quá tải không quá 40% trong 5 ngày đêm, mỗi ngày không quá 6 giờ tức là $t_{\max} = 6 \cdot 60 \cdot 60 = 21600 \text{ s}$

$$\text{Vậy } \tau = \frac{t_{\max}}{60} \left(\frac{I_{\max}}{I_{cp}} \right)^2 = \frac{21600}{60} \left(\frac{1,4}{1,1} \right)^2 = 583 \text{ phút}$$

Độ tăng nhiệt độ báo tín hiệu theo phần trăm của nhiệt độ tăng cắt $\Phi_{\text{warm}}/\Phi_{\text{trip}}$ lấy bằng 90%.

5.3. Cài đặt chức năng bảo vệ cho rơ le 7SJ621.

5.3.1. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh: ($I >> /50$).

Dòng điện khởi động của bảo vệ quá dòng cắt nhanh được tính theo công thức:

$$I_{kd}^{50} = K_{at} \cdot I_{\text{Ngoài max}}$$

Trong đó:

K_{at} : Hệ số an toàn $K_{at} = 1,2$

$I_{\text{Ngoài max}}$: dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất

Bảo vệ phía 115 kV:

$$I_{\text{Nngmax115}} = \text{Max}\{ I_{\text{N2max}}; I_{\text{N3max}} \} = 8,327$$

$$I_{kd}^{50} = 1,2 \cdot 8,327 = 9,924$$

Dòng điện cài đặt cho chức năng 50 của BI₁:

$$I_{kd(BI_1)}^{50} = I_{kd}^{50} \cdot I_{cb1} = 9,924 \cdot 201 = 2,008 \text{ kA}$$

Thời gian trễ của bảo vệ $t_{50} = 0\text{sec}$.

5.3.2. Bảo vệ quá dòng thứ tự không cắt nhanh ($I_0 > 50N$)

Dòng điện khởi động:

$$I_{kd}^{50N} = K_{at} \cdot I_{0NMngoai\ max}$$

Trong đó:

$$I_{0NMngoai\ max} = \max\{I_0^{N1}(BI1); I_0^{N2}(BI1)\} = 2,276$$

Khi đó:

$$I_{kd}^{50N} = K_{at} \cdot I_{0NMngoai\ max} = 1,2,2,175 \cdot 0,201 = 0,525\text{ kA}$$

Thời gian tác động thường lấy $t = 0,05\text{s}$.

5.3.3. Bảo vệ quá dòng có thời gian ($I > / 51$).

Dòng khởi động của bảo vệ quá dòng được tính theo công thức sau:

$$k_{kdI>} = \frac{K_{at} \cdot K_m}{K_{tv}} I_{lv\ max} = k \cdot I_{dmMBA}$$

Trong đó

K_{at} : hệ số an toàn

K_m : hệ số mở máy

K_{tv} : hệ số trở về của role

$I_{lv\ max}$ dòng làm việc lớn nhất đi qua bảo vệ

Dòng khởi động của BV quá dòng cũng có thể chỉnh định theo công thức sau:

$$I_{kdI>} = k \cdot I_{dmMBA}$$

k : hệ số chỉnh định, thường lấy $k = 1,6$

I_{dmMBA} : Dòng điện định mức máy biến áp tương ứng với các cấp bảo vệ.

- **Bảo vệ phía 23,5kV:**

Chức năng 51 của BV2 phải phối hợp với chức năng bảo vệ 51 của phía đường dây 22kV. Giả sử thời gian cắt lớn nhất với sự cố ngắn mạch pha-đất của các lộ đường dây 22kV nối vào thanh cái 22kV của máy biến áp $t_{DZ22} = 1\text{ sec}$. Để đảm bảo tính chọn lọc ta chọn cấp thời gian $\Delta t = 0,3\text{sec}$. Thời gian tác động của chức năng 51 của BV2 là:

$$t_{22} = t_{DZ23,5} + \Delta t = 1 + 0,3 = 1,3\text{ giây}$$

$$I_{cb2} = 0,983\text{ kA}$$

$$I_{kd51}^{23,5} = 1,6 \cdot I_{cb2} = 1,6 \cdot 0,983 = 1,573\text{ kA} = 1573\text{ A}$$

- **Bảo vệ phía 10,5kV:**

Cũng tương tự như BV2, chức năng 51 của BV3 phải phối hợp với chức năng bảo vệ 51 của phía đường dây. Giả sử thời gian cắt lớn nhất với sự cố ngắn mạch của các lộ đường dây 10,5kV nối vào thanh cái 10,5kV của máy biến áp $t_{DZ10,5} = 1,2$ sec. Để đảm bảo khả năng chọn lọc đúng thời gian tác động của chức năng 51 của BV3 là

$$t_{10,5} = t_{DZ10,5} + \Delta t = 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ sec}; (\text{chọn } \Delta t = 0,3\text{sec})$$

$$I_{cb3} = 2,119 \text{ kA}$$

$$I_{kd51}^{10,5} = 1,6 \cdot I_{cb3} = 1,6 \cdot 2,119 = 3,390 \text{ kA} = 3390 \text{ A}$$

- **Bảo vệ phía 115kV:**

$$I_{cb} = 0,201 \text{ kA}$$

$$I_{kd51}^{115} = 1,6 \cdot I_{cb1} = 1,6 \cdot 0,201 = 0,322 \text{ kA}$$

Bảo vệ quá dòng sử dụng đặc tính thời gian độc lập, thời gian tác động của bảo vệ được chọn $t_{kd51}^{110} = t_{\text{các cấp}} + \Delta t$

$$t_{\text{các cấp}} = \text{Max}\{t_{10,5}; t_{22}\} = \text{Max}\{1,5; 1,3\} = 1,5 \text{ sec}$$

5.3.4. Bảo vệ quá dòng thứ tự không có thời gian ($I_0 > / 51N$)

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

$$I_{kd} = K_0 \cdot I_{dmBI}$$

Trong đó:

K_0 là hệ số chỉnh định, $K_0 = 0,1 \div 0,3$

I_{dmBI} dòng điện định mức phía sơ cấp của BI đấu với 51N

- **Bảo vệ phía 23,5 kV**

I_{dmBI} Dòng điện định mức của bảo vệ phía 23,5kV đấu với 51N bằng với dòng điện định mức của bảo vệ phía 22,5kV đấu với 50 bằng 1500 A

$$I_{kd51N}^{23,5} = 0,3 \cdot I_{ddBI} = 0,3 \cdot 1500 = 450 \text{ A} = 0,45 \text{ kA}$$

Thời gian tác động của bảo vệ quá dòng TTK phía phụ tải $t_0 = 1$ s

$$\text{Suy ra: } t_{kd51N}^{23,5} = t_0 + \Delta t = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ s}$$

- **Bảo vệ phía 115kV**

I_{ddBI} : Dòng điện định danh của bảo vệ phía 110kV đấu với 51N bằng với dòng điện định danh của bảo vệ phía 110kV đấu với 50 bằng 300A

$$I_{kd51N}^{110} = 0,3 \times I_{ddBI} = 0,3 \times 300 = 90 \text{ A} = 0,090 \text{ kA}$$

Thời gian tác động của bảo vệ bảo vệ quá TTK phía phụ tải $t_0 = 1,3$ s

$$\text{Suy ra: } t_{kd51N}^{110} = t_0 + \Delta t = 1,3 + 0,3 = 1,6 \text{ s}$$

5.4. Kiểm tra độ nhạy của các chức năng bảo vệ.

5.4.1. Kiểm tra độ nhạy của các chức năng bảo vệ quá dòng.

Độ nhạy đặc trưng cho khả năng cảm nhận sự cố của role

$$\text{Hệ số độ nhạy: } K_n = \frac{I_{N\min}}{I_{kd}}$$

Trong đó:

$I_{N\min}$: Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất mà role đo được khi sự cố

I_{kd} : Dòng điện khởi động của role

Với bảo vệ chính : $K_{n\min} = 1,5 \div 2$

Với bảo vệ dự phòng: $K_{n\min} = 1,2 \div 1,5$

- **Bảo vệ phía 115kV**

Bảo vệ phía 110 kV dùng làm bảo vệ dự phòng cho bảo vệ so lệch MBA đồng thời làm bảo vệ dự phòng cho bảo vệ phía 10,5 kV và 23,5 kV.

- **Chức năng 51 ($I >$).**

$$\text{Công thức kiểm tra: } K_{n51} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51}}$$

$I_{N\min}$: Dòng ngắn mạch cực tiểu đi qua bảo vệ

$$I_{N\min} = \text{Min}\{I_{N\min}^{(N2)}; I_{N\min}^{(N3)}\} = 4,287$$

$$\Rightarrow I_{N\min} = 4,287 \cdot 0,126 = 0,862 \text{ kA}$$

$$\text{Ta có: } I_{kd51}^{110} = 0,322 \text{ kA}$$

$$\text{- Hệ số nhạy: } K_{n51} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51}} = \frac{0,862}{0,322} = 2,68 > 1 \text{ Đạt}$$

- **Chức năng 51N ($I_0 >$)**

$$K_{n51N} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51N}} = \frac{3I_{0\min}}{I_{kd}}$$

$I_{0\min}$: Dòng ngắn mạch TTK cực tiểu chạy qua BI_1 khi ngắn mạch chạm đất.

$$I_{0\min}^{N2} = 0,957$$

$$I_{N\min(BI1)} = I_{0\min} \cdot I_{cb1} = 0,957 \cdot 0,201 = 0,192 \text{ kA}$$

$$I_{kd51N}^{110} = 0,3 \times I_{\ddot{a}dBI} = 0,09 \text{ kA đã tính ở phần trên}$$

- Hệ số độ nhạy:

$$K_{n51N} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51N}} = \frac{3,0,192}{0,09} = 6,4 > 1 \text{ Đạt}$$

- **Phía 10,5kV**

- **Chức năng 51.**

Công thức kiểm tra: $K_{n51} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51}}$

$I_{N\min}$: Dòng ngắn mạch cực tiểu chạy qua BI₃ khi ngắn mạch tại N₃

$$I_{N\min}^{N3} = 5,263$$

$$I_N = I_{N\min} \cdot I_{cb3} = 5,263 \cdot 2,199 = 11,573 \text{ kA}$$

Dòng khởi động: $I_{kd51}^{10,5} = 3,390 \text{ kA}$

- Hệ số độ nhạy: $K_{n51N} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51}} = \frac{11,573}{3,39} = 3,414 > 1 \text{ Đạt}$

- **Phía 23,5kV**

- **Chức năng 51.**

Công thức kiểm tra: $K_{n51N} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51N}}$

$I_{N\min(23,5kV)}$: Dòng ngắn mạch cực tiểu chạy qua BI₂ khi ngắn mạch tại N₂

$$I_{N\min}^{N2} = 6,321$$

$$I_N = I_{N\min} \cdot I_{cb} = 6,321 \cdot 0,983 = 6,213 \text{ kA}$$

Dòng khởi động đã tính: $I_{kd51}^{23,5} = 1,573 \text{ kA}$

- Hệ số độ nhạy: $K_{n51N} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51}} = \frac{6,213}{1,573} = 3,95 > 1 \text{ Đạt}$

- **Chức năng 51N.**

Công thức kiểm tra: $K_{n51N} = \frac{I_{N\min}}{I_{kd51N}} = \frac{3 \cdot I_{0\min}}{I_{kd}}$

I_{0min} : Dòng ngắn mạch TTK cực tiểu chạy qua BI₂ khi ngắn mạch 1 pha tại N₂

$$I_{N_{min}}^{N_2} = 3,135$$

Trong hệ đơn vị có tên thì:

$$I_N = I_{N_{min}} \cdot I_{cb2} = 3,135 \cdot 983 = 3,082 \text{ kA}$$

$$I_{kd51N}^{23,5} = 0,3 \times I_{ddBI} = 0,3 \text{ kA đã tính}$$

$$\text{- Hệ số độ nhạy: } K_{n51N} = \frac{I_{N_{min}}}{I_{kd51N}} = \frac{3,082}{0,3} = 10,27 > 1 \text{ Đạt}$$

5.4.2. Kiểm tra độ nhạy của bảo vệ so lệch 87/ΔI.

Để kiểm tra độ nhạy của chức năng 87 thì cần thiết phải loại bỏ thành phần dòng điện TTK trong thành phần dòng ngắn mạch (việc này để tránh cho role tác động nhầm khi có sự cố chạm đất phía ngoài vùng bảo vệ).

- **Kiểm tra độ an toàn hãm với sự cố ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ.**

Để kiểm tra độ nhạy của bảo vệ ta xét dòng ngắn mạch lớn nhất (I_{max}) khi xảy ra ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ tại các điểm ngắn mạch N₁; N₂; N₃

Dòng điện đưa vào role gồm có hai thành phần, được tính theo công thức:

$$I_{\text{so lệch}} = I_{SL} = I_{cao} - I_{trung} - I_{ha} = I_{qua BI1} - I_{qua BI2} - I_{qua BI3}$$

$$I_{hãm} = I_H = |I_{cao}| + |I_{trung}| + |I_{ha}| = |I_{qua BI1}| + |I_{qua BI2}| + |I_{qua BI3}|$$

Theo lý thuyết khi sự cố ngoài vùng hoặc chế độ làm việc bình thường thì tổng dòng điện đi vào MBA bằng tổng dòng điện đi ra khỏi MBA nên dòng điện so lệch phải bằng không: $I_{\text{so lệch}} = I_{SL} = I_{cao} - I_{trung} - I_{ha} = 0$

Nhưng thực tế do các biến dòng BI không phải là lý tưởng nên các đặc tính của chúng không giống nhau hoàn toàn. Chính do sự sai khác về đặc tính của BI dẫn tới sẽ có một dòng không cân bằng chạy qua role trong chế độ sự cố ngoài vùng.

$$I_{\text{so lệch}} = I_{SL} = I_{cao} - I_{trung} - I_{ha} = I_{kcb} \neq 0$$

Giá trị dòng điện không cân bằng này có xu hướng làm cho role tác động nhầm, để tránh cho role làm việc nhầm trong trường hợp này ta phải kiểm tra xem dòng điện hãm khi đó có đủ khả năng hãm role (nghĩa là có thắng được tác động của dòng không cân bằng) hay không.

Giá trị dòng điện không cân bằng rất khó xác định chính xác, nhưng một cách gần đúng có thể xác định theo công thức:

$$I_{kcb} = I_{SL} = (k_{kck} * k_{đn} * f_i + \Delta U) * (I_f - I_0)_{max}$$

Trong đó

- $k_{kck} = 1$ là hệ số kể đến ảnh hưởng của thành phần dòng điện không chu kỳ trong dòng điện ngắn mạch đến đặc tính làm việc của BI.

- $k_{đn} = 1$ là hệ số thể hiện sự đồng nhất về đặc tính làm việc của các BI
- + $k_{đn} = 1$ nghĩa là đặc tính làm việc của các BI khác nhau hoàn toàn
- + $k_{đn} = 0$ nghĩa là đặc tính làm việc của các BI giống nhau hoàn toàn (điều này chỉ là lý thuyết, thực tế sẽ không xảy ra)
- $f_i = 0,1$ là sai số cho phép lớn nhất của BI dùng cho mục đích bảo vệ role
- ΔU : Độ thay đổi điện áp do việc điều chỉnh điện áp đến độ lớn dòng điện không cân bằng chạy qua role. Theo đầu đề thì phía 110kV có phạm vi điều chỉnh đầu phân áp là $\pm 9 \times 1,78\%$. Như vậy có thể tính giá trị ΔU theo công thức
$$\Delta U = \frac{9 \cdot 1,78}{100} = 0,16$$
- I_{Nngmax} : là dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất có thể chạy qua máy biến áp (nên qui đổi về cùng một cấp điện áp, ví dụ qui đổi về phía cao áp).

Tổng kết: giá trị dòng điện không cân bằng lớn nhất có thể là

$$I_{kcb} = I_{SL} = (k_{kck} k_{đn} f_i + \Delta U) \cdot I_{Nngmax} = (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16) I_{Nngmax} = 0,26 I_{Nngmax}$$

- $K_{đn}$ là hệ số đồng nhất máy biến dòng, $K_{đn} = 1$.
- K_{KCK} là hệ số kể đến ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch trong quá trình quá độ, $K_{KCK} = 1$.
- f_i : sai số tương đối cho phép của BI, $f_i = 10\% = 0,1$
- ΔU là phạm vi điều chỉnh điện áp của đầu phân áp, $\Delta U = 0,16$
- I_{Nngmax} : dòng điện ngắn mạch ngoài cực đại đã quy đổi về phía 110 kV.

Xét các trường hợp:

❖ **Phía 115kV (điểm ngắn mạch N1).**

Với sự cố 3 pha, 2 pha: không có dòng điện chạy qua các BI nên role không nhận được bất cứ giá trị dòng điện nào cả \rightarrow role không tác động. Với sự cố 1 pha, 2 pha chạm đất: chỉ có thành phần dòng điện thứ tự không chạy qua BI₁, không có dòng điện chạy qua các BI₂ và BI₃. Nhưng do role đã được thiết kế để luôn luôn loại trừ thành phần dòng điện TTK chạy qua nó nên kết quả là dù BI₁ có dòng TTK chạy qua nhưng dòng điện này cũng bị loại trừ trong role, trường hợp này role không tác động vì cũng không có dòng điện chạy qua.

❖ **Phía 23,5kV (điểm ngắn mạch N2).**

Vì phía ngắn mạch 23,5 kV trung tính nối đất trực tiếp, nhưng do role luôn luôn loại trừ dòng TTK nên phải tìm dòng điện Max khi đã loại trừ dòng điện TTK. Điều này dẫn đến thường dòng ngắn mạch 3 pha là dòng ngắn mạch Max.

Dòng ngắn mạch 3 pha tại N₂ ($N_{N_2}^{(3)}$) đã tính được trong chương 2, Kết quả ngắn mạch 3 pha tại N₂ được lấy từ bảng 2.1 với chế độ S_{max} ta có:

Dạng ngắn mạch	BI ₁	BI ₂	BI ₃
$N_{N_2}^{(3)}$	8,000	8,000	0

Dòng điện so lệch được tính

$$I_{kcb}^* = I_{SL}^* = 0,26 \cdot I_{Nngmax} = 0,26 \cdot 8,000 = 2,08$$

Dòng điện hãm

$$I_H^* = |I_{BI1}| + |I_{BI2}| + |I_{BI3}| = |8,000| + |8,000| + |0| = 16,000$$

Vậy tại N₂ thì rơle nhận được bộ giá trị (I_H^*, I_{SL}^*) = (16,000; 2,08)

❖ **Phía 10,5 kV (điểm ngắn mạch N3).**

Phía 10,5 có trung tính cách điện nên dòng điện sự cố lớn nhất là ứng với dòng điện ngắn mạch 3 pha tại N₃ ($N_{N_3}^{(3)}$) chế độ S_{Max}).

Theo kết quả tính toán ngắn mạch phục vụ cho bảo vệ rơle MBA Phía 10,5 có trung tính cách điện nên dòng điện sự cố lớn nhất là ứng với dòng điện ngắn mạch 3 pha tại N₃ ($N_{N_3}^{(3)}$) trong chế độ 1MBA vận hành độc lập dòng ngắn mạch ngoài lớn hơn nên tính toán hệ số an toàn với chế độ này. Kết quả được lấy từ bảng 2.1 điểm ngắn mạch $N_{N_3}^{(3)}$, chế độ S_{max} có:

Dạng ngắn mạch	BI ₁	BI ₂	BI ₃
$N_{N_3}^{(3)}$	5,263	0	5,263

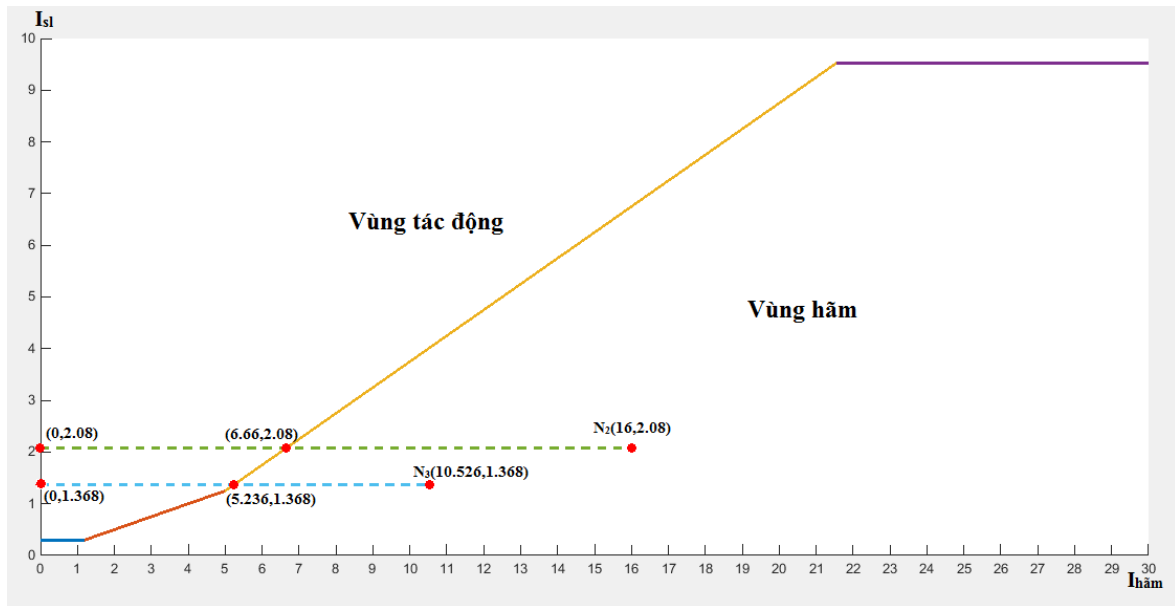
Dòng điện so lệch được tính:

$$I_{kcb}^* = I_{SL}^* = 0,26 \cdot I_{Nngmax} = 0,26 \cdot 5,263 = 1,368 \text{ kA}$$

Dòng điện hãm:

$$I_H^* = |I_{BI1}| + |I_{BI2}| + |I_{BI3}| = |5,263| + 0 + |5,263| = 10,526$$

Vậy tại N₃ thì rơle nhận được bộ giá trị (I_H^*, I_{SL}^*) = (10,526; 1,368)



Hình 5.2 Kiểm tra độ an toàn hãm với sự cố ngắn mạch ngoài vùng.

Ta có:

$$K_{athN3} = \frac{10,526}{5,236} = 2,01 > 1,5 \Rightarrow \text{Đạt}$$

$$K_{athN2} = \frac{16}{6,66} = 2,4 > 1,5 \Rightarrow \text{Đạt}$$

- Kiểm tra sự an toàn sự cố khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ.

Để kiểm tra độ nhạy khi có sự cố trong vùng bảo vệ, ta xét dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất (I_{\min}) khi xảy ra ngắn mạch trong vùng bảo vệ tại các điểm ngắn mạch N_1' ; N_2' ; N_3' . Để tránh tác động nhầm đối với các sự cố ngắn mạch chạm đất trong vùng bảo vệ của MBA, dòng điện đưa vào role gồm có hai thành phần, được tính theo công thức chung là:

$$I_{\text{solêch}} = I_{SL} = I_{\text{cao}} - I_{\text{trung}} - I_{\text{hạ}} = I_{\text{qua BI1}} - I_{\text{qua BI2}} - I_{\text{qua BI3}}$$

$$I_{\text{hãm}} = I_H = |I_{\text{cao}}| + |I_{\text{trung}}| + |I_{\text{hạ}}| = |I_{\text{qua BI1}}| + |I_{\text{qua BI2}}| + |I_{\text{qua BI3}}|$$

Nhưng do khi ngắn mạch trong vùng thì dòng điện qua BI₂ hoặc BI₃ đổi chiều nên công thức trên trở thành:

$$I_{\text{solêch}} = I_{SL} = I_{\text{cao}} - I_{\text{trung}} - I_{\text{hạ}} = I_{BI1} + I_{BI2} + I_{BI3}$$

So sánh với dòng điện hãm

$$I_{\text{hãm}} = I_H = |I_{\text{cao}}| + |I_{\text{trung}}| + |I_{\text{hạ}}| = |I_{BI1}| + |I_{BI2}| + |I_{BI3}|$$

Như vậy có thể kết luận: khi sự cố trong vùng thì độ lớn dòng điện so lệch bằng độ lớn dòng điện hãm $I_{SL} = I_H$

❖ **Phía 110kV tại điểm N_1'**

Từ bảng 2.2, dòng ngắn mạch nhỏ nhất là $N_{N1}^{(1)}$

Dạng ngắn mạch	BI ₁	BI ₂	BI ₃
$N_{N1}^{(1)}$	27,063	0	0

Dòng điện so lệch được và dòng điện hãm được tính như sau:

$$I_{kcb}^* = I_{SL}^* = I_H^* = |I_{BI1}| + |I_{BI2}| + |I_{BI3}| = |27,063| + |0| + |0| = 27,073$$

Tổng kết: Tại N_1' thì role nhận được bộ giá trị $(I_H^*; I_{SL}^*) = (27,063; 27,063)$

❖ **Phía 23,5kV tại điểm N_2'**

Từ bảng 2.2, dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất $N_{N2}^{(2)}$

Dạng ngắn mạch	BI ₁	BI ₂	BI ₃
$N_{N2}^{(2)}$	7,248	0	0

Dòng điện so lệch được và dòng điện hãm được tính như sau:

$$I_{kcb}^* = I_{SL}^* = I_H^* = |I_{BI1}| + |I_{BI2}| + |I_{BI3}| = |7,248| + |0| + |0| = 7,248$$

Tại N_2' thì role nhận được bộ giá trị $(I_H^*; I_{SL}^*) = (7,248; 7,248)$

❖ **Phía 10,5 kV tại điểm N_3'**

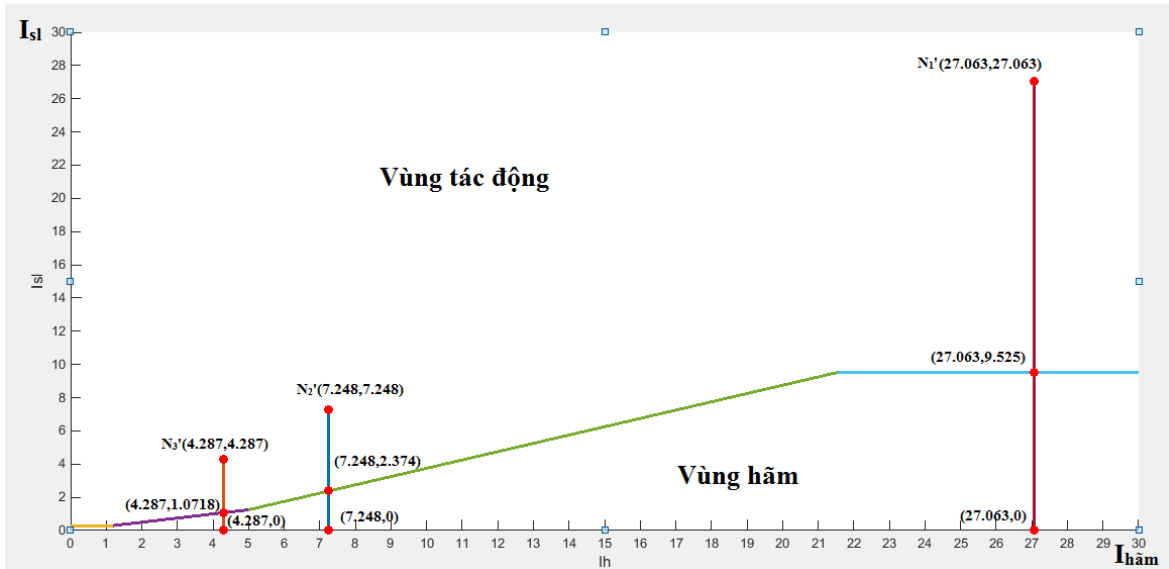
Từ bảng 2.2, dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất $N_{N3}^{(2)}$

Dạng ngắn mạch	BI ₁	BI ₂	BI ₃
$N_{N3}^{(2)}$	4,287	0	0

Dòng điện so lệch được và dòng điện hãm được tính như sau:

$$I_{kcb}^* = I_{SL}^* = I_H^* = |I_{BI1}| + |I_{BI2}| + |I_{BI3}| = |4,287| + |0| + |0| = 4,287$$

Tổng kết: Tại $N_{N3}^{(2)}$ thì role nhận được bộ giá trị $(I_H^*; I_{SL}^*) = (4,287; 4,287)$



Hình 5.3 Kiểm tra độ an toàn tác động với các sự cố trong vùng.

Ta có:

$$K_{nhayN'3} = \frac{4,287}{1,0718} = 3,999 > 1,5 \text{ Đạt}$$

$$K_{nhayN'2} = \frac{7,248}{2,374} = 3,053 > 1,5 \text{ Đạt}$$

$$K_{nhayN'1} = \frac{27,063}{9,525} = 2,841 > 1,5 \text{ Đạt}$$

5.4.3. Kiểm tra độ nhạy bảo vệ so lệch TTK (87N / ΔI₀)

Hệ số độ nhạy của chức năng bảo vệ chống chạm đất hạn chế được xác định như

sau:
$$K_{n87N} = \frac{3.I_{0Nmin}}{I_{kd87N}^*}$$

Trong đó:

I_{0Nmin}: Dòng điện TTK min tại điểm ngắn mạch

I_{kd87N}: Dòng khởi động của chức năng bảo vệ chống chạm đất hạn chế

- **Bảo vệ chống chạm đất hạn chế phía 115 kV.**

Ta có dòng khởi động của bảo vệ chống chạm đất hạn chế quy về hệ số tên (phía thứ cấp của BI 110 kV) như sau: I_{kdREF} = (0,2 ÷ 0,3).I_{đđBI}

Suy ra: I_{kd87N}⁽¹¹⁵⁾ = 0,2 × 300 = 60 A = 0,06 kA

Trong hệ đơn vị tương đối:
$$I_{kd}^* = \frac{I_{kd87N}}{I_{đmBA(115)}} = \frac{0,06}{0,201} = 0,298 \quad (1)$$

Khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ tại điểm N'1, theo kết quả tính toán ngắn mạch chương 2, chế độ $S_{N\min}$ dòng ngắn mạch thứ tự không nhỏ nhất đi qua bảo vệ là trường hợp ngắn mạch hai pha chạm đất $N^{(1,1)}$ phía N'1

$$I_{0\min(N'_1)}^{(1)} = 7,981$$

$$\text{Độ nhạy của bảo vệ : } K_{n87N} = \frac{3I_{0N\min}}{I_{kd}^*} = \frac{3 \cdot 7,981}{0,298} = 80,34 > 1,5 \text{ Đạt}$$

- **Bảo vệ chống chạm đất hạn chế 22 kV.**

Ta có dòng khởi động của bảo vệ chống chạm đất hạn chế quy về hệ có tên (phía thứ cấp của BI 22kV) như sau: $I_{kdREF} = (0,2 \div 0,3) \cdot I_{ddBI}$

$$\text{Suy ra: } I_{kd87N}^{(22)} = 0,2 \times 1000 = 200 \text{ A} = 0,2 \text{ kA}$$

$$\text{Trong hệ đơn vị tương đối: } I_{kd} = \frac{I_{kd87N}}{I_{ddBA(23,5)}} = \frac{0,2}{0,983} = 0,203 \quad (1)$$

Khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ tại điểm N'2, theo kết quả tính toán ngắn mạch chương 2, chế độ S_{\min} dòng ngắn mạch thứ tự không nhỏ nhất đi qua bảo vệ là trong trường hợp ngắn mạch một pha chạm đất $N^{(1)}$ phía N2':

$$I_{0\min(N'_2)}^{(1)} = 0,957$$

$$\text{Độ nhạy của bảo vệ : } K_{n87N} = \frac{3I_{0N\min}}{I_{kd}^*} = \frac{3 \cdot 0,957}{0,203} = 14,143 > 1,5 \text{ Đạt}$$

CHƯƠNG 6.






SỬ DỤNG PHẦN MỀM PSS SINCAL ĐỂ TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH VÀ KIỂM TRA TÁC ĐỘNG CỦA RƠ LỆ BẢO VỆ

6.1. Giới thiệu về phần mềm PSS SINCAL.

PSS SINCAL là phần mềm mô phỏng, đánh giá tối ưu hóa hệ thống điện được phát triển bởi SIEMENS trên cơ sở phần mềm PSS/E có giao diện gần gũi dễ dàng sử dụng.

6.2. Sử dụng phần mềm mô phỏng đối tượng bảo vệ.

Sử dụng thư viện **Toolbox** để mô phỏng sơ đồ, ta sử dụng các phần tử bên dưới để mô phỏng đối tượng trong đồ án.

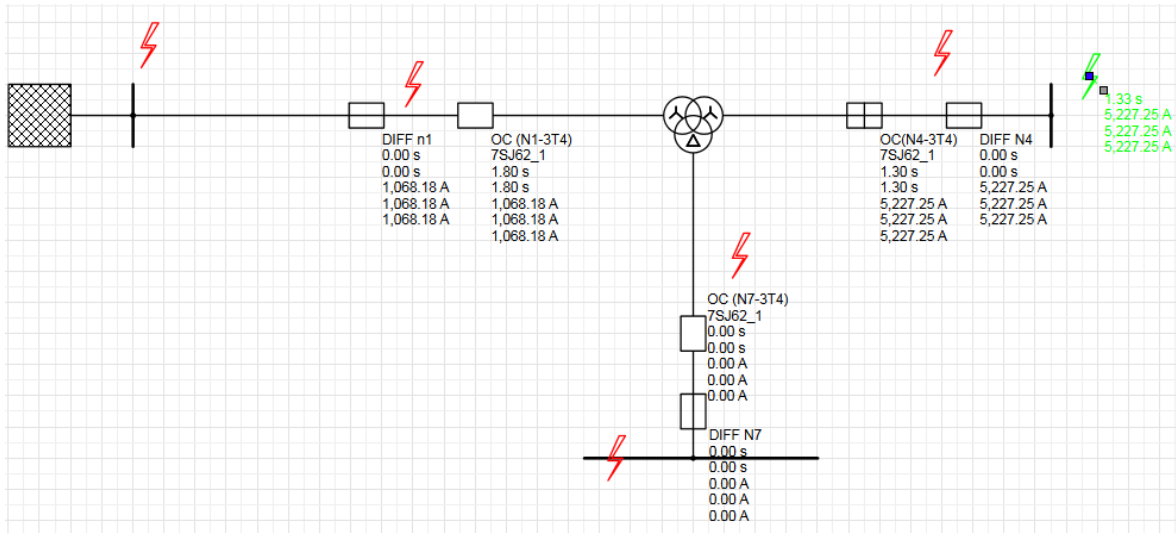
-  : là hệ thống điện vô cùng lớn.
-  : Máy biến áp 3 cuộn dây.
-  : Thanh cái
-  : Điểm quan sát sự cố ngắn mạch.
-  : thiết bị rơ le bảo vệ (trong mô phỏng sử dụng rơ le bảo vệ so lệch và bảo vệ quá dòng).

Chú ý:

Để sử mô phỏng có thể sử dụng rơ le bảo vệ, cần phải thực hiện thao tác sau:

- Chọn **Calculate** → **Methods**, sau đó tích vào ô **Protection Device Coordination**.
- Click chuột phải vào vị trí muốn đặt rơ le bảo vệ → chọn **insert** → chọn **Protection Device Coordination** và chọn loại bảo vệ.

Sơ đồ mô phỏng đối tượng trên phần mềm PSS SINCAL:



Hình 6.1 Sơ đồ mô phỏng trên phần mềm PSS SINCAL.

6.3. Tính toán ngắn mạch trên sơ đồ mô phỏng.

6.3.1. Thực hiện tính toán ngắn mạch trên phần mềm.

Để cài đặt tính toán ngắn mạch chọn **Calculate** → **Setting** → **Short Circuit**

Trong đó:

- **Short Circuit Method:** chọn tiêu chuẩn tính toán ngắn mạch.
- **Short Circuit Data Type:** chọn kiểu dữ liệu tính toán, có thể tính dòng ngắn mạch lớn nhất hoặc nhỏ nhất trong hệ thống tùy theo số liệu được nhập.

Để tính dòng ngắn mạch tại nút, thực hiện các thao tác sau:

- Click chuột phải tại nút cần tính ngắn mạch → chọn **Calculation at Node** → Chọn **Short circuit** → chọn loại ngắn mạch.

Để xem kết quả tính toán ngắn mạch trên các phần tử hay tại các nút trong sơ đồ, cần click chuột phải tại phần tử hoặc nút đó, chọn **Results**.

6.3.2. Kết quả tính toán ngắn mạch bằng phần mềm PSS SINCAL.

Sử dụng phần mềm tính toán ngắn mạch tại các điểm $N_1, N_1', N_2, N_2', N_3, N_3'$ trong chế độ max ta được bảng giá trị bên dưới.

Bảng 6.1 Kết quả dòng ngắn mạch tính toán trên PSS SINCAL chế độ cực đại

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch	Giá trị dòng ngắn mạch (kA)	
		I_A	I_0
N1	$N^{(1)}$	9,375	2,808
	$N^{(1,1)}$	9,715	2,889
	$N^{(3)}$	10,04	0
N1'	$N^{(1)}$	9,375	2,808
	$N^{(1,1)}$	9,715	2,889
	$N^{(3)}$	10,04	0
N2	$N^{(1)}$	6,887	2,296
	$N^{(1,1)}$	6,778	3.364
	$N^{(3)}$	5,227	0
N2'	$N^{(1)}$	6,887	2,296
	$N^{(1,1)}$	6,778	3.364
	$N^{(3)}$	5,227	0
N3	$N^{(1)}$	0	0
	$N^{(1,1)}$	6,523	0
	$N^{(3)}$	7,532	0
N3'	$N^{(1)}$	0	0
	$N^{(1,1)}$	6,523	0
	$N^{(3)}$	7,532	0

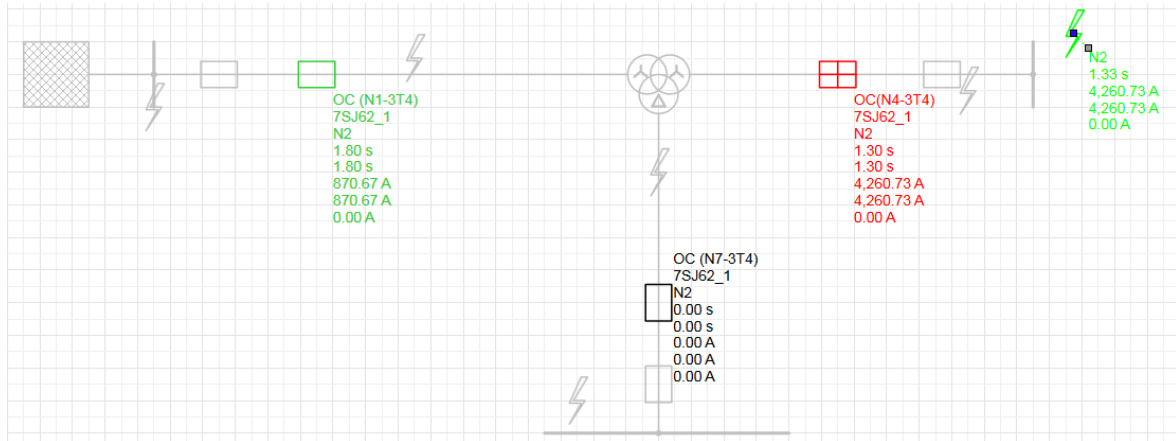
Bảng 6.2 Kết quả dòng ngắn mạch tính toán trên PSS SINCAL chế độ cực tiểu

Điểm ngắn mạch	Dạng ngắn mạch	Giá trị dòng ngắn mạch (kA)	
		I_A	I_0
N1	$N^{(1)}$	6.028	2.009
	$N^{(1,1)}$	6.189	1.919
	$N^{(2)}$	5.478	0
N1'	$N^{(1)}$	6.028	2.009
	$N^{(1,1)}$	6.189	1.919
	$N^{(2)}$	5.478	0
N2	$N^{(1)}$	6.529	2.176
	$N^{(1,1)}$	5.942	2.760
	$N^{(2)}$	4.261	0
N2'	$N^{(1)}$	6.529	2.176
	$N^{(1,1)}$	5.942	2.760
	$N^{(2)}$	4.261	0
N3	$N^{(1)}$	0	0
	$N^{(1,1)}$	6.271	0
	$N^{(2)}$	3.621	0
N3'	$N^{(1)}$	0	0
	$N^{(1,1)}$	6.271	0
	$N^{(2)}$	3.621	0

6.3.3. Kiểm tra khả năng tác động của rơ le quá dòng trên phần mềm.

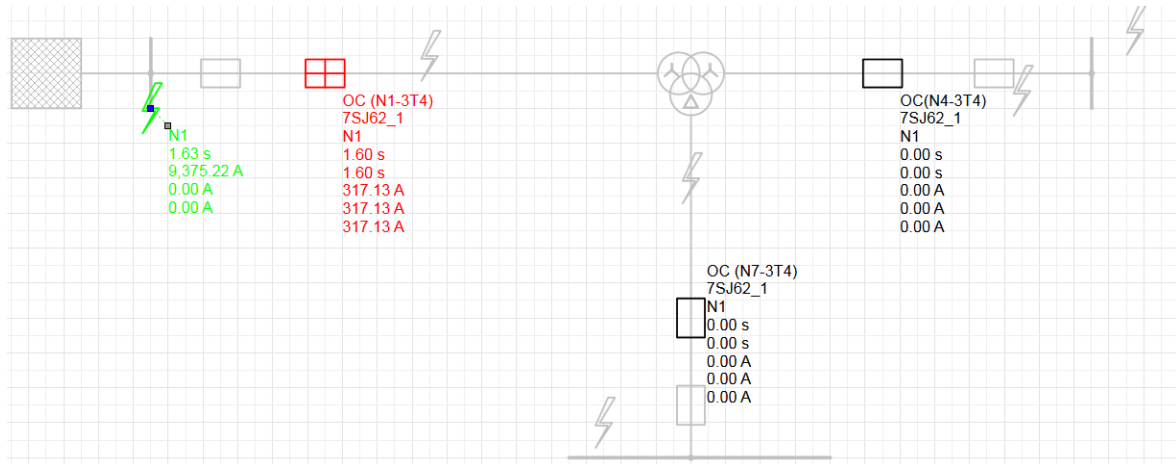
Trong giao diện phần mềm, khi kiểm tra sự tác động của Rơ le bảo vệ:

- Rơ le có màu đỏ: rơ le đó đã tác động cắt sự cố
- Rơ le có màu xanh: rơ le đã khởi động nhưng không cắt do sự cố đã được loại bỏ.
- Kiểm tra tác động của rơ le quá dòng có thời gian khi sự cố ngắn mạch 2 pha tại điểm N₂



Hình 6.2 Kiểm tra tác động của rơ le quá dòng khi ngắn mạch tain N2.

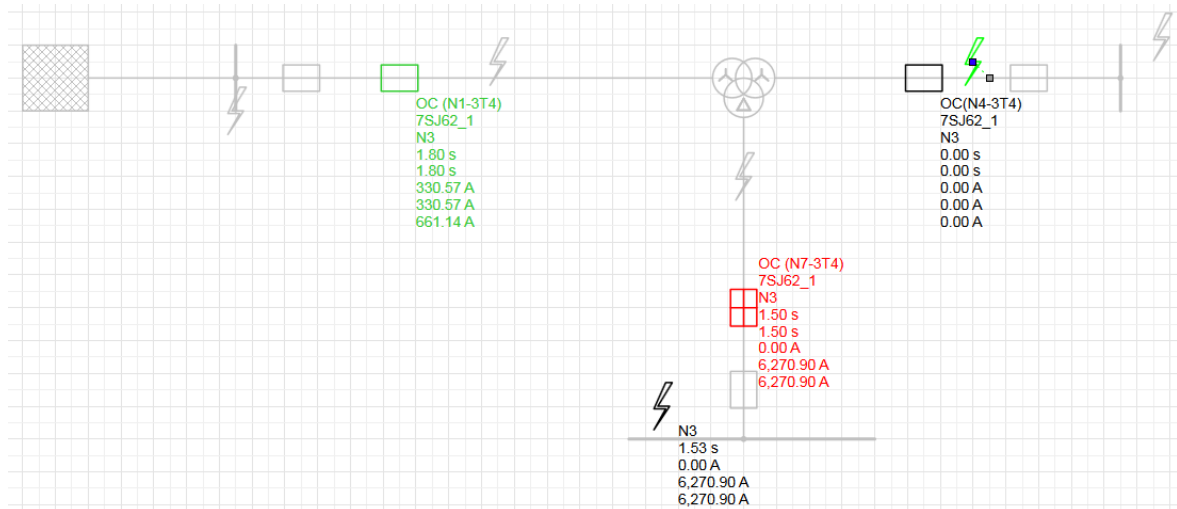
- Kiểm tra tác động của rơ le quá dòng thứ tự không có thời gian khi sự cố ngắn mạch 1 pha chạm đất tại điểm N₁.



Hình 6.3 Kiểm tra tác động của rơ le quá dòng thứ tự không.

Chú ý: Do phía hệ thống không đặt thiết bị bảo vệ khi có sự cố chạm đất nên Rơ le quá dòng thứ tự không phía 115 kV tác động sau khi hết thời gian cài đặt.

- Kiểm tra tác động của Rơ le quá dòng có thời gian khi sự cố ngắn mạch 2 tại N3.



Hình 6.4 Tác động của rơ le quá dòng có thời gian khi sự cố 2 pha tại N3.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ***Ngắn mạch trong hệ thống điện*** – GS Lã Văn Út, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
2. ***Bảo vệ các hệ thống điện*** – GS.VS Trần Đình Long, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
3. ***Hướng dẫn thiết kế bảo vệ Role cho Trạm biến áp*** – Bộ môn Hệ thống điện trường ĐH Bách Khoa Hà Nội, 2014