

ĐÁNH GIÁ CHỨC NĂNG BẢO VỆ CHẠM ĐẤT HẠN CHẾ CỦA ROLE BẢO VỆ KỸ THUẬT SỐ

Lê Kim Hùng¹, Vũ Phan Huân^{2*}

¹Trường ĐH Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

²Công ty TNHH MTV Thí nghiệm điện Miền Trung

TÓM TẮT

Đối với các sự cố chạm đất gần điểm trung tính cuộn dây sao của máy biến áp nối đất, chức năng bảo vệ so lệch máy biến áp (F87T) không đủ độ nhạy để phát hiện dòng điện sự cố có giá trị nhỏ. Vì vậy, nhiều nhà sản xuất role đã tăng cường tìm kiếm chức năng phát hiện sự cố chạm đất hạn chế (REF) khác nhau để giải quyết vấn đề này với yêu cầu không làm việc sai và tin cậy. Bài báo phân tích và so sánh độ nhạy phát hiện sự cố chạm đất của F87T và REF, phát hiện sai sót điển hình trong việc đấu nối mạch dòng nhị thứ tại Trạm biến áp 110kV Đắk Nông. Sau đó, bài báo trình bày đặc tính làm việc của năm nhà sản xuất role như Abb RET670, Schneider P633, Ge T60, Siemens 7UT6 và Sel 387. Những đặc tính này cũng được mô phỏng để đánh giá sự làm việc của role khi xảy ra sự cố một pha nằm bên trong cuộn dây (từ 10% đến 100%) của máy biến áp 25MVA 115/24kV Yy0, sự cố ngoài vùng và điều kiện bình thường bằng phần mềm Matlab/Simulink. Kết quả các tính toán và giải thích điểm kiểm tra cần thiết của REF cho thấy tính chính xác của việc phân tích đánh giá.

Từ khóa: Role bảo vệ so lệch; Bảo vệ chạm đất hạn chế; Dòng điện so lệch; Dòng điện hãm; Phần mềm Matlab/Simulink.

Ngày nhận bài: 01/9/2019; Ngày hoàn thiện: 11/11/2019; Ngày đăng: 27/11/2019

EVALUATION OF THE RESTRICTED EARTH FAULT PROTECTION FUNCTION IN NUMERICAL PROTECTION RELAY

Le Kim Hung¹, Vu Phan Huan^{2*}

¹University of Science and Technology Da Nang

²Center Electrical Testing Company Limited

ABSTRACT

For earth fault near-neutral point of a grounded wye-connected transformer winding, the transformer different protection function (F87T) may not sensitive enough to detect this condition due to small fault current value. Therefore, many relay manufactories have diligently searched for different kinds of a restricted earth fault function (REF) which is requested to solve misoperation. So that it can be reliably operated. The paper explains and compares the sensitive detection between ground faults of F87T and REF, detects a typical miss connect secondary current transformer wiring in a 110kV Dak Nong substation. Then the paper presents the tripping characteristic of five relay manufactories such as Abb RET670, Schneider P633, Ge T60, Siemens 7UT6, and Sel 387. These characteristics are also simulated to evaluate the performance of relay when a single phase to earth internal fault from 10% to 100% winding in a transformer 25MVA 115/24kV Yy0, or external fault occurs and normal condition by using Matlab/Simulink software. REF with the required test point calculations and explanations is included for clarity of evaluation.

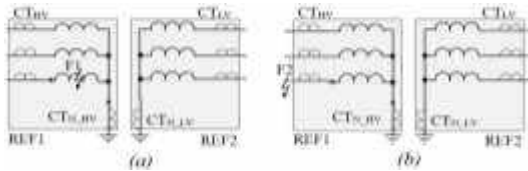
Keywords: Different protection relay; Restricted earth fault protection; Differential current; Bias current; Matlab/Simulink software.

Received: 01/9/2019; Revised: 11/11/2019; Published: 27/11/2019

* Corresponding author. Email: vuphanhuan@gmail.com

1. Giới thiệu

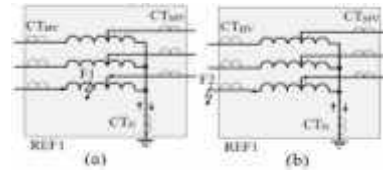
Đối với sự cố chạm đất bên trong cuộn dây gần điểm trung tính nối đất ở cuộn sao (Ví dụ Y/y0, Y0/d11) của máy biến áp (MBA) thì bảo vệ so lệch MBA (F87T) có độ lớn dòng so lệch I_{DIFF} đo lường phụ thuộc vào vị trí điểm sự cố nằm trên cuộn dây, hiện tượng từ hóa MBA, vị trí nấc phân áp, sai số biến dòng điện (CT) và thuật toán loại bỏ thành phần thứ tự không (TTK). Các yếu tố này là nguyên nhân làm giảm độ nhạy của bảo vệ. Giả sử vị trí điểm chạm đất nằm gần điểm trung tính cuộn sao của MBA thì dòng điện sự cố pha A, B, C phía cao và phía hạ sẽ có giá trị nhỏ, dẫn đến F87T không tác động. Chính vì vậy, bảo vệ chạm đất hạn chế (REF) hay so lệch thứ tự không (F87N) được sử dụng song song với F87T nhằm khắc phục nhược điểm này [1]. Đối với MBA hai hoặc ba cuộn dây, REF chỉ làm việc trong phạm vi vùng bảo vệ được giới hạn bởi tín hiệu được lấy từ 4 CT ở cùng một phía cao áp (HV) hoặc hạ áp (LV) có trung tính nối đất của MBA (3 CT đặt ở 3 pha A, B, C và 1 CT lắp tại dây trung tính).



Hình 1. Hướng dòng sự cố chạm đất phía HV:
a). Sự cố trong vùng, b). Sự cố ngoài vùng

Xét bảo vệ REF1 dùng cho phía HV của MBA được trình bày trên hình 1, REF1 làm việc theo nguyên tắc so sánh dòng điện đi qua điểm trung tính (I_N) và dòng thứ tự không tổng ở các pha phía HV ($3I_{0_HV} = I_{A_HV} + I_{B_HV} + I_{C_HV}$). Vì vậy, dòng so lệch TTK phía HV: $I_{REF1} = |3I_{0_HV} + I_N|$. REF1 tác động nếu sự cố chạm đất xảy ra tại F1 nằm trong vùng bảo vệ (hướng dòng sự cố I_A và dòng trung tính I_N có chiều mũi tên chạy về phía MBA). REF1 không tác động nếu sự cố chạm đất xảy ra tại F2 nằm ngoài vùng này (dòng trung tính I_N có chiều mũi tên chạy về phía MBA, còn dòng I_A có chiều mũi tên hướng ra MBA). Do vậy mỗi REF chỉ bảo vệ được một phía MBA.

Đối với MBA tự ngẫu có trung tính nối đất chung nằm giữa HV và MV như ở hình 2, ta phải sử dụng 7 CT (3 CT đặt ở ba pha phía HV, 3 CT đặt ở ba pha phía MV và 1 CT trung tính). Dòng so lệch TTK được tính theo công thức: $I_{REF} = |3I_{0_HV} + 3I_{0_LV} + I_N|$. Khi xảy ra sự cố trong vùng bảo vệ, hướng dòng điện trung tính chạy ra/vào MBA phụ thuộc vào giá trị tổng trở nguồn HV và MV là nhỏ hay lớn [1].



Hình 2. Vùng bảo vệ REF phía HV của MBA tự ngẫu: a). Sự cố trong vùng, b). Sự cố ngoài vùng

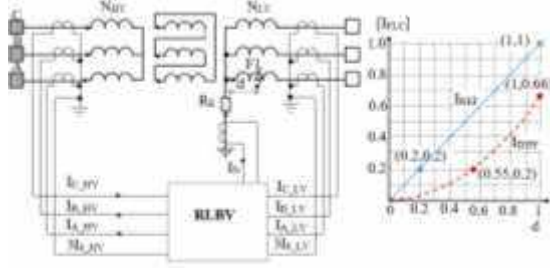
Câu hỏi đặt ra đối với cán bộ kỹ thuật gồm có hai vấn đề cần giải đáp là làm rõ con số thể hiện REF bảo vệ được bao nhiêu phần trăm cuộn dây sao nối đất so với F87T mà các tài liệu [2-4] chưa đưa ra. Tiếp đến, là cần giải thích đúng nguyên nhân điển hình thường gây tác động nhầm của REF khi đóng điện xung kích MBA hoặc xảy ra ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ. Để giải quyết vấn đề này, bài báo dựa trên phiếu chỉnh định role bảo vệ (RLBV) của Trung tâm điều độ hệ thống điện cài đặt cho 05 role bảo vệ MBA 25MVA 110/24kV của các hãng sản xuất Abb, Schneider, Siemens, Sel và Ge làm cơ sở đề mô phỏng và đánh giá tính năng làm việc của chúng khi áp dụng vào trong thực tế.

2. So sánh độ nhạy của bảo vệ REF và F87T

Hiện nay, việc ứng dụng chức năng REF tổng trở cao trên lưới điện là khá ít, còn chức năng REF tổng trở thấp thì được sử dụng phổ biến. Cho nên bài báo chỉ tập trung vào trình bày chức năng này.

Để giải đáp vấn đề thứ nhất về % cuộn dây sao nối đất được bảo vệ, hình 3 trình bày sơ đồ nguyên lý làm việc của chức năng REF dùng cho MBA 25MVA, 115/38,5/24kV có tổ nối dây Yd11y0, trung tính cuộn sao nối đất qua điện trở $R_E = 10\Omega$. Vùng bảo vệ của REF được tính từ điểm trung tính cuộn sao (0% cuộn dây) đến CT đầu cực MBA (100% cuộn dây). Giả sử hệ thống có nguồn cung

cấp từ phía HV, MC phía LV mở (dòng $3I_{0_LV}$ = 0). Phía LV chỉ có pha A bị sự cố. Khoảng cách điểm sự cố ($d = 0 \div 100\%$) cuộn dây phía LV được tính từ điểm trung tính. Giá trị độ lớn dòng điện chạm đất phụ thuộc vào phương pháp nối đất trực tiếp hoặc qua điện trở (R_E dùng để hạn chế dòng sự cố).



Hình 3. Sơ đồ bảo vệ REF phía LV của MBA 3 cuộn dây có điểm trung tính nối đất qua điện trở

Đối với trường hợp $d = 100\%$ thì dòng sự cố chạm đất có giá trị lớn nhất:

$$I_{FLC} = \frac{U_{LV}}{\sqrt{3} \times R_E} = \frac{24 \times 1000}{\sqrt{3} \times 10} = 1387 \text{ A}$$

Dòng điện sự cố trung tính MBA phụ thuộc tuyến tính với vị trí sự cố: $I_N = d \times I_{FLC}$. Cho nên, dòng so lệch TTK của phía LV [5]:

$$I_{REF} = |I_N + 0| = d \times I_{FLC} \quad (1)$$

Theo tài liệu [5], lực từ cảm ứng điện từ cân bằng trong MBA tạo ra dòng sự cố của $d \times N_{LV}$ cuộn dây phía LV được cấp bởi $2/3$ dòng điện chạy trong cuộn dây phía HV cùng pha và $1/3$ dòng điện chạy trong cuộn MV. Để so sánh độ nhạy của F87T và REF, ta giả định $U_{HV} = U_{LV}$. Suy ra:

$$\frac{N_{HV}}{N_{LV}} = \frac{U_{HV} / \sqrt{3}}{U_{LV} / \sqrt{3}} = 1$$

Lúc này, dòng so lệch của F87T:

$$I_{DIFF_A} = |I_{A_HV} - I_{A_LV}| = |I_{A_HV} - 0| = |I_{A_HV}|$$

$$I_{DIFF_A} = \frac{2}{3} \times \frac{d \times N_{LV}}{N_{HV}} \times d \times I_{FLC} = \frac{2}{3} \times d^2 \times I_{FLC} \quad (2)$$

$$I_{DIFF_B} = |I_{B_HV} - I_{B_LV}| = |I_{B_HV} - 0| = |I_{B_HV}|$$

$$I_{DIFF_B} = \frac{1}{3} \times \frac{d \times N_{LV}}{N_{HV}} \times d \times I_{FLC} = \frac{1}{3} \times d^2 \times I_{FLC} \quad (3)$$

$$I_{DIFF_C} = |I_{C_HV} - I_{C_LV}| = |I_{C_HV} - 0| = |I_{C_HV}|$$

$$I_{DIFF_C} = \frac{1}{3} \times \frac{d \times N_{LV}}{N_{HV}} \times d \times I_{FLC} = \frac{1}{3} \times d^2 \times I_{FLC} \quad (4)$$

Trong đó:

- d : Khoảng cách từ điểm sự cố F1 đến trung tính cuộn sao.

- U_{HV} , U_{LV} lần lượt là điện áp định mức phía cao và phía hạ.

- N_{HV} , N_{LV} lần lượt là số vòng dây định mức phía cao và phía hạ.

Từ công thức (1), (2) chúng ta tính được số liệu ở bảng 1 và vẽ đồ thị trên hình 3. Nếu phiếu chỉnh định ngưỡng tác động của F87T và REF là 0,2 thì quan sát thấy vị trí sự cố nằm trong khoảng từ 0,2 đến 0,55 không phát hiện bởi F87T nhưng có thể phát hiện bằng REF.

Bảng 1. Phần trăm cuộn dây phía LV của MBA được bảo vệ bằng F87T

d [%]	I _{REF} [%]	I _{DIFF} [%]	
		MBA 3 cuộn dây Yd11y0	MBA 2 cuộn dây D1y0
10	10	0,66	0,58
20	20	2,67	2,31
30	30	6	5,2
40	40	10,67	9,24
50	50	16,67	14,43
60	60	24	20
70	70	32,67	28,29
80	80	42,67	36,95
90	90	54	46,77
100	100	66,67	57,74

Tương tự, ta xét MBA D1y0 cho ở hình 4, khi sự cố 1 pha chạm đất phía LV thì phía HV xuất hiện dòng trên hai pha. Giả định $U_{HV} = U_{LV}$, dòng điện HV quy đổi từ phía LV theo tỷ số định mức:

$$\frac{N_{HV}}{N_{LV}} = \frac{U_{HV}}{U_{LV} / \sqrt{3}} = \sqrt{3}$$

Dòng so lệch của F87T và dòng so lệch của REF được tính theo công thức [5]:

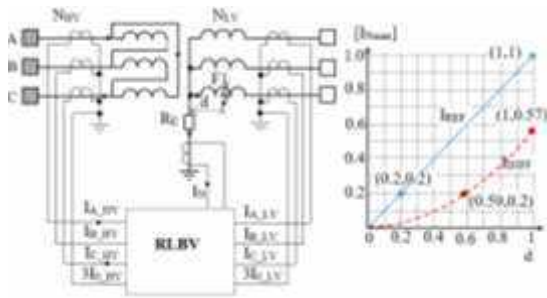
$$I_{DIFF_A} = |I_{A_HV}| = \frac{d \times N_{LV}}{N_{HV}} \times d \times I_{FLC} = \frac{d^2}{\sqrt{3}} \times I_{FLC} \quad (5)$$

$$I_{DIFF_B} = |I_{B_HV}| = 0 \quad (6)$$

$$I_{DIFF_C} = |I_{C_HV}| = \frac{d \times N_{LV}}{N_{HV}} \times d \times I_{FLC} = \frac{d^2}{\sqrt{3}} \times I_{FLC} \quad (7)$$

Từ công thức (1), (5) chúng ta tính được số liệu ở bảng 1 và vẽ đồ thị trên hình 4. Nếu phiếu chỉnh định ngưỡng tác động của F87T và REF là 0,2 thì quan sát thấy vị trí sự cố nằm

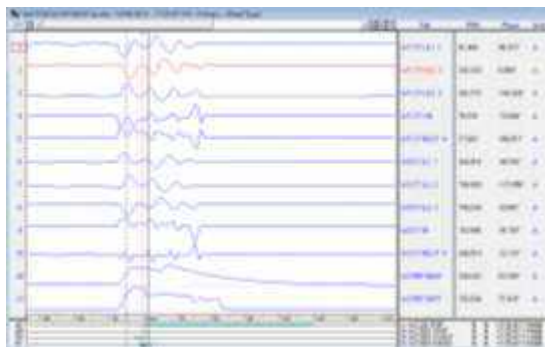
trong khoảng từ 20% đến 59% cuộn dây không được bảo vệ bởi F87T.



Hình 4. Sơ đồ bảo vệ REF cho MBA 2 cuộn dây có điểm trung tính nối đất qua điện trở

Nhận xét: Hai kết quả trên cho thấy độ nhạy của REF tốt hơn F87T trong trường hợp tỷ số định mức $N_{LV}/N_{HV} = 1$. Trong đó, độ nhạy của REF không phụ thuộc vào tỷ số này còn F87T sẽ có độ nhạy kém hơn nếu $N_{HV} > N_{LV}$. Nếu MBA có trung tính trực tiếp nối đất thì mối quan hệ giữa d và I_{REF} không còn là tuyến tính bởi vì nó phụ thuộc tổng trở cuộn dây sự cố MBA và điện sự cố R_F [5] nên chúng ta sẽ xét kỹ hơn ở mục 3.

Để giải đáp vấn đề thứ hai về nguyên nhân gây tác động nhầm, ta phân tích số liệu bản tin sự cố điển hình của role RET670 bảo vệ so lệch MBA T1 115/24kV tại TBA 110kV Đắc Nông. Giá trị chỉnh định role: $I_{dmin} = 150A$, $ROA = 75^\circ$, End of Zone1 = 1000A, End of Zone2 = 2000A, First Slope = 70%, Second Slope = 100%. Khi xảy ra sự cố BCG nằm ngoài vùng bảo vệ phía 24kV của MBA (ngắn lộ phụ tải 483) nhưng role tác động với tín hiệu W2 REF TRIP.

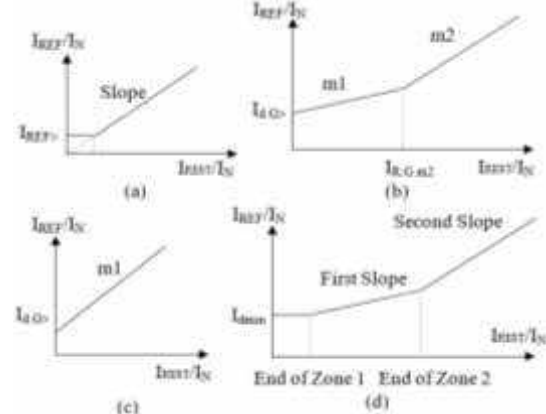


Hình 5. Bản ghi dạng sóng sự cố REF phía 22kV của MBA tác động

Qua số liệu thu thập từ bảo vệ nội bộ (role hơi, nhiệt độ cuộn dây, nhiệt dầu) của MBA

và F87T không làm việc. Từ bản ghi sự cố trên hình 5, ta nhận thấy góc lệch hướng sự cố của hai véc tơ (W2 CT IN và W2 CT NEUT4) là $69,63^\circ < ROA$, dòng hãm TTK W2 REF IBIAS = 328,222A < End of Zone1, dòng so lệch TTK W2 REF IDIFF = 152,034A > I_{dmin} . Như vậy, ta kết luận rằng REF phía 24kV của MBA tác động nhầm do dấu nổi ngược cực tính biến dòng trung tính phía 24kV.

3. Đặc tính làm việc của REF



Hình 6. Đặc tính làm việc REF: a). Siemens 7UT8 và GE T60, b). Schneider P633, c). Schneider P633 cải tiến, d). ABB RET 670

Nội dung mục này trình bày đặc tính làm việc của chức năng REF phía 24kV của MBA 25MVA 115/24kV có tổ nối dây Yy0 cho 5 nhà sản xuất ứng dụng phổ biến trên lưới điện Việt Nam. Các thông số theo đặc trưng của từng hãng được Trung tâm điều độ Miền Trung chỉnh định.

3.1. Hãng sản xuất Siemens

Role Siemens 7UT8 sử dụng đặc tính 1 độ dốc cho trên hình 6a. Dòng so lệch TTK đo lường [6]: $I_{REF} = |I_N|$ (8)

Dòng hãm TTK đo lường:

$$I_{REST} = k \times (|I_N - 3I_0| - |I_N + 3I_0|) \quad (9)$$

Trong trường hợp tổng quát giả thiết $k = 1$.

Thông số chỉnh định role [7]: REF = 0,25, Slope = 0,07.

Dưới đây ta xét một số trường hợp làm việc của role:

Trong điều kiện làm việc bình thường: $I_N = 3I_0 = 0$; $I_{REF} = 0$; $I_{REST} = 0$, role không tác động.

Khi có sự cố ngoài vùng bảo vệ: $I_N = -3I_0$, $I_{REF} = |I_N|$, $I_{REST} = |I_N + 3I_0| - |I_N - 3I_0| = 2 \times |3I_0|$

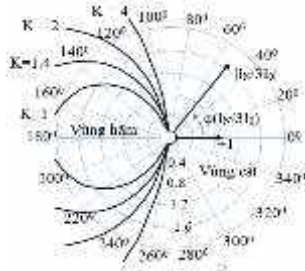
Suy ra, $I_{REF} < I_{REST}$. Role không tác động.

Khi xảy ra sự cố trong vùng bảo vệ:

+ Trong trường hợp MBA không có trung tính nối đất: $3I_0 = 0$, $I_{REF} = |I_N|$, $I_{REST} = 0$

+ Trong trường hợp MBA có nối đất điểm trung tính: $I_N = 3I_0$, $I_{REF} = |I_N|$, $I_{REST} = -2 \times |3I_0|$

Ở cả hai trường hợp $I_{REF} > I_{REST}$ nên role tác động cho đi cắt MC. Tuy nhiên, việc giả thiết I_N và $3I_0$ trùng pha nhau ở trường hợp sự cố chạm đất trong vùng bảo vệ và ngược pha nhau khi xảy ra sự cố chạm đất ngoài vùng bảo vệ, điều này chỉ có được khi CT là lý tưởng. Do đó, trong thực tế dòng I_N và $3I_0$ ở các phía lệch pha nhau góc $\varphi(I_N, 3I_0)$, nên trong role 7UT84 trang bị thêm chức năng hãm theo góc pha. Dòng điện hãm phụ thuộc trực tiếp vào hệ số k, hệ số này lại phụ thuộc vào góc lệch pha được cho ở hình 7.



Hình 7. Hướng bảo vệ REF

Khi sự cố trong vùng bảo vệ: $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ và $I_{REF} = |I_N| > I_{set}$

Khi sự cố ngoài vùng bảo vệ: $90^\circ \leq \varphi \leq 270^\circ$ và $I_{REF} = |I_N| - k \times I_{REST} > I_{REST}$

Ví dụ cho $k = 2$ thì góc $\varphi = 110^\circ$, có nghĩa là với φ nằm trong khoảng từ 110° đến 240° thì role sẽ không tác động cắt MC. Tuy nhiên, khi CT bị bão hòa giá trị này có thể thay đổi, ví dụ góc lệch pha $\varphi = 90^\circ$ ($I_N = 1 \angle 0^\circ$, $3I_0 = 1 \angle 90^\circ$), $I_{REST} = |I_N - 3I_0| - |I_N + 3I_0| = 0$. Suy ra $I_{REF} > I_{REST}$ nên role cắt khi sự cố ngoài vùng.

3.2. Hãng sản xuất GE

Tương tự như role Siemens, T60 sử dụng đặc tính hãm có 1 độ dốc [8]. Dòng so lệch tính theo công thức: $I_{REF} = |I_N + 3I_0|$ (10)

Dòng hãm lớn nhất được sử dụng theo công thức: $I_{REST} = \max(|I_{R0}|, |I_{R1}|, |I_{R2}|)$ (11)

Dòng hãm TTK: $I_{R0} = |I_N - 3I_0|$ (12)

Dòng hãm TTN giúp ổn định sự cố pha – pha được tính toán: $I_{R2} = 3 \times |I_2|$ hoặc $I_{R2} = |I_2|$ (13)

Dòng hãm TTT được tính như sau:

If $|I_1| > 1.5$ pu then

If $|I_1| > |I_0|$ then $|I_{R1}| = 3 \times (|I_1| - |I_0|)$

Else $|I_{R1}| = 0$

Else $|I_{R1}| = |I_1|/8$

Thông số chỉnh định role: Ngưỡng dòng so lệch REF = 0,25, Slope = 50%.

Role tác động khi thỏa mãn điều kiện:

- $I_{REF} > REF$ nếu $I_{REST} \leq REF/Slope$
- $I_{REF} > REF + Slope \times I_{REST}$ nếu $I_{REST} > REF/slope$

3.3. Hãng sản xuất Schneider

Hãng Schneider sử dụng đặc tính hai độ dốc [9]. Dòng so lệch TTK xác định theo công thức (10). Dòng hãm TTK:

$I_{REST} = 0.5 \times (\max\{|I_A|, |I_B|, |I_C|\} + |I_N|)$ (14)

Thông số chỉnh định role [10]: $I_{diff>} = 0.25I_{ref}$, $I_{diff>>} = 11I_{ref}$, $I_{R,m2} = 1I_{ref}$, $m1 = 20\%$ và $m2 = 150\%$.

Role tác động theo điều kiện sau:

- $I_{REF} = I_{diff>} + m1 \times I_{REST}$ nếu $I_{REST} \leq I_{R,G,m2}$
- $I_{REF} = I_{diff>} + m2 \times I_{REST} - (m2 - m1) \times I_{R,G,m2}$ nếu $I_{REST} > I_{R,G,m2}$

Trong một số trường hợp thuật toán làm việc sai bởi CT bão hòa và dòng xung kích MBA nên Schneider đã cải tiến để sử dụng với 1 độ dốc như hình 6c.

Dòng so lệch TTK xác định theo công thức (10). Dòng hãm TTK: $I_{REST} = |3I_0|$ (15)

Để đảm bảo role làm việc ổn định khi dòng ba pha không cân bằng $I_N/3I_0 > 0.5$, role sử dụng độ dốc $m1 = 1,005$ và tác động khi $I_{REF} \geq I_{REST}$ với $I_{REF} = I_{diff>} + m \times I_{REST}$

3.4. Hãng sản xuất Abb

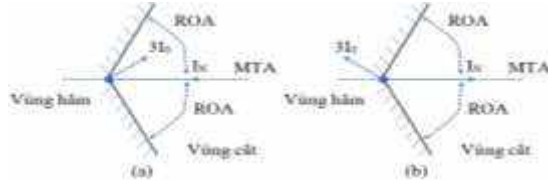
Chức năng REF được sử dụng đặc tính 2 độ dốc [11]. Dòng so lệch TTK xác định theo công thức (10). Dòng hãm TTK:

$I_{REST} = \max(|I_A|, |I_B|, |I_C|, |I_N|)$ (16)

Giá trị chỉnh định role [12]: $I_{dmin} = 0,3$, ROA = 75° , End of Zone1 = 1,25, End of Zone2 = 2,5, First Slope = 70%, Second Slope = 100%.

Điều kiện role làm việc nếu thỏa mãn điều kiện:

- Giá trị đo lường: $I_N > 50\%I_{dmin}$, $3I_0 > 3\%I_{REST}$
- Góc lệch pha dòng (I_N và $3I_0$) $\leq \pm 74^\circ$



Hình 8. Hướng tác động của REF: a). Sự cố trong vùng bảo vệ, b). Sự cố ngoài vùng bảo vệ

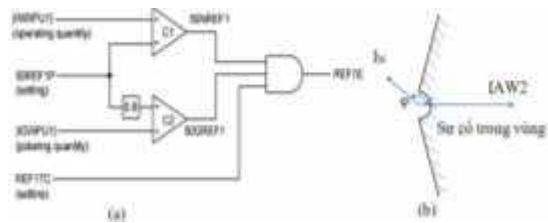
- I_{DIFF} vượt ngưỡng I_{dmin} và độ dốc đặc tính:
 - Nếu End of Zone1 $\leq I_{REST} \leq$ End of Zone2: $I_{REF} > [I_{dmin} + \text{Second Slope} \times (I_{REST} - \text{End of Zone1})]$
 - Nếu $I_{REST} \geq \text{End of Zone2}$: $I_{REF} > [I_{dmin} + \text{First Slope} \times (\text{End of Zone2} - \text{End of Zone1}) + \text{Second Slope} \times (I_{REST} - \text{End of Zone2})]$

3.5. Hãng sản xuất SEL

Hãng Sel có chức năng REF làm việc dựa trên sơ đồ logic ở hình 9. Thông số chỉnh định $50REF = 0,3$ [13, 14].

Role làm việc nếu thỏa mãn điều kiện:

- Giá trị dòng cuộn trung tính: $INWPU1 > 50REF$
- Giá trị dòng điện TTK phía 24kV: $IGWPU1 > 0,8 \times 50REF1P$
- Xác định hướng tác động: góc lệch pha ($INWPU1$, $IGWPU1$) $\leq \pm 80^\circ$.

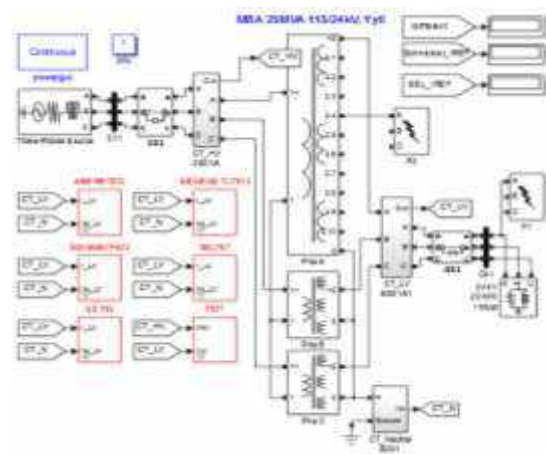


Hình 9. Sơ đồ logic REF của SEL787: a). Sơ đồ logic làm việc, b). Hướng bảo vệ

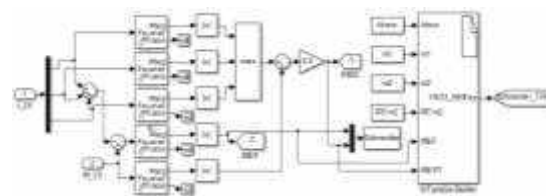
3. Mô phỏng sự cố bằng Matlab/Simulink

Bài báo mô phỏng mô hình hệ thống bảo vệ REF phía 24kV cho MBA 25MVA, Yy0, 115/24kV, có trung tính trực tiếp nối đất được bằng phần mềm Matlab/Simulink cho ở hình 10. MBA được cấp nguồn từ phía 115kV, còn phía 24kV là phụ tải. Pha A của MBA có 10

vị trí (từ 2.1 đến 2.10), cho phép chúng ta sử dụng để mô phỏng sự cố chạm đất tại F2 ($R_F = 5\Omega$) nằm bên trong MBA tương ứng với d từ 100% xuống còn 10% cuộn dây phía 24kV. Bên cạnh đó, bài báo xây dựng sơ đồ khối làm việc của các RLBV của 5 hãng sản xuất theo nội dung trình bày trong mục 2. Ví dụ đối với RLBV Schneider P634 cho ở hình 11. Ngoài ra, chúng tôi cũng sử dụng sơ đồ khối của RLBV so lệch F87T đã được công bố trong tài liệu [15] để làm cơ sở minh chứng và so sánh độ nhạy tác động của bảo vệ.

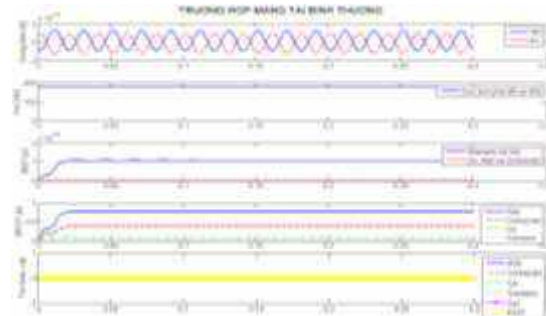


Hình 10. Mô hình hệ thống REF MBA 115kV



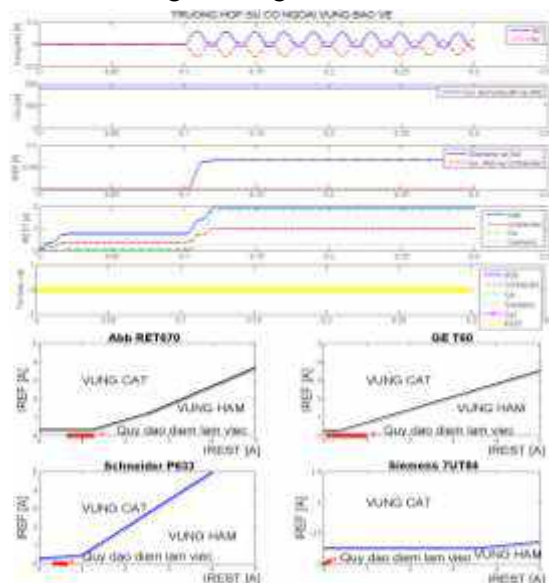
Hình 11. Sơ đồ khối RLBV Schneider P633

Trường hợp MBA làm việc bình thường: hệ thống làm việc cân bằng tải, $3I_0 \approx 0$, do không có sự cố chạm đất nên $I_N \approx 0$. Góc lệch pha của (I_N và $3I_0$) $= 180^\circ$. Kết quả là $I_{REF} \approx 0$, role không tác động. Xem hình 12.



Hình 12. Trường hợp mang tải bình thường

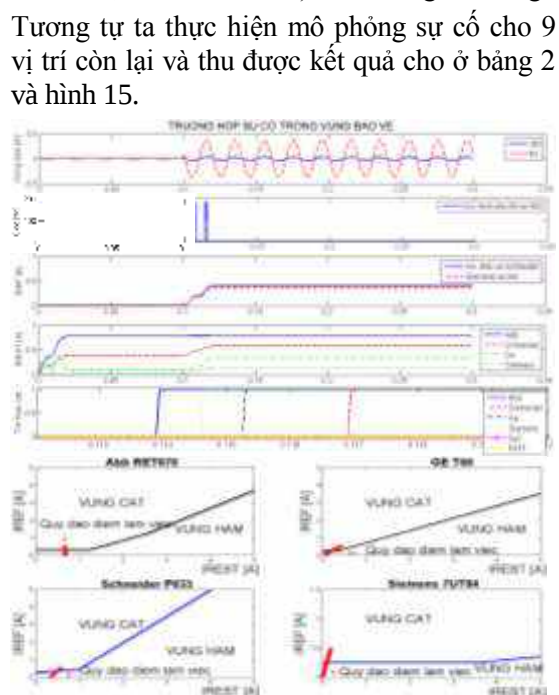
Trường hợp MBA sự cố ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ ở điểm F1 tại thời điểm 0,1s: nếu không có hiện tượng CT bão hòa thì tính từ thời điểm 1,04s, cả hai dòng điện I_N và $3I_0$ tăng cao đột ngột, bằng nhau về độ lớn nhưng lệch pha 180° . Cho nên dòng so lệch I_{REF} có giá trị nhỏ nằm dưới ngưỡng chỉnh định. Quỹ đạo điểm làm việc di chuyển trong vùng hãm. Cho nên role không tác động.



Hình 13. Trường hợp ngắn mạch ngoài

Trường hợp MBA sự cố ngắn mạch AG trong vùng bảo vệ tại thời điểm 0,1s ở vị trí (2.10) tương ứng với $d = 10\%$ cuộn dây (hình 14).

Dòng điện sự cố $I_N = 0,3742A$, $3I_0 = 0,0364A$ và góc lệch của (I_N và $3I_0$) = 0° . Dòng I_{REF} tăng đột biến từ 0A lên 0,41A. Quỹ đạo điểm làm việc của 4 RLBV di chuyển vào trong vùng cắt và tác động cắt MC ở thời điểm là 0,113s (Abb), 0,117s (Schneider), 0,1155s (Ge) và 0,1145s (Siemens). Còn lại, RLBV Sel (có $3I_0 = 0,0364A < 0,32A$) và F87T (có dòng so lệch $0,0813A < 0,25A$) nên không tác động.

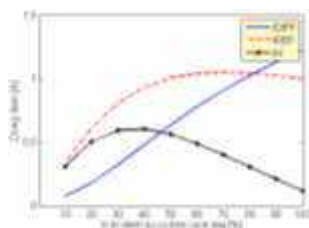


Hình 14. Sự cố pha AG nằm trong vùng bảo vệ

Bảng 2. Kết quả kiểm tra sự cố ngắn mạch AG trong vùng bảo vệ

d [%]	$I_{DIFF} = I_{HV} + I_{LV} $	$I_{REF} = I_N + 3I_0 $	I_N	Abb	Schneider	Ge	Siemens	Sel	F87T
10	0,07202	0,3375	0,3076	1	1	1	1	0	0
20	0,1773	0,6103	0,5023	1	1	1	1	0	0
30	0,3204	0,8058	0,5918	1	1	1	1	1	1
40	0,0477	0,9321	0,602	1	1	1	1	1	1
50	0,6319	1,005	0,5602	1	1	1	1	1	1
60	0,7767	1,04	0,4877	1	1	1	1	1	1
70	0,9083	1,049	0,3992	1	1	1	1	1	1
80	1,026	1,041	0,3042	1	1	1	1	1	1
90	1,129	1,022	0,2086	1	1	1	1	1	1
100	1,221	0,9965	0,1162	1	1	1	0	0	1

Nhận xét: khi sự cố xảy ra gần điểm trung tính tại vị trí $d = 10\%$ và 20% thì F87T không tác động. Role Sel (vị trí $d = 10\%$, 20% , và 100%) và Siemens ($d = 100\%$) chỉ sử dụng dòng I_N để kiểm tra ngưỡng khởi động nên chúng không tác động. Còn lại các role bảo vệ Abb, Ge và Schneider làm việc tin cậy trong mọi trường hợp.



Hình 15. Kết quả đo lường dòng sự cố cuộn dây phía 24kV của MBA

4. Kết luận

Hiện nay chức năng REF dùng để bảo vệ hầu hết các MBA ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của bài báo trong phân tích và đánh giá khả năng làm việc của chức năng REF của 5 hãng RLBV so với F87T bằng phần mềm Matlab Simulink cho ta thấy ngoại trừ REF của hãng SEL thì REF của 4 hãng còn lại có khả năng phát hiện sự cố gần điểm trung tính nối đất của cuộn dây sao nối đất tốt hơn F87T. Từ đó chúng ta có thể sử dụng bài báo làm cơ sở đánh giá các chủng loại RLBV kỹ thuật số khác trong các TBA được nhanh hơn, đem lại kết quả chính xác hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Anura Perera, Paul Keller, *Shortcomings of the Low impedance Restricted Earth Fault function as applied to an Auto Transformer*, EE Publishers, 2017.
- [2]. B. Nim Taj, A. Mahmoudi, S. Kahourzade, "Comparison of Low-Impedance Restricted Earth Fault Protection in Power Transformer Numerical Relays", *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 5(12): 2458-2474, 2011.
- [3]. Lê Kim Hùng, *Bảo vệ các phần tử chính trong hệ thống điện*, Nhà xuất bản Đà Nẵng, 2014.
- [4]. Nguyễn Hoàng Việt, *Vai trò bảo vệ và tự động hóa trong hệ thống điện*. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP.HCM, 2005.
- [5]. Alstom, "MiCOM 30 Series Restricted Earth Fault Protection Application Guide", Issue B1, March 2003.
- [6]. Siemens, "Siprotec 5 7UT82 Transformer Differential Protection – Manual", 06/2019.
- [7]. Trung tâm Điều độ Hệ thống điện Miền Trung, "Phiếu chỉnh định role bảo vệ so lệch MBA 7UT85 tại TBA 110kV Quảng Phú", *QĐ số 1654/QĐ-ĐĐMT*, 11/09/2017.
- [8]. GE Multilin, "T60 Transformer Protection System UR Series - Instruction Manual", 2015.
- [9]. Schneider, "MiCOM P64x Transformer Protection Relay - Technical Manual", 2015.
- [10]. Trung tâm Điều độ Hệ thống điện Miền Trung, "Phiếu chỉnh định role bảo vệ so lệch MBA P633 tại TBA 110kV Đắk Mil", *QĐ số 01/T110 ĐMIL- ĐĐMT*, 15/03/2017.
- [11]. Abb, "Transformer protection RET670, Technical manual", 2017.
- [12]. Trung tâm Điều độ Hệ thống điện Miền Trung, "Phiếu chỉnh định role bảo vệ so lệch MBA T2 RET650 tại TBA 110kV An Khê", *QĐ số 1286/QĐ-ĐĐMT*, 03/12/2013.
- [13]. Sel, "SEL-787 Relay Transformer Protection Relay - Instruction Manual", 2015.
- [14]. Trung tâm Điều độ Hệ thống điện Miền Trung, "Phiếu chỉnh định role bảo vệ so lệch MBA SEL787 tại TBA 110kV Bình Nguyên", *QĐ số 427/QĐ-ĐĐMT*, 12/03/2019.
- [15]. Lê Kim Hùng, Vũ Phan Huân, "Phân tích và đánh giá sự làm việc của role bảo vệ so lệch máy biến áp SEL387 tại Trạm biến áp 110kV Lăng Cô", *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, Số 6 (127), 2018.