

ANALYZING AND EVALUATING THE CHARACTERISTIC OF NUMERICAL DISTANCE PROTECTION RELAY USING ETAP SOFTWARE

Vu Phan Huan^{1*}, Le Kim Hung²

¹Central Electrical Testing Company Limited

²Danang University of Science and Technology

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	16/5/2021	The paper presents the process of automatically creating parameters for adjusting distance protection zones for a 110kV power grid with 33 nodes. After entering values of the line parameter, generator parameter, and load parameter into the Excel spreadsheet. The paper uses the Matlab GUI tool to read these data and plot the power grid to calculate the distance protection zones (Z1, Z2, and Z3) for a chosen numerical relay SEL 311L at the Buon Kou - Hoa Phu line. Next to build a grid simulation model by using ETAP software and evaluate the working of the relay with various conditions such as fault resistance, fault location, fault type and taking into account the participation of Truc Son PV source. The result of the paper provides insight into distance protection function principles to use popular on a transmission line. The statements from the paper are very consistent with reality because it overcomes one of the protective coordination challenges faced by technicians in real-world operations when checking the setting manually takes considerable time. In addition, the paper also suggests adding a limited relay library of ETAP for the manufacturer to consider such as Toshiba GRZ200, Nari RCS 902.
Revised:	13/7/2021	
Published:	21/7/2021	
KEYWORDS		
Distance protection		
Zone protection		
Setting calculation		
Matlab software		
ETAP software		

PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC CỦA ROLE BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH KỸ THUẬT SỐ BẰNG PHẦN MỀM ETAP

Vũ Phan Huân^{1*}, Lê Kim Hùng²

¹Công ty TNHH MTV Thí nghiệm điện Miền Trung

²Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	16/5/2021	Bài báo trình bày quy trình tự động tạo thông số chỉnh định vùng bảo vệ khoảng cách cho lưới điện 110kV có 33 nút. Sau khi nhập giá trị thông số đường dây, máy phát và phụ tải vào bảng tính Excel, công cụ Matlab GUI sẽ đọc dữ liệu và vẽ sơ đồ lưới điện để tính toán vùng làm việc Z1, Z2 và Z3 của role bảo vệ kỹ thuật số được chọn là SEL 311L của đường dây Buon Kou - Hòa Phú. Tiếp đến, xây dựng mô hình mô phỏng lưới điện bằng phần mềm ETAP nhằm đánh giá sự làm việc đúng của role trong điều kiện thay đổi của điện trở sự cố, vị trí sự cố, kiểu sự cố và có xét đến sự tham gia của nguồn điện mặt trời Truc Son. Kết quả của bài báo cung cấp cho người đọc cái nhìn sâu sắc về khả năng làm việc của chức năng bảo vệ khoảng cách được sử dụng phổ biến để bảo vệ đường dây tải điện. Các nhận định từ bài báo phù hợp với thực tế bởi vì khắc phục được một trong những thách thức về thời gian kiểm tra sự phối hợp bảo vệ mà các nhà kỹ thuật gặp phải trong vận hành. Bên cạnh đó, bài báo còn đưa ra gợi ý bổ sung thư viện role Toshiba GRZ200, Nari RCS902 còn thiếu của ETAP để hãng sản xuất xem xét.
Ngày hoàn thiện:	13/7/2021	
Ngày đăng:	21/7/2021	
TỪ KHÓA		
Bảo vệ khoảng cách		
Vùng bảo vệ		
Tính toán chỉnh định		
Phần mềm Matlab		
Phần mềm ETAP		

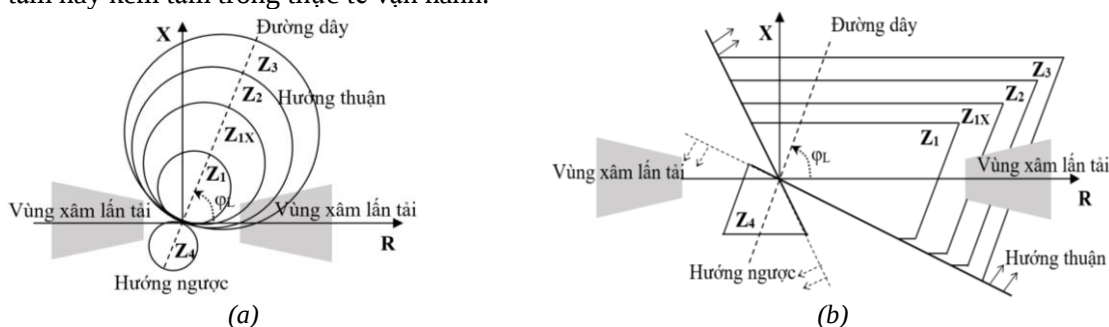
DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4498>

* Corresponding author. Email: vuphanhuan@gmail.com

1. Giới thiệu

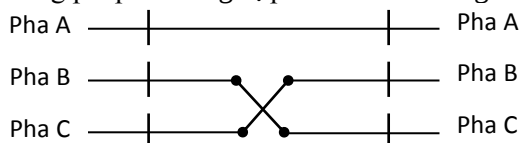
Hiện nay, hệ thống điện Việt Nam (HTĐ) ngày càng được mở rộng, nâng cấp thêm ngăn lộ, trạm biến áp và nhà máy điện nên đã làm cho việc đánh giá tính chính xác của kết quả chỉnh định role bằng tay không còn hiệu quả. Bởi vì khối lượng tính toán lớn, tốn nhiều thời gian và dễ xuất hiện thiếu sót trong khâu phối hợp chọn lọc tất cả role trên HTĐ. Vì vậy, nhu cầu thực tế đòi hỏi cần phải có một công cụ phần mềm như Aspen One Liner, ETAP, Neplan, Electrocon CAPE với khả năng mô phỏng trực quan hành vi tác động cắt máy cắt của các thiết bị bảo vệ khi xuất hiện sự cố và thể hiện đầy đủ các thông số sự cố, đặc tính làm việc quá dòng, so lệch, khoảng cách, cũng như thời gian tác động. Tuy nhiên, HTĐ hiện hữu đang sử dụng rất nhiều chủng loại role của các hãng sản xuất như Abb, Siemens, Sel, Schneider, Toshiba, Ge,... Mỗi hãng thường xây dựng đặc tính làm việc riêng cho từng Version và có thể không tích hợp sẵn trong thư viện công cụ phần mềm mô phỏng [1].

Theo tài liệu kỹ thuật của nhà sản xuất, bảo vệ khoảng cách (F21/21N) làm việc với giá trị điện áp và dòng điện đo lường thời gian thực, theo nguyên tắc tổng trở tính toán ($Z_R = U_R/I_R$) và so sánh với giá trị chỉnh định vùng bảo vệ (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) sử dụng hai đặc tính tổng trở phổ biến là vòng tròn qua gốc tọa độ (a) và tứ giác (b) như Hình 1. Góc nhảy φ_L dùng để vẽ cho ngăn lộ đường dây bảo vệ, còn các ngăn lộ đường dây khác nằm liền kề thì không được vẽ nối tiếp vào nên người đọc khó có thể nhìn bao quát hết phạm vi vùng làm việc. Ngoài ra, không có gì ngạc nhiên khi có sự cố nằm trên đường dây bảo vệ thì F21/21N ở cả hai đầu đường dây tác động đi cắt máy cắt (MC) với thời gian $t_{z1} = 0s$, nhưng vì nguyên nhân nào đó mà một trong hai F21/21N tác động với $t_{z2} = 0,3s$ hoặc $t_{z3} = 0,6s$. Với triết lý chung đã được trang bị trong tài liệu [2] – [8], các kỹ sư bảo vệ tiến hành kiểm tra lại cài đặt một cách cẩn thận nhưng vẫn không tìm thấy bất kỳ lỗi cài đặt nào. Điều này khiến họ bối rối, đặt ra câu hỏi về nguyên nhân làm role tác động quá tầm hay kém tầm trong thực tế vận hành.



Hình 1. Đặc tính làm việc của bảo vệ khoảng cách

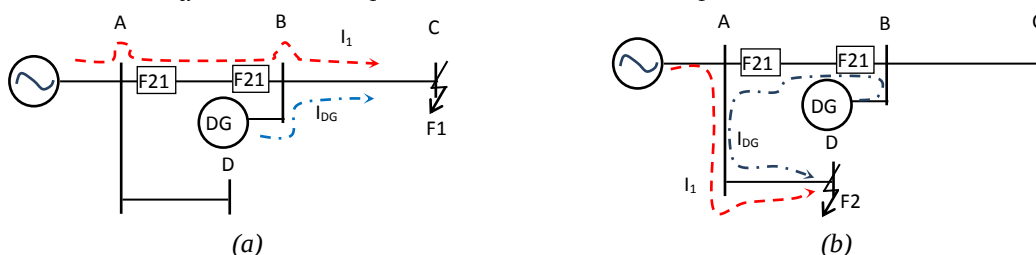
Để tìm ra nguyên nhân sự cố, cán bộ kỹ thuật sử dụng bản vẽ mạch nhị thức, project cấu hình thiết bị, hệ thống Scada và thiết bị thí nghiệm như Omicron, Fluke, Mega Ohm... nhằm kiểm tra từng điểm trong vùng sự cố và áp dụng phương pháp loại trừ, khoanh vùng mạch nhị thức, tủ điện, thiết bị hoặc đoạn cáp bị sự cố. Bên cạnh các yếu tố về sai số của biến dòng (CT), biến điện áp (VT), thông số đường dây, điện trở sự cố lớn, dao động điện, ảnh hưởng của tụ bù dọc và MBA trên đường dây đã được chúng tôi trình bày chi tiết trong tài liệu [2] thì trường hợp lệch pha là lỗi hiếm gặp khi đầu nối lẻo tại vị trí đảo pha (ví dụ B và C) của đường dây bị sai cho ở Hình 2 [9]. Điều này chỉ xảy ra trong thời điểm thử nghiệm trước khi đưa vào vận hành đường dây mới và chúng ta có thể sử dụng phương pháp đo đồng vị pha hai đầu đường dây bằng tay để phân tích.



Hình 2. Lệch pha tại lều đảo pha

Trường hợp thứ hai là khi có sự tham gia của nguồn phân tán (DG) trên lưới điện như Hình 3, và xuất hiện sự cố F1 hoặc F2 thì tổng trở đo lường của role F21 của ngăn lộ AB sẽ cao hơn tổng trở thực tế. Điều này có thể làm F21 không làm việc đúng với thông số chỉnh định vùng bảo vệ Z2, Z3 và tác động với thời gian lớn hơn nếu trong tính toán không xét đến hệ số phân dòng I_{DG}/I_1 . Ví dụ sự cố tại F1 [10], tổng trở mà F21 tại A đo được là:

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{I_1 \times Z_{AB} + (I_1 + I_{DG}) \times Z_{BF1}}{I_1} = Z_{AB} + Z_{BF1} + \frac{I_{DG}}{I_1} \times Z_{BF1} \quad (1)$$

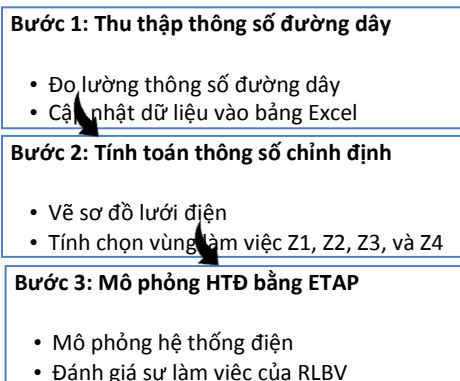


Hình 3. Đường dây có sự tham gia nguồn DG tại thanh cái B

Căn cứ vào phân tích và nhận định nêu ra trong khuôn khổ bài báo này, tác giả tập trung trình bày cách xây dựng HTĐ 33 nút, tính toán thông số chỉnh định vùng bảo vệ khoảng cách bằng phần mềm Matlab GUI kết hợp với Excel. Sau đó, đánh giá khả năng làm việc của role SEL311L áp dụng cho đường dây Buôn Koup – Hòa Phú, có xét đến sự tham gia nguồn DG, điện trở sự cố là nguyên nhân gây ra tác động nhầm khi xảy ra sự cố 1 pha, 3 pha bằng phần mềm ETAP.

2. Tính chọn vùng làm việc bảo vệ khoảng cách

Việc cập nhật liên tục cơ sở dữ liệu về lưới điện để phục vụ công tác tính toán chỉnh định role bằng phần mềm là xu hướng tất yếu, đáp ứng yêu cầu phát triển lưới điện thông minh ngày nay. Do đó, bài báo đề xuất các bước thực hiện tính chọn vùng làm việc bảo vệ khoảng cách theo lưu đồ ở Hình 4.



Hình 4. Lưu đồ các bước thực hiện

2.1. Thu thập thông số đường dây

Trở kháng của đường dây truyền tải được sử dụng để tính toán dòng ngắn mạch và cài đặt thông số cho F21/21N. Nó bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố (ví dụ: kiểu dây dẫn, độ rung và võng của dây dẫn, vỏ bọc cáp, điện trở suất) làm cho kết quả tính toán bằng tay có thể bị sai lệch. Vì vậy, Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) đã yêu cầu các đơn vị thành viên phải thực hiện đo thông số của đường dây (R_{DC} , R_1 , X_1 , R_0 , X_0 , B_0 , B_1 , R_{0M} , X_{0M}) có cấp điện áp từ 110 ÷ 500kV. Ví dụ kết quả đo thông số đường dây 110kV Krông Nô – NMTĐ Buôn Koup bằng hợp bộ CPC100 + CP CU1, đã được Công ty Thí nghiệm điện Miền Trung (CPC ETC) cung cấp như Hình 5. Sau đó, chúng ta lưu tất cả dữ liệu đo được, chiều dài ngăn lộ, loại dây, kết cấu cột vào trong file Excel và

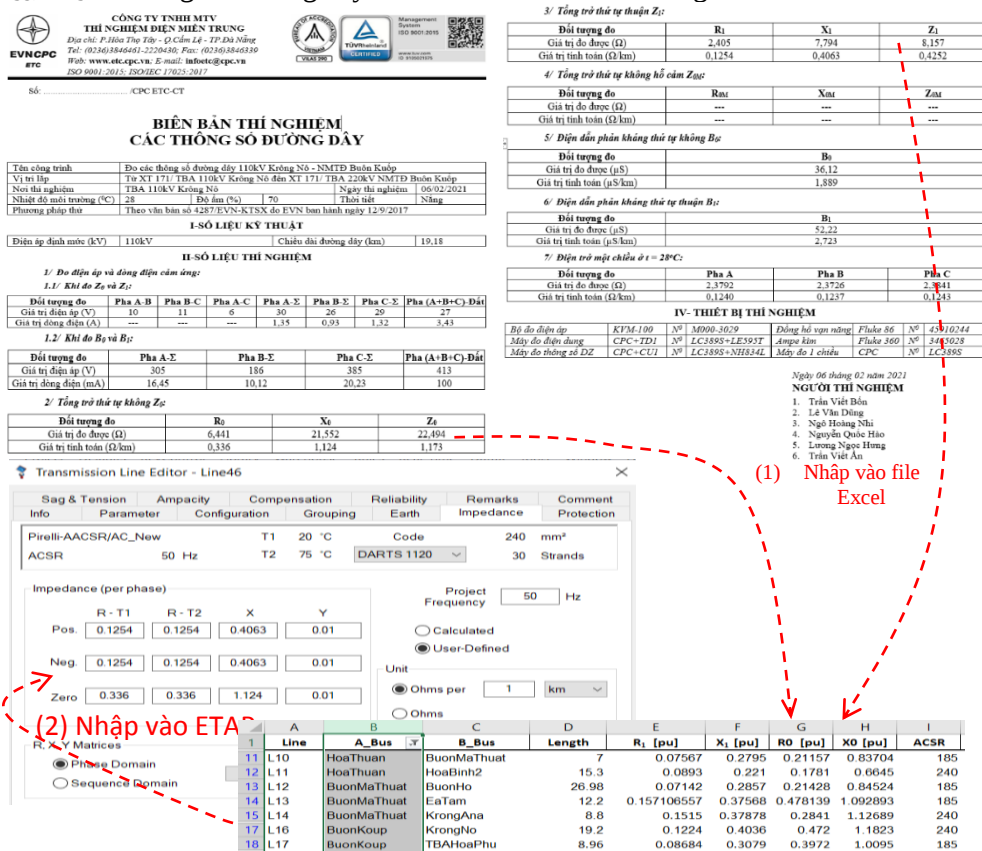
nhập vào phần tử đường dây trong phần mềm ETAP theo đúng định dạng nhằm chuẩn bị cho bước tiếp theo.

2.2. Tính toán thông số chỉnh định

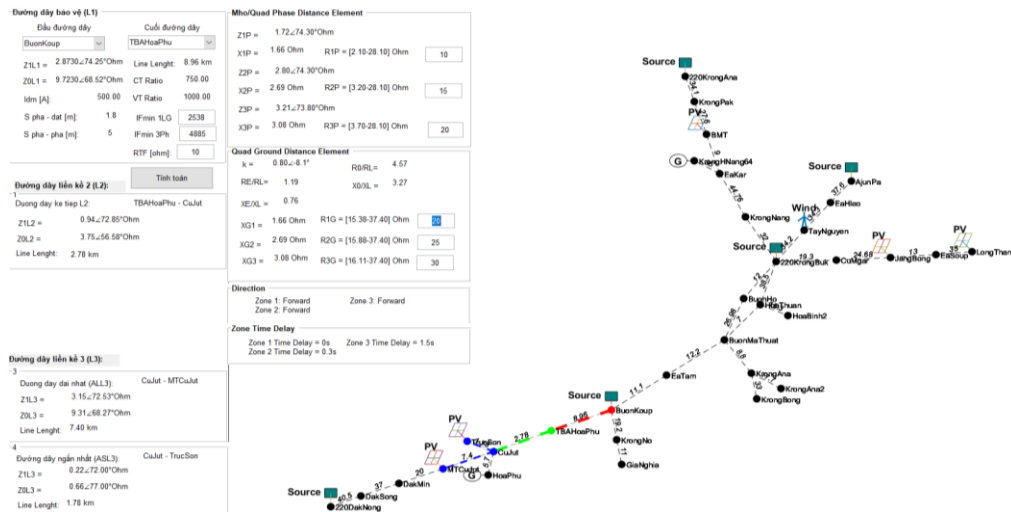
Để có cái nhìn trực quan tổng thể HTĐ trước khi tính toán, bài báo đề xuất sử dụng đồ thị mô hình hóa các kết nối trong mạng của Matlab nhằm vẽ sơ đồ HTĐ theo số liệu đã nhập ở bảng Excel. Cấu trúc của một sơ đồ HTĐ bao gồm "nút" và "cạnh". Mỗi nút đại diện cho một thanh cái 110kV và mỗi cạnh đại diện cho một đường dây kết nối giữa hai nút cho ở Hình 6. Tiếp đến, tùy theo sơ đồ kết lưới và chủng loại role cụ thể mà việc tính toán, chỉnh định giá trị bảo vệ cho từng ngăn lộ đường dây sẽ khác nhau và tránh được trường hợp chồng lấn vùng bảo vệ của các F21/21N được thư viện phần mềm ETAP hỗ trợ như REL650, REL670, D30, D60, D90, L60, L90, P44x, SEL321, SEL421, SEL311L, SEL411L, 7SA522, và 7SA6x. Ví dụ, chọn role SEL311L của đường dây Buôn Koup – Hòa Phú sử dụng loại cáp ACSR 185, có dòng định mức $I_{\max} = 500A$, CT = 750/1A, VT = 110/0,11kV. Khoảng cách dây dẫn pha đến cột thép (đất): $S = 1,8$ m. Khoảng cách dây dẫn giữa các pha: $S = 5$ m. Điện trở chân cột trung bình: $R_{TF} = 10\Omega$. Dòng điện sự cố pha – pha nhỏ nhất $I_{FPmin} = 4,885kA$ và dòng điện sự cố chạm đất nhỏ nhất $I_{FGmin} = 2,538kA$ được lấy từ mô phỏng ETAP tại Hình 8.

Khi chạy mô đun tính toán, màn hình GUI sẽ hiển thị thông số đường dây bảo vệ (màu đỏ), đường dây liên kề ngắn nhất, dài nhất (màu xanh dương và xanh da trời) và kết quả của 3 vùng bảo vệ hướng thuận được tính chọn theo lưu đồ Hình 7, kết hợp với 3 quy tắc điển hình ở bảng 1. Trong đó:

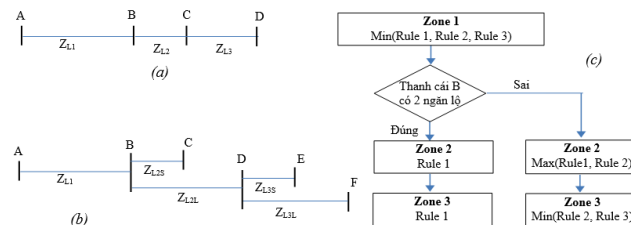
- Z_{L1} , Z_{L2} , Z_{L3} : là tổng trở đường dây bảo vệ, đường dây liên kề thứ 2, đường dây liên kề thứ 3.
- Z_{L2S} , Z_{L2L} : là tổng trở đường dây liên kề thứ 2 có chiều dài ngắn nhất và dài nhất.
- Z_{L3S} , Z_{L3L} : là tổng trở đường dây liên kề thứ 3 có chiều dài ngắn nhất và dài nhất.



Hình 5. Nhập thông số trở kháng đường dây Krông Nô – Buôn Koup tại trang Impedance của ETAP



Hình 6. Sơ đồ hệ thống điện 110kV có 33 nút



Hình 7. Lưu đồ tính chọn vùng bảo vệ khoảng cách cho sơ đồ lưới điện điển hình: (a) Sơ đồ thanh cái B, C có 2 ngăn lộ đường dây, (b) Sơ đồ thanh cái B, D có nhiều hơn 2 ngăn lộ đường dây và (c) Lưu đồ chọn nguyên tắc tính toán vùng bảo vệ

Bảng 1. Quy tắc tính chọn vùng làm việc [11]

Rule	Z1	Z2	Z3
1	$(0,8 \div 0,9)Z_{L1}$	$(1,2 \div 1,5)Z_{L1}$	$Z_{L1} + (1,2 \div 1,8)Z_{L2}$
2	$0,8Z_{L1}$	$Z_{L1} + 0,5Z_{L2S}$	$1,2(Z_{L1} + Z_{L2L})$
3	$(0,8 \div 0,85)Z_{L1}$	$Z_{L1} + 0,5Z_{L2S}$	$Z_{L1} + Z_{L2L} + 0,25Z_{L3S}$

Vùng 1: Bảo vệ 80% đường dây nhằm tránh sai số CT, VT làm cho bị quá tầm.

$$Z_{1P} = k \times 0,8 \times Z_{1L1} \quad (2)$$

$$X_{1P} = X_{1G} = k \times 0,8 \times X_{1L1} \quad (3)$$

Hệ số chuyển đổi giá trị đặt sang nhị thức: $k = CT/VT$

Thời gian tác động nhanh $t_{z1} = 0 \div 0,1s$.

Vùng 2: Nhằm mục đích bảo vệ toàn bộ đường dây Buôn Koupp – Hòa Phú và dự phòng một phần cho Z_1 của đường dây kế tiếp Hòa Phú – Cư Jut. Bởi vì nút Hòa Phú chỉ có 2 đường dây nối vào nên ta sử dụng quy tắc 1:

$$Z_{2P} = k \times 1,3 \times Z_{1L1} \quad (4)$$

$$X_{2P} = X_{2G} = k \times 1,3 \times X_{1L1} \quad (5)$$

Thời gian tác động $t_{z2} = 0,2 \div 0,6s$. Thông thường chọn $t_{z2} = 0,3s$ cho tất cả các TBA. Nếu $0,8 \times 80\% \times Z_{1L2S} < Z_2$ thì cần chọn $t_{z2} = 0,6s$.

Nếu kiểm tra $K_{nh} = Z_2/Z_{L1} < 1,2$ thì thời gian sẽ phối hợp với phía sau nó. $t_{z2L1} = t_{z2L2S} + \Delta t$

Vùng 3: Là vùng bảo vệ đường dây xa nhất, phối hợp với vùng 2 của đường dây dài nhất liền kề. Bởi vì nút Cư Jut có nhiều hơn 2 đường dây nối vào nên ta sử dụng quy tắc 1:

$$Z_{3P} = k \times (Z_{1L1} + 1,5 \times Z_{1L2}) \quad (6)$$

$$X_{3P} = X_{3G} = k \times (X_{1L1} + 1,5 \times X_{1L2}) \quad (7)$$

Thời gian $t_{z3} = 0,5 \div 1,5s$.

Vùng 4: Bảo vệ dự phòng phía sau thanh cái (hướng ngược). $Z_4 = 0,2Z_{1L1}$ khi chiều dài đường dây $< 100km$. Thời gian tác động $t_{z4} = 0,5 \div 1,5s$. Vùng 4 sử dụng kết hợp với sơ đồ bảo vệ từ xa (F85) không xét đến trong khuôn khổ bài báo này.

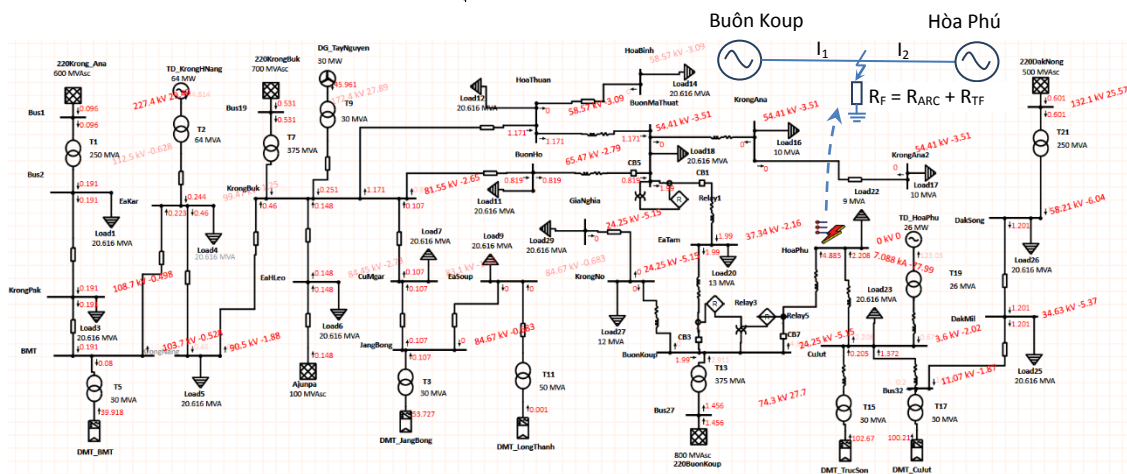
Xét điều kiện giới hạn chỉnh định điện trở tối thiểu của các vùng bảo vệ: Nhằm tránh trường hợp điện trở sự cố có giá trị lớn làm cho điểm làm việc của role nằm ngoài vùng tác động.

Đối với sự cố pha – pha chỉ tồn tại điện trở hồ quang giữa các pha, được tính theo công thức C.Warrington [11]:

$$R_{ARC} = \frac{28710 \times S}{I_{FP \min}^{1,4}} = \frac{28710 \times 5}{4885^{1,4}} = 0,9831 \Omega \quad (8)$$

Điện trở pha đặt cho vùng bảo vệ thứ $n = 1 \div 3$ tính theo công thức [2]:

$$R_{n_p} = 1,1 \times \sqrt{\left(R_n + \frac{1,2 \times R_{ARC}}{2}\right)^2 + X_n^2} \quad (9)$$



Hình 8. Sơ đồ một sợi mô phỏng sự cố chạm đất 1 pha của đường dây Buôn Koup – EaTam trong ETAP

Đối với sự cố pha – đất, bao gồm điện trở hồ quang R_{ARC} và điện trở chân cột $R_{TF} = 10 \Omega$

$$R_{ARC} = \frac{28710 \times S}{I_{FG \min}^{1,4}} = \frac{28710 \times 1,8}{2538^{1,4}} = 0,8852 \Omega \quad (10)$$

$$R_F = R_{ARC} + R_{TF} = 0,8852 + 10 = 10,8852 \Omega \quad (11)$$

Từ hình 8 có thể thấy rằng, dòng điện I_2 từ nguồn đối diện tham gia vào điện áp sự cố thông qua R_{TF} nên ta cần xét đến tình huống xấu nhất với tỷ lệ $I_2/I_1 = 3$. Điện trở pha – đất đặt cho vùng bảo vệ thứ $n = 1 \div 3$ tính theo công thức [2]:

$$R_{n_G} = 1,1 \times \sqrt{\left[R_n + 1,2 \times \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) \times \frac{R_F}{1 + R_E/R_L}\right]^2 + X_n^2} \quad (12)$$

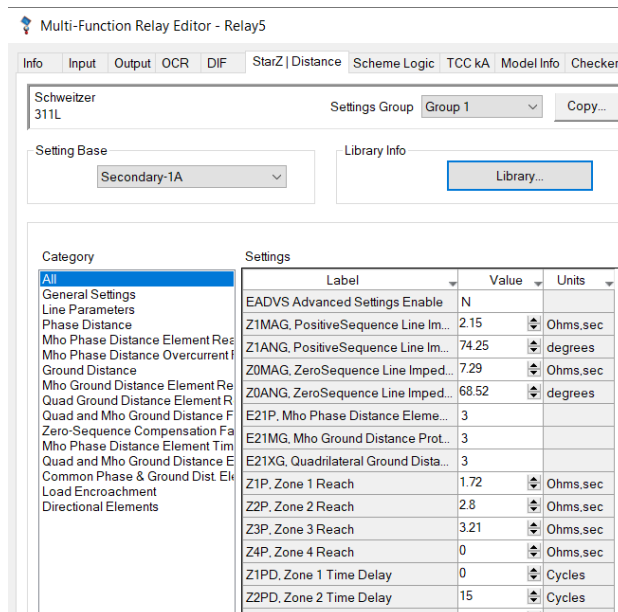
Xét điều kiện giới hạn chỉnh định điện trở tối đa của các vùng bảo vệ: Nhằm tránh trường hợp xâm lấn tải theo tiêu chuẩn độ tin cậy PRC-023 là tổng trở lớn nhất của đặc tính bảo vệ khoảng cách dọc theo 30° trên mặt phẳng tổng trở R-X với $0,85U_{dm}$ và I_{max} của đường dây [12]:

$$Z_{Load_max} = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3} \times 1,5 \times I_{\max}} = \frac{0,85 \times 110000}{\sqrt{3} \times 1,5 \times 500} = 72,067 \Omega \quad (13)$$

Điện trở tải tối đa: $R_{Load_max} = Z_{Load_max} \times \cos 30^\circ = 72,067 \times 0,866 = 62,4054 \Omega$

Biên độ tránh xâm lấn tải với sự cố Pha – Pha là 40% nên ta chọn giá trị $k \times 0,6 \times 62,4 = 41,2 \Omega$

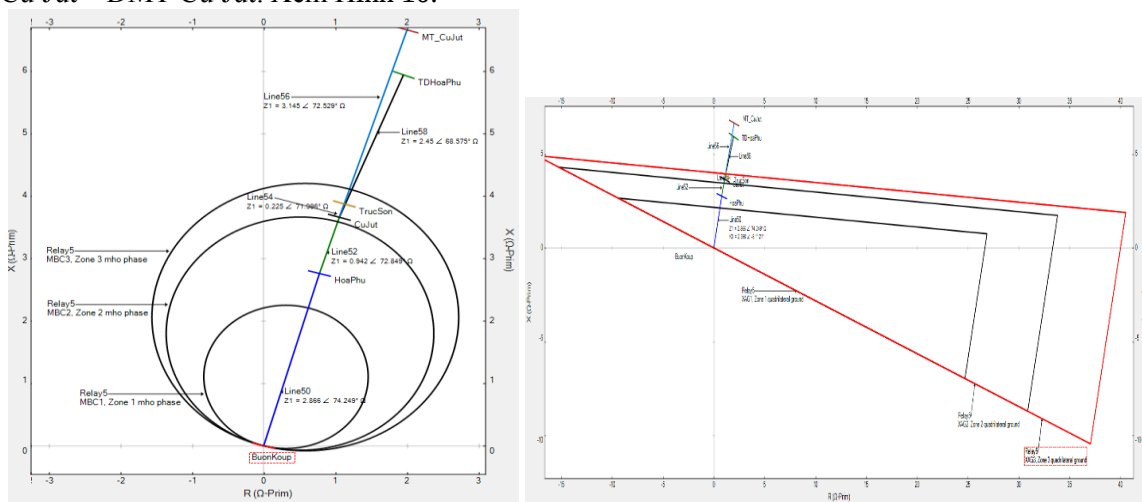
Biên độ tránh xâm lấn tải với sự cố Pha – đất là 20% nên ta chọn giá trị $k \times 0,8 \times 62,4 = 54,9 \Omega$



Hình 9. Cài đặt thông số chỉnh định SEL311L

Như vậy, giá trị điện trở pha – pha R_{np} của đường dây Buôn Koup – Hòa Phú được chọn theo kinh nghiệm phải nằm trong giới hạn chỉnh định điện trở vùng bảo vệ tối thiểu và tối đa ở Hình 6 lần lượt là 10Ω , 15Ω , 20Ω . Giá trị điện trở pha – đất R_{nPG} là 20Ω , 25Ω , 30Ω .

Sau khi tính toán xong, ta cần tiến hành cài đặt cho role bảo vệ SEL311L như Hình 9. Trong đó, Tab Input sử dụng CT, VT ở đường dây, Tab Output được dùng để điều khiển cắt MC trong trường hợp bị sự cố nằm trong vùng bảo vệ. Tab StarZ Distance chứa thông số chỉnh định role. Tiếp đến, Click chuột vào đường dây Buôn Koup – Hòa Phú và nhấn chọn Create StarZ View để hiển thị đồ thị đặc tính Mho (dùng cho sự cố pha – pha), Quard (dùng cho sự cố 1 pha chạm đất) của vùng làm việc Z1, Z2, Z3 và đoạn đường dây kế tiếp Hòa Phú – Cư Jut, Cư Jut – Trúc Sơn, Cư Jut – ĐMT Cư Jut. Xem Hình 10.



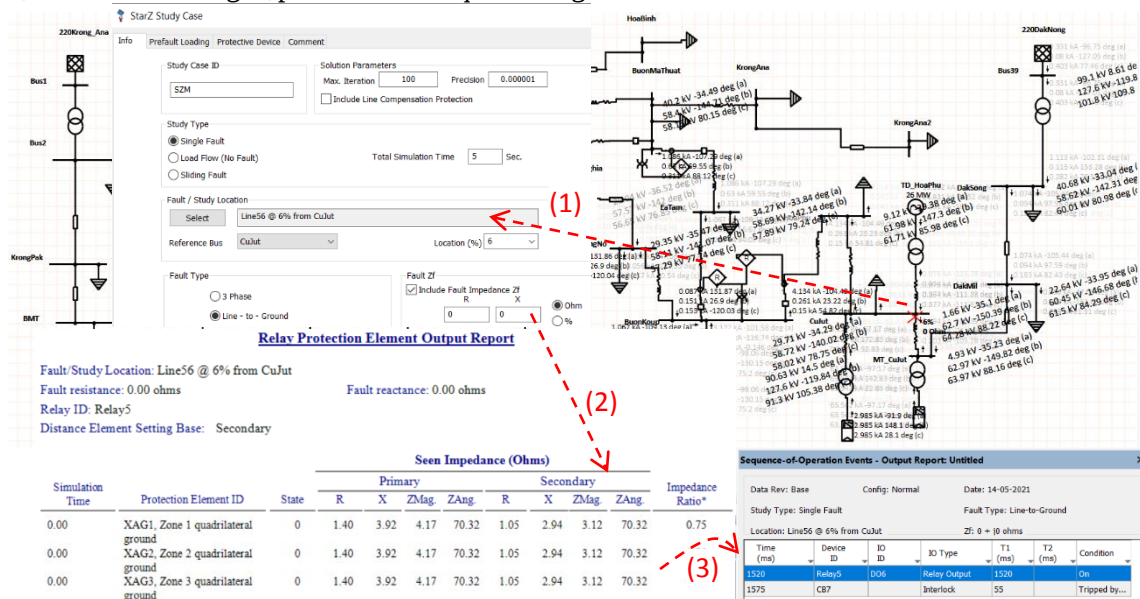
Hình 10. Đặc tính vùng bảo vệ của SEL311L

2.3. Đánh giá đặc tính làm việc SEL 311L bằng phần mềm ETAP

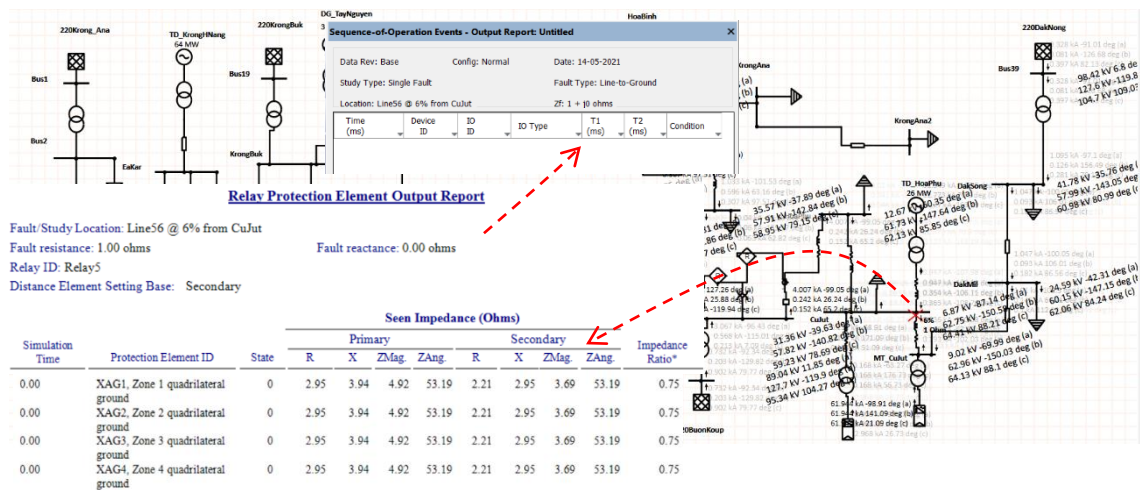
Để kiểm tra và đánh giá độ tin cậy của thiết bị bảo vệ, bài báo tiến hành sử dụng phần mềm ETAP mô phỏng lưới điện 110kV có 33 TBA như Hình 8. Sau đó, mở Edit study case của modun

StarZ nhằm giả lập 2 kịch bản là có và không có sự tham gia của ĐMT Trúc Sơn với sự cố ngắn mạch 1 pha chạm đất, ba pha nằm, điện trở sự cố thay đổi từ $0\Omega \div 30\Omega$ và kiểu tính toán “Single Fault”. Sau đó chọn run StarZ Study, role sẽ ghi nhận giá trị dòng điện, điện áp sự cố và tổng trở sự cố vào Report Manager/Result/Protection Element Output.

Đối với sự cố 1 pha chạm đất tại vị trí 6% đường dây Cự Jut – ĐMT Cự Jut với $R_F = 0\Omega$ và có sự tham gia của ĐMT Trúc Sơn cho ở Hình 11, role SEL311L nhận biết sự cố vùng 3, $Z_R = 1,05 + j2,94\Omega$ và xuất lệnh đi cắt với thời gian 1520ms. Tuy nhiên, tăng $R_F = 1\Omega$ cho ở Hình 12, role SEL 311L nhận biết nằm ngoài vùng 3, $Z_R = 2,21 + j2,95\Omega$ và không xuất lệnh đi cắt MC. Tương tự ta xét đến trường hợp khác cho kết quả ở bảng 2.



Hình 11. Sự cố 1 pha chạm đất với $R_F = 0\Omega$, có sự tham gia của ĐMT Trúc Sơn



Hình 12. Sự cố 1 pha chạm đất với $R_F = 1\Omega$, có sự tham gia của ĐMT Trúc Sơn

Nhận xét:

- Đặc tính tứ giác Quad bao phủ điện trở sự cố lớn hơn đặc tính hình tròn Mho nên khi có sự cố chạm đất với điện trở $R_F = 29\Omega$ thì role vẫn tác động đúng.

Tổng trở đo lường của role tăng/giảm không đáng kể về giá trị với cả hai kịch bản không có/có sự tham gia của ĐMT Trúc Sơn.

Bảng 2. Tổng trở đo lường role

Dạng sự cố	Vị trí sự cố	R_F [Ω]	Không có DMT Trục Sơn		Có DMT Trục Sơn	
			Z_R [Ω]	Vùng tác động	Z_R [Ω]	Vùng tác động
Sự cố một pha chạm đất	6% đường dây Cự Jut	0	$1,06 + j2,94$	Z3	$1,05 + j2,94$	Z3
	– DMT Cự Jut	1	$2,21 + j2,94$	/	$2,21 + j2,95$	/
	70% đường dây Buôn	29	$29,26 + j2,18$	Z3	$29,26 + j2,08$	Z3
	Koup – Hòa Phú	30	$30,25 + j2,21$	/	$30,25 + j2,09$	/
Sự cố ba pha	92% đường dây Hòa	0	$0,78 + j2,69$	Z2	$0,78 + j2,69$	Z2
	Phú – Cự Jut	1	$1,85 + j2,68$	/	$1,89 + j2,71$	/
	90% đường dây Buôn	1.8	$2,4 + j1,85$	Z2	$2,45 + j1,88$	Z2
	Koup – Hòa Phú	2	$2,6 + j1,85$	/	$2,67 + j1,88$	/

3. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đề xuất xây dựng mô hình hệ thống điện bằng phần mềm ETAP để mô phỏng một số tình huống vận hành, sự cố trên lưới điện và kiểm tra thông số chỉnh định vùng bảo vệ khoảng cách Z2, Z3. Bên cạnh đó, bài báo đã vẽ thể hiện các nhánh đường dây liên kết của đường dây bảo vệ vào đặc tính Mho dùng cho sự cố pha – pha, đặc tính Quad dùng cho sự cố chạm đất. Các kết quả thu được từ các mô phỏng cho thấy khả năng làm việc của role bảo vệ khoảng cách, đồng thời xác định ảnh hưởng của R_F trong tình huống có/không có sự hiện diện của DMT Trục Sơn làm cho role khoảng cách có thể không hoạt động theo đúng cài đặt vùng bảo vệ của nó. Ngoài ra, phần mềm ETAP còn hỗ trợ tính năng Relay Setting Report để xuất dữ liệu thông số chỉnh định của role sang định dạng Excel hay XML nhằm phục vụ cho việc cài đặt vào thiết bị thực tế trên lưới điện được thuận tiện. Tuy nhiên, bài báo cũng khuyến nghị hãng phần mềm ETAP nên nâng cấp đầy đủ thư viện role bảo vệ của các hãng sản xuất role kỹ thuật số có mặt trên thị trường như Toshiba GRZ200, Nari RCS 902 nhằm đáp ứng nhu cầu thực tế đòi hỏi trong việc phân tích, điều tra sự cố và mô phỏng lại diễn biến để tìm ra nguyên nhân và đề ra biện pháp khắc phục nếu có sai sót ở khâu nào đó trong hệ thống bảo vệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Y. Kumar, "Study of Power and Renewable Systems Modeling and Simulation Tools," Master of Science Degree in Electrical Engineering, The University of Toledo, December 2015.
- [2] K. H. Le and P. H. Vu, *Numerical protection relay for the electrical system*. Science and Technics Publishing House, 2020.
- [3] GE, *Network protection & Automation application guide*, GE Solution, 2016.
- [4] Y. Shurygin, "Intelligent Relay Protection of Electric Power Systems," 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA) at Lipetsk, Russia, 20-22 Nov. 2019.
- [5] O. S. E. Atwa, *Practical Power System and Protective Relays Commissioning*, Elsevier Inc, 2019.
- [6] J. L. Blackburn and T. J. Domin, *Protective Relaying: Principles and Applications*, Fourth Edition 4th Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, LLC, 2014.
- [7] V. Gurevich, *Digital protection relays – Problems and solutions*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2011.
- [8] Nuclear Maintenance Applications Center, *Numerical Protective Relays*, EPRI, 2004.
- [9] D. (Dennis) Tang, "Phase Rolling and the Impacts on Protection," 52nd Annual Minnesota Power Systems Conference, November 8–10, 2016.
- [10] S. M. Saad, N. El Naily, and F. A. Mohamed, "Investigating the effect of DG infeed on the effective cover of distance protection scheme in mixed-MV distribution network," *Int. Journal of Renewable Energy Development*, vol. 7, no. 3, pp. 223-231, 2018.
- [11] Etap, *ETAP Workshop Notes - Distance Protection*, 2019.
- [12] S. Lee P.E and J. Perez P.E, "Relay loadability challenges experienced in long lines," the 69th Annual Texas A&M Protective Relay Conference College Station, Texas April 4th – April 7th, 2016.