

MỘT SỐ PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG THỨC NỐI ĐẤT ĐIỂM TRUNG TÍNH ĐẾN HỆ THỐNG BẢO VỆ RƠ LE TRÊN LƯỚI ĐIỆN 35kV Ở TỔNG CÔNG TY ĐIỆN LỰC MIỀN BẮC

ANALYSIS ON THE IMPACT OF NEUTRAL POINT GROUNDING MODE TO RELAY PROTECTION SYSTEM ON 35kV NETWORKS OF NORTHERN POWER COMPANY CORPORATION

Trần Thanh Sơn^{1*}, Nguyễn Phúc Huy¹, Trần Anh Tùng¹,
Vũ Thị Thu Nga¹, Đặng Việt Hùng¹, Trần Đình Long^{1,2}

TÓM TẮT

Hiện nay, lưới điện trung áp tồn tại nhiều phương thức nối đất điểm trung tính (cách ly, trực tiếp, qua cuộn dập hồ quang và qua tổng trở), mỗi phương thức có ưu, nhược điểm khác nhau, việc lựa chọn phương thức nối đất phù hợp phụ thuộc vào quan điểm về an toàn, kỹ thuật và kinh tế. Bài báo trình bày tổng quan về lưới điện 35kV của Nghệ An, Bắc Ninh và các tính toán, đánh giá và phân tích sự thay đổi dòng điện ngắn mạch trên xuất tuyến 371E27.2 Bắc Ninh trong ba phương thức nối đất khác nhau của điểm trung tính. Từ kết quả tính toán, các ảnh hưởng của sự thay đổi chế độ nối đất điểm trung tính tới hệ thống bảo vệ rơ le được phân tích chi tiết.

Từ khóa: Điểm trung tính, nối đất trực tiếp, trung tính cách ly, nối đất qua cuộn dập hồ quang, nối đất qua tổng trở, lưới điện phân phối 35kV.

ABSTRACT

Nowaday, there are many neutral grounding modes in medium voltage distribution networks such as ungrounded neutral, solid grounding, grounding via Petersen coil and grounding via impedance; Each has advantages and disadvantages. The mode selection depends on technical, economical and safety analysis. This paper present an overview of 35kV networks of Bac Ninh and Nghe An. A detailed short circuit analysis is considered for 371E27.2 Bac Ninh in three grounding modes and its impact on relay protection systems.

Keywords: Neutral point, solid grounding, ungrounded neutral, grounding via Petersen coil, grounding via impedance, 35kV distribution network.

¹Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực

²Hội Điện Lực Việt Nam

*Email: sontt@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/11/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/12/2021

Ngày chấp nhận đăng: 27/12/2021

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện nay, trong hệ thống điện chế độ nối đất điểm trung tính lưới điện phân phối trung áp có ảnh hưởng lớn

đến các chỉ tiêu về kinh tế, kỹ thuật và đặc biệt là vấn đề an toàn. Trên thực tế, tồn tại 04 phương thức nối đất điểm trung tính lưới điện gồm: trung tính cách ly, trung nối đất trực tiếp, trung tính nối đất qua cuộn dập hồ quang (cuộn Petersen) và trung tính nối đất qua tổng trở. Mỗi phương thức nối đất có những ưu, nhược điểm khác nhau. Trên thế giới, lưới điện phân phối của các nước khác nhau cũng có sự lựa chọn phương thức nối đất khác nhau dựa trên các quan điểm kinh tế - kỹ thuật, an toàn phù hợp, như Mỹ, Canada lựa chọn trung tính nối đất trực tiếp; Bỉ, Pháp, Anh lựa chọn trung tính nối đất qua tổng trở; Italia, Nhật Bản, Na Uy lựa chọn trung tính cách ly; lưới nông thôn của Đức và Anh sử dụng phương thức nối đất qua cuộn Petersen. Phương thức nối đất khác nhau sẽ có ảnh hưởng khác nhau tới quá dòng điện và quá điện áp khi có sự cố chạm đất trên lưới điện, và phụ thuộc nhiều vào hiệu quả của hệ thống nối đất đầu nguồn [1-3].

Tại Việt Nam, Thông tư số 39/2015/TT-BCT quy định điểm trung tính của lưới điện 22kV nối đất trực tiếp [4]. Trường hợp trung tính nối đất trực tiếp sử dụng mạng 3 pha - 3 dây có ưu điểm giảm được quá điện áp, do vậy cách điện của thiết bị chỉ phải thiết kế với điện áp pha khi xảy ra ngắn mạch 1 pha chạm đất, đây là loại ngắn mạch chiếm tỉ lệ cao trên lưới trung áp. Tuy nhiên, phương thức này có nhược điểm là dòng ngắn mạch lớn, điện áp tiếp xúc và điện áp bước vượt quá giá trị cho phép gây nguy hiểm cho người vận hành và người dân. Trường hợp trung tính nối đất qua điện trở nhỏ có ưu điểm là dòng sự cố chạm đất 1 pha nhỏ giúp các thiết bị đóng/cắt làm việc ổn định và có độ bền cao, giảm được chi phí sửa chữa và thay thế, điện áp bước và điện áp tiếp xúc nằm trong giới hạn cho phép, tuy nhiên phương thức nối đất này có nhược điểm gây quá độ điện áp trên các pha không chạm đất, có thể làm phóng điện tại các điểm cách điện yếu trên các pha này và gây ra sự cố ngắn mạch nhiều pha [5].

Trong hệ thống bảo vệ rơ le, bảo vệ chống chạm đất phụ thuộc rất nhiều vào phương thức nối đất trung điểm, trong đó sử dụng dòng điện sự cố chạm đất để chọn độ nhạy và loại rơ le phù hợp. Trường hợp nối đất trực tiếp, do có dòng điện chạm đất lớn, yêu cầu phải cắt ngay đường dây để loại bỏ sự cố ra khỏi hệ thống, rơ le quá dòng và quá dòng có hướng được sử dụng phổ biến nhất để bảo vệ sự cố chạm đất cho những hệ thống này. Một cách tiếp cận được sử dụng rộng rãi trên thế giới để giới hạn dòng sự cố là lắp đặt các điện trở nối đất trung tính trong mạng phân phối để hạn chế quá điện áp quá độ chạy qua điểm trung tính của máy biến áp hoặc máy phát điện đến giá trị an toàn khi có sự cố [6]; tuy nhiên, trong trường hợp này mức cách điện của thiết bị phải lựa chọn ở điện áp dây, có khả năng gây quá áp nội bộ do hiện tượng cộng hưởng (nếu nối qua cuộn kháng), phải cắt ngay đường dây khi có sự cố chạm đất, độ nhạy bảo vệ phụ thuộc vào chiều dài tuyến dây, công suất nhiệt thất thoát lớn (nếu nối qua điện trở).

Trong thực tế việc đánh giá, lựa chọn phương thức nối đất phù hợp nhằm thỏa mãn các điều kiện là không thể, tùy theo quan điểm đánh giá mà lựa chọn phương thức nối đất khác nhau dựa trên các tiêu chí về kinh tế - kỹ thuật.

Bài báo này phân tích và đánh giá về ảnh hưởng của các chế độ nối đất khác nhau tới hệ thống bảo vệ rơ-le hiện hữu của lưới điện 35kV, các xuất tuyến 35kV điển hình được xây dựng mô phỏng tính toán ngắn mạch bằng phần mềm ETAP [7]. Việc tính toán dòng ngắn mạch được thực hiện bằng phương pháp thành phần đối xứng thông qua các sơ đồ thay thế thứ tự thuận, nghịch và không của lưới điện và tuân theo tiêu chuẩn IEC 60909 [8]. Từ kết quả tính toán ngắn mạch đó, các chức năng bảo vệ sẽ được cài đặt phù hợp với từng lưới điện cụ thể.

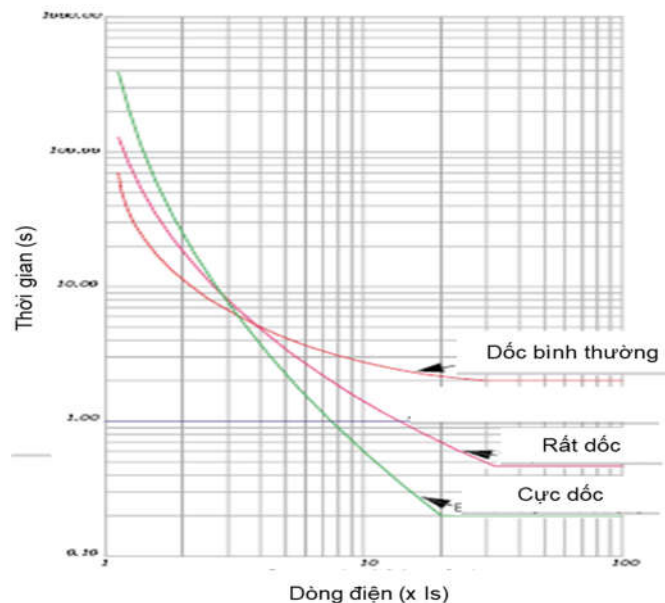
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để có thể phân tích và đánh giá về ảnh hưởng của các chế độ nối đất khác nhau tới hệ thống bảo vệ rơ-le hiện hữu của lưới điện 35kV, các xuất tuyến 35kV điển hình được xây dựng mô phỏng tính toán ngắn mạch bằng phần mềm ETAP [7]. Việc tính toán dòng ngắn mạch được thực hiện bằng phương pháp thành phần đối xứng thông qua các sơ đồ thay thế thứ tự thuận, nghịch và không của lưới điện và tuân theo tiêu chuẩn IEC 60909 [8]. Từ kết quả tính toán ngắn mạch đó, các chức năng bảo vệ sẽ được cài đặt phù hợp với từng lưới điện cụ thể.

Đối với lưới điện 35kV, trung tính cách ly, khi có ngắn mạch chạm đất điểm trung tính sẽ không thể duy trì ở điện thế đất và điện áp giữa các pha lành và đất sẽ tăng và đạt điện áp đường dây, rơ le điện áp thứ tự không hoặc ba pha có thể phát hiện sự cố chạm đất. Tuy nhiên, phương pháp này phát hiện sự cố không có tính chọn lọc và yêu cầu ngắt kết nối hoặc cách ly tuần tự các nhánh để xác định nhánh sự cố. Do vậy, bảo vệ chạm đất độ nhạy cao, có hướng phản ứng với thành phần dòng điện thứ tự không đối với thành phần điện áp thứ tự không, có thể xác định được vị trí sự cố, là sự thay thế điển hình cho phương pháp phát hiện sự cố trên.

Đối với lưới trung tính nối đất trực tiếp, khi sự cố chạm đất xuất hiện dòng điện chạm đất lớn, yêu cầu phải cắt ngay đường dây để loại bỏ sự cố ra khỏi hệ thống. Rơ le quá dòng và quá dòng có hướng được sử dụng phổ biến nhất để bảo vệ sự cố chạm đất cho những hệ thống này.

Thời gian tác động của chức năng quá dòng 51 thường được xác định theo đặc tính thời gian phụ thuộc của bảo vệ (hình 1).



Hình 1. Đặc tính thời gian phụ thuộc theo tiêu chuẩn IEC 60255 ứng với TMS = 1

Phương trình thời gian của bảo vệ được xác định trong [9] theo biểu thức (1):

$$\begin{aligned}
 &\text{Đốc bình thường} && \text{Cực dốc} \\
 &t = TMS \cdot \frac{0,14}{I_r^{0,02} - 1} && t = TMS \cdot \frac{80}{I_r^2 - 1} \\
 &\text{Rất dốc} \\
 &t = TMS \cdot \frac{13,5}{I_r - 1}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

trong đó: $I_r = I_N / I_{đặt}$, I_N và $I_{đặt}$ lần lượt là giá trị dòng ngắn mạch và dòng cài đặt của bảo vệ rơ le; TMS là hệ số cài đặt thời gian tác động.

Trong bài báo này, các nghiên cứu tính toán tác động của bảo vệ rơ le sẽ được thực hiện trên chức năng bảo vệ đang sử dụng và cài đặt cho xuất tuyến 35kV thuộc lưới điện của Tổng công ty Điện lực Miền Bắc.

3. GIỚI THIỆU LƯỚI ĐIỆN 35kV TRONG MÔ PHỎNG

Theo thống kê, lưới điện 35kV hiện tại chiếm khoảng 60% tỉ trọng toàn bộ lưới điện phân phối do Tổng công ty Điện lực Miền Bắc quản lý. Do vấn đề lịch sử, đã có những sự thay đổi trong chế độ trung tính của mạng điện mà hầu hết hiện nay lưới điện 35kV đang làm việc với chế độ trung tính cách ly. Các trường hợp lưới điện cụ thể được xem xét thuộc các Công ty Điện lực Bắc Ninh và Công ty Điện lực Nghệ An với đặc điểm là phụ tải và bán kính cấp điện lớn.

Công ty Điện lực Nghệ An quản lý địa bàn hiện có 15 trạm biến áp 110kV trong đó 11 trạm sử dụng hai máy biến áp 110kV vận hành song song [10]. Các máy biến áp đa phần là máy biến áp ba cuộn dây với điện áp định mức các

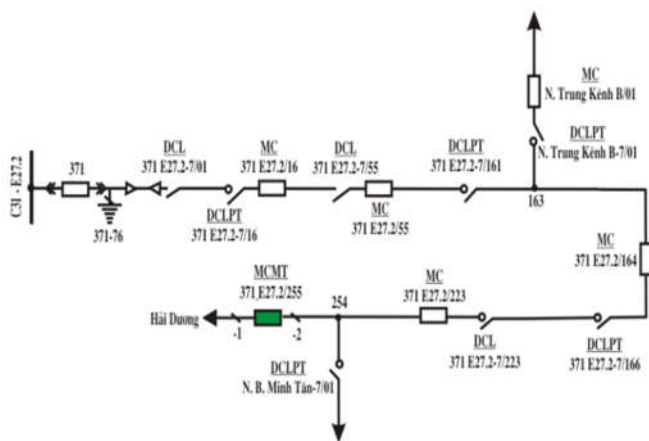
phía là 115/38,5/23kV (11kV) (trong đó cuộn 23kV có lựa chọn đầu ra cấp điện áp 11kV), 115/38,5/23kV và 115/38,5/11kV. Chế độ điểm trung tính của cuộn 35kV các máy biến áp 110kV của tỉnh Nghệ An được thống kê như trong bảng 1.

Bảng 1. Thống kê về chế độ điểm trung tính cuộn 35kV của các máy biến áp 110kV trên lưới điện tỉnh Nghệ An

Chế độ điểm trung tính cuộn 35kV	Số lượng/Tổng số MBA 110kV (3 cuộn dây)
Trung tính cách ly	13/24
Nối đất qua cuộn Petersen	11/24

Các đường dây 35kV của Công ty Điện lực Nghệ An hiện nay là 52 đường dây trong đó có 1 đường dây dự phòng. Tổng số chiều dài đường dây vào khoảng 3620km, chiều dài trung bình của một đường dây 35kV vào khoảng 70km, cá biệt có đường dây 371 E15.14 Thị trấn Hòa Bình có đường trục chính dài nhất và tổng chiều dài đường dây lên đến 325km. Số lần sự cố xảy ra trên lưới điện còn lớn chủ yếu là sự cố ngắn mạch hai pha và ngắn mạch một pha.

Công ty Điện lực Bắc Ninh quản lý 26 trạm biến áp 110kV với tổng số máy là 46 máy và tổng công suất đặt là 2588,8MVA, cấp điện cho toàn bộ tỉnh Bắc Ninh với phụ tải cực đại hơn 1200MW [11]. Các máy biến áp 110kV làm việc với chế độ trung tính cách ly phía 35kV và hệ số mang tải là 60%. Lưới điện trung áp gồm 193 lộ với tổng chiều dài 1983,8km trong đó có 950,03 km đường dây 35kV. Toàn bộ lưới 35kV của tỉnh Bắc Ninh được trang bị 155 recloser, 144 tủ điện hợp bộ RMU, 40 thiết bị đóng cắt LBS, 1689 dao cách ly và 1516 cầu chì tự rơi, FCO, LBFCO.



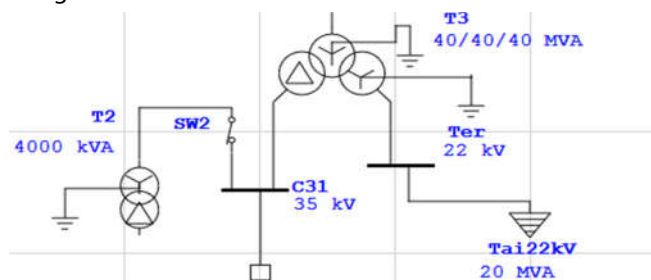
Hình 2. Sơ đồ kết dây cơ bản của xuất tuyến 371 E27.2

Với các đặc điểm của lưới điện từng địa phương, so sánh với nhu cầu cần xem xét ảnh hưởng của chế độ làm việc của điểm trung tính tới bảo vệ rơ le, xuất tuyến 371-E27.2 Công ty Điện lực Bắc Ninh được lựa chọn có sơ đồ kết dây cơ bản như trên hình 2. Dây dẫn của xuất tuyến chủ yếu là loại AC 50, 70, 95 và 120mm². Xuất tuyến được cấp điện từ máy biến áp có công suất 40MVA của trạm 110kV E27.2. Công suất cực đại phía 35kV là 28,1MW và hệ số mang tải là 78,06%.

4. MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Trong mô phỏng, thông số dòng ngắn mạch tại thanh cái 35kV được cập nhật theo số liệu cung cấp từ Trung tâm điều độ hệ thống điện Miền Bắc (A1). Máy biến áp 110kV trong các trạm được mô phỏng theo hồ sơ kỹ thuật của trạm. Để xét ảnh hưởng của phương thức nối đất điểm trung tính tới hệ thống bảo vệ rơ le, 03 trường hợp tính toán được thực hiện như sau:

- Điểm trung tính cách ly;
- Điểm trung nối đất trực tiếp.
- Điểm trung tính nối đất qua máy biến áp tạo trung tính giả: Cuộn 35kV nối tam giác nên để tạo được điểm trung tính nối đất, ta sử dụng một máy biến áp tạo trung tính giả như trên hình 3.



Hình 3. Phương án tạo trung tính giả phía 35kV

Các đường dây khai báo theo hồ sơ kỹ thuật của Công ty Điện lực Bắc Ninh cung cấp và không xét tới dung dẫn đối với đường dây trên không trong quá trình mô phỏng. Các thành phần điện trở và điện kháng thứ tự Nghịch (R_2, X_2), Không (R_0, X_0) được xác định thông qua thành phần thứ tự Thuận (R_1, X_1) như sau: $R_2 = R_1; X_2 = X_1; R_0 = 1,435.R_1; X_0 = 3,334.X_1$.

Bảng 2a. Kết quả tính toán dòng điện ngắn mạch tại đầu xuất tuyến (kA)

Chế độ điểm trung tính	NM ba pha	NM một pha chạm đất	NM hai pha	NM hai pha chạm đất
Nối đất trực tiếp	4,441	4,406	3,846	4,424
Cách ly	4,441	0	3,846	3,846
Nối đất qua MBA tạo trung tính nối đất	4,441	2,156	3,846	3,965

Bảng 2b. Kết quả tính toán dòng điện ngắn mạch tại cuối xuất tuyến (kA)

Chế độ điểm trung tính	NM ba pha	NM một pha chạm đất	NM hai pha	NM hai pha chạm đất
Nối đất trực tiếp	1,380	0,933	1,195	1,287
Cách ly	1,380	0	1,195	1,195
Nối đất qua MBA tạo trung tính nối đất	1,380	0,764	1,195	1,261

Bảng 2a và 2b trình bày kết quả tính toán ngắn mạch tương ứng tại đầu xuất tuyến và cuối xuất tuyến trong ba trường hợp nối đất của điểm trung tính.

Để bảo vệ cho xuất tuyến, hiện tại đầu xuất tuyến được đặt một bảo vệ chính với các chức năng bảo vệ quá dòng, quá dòng cắt nhanh và bảo vệ quá điện áp. Trị số cài đặt của các rơ le bảo vệ này như trên bảng 3.

Bảng 3. Trị số cài đặt hiện tại của role bảo vệ chính của máy cắt đầu xuất tuyến

Chức năng bảo vệ chính	Cấp bảo vệ	Trị số dòng (A)	Thời gian cắt (s)	Tự đóng lại (s)
Quá dòng	I>	360	1,7	4,0
	I>>	3000	0,3	
Quá dòng cắt nhanh	I>>>	4600	0,0	
Bảo vệ điện áp	3U0	50	4,0	4,0

Từ các kết quả trên tính được thời gian tác động và độ nhạy của các bảo vệ hiện tại khi thay đổi phương thức nối đất điểm trung tính tới tác động của bảo vệ role như trên bảng 4.

Bảng 4. Thời gian tác động (s) và độ nhạy của bảo vệ quá dòng khi ngắn mạch tại đầu xuất tuyến

Chế độ điểm trung tính	Thời gian tác động (s)				Độ nhạy
	NM ba pha	NM một pha chạm đất	NM hai pha	NM hai pha chạm đất	
Nối đất trực tiếp	0,3	0,3	0,3	0,3	1,282
Cách ly	0,3	Bảo vệ quá dòng không tác động	0,3	0,3	1,282
Nối đất qua MBA tạo trung tính nối đất	0,3	1,7	0,3	0,3	1,282

Kết quả xác định thời gian tác động của bảo vệ ở bảng 4 cho thấy:

- Khi ngắn mạch ba pha thì bảo vệ quá dòng đều tác động cắt với thời gian là 0,3s cho cả ba phương thức của điểm trung tính;
- Trong trường hợp ngắn mạch một pha chạm đất thì các bảo vệ quá dòng không tác động đối với phương thức điểm trung tính cách ly. Bảo vệ quá dòng sẽ cắt ở thời gian 0,3s đối với phương thức điểm trung tính nối đất trực tiếp và 1,7s đối với phương thức nối đất qua MBA tạo trung tính nối đất;
- Trường hợp ngắn mạch hai pha và hai pha chạm đất thì bảo vệ quá dòng đều tác động với thời gian cắt là 0,3s.

Khi thay đổi phương thức nối đất điểm trung tính từ trung tính cách ly sang nối đất trực tiếp hoặc nối đất qua MBA tạo trung tính nối đất, khi sự cố ngắn mạch chạm đất sẽ xuất hiện dòng chạm đất lớn, bảo vệ quá dòng tự động không đủ độ nhạy để tác động loại bỏ sự cố với thời gian cài đặt của chức năng bảo vệ.

Hiện tại, để đảm bảo an toàn cung cấp điện, hệ thống bảo vệ của xuất tuyến 371-E27.2 Công ty Điện lực Bắc Ninh được cài đặt thêm chức năng bảo vệ 3U0 với trị số đặt là 50V (bảng 3). Trong trường hợp điểm trung tính cách ly, kết quả tính toán 3U0 của nhóm khi xảy ra ngắn mạch một pha chạm đất tại đầu xuất tuyến cho giá trị là 85,7V. So sánh với giá trị đặt thì ta thấy bảo vệ điện áp sẽ tác động khi ngắn mạch một pha chạm đất với độ nhạy là 1,714. Bảo vệ tác động tự đóng lại sau 4s.

5. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát tình hình lưới điện tại một số công ty Điện lực ở miền Bắc cho thấy còn rất nhiều đường dây và trạm biến áp 35kV với phương thức điểm trung tính phần lớn là cách ly hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang. Phương thức này ảnh hưởng lớn tới hệ thống bảo vệ role. Qua phân tích tính toán dòng ngắn mạch cho xuất tuyến 371 E27.2 của Công ty Điện lực Bắc Ninh ở ba phương thức điểm trung tính cách ly, nối đất trực tiếp, nối đất bằng sử dụng máy biến áp tạo trung tính cho thấy phương thức nối đất của điểm trung tính lưới 35kV có ảnh hưởng lớn tới thời gian tác động của bảo vệ role. Sử dụng phương thức nối đất trực tiếp điểm trung tính hoặc nối đất qua MBA tạo trung tính giả sẽ làm bảo vệ quá dòng tác động ở Đây là một trong những cơ sở để triển khai nghiên cứu tiếp theo về vấn đề kỹ thuật, kinh tế và an toàn tiến tới xem xét khả năng đề xuất quy định nối đất trực tiếp điểm trung tính lưới điện 35kV.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Hội Điện lực Việt Nam, Tổng công ty Điện lực Miền Bắc, Công ty Điện lực Bắc Ninh, Công ty Điện lực Nghệ An đã phối hợp cung cấp số liệu và tài trợ cho nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Drandic, A. Marusic, M. Drandic, J. Havelka, 2017. *Power system neutral point grounding*. Journal of Energy, vol. 66 (2017) Special issue, p.52-68.
- [2]. Nguyen Luong Minh, Vo Nhu Quoc, 2010. *Studying the influence of the grounding system on overvoltage and overcurrent in the event of a ground fault in the distribution grid 22 kV 3 phase 3 wire and 3 phase 4 wire*. Electricity & Life Review, p.12-17.
- [3]. Nguyen Luong Minh, Tran Vinh Tinh, 2012. *Overvoltage and overcurrent during single phase ground fault of 22kV distribution network*. http://nangluongvietnam.vn/stores/customer_file/Maithang/112012/18/Qua_dien_ap_2.pdf
- [4]. Circular No. 39/2015/TT-BCT dated 18/11/2015 of the Minister of Industry and Trade regulating the distribution power system.
- [5]. Bui Ngoc Thu, 2005. *Mang cung cap va phan phoi dien*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [6]. L. Yu, R. L. Henriks, 1991. *Selection of system neutral grounding resistor and ground fault protection for industrial power systems*. Industry Applications Society 38th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, Toronto, Ontario, Canada, 1991, pp. 147-153.
- [7]. Manual Guide, *Electrical Power System Analysis & Operation Software (ETAP)*.
- [8]. IEC 60909, *Short-circuit currents in three-phase ac systems*
- [9]. IEC 60255-151:2009, *Measuring relays and protection equipment - Part 151: Functional requirements for over/under current protection*
- [10]. Power company of Bac Ninh. *Technical documents for distribution grid 35kV*.
- [11]. Power company of Nghe An. *Technical documents for distribution grid 35kV*.

AUTHORS INFORMATION

Tran Thanh Son¹, Nguyen Phuc Huy¹, Tran Anh Tung¹, Vu Thi Thu Nga¹, Dang Viet Hung¹, Tran Dinh Long^{1,2}

¹Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University

²Vietnam Electrical Engineering Association