

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ NỐI ĐẤT ĐIỂM TRUNG TÍNH TỚI THIẾT BỊ VÀ HỆ
THỐNG BẢO VỆ RƠLE TRÊN XUẤT TUYẾN 473E7 CÔNG TY ĐIỆN LỰC THỪA
THIÊN HUẾ

EFFECTS OF NEUTRAL GROUNDING METHODS ON ELECTRICAL
EQUIPMENT AND RELAY PROTECTION OF 473E7 FEEDER, THUA THIEN
HUE POWER COMPANY

Trần Thanh Sơn, Nguyễn Phúc Huy, Trần Anh Tùng, Vũ Thị Thu Nga, Đặng Việt Hùng

Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 17/06/2021, Ngày chấp nhận đăng: 26/10/2021, Phản biện: PGS. TS Phạm Văn Bình

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 các tính toán, đánh giá và phân tích sự thay đổi dòng điện ngắn mạch, điện áp khi chuyển đổi phương thức nối đất qua điện trở sang nối đất trực tiếp của xuất tuyến 473E7 tại Công ty điện lực Thừa Thiên Huế (PC Huế) và ảnh hưởng của sự thay đổi này đến thiết bị và hệ thống bảo vệ rơle trong trường hợp ngắn mạch 3 pha và 1 pha chạm đất.

Từ khóa:

Nối đất điểm trung tính, ngắn mạch, bảo vệ rơle

Abstract:

There are different methods of neutral point grounding in medium voltage electric power distribution networks in practice, such as isolated neutral point, direct grounding, low-impedance grounded neutral point, and high-impedance grounded neutral point (Peterson Coil). Each of these methods has advantages and disadvantages, and the decision on the method also depends on the safe, technical and economical point of views. This paper presents brief calculations, analysis, and assessments on the changes of short-circuit current and voltage between the low-resistance grounded neutral point switched to solid grounded neutral point of 473E7 feeder on the networks of Thua Thien Hue Power Company. The impacts of these changes on equipment, relay protection are also analyzed with three-phase and phase-to-ground short-circuit.

Keywords:

Neutral grounding point, short-circuit, relay protection.

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 pertersen) 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 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 (lưới thành phố) lựa chọn trung tính nối đất qua tổng trở; Italia, Nhật, Na Uy lựa chọn trung tính cách ly; và Đức, Anh (lưới nông thôn) lựa chọn trung tính 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 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 điểm 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.

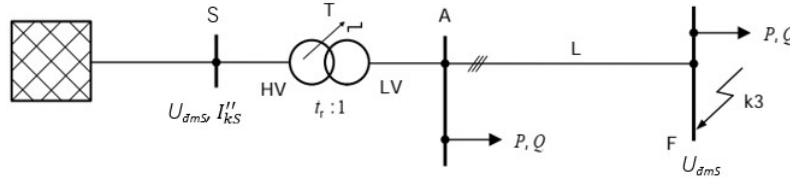
Đối với lưới điện 22kV tại PC Huế, bên cạnh phương thức trung tính nối đất trực tiếp (NĐTT) còn tồn tại phương thức nối đất qua điện trở nhỏ (NĐ.ĐTN) như tại trung điểm cuộn dây phía 22kV của máy biến áp T1 và T2 trạm 110kV Huế 2 (E7), $R=42,3 \Omega$. Việc thực hiện 2 phương thức nối đất khác nhau đã gây khó khăn trong quá trình vận hành, đảm bảo độ tin cậy, đặc biệt khi cần phối hợp kết mạch vòng giữa 2 hệ thống có phương thức nối đất khác nhau. Việc phân tích, đánh giá các vấn đề về an toàn thiết bị và vận hành nhằm chọn được phương thức nối đất trung tính phù hợp cho lưới điện 22kV tại PC Huế cần được đánh giá cụ thể trên cơ sở lưới điện, thiết bị và hệ thống bảo vệ hiện có [7].

Trong các phần sau của bài báo, xuất tuyến 473E7 của thanh cái C41E7 nhận điện từ MBA T1-63MVA được lựa chọn để tiến hành mô phỏng và phân tích. Xuất tuyến có chiều dài lớn và chủ yếu là cáp ngầm các loại (XLPE-A150, XLPE-A185, XLPE-A240) và dây trên không (ACSR-70).

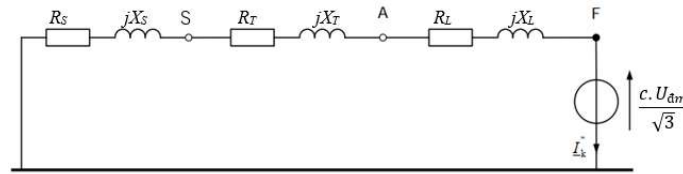
2. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH THEO IEC 60909

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]. Hình 1 trình bày sơ đồ một sợi và sơ đồ thứ tự thuận áp dụng để tính toán ngắn mạch.



(a) Sơ đồ một sợi lưới điện tới điểm sự cố



(b) Sơ đồ thứ tự thuận

Hình 1 – Sơ đồ lưới điện và sơ đồ tương đương tính ngắn mạch

Điện áp tính toán tại điểm ngắn mạch được tính bằng công thức sau:

$$U_{eq} = \frac{c \cdot U_{dm}}{\sqrt{3}}$$

Hệ số hiệu chỉnh điện áp c phụ thuộc vào điện áp lưới và ảnh hưởng của một số hiện tượng khi tính toán ngắn mạch:

- Điện áp thay đổi theo thời gian;
- Sự thay đổi đầu phân áp MBA;
- Hiện tượng siêu quá độ của máy điện quay.

Bảng 1- Hệ số hiệu chỉnh điện áp c theo IEC-60909

Điện áp định mức của mạng (U_{dm})	Hệ số c	
	$c_{max} \rightarrow I_{Nmax}$	$c_{min} \rightarrow I_{Nmin}$
$\leq 1000 \text{ V}$	1,05 hay 1,10	0,95
1 kV ÷ 35 kV	1,10	1,00

Các phần tử chính trên sơ đồ:

Trong sơ đồ thay thế, tổng trở thứ tự thuận và thứ tự nghịch của hệ thống, MBA, đường dây, cáp điện, kháng điện là bằng nhau. Ngoài ra khi tính dòng ngắn mạch lớn nhất thì tổng trở máy phát, máy biến áp, nhà máy điện sẽ được tính toán hiệu chỉnh theo các hệ số riêng.

+ Hệ thống (supply network)

Trong đa số trường hợp đã biết ở lưới trung áp: U_{dms} (kV) là điện áp định mức của hệ thống, I''_{ks} – là dòng điện ngắn mạch của hệ thống (kA). Tổng trở ngắn mạch thứ tự thuận của hệ thống quy đổi về phía cấp điện áp mạng điện cần tính được xác định như sau:

$$Z_s = \frac{c \cdot U_{dms}}{\sqrt{3} \cdot I''_{ks}} \cdot \frac{1}{t_r^2} \quad (2)$$

$$\begin{cases} a = R_s / X_s \\ X_s = \frac{Z_s}{\sqrt{1 + a^2}} \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó t_r là tỉ số biến đổi của MBA. Trong những trường hợp đặc biệt, tổng trở ngắn mạch thứ tự không của hệ thống có

thể được xem xét, phụ thuộc vào cấu trúc tổ đấu dây và điểm nối đất của MBA.

+ Máy biến áp

Thành phần tổng trở TTK thường được xác định từ thực nghiệm hoặc nhà sản xuất, thành phần này ảnh hưởng chính tới dòng điện ngắn mạch pha-đất, 2 pha-đất.

Trong hệ thống còn cấu hình MBA 3 pha 3 cuộn dây trong đó có một cuộn dây cân bằng nối Δ . Cuộn dây này làm tăng dòng ngắn mạch đặc biệt là khi trung tính của MBA nối đất và cuộn cân bằng khép kín [9-10].

+ Cáp và đường dây trên không

Tổng trở cáp được tính ở nhiệt độ 20°C :

$$Z_c = (r_{0c} + jx_{0c})l \quad (4)$$

Với nhiệt độ $\theta \neq 20^{\circ}\text{C}$ cần qui đổi ra giá trị tương đương:

$$r_{0\theta} = [1 + \alpha(\theta - 20)]r_0 \quad (5)$$

α – là hệ số ảnh hưởng bởi nhiệt độ phụ thuộc vào loại vật liệu, với đồng $\alpha_{\text{Cu}} = 3,95 \cdot 10^{-3}$

Tính dòng ngắn mạch

Dòng ngắn mạch 3 pha đối xứng có thể được xác định sau khi có tổng trở ngắn mạch (Z_k):

$$I_{k3}'' = \frac{U_{eq}}{Z_k} = \frac{c \cdot U_{dm}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$$

Khi không có xét ảnh hưởng của động cơ (máy điện quay) thì đây chính là dòng ngắn mạch trong trạng thái xác lập nên được sử dụng để chọn dòng cắt (I_{cu}) của thiết bị bảo vệ.

Đối với các dạng ngắn mạch không đối xứng, việc thành lập sơ đồ thay thế được

tiến hành cho từng thành phần thứ tự thuận – nghịch – không. Các dạng ngắn mạch có chạm đất thì trung tính nối đất của MBA sẽ có ảnh hưởng lớn tới tổng trở thứ tự không của sơ đồ. Trong đó, dòng ngắn mạch 1 pha-đất có thể lớn hơn nhiều dòng ngắn mạch 3 pha khi tổng trở TTK nhỏ.

$$I_{k1}'' = \frac{U_{eq}}{Z_k} = \frac{3}{|Z_{(1)} + Z_{(2)} + Z_{(0)}|} \cdot \frac{c \cdot U_{dm}}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

trong đó $Z_{(1)}, Z_{(2)}, Z_{(0)}$ là tổng trở thay thế thứ tự thuận – nghịch – không của sơ đồ.

3. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH XUẤT TUYẾN 473E7 CÔNG TY ĐIỆN LỰC THỪA THIÊN HUẾ THEO IEC 60909

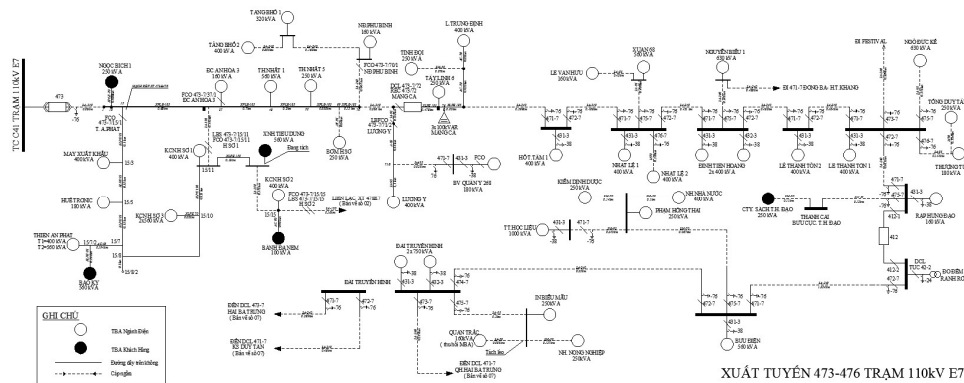
Xuất tuyến 473E7 của thanh cái C41E7 nhận điện từ MBA T1-63MVA có tổng chiều dài 14,6 km bao gồm 6,67 km đường dây trên không và 7,93 km cáp ngầm. Sơ đồ đơn tuyến được thể hiện như trong hình 2. Xuất tuyến cấp điện cho khu vực phường Hương Sơ, các phường nội thành: Thuận Lộc, Thuận Thành, Phú Hòa của thành phố Huế với 42 trạm biến áp phân phối có tổng công suất là 14,78 MVA. Ở thời điểm khảo sát xuất tuyến đang làm việc với mức tải 46% ($I_{\text{lvmax}}=250\text{A}$).

Sau khi mô phỏng, tại thanh cái C41E7 dòng ngắn mạch 3 pha trong cả hai trường hợp tính được là $I_{k3}'' = 12,550 \text{ kA}$. Kết quả tính toán ngắn mạch 1 pha chạm đất như trong bảng 2. Trong đó thể hiện điện áp các pha lành (pha B và C) và các thành phần của tổng trở thứ tự thuận ($R_{(1)}, X_{(1)}$) và không ($R_{(0)}, X_{(0)}$) tính trên công suất cơ sở $S_{\text{cs}} = 100 \text{ MVA}$.

Bảng 2 - Kết quả tính NM tại thanh cái C41E7

Chế độ trung tính	% điện áp pha		I_{k1}'' kA	% theo $S_{\text{cs}}=100 \text{ MVA}$			
	Vb	Vc		$R_{(1)}$	$X_{(1)}$	$R_{(0)}$	$X_{(0)}$

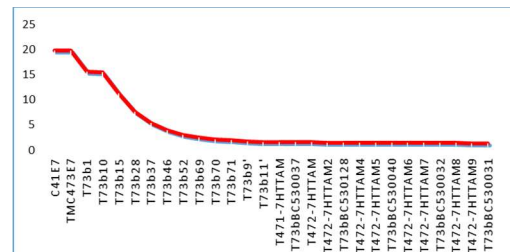
NĐ.Đ TN	187, 5	192, 9	0,62 4	0,79 9	23	139 0	24, 3
NĐTT	110, 9	111, 1	12,3 2	0,79 9	23	0,92 6	24, 3



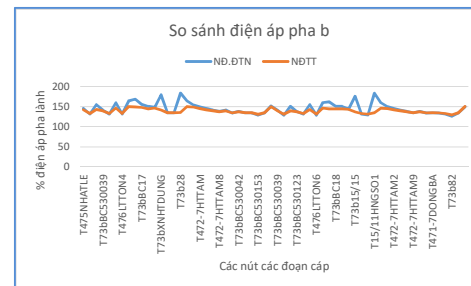
Hình 2 – Sơ đồ đơn tuyến xuất tuyến 473E7

Từ bảng 2 ta thấy, khi trung tính NĐ.ĐTN điện áp trên các pha lành tăng lên rất cao vượt quá điện áp dây trong khi đó dòng ngắn mạch 1 pha chạm đất có giá trị nhỏ. Khi chuyển sang trung tính NĐTT, dòng ngắn mạch 1 pha chạm đất tăng lên gần 20 lần so với khi NĐ.ĐTN, tuy nhiên điện áp các pha lành tăng nhẹ nằm trong giá trị cho phép.

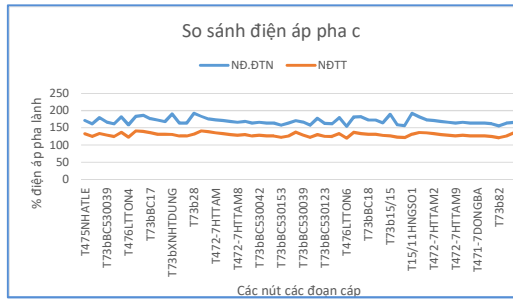
Tiến hành khảo sát các điểm tiếp theo cho lưới điện kết quả cho thấy, tùy thuộc vào cấu trúc lưới điện và tỉ lệ của thành phần tổng trở thứ tự không mà ảnh hưởng làm tăng dòng ngắn mạch 1 pha chạm đất giảm sâu dọc theo chiều dài của đường dây, với đầu tuyến tăng gấp gần 20 lần nhưng cuối tuyến chỉ là khoảng 1,4 lần như hình 3.



Hình 3 – Tỷ lệ tăng dòng ngắn mạch 1 pha chạm đất theo chiều dài tuyến giữa NĐTT và NĐ.ĐTN



Hình 4 – Mức độ quá điện áp trên pha B tại đầu các đường cáp ngầm trong chế độ trung tính NĐTT và NĐ.ĐTN



Hình 5 – Mức độ quá điện áp trên pha C tại đầu các đường cáp ngầm trong chế độ trung tính NĐTT và NĐ.ĐTN

Trong khi đó, quá điện áp trên các pha lạnh trong chế độ NĐ.ĐTN, đặc biệt là đối với các tuyến cáp ngầm, có thể đạt đến 2 lần trị số điện áp trong chế độ xác lập như hình 4 và 5. Đối với trường hợp NĐTT thì hệ số chạm đất khi đó nhỏ hơn 1,4 đảm bảo theo qui định.

4. ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ NỔ ĐẤT ĐIỂM TRUNG TÍNH TỚI THIẾT BỊ VÀ HỆ THỐNG BẢO VỆ RƠLE TRÊN XUẤT TUYẾN

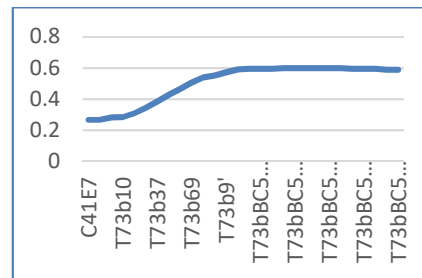
Hiện nay, xuất tuyến 473E7 đang sử dụng các loại role:

- Rơ le bảo vệ chống chạm đất được sử dụng là loại SEL751 cho các xuất tuyến từ 471 đến 480 được cài đặt với ngưỡng chỉnh định cho 50N/51N là $I_{ep} = 80$ (A), thời gian tác động phụ thuộc theo đặc tính IEC IS lỗi chạm đất được phát hiện thông qua phát hiện dòng điện thứ tự không.

- Rơ le bảo vệ cho MBA sử dụng bảo vệ so lệch SEL 787, quá dòng SEL 351 cho MC 131 phía 110kV, quá dòng SEL 751 cho MC 431 phía 22kV. Trong đó bảo vệ chống chạm đất 51NP cho phía 22kV được cài đặt TOC trip là 0,07 và đặc tính SEL-C1 với bội số thời gian (time-dial) là 0,3.

Tuy nhiên, để đồng bộ về sơ đồ cấu trúc lưới điện 22kV trên toàn TP.Huế, lưới điện 22kV Huế 2 có thể chuyển đổi hình

thức nối đất qua điện trở sang nối đất trực tiếp. Ưu điểm khi chuyển đổi sang nối đất trực tiếp là dòng chạm đất sẽ lớn nên hệ thống bảo vệ có thể phát hiện và tác động ngay; đồng thời điện áp của các pha lạnh không vượt quá điện áp pha, nên sẽ giảm được chi phí về cách điện; dòng điện sét được phóng trực tiếp xuống đất. Với ngưỡng chỉnh định dòng cho các bảo vệ đang được sử dụng trên hệ thống lưới 22kV Huế 2, dòng ngắn mạch thay đổi tính toán được khi chuyển từ NĐ.ĐTN sang NĐTT (bảng 2) không ảnh hưởng tới quá trình cài đặt ngưỡng tác động của rơ le. Thời gian tác động của bảo vệ 51N trên các xuất tuyến từ 471-480 giảm với sự thay đổi trạng thái trung tính nối đất được thể hiện trên hình 6.



Hình 6- Tỷ lệ giảm thời gian tác động của bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất theo chiều dài tuyến giữa NĐTT và NĐ.ĐTN

Bên cạnh vấn đề về hệ thống bảo vệ rơle, ảnh hưởng của chế độ nối đất điểm trung tính của lưới điện đến điện áp trên các pha lạnh khi ngắn mạch 1 pha chạm đất cũng rất đáng quan tâm, đặc biệt đối với các tuyến cáp ngầm. Như đã thấy trong hình 3 và 4, mức độ quá điện áp trên các pha B và C tại điểm đầu các tuyến cáp ngầm khi giả định pha A bị ngắn mạch chạm đất là rất cao. Mức độ quá áp này đặc biệt nguy hiểm đến cách điện của các đầu cáp, nhất là đối với các tuyến cáp có nhiều năm vận hành đã bị suy giảm cách điện. Tuy nhiên, vấn đề này được giải quyết khi chuyển đổi trung tính MBA

sang NĐTT, ở chế độ này mức độ quá áp đều nằm trong phạm vi cho phép.

5. KẾT LUẬN

Phương thức nối đất điểm trung tính trong lưới điện phân phối gồm 04 dạng điển hình, sự lựa chọn hình thức nối đất trung tính hợp lý tùy thuộc vào mục đích khác nhau về kinh tế, kỹ thuật của hệ thống. Trong quá trình vận hành hệ thống, phương thức nối đất điểm trung tính có thể được chuyển đổi từ dạng này sang dạng khác để đáp ứng các nhu cầu thực tế của từng khu vực, từng hệ thống. Đối với xuất tuyến 473E7 của lưới phân phối 22kV Huế 2, sự chuyển đổi từ NĐ.ĐTN sang NĐTT đang được tính toán để xác định mức độ đáp ứng của thiết bị hiện tại trên hệ thống. Nhóm tác giả đã thực hiện tính toán mô phỏng dựa trên phần mềm ETAP và đưa ra được sự thay đổi dòng ngắn mạch, điện áp trên xuất tuyến khi có sự

chuyển đổi trạng thái điểm trung tính. Từ đó, đánh giá được sự đáp ứng của thiết bị và hệ thống bảo vệ rơ le trên hệ thống là có thể tích hợp, cài đặt và làm việc ổn định với dòng điện ngắn mạch mới. Sự quá điện áp cũng không phải là vấn đề lớn khi chuyển đổi trung tính, tuy nhiên việc theo dõi và xem xét mức quá điện áp tác dụng lên đến cách điện của các đầu cấp vẫn cần được quan tâm đặc biệt đối với các tuyến cáp có nhiều năm vận hành đã bị suy giảm cách điện.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Công ty Điện lực Thừa Thiên Huế và Hội Điện lực đã phối hợp cung cấp số liệu và giúp đỡ nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Drandic, A. Marusic, M. Drandic, J. Havelka, *Power system neutral point grounding*, Journal of Energy, vol. 66 (2017) Special issue, p.52-68.
- [2] Nguyễn Lương Minh, Võ Như Quốc, Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ thống nối đất đến quá điện áp và quá dòng điện khi sự cố chạm đất trong lưới điện phân phối 22 kV 3 pha 3 dây và 3 pha 4 dây, Tạp chí Điện & Đời Sống, 2010, p.12-17.
- [3] Nguyễn Lương Minh, Trần Vinh Tinh, Quá điện áp và quá dòng điện khi ngắn mạch một pha trong lưới điện phân phối 22kV, 11/2012.
- [4] Thông tư 39/2015/TT-BCT ngày 18/11/2015 của Bộ trưởng Bộ Công thương qui định hệ thống điện phân phối.
- [5] Bùi Ngọc Thư, *Mạng cung cấp và phân phối điện*, NXB KH&KT, 2005.
- [6] L. Yu, R. L. Henriks, *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] PC. Thừa Thiên Huế, *Báo cáo đánh giá về chế độ trung tính nối đất qua điện trở nhỏ của lưới điện 22kV TP Huế*, 2020.
- [8] IEC 60909, Short-circuit currents in three-phase ac systems
- [9] Angel Ramosa, Juan Carlos Burgos, Influence of tertiary stabilizing windings on zero-sequence performance of three-phase three-legged YN_{yn}d transformers. Part II: Tank overheating hazard and short-circuit duty, Electric Power Systems Research 145 (2017) 149–156.
- [10] Angel Ramosa, Juan Carlos Burgos, Influence of tertiary stabilizing windings on zero-sequence performance of three-phase three-legged YN_{yn}d transformers. Part II: Tank

overheating hazard and short-circuit duty, Electric Power Systems Research 145 (2017) 149–156.

Giới thiệu các tác giả



Tác giả Trần Thanh Sơn tốt nghiệp Đại học Bách khoa Hà Nội chuyên ngành Hệ thống điện năm 2004. Năm 2005 ông tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại trường Đại học Bách khoa Grenoble, Cộng hoà Pháp. Năm 2008 ông nhận bằng Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện của Trường Đại học Joseph Fourier - Cộng hoà Pháp. Hiện nay ông đang là Trưởng khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực. Nghiên cứu của ông tập trung vào các vấn đề: ứng dụng phương pháp số trong tính toán, mô phỏng trường điện từ, các bài toán tối ưu hoá trong hệ thống điện, lưới điện thông minh.



Trần Anh Tùng tốt nghiệp Kỹ sư Hệ thống điện – Đại học Bách Khoa Hà Nội năm 2007; tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại Đại học Bách Khoa Grenoble, Pháp năm 2008 ; nhận bằng Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại Đại học Toulouse III, Pháp năm 2011. Từ 2011 đến 2013 nghiên cứu sau tiến sĩ tại Nexans Lyon. Hiện nay Tiến sĩ Trần Anh Tùng đang nghiên cứu ứng dụng công nghệ vật liệu cách điện nanocomposites tại Đại học Công nghệ Montréal (ÉTS) và Viện nghiên cứu Hydro-Québec (IREQ), Canada. Tiến sĩ Trần Anh Tùng làm việc tại khoa Kỹ thuật điện, Đại học Điện lực. Lĩnh vực quan tâm nghiên cứu bao gồm các thiết bị FACTS, tối ưu hóa lưới điện, bảo vệ chống sét cho hệ thống điện, vật

liệu cách điện cho cáp điện lực.



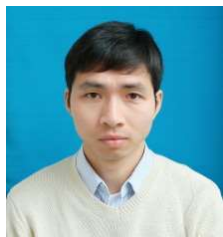
Tác giả Nguyễn Phúc Huy tốt nghiệp đại học và thạc sĩ tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2003 và 2010; năm 2015 nhận bằng Tiến sĩ Hệ thống điện và tự động hóa tại Trường Đại học Điện lực Hoa Bắc, Bắc Kinh, Trung Quốc. Hiện nay tác giả đang công tác tại Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: chất lượng điện năng, ứng dụng điện tử công suất, độ tin cậy của hệ thống điện.



Tác giả Vũ Thị Thu Nga tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện năm 2004, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện năm 2007 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội; nhận bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điện tại Đại học Toulouse - Pháp năm 2014. Hiện nay tác giả là giảng viên Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: tích điện không gian, HVDC, vật liệu cách điện, kỹ thuật điện cao áp, role và tự động hóa trạm.



Đặng Việt Hùng tốt nghiệp đại học và Đặng Việt Hùng tốt nghiệp Đại học và Thạc sĩ tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2002 và 2004. Năm 2010 nhận bằng Tiến sĩ Kỹ thuật điện tại trường Ecole Centrale de Lyon (CH Pháp). Hiện đang công tác tại Khoa Kỹ thuật điện, trường Đại học Điện lực. Hướng nghiên cứu chính: Chất lượng điện năng, Vật liệu kỹ thuật điện cao áp, Tự động hóa hệ thống cung cấp điện. Email: hungdv79@epu.edu.vn