

NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY CUNG CẤP ĐIỆN KHI XẢY RA CHẠM ĐẤT MỘT PHA TRONG MẠNG 6 KV MỎ LỘ THIÊN

TRẦN QUỐC HOÀN, NGUYỄN ANH NGHĨA,
HỒ VIỆT BUN - Trường Đại học Mỏ-Địa chất
E-mail: hoantq@pci.edu.vn

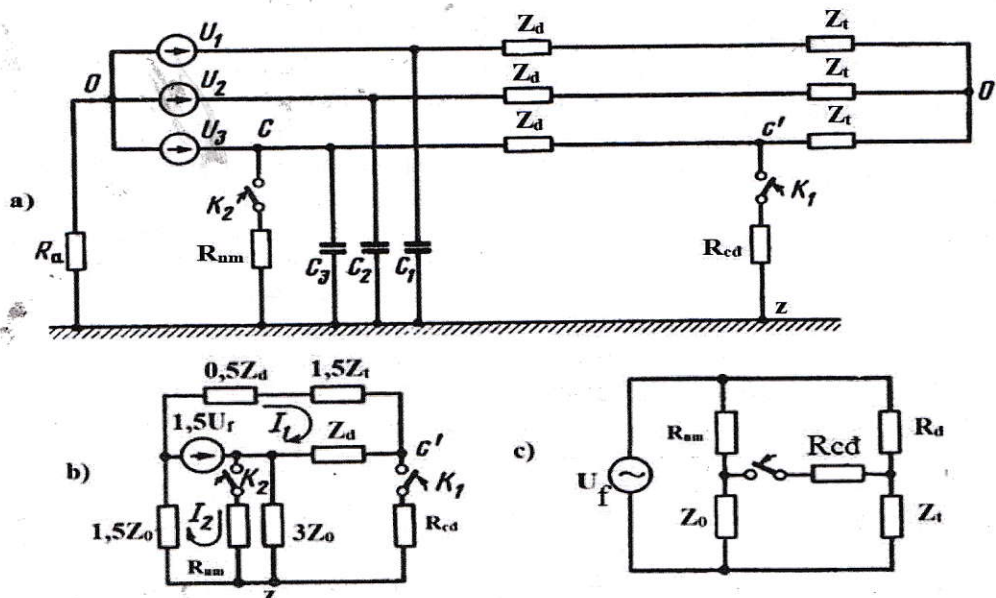
Sự cố chạm đất một pha là dạng hư hỏng phổ biến xảy ra trong các mạng điện trung tính cách ly 6 kV ở các mỏ vùng Quảng Ninh, thường chiếm 55÷73 % tổng số các sự cố xảy ra, đặc biệt là vào mùa mưa bão [1]. Bởi vậy, sử dụng thiết bị bảo vệ mắc sơn tự động pha sự cố có thể nâng cao độ tin cậy cung cấp điện khi xảy ra chạm đất một pha. Thiết bị được xây dựng dựa trên nguyên lý mắc sơn tự động xuống đất pha bị sự cố để hạn chế dòng sự cố, tăng điện áp dư trên pha sự cố, làm giảm điện áp ở các pha còn lại, giảm quá điện áp tại thời điểm chạm đất, làm giảm số lần ngắt đường dây sự cố cung cấp điện cho máy xúc, máy khoan, giảm thời gian tồn tại của dòng sự cố sau khi mắc sơn pha chạm đất.

Thời gian duy trì ở chế độ mắc sơn không quá 30÷60 s nhằm đảm bảo khả năng phục hồi độ bền cách điện tại vị trí chạm đất tự khắc phục. Nếu xảy ra chạm đất ổn định, qua 30÷60 s bộ nối ngắn mạch được ngắt thì khởi hành sự cố sẽ được ngắt chọn lọc nhờ hệ thống bảo vệ chạm đất, thời gian duy trì giữa các chu kỳ đóng cắt khi chạm đất chập chờn thường không quá 3 phút [2].

1. Nội dung và kết quả nghiên cứu

1.1. Cơ sở lý thuyết nghiên cứu điện áp dư và dòng chạm đất trong mạng 6 kV mỏ lộ thiên khi nối ngắn mạch pha sự cố

Nghiên cứu, phân tích các chế độ làm việc của mạng được dựa trên sơ đồ mạng ba pha tính toán (hình H.1.a, b) và sơ đồ tương đương (hình H.1.c).



H.1. Sơ đồ mạng ba pha tính toán và sơ đồ tương đương:
a, b - Sơ đồ mạng ba pha tính toán; c - Sơ đồ tương đương

Trên sơ đồ tính toán khi một pha chạm đất qua điện trở R_{cd} lựa chọn các ký hiệu: U_1, U_2, U_3 - Điện áp pha; $U_1 = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$; $U_2 = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi + 2\pi/3)$; $U_3 = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi - 2\pi/3)$; $Z_d = R_d + jX_d$ (Ω) - Tổng trở của lưới được tính từ điểm đặt thiết bị nối ngắn mạch đến điểm chạm đất; $Z_t = R_t + jX_t$ (Ω) - Tổng trở của tải; R_{nm} - Điện trở nối ngắn mạch.

Để thuận tiện trong tính toán khi biến đổi sơ đồ ba pha (a) thành sơ đồ hai mạch vòng (b) thay

$$Z_0 = \frac{R_a}{(1 + 3j\omega CR_a)} \quad (1)$$

Để xác định điện áp dư trên pha sự cố, trước tiên khi K2 ở trạng thái đóng cần xác định điện áp không tải-hiệu điện thế giữa các điểm c và z (xem H.1.b):

$$U_{kt} = \varphi_c - \varphi_z \quad (2)$$

Thay thế các ký hiệu:

$$R_{td} = 1,5 \cdot R_t + 0,5 \cdot R_d; \quad X_{td} = 1,5 \cdot X_t + 0,5 \cdot X_d; \\ Z_{td} = R_{td} + jX_{td};$$

$$1,5 \cdot Z_0 = 1,5 \cdot R_a + 1,5 \cdot jX_c; \quad 3 \cdot Z_0 = 3 \cdot R_a + 3 \cdot jX_c.$$

Xác định điện thế tại c thông qua các dòng mạch vòng I_1 và I_2 :

$$\varphi_c = \varphi_z + I_2 \cdot \left(\frac{3Z_0 \cdot R_{nm}}{3Z_0 + R_{nm}} \right) - I_1 \cdot Z_d. \quad (3)$$

Sau một số biến đổi nhận được:

$$U_{kt} = \varphi_c - \varphi_z = U_f \left(\frac{R_{nm}}{Z_0 + R_{nm}} - \frac{Z_d}{Z_t + Z_d} \right) \quad (4)$$

Dựa trên biểu thức (4) có thể thành lập được sơ đồ thay thế tương đương (H.1.c) để tính toán điện áp dư trên pha bất kỳ mạng mỏ lộ thiên (điện áp trước khi người chạm phải) và dòng chạy qua R_{cd} sau khi đóng ngắn mạch pha chạm đất. Theo biểu thức (4) nhận thấy rằng, điện áp dư trên pha sự cố và dòng tương ứng chạy qua R_{cd} phụ thuộc vào hai thành phần: Các thông số gây ra thành phần thứ tự không ($C, R_a, R_{cd}, R, R_{nm}$) và các thông số của đường dây và tải (Z_d, Z_t).

Với điều kiện lý tưởng, khi coi $U_{kt}=0$, sẽ có:

$$\frac{R_{nm}}{(Z_0 + R_{nm})} = \frac{Z_d}{Z_t + Z_d} \quad (5)$$

Từ đó điện trở nối ngắn mạch đảm bảo điều

Điện trở vào của sơ đồ thay thế (hình H.1.c) là:

$$Z_v = \frac{R_{nm} \cdot Z_0 (Z_d + Z_t) + Z_d \cdot Z_t (R_{nm} + Z_0) + R_{cd} [(R_{nm} + Z_0)(Z_d + Z_t)]}{(R_{nm} + Z_0)(Z_d + Z_t)} \quad (10)$$

Dòng chạy qua điểm chạm đất:

$$I_c = \frac{U_{kt}}{Z_v} = \frac{U_f (Z_t \cdot R_{nm} - Z_0 \cdot Z_d)}{Z_0 [R_t (Z_d + Z_t) + R_{nm} Z_t (Z_d + Z_t) + Z_d \cdot Z_t] + R_{cd} [Z_d \cdot Z_t + R_{nm} (Z_d + Z_t)]} \quad (11)$$

Thay vào biểu thức (11) $Z_0 = [R_a + jX_c / (R_a + jX_c)]$, sau khi biến đổi nhận được dòng xác lập qua điểm chạm đất (ví dụ pha A) mạng chất tải sau khi thiết bị nối ngắn mạch được đóng lại:

kiện min sẽ là:

$$R_{nm} = \frac{Z_0 \cdot Z_d}{Z_t} \cos(\varphi_d + \varphi_t - \varphi_0) \quad (6)$$

Nếu coi:

$$Z_0 = \frac{U_f}{I_z} = \frac{U_f}{\sqrt{I_C^2 + I_A^2}} \cdot e^{-j \arctan \frac{I_C}{I_A}} \quad \text{và} \quad Z_t = \frac{U_f}{I_t} \quad (7)$$

Khi đó biểu thức (6-4) sẽ có dạng:

$$R_{nm} = Z_d \frac{I_t}{I_z} \cos(\varphi_d + \varphi_t - \varphi_0) \quad (8)$$

Hoặc:

$$R_{nm} = \frac{I_t \cdot e^{j\varphi_t}}{I_s \cdot e^{j\varphi_0}} \cdot Z_d \cdot e^{j\varphi_d} \quad (9)$$

Chiều dài của dây dẫn từ điểm nối ngắn mạch đến điểm chạm đất có thể thay đổi trong phạm vi rộng: $Z_d = \text{var}$.

Từ các biểu thức (6)-(9) nhận thấy rằng: có thể chọn được R_{nm} để điện áp dư có giá trị min với các giá trị xác định I_z, I_t, Z_d và $\varphi_0, \varphi_t, \varphi_d$.

Trong thực tế thường chọn R_{nm} cố định, nên khi thay đổi các thông số còn lại sẽ dẫn đến làm thay đổi điện áp tiếp xúc trong pha sự cố trong giới hạn rộng, nhiều khi vượt quá giới hạn lâu dài cho phép đối với người.

Trong thực tế điều chỉnh điện trở nối ngắn mạch theo trị số tuyệt đối và góc pha phụ thuộc vào các tham số của đường dây và phụ tải là không khả thi, còn nếu lựa chọn một giá trị trung bình cũng khó thỏa mãn, do sự tiếp xúc của con người có thể tại điểm bất kỳ dưới tải hoặc không tải. Trong trường hợp sau nếu chọn R_{nm} càng lớn thì điện áp tiếp xúc càng tăng do kể đến dòng chạm đất tổng.

Do đó cần chọn điện trở nối ngắn mạch là loại thuần trở có trị số nhỏ nhất có thể để đảm bảo điện áp tiếp xúc nhỏ nhất U_{bmin} khi không tải, sau đó lựa chọn chiều dài đường dây có giới hạn bảo vệ cho phép trong mạng có tải ($I_t \geq I_z$), trong vùng ứng dụng thiết bị bảo vệ nối ngắn mạch pha sự cố, đảm bảo an toàn khi tiếp xúc với mạng (trong chế độ không ngắt mạng và ngắt mạng với $t \leq 0,2$ s).

$$I_c(t) = U_f \left[\frac{Z_t \cdot R_{n.m} \sqrt{1 + K_a^2} - R_a \cdot Z_d}{A \cdot R_a (R_s + R_{n.m} + B/A) + (\sqrt{1 + K_a^2} R_s (B + A \cdot R_{n.m}))} \right] \cdot \sin(\omega t + \varphi - \varphi_z) \quad (12)$$

Trong đó:

$$K_a = \frac{R_a}{X_c} = \frac{I_c}{I_a}; A = Z_d + Z_t = \sqrt{(R_d^2 + X_d^2)} + \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}; B = (Z_d \cdot Z_t); \varphi_z = (\varphi_1 - \varphi_2). \quad (13)$$

$$\text{với } \varphi_1 = \arctg \left[\frac{(R_{cd} + R_{cd} \cdot K_a)(B + A \cdot R_{nm})}{A \cdot R_a (R_{cd} + R_{nm} + B/A)} \right]; \varphi_2 = \arctg \left[\frac{Z_t \cdot R_{nm} (1 + K_a)}{R_a \cdot Z_d} \right] \quad (14)$$

Khi đó trị hiệu dụng của dòng chạm đất (bỏ qua $R_{n.m}$, B/A và $A R_{nm}$ dưới mẫu số (12-8):

$$I_{cd} = \frac{U_f (Z_t \cdot R_{n.m} \sqrt{1 + K_a^2} - R_a \cdot Z_d)}{R_s [R_a (Z_d + Z_t) + Z_d \cdot Z_t \sqrt{1 + K_a^2}]} \quad (15)$$

Trị hiệu dụng của điện áp tiếp xúc (điện áp đặt

$$C_f = 0,00034 + 0,00368 \cdot N_{BA} + 0,0069 \cdot N_{DC} + 0,00999 \cdot L_{TK.qd} + 0,17617 \cdot L_{C.qd} \quad (17)$$

$$G_f = (0,82028 + 0,06132 \cdot N_{BA} + 0,09793 \cdot N_{DC} + 0,13938 \cdot L_{TK.qd} + 1,69389 \cdot L_{C.qd}) \cdot 10^{-6} \quad (18)$$

Ví dụ với chiều dài đường dây 3 km với: $C_f = 0,048 \mu F/\text{pha}$, $R_f = 668,63 \text{ k}\Omega/\text{pha}$, $R_d = 1,95 \Omega$, $L_d = 0,0037 \Omega$; $S_{II} = 1203,6 \text{ kVA}$ với $R_t = 23,514 \Omega$, $L_t = 0,062 \Omega$. Kết quả xây dựng sơ đồ mô phỏng với các thông số tính toán như mô tả trên hình H.2. Trên hình H.3 mô phỏng quan hệ phụ thuộc giữa điện áp dư (trước khi tiếp xúc) trên pha sự cố với dòng tải, chiều dài dây dẫn và điện trở ngắn mạch thay đổi trong mạng 6 kV ($R_{cd} = 4 \Omega$; $R_{nm} = 0,5 \Omega$ và 4Ω),

vào người) khi chạm phải một pha $R_n = R_{cd}$ sau khi thiết bị đóng ngắn mạch tác động:

$$U_{tx} = I_{cd} \cdot R_n \quad (16)$$

1.2. Mô phỏng và kết quả nghiên cứu

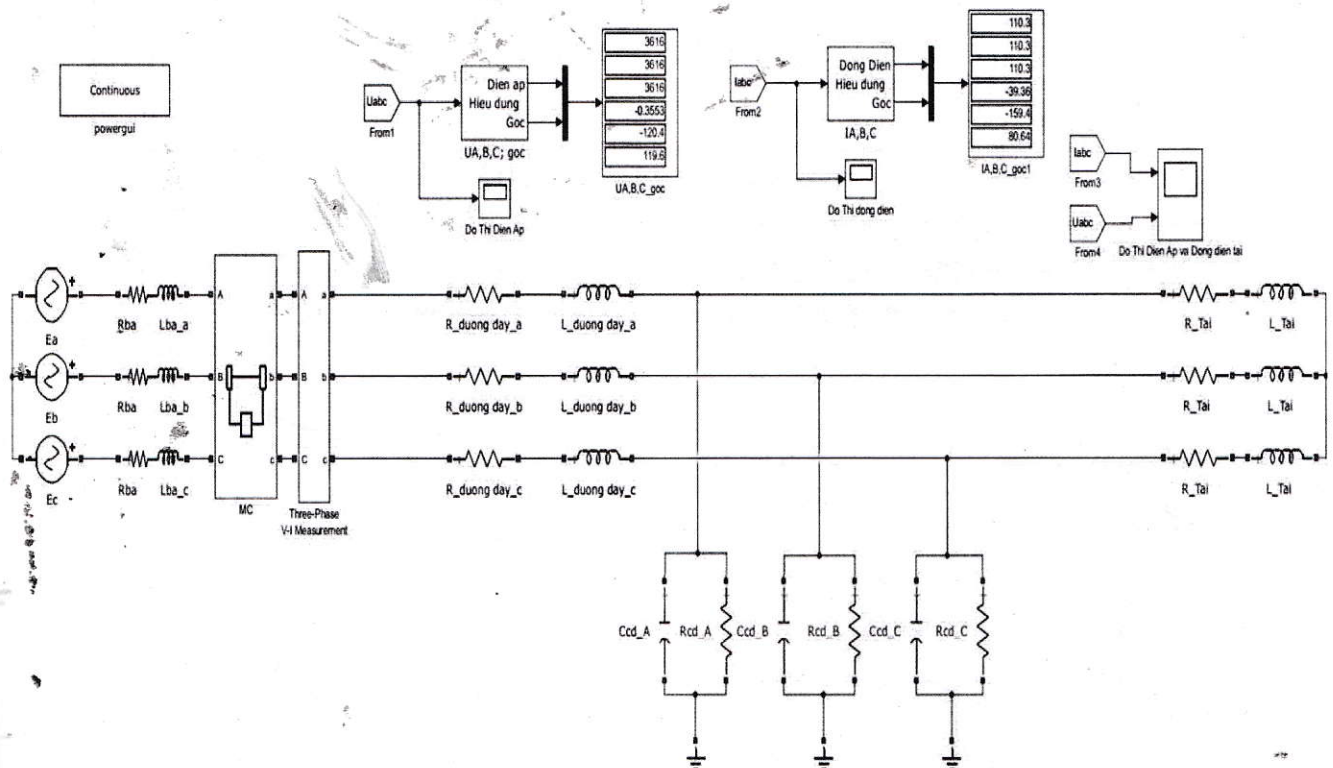
Trên cơ sở lý thuyết, ứng dụng vào điều kiện mô phỏng với công thức tính toán điện dung và điện dẫn cách điện pha so với đất được xác định [1]:

$$\text{thời gian chạm đất vào thời điểm } t = 0,3 \text{ s.} \quad (17)$$

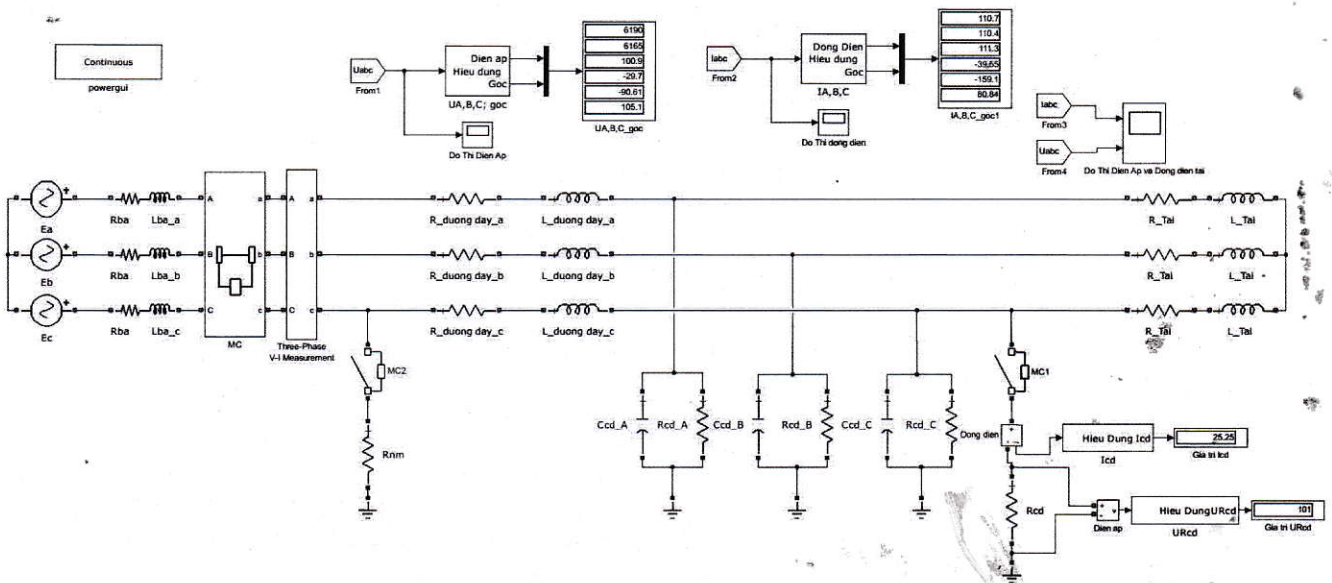
$$\text{thời gian chạm đất vào thời điểm } t = 0,3 \text{ s.} \quad (18)$$

Trên hình H.5.a, b là quan hệ phụ thuộc giữa

điện áp quá độ trên thanh cái pha không sự cố và pha chạm đất với $R_{cd} = 4 \Omega$; $R_{nm} = 0,5 \Omega$, thời gian chạm đất vào thời điểm $t = 0,3 \text{ s}$. H.5 cho thấy, trước khi đóng điện trở ngắn mạch, điện áp quá độ tăng khoảng 2,4 lần, điện áp pha chạm đất khoảng 20 V. Sau khi đóng điện trở ngắn mạch, điện áp quá độ tăng 2,08 lần và điện áp pha chạm đất $\approx 0 \text{ V}$.



H.2. Sơ đồ mô phỏng mạng 6 kV



H.3. Sơ đồ mô phỏng mạng 6 kV khi chạm đất 1 pha và khi đóng điện trở R_{nm}

Figure 1: Quan hệ phụ thuộc điện áp dư (trước khi tiếp xúc) với chiều dài đường dây với $R_{nm}=0,5\Omega$ và $R_{nm}=4\Omega$

File Edit View Insert Tools Debug Desktop Window Help

Figure 2: Quan hệ phụ thuộc điện áp dư (trước khi tiếp xúc) với chiều dài đường dây với $R_{nm}=0,5\Omega$ và $R_{nm}=4\Omega$

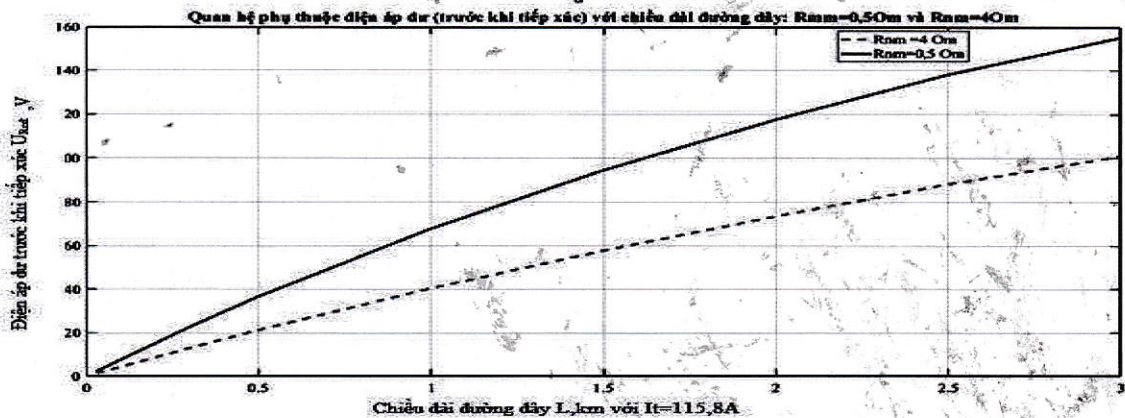
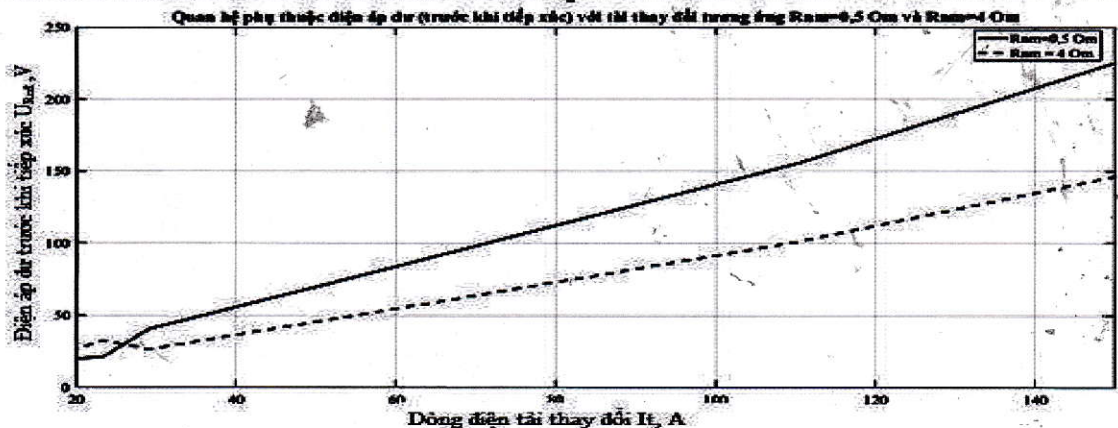


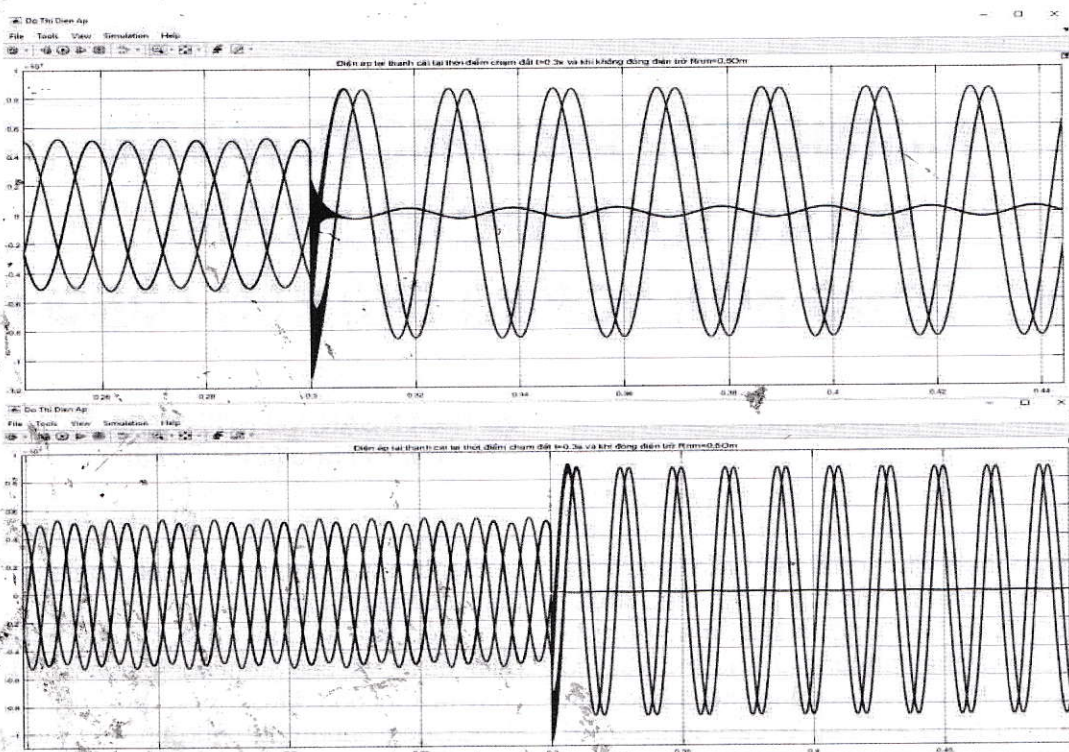
Figure 3: Quan hệ phụ thuộc điện áp dư (trước khi tiếp xúc) với tải thay đổi tương ứng $R_{nm}=0,5\Omega$ và $R_{nm}=4\Omega$

File Edit View Insert Tools Debug Desktop Window Help

Figure 4: Quan hệ phụ thuộc điện áp dư (trước khi tiếp xúc) với tải thay đổi tương ứng $R_{nm}=0,5\Omega$ và $R_{nm}=4\Omega$



H.4. Quan hệ phụ thuộc giữa điện áp dư (trước khi tiếp xúc) trên pha sự cố với chiều dài dây dẫn và dòng tải ứng với điện trở ngắn mạch $R_{nm}=0,5\Omega$ và 4Ω và $L=3\text{ km}$ [2]



H.5. Điện áp trên thanh cái tại thời điểm chạm đất $t=0,3$ s khi chưa đóng $R_{n,m}$ (a); điện áp trên thanh cái tại thời điểm chạm đất $t=0,3$ s khi đóng $R_{n,m}=0,5 \Omega$ và $R_{cd}=4 \Omega$ (b)

2. Kết luận

Qua phân tích số liệu thu thập được, nhận thấy chiều dài thực tế của mạng và khoảng cách từ điểm đặt thiết bị đóng tự động đến điểm chạm đất có thể tăng 2÷3 lần so với chiều dài giới hạn cho phép theo điều kiện an toàn khi không ngắt mạng. Khi đó điện áp tiếp xúc gây ra (công thức (4)) có thể đạt tới 100÷155 V - khi chiều dài mạng thay đổi 0÷3 km; 145÷225 V - khi tải thay đổi 20÷150 A. Do có thành phần điện áp tiếp xúc làm ảnh hưởng đến điều kiện an toàn nếu không dùng giải pháp đặc biệt để bù tự động tổn hao điện áp trên đường dây. Sử dụng giải pháp mắc sơn tự động nhiều vị trí kết hợp với giải pháp ngắt bảo vệ làm phức tạp hệ thống bảo vệ và mất tính ưu việt của thiết bị nối ngắn mạch là đảm bảo tính liên tục trong cấp điện.

Thiết bị bảo vệ tự động nối ngắn mạch chỉ dùng làm phương tiện nâng cao độ tin cậy cung cấp điện khi xảy ra chạm đất thay thiết bị tự động đóng dự phòng. Mặc dù điện áp dư tại vị trí chạm đất, có thể dao động trong giới hạn 20÷225 V, việc ứng dụng thiết bị bảo vệ tự động mắc sơn tác động nhanh để hạn chế dòng sự cố, đảm bảo khả năng phục hồi nhanh điện áp trên pha sự cố, không đánh bực cách điện ở các pha còn lại, làm giảm quá điện áp tại thời điểm chạm đất (từ 3÷4 lần xuống 2,08 lần), dập tắt các tia lửa tại vị trí hỏng hóc, không làm gián đoạn cung cấp điện. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hồ Việt Bun (2016). Nghiên cứu quá trình quá độ và đề xuất giải pháp giảm quá điện áp khi xảy ra chạm đất một pha trong mạng trung tính cách ly 6 kV ở các mỏ vùng Cẩm Phả-Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật. Trường Đại học Mỏ-Địa Chất.
2. Серов В.И, Щуцкий В.И, Ягудаев Б.М. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятий. Москва. "Наука". 1985.

Ngày nhận bài: 17/08/2018

Ngày gửi phản biện: 16/09/2018

Ngày nhận phản biện: 26/03/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2019

Từ khóa: chạm đất một pha; mạng trung tính cách ly; điện trở mắc sơn; bảo vệ tự động

SUMMARY

Single-phase earth fault is the most common type of failure occurring in 6 kV isolated neutral electrical networks at the open-cast mines. The article mentions to the result study on the using of automatic resistive protective devices in the faulty phase that can improve the reliability of power supply when one-phase contact occurs to the ground.