

MẠCH XÁC ĐỊNH PHA RÒ ĐIỆN CHO MẠNG ĐIỆN 1140 V TRONG MỎ THAN HẦM LÒ

ĐINH VĂN THẮNG

Trường Đại học Mở-Địa chất

Email: dinhvanthang@humg.edu.vn

1. Mở đầu

Các mạng cung cấp điện trong mỏ than hầm lò từ cấp điện áp 380 V, 660 V, 1140 V đều là mạng điện ba pha trung tính cách ly. Với các mạng điện có cấp điện áp 380 V, vấn đề an toàn điện giật khi người chạm vào vật kim loại mang điện áp (tiếp xúc với một pha của mạng điện) được trang bị các rơ le bảo vệ rò điện thông thường như YAKI, ADKh, AZAK,... Với mạng cung cấp điện cấp điện áp 660 V, 1140 V để nâng cao mức độ an toàn cho người vô tình chạm vào vật mang điện, giải pháp đưa ra là dùng thiết bị nối ngắn pha bị rò với đất (thiết bị tự động bảo vệ rò điện nối tắt pha rò xuống đất). Với phương pháp này, người chạm phải pha của mạng cấp điện, điện áp 1140 V là nhánh phân dòng của điện trở rò (mạch nối tắt và điện trở người) sẽ tăng cơ hội ngăn ngừa được tai nạn điện giật, nguy hiểm dẫn đến tử vong. Vấn đề quan trọng của phương pháp bảo vệ rò điện bằng nối tắt pha bị rò xuống đất là cần phải xác định được chính xác pha bị sự cố rò điện. Vì vậy, đã có nhiều người nghiên cứu, đưa ra các giải pháp kỹ thuật nhằm xác định nhanh và chính xác pha bị sự cố rò điện trong các mạng trung tính cách ly trong mạng cấp điện mỏ.

$$U_0(t) = \frac{U_{fm}}{(k^2 + 9 \cdot \omega^2 \cdot C^2 \cdot R_n^2)^{1/2}} \cdot [\sin(\omega \cdot t + \Psi - \varphi) - \sin(\Psi - \varphi) \cdot e^{pt}] \quad (1)$$

Trong đó: U_{fm} - Biên độ điện áp pha;

$$K = 1 + R_n/R_a = 1 + I_a \cdot R_n/U_f \quad (2)$$

Với: R_a - Điện trở cách điện của pha A so với đất; I_a - Thành phần tác dụng của dòng điện rò; C - Điện dung của pha so với đất; Ψ - Pha ban đầu của điện áp pha A tại thời điểm xuất hiện rò điện; p - Hệ số suy giảm biên độ dao động khi quá độ;

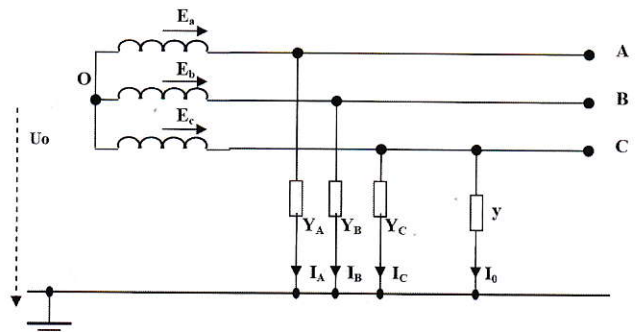
$$p = -(R_n + R_a)/(3C \cdot R_n \cdot R_a) \quad (3)$$

Điện áp thứ tự không được viết dưới dạng phức như sau:

$$\dot{U} = U_0 \cdot e^{j\varphi} = U_f \cdot e^{j\varphi} / (k^2 + 9\omega^2 \cdot C^2 \cdot R_n^2)^{1/2} \quad (4)$$

2. Cơ sở lý thuyết xây dựng mạch phát hiện pha rò điện ở mạng điện 1140 V

Khi có sự cố rò điện 1 pha trong mạng ba pha đối xứng, trong hệ thống hình thành các thành phần điện áp thứ tự không $3U_0$ và dòng điện thứ tự không $3I_0$ (với mạng điện phân nhiều nhánh hình tia).



H.1. Sơ đồ mạch điện thay thế mạng điện mỏ có trung tính cách ly ($y=1/R_n$)

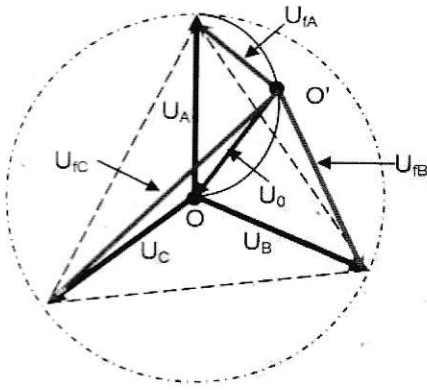
Khi rò điện 1 pha ra đất (ví dụ pha A) qua một điện trở tiếp xúc R_n , trong mạng lập tức xuất hiện điện áp thứ tự không (U_0). Biểu thức xác định U_0 khi rò 1 pha như sau [2]:

Với: U_f - Trị hiệu dụng điện áp pha; U_0 - Trị hiệu dụng điện áp thứ tự không; φ - Biến số phức của điện áp U_0 ;

$$\varphi = \arctg 3\omega CR_a / (1 + R_a/R_n) \quad (5)$$

Biểu diễn các đại lượng điện áp pha và điện áp thứ tự không khi có sự cố rò điện pha A xuống đất bằng véc tơ ta có biểu đồ véc tơ như hình H.2.

Từ đồ thị véc tơ điện áp thứ tự không U_0 cho thấy véc tơ này luôn chạy trên cung nửa đường tròn với đường kính là véc tơ U_A . Véc tơ này thay đổi góc so với véc tơ U_A từ 90° đến 180° (90° khi $R_a = \infty$ và 180° khi $C=0$).



H.2. Đồ thị véc tơ điện áp pha và điện áp thứ tự không khi rò điện pha A

Điện áp pha rò điện có đặc điểm vượt pha hay chậm pha so với điện áp thứ tự không và có trị số xác định được theo hệ thức tam giác như sau:

$$U_{fA} = (U_A^2 + U_0^2 + 2U_A \cdot U_0 \cdot \cos\varphi)^{1/2}, \quad (6)$$

$$U_{fB} = [U_B^2 + U_0^2 + 2U_B \cdot U_0 \cdot \cos(120^\circ - \varphi)]^{1/2}, \quad (7)$$

$$U_{fC} = [U_C^2 + U_0^2 + 2U_C \cdot U_0 \cdot \cos(120^\circ + \varphi)]^{1/2}. \quad (8)$$

Từ mối liên hệ của điện áp thứ tự không với điện áp pha bị rò về góc pha và trị hiệu dụng của chúng, ta có thể phục hiện những giải pháp kỹ thuật để tìm kiếm và xác định pha bị sự cố rò điện trong hệ thống cung cấp điện 1140 V trong mỏ.

Các nhà khoa học Liên Xô nghiên cứu và đã đưa ra các phương pháp xác định pha rò theo các phương pháp sau [1]:

- Tìm kiếm theo dấu hiệu giảm trị tuyệt đối điện áp pha rò so với các pha còn lại không bị rò;
- Tìm kiếm theo dấu hiệu tổng (hiệu) véc tơ điện áp pha (nguồn) với véc-tơ điện áp thứ tự không;
- Tìm kiếm theo dấu hiệu tổng (hiệu) véc-tơ hai pha liên tiếp;
- Tìm kiếm theo dấu hiệu suy giảm điện áp chỉnh lưu của pha sự cố rò điện;
- Tìm kiếm theo dấu hiệu góc dịch pha của các điện áp pha với điện áp thứ tự không
- Tìm kiếm theo dấu hiệu của hiệu trị tuyệt đối các giá trị điện áp pha
- Tìm kiếm theo dấu hiệu của hiệu trị tuyệt đối của hai nhóm tín hiệu: (1) hiệu điện áp hai pha của nguồn và (2) hiệu pha còn lại với điện áp thứ tự không.

Trong 7 phương pháp trên, phương pháp thứ nhất: Tìm kiếm theo dấu hiệu giảm trị tuyệt đối điện áp pha rò so với các pha còn lại không bị rò; Phương pháp thứ 3: Tìm kiếm theo dấu hiệu giảm trị tuyệt đối điện áp pha rò so với các pha còn lại không bị rò và phương pháp thứ 4: Tìm kiếm theo dấu hiệu suy giảm điện áp chỉnh lưu của pha sự cố rò điện đã được triển khai áp dụng vào thực tiễn trên các thiết bị tự động nổi tắt điểm rò điện xuống đất cho mạng điện áp 1140 V ở một số mỏ.

3. Xây dựng mạch xác định pha rò điện ứng dụng vi mạch điện tử số

Qua phân tích nguyên lý làm việc của các mạch điện tìm kiếm và xác định pha rò điện xuống đất như trên, người ta nhận thấy độ tin cậy xác định pha rò điện của mỗi phương pháp đều có những hạn chế nhất định. Khi điện trở rò có giá trị cao, độ chính xác tìm kiếm pha rò giảm xuống có thể xảy ra tình trạng xác định nhầm lẫn pha rò, điều này dẫn đến sự nguy hiểm trong mạng tăng lên. Nhờ có ưu điểm chống nhiễu cao của các linh kiện điện tử kỹ thuật số, tác giả đưa ra phương pháp mới để xác định pha rò điện cho lưới điện 1140 V như sau:

Cơ sở khoa học của phương pháp:

➢ Khi xuất hiện sự cố dò điện trong mạng ba pha trung tính cách ly cách điện đối xứng thì góc pha điện áp thứ tự không và pha rò biến đổi trong phạm vi 100° đến 160° (do mạng điện 1140 V có đặc điểm cách điện của mạng gồm 2 thành phần điện dung C và điện trở R gần tương đương nhau thiên về hướng điện dung);

➢ Khi dò điện pha A thì độ lớn của điện áp thứ tự không thay đổi rất rộng từ 1V đến U_f phụ thuộc vào điện trở rò pha Rn. Điện áp pha vượt trước (pha C luôn lớn hơn điện áp pha ở chế độ bình thường, còn điện áp pha rò (pha A) giảm đi rồi tăng lên và lại giảm đi nhanh chóng, tương tự pha chậm sau (pha C) giảm khi điện trở rò Rn lớn sau đó lại tăng khi giảm điện trở rò.

Để xác định chắc chắn và chính xác pha bị rò điện, tác giả đưa ra giải pháp sau:

➢ Xác định vị trí của các véc-tơ của các đại lượng: điện áp pha của lưới điện: $\overline{U}_A; \overline{U}_B; \overline{U}_C; \overline{U}_0$.

➢ Các tín hiệu U_A, U_B, U_C, U_0 được biến đổi thành dạng xung vuông với hai giá trị là 0 và 1 (tín hiệu số);

➢ Dùng các tín hiệu số $X_A(U_A), X_B(U_B), X_C(U_C)$ và $X_0(U_0)$ làm tín hiệu để tìm kiếm và xác định pha rò điện.

Sơ đồ khối của mạch xác định pha rò điện như hình H.3.

Hàm logic cho phép xác định pha rò như sau:

$$F_1 = X_A \cdot [D^{(t)} \cdot X_0] = [0; 1]; \quad (9)$$

$$F_2 = X_B \cdot [D^{(t)} \cdot X_0] = [0; 1]; \quad (10)$$

$$F_3 = X_C \cdot [D^{(t)} \cdot X_0] = [0; 1]. \quad (11)$$

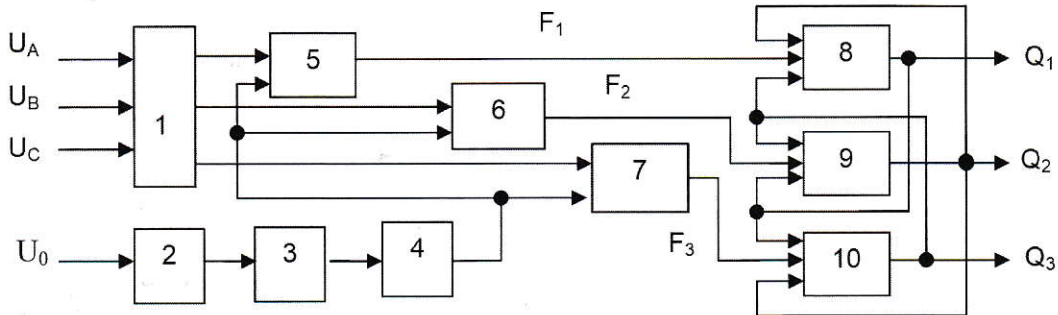
Trong đó: D(t) - Hàm trễ thời gian với lượng trễ Δt ; mS.

Các giá trị 0 và 1 ứng với kết quả xác định đầu ra của khối tìm pha rò điện với kết quả không rò (F=0) và có rò (F=1).

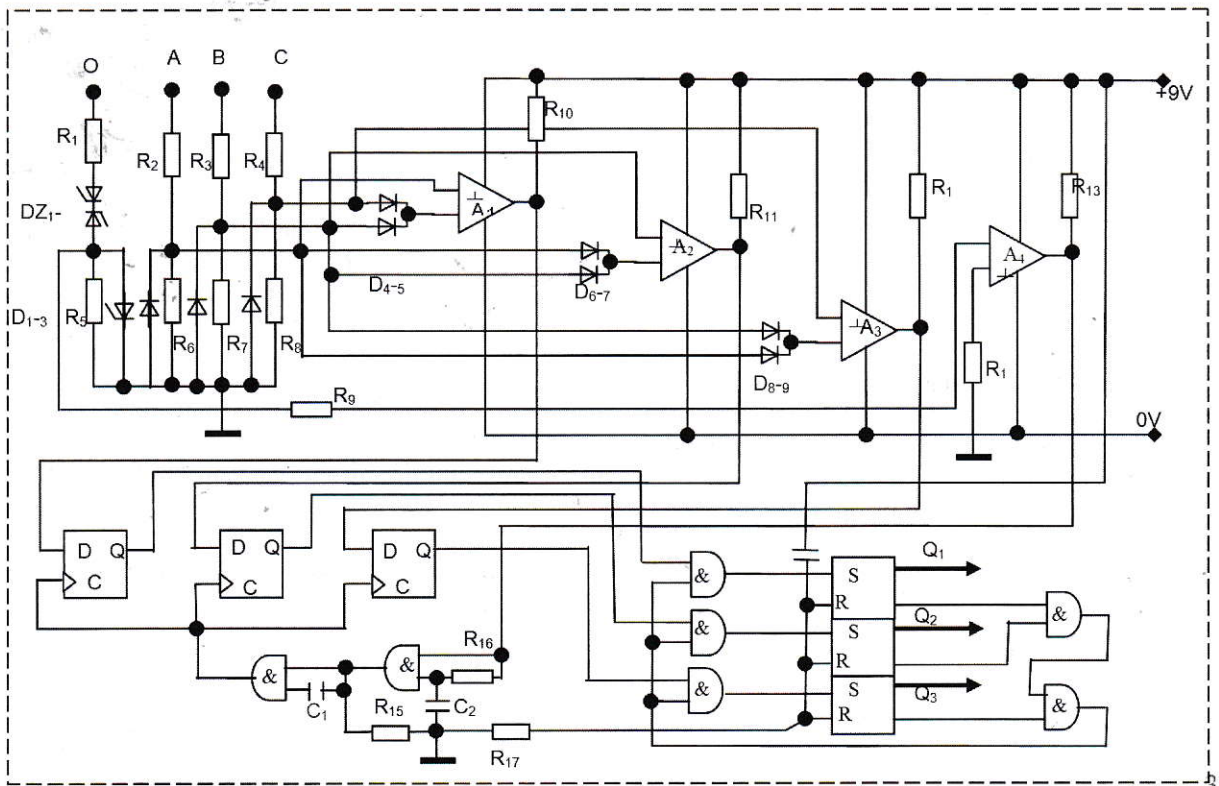
Trong sơ đồ trên hình H.3, chức năng của các khối như sau: "1" - Khối (1) xác định vị trí véc-tơ điện áp các pha A, B, C. Phạm vi của từng pha nằm trong dải 120°; "2" - Khối (2) khuếch đại và

biến đổi điện áp thứ tự không U_0 thành tín hiệu xung vuông với độ rộng 10mS (nửa chu kỳ âm); "3" - Khối (3) tạo khoảng thời gian trễ xung mang tín hiệu U_0 với thời gian trễ $\Delta t = (5\text{mS} \pm 1\text{mS})$; "4" - Khối (4) sử lý dạng xung vuông X_0 thành xung có độ

rộng nhỏ; "5", "6", "7" - Khối (5), (6), (7) các Trigger D ghi nhận vùng thống nhất tín hiệu rò điện từ pha xuống đất; "8", "9", "10" - Khối (8), (9), (10) các Trigger RS khóa liên động chỉ cho duy nhất một thông tin về pha rò điện.



H.3. Sơ đồ khối chức năng của mạch xác định pha rò dùng IC



H.4. Sơ đồ nguyên lý mạch xác định pha rò điện dùng vi mạch kỹ thuật số

Trên cơ sở sơ đồ khối chức năng của mạch xác định pha rò điện xuống đất cho lưới điện 1140 V, ta có thể xây dựng sơ đồ nguyên lý mạch xác định pha rò sử dụng các vi mạch số và IC thuật toán như mô tả trên hình H.4. Nguyên lý làm việc của mạch xác định pha rò điện như sau:

➢ Khi không rò điện, các điện áp pha so với đất tạo thành hệ đối xứng nên tại điểm trung tính nhân tạo "0" so với đất không có điện áp U_0 . Khối (2) không nhận được tín hiệu vào, tại cửa ra của các

khối (2), (3), (4) không có xung. Tại cửa vào các khối ghi (5), (6), (7) lần lượt có 3 xung luân phiên độ rộng 6,6 mS (tương ứng 120° điện của hệ thống ba pha) đi vào các khối này. Do không có xung hợp X_0 của tín hiệu U_0 nên cửa ra của ba khối này có mức tín hiệu đều bằng 0, khối khóa liên động không nhận được tín hiệu báo trạng thái có rò điện. Vì vậy, tất cả các đầu ra Q_1, Q_2, Q_3 mang thông tin rò điện của các pha A, B, C đều bằng 0;

➢ Khi có rò điện (ví dụ pha A), các điện áp pha so

với đất mất đối xứng nên tại điểm trung tính nhân tạo "0" so với đất xuất hiện điện áp U_0 , vì vậy khối (2) nhận được tín hiệu vào U_0 , sau khi khuếch đại sơ bộ và chuyển đổi nó ra dạng xung vuông có độ rộng 10 mS (nửa chu kỳ của điện áp), khối (3) làm chậm xung này đi khoảng $\Delta t \approx 5$ mS, khối (4) sẽ thực hiện thu hẹp độ rộng xung vào nó đến khoảng 60 μ S (khoảng 1° điện trong 1 chu kỳ). Tại cửa vào các khối ghi (5), (6), (7) Ngoài tín hiệu lần lượt có 3 xung luân phiên độ rộng 6,6 mS (tương ứng 120° điện của hệ thống ba pha) đi vào các khối này còn có thêm xung hẹp của tín hiệu U_0 . Khi rò điện pha A, xung hẹp này sẽ nằm trong vùng tồn tại của tín hiệu xung pha A (cửa vào khối (5), còn lại các khối (6) và (7), do xung hẹp X_0 của tín hiệu U_0 và các xung vuông X_B, X_C xuất hiện không đồng thời nên cửa ra của ba khối này vẫn có mức tín hiệu bằng 0, khối khoá liên động nhận được tín hiệu báo trạng thái có rò điện pha A, vì vậy, đầu ra Q_1 có mức 1 (rò điện tại pha A), Tín hiệu 1 tại cửa ra Q_1 sẽ cấm các Trigger Q_2, Q_3 thay đổi trạng thái bên trong nó. Vì vậy, cửa ra của chúng nhận giá trị 0, báo thông tin các pha B, C không bị rò điện;

➤ Tại thời điểm cấp nguồn, các cửa R (reset) của Trigger khoá liên động được đặt lại về chế độ sẵn sàng chờ tác động cho lần kế tiếp.

5. Kết luận

Sau khi phân tích nguyên lý mạch xác định pha rò điện hoạt động theo nguyên lý so pha của véc-tơ điện áp thứ tự không với các véc-tơ điện áp pha của lưới điện cho thấy khả năng xác định chính xác pha rò điện xuống đất trong cả các trường hợp rò điện qua vật có điện trở lớn vài chục đến hàng trăm k Ω . Để kiểm nghiệm khả năng hoạt động của sơ đồ mạch xác định pha rò điện xuống đất với mạng điện trung tính cách ly cách điện đối xứng.

Tác giả thực hiện mô phỏng mạch tìm kiếm pha rò trên phần mềm mô phỏng thông dụng ELECTRONIC WORKBENCHS. Mạch mô phỏng trên mô hình mạng điện ba pha cấp điện áp 1140 V. Điện trở cách điện của mạng chọn ở điều kiện đặc trưng của các hệ thống cung cấp điện mỏ hiện nay là: Điện trở cách điện của pha với đất $R_f=300$ k Ω ; $C_f=0,5$ μ F.

Điện trở rò được lấy các giá trị 1, 10, 20, 30, 60 k Ω . Kết quả là: Với các số liệu được lựa chọn cho mô hình mạch xác định pha rò trên phần mềm ELECTRONIC WORKBENCHS cho kết quả xác định chính xác như lý thuyết được phân tích ở trên.

Việc lựa chọn nguyên tắc xác định pha rò điện tắc động theo pha của véc-tơ điện áp thứ tự không với véc-tơ pha sự cố rò điện sử dụng vi mạch số có những ưu điểm là tin cậy và ổn định sẽ nâng cao được chất lượng của các thiết bị tự động nổi tắt

pha rò điện xuống đất trong các mạng điện 1140 V ở mỏ hầm lò. Đây là yếu tố cần thiết để đảm bảo vận hành an toàn cho người và thiết bị làm việc trong các mỏ hiện nay. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. B.M. Iagudaev, N.Ph. Shiskin, V.V. Nadarov. Bảo vệ khỏi điện giật trong công nghiệp mỏ. NXB Nauka, Moskva. 1982.
2. Serov, V.I. Sushky, B.M. Iagudaev. Phương pháp và phương tiện chống chạm đất một pha trong hệ thống điện cao áp xí nghiệp mỏ. NXB Nauka, Moskva. 1985.
3. G.G. Pivniac, F.P. Shkrabet. Sự cố bất đối xứng ở lưới điện mỏ lộ thiên (sách chuyên khảo). NXB Nauka, Moskva. 1985

Ngày nhận bài: 25/03/2020

Ngày gửi phản biện: 18/06/2020

Ngày nhận phản biện: 25/09/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/10/2020

Từ khóa: rò điện; lưới điện 1140 V; điện áp pha; điện áp thứ tự không; nối ngắn mạch pha

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:

Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Để nâng cao sự an toàn cho những người vô tình chạm vào mạng, giải pháp tốt nhất là sử dụng thiết bị rò rỉ ngắn pha nối đất. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu của tác giả nhằm xây dựng mạch xác định pha rò nối đất cho mạng nguồn 1140 V, sử dụng IC số và IC thuật toán. Kết quả nghiên cứu được kiểm tra trên mô hình mô phỏng BẢN LÀM VIỆC ĐIỆN TỬ

Determination network for the leakage phase for the 1140 V electrical network in the coal underground mine

SUMMARY

In order to improve the safety of people accidentally touching the network, the best solution is using a short-phase leaked device connected to the ground. The paper introduces research results of author to build a circuit of determining grounding leakage phase for 1140 V supply network, using digital ICs and algorithm-ICs. The research results were checked on simulation model of ELECTRONIC WORKBENCHS