

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN LOGIC TRONG XÁC ĐỊNH PHA CHẠM ĐẤT CHO LƯỚI ĐIỆN TRUNG ÁP MỎ

APPLICATION OF LOGIC ALGORITHM IN DETERMINING EARTH PHASE FOR MEDIUM VOLTAGE POWER GRIDS OF MINE

PGS, TS. **Đinh Văn Thắng**

Bộ môn Kỹ thuật Điện – Điện tử, Trường Đại học Mỏ – Địa chất

Email: dingvanthang@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Việc xác định được chính xác pha chạm đất là cần thiết giúp cho công tác khắc phục sự cố và phục hồi hệ thống cung cấp điện được nhanh hơn, đồng thời giảm thiểu được tổn thất kinh tế cho mỏ do ngừng cung cấp điện lâu dài. Với lý do này, đã có nhiều nghiên cứu nhằm đưa ra các giải pháp kỹ thuật để xác định nhanh và chính xác pha chạm đất trong các mạng điện trung áp mỏ 6-35 kV trung tính cách ly. Việc ứng dụng thuật toán logic vào thiết bị xác định pha chạm đất cho lưới điện trung áp mỏ sẽ khắc phục được một số nhược điểm tồn tại của thiết bị theo nguyên lý tương tự không thể giải quyết được. Việc phát triển một thiết bị xác định pha chạm đất một pha nhờ ứng dụng các phần tử logic sẽ nâng cao độ tin cậy làm việc và hạn chế can nhiễu.

Từ khóa: Hàm logic; Lưới điện trung áp mỏ; Dòng và áp thứ tự không; Góc pha; Tạo xung vuông.

ABSTRACT

Accurately determining the phase affected by the ground fault is necessary to help the process of troubleshooting and restoring the power supply system be faster and reduce economic losses to the mine due to supply interruption. temporary power supply. For this reason, many scientists have researched and proposed technical solutions to quickly and accurately determine the phase affected by ground fault in isolated neutral 6 kV mine medium voltage power networks. The application of logic algorithms to devices to determine phase to ground for mine medium voltage grids of 6-35 kV isolated quadrants will overcome a number of existing disadvantages that similar devices cannot solve. Developing a single-phase ground-fault determination device using logic elements will improve working reliability and limit interference.

Keywords: Logic function; Medium voltage power grid; Zero sequence voltage and current; Phase angle; Square pulse generation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với các mạng điện trung áp mở từ 6 kV đến 35 kV, thường được trang bị các rơ le bảo vệ chạm đất một pha như: RTZ-51, ZZP-1, IC3-2/2, IC3-3M, ZZP -1... Các thiết bị này chỉ tác động cắt mạng khi có sự cố chạm đất một pha mà không chỉ rõ được cụ thể pha nào bị chạm đất, điều này dẫn đến khó khăn cho công việc tìm và khắc phục sự cố. Việc xác định chính xác pha bị chạm đất là cần thiết giúp cho việc phục hồi hệ thống cung cấp điện được nhanh hơn và giảm được tổn thất kinh tế cho mô do gián đoạn cung cấp điện. Với lý do này, tác giả giới thiệu một giải pháp xác định pha chạm đất ứng dụng kỹ thuật số - logic nhằm nâng cao độ tin cậy cung cấp điện ở mạng trung áp mở.

2. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Khi tiến hành nghiên cứu lý thuyết mất đối xứng trong mạng ba pha trung tính cách ly cho thấy: luôn tồn tại hai tín hiệu thứ tự không bao gồm: điện áp thứ tự không $3U_0$ và dòng điện thứ tự không $3I_0$. Mỗi liên hệ của góc pha của điện áp thứ tự không $3U_0$ với điện áp pha U_φ của pha tiếp xúc với đất luôn tuân theo quy luật nhất định, ta có thể dựa vào đó để phát hiện được pha bị chạm đất và pha không chạm đất. Trên thế giới, người ta đã đưa ra 7 phương pháp để xác định pha chạm đất như sau:

1) Tìm kiếm theo dấu hiệu giảm trị tuyệt đối điện áp pha chạm đất so với các pha còn lại không bị rò;

2) Tìm kiếm theo dấu hiệu tổng (hiệu) véc tơ điện áp pha (nguồn) với véc tơ điện áp thứ tự không;

3) Tìm kiếm theo dấu hiệu tổng (hiệu) véc tơ hai pha liên tiếp;

4) Tìm kiếm theo dấu hiệu suy giảm điện áp chỉnh lưu của pha sự cố chạm đất;

5) Tìm kiếm theo dấu hiệu góc dịch pha của các điện áp pha với điện áp thứ tự không;

6) Tìm kiếm theo dấu hiệu của hiệu trị tuyệt đối các giá trị điện áp pha;

7) Tìm kiếm theo dấu hiệu của hiệu trị tuyệt đối của hai nhóm tín hiệu: hiệu điện áp hai pha của nguồn và hiệu pha còn lại với điện áp thứ tự không.

Theo hướng tìm kiếm pha chạm đất phản ứng với tín hiệu góc dịch pha của các điện áp pha U_φ với điện áp thứ tự không $3U_0$ sử dụng thuật toán logic để tìm ra pha bị sự cố là khả thi và tin cậy hơn cả. Nội dung của phương pháp này được tác giả trình bày trong nội dung bài viết này.

3. XÂY DỰNG MẠCH XÁC ĐỊNH PHA CHẠM ĐẤT ỨNG DỤNG MẠCH LOGIC

Sử dụng các ký hiệu sau đây để xây dựng hàm logic trong tìm kiếm pha chạm đất ở lưới điện trung áp mở 6-35 kV có trung tính cách ly:

1) Xác định vị trí của các véc tơ điện áp pha của lưới điện: $\vec{U}_A; \vec{U}_B; \vec{U}_C; \vec{U}_0$;

2) Các tín hiệu $u_A(t), u_B(t), u_C(t), u_0(t)$ được biến đổi thành dạng xung vuông với hai giá trị là 0 và 1 (Số hóa tín hiệu điện áp các pha);

3) 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 chạm đất.



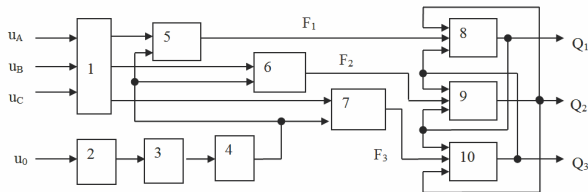
Mô tả hàm logic cho mạch xác định pha chạm đất như sau:

$$\begin{aligned} F_1 &= X_A[D^{(0)}X_0] = [0; 1]; \\ F_2 &= X_B[D^{(0)}X_0] = [0; 1]; \\ F_3 &= X_C[D^{(0)}X_0] = [0; 1]; \end{aligned}$$

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 khỏi tìm pha chạm đất với kết quả: hàm $F = 0 \rightarrow$ không chạm đất và hàm $F = 1 \rightarrow$ có chạm đất.

Với mô tả bằng thuật toán logic xác định pha chạm đất như trên, sơ đồ khối chức năng của mạch phát hiện pha chạm đất được trình bày trên hình vẽ 1.



Hình 1. Sơ đồ khối chức năng của mạch xác định pha chạm đất sử dụng IC logic

Chức năng của các khối trong sơ đồ trên được diễn giải như sau:

1) Khối (1) xác định vị trí véc tơ điện áp các pha $\vec{U}_A; \vec{U}_B; \vec{U}_C$. 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) xử lý dạng xung vuông X_0 50% thành xung có độ rộng 1%;

5) Khối (5, 6, 7) các trigger D ghi nhận vùng tồn tại đồng thời 2 tín hiệu chạm đất X_0 và $X_{(A, B, C)}$.

Khối (8, 9, 10) là các trigger RS khóa liên động chỉ cho phép duy nhất 1 thông tin về pha chạm đất.

Nguyên lý làm việc của mạch như sau:

• Khi không chạm đất, các điện áp pha so với đất tạo thành hệ đối xứng nên tại điểm trung tính nhân tạo O so với đất không có điện áp U_0 , vì vậy 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 liên tiếp có độ rộng 6,6 ms (tương ứng 120° điện của hệ thống ba pha) đi vào các khối này. Do không có xung hẹp 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 chạm đất, vì vậy tất cả các đầu ra Q_1, Q_2, Q_3 mang thông tin chạm đất của các pha A, B, C đều bằng 0.

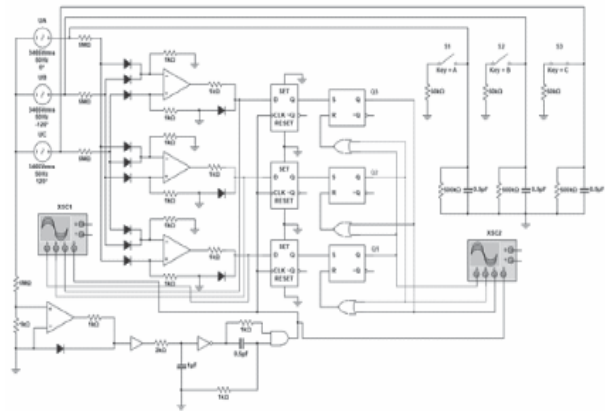
• Khi chạm đất (ví dụ pha A), các điện áp pha so với đất mất đối xứng nên điểm trung tính nhân tạo O có điện áp U_0 , vì vậy khối (2) nhận được tín hiệu vào U_0 , sau khi khuếch đại sơ bộ và chuyển đổi nó ra dạng xung vuông có độ rộng 10 ms (nửa chu kỳ của điện áp), khối 3 làm chậm xung này đi khoảng $\Delta t \approx 5\text{ms}$, khối 4 sẽ thực hiện thu hẹp độ rộng xung vào nó đến khoảng $60\mu\text{s}$ (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 chạm đất 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 hai khối này vẫn có mức tín hiệu bằng 0. Khối khóa liên động nhận được tín hiệu báo trạng thái có chạm đất pha A, vì vậy, đầu ra Q_1 có mức 1 (chạm đất 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, mang thông tin các pha B, C không chạm đất.

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

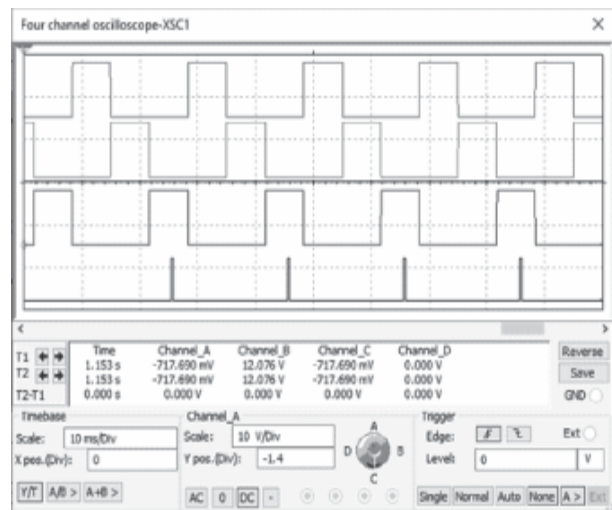
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG MẠCH VÀ THẢO LUẬN

Để kiểm nghiệm khả năng hoạt động của sơ đồ mạch xác định pha chạm đất mạng điện trung áp mở, tác giả tiến hành mô phỏng mạch xác định pha chạm đất trên phần mềm mô phỏng mạch điện – điện tử thông dụng NI Multisim. Mạch được xây dựng trên mô hình mạng điện ba pha cấp điện áp trung áp 6 kV. Điện trở cách điện của mạng chọn ở điều kiện đặc trưng của các hệ thống cung cấp điện mở hiện nay: điện trở cách điện của pha với đất $R_f = 500 \text{ k}\Omega$; $C_f = 0,5 \mu\text{F}$. Điện trở chạm đất được lấy các giá trị 1, 10, 20, 30, 50 k Ω . Với các số liệu được lựa chọn cho mô hình mô phỏng mạch xác định pha chạm đất bằng phần mềm NI Multisim cho kết quả xác định đúng như nguyên lý làm việc của mạch đã được phân tích ở trên.



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng mạch điện xác định pha chạm đất trên phần mềm NI Multisim

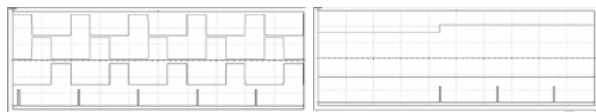
Hình 2 là sơ đồ mạch điện mô phỏng lưới điện trung áp mở có điện áp pha 3465V, điện trở cách điện pha so với đất $R = 500 \text{ k}\Omega$, điện dung 1 pha so với đất $0,5 \mu\text{F}$. Mạch điện tử xác định pha chạm đất gồm các vi mạch so sánh và mạch logic số.



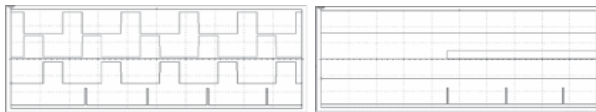
Hình 3. Kết quả mô phỏng tín hiệu đầu ra các khối (1) và (4)

Kết quả mô phỏng trong hình 3 theo thứ tự từ trên xuống là tín hiệu xung đầu ra của các mạch tạo xung sau xử lý của các pha và điện áp thứ tự không (X_A , X_B , X_C và X_0).

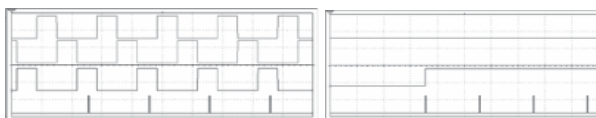




(a) Chạm đất pha A: Xung X_0 nằm trong vùng X_A ;
 $Q_1 = 1; Q_2 = 0; Q_3 = 0$



(b) Chạm đất pha B: Xung X_0 nằm trong vùng X_B ;
 $Q_1 = 0; Q_2 = 1; Q_3 = 0$



(c) Chạm đất pha C: Xung X_0 nằm trong vùng X_C ;
 $Q_1 = 0; Q_2 = 0; Q_3 = 1$

Hình 4. Kết quả mô phỏng xác định pha chạm đất

Từ kết quả mô phỏng trong hình 4 cho thấy sơ đồ có khả năng xác định chính xác pha chạm đất. Cụ thể, khi sự cố chạm đất xảy ra ở một pha nào đó thì xung X_0 sẽ nằm trọn trong vùng nhận diện (xung 120°) của pha đó, đồng thời mức logic đầu ra Q của pha đó bằng 1, trong khi hai pha còn lại có mức logic 0.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày sơ đồ khối và sơ đồ nguyên lý của mạch xác định pha chạm đất trong lưới điện trung áp trung tính cách ly, sử dụng các phần tử số logic. Kết quả mô phỏng cho thấy mạch đã tạo thành công các xung tín

hiệu điện áp pha và điện áp thứ tự không (X_A , X_B , X_C và X_0), trong đó xung X_0 chỉ xuất hiện khi xảy ra sự cố chạm đất và luôn nằm trọn trong khoảng thời gian tồn tại của xung X_K – tín hiệu đại diện cho pha sự cố. Mạch khóa liên động đầu ra được thiết kế hợp lý, cho phép xác định chính xác và duy nhất một pha bị sự cố, góp phần nâng cao độ tin cậy trong việc phát hiện sự cố. Nhờ sử dụng các phần tử so sánh và logic số, mạch đạt được tính ổn định và độ tin cậy cao trong vận hành. Giải pháp này có tiềm năng ứng dụng hiệu quả trong việc nâng cao chất lượng thiết bị tự động nổi tắt pha chạm đất xuống đất tại các lưới điện trung áp 6 kV mở hầm lò, qua đó góp phần bảo đảm an toàn điện cho con người và thiết bị trong điều kiện vận hành đặc thù của ngành khai thác mỏ hiện nay. ♦

Ngày nhận bài: **01/4/2025**

Ngày phản biện: **11/4/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Буксторов В.Ф.; Поляков В.Е., “Устройство для токовой направленной защиты от однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью”. Изд. Вузов Электромеханика. -1987, No5 – Стр.119-122.
- [2]. Буксторов В.Ф.; Щуцкий В.И., “Защита от замыканий на землю в электроустановках 6-35 кВ”. Изд. Екатеринбург, 1999. Стр. 233-241.