

MỘT MÔ HÌNH ROLE BẢO VỆ RÒ CHO CÁC MẠNG ĐIỆN MỎ HẦM LÒ ĐIỆN ÁP 660 V/1140 V

KIM NGỌC LINH, NGUYỄN TRƯỜNG GIANG,
KIM CẨM ÁNH - Trường Đại học Mỏ-Địa chất
Email: kimngoclinh@humg.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Theo “Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò” thì trong các mỏ này chỉ sử dụng mạng điện ba pha có trung tính cách ly. Vì vậy, để đảm bảo điều kiện an toàn điện giật bắt buộc các mạng điện khu vực hầm lò phải được trang bị role bảo vệ rò điện. Nhiệm vụ của bảo vệ rò điện là cần phải cắt mạng khi trong mạng xuất hiện dòng rò vượt quá dòng an toàn lâu dài cho phép. Tuy nhiên, ở các mạng điện mỏ, đặc biệt đối với mạng dài có nhiều phân nhánh, việc giữ cho điện trở cách điện đủ cao là rất khó. Do đó, để không gây ách tắc sản xuất cần phải giảm giá trị chỉnh định điện trở cắt tới hạn xuống đủ thấp, phù hợp với điện trở cách điện của mạng. Việc giảm điện trở cắt tới hạn sẽ làm tăng dòng rò khi người chạm vào một pha của mạng và hậu quả là kém an toàn hơn. Bởi vậy, cần phải tạo ra các bảo vệ rò có đặc tính biến dạng, nghĩa là làm giảm giá trị điện trở cắt tới hạn xuống thấp hơn mà không gây ách tắc cho sản xuất, đồng thời phải tăng giá trị điện trở cắt khi rò một pha và hai pha để đảm bảo an toàn [1], [3].

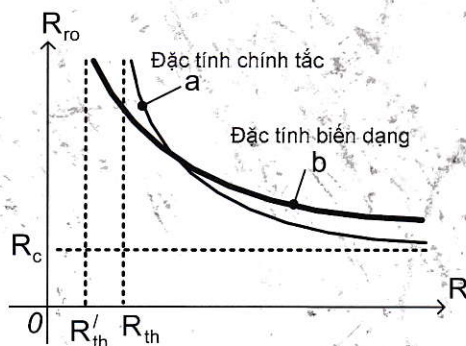
Mặt khác, do hư hỏng cách điện của mạng là xảy ra ngẫu nhiên nên để đảm bảo an toàn, hệ thống bảo vệ rò phải luôn luôn sẵn sàng thực hiện chức năng của mình, tức là hệ thống phải làm việc liên tục và có độ tin cậy cao. Theo [2], thời gian làm việc tốt của hệ thống bảo vệ rò phải không được nhỏ hơn 20.000 giờ. Rõ ràng, đối với các thiết bị hiện đại có sơ đồ phức tạp thì việc đảm bảo độ tin cậy cao như trên chỉ bằng việc lựa chọn các phần tử và chế độ làm việc của chúng là khó có thể thực hiện được. Trong những trường hợp như vậy, thường phải sử dụng các sơ đồ có hình thức tự động kiểm tra tình trạng hỏng hóc của các phần tử trong mạch có trong sơ đồ.

Dưới đây, sẽ trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế một mô hình role bảo vệ rò, vừa có khả năng tạo được đặc tính biến dạng trong phạm vi rộng,

vừa có khả năng tự động kiểm tra tình trạng sẵn sàng làm việc của thiết bị.

2. Kết quả nghiên cứu

Trên H.1 mô tả đặc tính của bảo vệ rò điện, trong đó trục hoành biểu diễn điện trở cách điện của mạng R , trục tung mô tả điện trở rò R_{ro} . R_{th} là điện trở cách điện tới hạn theo đặc tính chỉnh tắc (đường “a”), R'_{th} là điện trở cách điện tới hạn theo đặc tính biến dạng (đường “b”), R_c là điện trở cắt của role rò. Để tạo được đường đặc tính biến dạng, cần giảm giá trị điện trở cắt tới hạn $R'_{th} < R_{th}$, đồng thời nâng điện trở cắt khi rò một pha và hai pha để có được dạng đặc tính như đường “b” trong hình H.1.



H.1. Đường đặc tính của bảo vệ rò điện

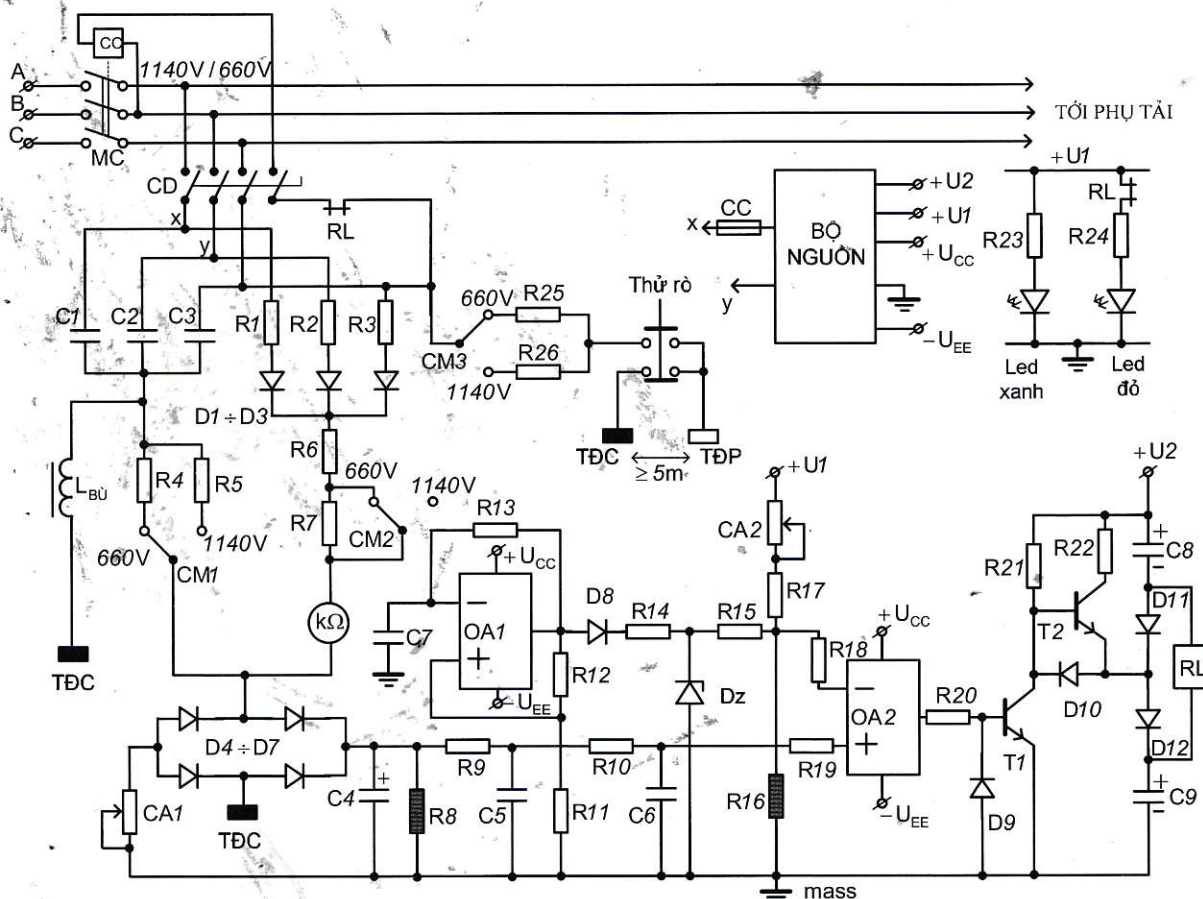
Hiện nay, để kiểm tra cách điện mạng ba pha trung tính cách ly có thể sử dụng các loại sơ đồ sau đây: các sơ đồ làm việc với dòng hoặc điện áp thử tự không; các sơ đồ làm việc với dòng chỉnh lưu từ mạng cần kiểm tra (sơ đồ “ba van”); các sơ đồ làm việc với nguồn công tác một chiều độc lập; các sơ đồ làm việc với đồng xoay chiều khác với tần số công nghiệp và các sơ đồ phối hợp.

Để tạo được role rò có đường đặc tính biến dạng cần phải áp dụng phương pháp kiểm tra cách điện

bằng sơ đồ phối hợp. Trong [3], các tác giả có đề xuất mô hình rơle rò có thể tạo đặc tính biến dạng trong phạm vi rộng. Tuy nhiên, trong mô hình này mạch kiểm tra cách điện và bảo vệ cắt không có khả năng tự động kiểm tra tình trạng hỏng hóc của các phần tử trong sơ đồ. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất một mô hình rơle bảo vệ rò vừa có khả năng tạo đặc tính biến dạng, vừa có khả năng

tự động kiểm tra tình trạng hỏng hóc của hầu hết các phần tử trong sơ đồ.

Dựa vào nguyên tắc chung của tất cả các mạch tự động kiểm tra tình trạng các phần tử mạch trong các hệ thống bảo vệ rò điện là hư hỏng của mỗi phần tử đều phải dẫn đến sự tác động của hệ thống như khi có tín hiệu bảo vệ, sơ đồ nguyên lý rơle rò được thiết kế như trong hình H.2.



H. 2. Sơ đồ nguyên lý rơle bảo vệ rò điện mở hầm lò

Ở đây, để tạo đặc tính biến dạng, nhóm tác giả sử dụng kết hợp giữa sơ đồ “ba van” và sơ đồ sử dụng điện áp thử tự không. Trong phần mạch kiểm tra cách điện và bảo vệ cắt gồm ba tụ điện C1-C3 đấu sao tạo thành bộ lọc điện áp thử tự không, ba điện trở R1-R3 là các điện trở hạn chế của sơ đồ “ba van” tạo bởi ba diode D1-D3. Điện áp rơi trên R8 được đưa tới đầu vào không đảo của khuếch đại thuật toán OA2 phụ thuộc vào dòng chỉnh lưu tạo bởi điện áp thử tự không và các diode D1-D3. Các chuyển mạch CM1, CM2 và CM3 để chọn các cấp điện áp 660 V hay 1140 V.

➤ Nguyên lý tạo đặc tính bảo vệ rò biến dạng của sơ đồ hình H.2: Khi có rò đối xứng, điện áp thử tự không bằng không, qua R8 lúc này chỉ có dòng

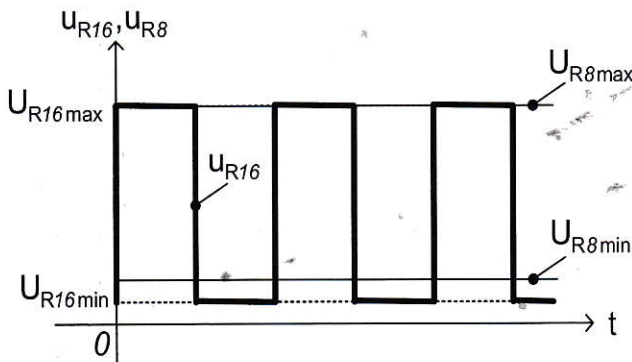
điện do sơ đồ “van” tạo nên. Dòng điện này tỷ lệ với điện trở cách điện của mạng. Vì vậy, điện trở cách điện rò ba pha sẽ nhỏ. Khi có rò một pha hoặc hai pha (rò không đối xứng), qua điện trở R5 ngoài thành phần dòng điện do sơ đồ “van” còn có thành phần dòng do điện áp thử tự không gây ra.

Vì vậy, điện trở cách điện rò một pha sẽ tăng lên. Khác với ở rơle rò YAKI và A3AK chỉ sử dụng nửa chu kỳ của điện áp thử tự không để tạo đặc tính biến dạng, ở đây sử dụng cả hai nửa chu kỳ của điện áp thử tự không bằng cầu chỉnh lưu D4-D7. Có thể điều chỉnh mức độ biến dạng nhờ chiết áp CA1.

Phần mạch tự động kiểm tra khả năng sẵn sàng làm việc của sơ đồ gồm: khuếch đại thuật toán

OA1 là mạch dao động đa hài đối xứng tạo điện áp vuông góc tần số 500 Hz; mạch so sánh dùng khuếch đại thuật toán OA2; phần mạch thừa hành gồm hai tranzito T1 và T2, ba diốt D10, D11, D12, các tụ điện C8, C9 và role điện từ RL.

➤ Nguyên lý làm việc của mạch tự động kiểm tra khả năng sẵn sàng làm việc của role bảo vệ rò như sau: dòng đo điện trở cách điện tạo bởi sơ đồ "van" (khi rò đối xứng) hoặc tạo đồng thời bởi sơ đồ "van" và điện áp thử tự không (khi rò không đối xứng) chảy qua điện trở R8 gây trên điện trở này một điện áp U_{R8} mang thông tin về điện trở cách điện của mạng. Điện áp U_{R8} được so sánh với điện áp trên điện trở R16 là U_{R16} do nguồn tạo xung vuông góc tần số 500 Hz tạo ra. Đồ thị trên hình H.3 minh họa nguyên lý làm việc của mạch so sánh dùng khuếch đại thuật toán OA2.



H.3. Đồ thị tín hiệu vào mạch so sánh OA1

Trên đồ thị hình H.3, điện áp U_{R8min} được tính ứng với trị số lớn nhất của điện trở cách điện mạng so với đất, còn điện áp U_{R8max} được tính ứng với điện trở cách điện tới hạn của mạng (mạng 660 V là 30 kΩ/pha, mạng 1140 V là 60 kΩ/pha). Điện áp trên điện trở R16 phải đảm bảo điều kiện $U_{R16min} < U_{R8min}$ và $U_{R16max} = U_{R8max}$.

Trường hợp điện trở cách điện của mạng cao và không có rò để điện áp trên điện trở R8 còn nằm trong dải $U_{R16min} < U_{R8} \leq U_{R16max}$, điện áp đầu ra của khuếch đại thuật toán OA2 sẽ có dạng xung vuông góc đối xứng.

Điện áp này đưa tới cực gốc của tranzito T1 làm tranzito này đóng/ngắt với chu kỳ 500 Hz.

Khi tranzito T1 đóng (dẫn điện) làm tranzito T2 ngắt (khóa), tụ C8 được nạp điện theo đường: $+U_2 \rightarrow C8 \rightarrow D11 \rightarrow D10 \rightarrow \text{Tranzito T1} \rightarrow \text{Mass}$. Đồng thời, tụ C9 phóng điện theo đường $+C9 \rightarrow \text{Cuộn hút role điện từ RL} \rightarrow D11 \rightarrow D10 \rightarrow \text{Tranzito T1} \rightarrow C9 (\text{mass})$.

Khi tranzito T1 dẫn làm tranzito T2 khóa, tụ C9 được nạp điện theo đường: $+U_2 \rightarrow R22 \rightarrow \text{Tranzito T2} \rightarrow D12 \rightarrow C9 \rightarrow \text{Mass}$. Đồng thời tụ C8 phóng điện

theo đường $+C8 \rightarrow \text{Tranzito T2} \rightarrow D12 \rightarrow \text{Cuộn hút role điện từ RL} \rightarrow C8$.

Như vậy, khi tranzito T1 dẫn và tranzito T2 khóa, qua diốt D11 tụ điện C8 được tích điện âm. Ngược lại, khi tranzito T1 khóa và T2 dẫn, qua diốt D12 tụ điện C9 được nạp điện áp dương. Điều đó tạo được một điện áp trên cuộn dây của role RL đủ để nó ở trạng thái đóng.

Nếu chế độ tích phóng của các tụ điện C8 và C9 bị phá vỡ thì role điện từ RL sẽ không có điện. Điều này có nghĩa là khi điện trở cách điện của mạng cao hơn mức cho phép thì role RL luôn ở trạng thái có điện.

Trường hợp điện trở cách điện của mạng giảm thấp hơn giá trị cho phép hoặc khi có rò, dòng đo tăng làm điện áp rơi trên điện trở R8 sẽ lớn hơn so với điện áp lớn nhất rơi trên các điện trở R16 ($U_{R8} \geq U_{R16max}$).

Cửa ra của khuếch đại thuật toán OA2 sẽ có điện áp bão hòa dương duy trì tranzito T1 luôn ở trạng thái dẫn và tranzito T2, ngược lại luôn ở trạng thái khóa. Chế độ tích phóng của các tụ điện C8 và C9 bị phá vỡ làm role RL không có điện.

Trường hợp hở mạch tiếp đất hoặc hư hỏng bất kỳ một phần tử nào đó trong mạch đo sẽ dẫn đến dòng đo giảm, làm điện áp trên điện trở R8 là $U_{R8} < U_{R16min}$. Điều này dẫn đến khuếch đại thuật toán OA2 luôn ở trạng thái bão hòa âm duy trì tranzito T1 luôn ở trạng thái khóa, T2 luôn ở trạng thái dẫn. Chế độ tích phóng của các tụ điện C8 và C9 cũng bị phá vỡ làm role RL không có điện.

Như vậy, mạch có khả năng tự động kiểm tra khả năng sẵn sàng làm việc của hầu hết các linh kiện chủ yếu trong sơ đồ.

➤ Cơ sở tính toán lựa chọn các linh kiện trong sơ đồ hình H.2:

✦ Các điện trở R4, R5, R6 và R7 được chọn để đảm bảo không làm ảnh hưởng nhiều đến điện trở cách điện của mạng và phù hợp với hai cấp điện áp 660 V và 1140 V;

✦ Chọn tụ điện C8 và C9: Dòng phóng của các tụ điện C8 và C9 duy trì trạng thái dẫn của role điện từ RL, suy ra với dòng và áp định mức của role điện từ, tần số tích phóng của tụ điện bằng tần số của nguồn tạo xung vuông góc là $f=500$ Hz sẽ tính được điện dung cần thiết của tụ điện; điện áp định mức của tụ điện chọn cỡ hai lần điện áp nguồn $+U_2$;

✦ Chọn các tranzito T1 và T2: Hai tranzito này khi dẫn đồng thời có dòng phóng của tụ C8 và dòng nạp của tụ C9 (hoặc dòng nạp của tụ C8 và dòng phóng của tụ C9). Coi dòng phóng và nạp của tụ là bằng nhau suy ra cần chọn tranzito theo

hai lần dòng định mức của rơle điện từ RL và điện áp nguồn +U2;

✦ Chọn các diốt D10, D11, D12: Ba diốt này chỉ có dòng phóng hoặc dòng nạp của tụ điện nên cần chọn diốt theo dòng định mức của rơle điện từ và điện áp nguồn +U2;

✦ Điện trở R22 chọn cỡ điện trở cuộn dây của rơle điện từ RL để đảm bảo hằng số thời gian khi nạp và phóng của các tụ điện là bằng nhau. Công suất của điện trở chọn theo dòng phóng của tụ (bằng dòng định mức của rơle điện từ RL);

✦ Điện trở R21 chọn theo điều kiện tranzito T2 khóa, khi tranzito T1 dẫn và dẫn bão hòa, khi tranzito T1 khóa;

✦ Điện trở R20 được chọn hạn chế dòng cực gốc của tranzito T1, khi khuếch đại thuật toán OA1 bão hòa dương;

✦ Khuếch đại thuật toán OA1, tụ điện C7, diốt D8, Dz và các điện trở R11, R12, R13, R14 được lựa chọn để tạo được điện áp xung vuông góc tần số 500Hz có cực tính và biên độ thích hợp;

✦ Các điện trở R8, R14, R15, R16, R17 được tính toán lựa chọn theo điều kiện $U_{R8min} > U_{R16min}$ và $U_{R8max} = U_{R16max}$;

✦ Tụ điện C5, C6 và các điện trở R9, R10, R18, R19 được lựa chọn để đảm bảo mạch làm việc chắc chắn không tác động nhầm khi xảy ra quá trình quá độ lúc đóng cắt thiết bị điện;

✦ Điều chỉnh các chiết áp CA1 và CA2 sẽ điều chỉnh được ngưỡng tác động của rơle rò (điều chỉnh điện trở cắt của rơle rò).

Mô hình rơle rò theo sơ đồ H.2 đã được nhóm tác giả mô phỏng kiểm tra trên máy tính. Kết quả mô phỏng cho thấy hư hỏng của bất kỳ phần tử nào trong sơ đồ đều dẫn đến cắt mạng. Mô hình cũng đã được lắp ráp và thử nghiệm trong phòng thí nghiệm Kỹ thuật điện-điện tử của Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Kết quả thử nghiệm đối với mạng 660V, điện trở cắt khi rò ba pha là không lớn hơn 30kΩ/pha, khi rò một pha điện trở cắt không nhỏ hơn 20 kΩ. Đối với mạng 1140 V, điện trở cắt khi rò ba pha là không lớn hơn 60kΩ/pha, khi rò một pha điện trở cắt không nhỏ hơn 50 kΩ. Trong thời gian tới nhóm tác giả hy vọng có điều kiện để thử nghiệm mô hình rơle rò trong thực tế sản xuất ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh.

3. Kết luận

Những kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra những nhận xét sau:

✦ Trong các mạng điện mỏ hầm lò, để phù hợp với điều kiện thực tế sản xuất và để đảm bảo an toàn cao nhất, các rơle bảo vệ rò phải có khả năng tạo đặc tính biến dạng và có khả năng tự động

kiểm tra khả năng sẵn sàng làm việc của thiết bị;

✦ Nguyên tắc chung khi thiết kế các mạch tự động kiểm tra tình trạng các phần tử mạch trong các hệ thống bảo vệ rò điện là hư hỏng của mỗi phần tử đều phải dẫn đến sự tác động của hệ thống như khi có tín hiệu bảo vệ;

✦ Mô hình rơle rò chế tạo theo sơ đồ nguyên lý hình H.2 có khả năng tạo đặc tính biến dạng trong phạm vi rộng, có khả năng tự động kiểm tra trạng thái sẵn sàng làm việc của hầu hết các phần tử chủ yếu trong mạch. Đây là ưu điểm nổi bật mà tất cả các rơle bảo vệ rò hiện đang sử dụng trong các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh không có được;

✦ Kết quả nghiên cứu này có thể áp dụng trong thiết kế, chế tạo rơle bảo vệ rò có chất lượng và độ tin cậy cao dùng trong các mỏ hầm lò, thay thế các sản phẩm nhập ngoại. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Шкрабеч Ф.П., Ликаренко А.Г. (2011), Деформирование защитных характеристик реле утечки для условий эксплуатации в трехфазных электрических сетях рудных шахт, <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/123456789/723/1/4.pdf>
2. Шуцкий В.И. (1977), Электробезопасность в горнодобывающей промышленности, "Недра", Москва.
3. Kim Ngọc Linh, Nguyễn Văn Quân (2011), Nghiên cứu xây dựng sơ đồ mạch rơle bảo vệ rò điện mỏ hầm lò tạo đặc tính biến dạng trong phạm vi rộng, Tạp chí KHKH Mỏ-Địa chất, số 33/2011, tr. 58-60.

Ngày nhận bài: 10/05/2018

Ngày gửi phản biện: 18/07/2018

Ngày nhận phản biện: 14/11/2018

Ngày chấp nhận đăng: 10/01/2019

Từ khóa: mạng điện mỏ hầm lò; Rơle bảo vệ rò; đặc tính biến dạng; tự động kiểm tra

SUMMARY

The paper presents some results of research on the design of leakage protection relays that can generate a variety of deformation characteristics, which automatically checks the availability of the equipment. The results of this study can be applied in the practice of producing high quality and reliable leakage relays using at the mines, replacing imported ones.