

Mô phỏng rơ le bảo vệ quá dòng điện bằng Matlab/Simulink ứng dụng trong đào tạo tại Khoa Điện, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh

Nguyễn Thị Thanh Ngân*, Nguyễn Thị Thanh Bình*

*ThS. Khoa Điện, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh

Received: 29/12/2022; Accepted: 4/01/2023; Published: 10/01/2023

Abstract: In this article, the authors develop an over-current relay module with a time characteristic curve according to the IEC 60255 standard using Matlab/Simulink. The module is used to simulate the protection system for the line and test it on a 22kV power system. The simulation results show that the time characteristics of the module are accurate and reliable compared to the actual relay protection system. The authors discuss its application in training at the Faculty of Electrical Engineering, Vinh University of Technical Education and also the development of this research in the future.

Keywords: Applications, Matlab/Simulink, over-current relay.

1. Đặt vấn đề

Quá trình vận hành hệ thống điện xuất hiện những sự cố ngắn mạch, quá tải, sự làm việc không bình thường của các phần tử. Khi xảy ra sự cố thường kèm theo sự tăng đột ngột của dòng điện và sự giảm điện áp trên các pha. Điều đó sẽ gây ra nguy hiểm cho thiết bị và con người cũng như làm gián đoạn cung cấp điện. Vì vậy các sự cố cần được phát hiện sớm và chính xác để nhanh chóng cắt bỏ đoạn hư hỏng ra khỏi hệ thống, đảm bảo sự làm việc ổn định, bình thường. Thiết bị có tác dụng theo dõi hệ thống điện, phát hiện sự cố, lưu thông tin sự cố, xuất cảnh báo và tín hiệu cắt khi hệ thống điện gặp sự cố là hệ thống bảo vệ rơle.

Các chức năng bảo vệ rơle cơ bản đã được nghiên cứu từ rất sớm [2, 3, 4]. Các loại sự cố và minh họa chế độ bảo vệ rất khó thực hiện trong thực tế vì ảnh hưởng đến quá trình vận hành. Giải pháp phù hợp là sử dụng mô phỏng trên máy tính, vừa có thể sử dụng minh họa trong dạy lý thuyết, vừa có thể cho SV thực hành cài đặt ảo. Trên thế giới có phần mềm DIGSILENT Power Factory và ETAP có phần mô phỏng bảo vệ rơle tuy nhiên sử dụng rất phức tạp và không phổ biến, cũng như chưa có hướng dẫn sử dụng bằng tiếng Việt. Một khó khăn nữa là các phần mềm này đòi hỏi bản quyền sử dụng nên sinh viên khó tiếp cận, đồng thời người học không thể chỉnh sửa các chức năng của bảo vệ theo ý định của mình. Do đó, nhóm tác giả muốn xây dựng mô đun mô phỏng hệ thống bảo vệ rơle trên phần mềm Matlab/Simulink phục vụ cho công tác giảng dạy ngành Điện tại Trường ĐH SPKT Vinh. Bài viết này

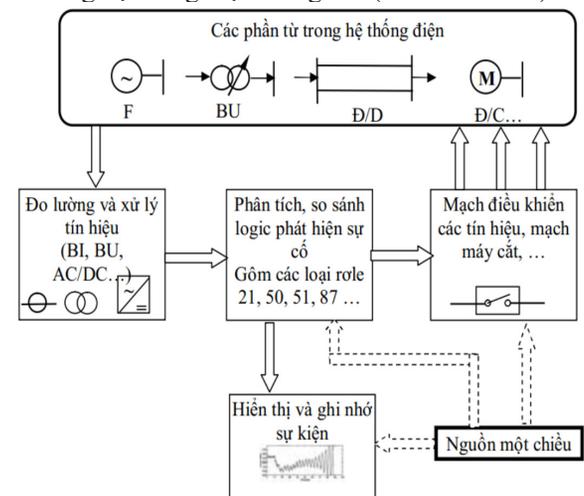
giới thiệu chức năng bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian (hay bảo vệ quá dòng điện- over current relay) cho đường dây trung áp.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Xây dựng mô đun bảo vệ dòng điện cực đại trên Matlab/Simulink

2.1.1. Cấu trúc hệ thống bảo vệ rơ le

Đối tượng của hệ thống bảo vệ rơ le là các phần tử trong hệ thống điện như máy phát, máy biến áp, đường dây, thanh góp, động cơ... Trong trường hợp tổng quát, cấu trúc tổng quan của hệ thống bảo vệ rơ le trong hệ thống điện bao gồm: (xem sơ đồ 2.1)



Sơ đồ 2.1: Cấu trúc tổng quan của hệ thống bảo vệ rơ le trong hệ thống điện.

1. Khối đo lường và thu thập dữ liệu: lấy tín hiệu đo lường từ biến áp và biến dòng và được xử lý để đưa vào hệ thống các rơ le bảo vệ.

2. Khối xử lí, phân tích: mục đích để phát hiện sự cố và gửi tín hiệu đến khối chấp hành.

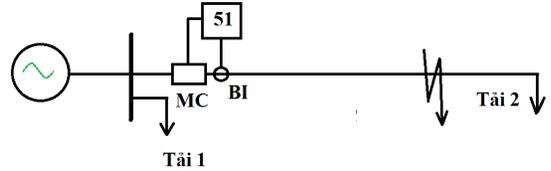
3. Khối chấp hành: có nhiệm vụ thực hiện cảnh báo, thao tác cô lập phần tử sự cố (bằng máy cắt).

4. Nguồn nuôi: cung cấp nguồn cho hệ thống bảo vệ rơ le, chuông, đèn, còi báo động...độc lập với hệ thống đang được bảo vệ.

Như vậy, phần tử quan trọng nhất của hệ thống bảo vệ là khối xử lí, phân tích phát hiện sự cố và quyết định gửi tín hiệu cảnh báo hoặc tín hiệu đến máy cắt để cô lập phần tử sự cố, đó chính là rơ le. Mỗi chức năng của rơ le được ký hiệu bằng một mã số. Đối với chức năng bảo vệ dòng điện cực đại, mã số là 51. Đây là chức năng bảo vệ đơn giản và cơ bản nhất, trong đó, khi dòng điện qua bảo vệ (nơi đặt máy biến dòng để đo dòng điện) lớn hơn giá trị cài đặt, rơ le sẽ tác động. Do vậy, rơ le này chỉ cần tín hiệu đầu vào là dòng điện. Đường đặc tính thời gian bảo vệ có hai loại: đặc tính thời gian độc lập và đặc tính thời gian phụ thuộc, với đặc tính độc lập, dòng điện ngắn mạch không ảnh hưởng đến thời gian tác động (miễn là lớn hơn giá trị cài đặt), với đặc tính phụ thuộc, dòng ngắn mạch càng lớn thì thời gian cắt càng nhanh và ngược lại, dòng ngắn mạch bé, thời gian cắt trễ. Trong thực tế thường sử dụng đặc tính phụ thuộc, đặc tính độc lập dùng cho trường hợp dòng ngắn mạch rất lớn [1-4].

2.1.2. Mô phỏng rơ le bảo vệ quá dòng điện cực đại trên Matlab/Simulink

Trên cơ sở phân tích cấu trúc của hệ thống bảo vệ rơ le, sơ đồ bảo vệ quá dòng cực đại được đơn giản hóa như sơ đồ 2.2.



Sơ đồ 2.2. Sơ đồ bảo vệ quá dòng cực đại.

Trong đó, BI là máy biến dòng, đặc trưng cho khối đo lường, thu thập dữ liệu; MC là máy cắt làm nhiệm vụ của cơ cấu chấp hành, khối 51 là rơ le bảo vệ dòng điện cực đại. Mô đun 51 đóng vai trò trung tâm nên phải xây dựng mô đun này với thông số bám sát như rơ le thực tế. Với ưu thế có thể tùy chọn các thông số kỹ thuật, phần mềm Matlab/Simulink được tác giả lựa chọn làm công cụ để xây dựng khối rơ le bảo vệ dòng điện cực đại. Rơ le 51 được thiết kế tích hợp nhiều đường đặc tính theo tiêu chuẩn IEC 60255 [1, 2] để người học có thể tùy chọn theo mục đích cài đặt giống như rơ le thực.

2.2. Chạy mô phỏng và ứng dụng trong giảng dạy, nghiên cứu

Từ sơ đồ nguyên lý ở sơ 2.2, tác giả mô phỏng bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 22 kV trên Matlab/Simulink (sơ 2.3). Hệ thống điện bao gồm nguồn cung cấp điện, đường dây và hai phụ tải (1 và 2 đặt đầu và cuối đường dây). Hệ thống bảo vệ rơ le có khối đo lường, rơ le dòng điện cực đại và máy cắt đại diện cho cơ cấu chấp hành. Thông số của sơ đồ:

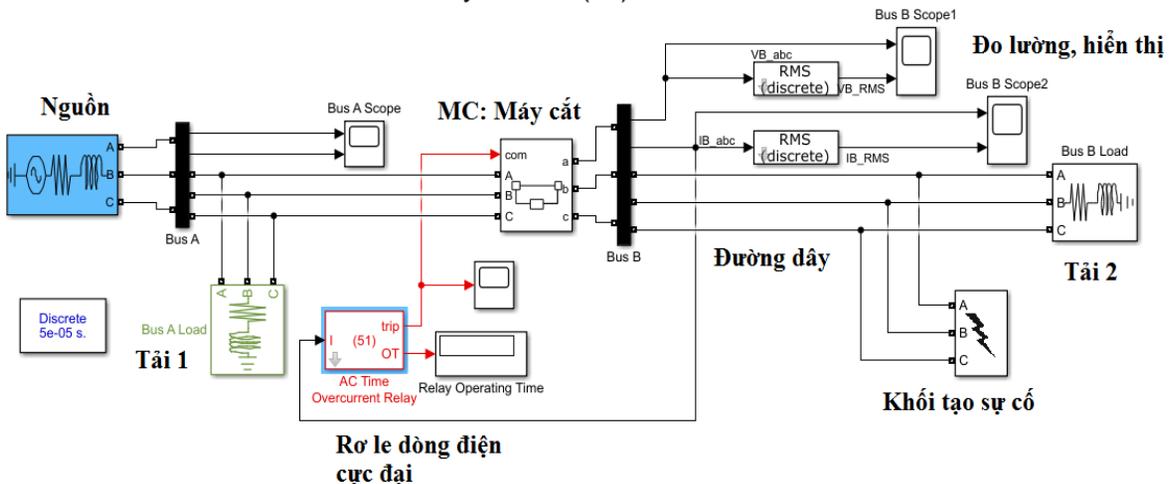
Nguồn: 50 Hz, 100 MVA, điện áp 22 kV.

Phụ tải 1: 50 MW, 30 MVar

Phụ tải 2: 40 MW, 30 MVar.

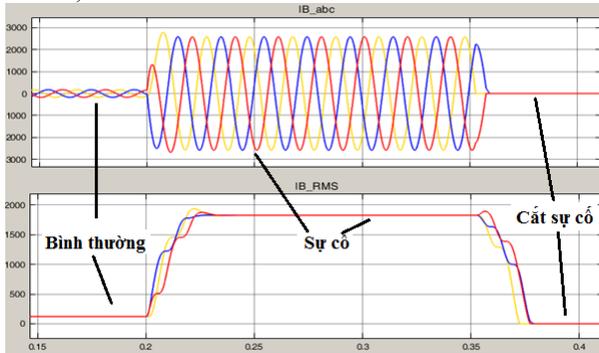
Dòng điện làm việc bình thường của phụ tải 2 là 122 A.

Overcurrent Relay Module (51)

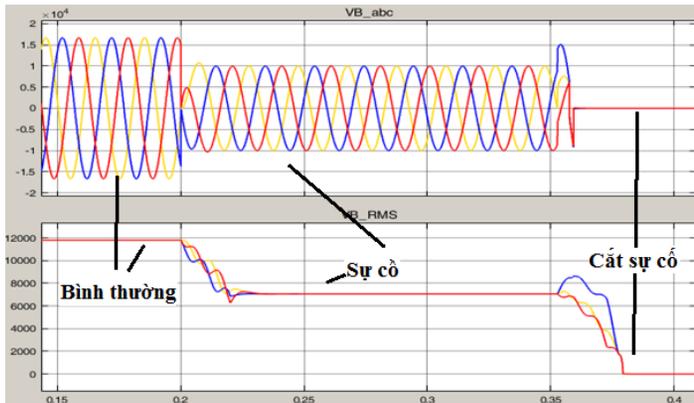


Sơ đồ 2.3. Sơ đồ mô phỏng bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây.

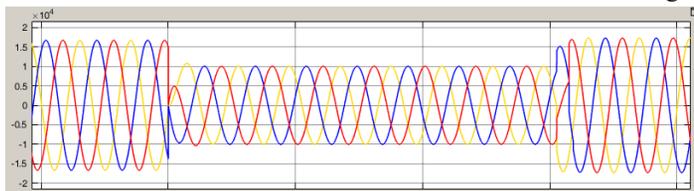
Tạo sự cố ngắn mạch 3 pha tại thời điểm 0,2 s với điện trở ngắn mạch 4 Ω. Cài đặt rơ le với đường đặc tính chuẩn, thời gian 0,05s. Chạy mô phỏng cho kết quả dòng điện, điện áp tại phụ tải 2, phụ tải 1 trên sơ đồ 2.4, 2.5 và 2.6.



Sơ đồ 2.4. Biến thiên dòng điện phụ tải 2 và giá trị hiệu dụng khi ngắn mạch.



Sơ đồ 2.5. Biến thiên điện áp tải 2 và giá trị hiệu dụng khi ngắn mạch.



Sơ đồ 2.6. Biến thiên điện áp tại phụ tải 1 đầu đường dây.

Kết quả mô phỏng cho thấy, dòng ngắn mạch là 1826A (sơ đồ 2.4), làm cho điện áp trên tải 1 giảm 45% (sơ đồ 2.5). Thời gian để rơ le tác động là 0,15s; khi đó đường dây sự cố được cắt khỏi lưới, dòng điện qua tải về 0 (sơ đồ 2.4), điện áp tải giảm về 0 (sơ đồ 2.5), điện áp tại phụ tải 1 được phục hồi (sơ đồ 2.6). Từ lúc gửi lệnh cắt đến khi sự cố được cô lập có thời gian trễ tương ứng với thời gian thao tác của máy cắt, điều này phù hợp với thực tế vận hành. Kết quả cho

thấy, mô đun rơ le dòng điện cực đại tác giả xây dựng làm việc giống với đặc tính của rơ le thực [1].

Nếu thay đổi các thông số cài đặt rơ le sẽ có thời gian tác động khác nhau. Chẳng hạn thay đổi đường đặc tính, thay đổi dòng điện ngắn mạch ta sẽ có kết quả theo bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thời gian rơ le tác động theo đường đặc tính cài đặt và dòng điện ngắn mạch ba pha.

Đường đặc tính	Chuẩn	Đốc	Rất đốc	Dài hạn
Dòng điện ngắn mạch: 1826 A				
Thời gian tác động (giây)	0,1508	0,0779	0,0433	0,6928
Dòng điện ngắn mạch: 1080 A				
Thời gian tác động (giây)	0,2022	0,1506	0,1377	1,339

3. Kết luận

Bài viết này tác giả đã trình bày các bước xây dựng mô đun bảo vệ dòng điện cực đại mô phỏng hệ thống bảo vệ rơ le cho đường dây và thử nghiệm cho lưới 22 kV. Kết quả mô phỏng phù hợp với thực tế. Ưu điểm của mô đun là có nhiều đường đặc tính xây dựng theo tiêu chuẩn IEC 60255 để người học, kỹ sư, nhà nghiên cứu có thể lựa chọn cho phù hợp với mục đích sử dụng và kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống bảo vệ làm việc giống như rơ le trên thực tế. Kết quả này làm tiền đề để tác giả tiếp tục nghiên cứu, khai thác, phát triển cho các chức năng khác như bảo vệ so lệch, bảo vệ dòng điện cực đại có kiểm tra điện áp thấp...

Tài liệu tham khảo

1. M. S. Almas, R. Leelaruji and L. Vanfretti, "Over-current relay model implementation for real time simulation & Hardware-in-the-Loop (HIL) validation," IECON 2012 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2012, pp. 4789-4796, doi: 10.1109/IECON.2012.6389585.
2. Mladen Kezunovic, Jinfeng Ren, Saeed Lotfifard. Design, Modeling and Evaluation of Protective Relays for Power Systems. Springer, 2016, ISBN 978-3-319-20918-0
3. Trần Đình Long (2010), *Bảo vệ các hệ thống điện*. NXB Khoa học & Kỹ thuật
4. Nguyễn Hoàng Việt (2009), *Bảo vệ Role và tự động hóa trong hệ thống điện*. NXB Đại học Quốc Gia.