

Mô phỏng các loại ngắn mạch bằng phần mềm EMTP trong giảng dạy Ngắn mạch trong hệ thống điện

Nguyễn Anh Tuấn*

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

Received: 29/4/2024; Accepted: 4/5/2024; Published: 13/5/2024

Abstract: This article aims to develop an EMTP simulation model for analyzing 3- phase symmetrical and unsymmetrical faults. All types of faults in distribution power systems such as three-line fault, single- line to ground fault, line to line fault, line to line to ground fault have been simulated and their impacts on the system will be considered. This simulation supports students in better understanding the properties of short circuit phenomena.

Keywords: EMTP, simulation, symmetrical fault, unsymmetrical fault.

1. Đặt vấn đề

Ngắn mạch là hiện tượng các dây pha chạm nhau, chạm đất (trong hệ thống có trung tính nối đất) hoặc chạm dây trung tính. Lúc xảy ra ngắn mạch tổng trở của hệ thống giảm đi (giống như mạch điện bị ngắn lại), dòng điện tăng lên đáng kể gọi là dòng điện ngắn mạch, điện áp giảm xuống. Nếu không nhanh chóng cô lập điểm ngắn mạch thì hệ thống sẽ chuyển sang chế độ ngắn mạch duy trì [1, 2]. Hậu quả là, dòng điện ngắn mạch lớn gây nên quá nhiệt, hư hỏng thiết bị, phát sinh tia lửa điện, gây cháy nổ.

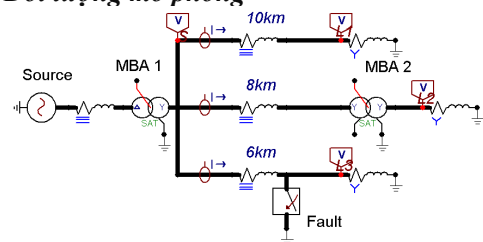
Ngắn mạch có 4 loại chia thành hai nhóm, nhóm thứ nhất là ngắn mạch đối xứng do trong quá trình ngắn mạch thì điện áp và dòng điện vẫn đối xứng, đó là ngắn mạch ba pha. Nhóm thứ hai là ngắn mạch không đối xứng bao gồm: ngắn mạch một pha, ngắn mạch hai pha và ngắn mạch hai pha chạm đất [3, 4].

Ngắn mạch là một trong những vấn đề gây nguy hiểm nhất xảy ra trên lưới điện. Vì vậy, phân tích ngắn mạch trong hệ thống điện rất quan trọng đối với kỹ sư, để có cơ sở lựa chọn thiết bị, cài đặt bảo vệ rơ le và đề xuất các giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng. Tuy nhiên vấn đề khó khăn để nghiên cứu hiện tượng này là không thể thực nghiệm trên hệ thống điện thực, còn việc thử nghiệm trong phòng thí nghiệm cũng hạn chế vì mức độ nguy hiểm cũng như vốn đầu tư lớn [3, 4]. Việc phân tích ngắn mạch bằng phương pháp đại số rất phức tạp với việc sử dụng phương pháp các thành phần đối xứng [1-4]. Do đó mô phỏng trên phần mềm là giải pháp đơn giản và có kết quả chính xác. Một số nghiên cứu giới thiệu các phần mềm ETAP, Power World, Matlab để mô phỏng [3, 4]. Trong bài viết này, tác giả trình bày việc sử dụng phần mềm EMTP để mô phỏng các loại sự cố ngắn mạch xảy ra trên lưới điện phân phối. Các mô

phỏng này sẽ giúp sinh viên hiểu sâu hơn về tính chất và các hiện tượng xảy ra đối với các loại ngắn mạch khác nhau.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Đối tượng mô phỏng



Hình 2.1. Sơ đồ lưới điện phân phối

Để nghiên cứu sự thay đổi dòng điện và điện áp do ngắn mạch xảy ra trên lưới điện phân phối, một sơ đồ lưới điện phân phối điển hình được sử dụng để mô phỏng thể hiện ở hình 2.1, với các thông số cho trong bảng 2.1. Chiều dài các đường dây thể hiện trên hình 2.1.

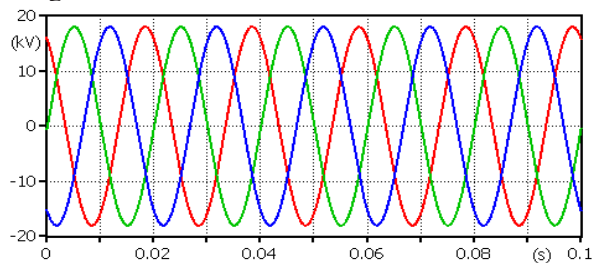
Bảng 2.1. Thông số kỹ thuật của hệ thống.

Phần tử	Thông số
1 Nguồn	250 MVA, 115 kV, 50 Hz
2 Máy biến áp 1	25MVA, 110/22 kV, D/Y11, $\Delta P_n = 250$ kW, $U_n \% = 10,5$
3 Máy biến áp 2	2 MVA, 22/0,4 kV, Y/Y0, $\Delta P_n = 21$ kW, $U_n \% = 8,5$
4 Đường dây	AC70, $r_0 = 0,46$ Ω /km, $x_0 = 0,38$ Ω /km
5 Phụ tải	$S_1 = 1200 + j850$ kVA $S_2 = 800 + j500$ kVA $S_3 = 2500 + j1800$ kVA

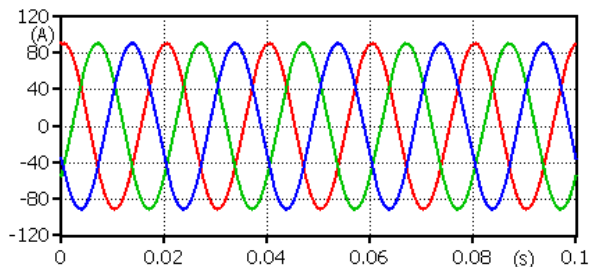
Trong các mô phỏng hiện tượng ngắn mạch, ta sẽ khảo sát độ lớn của dòng điện ngắn mạch và ảnh hưởng của nó đến điện áp nút và điện áp tại các phụ tải. Điểm ngắn mạch giả định xảy ra cuối đường dây thứ ba.

2.2. Mô phỏng chế độ vận hành bình thường

Trước hết, mô phỏng chế độ vận hành bình thường được mô phỏng để đo dòng điện, điện áp làm căn cứ so sánh với khi sự cố. Khi không có sự cố nào xảy ra, dòng điện và điện áp đều đối xứng. Kết quả mô phỏng điện áp phía hạ áp của MBA 1 và dòng điện phụ tải nhánh thứ ba có dạng trên hình 2.2 và 2.3. Thông số chi tiết các nhánh khác thể hiện trong bảng 2.2.



Hình 2.2. Dạng sóng điện áp tại MBA 1.

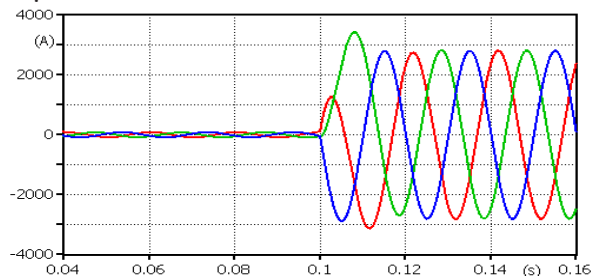


Hình 2.3. Dạng sóng dòng điện phụ tải nhánh thứ ba.
Bảng 2.2. Thông số điện áp và dòng điện trong chế độ vận hành bình thường.

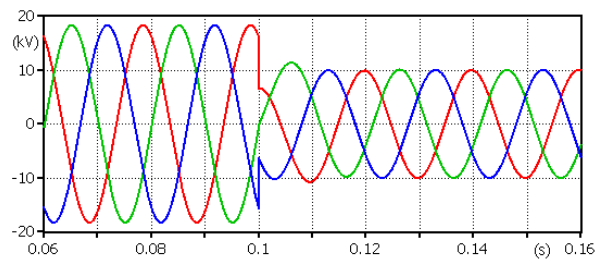
Vị trí	Điện áp dây (kV)	Dòng điện (A)
Hạ áp MBA 1	22,42	
Cuối nhánh 1	22,023	38,6
Cuối nhánh 2	0,393	24,35
Cuối nhánh 3	21,923	80,57

2.3. Mô phỏng ngắn mạch ba pha

Mô phỏng sự cố ngắn mạch ba pha xảy ra ở cuối đường dây nhánh thứ ba tại thời điểm 0,1 giây. Kết quả mô phỏng cho dòng điện ngắn mạch ba pha thể hiện trên hình 2.4, điện áp phía hạ áp của MBA 1 thể hiện trên hình 2.5.



Hình 2.4. Dạng sóng dòng điện ngắn mạch ba pha.

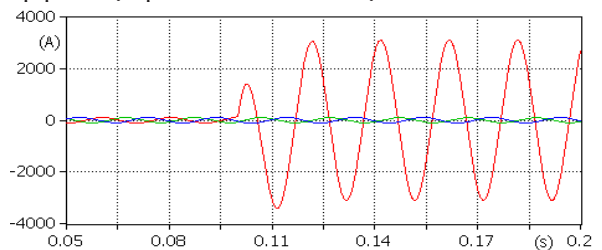


Hình 2.5. Dạng sóng điện áp tại MBA 1 khi ngắn mạch ba pha.

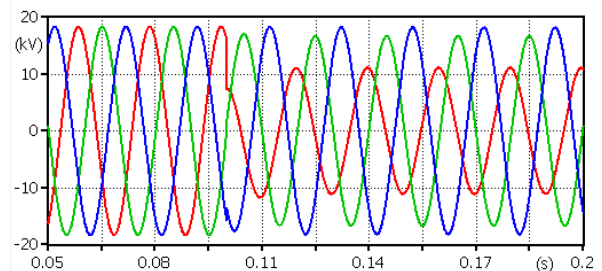
Quan sát kết quả mô phỏng cho thấy: dòng điện ngắn mạch ba pha rất lớn so với chế độ vận hành bình thường (1984 A so với 80,57 A, tăng hơn 24 lần). Mặc dù dòng điện ngắn mạch lớn nhưng dòng điện và điện áp vẫn duy trì đối xứng (bằng nhau về biên độ, tần số, góc pha lệch đều nhau 120°). Không những vậy, ngắn mạch còn kéo theo sự sụt giảm điện áp tại trạm biến áp 1 (giá trị đo được là 12,3 kV, sụt giảm 45%). Điều này giải thích lý do sự cố ngắn mạch không những gây ra hư hỏng thiết bị điện, nguy hiểm cho con người mà còn gây ra mất ổn định hệ thống điện và gián đoạn cung cấp điện.

2.4. Mô phỏng ngắn mạch một pha

Giả sử sự cố ngắn mạch một pha xảy ra trên pha A tại thời điểm 0,1 giây. Kết quả mô phỏng cho dòng điện ngắn mạch một pha thể hiện trên hình 2.6, điện áp phía hạ áp của MBA 1 thể hiện trên hình 2.7.



Hình 2.6. Dạng sóng dòng điện ngắn mạch một pha.



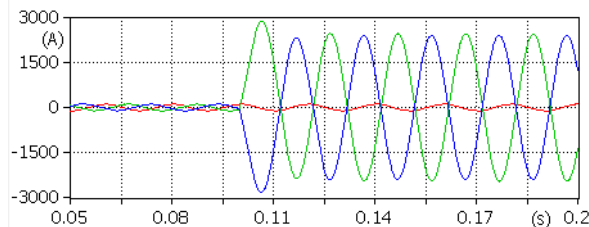
Hình 2.7. Dạng sóng điện áp tại MBA 1 khi ngắn mạch một pha.

Kết quả mô phỏng cho thấy dòng điện ngắn mạch pha A rất lớn (2192 A), dòng điện pha B và C gần như không thay đổi, điện áp pha A tại MBA 1 giảm

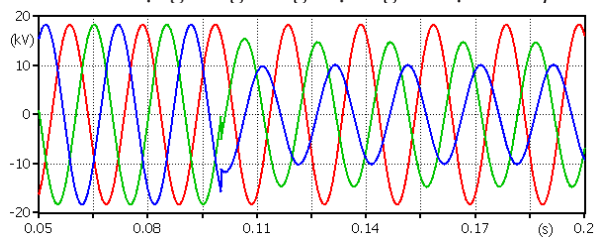
sâu (13,59 kV tức là giảm 40%), trong khi hai pha còn lại giảm không đáng kể.

2.5. Mô phỏng ngắn mạch hai pha

Giả sử sự cố ngắn mạch hai pha xảy ra trên pha B và C tại thời điểm 0,1 giây. Kết quả mô phỏng cho dòng điện ngắn mạch ba pha thể hiện trên hình 2.8, điện áp phía hạ áp của MBA 1 thể hiện trên hình 2.9.



Hình 2.8. Dạng sóng dòng điện ngắn mạch hai pha.

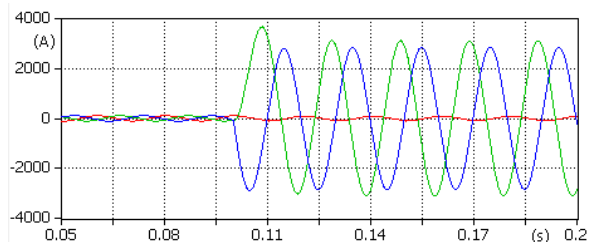


Hình 2.9. Dạng sóng điện áp tại MBA 1 khi ngắn mạch hai pha.

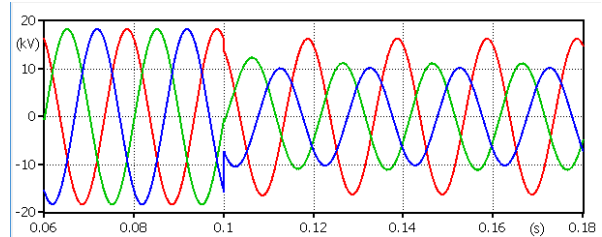
Kết quả mô phỏng cho thấy dòng điện ngắn mạch pha B và C tăng cao và không bằng nhau (1736 A và 1702 A), dòng điện pha A không thay đổi, điện áp pha C tại MBA 1 giảm sâu (45%), điện áp pha B giảm 20% trong khi điện áp pha A không đổi.

2.6. Mô phỏng ngắn mạch hai pha chạm đất

Giả sử sự cố ngắn mạch hai pha chạm đất xảy ra trên pha B và C tại thời điểm 0,1 giây. Kết quả mô phỏng cho dòng điện ngắn mạch ba pha thể hiện trên hình 2.10, điện áp phía hạ áp của MBA 1 thể hiện trên hình 2.11.



Hình 2.10. Dạng sóng dòng điện ngắn mạch hai pha chạm đất.



Hình 2.11. Dạng sóng điện áp tại MBA 1 khi ngắn mạch hai pha chạm đất.

Kết quả mô phỏng cho thấy dòng điện ngắn mạch pha B và C không bằng nhau và tăng cao hơn so với ngắn mạch hai pha (2197 A và 2155 A), dòng điện pha A giảm nhẹ (10%), điện áp pha B và C tại MBA 1 giảm sâu (45%), trong khi điện áp pha A giảm nhẹ (10%).

3. Kết luận

Bài viết trình bày quá trình mô phỏng ngắn mạch khác nhau xảy ra trên lưới phân phối sử dụng phần mềm mô phỏng EMTP. Quá trình mô phỏng được thực hiện bao gồm chế độ vận hành bình thường và bốn loại sự cố ngắn mạch trong thực tế. Người học có thể quan sát kết quả mô phỏng và phân tích các quá trình, sự biến thiên của dòng điện để hiểu sâu sắc hơn hiện tượng ngắn mạch.

Bên cạnh đó, người học có thể sử dụng phương pháp mô phỏng để xác định dòng điện ngắn mạch các loại, và đem kết quả mô phỏng đối sánh với kết quả tính trực tiếp. Điều này mang lại ý nghĩa giúp người học củng cố kiến thức lý thuyết và kiểm tra kết quả tính toán. Đồng thời, dòng điện ngắn mạch lớn nhất và nhỏ nhất được xác định thông qua mô phỏng là cơ sở để cài đặt thông số cho hệ thống bảo vệ rơ le cũng như kiểm tra các thiết bị điện.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lê Văn Út (2016), *Ngắn mạch trong hệ thống điện*. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Phạm Văn Hòa (2016), *Ngắn mạch và đứt dây trong hệ thống điện*. NXB Khoa Học Kỹ Thuật, Hà Nội.
- [3]. J. C. Das (2002), *Power System Analysis - Short-circuit Load Flow and Harmonics*. Marcel Dekker.
- [4]. D. P. Kothari, and I. J. Nagrath (2009), *Modern Power System Analysis*. Tata McGraw-Hill, 3rd ed.