

# Mô hình hóa và mô phỏng hỗ trợ giảng dạy và nghiên cứu chất lượng điện năng

Nguyễn Bá Thế\*, Hồ Thị Mến\*\*, Võ Văn Đức\*

\*Khoa Điện- Điện tử Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

\*\*Trung tâm Thư viện, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Received: 8/02/2024; Accepted: 16/02/2024; Published: 27/02/2024

**Abstract:** Power quality is a major concern in electrical power system. The power quality disturbance such as sag, swell, harmonic distortion and other interruptions have impact on the electrical devices and machines and in severe cases can damage the whole system. This article presents some simulations of power quality disturbances due to short circuits, motor starting and capacitor switching using Matlab/Simulink software. These models contribute as basic simulations for power quality research and teaching as well as towards testing solutions to improve power quality.

**Keywords:** Matlab/Simulink, simulation, power quality.

## 1. Đặt vấn đề

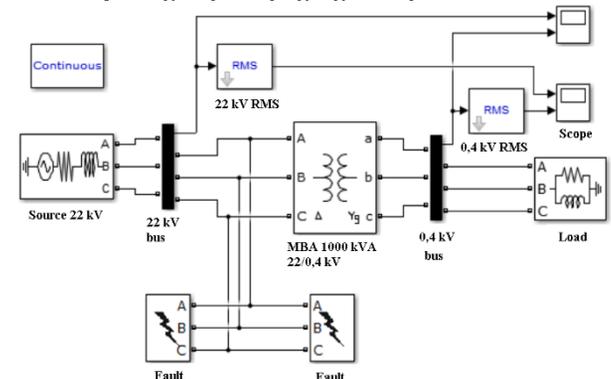
Hiện nay, các thiết bị công nghệ phức tạp đòi hỏi chất lượng điện ngày càng cao. Do đó môn học “chất lượng điện năng” với mục tiêu tìm hiểu các vấn đề về chất lượng điện, nguyên nhân và ảnh hưởng của nó đến hiệu quả kinh tế kỹ thuật của các thiết bị dùng điện và các giải pháp nâng cao chất lượng điện năng.

Chất lượng điện năng là một trong những yêu cầu cơ bản được cung cấp cho khách hàng sử dụng điện. Sự xuất hiện của lưới điện thông minh càng làm nổi bật tầm quan trọng của chất lượng điện năng. Nghiên cứu chất lượng điện năng là nghiên cứu các hiện tượng khác nhau gây ra sự nhiễu loạn về chất lượng điện năng và đề xuất giải pháp giảm thiểu. Để xây dựng giải pháp giảm thiểu phù hợp cho vấn đề chất lượng điện, cần phải hiểu rõ hiện tượng nhiễu loạn chất lượng điện và nguyên nhân của nó. Với sự tiến bộ của công nghệ máy tính và phát triển phần mềm, việc mô phỏng nhiễu loạn chất lượng điện có thể thực hiện được. Phương pháp mô hình hóa và mô phỏng đã trở thành một trong những phương pháp nghiên cứu được sử dụng rộng rãi để mô hình hóa và mô phỏng các nhiễu loạn chất lượng điện khác nhau. Từ đó giúp người dạy, người học cũng như các nhà nghiên cứu hiểu biết sâu sắc hơn nguyên nhân cốt lõi của sự nhiễu loạn chất lượng điện. Nó cũng cho phép nhà nghiên cứu thực hiện các kịch bản giả định bằng cách thay đổi mô hình hoặc các tham số mô phỏng để kiểm tra giải pháp của họ. Có rất nhiều phần mềm có thể sử dụng, phổ biến là PSCAD, ATP/EMTP, Matlab với Power System Toolbox [1, 2, 3, 4]... Bài viết này trình bày một số mô phỏng hiện tượng nhiễu loạn điện năng trên nền tảng Matlab/Simulink.

## 2. Nội dung nghiên cứu

Các mô hình mô phỏng được xây dựng trên nền tảng Matlab/Simulink. Nó được sử dụng để mô phỏng các nhiễu loạn chất lượng điện khác nhau và quan sát xem các nhiễu loạn này làm biến dạng sóng hình sin của hệ thống điện như thế nào. Hệ thống điện được xây dựng đơn giản, nhưng có thể phát triển cho các hệ thống phức tạp hơn. Cấp điện áp phân phối được sử dụng trong mô hình dựa trên thông số của hệ thống điện Việt Nam [3].

### 2.1. Mô phỏng hiện tượng ngắn mạch

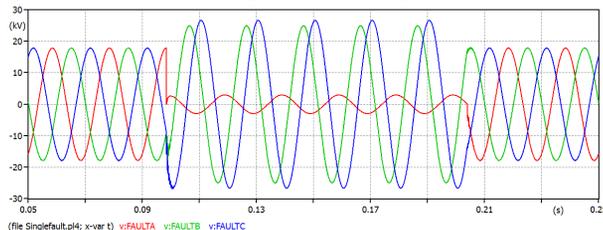


Sơ đồ 2.1. Mô phỏng ngắn mạch trên Matlab/Simulink

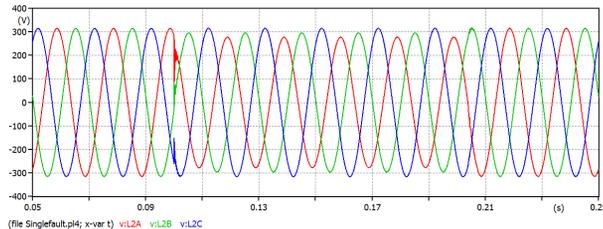
Mô phỏng ngắn mạch trên đường dây để phân tích hiện tượng sụt giảm điện áp ngắn hạn (voltage sag). Nguồn có điện áp 22 kV,  $S_H = 250\text{MVA}$ , tần số 50 Hz kết nối với máy biến áp 1000 kVA, 22/0,4 kV và phụ tải 800 kW, 300 kVAR.

Sự cố ngắn mạch một pha là sự cố phổ biến nhất trong hệ thống điện (chiếm khoảng 80% tổng số sự cố trong hệ thống điện Việt Nam). Sơ đồ 2.1 là mô

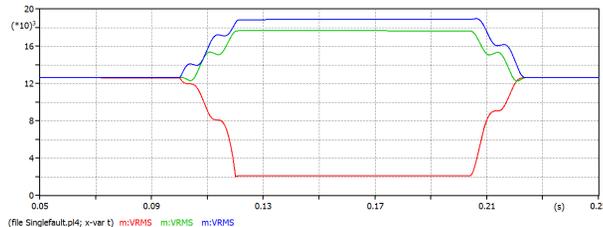
hình mô phỏng ngắn mạch một pha trên Matlab/Simulink. Dạng sóng sụt giảm điện áp ngắn hạn do sự cố ngắn mạch một pha trên đường dây trên pha A từ thời điểm 0,098 giây (tại đỉnh điện áp pha A) đến 0,2 giây với điện trở sự cố là  $10 \Omega$  thể hiện trên hình 2.1 và 2.2, giá trị hiệu dụng trên hình 2.3 và 2.4. Có thể thấy, đường dây 22 kV bị sụt áp sâu ở pha A và sự giảm nhẹ ở pha B và C (pha không có sự cố- hình 2.2- 2.5). Ở điện áp phụ tải 0,4kV, độ sụt giảm điện áp pha A nhỏ hơn đường dây 22 kV do ảnh hưởng của máy biến áp và đường dây (hình 2.2, 2.6). Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng, khi xảy ra ngắn mạch, điện áp gần điểm ngắn mạch sẽ giảm sâu có thể gây nên các hiện tượng không mong muốn. Thời gian diễn ra phụ thuộc vào thời gian giải trừ sự cố, có thể rất ngắn nếu sự cố thoáng qua, có thể dẫn đến gián đoạn khi hệ thống rơ le tác động cắt điện bảo vệ.



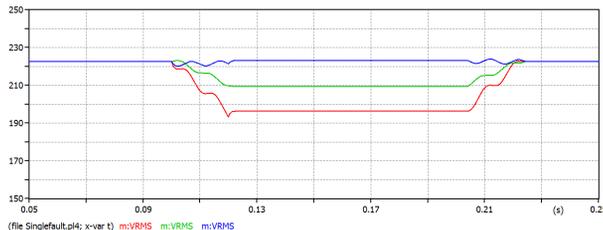
Hình 2.1. Dạng sóng điện áp ba phía 22 kV



Hình 2.2. Dạng sóng điện áp ba phía 0,4 kV

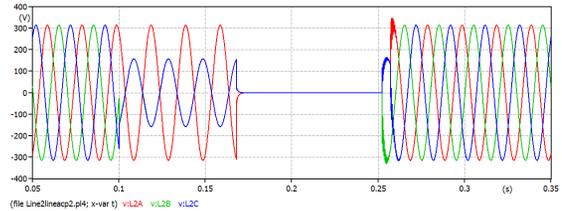


Hình 2.3. Điện áp hiệu dụng phía 22 kV



Hình 2.4. Điện áp hiệu dụng phía 0,4 kV

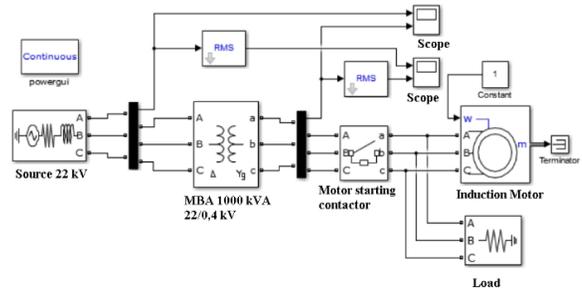
Có thể thay đổi mô hình bằng cách điều chỉnh dạng ngắn mạch, chẳng hạn ngắn mạch hai pha, có thể dẫn đến ngắt nguồn do sự tác động của rơ le bảo vệ. Kết quả mô phỏng hiện tượng ngắn mạch hai pha (tại thời điểm 0,1 giây) dẫn đến mất điện (thời điểm 0,168 giây) và suk cố giải trừ tại thời điểm 0,25 giây thể hiện trên hình 2.5.



Hình 2.5. Mô phỏng ngắn mạch hai pha dẫn đến mất điện: Điện áp phía 0,4 kV.

## 2.2. Mô phỏng hiện tượng khởi động động cơ

Động cơ không đồng bộ có đặc điểm là dòng điện khởi động lớn hơn nhiều lần so với dòng làm việc. Mô hình khởi động động cơ không đồng bộ [9] [10] [18] được sử dụng để mô phỏng hiện tượng sụt áp do khởi động động cơ nghiệp công suất lớn trên Matlab/Simulink thể hiện trên hình 2.6.

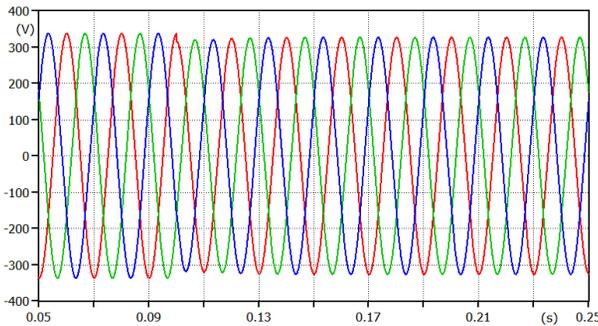


Hình 2.6. Mô phỏng khởi động động cơ ba pha trên Matlab/Simulink.

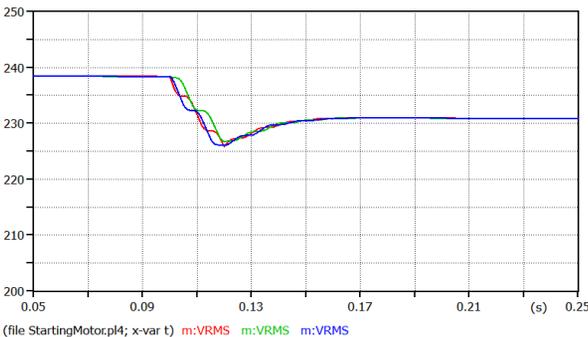
Với hệ thống điện như ví dụ trên, phụ tải 120 kW, 90 kVAR mắc song song với động cơ ba pha không đồng bộ 37,5 kW (50 Hp) có thông số như sau:

Điện áp (V)	Dòng điện (A)	$R_1(\Omega)$	$X_1(\Omega)$	$X_m(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$X_2(\Omega)$
380	57	0,322	0,657	12,5	0,196	0,510

Kết quả mô phỏng dạng sóng điện áp phía hạ áp khi đóng công tắc tơ khởi động động cơ không đồng bộ ba pha thể hiện trên hình 2.7. Độ sụt giảm điện áp động phụ thuộc vào công suất của động cơ. Rất khó nhận biết độ sụt giảm điện áp vì điện áp rơi rất nhỏ, do vậy, cần sử dụng phân tích RMS (root mean square- giá trị hiệu dụng) thì tốt hơn (hình 2.8). Kết quả mô phỏng cho thấy, quá trình khởi động động cơ thường diễn ra trong thời gian ngắn, sự sụt giảm điện áp nhẹ, với công suất động cơ không lớn thì hầu như không ảnh hưởng đến chế độ vận hành.

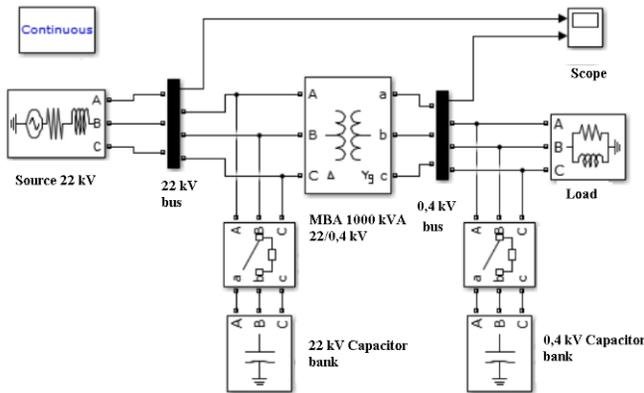


Hình 2.7. Dạng sóng điện áp ba phía 0,4 kV



Hình 2.8. Điện áp hiệu dụng phía 0,4 kV

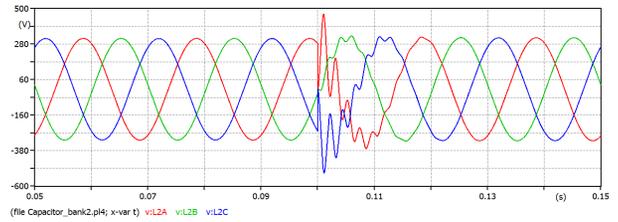
### 2.3. Mô phỏng quá độ khi đóng tụ bù



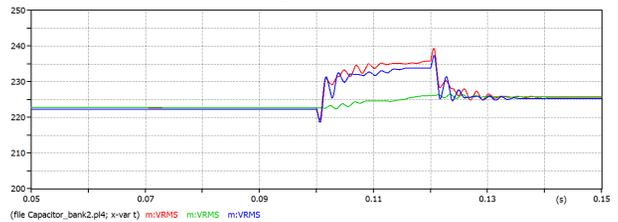
Hình 2.9. Mô phỏng quá độ khi đóng tụ bù trên Matlab/Simulink.

Đóng tụ để bù công suất phản kháng là hoạt động bình thường có thể xảy ra bất cứ khi nào cần hiệu chỉnh điện áp, nâng cao hệ số công suất. Mô hình đóng điện dây tụ bù được mô phỏng trên Matlab/Simulink thể hiện thể hiện trên hình 2.9. Mô hình này được sử dụng để mô phỏng quá trình quá độ dao động điện áp gây ra bởi việc đóng tụ điện. Các thông số lưới và phụ tải như trường hợp đầu. Một dàn tụ điện được nối với bộ cấp nguồn thông qua máy cắt ba pha làm bộ phận chuyển mạch. Bộ tụ điện được đặt ở phía 22kV hoặc phía 0,4 kV có công suất 300 kVAR.

Kết quả mô phỏng quá trình đóng tụ bù phía 0,4 kV thể hiện trên hình 2.10- 2.11. Có thể thấy khi đóng tụ điện, xảy ra quá độ trong thời gian ngắn (khoảng một chu kỳ, tức là 0,02 giây, sau đó điện áp tăng nhẹ.



Hình 2.10. Dạng sóng điện áp ba phía 0,4 kV khi đóng tụ bù.



Hình 2.11. Điện áp hiệu dụng phía 0,4 kV khi đóng tụ bù.

### 3. Kết luận

Phương pháp mô phỏng cung cấp cho giảng viên sự linh hoạt để tạo ra các mô hình hệ thống điện nhằm mô phỏng các hiện tượng nhiễu loạn chất lượng điện bằng cách kết nối các khối chức năng khác nhau trong môi trường mô phỏng. Trong phạm vi bài viết, tác giả trình bày mô phỏng hiện tượng ngắn mạch, khởi động động cơ và đóng cắt tụ bù, chúng sẽ gây ra sụt giảm điện áp ngắn hạn (voltage sag), ngắt điện (interruption) và quá độ (transient). Các mô hình này đóng góp như các mô phỏng cơ bản cho việc nghiên cứu và giảng dạy chất lượng điện năng cũng như hướng đến kiểm định giải pháp nâng cao chất lượng điện năng.

#### Tài liệu tham khảo

1. Ahmed F. Zobaa, Shady H. E. Abdel Aleem. *Power Quality in Future Electrical Power Systems*. Institution of Engineering and Technology, ISBN 978-1-78561-124-7.
2. C. Sankaran. *Power Quality*. NXB CRC London, ISBN 0-8493-1040-7.
3. Trần Đình Long et al. *Sách tra cứu về chất lượng điện năng*. NXB Bách Khoa, Hà nội, 2013.
4. Rodney H.G. Tan and Vigna K. Ramachandaramurthy. *A Comprehensive Modeling and Simulation of Power Quality Disturbances Using MATLAB/SIMULINK*, InTech 2015.