

Xây dựng mô hình ảo trên máy tính cho máy biến áp một pha trong dạy học máy điện

Nguyễn Anh Tuấn*

*ThS. Khoa Điện- Điện tử, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh
Received: 8/02/2024; Accepted: 17/02/2024; Published: 27/02/2024

Abstract: The transformer is an important device in the electrical system. This article introduces a virtual model designed within the EMTP software for testing a single-phase power transformer. The models presented in this study emulate real-world tests such as the no-load test, short-circuit test, and load test with high accuracy. This virtual laboratory model is attractive to students and helps them to gain a deeper understanding of the operational aspects of power transformers, from which they can apply it in real practice.

Keywords: EMTP, simulation, virtual models, transformer

1. Đặt vấn đề

Máy biến áp (MBA) là một trong những thiết bị quan trọng trong ngành điện lực cũng như đời sống. Vì vậy, trong chương trình ngành kỹ thuật điện, MBA là một trong những nội dung trọng tâm. Trong phòng thí nghiệm máy điện, sinh viên (SV) thực hiện một số thí nghiệm cơ bản với MBA một pha và ba pha. Các thí nghiệm này bao gồm thí nghiệm hở mạch, thí nghiệm ngắn mạch, thí nghiệm MBA có tải... Các thí nghiệm như vậy cung cấp hiểu biết sâu sắc về kiến thức và kỹ năng kiểm định MBA cũng như tác phong, ý thức vận hành máy móc thiết bị. Trong thí nghiệm thực tế, SV được nghiên cứu quy trình thực hiện thí nghiệm MBA, được trực tiếp thao tác trên thiết bị thực. Có rất nhiều kỹ năng SV có thể học được thông qua thí nghiệm như: kỹ năng quan sát, so sánh, phân loại, giải quyết vấn đề, làm việc nhóm, giao tiếp,...

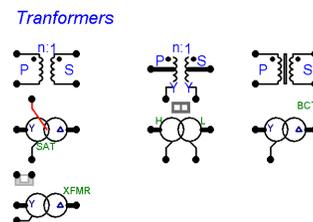
Ý nghĩa của thí nghiệm trên thiết bị thực rất lớn, tuy nhiên, chi phí xây dựng các phòng thí nghiệm rất đắt tiền, cũng cần tính đến chi phí bảo dưỡng hàng năm. Hơn nữa, số lượng bàn thí nghiệm hạn chế không đáp ứng được số lượng SV đông nên không phải trường nào cũng đáp ứng được. Do đó các trường cần tìm giải pháp khác: Sử dụng các thí nghiệm ảo. Mặc dù hiệu quả không thể bằng SV trực tiếp thao tác trên thiết bị thực, tuy nhiên thí nghiệm ảo phần nào đáp ứng yêu cầu về tìm hiểu sâu sắc về MBA.

Phần mềm sử dụng để mô phỏng MBA được các nhà nghiên cứu khai thác sử dụng nhiều nhất là Matlab/Simulink. Có nhiều nghiên cứu đã được công bố về lĩnh vực này. Có thể kể đến mô hình MBA một pha trên MATLAB Simulink đã được thử nghiệm bởi Ayasun và Nwankpa [1], nhóm Srimanti

Roychoudhury và đồng nghiệp [2] trong đó họ đã làm việc với mô hình “MBA tuyến tính” có sẵn trong Simulink hoạt động với đường cong từ hóa tuyến tính. Ở Việt Nam có tác giả Ngô Xuân Cường xây dựng mô phỏng MBA 3 pha [3] cũng sử dụng phần mềm Matlab/Simulink. Tuy nhiên, việc xây dựng mô hình MBA trong các nghiên cứu này đòi hỏi kiến thức chuyên sâu về máy điện, điều mà SV chưa thể có được trong môi trường giáo dục đại học. Trong bài viết này chúng tôi giới thiệu phần mềm EMTP để thực hiện các bài thí nghiệm MBA một pha trên máy tính trong giảng dạy học phần máy điện. So với phần mềm Matlab, mô hình MBA trong EMTP được tích hợp sẵn, dễ sử dụng hơn. Các mô hình này dễ dàng tích hợp vào các bài giảng và hướng dẫn thực hiện thí nghiệm ảo MBA trong các máy tính cá nhân.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Các mô đun máy biến áp trong phần mềm EMTP



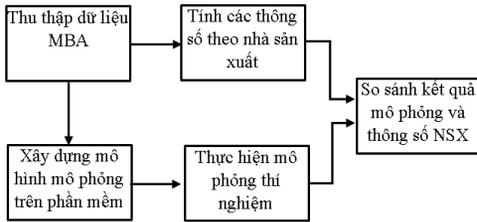
Hình 2.1. Các mô đun mô phỏng MBA trên phần mềm EMTP.

Phần mềm EMTP (Electro-Magnetic Transients Program) là một chương trình máy tính dùng cho việc mô phỏng các quá trình quá độ điện từ, điện cơ và hệ thống điều khiển trong hệ thống điện nhiều pha. EMTP đang được sử dụng rộng rãi trên toàn thế

giới trong các lĩnh vực tính toán thiết kế cũng như vận hành cho các loại thiết bị khác trong hệ thống điện. Phần mềm EMTP có nhiều mô đun máy biến áp cho các loại mô phỏng khác nhau (hình 2.1), chẳng hạn MBA lý tưởng (không có tổn hao), MBA có đặc tính vật liệu từ tuyến tính, MBA có đặc tính vật liệu từ phi tuyến...

2.2. Thí nghiệm không tải và ngắn mạch

Để tìm hiểu các thông số kỹ thuật của MBA, cần tiến hành các bài thí nghiệm ảo và so sánh với thông số được cung cấp bởi nhà sản xuất. Như vậy, quy trình thực hiện thể hiện trên sơ đồ 2.1. Thông số MBA được thu thập từ thiết bị thực của nhà sản xuất. Các thông số kỹ thuật định mức được tính trên cơ sở dữ liệu này. Kết quả mô phỏng sẽ được so sánh, phân tích so với thông số của nhà sản xuất.



Sơ đồ 2.1. Mô tả quy trình thực hiện thí nghiệm ảo trên máy tính.

Xét MBA một pha với thông số từ nhà sản xuất như sau: $S_{dm} = 50 \text{ kVA}$, $35/0,23 \text{ kV}$, $P_0 = 108 \text{ W}$, $i_0 = 1,5\%$, $P_N = 570 \text{ W}$, $u_N = 4\%$.

Theo dữ liệu này, thông số của MBA được tính:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{50}{35} = 1,428 \text{ (A)}$$

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{50}{0,23} = 217,4 \text{ (A)}$$

$$I_0 = i_0 \cdot I_{1dm} = \frac{1,5}{100} \cdot 1,428 = 0,0214 \text{ (A)}$$

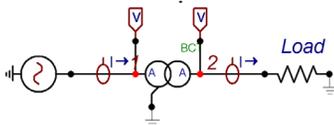
$$U_N = u_N \cdot U_{1dm} = \frac{4}{100} \cdot 35000 = 1400 \text{ (V)}$$

Các bước thực hiện:

Bước 1: Xây dựng sơ đồ thí nghiệm.

- Khởi động phần mềm.

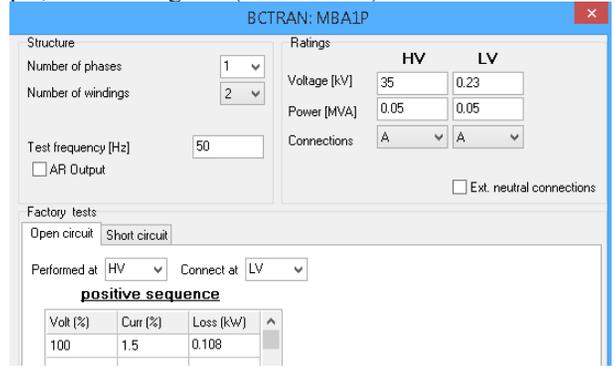
- Tạo file mới, lựa chọn các phần tử trong sơ đồ thí nghiệm: Source (nguồn), Transformer (chọn mô đun máy biến áp BCTRAN), phụ tải một pha R-L, mô đun đo lường dòng điện, điện áp. Sơ đồ thí nghiệm trên phần mềm EMTP thể hiện trên hình 2.2.



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

Bước 2: Nhập dữ liệu thí nghiệm.

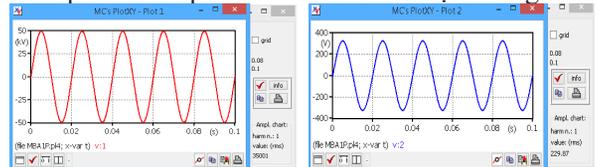
Các thông số của MBA được cài đặt trong mô đun (hình 2.3) với lưu ý về đơn vị mặc định của phần mềm (chẳng hạn công suất MBA dưới dạng MVA). Phần mềm chỉ thực hiện được khi mạch khép kín, vì vậy với thí nghiệm ngắn mạch, để phụ tải vô cùng nhỏ ($R = 0,00001 \Omega$), trong thí nghiệm không tải để phụ tải vô cùng lớn ($R = 10 \text{ M}\Omega$)



Hình 2.3. Cài đặt thông số MBA

Bước 3: Chạy phần mềm cho kết quả mô phỏng thí nghiệm.

Sau khi nhập dữ liệu tất cả các phần tử trong sơ đồ thí nghiệm, cài đặt thời gian mô phỏng và chạy phần mềm. Thu thập các thông số cần đo và xử lý thông tin. Hình 2.4 thể hiện điện áp không tải phía sơ cấp và thứ cấp của MBA khi làm việc không tải.



Hình 2.4. Điện áp phía sơ cấp và thứ cấp trong thí nghiệm không tải

Về cách thí nghiệm đo thông số MBA đã được trình bày trong các giáo trình [4]. Với thí nghiệm không tải, đặt điện áp định mức (35000 V) vào phía sơ cấp, đo dòng điện, điện áp và công suất. Kết quả thí nghiệm mô phỏng và so sánh với thông số nhà sản xuất thể hiện trong bảng 2.1.

Bảng 2.1. So sánh kết quả thí nghiệm không tải với thông số nhà sản xuất

	Nhà sản xuất	Kết quả thí nghiệm	Sai số
U_1	35 000 V	35 000 V	0,0 %
U_2	230 V	229,87 V	0,06%
I_0	0,0214 A	0,0214 A	0,0 %
P_0	108 W	108,02 W	0,02%

Với thí nghiệm đo thông số ngắn mạch, lần lượt điều chỉnh điện áp nguồn và đo dòng điện đến khi

chỉ số dòng điện bằng dòng định mức. Cài đặt điện trở tải về xấp xỉ 0 ($R = 0,00001 \Omega$), tiến hành điều chỉnh điện áp nguồn lần lượt từ 1% (tương ứng với 350 V). Kết quả đo lường thí nghiệm ngắn mạch thể hiện trong bảng 2.2.

Bảng 2.2. Kết quả thí nghiệm ngắn mạch

U_1 (V)	350	700	1050	1400	1750
I_N (A)	0,3524	0,7056	1,0573	1,4097	1,7621

Sử dụng phương pháp ngoại suy để tìm được khi $I_N = I_{ldm} = 1,428$ A tương ứng với điện áp 1428 V. Điều chỉnh điện áp nguồn đến giá trị 1428 V và đo công suất ngắn mạch, so sánh với thông số nhà sản xuất thể hiện trong bảng 2.3.

Bảng 2.3. So sánh kết quả thí nghiệm ngắn mạch với thông số nhà sản xuất

	Nhà sản xuất	Kết quả thí nghiệm	Sai số
U_0	1400 V	1428 V	2%
u_0	4%	4,05 %	2%
P_0	570 W	577 W	1,2%

Như vậy, kết quả mô phỏng thí nghiệm MBA trong chế độ ngắn mạch và không tải trên phần mềm EMTP với các thông số cài đặt cho kết quả khá chính xác so với thông số kỹ thuật cho bởi nhà sản xuất. Trong đó, thông số đo không tải cho sai lệch rất bé (dưới 1%), thông số đo ngắn mạch cho sai lệch lớn hơn (1,2 đến 2%).

2.3. Thí nghiệm máy biến áp có tải

Để khảo sát ảnh hưởng của phụ tải đến điện áp và hiệu suất của MBA, phụ tải 50 kVA có tính chất điện kháng với hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$ được sử dụng để thí nghiệm. Điều chỉnh phụ tải theo các hệ số 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 tiến hành đo điện áp phía thứ cấp và công suất đầu vào, đầu ra MBA. Kết quả thể hiện trong bảng 2.4.

Bảng 2.4. So sánh kết quả thí nghiệm ngắn mạch với thông số nhà sản xuất

K_t	U_2 (V)	P_2 (W)	P_1 (W)	Hiệu suất	Hiệu suất tt	Sai lệch %
0	229,87	0,0005	108,02	0,00	0,00	0,0
0,2	228,35	8025,3	8155,7	0,9840	0,9840	0,0
0,4	226,82	16008	16214	0,9873	0,9877	0,04
0,6	225,25	24013	24331	0,9869	0,9871	0,02
0,8	223,66	31997	32497	0,9863	0,9855	0,09
1	222,05	400023	40777	0,9815	0,9833	0,18

Trong đó, hiệu suất làm việc của MBA tính theo kết quả thí nghiệm theo:

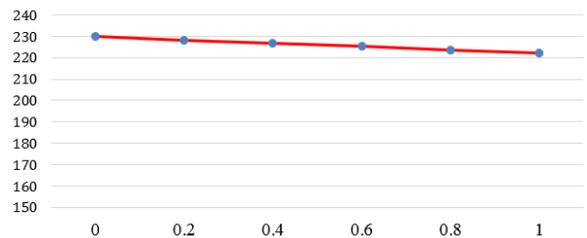
$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Hiệu suất tính toán theo lý thuyết theo công thức:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + k_1^2 P_N}$$

Kết quả mô phỏng cho thấy với phụ tải có tính điện cảm, khi hệ số tải tăng thì điện áp giảm, điều này phù hợp với lý thuyết. Đường đặc tính phụ tải thể hiện trên hình 2.5 và bảng 2.4 cho thấy: Hiệu suất theo kết quả mô phỏng sai lệch không đáng kể so với hiệu suất tính toán theo lý thuyết (dưới 1%).

Đặc tính điện áp với tải R-L



Hình 2.5. Đường đặc tính điện áp của MBA với tải R-L.

Trong thí nghiệm có tải, GV có thể giao SV điều chỉnh phụ tải để xây dựng đường đặc tính với các loại phụ tải khác nhau. Từ đó gây hứng thú cho SV chủ động tìm tòi kiến thức mới.

3. Kết luận

Bài viết trình bày thí nghiệm ảo máy biến áp một pha bằng mô phỏng trên phần mềm EMTP. Các thí nghiệm này bao gồm các mô hình đo lường điện, mô phỏng thí nghiệm không tải, thí nghiệm ngắn mạch và thí nghiệm có tải. Thí nghiệm mô phỏng cho kết quả chính xác cao so với thông số ngắn mạch và không tải của nhà sản xuất cung cấp. Với trường hợp có tải, đường đặc tính điện áp làm việc và hiệu suất theo mô phỏng phù hợp với lý thuyết. Mô hình phỏng thí nghiệm ảo này hấp dẫn đối với sinh viên và giúp sinh viên có thể hiểu sâu hơn về các khía cạnh hoạt động của MBA.

Tài liệu tham khảo

1. Ayasun, Saffet, and Chika O. Nwankpa. "Transformer tests using MATLAB/Simulink and their integration into undergraduate electric machinery courses." Computer Applications in Engineering Education 14.2 (2006): 142-150.
2. Roychoudhury, Srimanti, et al. "Virtual laboratory for performing tests on a single-phase power transformer." IETE Journal of Education 55.1 (2014): 11-25.
3. Ngô Xuân Cường (2021), *Xác định các tham số mô phỏng và xây dựng phòng thí nghiệm ảo cho máy biến áp ba pha*. Hội nghị khoa học toàn quốc về cơ khí – điện – tự động hóa, Trang 69-77.