

Virtual lab of three-phase electric power experiments

Doan Duc Tung*, Le Thai Hiep, Doan Thanh Bao

Department of Engineering and Technology, Quy Nhon University

Received: 15/05/2019; Accepted: 15/06/2019

ABSTRACT

The paper presents the application of theory of electric theory and modeling methods to develop algorithms flowchart and build graphic user interface designs on computers. The program aims to simulate virtual experiments of three phase electric power theory without having to use practical devices. Typical applications of the program are to simulate symmetrical and asymmetrical three-phase circuit experiments for analyzing the relationship among the phase and the magnitude of currents, the line to line and line to ground voltages under the star- (Y) and delta- (Δ) connected configurations in the symmetrical three-phase system. Moreover, it could be used to measure the 3-phase load power capacity by the 1-wattmeter and 2-wattmeter methods. Each process of measuring, calculating and processing results of the software program is verified and retested accurately with the practical experiments. Finally, this paper shows results in the form of tables or graphs within the experiment scopes.

Keywords: *Virtual experiment, three-phase circuit, symmetrical circuit, asymmetrical circuit, star circuit, delta circuit.*

*Corresponding author.

Email: doanductung@qnu.edu.vn

Thí nghiệm ảo mạch điện ba pha

Đoàn Đức Tùng*, Lê Thái Hiệp, Đoàn Thanh Bảo

Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn

Ngày nhận bài: 15/05/2019; Ngày nhận đăng: 15/06/2019

TÓM TẮT

Bài báo trình bày ứng dụng lý thuyết về Lý thuyết mạch và Phương pháp mô hình hóa trên máy tính để nghiên cứu, xây dựng lưu đồ thuật toán, thiết kế giao diện và viết chương trình nhằm mô phỏng thí nghiệm, thực hành (TN – TH) ảo về Lý thuyết mạch mà không phải dùng các thiết bị thật. Kết quả được thực hiện mô phỏng cho các thí nghiệm mạch điện ba pha đối xứng và không đối xứng với các nội dung như phân tích, nghiệm lại quan hệ về pha và mô đun giữa dòng, áp dây và pha trong hệ pha đối xứng nối hình sao (Y) và hình tam giác (Δ); đo công suất tải 3 pha theo phương pháp 1 wattmet, 2 wattmet; xuất kết quả đo dưới dạng bảng số liệu hoặc đồ thị.

Từ khóa: *Thí nghiệm ảo, mạch điện ba pha, mạch đối xứng, mạch không đối xứng, mạch hình sao, mạch hình tam giác.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những yêu cầu cấp thiết của việc đổi mới phương pháp dạy học hiện nay là tăng cường sử dụng phương tiện dạy học hiện đại và ứng dụng công nghệ thông tin trong dạy học. Đặc biệt đối với các ngành kỹ thuật thì việc sử dụng phương tiện dạy học hiện đại và ứng dụng công nghệ thông tin càng có ý nghĩa quan trọng trong giai đoạn phát triển nhanh của công nghệ như hiện nay. Việc hạn chế về trang thiết bị hiện đại trong đào tạo nhằm đáp ứng cho từng mô đun, môn học dẫn đến việc sinh viên sau khi tốt nghiệp thường gặp nhiều lúng túng bỡ ngỡ trong thực hành. Có thể khắc phục hạn chế này bằng cách xây dựng các thí nghiệm - thực hành ảo có đủ mô hình các trang thiết bị như thật để sinh viên có thể làm quen với thiết bị, thao tác trên các thiết bị, đo đạc các thông số vật lý, khảo sát các đặc tính, thử nghiệm dễ dàng các chế độ của mạch, đọc chỉ số thiết bị đo một cách thành

thạo nhằm trau dồi các kỹ năng.^{4,5,6,7} Do vậy, việc xây dựng các bài thí nghiệm - thực hành ảo Lý thuyết mạch bao gồm các thiết bị đo lường hiện đại cùng các panel thí nghiệm tổng hợp có ý nghĩa rất lớn trong công tác đào tạo, giảng dạy và nghiên cứu tại các cơ sở đào tạo.

2. MẠCH ĐIỆN BA PHA

2.1 Khái quát

- Nguồn điện ba pha có thể lấy ra từ máy phát điện xoay chiều đồng bộ ba pha hoặc từ các máy biến áp ba pha ở các trạm biến áp. Nguồn áp đối đối xứng có các sức điện động (sđđ) hoàn toàn giống nhau và lệch nhau 120° ứng với thời gian $1/3$ chu kỳ. Ta có biểu thức các sđđ đó.¹

Sức điện động pha A:

$$e_A(t) = E_A \sqrt{2} \sin \omega t$$

Sức điện động pha B:

$$e_B(t) = E_B \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{3})$$

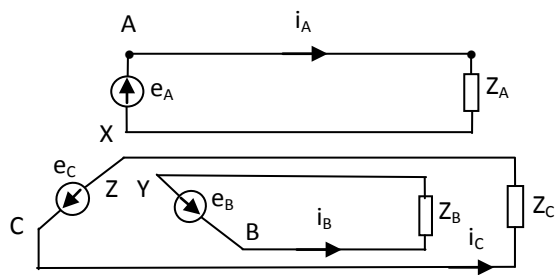
*Tác giả liên hệ chính.

Email: doanductung@qnu.edu.vn

Sức điện động pha C:

$$e_c(t) = E_C \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

- Nếu các nguồn điện nối riêng rẽ với các tải có tổng trở pha Z_A, Z_B, Z_C ta có hệ thống ba pha gồm ba mạch một pha nhưng không liên hệ nhau (hình 1). Mỗi mạch điện gọi là một pha của mạch điện ba pha.¹



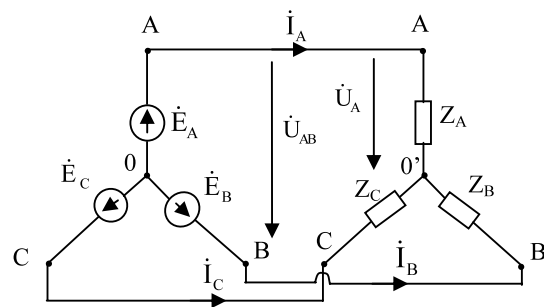
Hình 1. Hệ thống 3 pha nối riêng rẽ

- Mạch ba pha không liên hệ (hình 1), trong thực tế không dùng cách nối dây này vì không kinh tế. Thường ba pha của nguồn nối liền với nhau, ba pha của tải nối liền với nhau và có đường dây ba pha nối giữa nguồn với tải, dẫn điện năng từ nguồn đến tải. Thông thường dùng 2 cách nối: nối hình sao (ký hiệu Y) và nối hình tam giác (ký hiệu Δ).¹

2.2. Quan hệ giữa dòng điện và điện áp dây, pha trong mạch 3 pha đối xứng

2.2.1. Sơ đồ nối sao - sao (Y-Y)

+ Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha:



Hình 2. Sơ đồ nối sao - sao (Y-Y).²

- Về trị số hiệu dụng: điện áp dây lớn hơn điện áp pha $\sqrt{3}$ lần: $U_d = \sqrt{3}U_f$

- Về góc pha: $\dot{U}_{AB}$ vượt trước $\dot{U}_A$ là 30° .

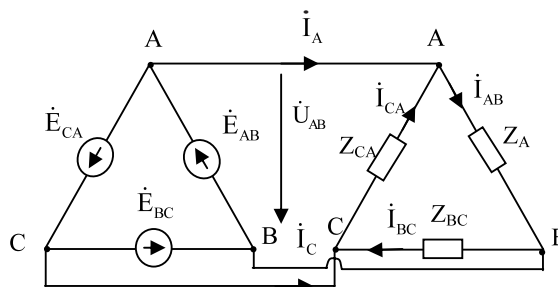
+ Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha:

- Về trị số hiệu dụng: $I_d = I_f$

- Về góc pha: $\dot{I}_d = \dot{I}_f$

2.2.2. Sơ đồ nối tam giác - tam giác (Δ - Δ):

+ Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha:



Hình 3. Sơ đồ nối Δ - Δ

- Về trị số hiệu dụng: $U_d = U_f$

- Về góc pha: $\dot{U}_d = \dot{U}_f$

+ Quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha:

- Về trị số hiệu dụng: Dòng điện dây bằng $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha: $I_d = \sqrt{3}I_f$

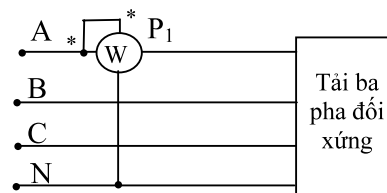
- Về góc pha: dòng điện dây chậm sau dòng điện pha là 30° .

2.3. Đo công suất tải 3 pha bằng các Wattmet

2.3.1. Đo công suất mạch ba pha đối xứng

Ta chỉ cần đo công suất một pha, công suất ba pha là: $P = 3P_f = 3P_1$

với P_1 - chỉ số của oamét (Wattmeter) một pha.

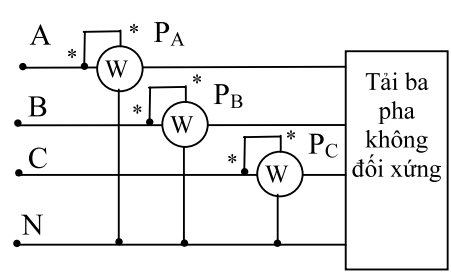


Hình 4. Đo công suất bằng 1 wattmet

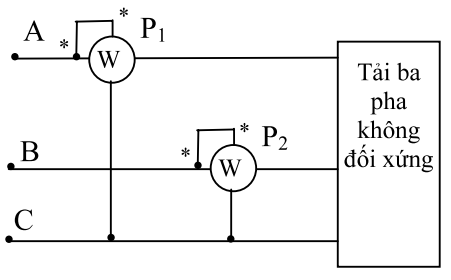
2.3.2. Đo công suất mạch ba pha không đối xứng:

Để đo công suất mạch ba pha bốn dây không đối xứng ta dùng ba oamét để đo công suất từng pha. Công suất ba pha là:^{1,2,3}

$$P = P_A + P_B + P_C$$



Hình 5. Đo công suất bằng 3 wattmet



Hình 6. Đo công suất bằng 2 wattmet

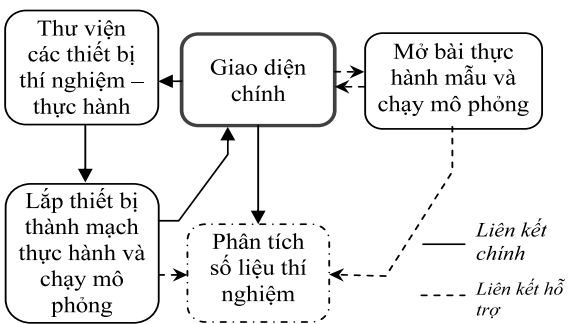
Với mạch ba pha ba dây đối xứng hoặc không đối xứng có thể dùng hai oamét nối dây như hình 6. Công suất của toàn mạch là:

$$P = P_1 + P_2 = P_A + P_B + P_C$$

3. THÍ NGHIỆM ẢO MẠCH ĐIỆN BA PHA

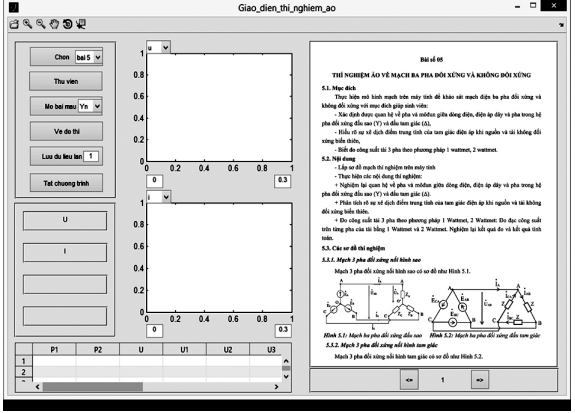
Xuất phát từ cơ sở khoa học về lý thuyết mạch điện, kết hợp với kỹ thuật lập trình trên MatLab bài báo đã nghiên cứu xây dựng mô hình thí nghiệm để thực hiện mô phỏng cho các bài thí nghiệm Lý thuyết mạch, trong phần này sẽ trình bày các thí nghiệm về “Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng”.

Quá trình thực hiện thí nghiệm được thực hiện theo sơ đồ như hình 7. Sinh viên thực hiện các bước thí nghiệm theo các liên kết chính trong sơ đồ, trong đó sinh viên có thể xem bài thí nghiệm mẫu để thuận tiện cho việc làm thí nghiệm.



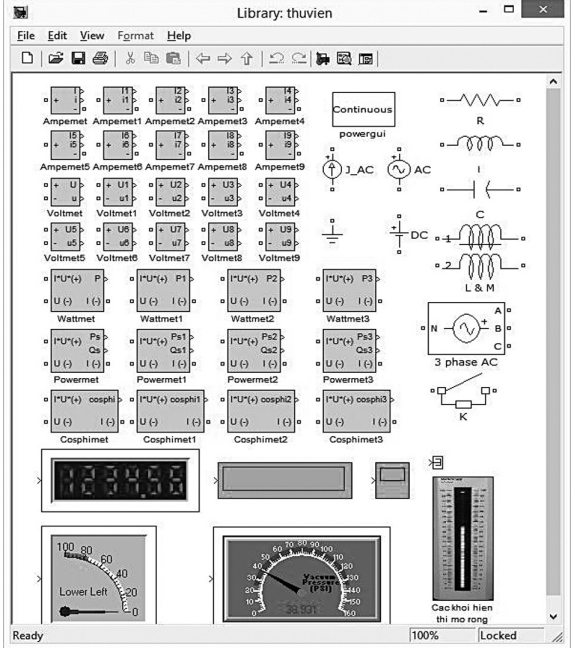
Hình 7. Sơ đồ quá trình tiến hành thí nghiệm

Trên cơ sở kỹ thuật lập trình trên ngôn ngữ MatLab, bài báo xây dựng các bài thí nghiệm lý thuyết mạch có giao diện chính như hình 8.



Hình 8. Giao diện thí nghiệm - thực hành ảo lúc mới khởi động

Trên giao diện chính nhấn vào Tab “Thu vien” lấy các thiết bị để lắp mạch thí nghiệm - thực hành. Giao diện các thiết bị như hình 9.



Hình 9. Giao diện các thiết bị thí nghiệm ảo

Trên giao diện chính được thiết kế với nhiều tính năng như: Chọn các bài thực hành mẫu đã có (có 5 bài, mỗi bài có nhiều sơ đồ thí nghiệm), thư viện các thiết bị thí nghiệm, có thể lưu và hiển thị dữ liệu cho mỗi lần làm thí nghiệm.

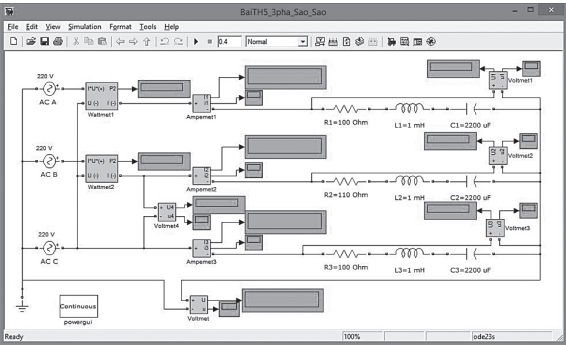
Từ giao diện chính như hình 8 và thư viện các thí nghiệm như hình 9 ta có thể lắp đặt các

mạch thí nghiệm theo nhu cầu cần khảo sát và tiến hành khảo sát để thu nhập các dữ liệu.

Bài báo trình bày kết quả thực hiện các thí nghiệm ảo: mạch điện ba pha đối xứng đầu Y, mạch ba pha đối xứng đầu Δ và mạch ba pha không đối xứng đầu Y_0 .

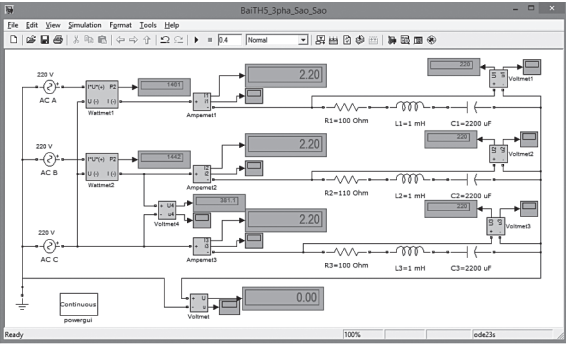
3.1. Mạch điện 3 pha đối xứng đầu Y

Từ giao diện chính như hình 8 và thư viện các thí nghiệm như hình 9, tiến hành lắp mạch điện 3 pha đối xứng đầu Y. Sơ đồ thí nghiệm được lắp đặt từ chương trình như hình 10.



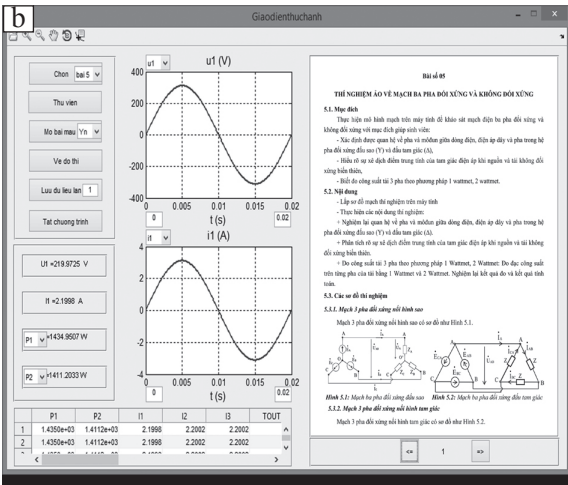
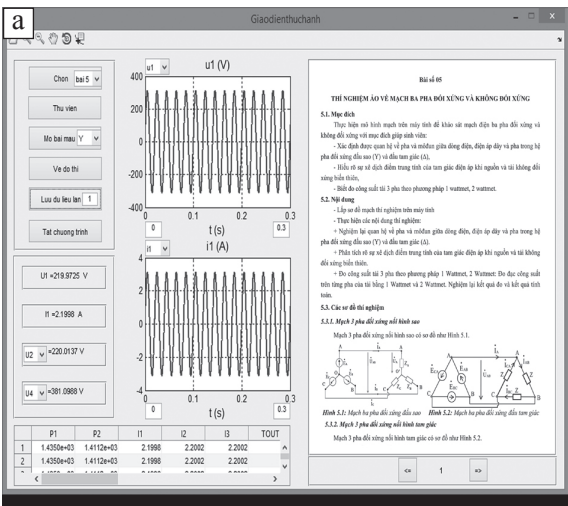
Hình 10. Sơ đồ thí nghiệm mạch điện 3 pha đối xứng đầu Y

Tiến hành khảo sát (chạy chương trình) ta được các số liệu về dòng điện, điện áp, công suất hiển thị trên các thiết bị đo như hình 11.



Hình 11. Kết quả đo các số liệu thí nghiệm mạch điện 3 pha đối xứng đầu Y

Có thể xuất các số liệu thí nghiệm và vẽ các đặc tính trên giao diện chính như hình 12:



Hình 12. a) Hiển thị các số liệu; b) các dạng sóng của điện áp và dòng điện

Trong quá trình làm thí nghiệm thì các kết quả có thể đọc số liệu từ các đồng hồ hiển thị trên Giao diện mô phỏng (hình 11), cũng có thể đọc và phân tích trên Giao diện chính (hình 12). Kết quả cũng có thể được trích xuất như bảng 1.

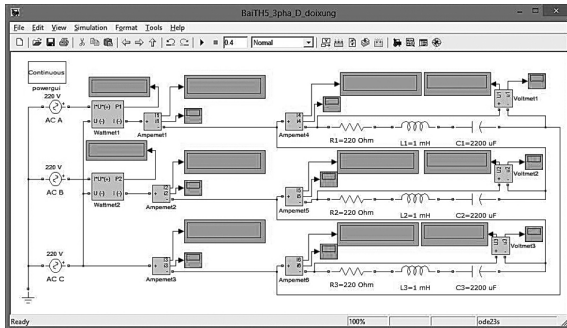
Bảng 1. Kết quả đo trong thí nghiệm mạch 3 pha đối xứng đầu Y

Công suất (W)	Dòng điện (A)	Điện áp (V)
P1 1434.951	I_1 2.20	$U_{FA}=U_1$ 220.0
P2 1411.203	I_2 2.20	$U_{FB}=U_2$ 220.0
	I_3 2.20	$U_{FC}=U_3$ 220.0
		$U_{BC}=U_4$ 381.1
		$U_{n0}=U$ 0.0

Qua kết quả thí nghiệm ta nghiệm lại được quan hệ giữa điện áp pha và điện áp dây đúng như lý thuyết đã có.

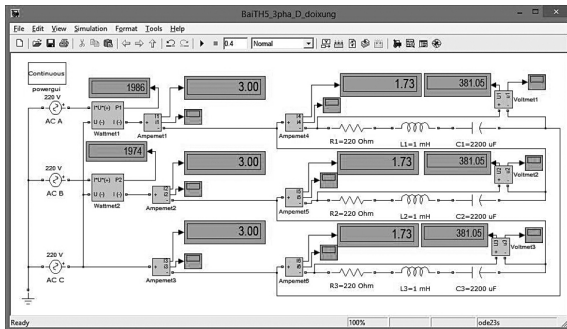
3.2. Mạch điện 3 pha đối xứng đầu Δ

Tiến hành lắp mạch điện 3 pha đối xứng đầu Δ , sơ đồ thí nghiệm được lắp đặt từ chương trình như hình 13.



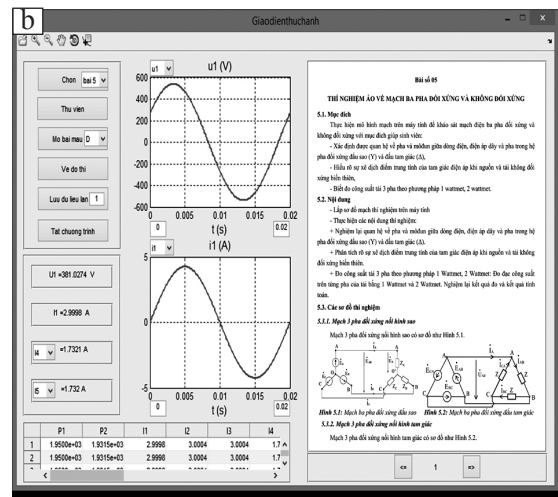
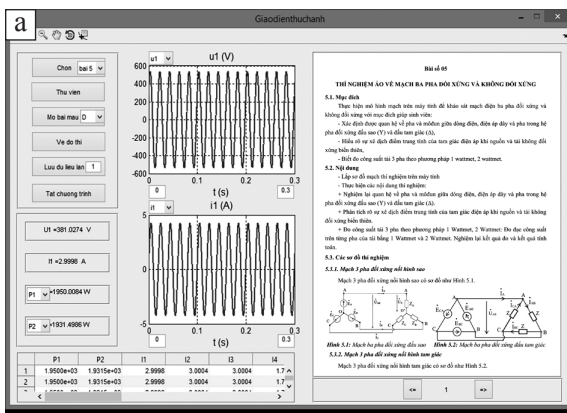
Hình 13. Sơ đồ thí nghiệm mạch điện 3 pha đối xứng đầu Δ

Tiến hành khảo sát (chạy chương trình) ta được các số liệu về dòng điện, điện áp, công suất hiển thị trên các thiết bị đo như hình 14.



Hình 14. Kết quả đo các số liệu thí nghiệm mạch điện 3 pha đối xứng đầu Δ

Có thể xuất các số liệu thí nghiệm và vẽ các đặc tính trên giao diện chính như hình 15.



Hình 15. Hiển thị các số liệu và các dạng sóng của điện áp và dòng điện

Kết quả cũng có thể được trích xuất như bảng 2.

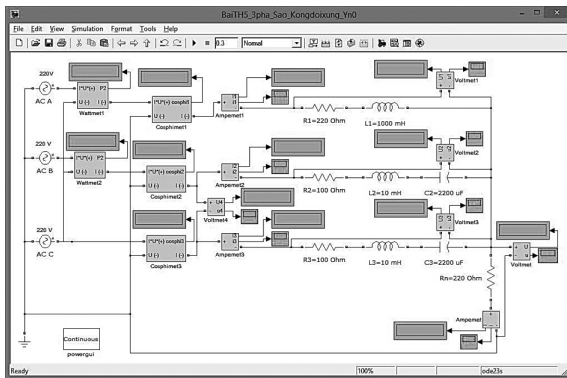
Bảng 2. Kết quả đo trong thí nghiệm mạch điện 3 pha đối xứng đầu Δ

Công suất (W)	Dòng điện (A)	Điện áp (V)
P_1 1950.008	$I_{FA}=I_1$ 3.00	U_{FA} 381.05
P_2 1931.498	$I_{FA}=I_2$ 3.00	U_{FB} 381.05
	$I_{FA}=I_3$ 3.00	U_{FC} 381.05
	$I_{dAC}=I_4$ 1.73	$U_{AC}=U_1$ 381.05
	$I_{dBA}=I_5$ 1.73	$U_{BA}=U_2$ 381.05
	$I_{dCB}=I_6$ 1.73	$U_{CB}=U_3$ 381.05

Qua kết quả thí nghiệm ta nghiệm lại được quan hệ dòng điện pha và dòng điện dây đúng như lý thuyết đã có.

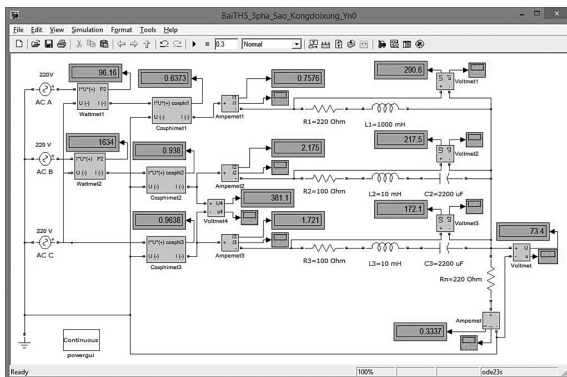
3.3. Mạch điện 3 pha không đối xứng đầu Y_0

Từ giao diện chính của chương trình và thư viện các thiết bị, tiến hành lắp mạch điện 3 pha không đối xứng (nguồn đối xứng, tải không đối xứng) ta được sơ đồ thí nghiệm như hình 16.



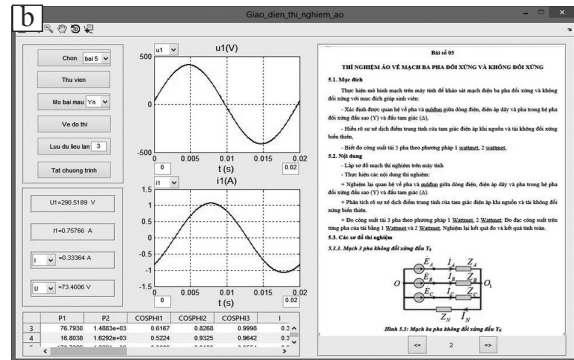
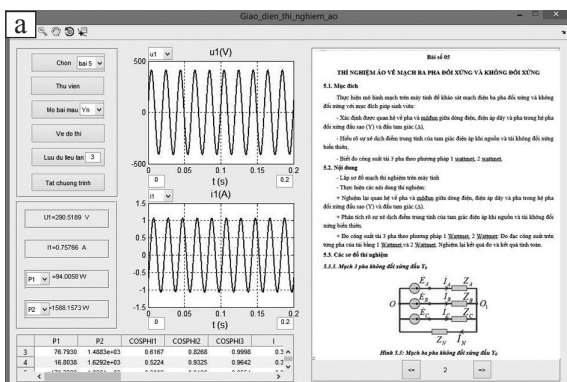
Hình 16. Sơ đồ thí nghiệm mạch điện 3 pha không đối xứng đầu Y_0

Tiến hành khảo sát, thực hiện chương trình ta được các số liệu như hình 17.



Hình 17. Kết quả đo các số liệu thí nghiệm

Trong quá trình làm thí nghiệm, các kết quả có thể đọc từ các đồng hồ hiển thị trên giao diện mô phỏng, cũng có thể đọc và phân tích trên giao diện chính như hình 18.



Hình 18. Hiển thị các số liệu và các dạng sóng của điện áp và dòng điện

Khi thay đổi giá trị điện trở R_1 ta được kết quả như bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo trong thí nghiệm mạch 3 pha không đối xứng

	U_1 pha A (V)	U_2 pha B (V)	U_3 pha C (V)	U trung tinh (V)	I trung tinh (A)	I_1 pha A (A)	I_2 pha B (A)	I_3 pha C (A)	$\cos\Phi_{\text{Ph1}}$	$\cos\Phi_{\text{Ph2}}$	$\cos\Phi_{\text{Ph3}}$	R_1 (Ω)
1	291.73	204.71	184.09	72.35	0.33	0.52	2.05	1.84	0.85	0.938	0.958	470
2	290.05	210.71	178.91	71.5	0.33	0.64	2.11	1.79	0.761	0.939	0.963	330
3	285	210.21	181.6	66.31	0.3	0.74	2.01	1.74	0.617	0.827	1	220
4	292.86	222.72	166.27	77.07	0.35	0.84	2.23	1.66	0.522	0.932	0.964	150
5	300.67	229.33	157.15	86.59	0.39	0.95	2.29	1.57	0.301	0.919	0.955	50
6	305.25	230.87	154.25	91.42	0.42	0.97	2.31	1.54	0.209	0.911	0.948	10
7	306.35	231.09	153.74	92.53	0.42	0.98	2.31	1.54	0.191	0.909	0.946	1

4. KẾT LUẬN

Phần mềm thí nghiệm - thực hành ảo có nội dung thí nghiệm phong phú, linh hoạt nên giúp sinh viên nắm được nhiều kiến thức bổ ích và rèn luyện tốt kỹ năng thí nghiệm - thực hành. Với các thí nghiệm ảo, đây là công cụ rất hữu ích hỗ trợ tích cực trong công tác giảng dạy, giảng viên dễ dàng gắn các tiết giảng lý thuyết với thực hành ngay cả khi ở trên lớp học. Với phần mềm về các thí nghiệm ảo được xây dựng sẽ là một trong những giải pháp giúp nâng cao chất lượng đào tạo.

Phần mềm thí nghiệm - thực hành ảo cũng sẽ đóng góp một giải pháp công nghệ linh hoạt và hiện đại. Qua đó giúp cơ sở đào tạo đạt được hiệu quả:

- Tiết kiệm được kinh phí đầu tư thiết bị.
- Tiết kiệm được kinh phí mua vật tư tiêu hao phục vụ thí nghiệm hàng năm.
- Tiết kiệm được kinh phí duy tu, bảo dưỡng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh. *Kỹ thuật điện*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2008.
2. Nguyễn Ngọc Mỹ, Huỳnh Đức Hoàn. *Giáo trình thí nghiệm Lý thuyết mạch điện*, Trường Đại học Quy Nhơn, TLG 192.202, 2001.
3. Nguyễn Bình Thành, Nguyễn Trần Quân. Phạm Khắc Chương. *Cơ sở kỹ thuật điện*, Đại học & Trung học chuyên nghiệp, 1971.
4. Nguyễn Đức Luyện, Bùi Văn Sáng, Mai Quốc Khánh, Phan Trọng Hanh. *Mô phỏng mạch điện tử, nguyên lý đo và các bài thí nghiệm lý thuyết mạch, kỹ thuật điện tử, đo lường điện - VTĐ bằng phần mềm Electronics Workbench và Matlab*, Kỷ yếu Hội thảo ICT.rda'03, 22,23/2/2003 Hà Nội, 357-366, 2003.
5. Nguyễn Cát Hồ. *Nghiên cứu phát triển ứng dụng công nghệ đa phương tiện*, mã số KC 01-14, Đề tài thuộc chương trình KHCN cấp nhà nước KC 01, 2005.
6. M. Budhu. *Virtual laboratories for engineering education*, International Conference on Engineering Education, Manchester, U.K., August 18-21, 2002.
7. S. S. Kendre, P. V. Mulmule, S. D. Shirbahadurkar. *Virtual Laboratory Development for Teaching Power Systems via Interactive Experiment Environment*, IEEE, Software Engineering and Applied Computing (ACSEAC), 2012 African Conference, 82-89, 24-26 Sept 2012.