

# Xây dựng bài thí nghiệm ảo mạch điện ba pha trong giảng dạy kỹ thuật điện

Lê Thị Thúy Vân\*, Nguyễn Thị Thanh Bình\*\*, Nguyễn Thị Thanh Ngân\*\*

\*Khoa Điện Lạnh, Trường Cao đẳng kỹ thuật Công nghiệp Việt Nam - Hàn Quốc

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

Received: 7/3/2024; Accepted: 12/3/2024; Published: 20/3/2024

**Abstract:** In the era of industry 4.0, digital transformation is taking place strongly in many countries and many fields, including education. From university teaching practice, virtualization of laboratories brings many benefits to both universities and students. This article proposes the use of EMTP/ATP software to perform three-phase circuit experiments on computers in electrical engineering teaching. This virtual laboratory model is attractive to students and helps them understand the lessons more deeply, so they can apply them into practice.

**Keywords:** EMTP/ATP software, three-phase circuit, virtual experiments.

## 1. Đặt vấn đề

Mục tiêu của giáo dục đại học không chỉ dừng lại ở việc trang bị kiến thức cho sinh viên (SV) mà còn chú trọng hình thành năng lực giải quyết vấn đề, năng lực tự hoạt động nhận thức. Quá trình hình thành năng lực sáng tạo của SV không chỉ được quan tâm ở khâu vận dụng kiến thức vào thực tiễn mà còn được chú trọng ngay trong khâu xây dựng kiến thức mới. Mục tiêu dạy học đó không thể tách rời kiến thức lý thuyết và kỹ năng thực hành mà xem nó là hai mặt của một hệ thống nhất. Tuy nhiên, khi xây dựng một phòng thí nghiệm cho SV học tập nghiên cứu cần phải trang bị khá nhiều thiết bị hiện đại và chuyên dùng, vì sự hạn chế về kinh phí nên các phòng thí nghiệm các trường đại học, cao đẳng khó có thể trang bị đầy đủ và kịp thời các thiết bị thực để đáp ứng nhu cầu học tập và nghiên cứu. Đây là một trong những nguyên nhân khiến cho SV khi ra trường lúng túng bối ngỡ trong các thao tác thực hành. Có thể khắc phục hạn chế này bằng cách xây dựng thí nghiệm ảo. Nó có lợi thế rất lớn về chi phí và tính linh hoạt so với thiết bị thực. Vì vậy xây dựng thí nghiệm ảo tỏ ra hiệu quả đáng kể về kinh tế và có ý nghĩa rất lớn trong công tác đào tạo giảng dạy và nghiên cứu tại các trường đại học [1, 2].

Tùy vào mục đích sử dụng mà ngành Điện có rất nhiều phần mềm chuyên ngành như PSIM, EMTP/ATP, Matlab/Simulink, Power World... Để mô phỏng mạch điện ba pha, chúng tôi lựa chọn sử dụng EMTP/ATP vì phần mềm này dung lượng nhỏ, đòi hỏi cấu hình thấp, phù hợp với các hệ điều hành và sử dụng đơn giản. Với các ưu điểm đó, trong bài viết

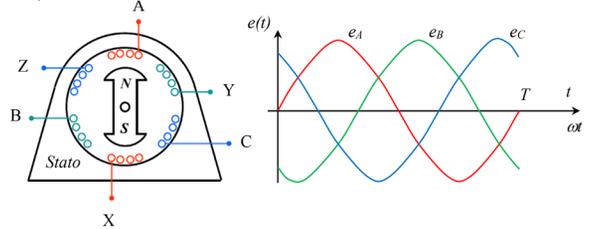
này, chúng tôi nghiên cứu đề xuất giải pháp xây dựng các bài thí nghiệm mạch điện ba pha trên máy tính bằng phần mềm EMTP/ATP.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Mạch điện ba pha

Mạch 3 pha có nguồn đối xứng, tải đối xứng, tổng trở các pha của đường dây bằng nhau gọi là mạch 3 pha đối xứng. Ngược lại mạch không đáp ứng đủ 3 điều kiện trên gọi là mạch 3 pha không đối xứng [1].

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 (S.đ.đ) hoàn toàn giống nhau và lệch nhau  $120^\circ$  ứng với thời gian  $1/3$  chu kỳ (hình 2.1). Ta có biểu thức các S.đ.đ đó.



Hình 2.1. Biểu diễn S.đ.đ của nguồn điện 3 pha.

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

$$e_B = E\sqrt{2} \angle \sin(\omega t - 120^\circ)(V)$$

$$e_C = E\sqrt{2} \angle \sin(\omega t + 120^\circ)(V)$$

Trong mạch 3 pha cần phân biệt hai loại đại lượng là các đại lượng dây và các đại lượng pha.

Các dòng, áp trên các pha của tải hoặc nguồn gọi là các dòng pha, áp pha  $I_p, U_p$ ; các dòng, áp trên các dây của tải hoặc nguồn gọi là các dòng điện dây, điện

áp dây  $I_d, U_d$ .

Các đại lượng dây thông dụng hơn các đại lượng pha vì mạch 3 pha coi là một hệ thống nhất và các đại lượng dây đặc trưng quá trình năng lượng của toàn hệ, không cần biết kết cấu pha như thế nào.

Phụ tải có thể nối sao (Y) hoặc tam giác ( $\Delta$ ). Nếu mạch điện ba pha có nguồn, đường dây, phụ tải đối xứng gọi là mạch điện ba pha đối xứng. Nếu có một trong ba phần trên không đối xứng thì gọi là mạch điện ba pha không đối xứng.

**2.2. Xây dựng các bài thí nghiệm mạch điện ba pha trên phần mềm EMTP/ATP**

Quá trình thí nghiệm được thực hiện theo trình tự sau:

*Bước 1:* Khởi động phần mềm ATPDraw, tạo file mới.

*Bước 2:* Đọc nội dung bài thực hành, chọn các mô đun trong phần mềm, lắp đặt các thiết bị theo sơ đồ.

*Bước 3:* Nhập dữ liệu theo nội dung thực hành, lắp đặt các mô đun đo lường.

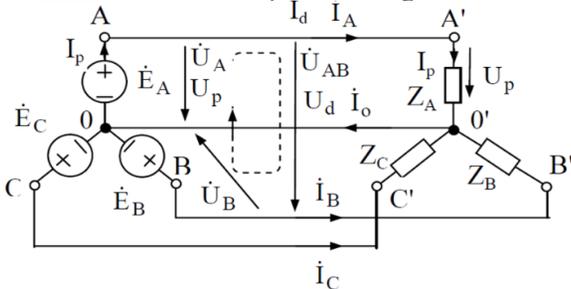
*Bước 4:* Chạy mô phỏng, đọc kết quả.

*Bước 5:* Xử lý và phân tích dữ liệu.

Bài viết trình bày kết quả thực hiện các thí nghiệm ảo: mạch điện ba pha đối xứng nối sao-Y, mạch ba pha đối xứng nối tam giác- $\Delta$  và mạch ba pha không đối xứng (mạng ba pha 4 dây).

**2.3. Mạch điện ba pha đối xứng nối sao**

Bài 1: Mạch điện ba pha đối xứng nối sao.

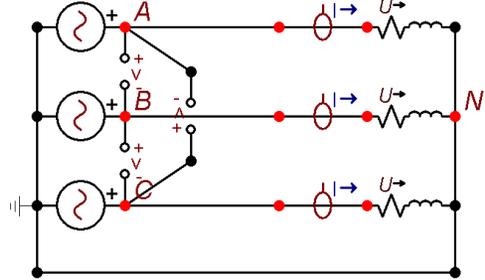


Hình 2.2. Sơ đồ mạch điện ba pha nối sao.

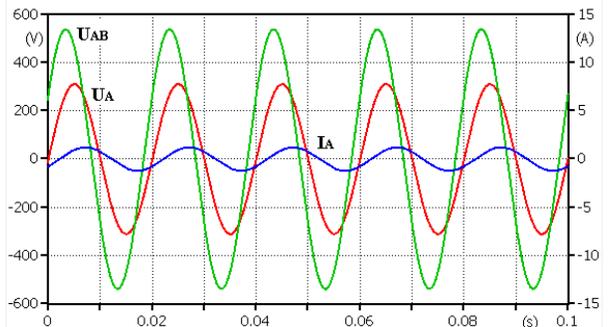
Cho mạch điện 3 pha đối xứng nối sao trên hình 2.2. Đo dòng điện dây, dòng điện phụ tải, điện áp pha, điện áp dây, với thông số mạch: Nguồn:  $e_A = 220\sqrt{2} \sin(314t)$  (V), phụ tải mỗi pha  $R = 200 \Omega$ ,  $L = 500$  mH.

Thực hiện theo các bước 1, 2 và 3 như trình bày trên, sơ đồ mạch thí nghiệm xây dựng trên phần mềm EMTP/ATP thể hiện trên hình 2.3. Bước 4: chọn run ATP trên thanh công cụ để chạy mô phỏng và đọc kết quả. Kết quả đo dòng điện, điện áp thể hiện trong bảng 2.1. Không những vậy phần mềm còn thể hiện kết quả dạng đồ họa: mô tả sự biến thiên điện áp dây,

điện áp pha, dòng điện pha trên hình 2.4.



Hình 2.3. Sơ đồ thí nghiệm trên EMTP/ATP cho mạch điện ba pha đối xứng nối sao.



Hình 2.4. Kết quả mô phỏng thí nghiệm trường hợp sơ đồ mạch ba pha nối sao: điện áp dây, điện áp pha, dòng điện pha.

Theo kết quả thí nghiệm mô phỏng, khi phụ tải nối sao, dòng điện dây bằng dòng điện pha ( $I_d = I_p$ ), còn điện áp dây gấp 1,732 lần ( $\sim \sqrt{3}$ ) điện áp pha ( $U_d = \sqrt{3}U_p$ ) và sớm pha  $30^\circ$ . Kết quả phù hợp và minh họa cho lý thuyết.

Bảng 2.1: Kết quả đo cho mạch điện ba pha đối xứng nối sao.

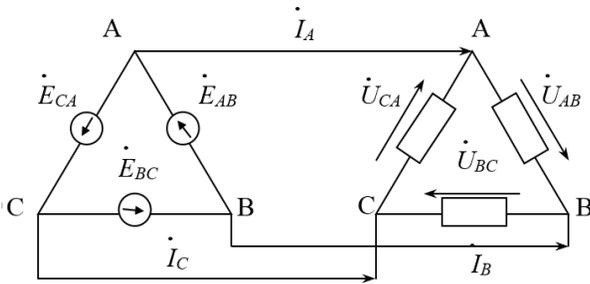
Dòng điện	Điện áp
Dòng điện pha: $I_A = 0,865 \angle -38,1^\circ$ (A) $I_B = 0,865 \angle -158,1^\circ$ (A) $I_C = 0,865 \angle 81,9^\circ$ (A)	Điện áp pha: $E_A = 220 \angle 0^\circ$ (V) $E_B = 220 \angle -120^\circ$ (V) $E_C = 220 \angle 120^\circ$ (V)
Dòng điện dây: $I_A = 0,865 \angle -38,1^\circ$ (A) $I_B = 0,865 \angle -158,1^\circ$ (A) $I_C = 0,865 \angle 81,9^\circ$ (A)	Điện áp dây: $U_{AB} = 381 \angle 30^\circ$ (V) $U_{BC} = 381 \angle -90^\circ$ (V) $U_{CA} = 381 \angle 150^\circ$ (V)

**2.4. Mạch điện ba pha đối xứng phụ tải nối tam giác**

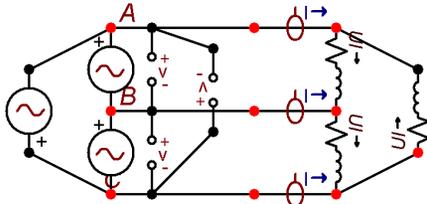
Bài 2: Mạch điện ba pha đối xứng nối tam giác.

Các thông số cho như bài thí nghiệm 1 nhưng nguồn và phụ tải nối tam giác (hình 2.5) với

$$e_d = 381\sqrt{2} \sin(314t) \text{ (V)}.$$



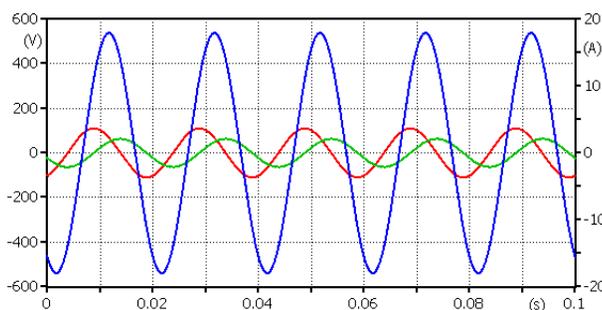
Hình 2.5. Sơ đồ mạch điện ba pha nối tam giác.



Hình 2.6. Sơ đồ thí nghiệm trên EMTP/ATP cho mạch điện ba pha đối xứng nối tam giác.

Sơ đồ mạch thí nghiệm xây dựng trên phần mềm EMTP/ATP thể hiện trên hình 2.6. Kết quả đo dòng điện, điện áp thể hiện trong bảng 2.2, sự biến thiên dòng điện dây và dòng điện pha thể hiện trên hình 2.7. Bảng 2.2: Kết quả đo cho mạch điện ba pha đối xứng nối tam giác.

Dòng điện	Điện áp
Dòng điện pha:	Điện áp pha:
$I_{AB} = 1,498 \angle -38,1^0 \text{ (A)}$	$E_{AB} = 381 \angle 0^0 \text{ (V)}$
$I_{BC} = 1,498 \angle -158,1^0 \text{ (A)}$	$E_{BC} = 381 \angle -120^0 \text{ (V)}$
$I_{CA} = 1,498 \angle 81,9^0 \text{ (A)}$	$E_{CA} = 381 \angle 120^0 \text{ (V)}$
Dòng điện dây:	Điện áp dây:
$I_{dA} = 2,595 \angle -68,1^0 \text{ (A)}$	$U_{AB} = 381 \angle 0^0 \text{ (V)}$
$I_{dB} = 2,595 \angle 171,9^0 \text{ (A)}$	$U_{BC} = 381 \angle -120^0 \text{ (V)}$
$I_{dC} = 2,595 \angle 51,9^0 \text{ (A)}$	$U_{CA} = 381 \angle 120^0 \text{ (V)}$



(file 3phaD.pl4; x-var t) c:A -A1 c:B1 -C1 v:B1 -C1

Hình 2.7. Kết quả mô phỏng thí nghiệm trường hợp sơ đồ mạch ba pha nối tam giác: điện áp dây, điện áp pha, dòng điện pha.

Theo kết quả thí nghiệm mô phỏng, khi phụ tải nối tam giác, dòng điện dây bằng 1,732 dòng điện pha ( $I_d = \sqrt{3}I_p$ ) và sớm pha  $30^0$ , còn điện áp dây bằng điện áp pha ( $U_d = U_p$ ).

Như vậy, kết quả mô phỏng thí nghiệm cho sơ đồ mạch điện ba pha đối xứng nối sao và nối tam giác phù hợp với lý thuyết. Mô phỏng thí nghiệm ảo tái hiện quá trình thực hiện nội dung bài thí nghiệm với tình huống tương tự như các hoạt động thật sự diễn ra trong môi trường thực tế, giúp cho SV trải nghiệm sống động và khả năng tương tác với các yếu tố mô phỏng. SV có thể thử nghiệm các tùy chọn thay đổi các thông số mạch khác nhau và xem kết quả. Việc thực hành thí nghiệm ảo có thể thực hiện bất cứ nơi nào với máy tính cá nhân. Đồng thời, thí nghiệm mô phỏng giúp giảm thiểu rủi ro liên quan đến việc thực hiện thử nghiệm hoặc các hoạt động nguy hiểm trong môi trường thực tế.

### 3. Kết luận

Bài viết trình bày việc xây dựng các bài mô phỏng thí nghiệm mạch điện ba pha trên phần mềm EMTP/ATP trong giảng dạy kỹ thuật điện. Đây là công cụ rất hữu ích hỗ trợ tích cực trong công tác giảng dạy, giảng viên có thể kết hợp giảng dạy và thực hiện thí nghiệm trên lớp học qua máy tính trình chiếu. Các thí nghiệm ảo mang lại hiệu quả: Tiết kiệm được kinh phí đầu tư phòng thí nghiệm; tiết kiệm kinh phí bảo dưỡng, vật tư tiêu hao cho thí nghiệm hàng năm; sử dụng linh hoạt trong giảng dạy, thực hành. Thí nghiệm ảo không những tạo động lực cho SV mà còn giúp cho khả năng vận dụng kiến thức vào thực tiễn của SV linh hoạt và hiệu quả hơn.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh (2019), *Kỹ thuật điện*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Lê Văn Bằng (2019), *Giáo trình lý thuyết mạch*. NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Anh Tuấn (2021), *Xây dựng bài thí nghiệm ảo Lý thuyết mạch trên máy tính bằng phần mềm EMTP/ATP*. Tạp chí Thiết bị giáo dục, số Đặc biệt tháng 10/2021, trang 146-148.
- [4]. ATP Theory book, EMTP-ATP Programs, 2004.