

Ngày nhận bài: 16/4/2026; Ngày thẩm định: 21/5/2026; Ngày duyệt đăng: 03/6/2026.

NÂNG CAO HIỆU QUẢ GIẢNG DẠY HỌC PHẦN KỸ THUẬT ĐIỆN THÔNG QUA PHẦN MỀM MÔ PHỎNG LTSPICE TẠI KHOA CƠ SỞ NGÀNH PHÒNG CHÁY CHỮA CHÁY

Đại úy, ThS NGUYỄN THỊ HÀ - Thiếu tá, ThS ĐẶNG TUẤN TÚ

Khoa Cơ sở ngành PCCC, Trường Đại học PCCC

Thiếu tá NGUYỄN VĂN SƠN

Phòng Hành chính Tổng hợp, Trường Đại học PCCC

*Tác giả liên hệ: Đặng Tuấn Tú (Email: tudt@daihocpccc.edu.vn)

Tóm tắt: Học phần Kỹ thuật điện là kiến thức cơ sở nghiệp vụ quan trọng cho ngành Phòng cháy chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ (PCCC&CNCH). Tuy nhiên, phương pháp giảng dạy truyền thống mang tính trừu tượng cao, gây khó khăn cho sinh viên. Bài báo này đề xuất ứng dụng phần mềm mô phỏng LTSpice một công cụ miễn phí và dễ sử dụng để nâng cao hiệu quả giảng dạy. Phương pháp nghiên cứu bao gồm việc đối sánh kết quả tính toán lý thuyết và kết quả mô phỏng trên các bài toán mạch điện xoay chiều 1 pha và 3 pha. Kết quả cho thấy sự tương đồng cao về độ chính xác, đồng thời LTSpice giúp trực quan hóa các khái niệm phức tạp và cho phép mô phỏng an toàn các sự cố điện nguy hiểm (như đứt dây trung tính). Việc tích hợp LTSpice đã chứng minh hiệu quả trong việc đổi mới phương pháp dạy học, nâng cao năng lực tư duy thực tiễn cho học viên PCCC.

Từ khóa: kỹ thuật điện, LTSpice, PCCC&CNCH, mô phỏng mạch điện, đổi mới giảng dạy, an toàn điện, đứt dây trung tính.

Abstract: The Electrical Engineering course provides crucial foundational knowledge for the Fire Protection and Rescue field. However, traditional teaching methods often present the subject in a highly abstract manner, making it difficult for students to grasp the content. This paper proposes the application of LTSpice simulation software, a free and user-friendly tool, to enhance teaching effectiveness. The research methodology involves comparing theoretical calculation results with simulation results on typical single-phase and three-phase AC circuit problems. The results demonstrate high accuracy and strong correlation. Furthermore, LTSpice helps visualize complex concepts and allows for the safe simulation of dangerous electrical faults (such as a neutral wire break). The integration of LTSpice has proven effective in innovating teaching methods and improving the practical thinking skills of PCCC students.

Keywords: electrical Engineering, LTSpice, Fire and Rescue, circuit simulation, teaching innovation, electrical safety, neutral wire disconnection.

1. Học phần Kỹ thuật điện được xác định là một học phần quan trọng trong chương trình đào tạo đại học ngành PCCC&CNCH. Học phần này trang bị cho học viên các kiến thức cơ bản về mạch điện, máy điện, đo lường và điều khiển các thiết bị điện.

Trong thực tế, việc hiểu biết về hệ thống điện là một kỹ năng nghiệp vụ quan trọng của lực lượng Cảnh sát PCCC&CNCH. Tầm quan trọng này thể hiện ở hai khía cạnh chính: thứ nhất, nó phục vụ trực tiếp cho công tác phòng cháy. Cán bộ PCCC phải nắm vững các nguyên lý vận hành và tiêu chuẩn an toàn điện để hướng dẫn, kiểm tra công tác đảm bảo an toàn PCCC về điện tại các cơ sở và khu dân cư, nhằm ngăn chặn các nguy cơ cháy, nổ do sử dụng điện không an toàn, chập điện hoặc quá tải; thứ hai, học phần này trang bị kiến thức nền tảng cho công tác điều tra nguyên nhân cháy. Nhiều vụ cháy nghiêm trọng xuất phát từ các sự cố về điện. Một trong những kịch bản nguy hiểm, được phân tích chi tiết trong học phần, là sự cố đứt dây trung tính trong mạng 3 pha. Sự cố này có thể dẫn đến hiện tượng quá áp nghiêm trọng trên các thiết bị, gây chập cháy và là một nguyên nhân cháy phức tạp. Do đó, việc nắm vững kiến thức Kỹ thuật điện không chỉ là một yêu cầu học thuật mà còn là một yêu cầu nghiệp vụ bắt buộc để thực hiện hiệu quả công tác phòng cháy và điều tra, làm rõ nguyên nhân các vụ cháy.

Mặc dù có vai trò quan trọng như vậy, việc giảng dạy và học tập học phần Kỹ thuật điện, đặc biệt là các chương về mạch điện xoay chiều 1 pha và 3 pha, đang đối mặt với nhiều thách thức sư phạm. Nội dung trọng tâm của học phần này đòi hỏi sinh viên phải vận dụng thành thạo các phương pháp tính toán phức tạp như phương pháp dòng điện nhánh, dòng điện vòng, và điện áp nút. Các phương pháp này chủ yếu dựa trên nền tảng toán học trừu tượng, yêu cầu "phức hóa mạch điện" và sử dụng các phép toán với số phức.

Thực trạng giảng dạy hiện tại cho thấy, sinh viên thường gặp khó khăn khi tiếp cận các phương pháp này. Các bài giảng truyền thống, với các hình ảnh video minh họa không thể hiện được sự thay đổi động của các thông số mạch theo các giá trị khác nhau. Điều này khiến sinh viên "khó hình dung, khó tiếp thu các khái niệm cốt lõi như sự biến thiên của dòng điện, điện áp, hay sự lệch pha giữa chúng. Hậu quả là sinh viên có thể học được cách giải một bài toán theo các bước máy móc, nhưng không xây dựng được một cảm nhận hay trực quan vật lý về cách thức

một mạch điện thực sự hoạt động, hay tại sao một sự cố lại dẫn đến một hậu quả cụ thể.

Để khắc phục những nhược điểm cố hữu của phương pháp giảng dạy truyền thống, nhóm nghiên cứu đã tìm hiểu và đề xuất ứng dụng phần mềm mô phỏng LTSpice vào quá trình giảng dạy học phần Kỹ thuật điện. Phần mềm này cho phép mô phỏng các mạch điện, tính toán các thông số, và quan trọng nhất là mô phỏng được các dạng đường cong hình sin tương ứng với các đại lượng trong mạch.

Mục tiêu của bài báo là trình bày giải pháp tích hợp LTSpice vào giảng dạy, với luận điểm rằng đây không chỉ là một bổ sung công nghệ, mà là một sự đổi mới về phương pháp sư phạm. Giải pháp này nhằm chuyển đổi trải nghiệm học tập của sinh viên từ việc tính toán thụ động, trừu tượng sang một quá trình khám phá chủ động, trực quan và an toàn. Bài báo sẽ chứng minh tính hiệu quả của giải pháp thông qua việc so sánh kết quả và phân tích các lợi ích sư phạm, đặc biệt là trong việc mô phỏng các kịch bản sự cố an toàn điện liên quan trực tiếp đến nghiệp vụ PCCC&CNCH

2. LTSpice là một phần mềm mô phỏng mạch điện hiệu năng cao, được phát triển ban đầu bởi Linear Technology (nay là một phần của tập đoàn Analog Devices). Đây là một công cụ mạnh mẽ cho phép các kỹ sư và nhà nghiên cứu thiết kế, kiểm tra và phân tích các mạch điện tử, đặc biệt là mạch analog và mạch điện tử công suất, trước khi đi vào chế tạo thực tế.

Các chức năng chính của LTSpice bao gồm khả năng xây dựng sơ đồ nguyên lý thông qua giao diện đồ họa, một thư viện phong phú gồm hàng trăm mô hình linh kiện (như: điện trở, tụ điện, cuộn cảm, diode, transistor) và các công cụ phân tích dạng sóng mạnh mẽ. Phần mềm cho phép người dùng tính toán chính xác "điện áp và dòng điện tại các nút", phân tích hiệu suất năng lượng và kiểm tra các tín hiệu trong cả miền thời gian và miền tần số.

Trong bối cảnh đổi mới giáo dục, đặc biệt tại Khoa Cơ sở ngành PCCC, việc lựa chọn LTSpice làm công cụ hỗ trợ giảng dạy được dựa trên những ưu điểm chiến lược sau đây:

1. Miễn phí hoàn toàn: Đây là ưu điểm mang tính quyết định. LTSpice "không yêu cầu chi phí bản quyền", ngay cả khi sử dụng cho mục đích thương mại. Điều này loại bỏ hoàn toàn rào cản tài chính cho cơ sở giáo dục, không cần đầu tư ngân sách lớn cho việc mua bản quyền phần mềm. Quan trọng hơn, tính chất miễn phí cho phép sinh viên tự do cài đặt phần mềm trên máy tính cá nhân, tạo điều kiện cho việc tự học, tự khám phá và làm bài tập ngoài giờ lên lớp mà không gặp bất kỳ trở ngại nào.

2. Dễ dàng truy cập và học hỏi: Ưu điểm này có ý nghĩa sư phạm then chốt. Sinh viên ngành PCCC&CNCH không phải là sinh viên chuyên ngành Kỹ thuật điện. Mục tiêu của họ không phải là trở thành nhà thiết kế mạch, mà là hiểu và ứng dụng các khái niệm điện để phục vụ nghiệp vụ. Các phần mềm kỹ thuật "cao hơn" như: Pspice hay Matlab/Simulink thường có đường cong học tập dốc và giao diện phức tạp, có thể gây nản lòng cho sinh viên không chuyên. Ngược lại, LTSpice, với giao diện đơn giản và "nhiều tài liệu hướng dẫn và video do cộng đồng chia sẻ", cung cấp một rào cản đầu vào thấp. Nó cung cấp phần lớn sức mạnh phân tích cần thiết để hiểu các khái niệm cơ bản, khiến nó trở thành công cụ lý tưởng để xây dựng khái niệm và trực quan cho các chuyên gia PCCC.

3. Tính toán nhanh và chính xác: LTSpice được tối ưu hóa để xử lý các mạch phức tạp với tốc độ cao và độ chính xác đáng tin cậy. Như sẽ được chứng minh trong phần kết quả, khả năng tính toán của nó hoàn toàn đủ tin cậy để đối chứng với các kết quả lý thuyết, giúp củng cố niềm tin của sinh viên vào công cụ.

Tóm lại, sự kết hợp giữa việc "miễn phí hoàn toàn" và "dễ dàng truy cập" khiến LTSpice trở thành một lựa chọn chiến lược, phù hợp lý tưởng với mục tiêu sư phạm của Khoa: trang bị kiến thức điện tử một cách hiệu quả, trực quan và thực tiễn cho các đối tượng không chuyên về điện.

**Phương pháp nghiên cứu: So sánh bài toán lý thuyết và ứng dụng mô phỏng*

Phương pháp nghiên cứu của bài báo này là một phương pháp đối sánh thực chứng. Để chứng minh

tính hiệu quả và độ chính xác của LTSpice, nghiên cứu đã tiến hành giải quyết các bài toán mạch điện xoay chiều 1 pha và 3 pha nòng cốt trong chương trình học bằng hai phương pháp song song: (1) Phương pháp tính toán lý thuyết truyền thống và (2) Phương pháp mô phỏng thực nghiệm trên LTSpice. Kết quả từ phương pháp lý thuyết được sử dụng làm giá trị nền để xác thực kết quả từ mô phỏng.

Giai đoạn 1: Tính toán lý thuyết

Ở giai đoạn này, các bài toán mẫu được lựa chọn từ chương trình học được giải chi tiết bằng các phương pháp phân tích mạch thông thường bao gồm:

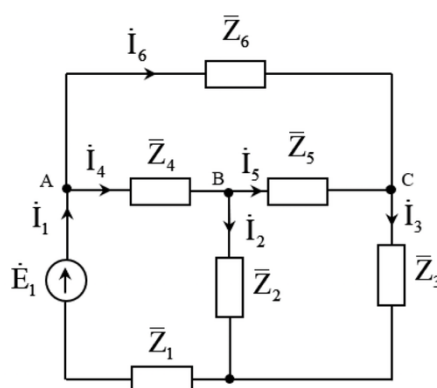
- Biểu diễn số phức: Chuyển đổi tất cả các đại lượng hình sin (điện áp, dòng điện) và các phần tử mạch (R, L, C) sang dạng số phức.
- Áp dụng các định luật Kirchhoff: Sử dụng định luật Kirchhoff 1 (cho nút) và 2 (cho vòng) để thiết lập các hệ phương trình toán học mô tả mạch.
- Các phương pháp giải mạch: Tùy thuộc vào cấu trúc mạch, các phương pháp như biến đổi tương đương (tam giác-sao), phương pháp dòng điện nhánh, phương pháp dòng điện vòng, hoặc phương pháp điện áp hai điểm nút được áp dụng để giải hệ phương trình và tìm ra các giá trị dòng điện, điện áp phức.

Cụ thể, các bài toán mẫu được lựa chọn từ chương trình học:

- Bài toán 1 (Mạch 1 pha): Cho một mạch điện xoay chiều 1 pha phức tạp gồm nguồn $\vec{E}_1 = 180 \angle 45^\circ$ (V) và 6 tổng trở phức từ $\vec{Z}_1$ đến $\vec{Z}_6$ mắc hỗn hợp như trong Hình 1, trong đó:

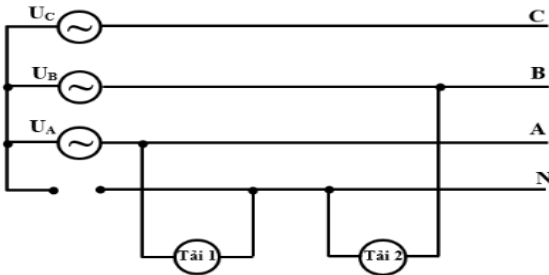
$$\vec{Z}_1 = 14 + j5 (\Omega); \vec{Z}_2 = j5 (\Omega); \vec{Z}_3 = 5 + j5 (\Omega); \vec{Z}_4 = \vec{Z}_5 = \vec{Z}_6 = 30 - j15 (\Omega)$$

Yêu cầu tính trị số dòng điện trong các nhánh của mạch.



Hình 1: Sơ đồ mạch điện bài toán 1.

• Bài toán 2 (Mạch 3 pha - Sự cố): Cho mạng điện 3 pha 4 dây cấp điện cho tải 1 (ấm đun nước, có công suất là 2000W, và tải 2 (máy tính có công suất 300W) như Hình 2. Phân tích kích bản sự cố khi dây trung tính bị đứt và giải thích tại sao tải 2 (máy tính) bị cháy.



Hình 2: Sơ đồ mạch điện bài toán 2.

Các kết quả tính toán chi tiết từ các bài toán này được coi là các giá trị so sánh (ví dụ: Bài 1 cho $I_1 = 6$ (A), Bài 2 cho $U_2 = 330,65$ (V)).

Giai đoạn 2: Mô phỏng thực nghiệm

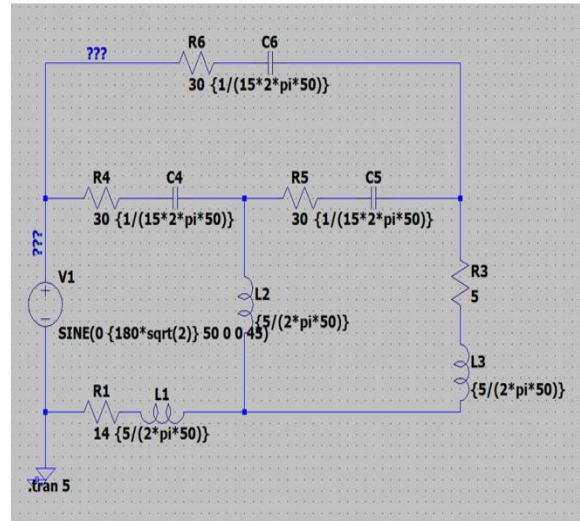
Cũng chính các bài toán trên sau đó được xây dựng lại trong môi trường mô phỏng LTSpice. Quá trình này bao gồm các bước:

• Vẽ sơ đồ mạch: Sử dụng giao diện đồ họa của LTSpice để vẽ lại sơ đồ nguyên lý của mạch điện như Hình 2, Hình 3.

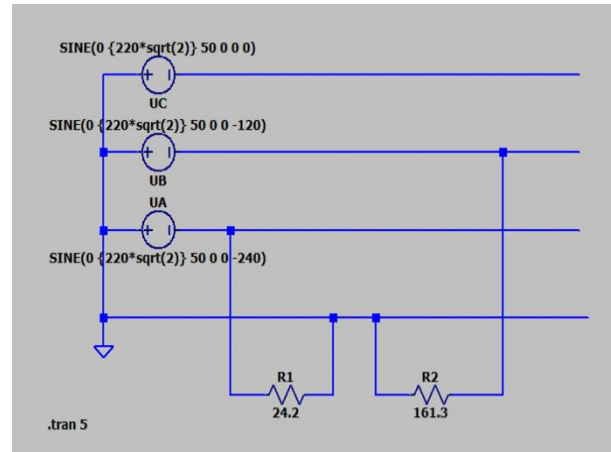
• Nhập thông số: Đây là một bước quan trọng đòi hỏi sự chuyển đổi từ các giá trị phức hoặc giá trị điện kháng (X) trong đề bài sang các giá trị thực mà phần mềm yêu cầu. Ví dụ, nếu đề bài cho $\bar{Z}_1 = 14 + j5$ (Ω) (nghĩa là $R_1 = 14$ (Ω) và $X_{L1} = 5$ (Ω) người dùng phải tính toán giá trị điện cảm L_1 dựa trên tần số f (thường là 50 Hz): $L_1 = \frac{5}{2\pi f}$ (H). Tương tự, điện dung C được tính từ X_C : $C_6 = \frac{1}{2\pi f X_C}$ (F). Các nguồn áp hình sin cũng được định nghĩa với biên độ thực.

• Chạy mô phỏng: Sử dụng lệnh phân tích quá độ để ra lệnh cho phần mềm tính toán các giá trị dòng điện và điện áp tại mọi điểm trong mạch trong một khoảng thời gian.

• Thu thập kết quả: Sử dụng các công cụ đo lường của LTSpice để xem dạng sóng và đo các giá trị hiệu dụng (RMS) của dòng điện và điện áp tại các nhánh cần quan tâm.



Hình 3: Thông số mô phỏng các phần tử bài toán 1 mạch xoay chiều 1 pha.



Hình 4: Thông số mô phỏng các phần tử bài toán 2 mạch xoay chiều 3 pha.

Phương pháp so sánh hai giai đoạn này là nền tảng của nghiên cứu. Bằng cách kiểm chứng cho thấy công cụ mô phỏng mới, dễ sử dụng này cho ra kết quả tương đồng như phương pháp lý thuyết cũ, phức tạp. Nó chứng minh rằng LTSpice không phải là một phần mềm mô hình hoá đơn thuần mà là một phòng thí nghiệm ảo hợp lệ, một công cụ phân tích mạnh mẽ và đáng tin cậy có thể ứng dụng trong giảng dạy.

3. Xác thực độ chính xác: So sánh kết quả giữa lý thuyết và mô phỏng

Bước đầu tiên và quan trọng nhất trong việc áp dụng một công cụ mới vào giảng dạy là phải xác thực được độ chính xác của nó. Nghiên cứu đã tiến hành so sánh chi tiết kết quả giữa phương pháp tính toán lý thuyết (đã làm tròn) và phương pháp mô phỏng bằng LTSpice.

Kết quả so sánh cho các bài toán mạch điện xoay chiều 1 pha được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1: So sánh kết quả bài toán 1 –
Mạch xoay chiều 1 pha.

Bài toán	Đại lượng	Giá trị Lý thuyết	Giá trị Mô phỏng	Sai lệch
Bài 1	Dòng điện I_1 (A)	6.0	5.88	2.0%
Bài 1	Dòng điện I_2 (A)	3.6	3.52	2.2%
Bài 1	Dòng điện I_3 (A)	2.4	2.35	2.1%
Bài 1	Dòng điện I_4 (A)	3.2	3.13	2.2%
Bài 1	Dòng điện I_5 (A)	0.4	0.38	5.0%
Bài 1	Dòng điện I_6 (A)	2.8	2.74	2.1%
Bài 2	Dòng điện I_1 (A)	5.0	4.99	0.2%
Bài 2	Dòng điện I_2 (A)	5.0	5.07	1.4%
Bài 2	Dòng điện I_3 (A)	3.87	3.85	0.5%
Bài 2	Công suất P (W)	446.8	458.7*	2.6%
Bài 2	Công suất P (W)	446.8	458.7*	2.6%

*Tổng công suất mô phỏng $P = P(R1) + P(R2) + P(R3) = 203.59W + 208.65W + 46.46W = 458.7W$

Tương tự, kết quả so sánh cho các bài toán mạch điện xoay chiều 3 pha, bao gồm cả kịch bản sự cố, được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2: So sánh kết quả bài toán 2 - Mạch xoay chiều 3 pha

Bài toán	Đại lượng	Giá trị Lý thuyết	Giá trị Mô phỏng	Sai lệch
Bài 2	Dòng pha Ia (A)	39.2	38.19	2.6%
Bài 2	Dòng pha Ib (A)	46.2	46.11	0.2%
Bài 2	Dòng pha Ic (A)	12.4	12.35	0.4%

Bài 2	Dòng TT I_0 (A)	14.1	14.05	0.4%
Bài 2 (Sự cố)	Điện áp U_1 (V)	49.61	50.57	1.9%
Bài 2 (Sự cố)	Điện áp U_2 (V)	330.65	329.49	0.35%

Phân tích dữ liệu từ Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy sự tương đồng cao giữa kết quả của phương pháp tính toán lý thuyết và phương pháp mô phỏng. Sai lệch quan sát được là rất nhỏ, phần lớn dưới 3%. Đáng chú ý, trong kịch bản sự cố mạch 3 pha (Bài 2), sai lệch chỉ là 0.35%.

Sự chênh lệch không đáng kể này được lý giải là do quá trình tính toán lý thuyết thủ công bao gồm các bước làm tròn số phức và lượng giác ở các giai đoạn trung gian. Ngược lại, phần mềm mô phỏng "tính toán chi tiết và chính xác trong từng thời điểm" mà không làm tròn, cho thấy độ chính xác thuật toán của mô phỏng là cao. Từ đó có thể thấy LTSpice là một công cụ có độ chính xác và tin cậy, đủ tiêu chuẩn để sử dụng làm phương tiện kiểm chứng và phân tích trong giảng dạy kỹ thuật điện.

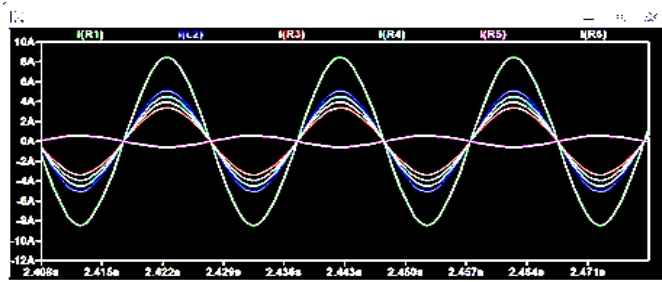
**Phân tích hiệu quả sự phạm: Từ trừu tượng đến trực quan sinh động*

Bên cạnh độ chính xác, hiệu quả sự phạm của phương pháp mô phỏng là một kết quả quan trọng. Phương pháp giảng dạy truyền thống gặp hạn chế ở tính trừu tượng. Ví dụ, kết quả $\vec{I}_1 = 5\angle 22^\circ$ và $\vec{I}_2 = 5\angle -122^\circ$ từ một bài toán 1 pha là các vector phức, khó liên hệ với hiện tượng vật lý.

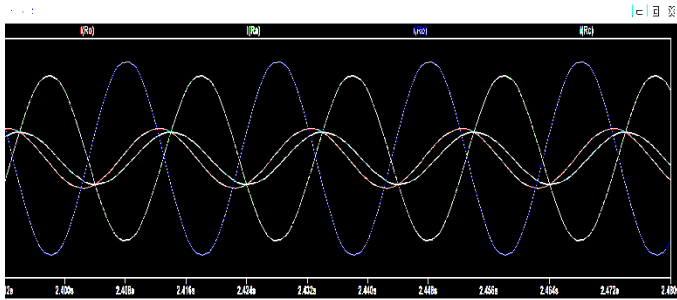
LTSpice giải quyết vấn đề này bằng cách trực quan hóa kết quả. Thay vì chỉ là giá trị số, phần mềm biểu diễn các đại lượng này dưới dạng "các dạng đường cong hình sin" theo thời gian như trong Hình 5, Hình 6. Thông qua đồ thị, sinh viên có thể quan sát đồng thời ba khái niệm:

1. Dạng sóng: Thấy rõ sự biến thiên hình sin của dòng điện, dao động quanh trục 0.
2. Biên độ: Quan sát giá trị đỉnh của các dòng điện (ví dụ: cả hai dòng điện đều có giá trị hiệu dụng RMS 5A).
3. Độ lệch pha: Đây là lợi ích sự phạm lớn nhất. Góc pha trừu tượng (ví dụ: 22° và -122° được chuyển

đổi thành một độ trễ hoặc sự dịch chuyển về thời gian có thể quan sát được giữa các sóng trên đồ thị.



Hình 5: Hình ảnh sóng hình sin của cường độ dòng điện tức thời thay đổi trong bài toán 1.



Hình 6: Hình ảnh sóng hình sin của cường độ dòng điện tức thời trong các pha thay đổi trong bài toán 2.

Sự chuyển đổi từ khái niệm toán học sang hiện tượng vật lý hữu hình này cung cấp một cách nhìn trực quan và mô hình mô phỏng sinh động. Phương pháp này giúp học viên dễ hình dung về hoạt động của mạch xoay chiều. Hơn nữa, tính tương tác của phần mềm cho phép sinh viên thay đổi thông số và quan sát kết quả tức thì, thúc đẩy khả năng tự khám phá, tăng sự hứng thú học tập và phát huy năng lực tự học.

** Ứng dụng phân tích sự cố an toàn - nghiên cứu trường hợp đứt dây trung tính*

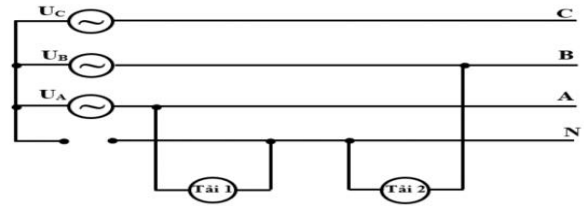
Ứng dụng quan trọng nhất của phương pháp mô phỏng là trong phân tích các sự cố an toàn điện, gắn liền giá trị học thuật với nghiệp vụ PCCC&CNCH. Bài toán 2 (mạch 3 pha) được sử dụng như một kịch bản nghiên cứu điển hình.

Kịch bản sự cố:

Một mạng điện 3 pha 4 dây (điện áp pha $U_p = 220V$ điện áp dây $U_d = 380V$) cấp điện cho hai tải riêng biệt:

●Tải 1: Một ấm đun nước công suất $P_1 = 2000W$ (có điện trở $R_1 = \frac{U^2}{P_1} = \frac{220^2}{2000} = 24,2(\Omega)$), nối vào Pha A.

●Tải 2: Một máy tính công suất $P_2 = 300W$ (có điện trở $R_2 = \frac{U^2}{P_2} = \frac{220^2}{300} = 161,3(\Omega)$), nối vào Pha B.



Hình 7: Sơ đồ tải của kịch bản đứt dây trung tính.

Ở trạng thái bình thường, cả hai thiết bị đều nhận đúng 220V và hoạt động bình thường.

Sự cố: "Khi dây trung tính bị đứt".

Phân tích hậu quả: Khi dây trung tính (dây N) bị đứt, mạch điện thay đổi hoàn toàn. Tải 1 và Tải 2 không còn được nối với điểm trung tính (điện áp 0V) nữa. Thay vào đó, chúng bị mắc nối tiếp với nhau và đặt vào điện áp dây giữa Pha A và Pha B (điện áp $U_d = 380V$).

Tổng trở của mạch nối tiếp này là $R_t = R_1 + R_2 = 24,2 + 161,3 = 185,5(\Omega)$

Dòng điện chạy qua cả hai tải là $I = \frac{U_d}{R_t} = \frac{380}{185,5} = 2,05(A)$

Bây giờ, điện áp rơi trên mỗi tải được tính toán:

● Điện áp trên Tải 1 (Ấm đun):

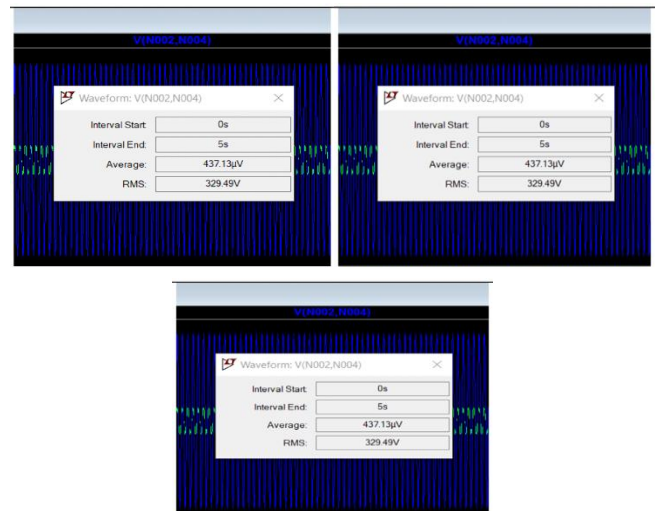
○Lý thuyết: $U_1 = I.R_1 = 2,05.24,2 = 49,61(V)$

○Mô phỏng: $U_1 = 50,57(V)$

● Điện áp trên Tải 2 (Máy tính):

○Lý thuyết: $U_2 = I.R_2 = 2,05.161,3 = 330,65(V)$

○Mô phỏng: $U_2 = 329,49(V)$



Hình 8: Sơ đồ mạch điện và kết quả mô phỏng sự cố trên Ltspice.

Kết luận sự cố:

Kết quả phân tích (với sự tương đồng gần như tuyệt đối 0.35% giữa lý thuyết và mô phỏng) cho thấy một thảm họa về điện. Tải 1 (ấm đun, có điện trở thấp) bị sụt áp nghiêm trọng, chỉ nhận được khoảng 50V (thay vì 220V) và gần như không hoạt động. Ngược lại, Tải 2 (máy tính, có điện trở cao) bị quá áp thảm khốc, phải chịu một điện áp 330V cao hơn 50% so với điện áp định mức 220V. Do điện áp đặt vào máy tính của tải 2 đang sử dụng là 330,65V lớn hơn điện áp định mức là 220V nên máy tính của tải 2 sẽ bị cháy.

Mô phỏng an toàn: Sự cố đứt dây trung tính là một hiện tượng cực kỳ nguy hiểm và có sức phá hủy cao. Việc tái tạo kịch bản này trong một phòng thí nghiệm vật lý là phi thực tế, tốn kém (phải hy sinh thiết bị) và có thể gây nguy hiểm cho người thực hiện. Việc mô phỏng giúp đảm bảo an toàn trong quá trình học, không gây nguy hiểm về điện, chập cháy. Sinh viên có thể thử nghiệm nhiều trường hợp (ví dụ: thay đổi giá trị tải) và phân tích một hiện tượng có khả năng gây nguy hiểm mà vẫn đảm bảo trong một môi trường an toàn. Đây là một lợi thế sư phạm vượt trội trong đào tạo ngành PCCC&CNCH.

4. Qua quá trình triển khai và phân tích, có thể thấy việc ứng dụng phần mềm LTSpice mô phỏng các bài toán mạch điện xoay chiều 1 pha và 3 pha đã mang lại hiệu quả rõ rệt trong việc nâng cao chất lượng giảng dạy học phần Kỹ thuật điện tại Khoa Cơ sở ngành PCCC trên ba phương diện chính:

1. Về độ chính xác: Đã có bằng chứng thực nghiệm, thông qua việc so sánh kết quả (Bảng 1 và Bảng 2), cho thấy kết quả tính toán của LTSpice là hoàn toàn tương đồng với phương pháp tính toán lý thuyết. Độ tin cậy và chính xác của phần mềm đã được xác thực, giúp nó trở thành một công cụ học thuật hợp lệ để kiểm chứng và phân tích.

2. Về hiệu quả sư phạm: Việc áp dụng phần mềm trong quá trình giảng dạy đã giải quyết thành công vấn đề cố hữu của phương pháp giảng dạy truyền thống là tính trừu tượng. Bằng cách cung cấp hình ảnh, đồ thị cụ thể và mô hình mô phỏng sinh động, LTSpice đã trực quan hóa các khái niệm vốn

khó hình dung. Sinh viên có thể nhìn thấy sự lệch pha, quan sát dạng sóng biến thiên, từ đó hiểu sâu hơn về bản chất vật lý của các hiện tượng điện, thay vì chỉ ghi nhớ công thức.

3. Về tính ứng dụng và An toàn nghiệp vụ: Phần mềm đã cung cấp một phương tiện an toàn tuyệt đối để học viên phân tích các kịch bản sự cố điện phức tạp và nguy hiểm, như kịch bản "đứt dây trung tính". Đây là một kịch bản nghiệp vụ PCCC&CNCH điển hình, và việc phân tích nó đã nâng cao trực tiếp năng lực tư duy kỹ thuật và khả năng chẩn đoán sự cố cho học viên.

Tóm lại, việc tích hợp LTSpice - một công cụ miễn phí hoàn toàn và dễ triển khai - vào giảng dạy không chỉ giúp sinh viên tiếp cận bài học một cách trực quan và hứng thú hơn, mà còn là một bước đi quan trọng trong việc đổi mới phương pháp dạy học theo định hướng phát triển năng lực người học. Sáng kiến đã chứng minh tính khả thi và hiệu quả, đáp ứng yêu cầu của chuyển đổi số trong giáo dục và góp phần nâng cao chất lượng đào tạo học phần Kỹ thuật điện tại Khoa Cơ sở ngành PCCC. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh (2023), *Kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội.
2. Đoàn Việt Mạnh (2022), *Sách bài tập Kỹ thuật điện*, Trung tâm lưu trữ và thư viện - Trường Đại học PCCC.
3. Nguyễn Kim Đính (2015), *Kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản Đại học quốc gia TP Hồ Chí Minh.
4. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh (2011), *Bài tập kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam.
5. Analog Devices (2025), LTSpice Simulator. Liên kết: <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>. Truy cập tháng 10/2025