

# Phát triển phần mềm tính toán hệ thống điện làm công cụ hỗ trợ quá trình dạy và học ngành Kỹ thuật Điện

Võ Tiến Dũng<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Văn Minh<sup>1</sup> và Ngô Thị Lê<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh

## TÓM TẮT

Công nghệ đang mở ra một kỷ nguyên mới trong giáo dục. Với sự phát triển của khoa học máy tính, đào tạo kỹ thuật điện đã trở nên hiệu quả và tiết kiệm chi phí hơn dựa trên công nghệ mô phỏng. Bài viết này trình bày việc thiết kế và phát triển phần mềm tính toán hệ thống điện và sử dụng phần mềm này như một công cụ hỗ trợ quá trình dạy và học ngành kỹ thuật điện. Công cụ này cung cấp một giao diện tương tác và đơn giản hóa để người dùng phân tích các hệ thống điện khác nhau ở chế độ xác lập. Ba thuật toán khác nhau đã được triển khai để cung cấp nhiều lựa chọn hơn cho người dùng. Độ chính xác và hiệu quả của công cụ được xác minh và so sánh với phần mềm tiêu chuẩn hiện có. Công cụ này phù hợp để giảng dạy cho sinh viên ngành điện và đang được sử dụng tại Khoa Điện, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh.

**Từ khóa:** hệ thống điện, phần mềm dạy học, ngành Điện

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 ảnh hưởng đến mọi vấn đề trong xã hội ngày nay, trong đó có giáo dục. Các công nghệ học tập kỹ thuật số được kỳ vọng sẽ cải cách giáo dục đại học. Chuyển đổi kỹ thuật số trong giáo dục đại học đề cập đến việc tích hợp công nghệ kỹ thuật số vào các khía cạnh khác nhau của hệ thống giáo dục, bao gồm giảng dạy, quản trị và ứng dụng trong lớp học. Điều này bao gồm việc sử dụng các công cụ và nền tảng kỹ thuật số để nâng cao và hợp lý hóa các quy trình, cũng như để cải thiện trải nghiệm học tập tổng thể cho học sinh. Kế hoạch Hành động Giáo dục Kỹ thuật số (2021–2027) gần đây của Ủy ban châu Âu (EC) tuyên bố rằng giáo dục kỹ thuật số sẽ tạo điều kiện cho việc giảng dạy được cá nhân hóa, linh hoạt hơn và lấy sinh viên làm trung tâm [1].

Trong xu hướng hội nhập, Việt Nam đang tích cực đẩy mạnh chuyển đổi số theo hướng mang lại kết quả thực chất, bền vững bằng

cách thành lập Ủy ban Quốc gia về chuyển đổi số để thúc đẩy hiệu quả làm việc của các cơ quan chính phủ cũng như sự phát triển kinh tế địa phương [2]. Đề án Tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin và chuyển đổi số trong giáo dục và đào tạo giai đoạn 2022-2025, định hướng đến năm 2030 đã được Thủ tướng phê duyệt tháng 1/2022 với mục tiêu là: Tận dụng tiến bộ công nghệ để thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong dạy và học, nâng cao chất lượng và cơ hội tiếp cận giáo dục, hiệu quả quản lý giáo dục; xây dựng nền giáo dục mở thích ứng trên nền tảng số, góp phần phát triển Chính phủ số, kinh tế số và xã hội số [2]. Điều này đặt ra yêu cầu lớn đối với giảng viên đại học, những người mà kỹ năng công nghệ đang là rào cản lớn đối với quá trình chuyển đổi kỹ thuật số của giáo dục đại học.

Phần lớn giảng viên vẫn quen với cách giảng dạy truyền thống với phấn, bảng, tài liệu phát

Tác giả liên hệ: TS. Võ Tiến Dũng

Email: [tdungtmv@gmail.com](mailto:tdungtmv@gmail.com)

tay, với rất ít sự hỗ trợ của công nghệ. Đại dịch Covid-19 nổ ra, gần như “chỉ sau một đêm”, các giảng viên đã buộc phải điều chỉnh việc giảng dạy của họ sang định dạng trực tuyến, kỹ thuật số để đáp ứng nhu cầu của hàng triệu sinh viên. Mặc dù rất sẵn lòng thay đổi, nhưng hơn một năm sau đại dịch, sự thất vọng của các giảng viên và sinh viên đã trở nên rõ ràng. Giảng viên thì than phiền sinh viên chỉ vào điểm danh, không tham gia quá trình học tập, tương tác. Sinh viên lại phản hồi giảng viên dạy online như đọc bài giảng, hình thức đánh giá không phản ánh được chất lượng học tập. Tài liệu học tập chủ yếu là bài giảng, giáo trình đơn điệu nên không gây hứng thú cho người học. Để tăng tính tương tác, giảng viên cần sử dụng nhiều công cụ hỗ trợ như phần mềm chuyên ngành và các ứng dụng truyền thông khác. Một nghiên cứu về giảng dạy các ngành khoa học, kỹ thuật và toán học cho thấy rằng việc kết hợp khai thác các ứng dụng trên nền tảng kỹ thuật số với bài giảng truyền thống đem lại hiệu quả rõ rệt [1].

Trong quá trình giảng dạy cho sinh viên ngành điện, tác giả kết hợp kiến thức chuyên ngành với toán giải tích và công nghệ thông tin để xây dựng phần mềm tính toán phân tích hệ thống điện. Trong bài viết này tác giả giới thiệu quá trình xây dựng phần mềm Power System Calculation (PSC) và ứng dụng làm công cụ hỗ trợ cho công tác giảng dạy ngành Điện tại Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh.

## 2. PHÁT TRIỂN PHẦN MỀM POWER SYSTEM CALCULATION

### 2.1. Phân tích bài toán tính toán chế độ xác lập hệ thống điện

Để đạt mục tiêu xây dựng chương trình tính toán chế độ xác lập hệ thống điện cần tích hợp kiến thức của ba ngành: Kỹ thuật điện, Toán giải tích và công nghệ thông tin. Từ sơ đồ và thông số cơ bản của hệ thống

điện (công suất nguồn, công suất phụ tải, thông số máy biến áp, đường dây, thiết bị bù...), kiến thức về truyền tải điện giúp nhận dạng đặc điểm, phân loại tính chất các nút thành ba loại: nút cơ sở (Slack bus), nút điều chỉnh điện áp (Regulated buses hay P-V buses), nút tải (load buses hay P-Q buses). Từ đặc tính vật lý, sơ đồ hệ thống điện có thể được mô hình hóa về sơ đồ mạch điện với các thông số đặc trưng: điện trở, điện cảm, điện dung và điện dẫn. Để mô tả mối quan hệ giữa dòng điện, tổng trở (hoặc tổng dẫn) và điện áp nút, sử dụng định luật Kirchoff 1 và 2, được hệ phương trình nút:

$$[I] = [Y] \cdot [V] \quad (1)$$

Với:

$[I]$  là ma trận dòng điện nút,

$[Y]$  là ma trận tổng dẫn nút đặc trưng cho cấu trúc lưới và

$[V]$  là ma trận điện áp nút.

Trong đó, dòng điện nút được tính:

$$I_i = \frac{S_i^*}{V_i} = \frac{P_i - jQ_i}{V_i} \quad (2)$$

Ma trận Y được xác định như sau [1 - 2]:

$$Y_{ii} = \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n y_{ij} \text{ với } y_{ij} \text{ là tổng dẫn nhánh } ij.$$

$$Y_{ij} = -y_{ij}; j \neq i$$

Phương trình (1) có thể được khai triển thành:

$$\dot{I}_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot \dot{V}_j \quad (3)$$

Do dòng điện nút phụ thuộc vào công suất nên hệ phương trình (1) là phi tuyến. Để giải được hệ phương trình này cần đào sâu kiến thức về toán giải tích.



Hình 1. Sơ đồ thuật toán tính toán hệ thống điện

**2.2. Các phương pháp giải tích cho bài toán phân tích hệ thống điện**

Trong nhiều phương pháp giải hệ phương trình phi tuyến, có ba phương pháp phù hợp nhất cho bài toán tính toán hệ thống điện, đó là phương pháp Gauss - Seidel, phương pháp Newton - Raphson và phương pháp Fast Decouple. Tóm tắt nội dung 3 phương pháp như sau [3 - 4]:

**2.2.1. Phương pháp Gauss - Seidel**

Thay phương trình (2) vào phương trình (3):

$$\dot{V}_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left( \frac{P_i - jQ_i}{V_i} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} \cdot \dot{V}_j \right) \quad (4)$$

Gán giá trị ban đầu:  $\dot{V}_1^{(0)}; \dot{V}_2^{(0)}; \dot{V}_3^{(0)}; \dots; \dot{V}_n^{(0)}$

Áp dụng phương pháp Gauss-Seidel:

$$\dot{V}_i^{(k+1)} = \frac{1}{Y_{ii}} \left( \frac{P_i - jQ_i}{V_i^k} - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij} \cdot \dot{V}_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij} \cdot \dot{V}_j^{(k)} \right) \quad (5)$$

Quá trình này được tiếp tục thực hiện đến khi:  $|\dot{V}_i^{(k+1)} - \dot{V}_i^{(k)}| \leq \epsilon$  với  $\epsilon$  là độ chính xác yêu cầu.

**2.2.2. Phương pháp Newton - Raphson**

Biểu diễn trong hệ tọa độ cực:  $Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij}$

Phương trình (3) trở thành:

$$\dot{I}_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot V_j = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| \cdot V_j \angle (\theta_{ij} + \delta_j) \quad (6)$$

Từ (6), viết lại theo hệ tọa độ cực:

$$P_i - jQ_i = V_i^{*(k)} \left[ \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot \dot{V}_j \right] = V_i \angle (-\delta_i) \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| \cdot V_j \angle (\theta_{ij} + \delta_j) \quad (7)$$

Rút ra:

$$P_i = \sum_{j=1}^n V_i \cdot V_j \cdot |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (8)$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n V_i \cdot V_j \cdot |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (9)$$

Phương pháp lặp Newton- Raphson:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[ \frac{\partial P}{\partial \delta} \right] & \left[ \frac{\partial P}{\partial V} \right] \\ \left[ \frac{\partial Q}{\partial \delta} \right] & \left[ \frac{\partial Q}{\partial V} \right] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (10)$$

Với [J] là ma trận Jacobi và hệ phương trình (10) là tuyến tính.

Giải hệ phương trình (10) xác định  $\Delta P_i^{(k)}$  và  $\Delta Q_i^{(k)}$  là phần dư công suất, được tính như sau:

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{th} - P_i^{(k)} \quad (11)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{th} - Q_i^{(k)} \quad (12)$$

Giá trị xấp xỉ cho bước lặp kế tiếp của điện áp nút là:

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (13)$$

$$U_i^{(k+1)} = U_i^{(k)} + \Delta U_i^{(k)} \quad (14)$$

Quá trình này được tiếp tục thực hiện đến khi:

$$|\Delta P_i^k| \leq \varepsilon \text{ và } |\Delta Q_i^k| \leq \varepsilon \quad (15)$$

**2.2.3. Phương pháp Fast Decoupled**

Phương pháp này trên cơ sở đơn giản hoá phương pháp Newton - Raphson. Thực nghiệm cho thấy trong khi tính toán ma trận Jacobi thành phần J2 và J3 rất nhỏ có thể bỏ qua. Ta có thể đơn giản hoá hệ phương trình (10) như sau:

$$\Delta P = J_1 \cdot \Delta \delta = \left[ \frac{\partial P}{\partial \delta} \right] \Delta \delta \quad (16)$$

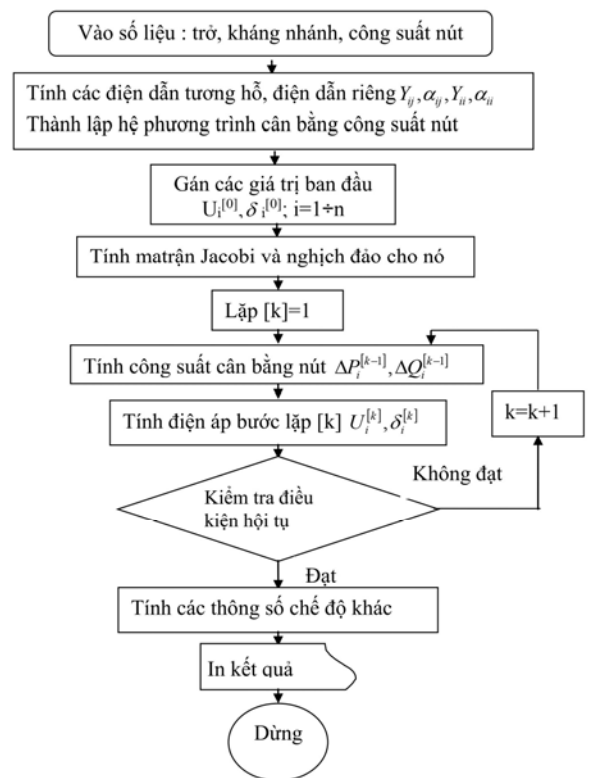
$$\Delta Q = J_4 \cdot \Delta V = \left[ \frac{\partial Q}{\partial V} \right] \Delta V \quad (17)$$

Quá trình tính toán tiếp theo như đối với phương pháp Newton - Raphson.

**2.3. Sơ đồ thuật toán và xây dựng chương trình**

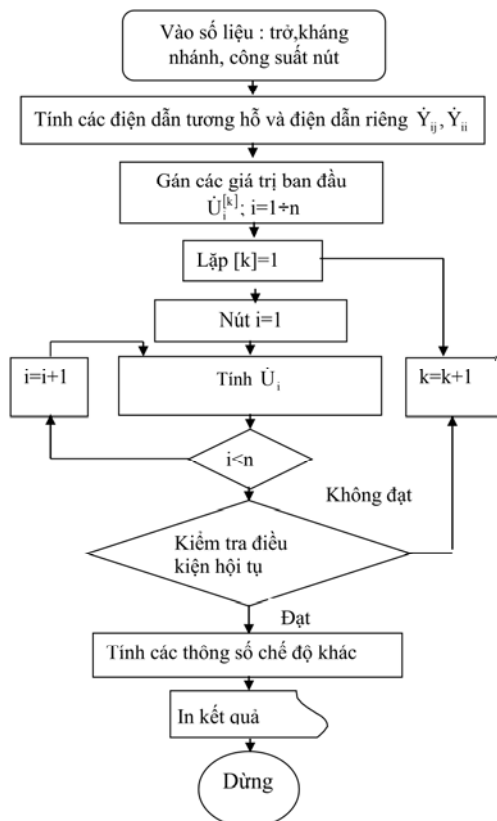
Từ các bước phân tích trên, để thuận lợi cho việc viết chương trình tính toán theo ba phương pháp, tác giả đề xuất xây dựng sơ đồ thuật toán của các phương pháp trên **Hình 2** [5 - 7].

Tác giả xây dựng chương trình tính toán chế độ xác lập hệ thống điện với tên gọi là “Power System Calculation (PSC)”, giao diện thể hiện trên **Hình 3**.

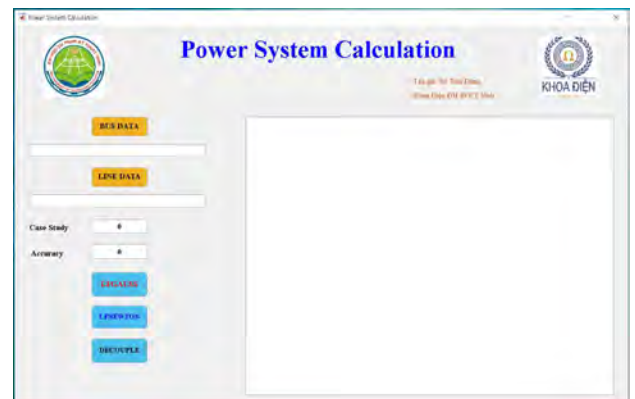


b. Giải thuật Newton - Raphson và Fast Decouple

**Hình 2.** Sơ đồ thuật toán tính toán hệ thống điện.



a. Giải thuật Gauss- Seidel



**Hình 3.** Giao diện chương trình “Power System Calculation”.

Dữ liệu đầu vào được nhập vào file text, bao gồm:

- 1) Busdata bao gồm loại nút, công suất;
- 2) Line data: thông số nhánh (điện trở, điện cảm, điện dung, điện dẫn trong hệ đơn vị tương đối).

Giới hạn số bước lặp được mặc định là 100. Yêu cầu về độ chính xác sẽ được nhập trực tiếp trên giao diện. Việc lựa chọn phương pháp được thực hiện bằng cách ấn nút tương ứng.

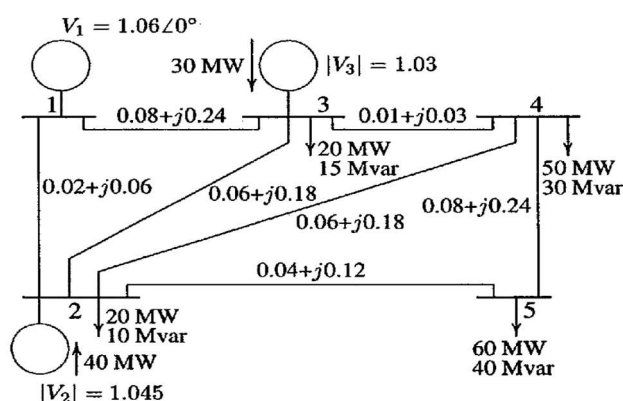
Chương trình tính toán chế độ xác lập sẽ được tính theo ba phương pháp: Gauss -

Seidel, Newton - Raphson và Fast Decouple. Kết quả đầu ra bao gồm các thông số sau:

- Số bước lặp.
- Sai số.
- Điện áp nút gồm biên độ và góc pha.
- Công suất nút cơ sở.
- Công suất trên các nhánh.
- Tổng hao công suất trên các nhánh.
- Tổng tổn hao công suất trên hệ thống.

### 3. KIỂM NGHIỆM PHẦN MỀM POWER SYSTEM CALCULATION

Đối tượng tính toán phân tích là sơ đồ hệ thống điện 5 nút với thông số (trong hệ đơn vị tương đối) như trên Hình 4. Nút 1 là nút cơ sở duy trì điện áp 1.06 (p.u), nút 2, 3 là nút máy phát duy trì biên độ điện áp:  $|U_2| = 1.045$  (p.u),  $|U_3| = 1.03$  (p.u). Công suất cơ bản lấy bằng  $S_{cb} = 100$  MVA. Dữ liệu chi tiết của hệ thống trong Bảng 2 và 3.



Hình 4. Sơ đồ hệ thống điện 5 nút [3- 4].

Bảng 2. Dữ liệu nút của hệ thống điện 5 nút [3, 4].

Nút	Loại nút	Điện áp		Nguồn		Phụ tải	
		Biên độ (p.u)	Góc pha (độ)	P <sub>F</sub> (MW)	Q <sub>F</sub> (MVar)	P <sub>t</sub> (MW)	Q <sub>t</sub> (MVar)
1	Slack	1.060	0.00	-	-	0	0
2	P-V	1.045	0.00	40	-	20	10
3	P-V	1.030	0.00	30	-	20	15
4	P-Q	1.000	0.00	0	0	50	30
5	P-Q	1.000	0.00	0	0	60	40

Bảng 3. Dữ liệu nhánh của hệ thống điện 5 nút.

TT	Nhánh		R (p.u)	X (p.u)	B (p.u)
	Từ nút	Đến nút			
1	1	2	0.0200	0.0600	0.0600
2	1	3	0.0800	0.2400	0.0500
3	2	3	0.0600	0.1800	0.0400
4	2	4	0.0600	0.1800	0.0400
5	2	5	0.0400	0.1200	0.0300
6	3	4	0.0100	0.0300	0.0200
7	4	5	0.0800	0.2400	0.0500

Hình 5. Kết quả tính bằng Power System Calculation.



### 3.1. Tính toán bằng Power System Calculation

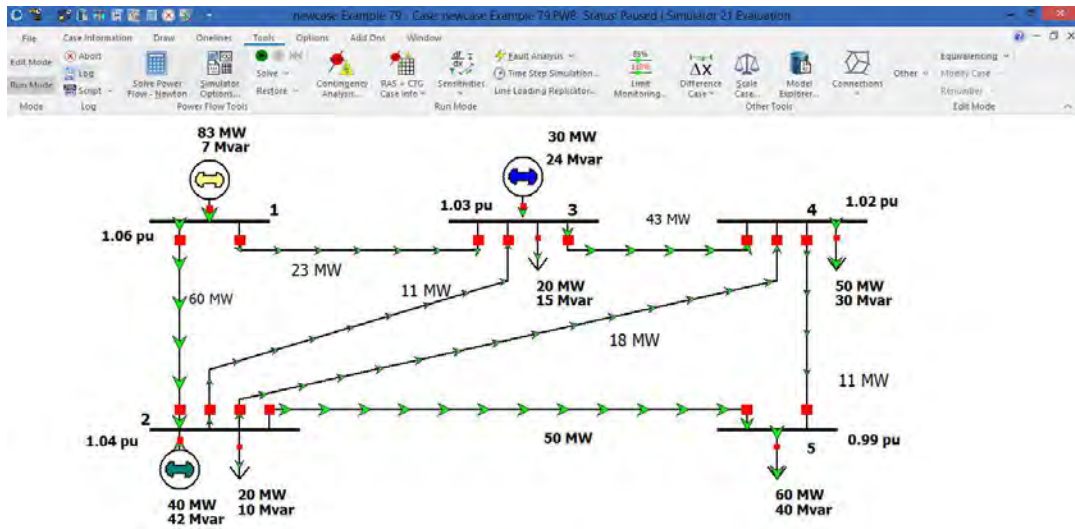
Thông tin về hệ thống điện được nhập vào file text, sau đó chạy chương trình với yêu cầu độ chính xác 0.0001. Kết quả tính bằng Power System Calculation thể hiện trên **Hình 5**. PSC cho kết quả bằng 3 phương pháp:

Ngoài kết quả, PSC còn cung cấp dữ liệu về mỗi phương pháp thực hiện, bao gồm sai số, số bước lặp. PSC còn tính được công suất và tổn thất công suất các nhánh.

### 3.2. Tính toán bằng Power World Simulator

Để thực hiện tính toán trên phần mềm Power World Simulator cần xây dựng sơ đồ hệ thống, nhập dữ liệu cho mỗi phần tử rồi mới chạy chương trình tính chế độ xác lập, kết quả thể hiện trên **Hình 6**.

Kết quả chi tiết còn được thể hiện trong các bảng kết quả. Tuy nhiên, phần mềm chỉ cho kết quả bằng phương pháp Newton - Raphson.



**Hình 6.** Kết quả tính bằng Power World Simulator.

### 3.3. So sánh kết quả giữa hai phần mềm

**Bảng 4.** So sánh điện áp tính toán giữa hai phần mềm

Nút	PSC		Power World		Sai lệch	
	$ U $	$\delta$	$ U $	$\delta$	$ U $	$\delta$
1	1.0600	0.00	1.0600	0.00	0	0
2	1.0450	-1.78	1.0450	-1.78	0	0
3	1.0300	-2.66	1.0300	-2.66	0	0
4	1.0186	-3.24	1.0186	-3.24	0	0
5	0.9901	-4.41	0.9901	-4.41	0	0

**Bảng 5.** So sánh kết quả tính tổn thất trên các nhánh giữa hai phần mềm

Nhánh	PSC		Power World		Sai lệch	
	$\Delta P$	$\Delta Q$	$\Delta P$	$\Delta Q$	$\Delta P$	$\Delta Q$
1-2	0.65	-4.70	0.65	-4.70	0	0
1-3	0.41	-4.24	0.41	-4.24	0	0
2-3	0.08	-4.07	0.08	-4.07	0	0
2-4	0.23	-3.57	0.23	-3.57	0	0
2-5	1.3	0.78	1.3	0.78	0	0
3-4	0.24	-1.39	0.24	-1.39	0	0
3-5	0.15	-4.58	0.15	-4.58	0	0

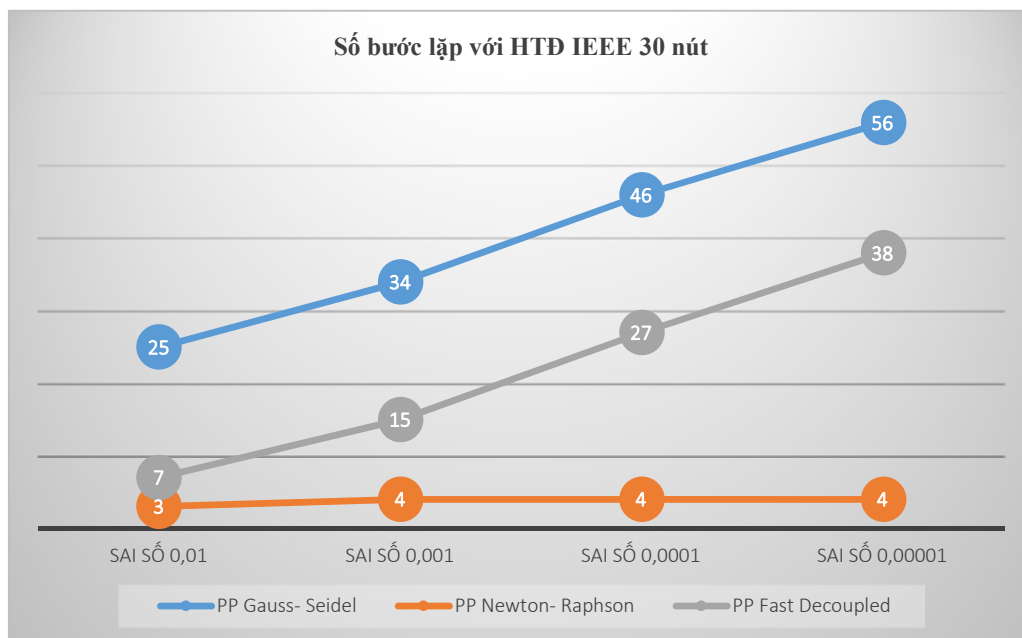
Kết quả tính toán về điện áp và tổn thất công suất trên các nhánh giữa hai phần mềm được thể hiện trên **Bảng 4** và **5**. So sánh kết quả giữa hai phần mềm cho thấy sự chính xác là tương đương.

### 3.4. Ứng dụng phần mềm hỗ trợ giảng dạy ngành Điện

Trong tính toán phân tích hệ thống điện, Power World Simulator là phần mềm thương mại với giá thành khá cao (11 000 \$ cho chức năng tính cơ bản, muốn mở rộng chức năng cần mua thêm [8]). Phần mềm cung cấp bản miễn phí chỉ thực hiện mô phỏng với số nút hạn chế. Hơn nữa người học chỉ sử dụng phần mềm đơn thuần để tính, kiểm tra kết quả chứ không hiểu rõ phương pháp thực hiện, sai số cũng như đánh giá hiệu quả của phương pháp. Trong khi đó, với phần mềm PSC, người học nghiên cứu lý thuyết, tìm hiểu các thuật toán để phân tích hệ thống điện phức tạp và thử nghiệm cho các hệ thống khác nhau để đánh giá hiệu quả các phương

pháp. Một trường hợp nghiên cứu với hệ thống điện chuẩn IEEE-30 nút [3, 4] được thử nghiệm. Yêu cầu độ chính xác càng cao (sai số càng nhỏ) thì số bước lặp lớn. Để xét ảnh hưởng của sai số và sự hiệu quả của các ba

phương pháp: Gauss- Seidel, Newton-Raphson và Fast Decouple; ta so sánh việc tính toán trên hệ thống IEEE 30 nút với sai số lần lượt là 0.01; 0.001; 0.0001; 0.00001. Kết quả được thể hiện trong Hình 7.



Hình 7. So sánh số bước lặp của ba phương pháp cho HTĐ IEEE 30 nút với sai số yêu cầu lần lượt là 0.01; 0.001; 0.0001; 0.00001.

Như vậy, phần mềm PSC là cho kết quả chính xác, tin cậy (đối sánh với Power World Simulator). Với đặc thù hướng tới trang bị kiến thức cơ sở nhưng tập trung vào giải pháp công nghệ thì việc sử dụng phần mềm PSC là công cụ hiệu quả trong dạy và học.

- Một là, phần mềm giúp kiểm nghiệm lại kết quả thực hiện trên lý thuyết, so sánh sự hiệu quả của mỗi phương pháp với hệ thống điện cụ thể.

- Hai là, PSC được sử dụng để tính toán phân tích các hệ thống phức tạp, sử dụng trong nhiều môn học: lưới điện, cung cấp điện, tính toán hệ thống điện, thiết kế mạng lưới điện, vận hành lưới điện...

- Ba là, nó là công cụ hỗ trợ sinh viên làm bài tập lớn, đồ án môn học, đồ án tốt nghiệp. Giảng viên sử dụng để kiểm tra, giám sát kết quả thực hiện.

- Bốn là, phần mềm PSC có khả năng ứng dụng tính toán phân tích hệ thống điện thực tế. Trên cơ sở đó để đề ra giải pháp vận hành tối ưu và kiểm nghiệm lại bằng kết quả mô phỏng, tính toán trước khi đem áp dụng.

#### 4. KẾT LUẬN

Chuyển đổi số trong giáo dục là việc ứng dụng các giải pháp công nghệ trong công tác quản lý, đổi mới phương thức giảng dạy nhằm nâng cao trải nghiệm của người học, đồng thời giúp các tổ chức đào tạo vận hành hiệu quả, tinh gọn. Chuyển đổi số giúp cải thiện các công cụ hỗ trợ, thay đổi và nâng cao chất lượng giảng dạy để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của người học. Trong xu thế đó, dưới góc độ người dạy, tác giả phát triển phần mềm Power System Calculation để tính toán phân tích hệ thống điện. Phần mềm này có độ tin cậy và chính xác tương đương với phần mềm Power World Simulator, hơn nữa lại không bị hạn chế số nút. Phần mềm có thể sử dụng cho nhiều môn học, lĩnh vực khác nhau như tính toán mạng điện, tính các chế độ làm việc, vận hành lưới điện, thiết kế, lựa chọn thiết bị điện, nghiên cứu vận hành tối ưu... rất phù hợp làm công cụ hỗ trợ cho giảng dạy ngành Điện và đang được sử dụng đào tạo ngành Điện trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Yngve Røe, Slawomir Wojnusz and Annette Hessen Bjerke, *The Digital Transformation of Higher Education Teaching: Four Pedagogical Prescriptions to Move Active Learning Pedagogy Forward*. *Frontiers in Education*, 14 January 2022, Section: Digital Learning Innovations. Volume 6 - 2021. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.784701>
- [2] Công văn 639/BTTTT-THH 2022 tăng cường hiệu quả quản lý, ứng dụng CNTT, chuyển đổi số
- [3] Hadi Saatdat, *Power system analysis*. New York: McGraw Hill 1999, ISBN 0-07-561634-3
- [4] Federico Milano, *Power System Modelling and Scripting*. Springer, 2010, ISBN 978-3-642-13668-9.
- [5] Võ Tiến Dũng, Radomir Gono, Zbigniew Leonowicz. *A New Approach Newton-Raphson Load Flow Analysis in Power System Networks with STATCOM*. AETA 2018 - Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences: Theory and Application. Springer Nature Switzerland AG, Mã số ISBN 978-3-030-14906-2, ISBN 978-3-030-14907-9 (ebook).
- [6] Võ Tiến Dũng, Petr Hawliczek, Radomir Rono and Zbigniew Leonowicz. *Analysis and modeling of STATCOM for regulate the voltage in power systems*. 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE). 2017, DOI: 10.1109/EPE.2017.7967358.
- [7] Võ Tiến Dũng, Radomir Goňo, Zbigniew Leonowicz, Petr Krejčí, *Load Flow Analysis In Power System Network Incorporating Statcom: A Comparison Of The Direct And Indirect Algorithm Of The Newton-Raphson Method*. AEEE Journal of Advances in Electrical and Electronic Engineering, Volume: 17, Number: 1, 2019, DOI: 10.15598/AEEE.v17i1.3054.
- [8] <https://www.powerworld.com/download-purchase/how-to-purchase/pricing>

# Development of power system calculation software as a tool to support the teaching and learning processes in Electrical engineering

Vo Tien Dung, Nguyen Van Minh and Ngo Thi Le

## ABSTRACT

*Technology is ushering in a new era in education. With the development of computer science, electrical engineering training has become more efficient and cost-effective based on simulation technology. This article presents the design and development of software to calculate electrical systems and use it as a tool to support the teaching and learning processes in electrical engineering. This tool provides an interactive and simplified interface for users to analyze different systems in steady-state. Three different load flow algorithms have been implemented to provide a wider choice for the users. The accuracy and effectiveness of the tool is verified and benchmarked with existing standard software. This tool is suitable for teaching electrical engineering students and is being used at the Faculty of Electrical, Vinh University of Technology Education.*

**Keywords:** power system, teaching software, electrical engineering.

Received: 15/05/2023

Revised: 02/06/2023

Accepted for publication: 03/06/2023