

Ứng dụng phần mềm PSS trong phân tích chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật mạng điện phục vụ giảng dạy ngành Kỹ thuật điện

¹ThS. Trần Vũ

¹ Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại Học Hải Dương

Email: tranvu0087@gmail.com

Ngày nhận bài: 16/10/2025

Ngày chấp nhận đăng: 22/12/2025

Tóm tắt - Nâng cao chất lượng điện năng là yếu tố then chốt trong vận hành hiệu quả hệ thống điện và đưa ra các quyết định đầu tư hợp lý, đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa các yếu tố kỹ thuật và kinh tế. Tuy nhiên, trong giảng dạy ngành Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Hải Dương, việc thiết kế và phân tích hệ thống điện hiện vẫn chủ yếu dựa trên phương pháp tính toán thủ công, gây tốn thời gian, dễ phát sinh sai số và chưa đáp ứng yêu cầu của ngành điện hiện đại. Phần mềm PSS (Power System Simulator) do Siemens phát triển là công cụ mô phỏng và phân tích hệ thống điện toàn diện, với các chức năng như mô hình hóa chi tiết, tính toán phân bố công suất và tối ưu hóa mạng điện. Việc ứng dụng PSS vào giảng dạy giúp sinh viên tiếp cận công cụ hiện đại, nâng cao độ chính xác, rút ngắn thời gian tính toán và góp phần nâng cao chất lượng đào tạo ngành Kỹ thuật điện.

Từ khoá - Nâng cao chất lượng điện, phần mềm PSS, giảng dạy kỹ thuật điện.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh hội nhập và phát triển mạnh mẽ của ngành Kỹ thuật điện, yêu cầu về chất lượng nguồn nhân lực ngày càng cao, đặc biệt là năng lực phân tích và đánh giá các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của mạng điện. Sự gia tăng về quy mô và mức độ phức tạp của hệ thống điện hiện đại đòi hỏi người học không chỉ nắm vững kiến thức lý thuyết cơ bản mà còn phải thành thạo các công cụ mô phỏng và phân tích chuyên sâu, phục vụ cho thiết kế, vận hành và tối ưu hóa hệ thống điện. Trong số các phần mềm chuyên ngành hiện nay, Power System Simulator (PSS) nổi bật với khả năng mô hình hóa chi tiết và phân tích toàn diện các đặc tính của mạng điện, đồng thời được ứng dụng rộng rãi tại hơn 136 quốc gia trên thế giới [1], khẳng định tính hiệu quả và độ tin cậy trong thực tiễn. Tuy nhiên, tại nhiều cơ sở đào tạo kỹ thuật điện ở Việt Nam, trong đó có Trường Đại học Hải Dương, việc giảng dạy và phân tích các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của mạng điện như tổn thất công suất, độ tin cậy cung cấp điện và chi phí vận hành vẫn chủ yếu dựa trên các phương pháp tính toán truyền thống, chưa khai thác đầy đủ tiềm năng của các phần mềm mô phỏng hiện đại. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc nghiên cứu, tích hợp và khai thác hiệu quả phần mềm PSS trong quá trình giảng dạy nhằm nâng cao chất lượng đào tạo, rút ngắn khoảng cách giữa lý thuyết và thực tiễn sản xuất. Xuất phát từ yêu cầu đó, bài báo tập trung nghiên

cứ ứng dụng phần mềm PSS trong phân tích các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của mạng điện, qua đó đề xuất hướng tiếp cận hiệu quả phục vụ công tác giảng dạy ngành Kỹ thuật điện.

2. NỘI DUNG

2.1. Sự cần thiết của đánh giá kinh tế kỹ thuật đối với mạng điện

Trong bối cảnh hệ thống điện đang trải qua quá trình chuyển đổi sâu rộng, việc đánh giá đồng thời các chỉ tiêu kỹ thuật và kinh tế của mạng điện ngày càng trở nên cấp thiết. Sự gia tăng mạnh mẽ của nhu cầu điện năng do quá trình đô thị hóa, phát triển công nghệ và đặc biệt là sự tích hợp ngày càng lớn các nguồn năng lượng tái tạo phân tán (DER) đã làm gia tăng đáng kể mức độ phức tạp trong vận hành và quy hoạch lưới điện. Điều này đòi hỏi các nhà quản lý, quy hoạch và đầu tư phải dựa trên các phân tích toàn diện nhằm đảm bảo hệ thống điện vận hành an toàn, hiệu quả và bền vững, đồng thời đáp ứng yêu cầu cung cấp điện liên tục với chất lượng ngày càng cao.

Về mặt kỹ thuật, các chỉ tiêu quan trọng cần được xem xét bao gồm tổn thất công suất, độ tin cậy và ổn định hệ thống. Tổn thất công suất phản ánh mức độ hiệu quả của quá trình truyền tải và phân phối điện, có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất vận hành và chi phí khai thác. Độ tin cậy thể hiện khả năng duy trì cung cấp điện liên tục của hệ thống trong các điều kiện vận hành bình thường và khi xảy ra sự cố, thường được đánh giá thông qua các chỉ số như SAIFI, SAIDI và CAIDI. Bên cạnh đó, ổn định hệ thống, bao gồm ổn định quá độ và ổn định điện áp, là yếu tố then chốt đảm bảo lưới điện duy trì trạng thái vận hành an toàn sau các nhiễu loạn [2].

Song song với các chỉ tiêu kỹ thuật, các chỉ tiêu kinh tế đóng vai trò quyết định trong việc lựa chọn phương án đầu tư và vận hành tối ưu. Chi phí đầu tư phản ánh nguồn lực tài chính cần thiết cho việc xây dựng mới hoặc nâng cấp hạ tầng điện, trong khi chi phí vận hành và bảo trì thể hiện mức chi phí duy trì hoạt động ổn định của hệ thống trong suốt vòng đời khai thác. Việc đánh giá kết hợp các chỉ tiêu kỹ thuật và kinh tế cho phép lựa chọn các giải pháp phát triển mạng điện không chỉ đảm bảo yêu cầu kỹ thuật mà còn đạt hiệu quả kinh tế lâu dài, phù hợp với xu hướng phát triển bền vững của ngành điện [3].

2.2. Tính toán chỉ tiêu kỹ thuật mạng điện phân phối lộ 375E8 khu công nghiệp Đại An - Tứ Minh - TP Hải Phòng bằng phương pháp truyền thống.

Lộ 375E8 khu công nghiệp Đại An - Tứ Minh - TP Hải Phòng cung cấp điện sản xuất cho các nhà máy, xí nghiệp trong khu công nghiệp Đại An và trạm biến áp của các xã khu vực lân cận.

BẢNG 1. THÔNG SỐ CÁC TRẠM BIẾN ÁP VÀ TẢI LỘ 375E8

Tên trạm	S _{đặt} (Kva)	Kt	S Tải (Kva)	T _{max} (h)	Điện áp (kV)
Kan To	630	0,55	346,5	4500	22
Ngân vượng	1250	0,75	937,5	4500	22
Hitachi	1800	0,7	1260	4500	22
Hitachi 2	1000	0,75	750	4500	22
ICS	800	0,45	360	4500	22
CQT Cẩm Đông	300	0,69	207	4500	22
HTX cẩm đông	400	0,75	300	4500	22
Cẩm Đông C	180	0,75	135	4500	22
Cẩm Đông D	180	0,72	129,6	4500	22
Cẩm Đông A	180	0,58	104,4	4500	22
Nishoku 1	560	0,65	364	4500	22
Nishoku 2	1000	0,75	750	4500	22
KRA	630	0,57	359,1	4500	22
KKA	630	0,75	472,5	4500	22
Canada	100	0,75	75	4500	22
Hiền lê	180	0,48	86,4	4500	22
Á Châu	2000	0,45	900	4500	22
Thôn Chằm	320	0,4	128	4500	22
Cẩm Đông B	320	0,87	278,4	4500	22
Hòa Bình	180	0,75	135,0	4500	22
Cẩm Đoài	180	0,56	100,8	4500	22
Cẩm Đoài B	320	0,65	208	4500	22
Brother	2800	0,7	1960	4500	22
Ajinomoto	1000	0,75	750	4500	22
CP	1500	0,75	1125	4500	22
Thức Ăn CP	1500	0,75	1125	4500	22
Quý Dương	180	0,74	133,2	4500	22
Tràng Kỹ	280	0,74	207,2	4500	22

Bảng 2. Thông số đường dây lộ 375E8

Tên đường dây	Loại Dây	l (km)	r ₀ (Ω/km)	x ₀ (Ω/km)	
Tràng Kỹ	N27	AC35	0,35	0,85	0,40
N26	N27	AC120	0,2	0,27	0,365
Quý Dương	N26	AC35	0,7	0,85	0,40
N26	N24	AC120	0,2	0,27	0,365
Thức Ăn CP	N25	AC70	0,02	0,46	0,381
CP	N25	AC70	0,02	0,46	0,381
N24	N25	AC70	0,25	0,46	0,381
N24	N23	AC120	0,05	0,27	0,365
Ajnomoto	N23	AC50	0,5	0,65	0,392

N22	N23	AC120	0,35	0,27	0,365
Brother	N22	AC95	0,35	0,33	0,37
N22	N18	AC120	0,25	0,27	0,365
Cẩm Đoài B	N21	AC50	0,3	0,65	0,392
Cẩm Đoài	N21	AC50	0,03	0,65	0,392
N20	N21	AC70	0,5	0,46	0,381
Hòa Bình	N20	AC50	0,1	0,65	0,392
N19	N20	AC70	0,4	0,46	0,381
Cẩm Đông B	N19	AC50	0,2	0,65	0,392
N18	N19	AC70	0,2	0,46	0,381
N18	N14	AC120	0,6	0,27	0,365
Thôn Chằm	N17	AC35	0,3	0,85	0,40
Á Châu	N17	AC50	0,4	0,65	0,392
N16	N17	AC70	0,1	0,46	0,381
Hiền Lê	N16	AC35	0,1	0,85	0,40
N16	N15	AC70	0,3	0,46	0,381
Canada	N15	AC35	0,1	0,85	0,40
N14	N15	AC70	0,2	0,46	0,381
N13	N14	AC120	0,6	0,27	0,365
Cẩm Đông A	N13	AC50	0,15	0,65	0,392
N13	N9	AC120	0,1	0,27	0,365
KRA	N12	AC50	0,05	0,65	0,392
KKA 630	N12	AC50	0,05	0,65	0,392
N10	N12	AC95	0,7	0,33	0,37
Nishoku 2	N11	AC70	0,2	0,46	0,381
Nishoku 1	N11	AC70	0,1	0,46	0,381
N10	N11	AC70	0,1	0,46	0,381
N9	N10	AC95	0,3	0,33	0,37
N9	N8	AC120	0,2	0,27	0,365
Cẩm Đông D	N8	AC35	0,1	0,85	0,40
N8	N7	AC120	0,1	0,27	0,365
Cẩm Đông C	N7	AC50	0,05	0,65	0,392
N7	N5	AC120	0,1	0,27	0,365
CQT cẩm Đông	N6	AC35	0,1	0,85	0,40
HTX cẩm Đông	N6	AC35	0,6	0,85	0,40
N5	N6	AC50	1,1	0,65	0,392
N5	N4	AC120	0,4	0,27	0,365
ICS	N4	AC70	0,25	0,46	0,381

Xác định tổn thất công suất mạng điện bằng công thức sau:

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} \cdot R_i \quad (1)$$

$$\Delta Q_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} \cdot X_i \quad (2)$$

Trong đó:

- P_i, Q_i: là công suất tác dụng và phản kháng trên đường dây thứ i khi phụ tải cực đại.

- R_i, X_i: điện trở, điện kháng của đường dây thứ i.

$$\Delta P_{BAi} = \Delta P_n \left(\frac{S_t}{S_{dm}} \right)^2 + \Delta P_0 \quad (3)$$

$$\Delta Q_{BAi} = \frac{U_n \% \cdot S_T^2}{100 \cdot S_{dm}} + \Delta Q_0 \quad (4)$$

- ΔP_0 : hao tổn công suất tác dụng khi MBA không tải.
 - ΔQ_n : hao tổn công suất phản kháng khi MBA không tải.
 - ΔP_n : hao tổn công suất tác dụng khi ngắn mạch MBA.
- Theo công thức (1), (2), (3), (4) ta tính được:

$$\Delta P_{\text{mạng điện}} = \sum(\Delta P_i + \Delta P_{BAi}) = 129.889,7 \text{ (W)}$$

$$\Delta Q_{\text{mạng điện}} = \sum(\Delta Q_i + \Delta Q_{BAi}) = 235.349,2 \text{ (Var)}$$

Xác định độ tin cậy của mạng điện:

$$SAIDI_t = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ix} K_i}{K_t} \quad (5)$$

$$SAIDI_y = \sum_{t=1}^{12} SAIDI_t \quad (6)$$

$$SAIFI_t = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{K_t} \quad (7)$$

$$SAIFI_y = \sum_{t=1}^{12} SAIFI_t \quad (8)$$

$$MAIFI_t = \frac{\sum_{i=1}^m K_i}{K_t} \quad (9)$$

$$MAIFI_y = \sum_{t=1}^{12} MAIFI_t \quad (10)$$

Trong đó:

- T_i : Thời gian mất điện lần thứ i trong tháng t .
- K_t : Tổng số khách hàng của hệ thống trong tháng t .
- K_i : Tổng số khách hàng bị ảnh hưởng mất điện của hệ thống trong tháng t .
- n : Tổng số lần mất điện trên 5 phút.
- m : Tổng số lần mất điện dưới 5 phút.

Theo công thức 5, 6, 7, 8, 9, 10 ta tính được:

$$SAIDI_y \text{ mạng điện} = 49,1 \text{ (phút/khách hàng)}$$

$$MAIFI_y \text{ mạng điện} = 0,54 \text{ (lần/khách hàng)}$$

$$SAIFI_y \text{ mạng điện} = 0,34 \text{ (lần/khách hàng)}$$

Các phương pháp tính toán truyền thống trong đánh giá mạng điện thường dựa trên các công thức vật lý cơ bản, bảng tính thủ công và các giả định đơn giản hóa. Mặc dù có những ưu điểm nhất định về sự đơn giản và dễ tiếp cận, nhưng chúng lại bộc lộ nhiều hạn chế cố hữu, đặc biệt khi áp dụng cho các hệ thống điện hiện đại với quy mô và độ phức tạp ngày càng tăng.

Việc ước tính tổn thất công suất là một phần quan trọng trong đánh giá hiệu quả của hệ thống điện. Theo truyền thống, các phương pháp sau đây thường được sử dụng:

Phương pháp cân bằng năng lượng: Đây là cách tiếp cận đơn giản nhất, trong đó tổng tổn thất hệ thống được tính bằng cách lấy tổng năng lượng vào trừ đi tổng năng lượng thất thoát [2]. Phương pháp này cung cấp cái nhìn tổng quan về tổn thất toàn hệ thống nhưng không cung cấp chi tiết về vị trí hoặc nguyên nhân gây ra tổn thất.

Mô hình hóa đơn giản và phương pháp tải trung bình: Phương pháp "ngày đặc trưng" tính toán tổn thất năng lượng cho một ngày điển hình và ngoại suy cho toàn bộ thời gian tính toán [2]. Phương pháp "tải trung bình" sử dụng tải trung bình và hệ số dạng đường cong tải để ước

tính tổn thất, với giả định đường cong tải tương đối đồng nhất và hệ số công suất không đổi. Tuy nhiên, các phương pháp truyền thống này có những hạn chế đáng kể. Chúng thường dựa vào các giả định đơn giản hóa và dữ liệu hạn chế, dẫn đến kết quả có độ chính xác thấp.

Phân tích hoàn vốn đơn giản (Simple Payback Analysis): Xác định số năm cần thiết để vốn đầu tư được bù đắp bởi các lợi ích thu được [3].

$$\text{Thời gian hoàn vốn} = \frac{\text{Vốn đầu tư}}{\text{Lợi nhuận hàng năm}}$$

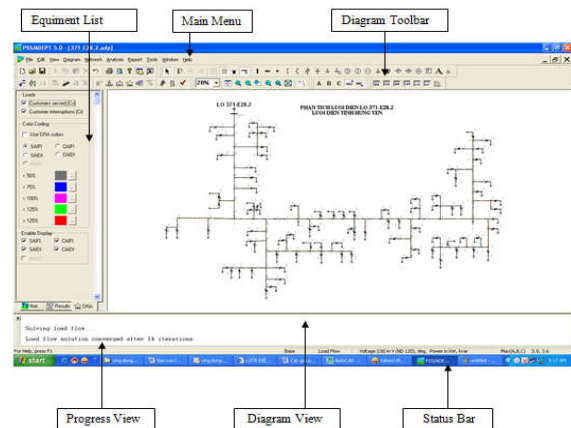
Các phương pháp phân tích kinh tế truyền thống thường đơn giản hóa các yếu tố tài chính phức tạp như lạm phát, khấu hao, thuế, chi phí vốn có trọng số và sự suy giảm hiệu suất theo thời gian. Điều này dẫn đến một bức tranh không đầy đủ về giá trị kinh tế thực sự của một khoản đầu tư đối với hệ thống. Hơn nữa, chúng hạn chế khả năng phân tích kịch bản một cách toàn diện, khiến việc đánh giá tác động của các biến số khác nhau hoặc các yếu tố không chắc chắn trong tương lai trở nên khó khăn.

Các phân tích này thường chỉ tìm ra một giải pháp "đủ tốt" chứ không phải giải pháp "tối ưu".

2.3. Giới thiệu về phần mềm Siemens PSS

Bộ phần mềm Siemens PSS đại diện cho một bước nhảy vọt về khả năng phân tích hệ thống điện, vượt xa các phương pháp truyền thống.

Môi trường tích hợp và giao diện đồ họa (GUI): PSS/E cung cấp một môi trường tích hợp cho phân tích dòng công suất, ngắn mạch và mô phỏng động [4]. Giao diện người dùng đồ họa (GUI) toàn diện của PSS/E cho phép nhập, xuất và thao tác dữ liệu dễ dàng, đồng thời cho phép các kỹ sư duy trì quyền kiểm soát chặt chẽ đối với ứng dụng của họ.



Hình 1. Giao diện chính của phần mềm PSS

Main menu: Là thanh thực đơn chương trình chính dùng để truy cập tất cả các chức năng ứng dụng của phần mềm PSS

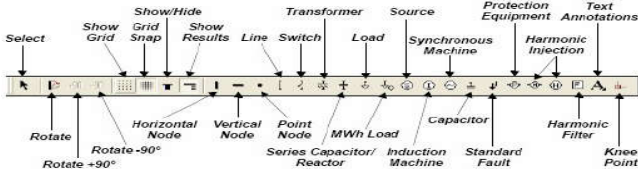
Diagram view: Là vùng thể hiện sơ đồ hệ thống điện bằng các biểu tượng đồ họa hay còn gọi là vùng mô phỏng hệ thống điện.

Progress view: Là vùng hiển thị tất cả các thông báo trong quá trình chạy chương trình. Các thông báo này là kết quả tính toán, thông điệp cảnh báo hoặc báo lỗi về các kích

hoạt đã chọn. Đây cũng là vùng hiển thị chi tiết tiến trình hội tụ của bài toán phân bố công suất, tính toán ngắn mạch.

Status bar: Là thanh trạng thái cho biết các thông tin trạng thái khác nhau khi sử dụng phần mềm PSS.

Diagram toolbar: Là vùng gồm các nút chọn Select và các thiết bị dùng để vẽ sơ đồ hệ thống điện. Sử dụng Diagram Toolbar để chọn và đặt thiết bị vào đúng vị trí trong sơ đồ một cách dễ dàng.



Hình 2. Các nút và thiết bị vẽ sơ đồ lưới điện

Chức năng của phần mềm PSS:

- Phân tích dòng công suất (Power Flow Analysis): PSS/E thực hiện các tính toán dòng công suất trạng thái ổn định, bao gồm việc xác định điện áp nút, dòng công suất thực và công suất phản kháng trên các đường dây, góc pha. Phần mềm sử dụng các thuật toán mạnh mẽ và lặp lại như Newton-Raphson để giải các phương trình phi tuyến tính phức tạp của hệ thống điện. Điều này cho phép phân tích chi tiết các điều kiện vận hành và tổn thất trong mạng lưới.

- Phân tích ngắn mạch (Short Circuit Analysis): PSS/E có khả năng tính toán dòng ngắn mạch cân bằng và không cân bằng trong các điều kiện sự cố khác nhau, tuân thủ các tiêu chuẩn ngành như ANSI và IEC 60909 [1].

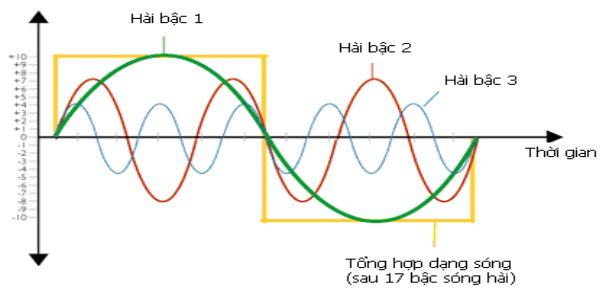
- Phân tích ổn định động (Dynamic Stability Analysis): Đây là một tính năng mạnh mẽ cho phép mô phỏng phản ứng của hệ thống với các nhiễu loạn lớn và đột ngột, bao gồm phân tích ổn định quá độ (transient stability), ổn định điện áp (voltage stability) và ổn định dài hạn (long-term stability). PSS/E cung cấp một thư viện mô hình động lớn, bao gồm các mô hình thiết bị tiêu chuẩn của Siemens và khả năng thêm mô hình do người dùng tự thiết lập.

- Phân tích ngẫu nhiên (Contingency Analysis): PSS/E tự động tạo và xếp hạng các kịch bản sự cố (ví dụ: N-1, N-2, N-k) và mô phỏng tác động của chúng lên hệ thống. Phần mềm hỗ trợ cả phân tích định hướng (deterministic) và xác suất (probabilistic), cho phép đánh giá rủi ro toàn diện hơn về khả năng phục hồi của lưới điện.

- Dòng công suất tối ưu (Optimal Power Flow - OPF): Đây là một tính năng mở rộng của phân tích dòng công suất, cho phép tự động điều chỉnh các biến điều khiển (ví dụ: công suất phát, điện áp máy phát, điện kháng nhánh) để đạt được giải pháp "tốt nhất" theo các mục tiêu định trước. Các mục tiêu có thể bao gồm tối thiểu hóa chi phí nhiên liệu, tối thiểu hóa tổn thất công suất tác dụng và phản kháng, hoặc tối đa hóa truyền tải công suất, đồng thời thỏa mãn tất cả các ràng buộc hệ thống.

Dòng công suất chuỗi thời gian (Time Series Power Flow): Tính năng này cho phép phân tích hệ thống theo các biến động tải và nguồn phát điện theo thời gian, rất hữu ích cho việc lập kế hoạch với các nguồn năng lượng tái tạo biến đổi.

Phân tích sóng hài (Harmonics Analysis): PSS/E cung cấp khả năng phân tích méo hài trong hệ thống điện, một vấn đề ngày càng phổ biến với sự gia tăng của các thiết bị điện tử công suất [5].



Hình 3. Các bậc sóng hài trong mô phỏng PSS

Phân tích kịch bản và tối ưu hóa về kinh tế: Các thuật toán của phần mềm tạo ra các kịch bản chính xác và thực tế, tạo điều kiện so sánh để dàng nhiều kịch bản để có được sự rõ ràng cho các quyết định ngân sách và đầu tư quan trọng.

Nền tảng đám mây: Là một phần mềm dạng dịch vụ (SaaS) dựa trên đám mây, PSS/DE cung cấp bảo mật tích hợp, dễ dàng truy cập và loại bỏ nhu cầu cài đặt và bảo trì phần mềm tại chỗ [1].

Chi phí cấp phép: Giống như các phần mềm kỹ thuật chuyên ngành khác, Siemens thường cung cấp giấy phép học thuật (Academic License) hoặc gói Giáo dục (Educational Package) với mức giá ưu đãi đặc biệt dành cho các trường đại học, phòng thí nghiệm và nghiên cứu [1].

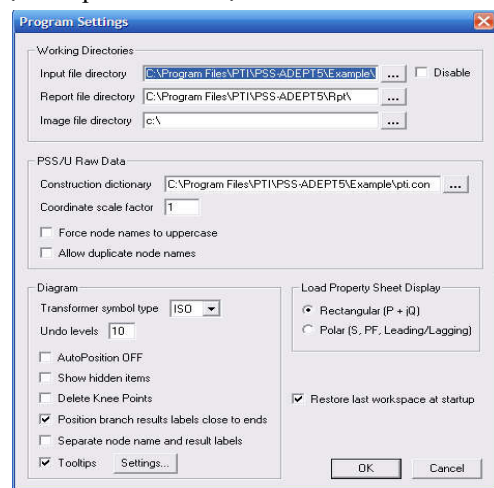
2.4. Ứng dụng phần mềm PSS tính toán chỉ tiêu kỹ thuật mạng điện phân phối lộ 375E8 khu công nghiệp Đại An - Tứ Minh - TP Hải Phòng

Bước 1: Thiết lập thông số lưới điện

Lựa chọn cấu hình và thư viện các thông số của các phần tử lưới điện, bước này nhằm khai báo cho phần mềm PSS biết thư viện thông số các tuyến dây của lưới điện áp dụng.

Chọn: File/Program setting, chọn nút lệnh mục Construction dictionary để chọn thư viện dây.

Chọn file pti.con → chọn ok.



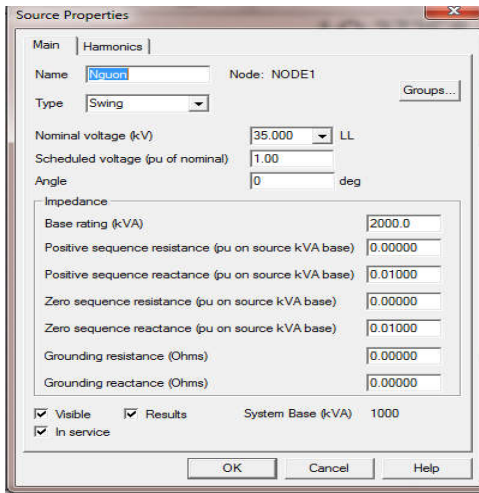
Hình 4. Thửa lựa chọn cấu hình và thư viện các thông số của các phần tử lưới điện

Nhập các thông tin cơ bản về lưới điện. Bước này, nhằm khai báo cho phần mềm PSS thiết lập ngay từ đầu các thuộc tính của lưới điện như: điện áp quy ước là điện áp pha hay điện áp dây và trị số, tần số, công suất biểu kiến cơ bản...

Bước 2: Vẽ sơ đồ lưới điện với các phần tử trên thanh công cụ

Sử dụng các công cụ vẽ trên thanh công cụ để tạo sơ đồ lưới điện. Sau khi vẽ xong sơ đồ lưới điện, thực hiện nhấp đúp chuột trái vào các phần tử trên sơ đồ để tùy chọn các thông số của các phần tử.

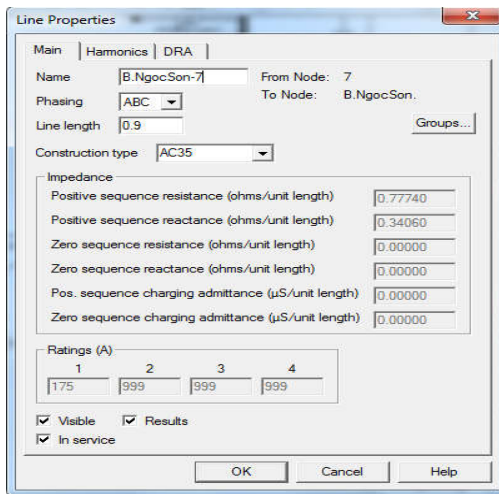
Nguồn (Source): tên nguồn, loại điện áp, công suất định mức...



Hình 5. Thờ nhập thuộc tính nút nguồn

Đường dây (Line):

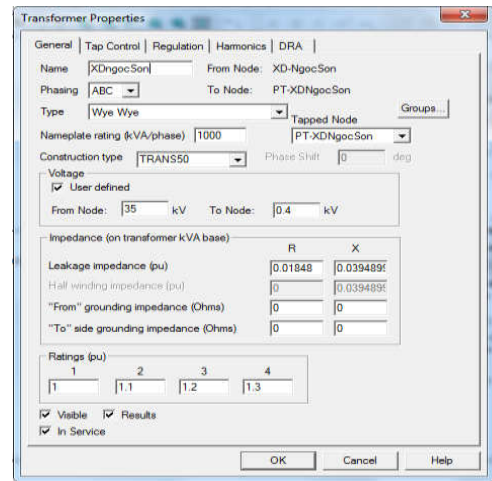
Trong mục này, cho phép đặt tên, chọn loại dây dẫn, cấu trúc dây dẫn, số pha, chiều dài đường dây...



Hình 6. Thờ nhập thông tin đoạn đường dây

Máy biến áp (Transformer):

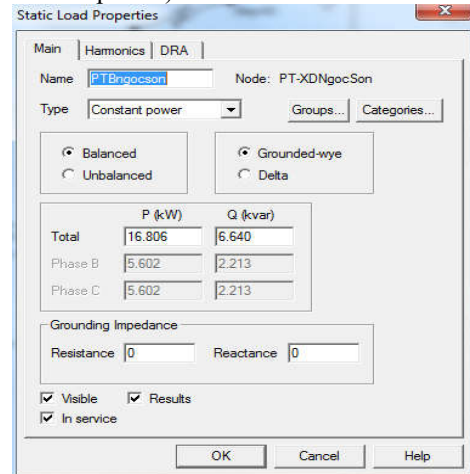
Phần này cho chọn nhập tên trạm biến áp, thông số MBA (số pha, tổ nối dây, công suất định mức trên một pha, loại MBA, điện trở, điện kháng, tổng trở tương đương của MBA....).



Hình 7. Thờ nhập thuộc tính máy biến áp

Phụ tải (Load):

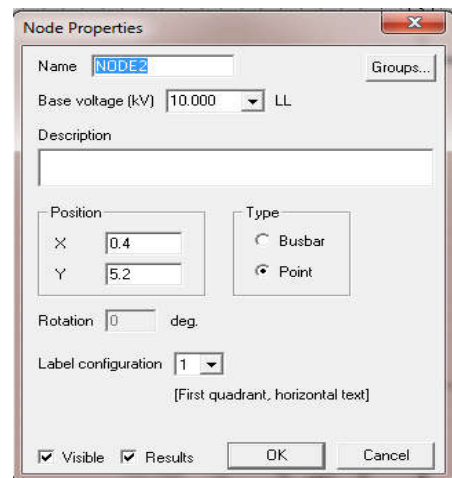
Tên phụ tải, loại phụ tải (cân bằng hay không cân bằng), công suất tác dụng, công suất phản kháng, biểu đồ phụ tải (Load Snapshots)...



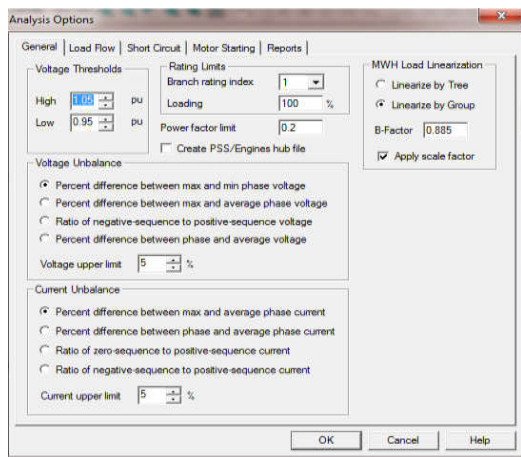
Hình 8. Thờ nhập thuộc tính phụ tải

Nút (Node):

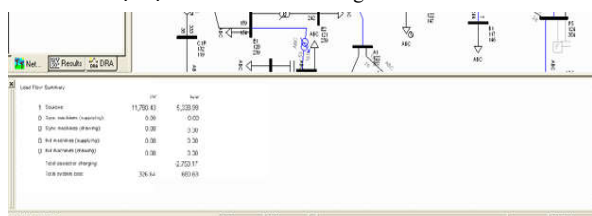
Mục này cho phép nhập tên nút, điện áp nút, tọa độ...



Hình 9. Thờ nhập thông tin nút tải điện năng



Hình 14. Các chọn lựa cho các bài toán công suất trên PSS



Hình 15. Kết quả tính toán dòng công suất lộ 375E8

BẢNG 5: SO SÁNH HIỆU QUẢ TÍNH TOÁN DÒNG CÔNG SUẤT

	P(kW)	Q(kVar)
Phương pháp truyền thống	11634	5017,8
Dùng PSS	11700,4	5118,9

Kết quả dòng công suất trên PSS đạt 11700,4 kW (P) và 5118,9 kVar (Q), cao hơn so với tính toán thủ công (11634 kW và 5017,8 kVar). Điều này cho thấy phần mềm có khả năng xử lý các bài toán lập phức tạp, xác định chính xác các vấn đề như sụp đổ điện áp hoặc mất ổn định quá độ mà phương pháp truyền thống thường bỏ qua hoặc đơn giản hóa.

- Về độ chính xác và khả năng mô hình hóa chi tiết:

+ Phương pháp truyền thống: Việc tính toán thường dựa trên các mô hình đơn giản hóa như sơ đồ thay thế một sợi, thường xuyên bỏ qua các thành phần điện kháng nhỏ hoặc các nút phụ tải không tập trung để giảm bớt khối lượng tính toán. Bên cạnh đó, các thông số đầu vào thường được giả định là hằng số, không cập nhật theo đặc tính thay đổi thực tế của thiết bị. Điều này dẫn đến sai số tích lũy lớn, đặc biệt khi phân tích các lộ đường dây dài và có cấu trúc phức tạp như lộ 375E8. Ngoài ra, việc giải các hệ phương trình vi phân mô tả chế độ quá độ (ngắn mạch, khởi động động cơ lớn) bằng thủ công là cực kỳ khó khăn và dễ phát sinh sai sót.

+ Sử dụng phần mềm Siemens PSS: Phần mềm cho phép mô hình hóa chi tiết đến từng phần tử nhỏ nhất như máy biến áp trung áp, tụ bù và các loại dây dẫn với thông số kỹ thuật chính xác được trích xuất từ thư viện chuẩn (*Construction Dictionary*). PSS sử dụng các thuật toán lặp hiện đại như Newton-Raphson hoặc Gauss-Seidel để giải hệ phương trình dòng công suất, đảm bảo sai số ở mức cực thấp (thường < 0.001%). Khả năng mô phỏng động của

PSS giúp xác định chính xác hành vi của lưới điện khi có biến động đột ngột, từ đó hỗ trợ kỹ sư đưa ra các thông số cài đặt rơ-le bảo vệ tối ưu, đảm bảo tính chọn lọc và nhạy bén của hệ thống bảo vệ.

- Về hỗ trợ đào tạo và phát triển nguồn nhân lực:

Tiêu chí này đánh giá tác động trực tiếp của việc thay đổi công cụ tính toán đối với chất lượng đào tạo nhân lực ngành Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Hải Dương.

+ Phương pháp truyền thống: Sinh viên tốn nhiều thời gian vào tính toán số học thủ công, dẫn đến hạn chế trong tư duy phân tích hệ thống tổng thể. Sự thiếu hụt công cụ trực quan khiến người học khó hình dung sự tương tác giữa các thành phần khi thông số thay đổi, tạo ra khoảng cách lớn giữa lý thuyết và thực tiễn vận hành.

+ Sử dụng Siemens PSS: Chuyển trọng tâm từ tính toán thuần túy sang phân tích và thiết kế hệ thống. Với giao diện trực quan, sinh viên dễ dàng theo dõi dòng công suất và điện áp, đồng thời chủ động xây dựng các kịch bản thực tế (bổ sung tụ bù, thay đổi dây dẫn) để tối ưu hóa mạng điện. Việc tiếp cận công cụ chuẩn công nghiệp giúp sinh viên nâng cao kỹ năng giải quyết vấn đề và nhanh chóng thích nghi với môi trường làm việc thực tế tại EVN hoặc các khu công nghiệp sau khi tốt nghiệp.

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã khẳng định phần mềm Siemens PSS là công cụ ưu việt trong việc phân tích các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của hệ thống điện. So với phương pháp truyền thống, PSS mang lại độ chính xác cao nhờ khả năng mô hình hóa chi tiết và thuật toán tính toán hiện đại. Kết quả thực nghiệm trên lộ 375E8 cho thấy phần mềm phản ánh sát thực tế vận hành, hỗ trợ tối ưu hóa dòng công suất và giảm thiểu tổn thất điện năng. Khả năng phân tích kịch bản "what-if" giúp người vận hành chủ động đánh giá rủi ro và nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Đặc biệt, việc ứng dụng PSS trong giảng dạy tại Trường Đại học Hải Dương đã tạo ra sự chuyển dịch tích cực từ tính toán thủ công sang tư duy phân tích hệ thống. Sinh viên được tiếp cận trực quan với các chế độ xác lập và quá độ, giúp hiểu sâu bản chất các hiện tượng điện năng. Công cụ này cũng giúp rút ngắn đáng kể thời gian tính toán, tập trung nguồn lực vào việc đề xuất giải pháp kỹ thuật. Qua đó, sinh viên được trang bị kỹ năng sử dụng phần mềm chuẩn công nghiệp, đáp ứng tốt yêu cầu tuyển dụng của EVN và các doanh nghiệp lớn. Đây là bước đi quan trọng trong việc hiện đại hóa chương trình đào tạo và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực ngành Kỹ thuật điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] [Trực tuyến]. Truy cập từ <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/grid-software/planning/pss-software.html>
- [2] Nguyễn Văn Đạm (2009), *Mạng lưới điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Hồ Đắc Lộc (2020) *Hướng dẫn thiết kế cung cấp điện*, NXB Xây Dựng.
- [4] Trung tâm điều độ hệ thống điện quốc gia (2018) *Hướng dẫn sử dụng chương trình tính toán mô phỏng hệ thống điện PSS/E*.
- [5] Antić, T., Thurner, L., Capuder, T., & Pavić, I. (2022). Modeling and open source implementation of balanced and unbalanced harmonic analysis in radial distribution networks. *Electric Power Systems Research*, 209, 107935. DOI: 10.1016/j.epr.2022.107935