

ỨNG DỤNG POWERWORLD SIMULATOR PHÂN TÍCH BÀI TOÁN PHÂN BỐ CÔNG SUẤT TRÊN MÁY TÍNH

● NGUYỄN THANH HIỀN

TÓM TẮT:

Trong quá trình học tập, sinh viên ngành Hệ thống điện được trang bị kiến thức lý thuyết cơ sở và ứng dụng vào phần mềm để phân tích hệ thống điện với sự trợ giúp của máy tính là cần thiết. Mục tiêu của nghiên cứu này là mô phỏng bài toán phân bố công suất trên máy tính để kiểm chứng lại cơ sở tính toán lý thuyết. Điểm nổi bật của nghiên cứu này là so sánh tính toán lý thuyết với ứng dụng trên PowerWorld Simulator. Kết quả cho thấy, thông số hệ thống hiển thị trên phần mềm mô phỏng chính xác 100% so với thuật toán lý thuyết. Nghiên cứu này là cơ sở giúp sinh viên tự tin hơn khi áp dụng phân tích bài toán phức tạp thực tế.

Từ khóa: ứng dụng PowerWorld Simulator, phân tích trào lưu công suất, so sánh tính toán lý thuyết.

1. Đặt vấn đề

Đối với các sinh viên đang theo học chuyên ngành Hệ thống điện ngoài việc được trang bị kiến thức lý thuyết cơ bản về tính toán phân bố công suất trong mạng điện [1], cần phải biết áp dụng kiến thức đó vào thực tiễn để phân tích các bài toán phức tạp với sự trợ giúp của máy tính. Các ứng dụng phân tích mạng điện phức tạp được đề xuất theo Mahmoud Saleh, Yusef Esa và Ahmed Mohamed là dùng Matlab hay PowerWorld Simulator là hữu ích trong việc tiếp cận mô phỏng hệ thống lưới điện và cũng đã áp dụng để phân tích tổn thất công suất và ổn định điện áp trên lưới điện IEEE-30 nút [2]. Để củng cố cơ sở lý thuyết cho sinh viên trong quá trình học tập và nghiên cứu về lĩnh vực hệ thống điện, phần mềm được ứng dụng trong phân tích, mô phỏng các bài toán cơ bản là sử dụng PowerWorld

Simulator. Nội dung chính của việc nghiên cứu này nhằm thực hiện mô phỏng và phân tích trên cơ sở của học thuật so với chương trình được sử dụng trên máy tính, từ đó sinh viên tự tin hơn trong việc củng cố cơ sở lý thuyết và ứng dụng phần mềm vào thực tiễn nghề nghiệp sau khi tốt nghiệp.

2. Tổng quan nghiên cứu

Để đảm bảo cho hệ thống điện làm việc an toàn, không gặp sự cố cung cấp điện, trước tiên cần phải nghiên cứu bài toán phân bố công suất lưới điện khi ứng dụng các phần mềm chuyên ngành, sau đó xét đến các vấn đề tính toán dòng điện ngắn mạch, bảo vệ rơ và xét đến tính ổn định hệ thống điện để cải thiện được chế độ vận hành hệ thống điện phù hợp. Theo tác giả Doãn Thanh Cảnh và Nguyễn Thị Thắm đã ứng dụng Matlab/Matpower để mô phỏng bài toán tối ưu hóa trào lưu công suất, tìm miền giới

hạn công suất, thông qua việc mô phỏng hệ thống điện IEEE-9 nút đã trình bày cho thấy giảm được khối lượng tính toán trong vận hành thời gian thực [3]. Xuất phát từ thực tế đó, để đáp ứng việc giảng dạy, học tập và nghiên cứu của sinh viên ngành Điện, tác giả đã ứng dụng PowerWorld Simulator để phân tích phân bố công suất dựa trên 2 dạng bài toán cơ bản của mạng điện cao áp. Ứng dụng các tính toán trên cơ sở lý thuyết và mô phỏng lại trên PowerWorld Simulator để đưa ra nhận xét cơ sở học thuật so với phần mềm được ứng dụng.

Phương pháp nghiên cứu được thực hiện thông qua việc tổng hợp cơ sở lý thuyết và thực nghiệm khoa học trên mô hình toán đã hướng dẫn sinh viên thực hiện các đề tài nghiên cứu khoa học [4-5]. Thu thập thông số dây dẫn theo Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Kỹ thuật điện, (phần 1 hệ thống lưới điện) của Bộ Công nghiệp [6]. Tác giả ứng dụng PowerWorld Simulator để thiết kế trên phần mềm và chạy mô phỏng trên máy tính để kiểm chứng các thông số lưới điện đã tính toán là chính xác.

3. Kết quả thảo luận

3.1. Sử dụng máy tính khai báo thông số bài toán trên PowerWorld Simulator

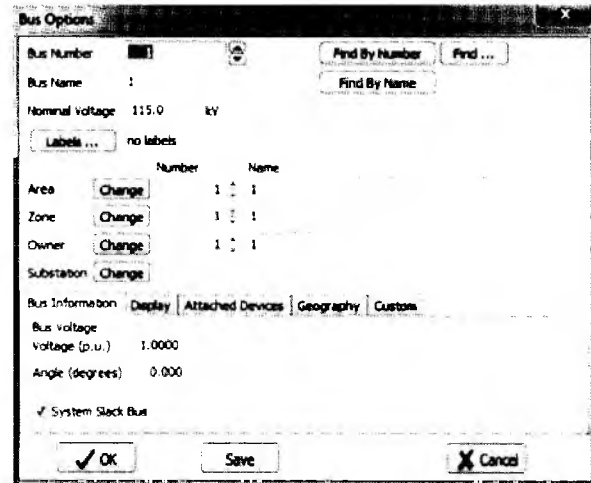
PowerWorld Simulator là phần mềm dùng để mô phỏng phân bố công suất, tính toán ngắn mạch, phân tích ổn định hệ thống và nghiên cứu các bài toán vận hành kinh tế trên mạng điện cao áp do Đại học Illinois, thuộc Công ty PowerWorld Corporation - Hoa Kỳ phát triển. Cung cấp các công cụ mô phỏng cho phép người kỹ sư điện phân tích bài toán hệ thống điện, hiển thị trực quan các thông số hệ thống tại thanh cái (Bus), cũng như trên đường dây tải điện. Ứng dụng xây dựng bài toán mô phỏng mạng điện như sau.

Khởi tạo các Bus cho lưới điện vào Menu Draw và chọn Network\ Bus, click chuột chọn Bus và đưa vào trang thiết kế và nhập số thứ tự Bus, tên Bus, điện áp Bus cho mạng điện. (Hình 1)

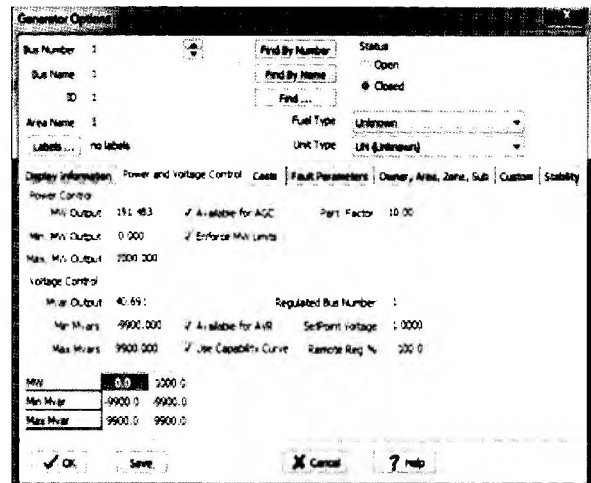
Khởi tạo nguồn điện cho mạng điện vào Menu Draw và chọn Network\ Generator, click chuột đưa vào trang thiết kế và nhập giới hạn công suất phát cần điều khiển, nhập góc pha ba đầu, loại nguồn phát. (Hình 2)

Khởi tạo máy biến áp vào Menu Draw và chọn Network\ Transformer, click chuột đưa vào trang thiết kế, nhập thông số điện trở, điện kháng trong

Hình 1: Nhập thông số Bus



Hình 2: Nhập thông số nguồn



đơn vị tương đối (pu), chọn giới hạn công suất máy biến áp. (Hình 3)

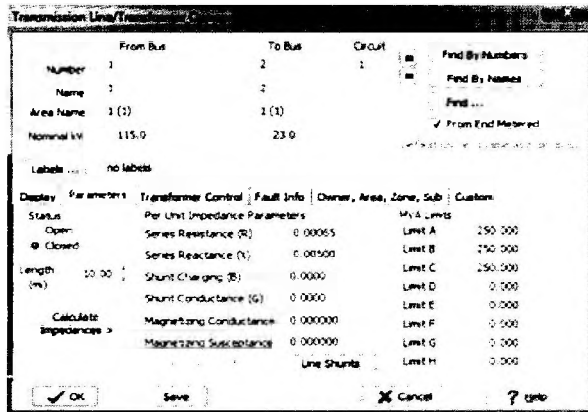
Khởi tạo đường dây tải điện vào Menu Draw và chọn Network\ Transmission Line, click chuột đưa vào trang thiết kế và nhập thông số đường dây trong đơn vị tương đối (pu) hoặc trong đơn vị có tên, nhập chiều dài dây truyền tải. (Hình 4)

Khởi tạo phụ tải điện vào menu Draw và chọn Network\ Load, click chuột đưa vào trang thiết kế và nhập công suất tải. (Hình 5)

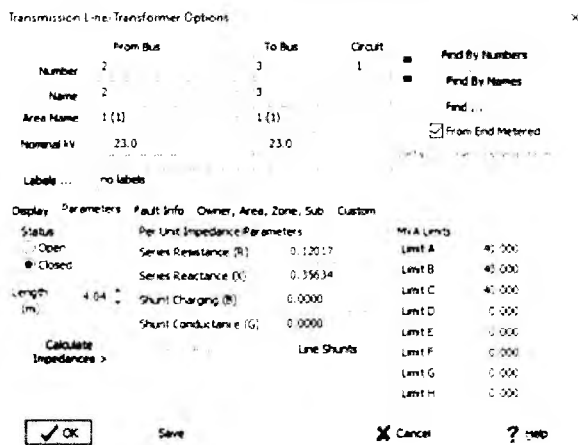
3.2. Phân tích bài toán bỏ qua ảnh hưởng điện dung đường dây

Thông số máy biến áp: $U_1/U_2 = 115/23kV$, công suất định mức $S_T = 250MVA$; tổn hao không tải $P_0 = 60 kW$; dòng điện không tải phần trăm $I_0\% = 0.05$; điện áp ngắn mạch phần trăm $U_k\% = 1.25$; tổn hao

Hình 3: Nhập thông số máy biến áp

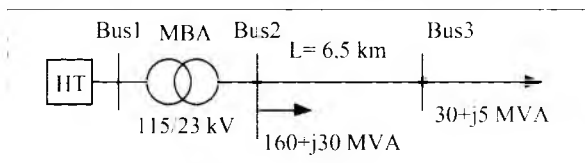


Hình 4: Nhập thông số đường dây



công suất ngắn mạch 400kW. Đường dây 23 sử dụng loại dây dẫn ACSR-300/48 có chiều dài cấp điện là 6.5 km, tổng trở đơn vị $Z_0 = 0.0978 + j0.29$ (Ω/km) [6]. Điện áp tại Bus1=115kV; Bus3 = 21.46 kV. Hãy tính toán phân bố công suất và tổn thất công suất trong mạng điện. (Hình 6)

Hình 6: Sơ đồ đơn tuyến lưới điện 3 nút

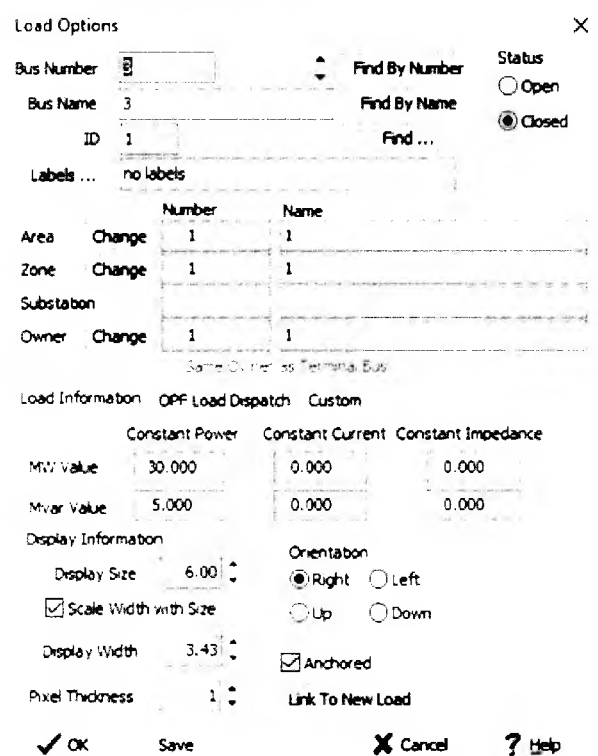


Tính toán các thông số mạng điện trong đơn vị có tên và trong tương đối (pu) [7].

Chọn $S_{cb} = 100$ (MVA), $U_{cb1} = 115$ (kV);

$$U_{cb2} = U_{cb1} \cdot \frac{U_2}{U_1} = 115 \cdot \frac{23}{115} = 23 \text{ (kV)}$$

Hình 5: Nhập thông số tải



Tổng trở máy biến áp trong đơn vị có tên.

$$Z_T = \frac{P_k \cdot U_1^2}{S_T^2} + j \frac{U_k \% \cdot U_1^2}{100 \cdot S_T} \text{ (}\Omega\text{)}$$

Tổng trở máy biến áp trong đơn vị pu.

$$Z_T^* = \left(\frac{P_k \cdot U_1^2}{S_T^2} + j \frac{U_k \% \cdot U_1^2}{100 \cdot S_T} \right) \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb1}^2} = R_T^* + jX_T^*$$

Tổng trở đường dây 2-3 trong đơn vị có tên.

$$Z_{23} = (r_0 + jx_0) L = R_{23} + jX_{23} \text{ (}\Omega\text{)}$$

Tổng trở đường dây 2-3 trong đơn vị pu.

$$Z_{23}^* = Z_{23} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb2}^2} = R_{23}^* + jX_{23}^*$$

Bảng 1. Tính toán thông số mạng điện

Phần tử	Tổng trở (Ω)	Tổng trở (pu)
2-3	0.6357 + j1.8850	0.12 + j0.356
MBA	0.0846 + j0.6613	0.00064 + j0.005

Tính tổn thất điện áp đường dây 2-3.

$$\Delta \dot{U}_{23} = \Delta U_d + j\Delta U_n = \frac{(R_{23} + jX_{23}) \cdot (P_3 - jQ_3)}{U_{Bus3}} \quad (kV)$$

Tổn thất công suất trên đường dây 2-3.

$$\Delta \dot{S}_{23} = \frac{(P_3^2 + Q_3^2) Z_{23}}{U_{Bus3}^2} = \Delta P_{23} + j\Delta Q_{23} \quad (MVA)$$

Điện áp tại Bus2:

$$\dot{U}_{Bus2} = \dot{U}_{Bus3} + \Delta \dot{U}_{23}$$

Tổn hao điện áp trong máy biến áp

$$\Delta U_B = \frac{P_{bus2} \cdot R_T + Q_{bus2} \cdot X_T}{U_{bus1}} \quad (kV)$$

Tổn thất trong máy biến áp.

$$\Delta \dot{S}_{MBA} = \Delta P_{cu} + j\Delta Q_0 = \frac{(P_{Bus2}^2 + Q_{Bus2}^2) \cdot (R_T + jX_T)}{U_{Bus1}^2}$$

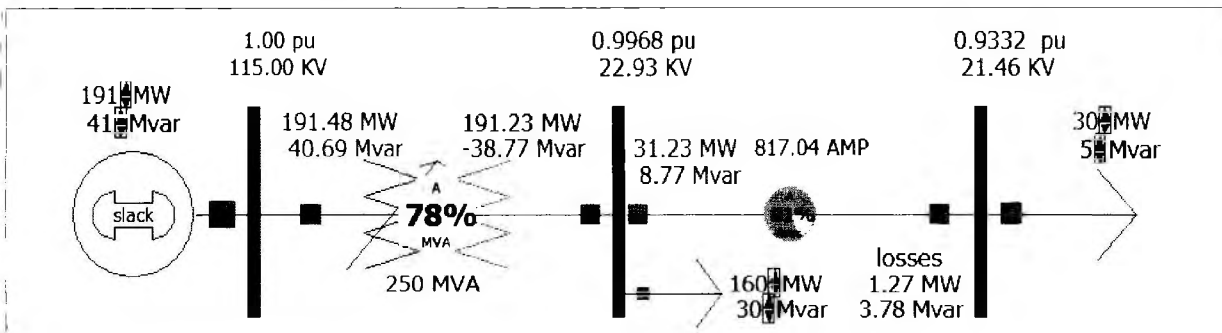
Bảng 2. Tính tổn hao trong mạng điện

Phần tử	Tổn hao công suất (MVA)	Tổn hao điện áp (kV)	Điện áp Bus (kV)
Bus3	-	-	21.46
2-3	1.27 + j3.79	1.3279 + j2.487	-
Bus2	-	-	22.923
MBA	0.3 + j2.025	0.363	-
Bus1	-	-	115

Công suất đường dây 2-3:

$$\dot{S}_{23} = \dot{S}_3 + \Delta \dot{S}_{23} = P_{23} + jQ_{23} \quad (MVA)$$

Hình 7: Kết quả mô phỏng



Công suất chảy vào Bus2:

$$\dot{S}_{Bus2} = \dot{S}_{23} + \dot{S}_2 = P_{Bus2} + jQ_{Bus2} \quad (MVA)$$

Công suất tại Bus1:

$$\dot{S}_{Bus1} = \dot{S}_{Bus2} + \Delta \dot{S}_{cu} = P_{Bus1} + jQ_{Bus1} \quad (MVA)$$

Bảng 3. Phân bố công suất trong mạng điện

Phần tử	Công suất biểu kiến (MVA)	Điện áp Bus (kV)
Bus3	30 + j5	21.46
2-3	31.27 + j8.78	-
Bus2	191.27 + j38.78	22.923
Bus1	191.5 + j40.7	115

Ứng dụng phần mềm PowerWorld Simulator phân tích kết quả trên máy tính.

Kết quả phân tích bài toán được thống kê qua Bảng 4, 5, 6, 7 và 8, được so sánh với các thông số của Bảng 1, 2 và 3.

Bảng 4. Tính toán thông số mạng điện và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên

S _{cb} = 100 MVA U _{cb1} = 115 kV U _{cb2} = 23 kV		Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác
2-3	R(Ω)	0.6357	0.6357	100%
	X(Ω)	1.8850	1.8850	100%
MBA	RT(Ω)	0.0846	0.0846	100%
	XT(Ω)	0.6613	0.6613	100%

Bảng 5. Tính toán thông số mạng điện và mô phỏng phần mềm trong đơn vị pu

Phần tử	Thông số	Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác
2-3	R (pu)	0.12	0.12	100%
	X (pu)	0.356	0.356	100%
MBA	RT (pu)	0.00064	0.00064	100%
	XT (pu)	0.005	0.005	100%

Bảng 6. Tính toán tổn hao công suất và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên

Đường dây	Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác	
	$\Delta \dot{S} (MVA)$	$\Delta \dot{S} (MVA)$	$\Delta P (MW)$	$\Delta Q (MVAr)$
2-3	1.27 + j3.79	1.27 + j3.78	100%	99.7%

Tại Bảng 7, trên phần mềm thể hiện công suất kháng có dấu "-" do nguồn phát công suất tác dụng là 191.23 MVA và nhận công suất kháng 38.77 MVAr.

Bảng 7. Tính phân bố công suất và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên

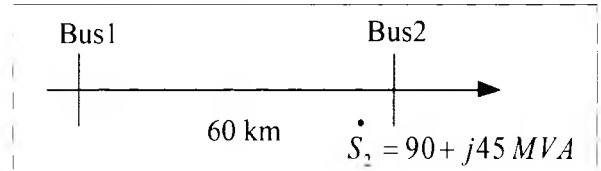
Phần tử	Thông số	Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác
	$\dot{S} (MVA)$	$\dot{S} (MVA)$	P (MW)	Q (MVAr)
Bus3	30 + j5	30 + j5	100%	100%
2-3	31.27 + j8.78	31.23 + j8.77	99.9%	99.9%
Bus2	191.27 + j38.78	191.23 - j38.77	100%	100%
Bus1	191.5 + j40.7	191.48 + j40.69	100%	100%

Bảng 8. Điện áp Bus và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên và đơn vị pu

Các nút	Lý thuyết		Phần mềm		Độ chính xác	
	U (kV)	U (pu)	U (kV)	U (pu)	kV	pu
3	21.46	0.9332	21.46	0.9332	100%	100%
2	22.93	0.9968	22.93	0.9968	100%	100%
1	115	1	115	1	100%	100%

3.3. Phân tích bài toán xét ảnh hưởng điện dung đường dây

Hình 8: Sơ đồ đơn tuyến lưới điện cao áp gồm 2 nút



Chiều dài mạng điện truyền tải khu vực 60 km. Sử dụng dây dẫn ACSR-450/40 có tổng trở đơn vị đường dây $Z_0 = 0.0644 + j0.36 \Omega/km$; Điện dung phản kháng đơn vị đường dây $b_0 = 2.6 \times 10^{-6} \Omega^{-1}/km$ [6]. Biết điện áp tại Bus1 là 225 kV; điện áp tại Bus2 là 219.15kV. Hãy tính toán phân bố công suất và tổn thất công suất trong mạng điện.

Tính toán các thông số mạng điện trong đơn vị có tên và trong tương đối (pu) [7].

Chọn $S_{cb} = 100 MVA$, $U_{cb1} = 225 kV$;

Tổng trở đường dây 12.

$$Z_{12} = (r_0 + jx_0). L = R_{12} + jX_{12} (0)$$

Tính tổng trở đường dây trong đơn vị pu.

$$Z_{12}^* = Z_{12} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb1}^2} = R_{12}^* + jX_{12}^*$$

Tính ảnh hưởng điện dung phản kháng đường dây trong đơn vị có tên.

$$B = b_0 \cdot L (\Omega^{-1})$$

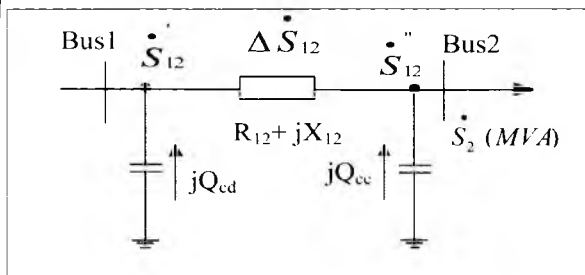
Tính ảnh hưởng điện dung phản kháng trong đơn vị tương đối (pu).

$$B^* = B \cdot \frac{U_{cb1}^2}{S_{cb}}$$

Bảng 9. Tính toán thông số mạng điện trong đơn vị pu

Phân tử	Tổng trở (Ω)	Tổng trở (pu)
Z ₁₂	3.864 + j21.6	0.007624 + j0.0427
B ₁₂	156.10-6	0.079

Hình 9: Sơ đồ mạch điện tương đương



Công suất phản kháng nửa cuối đường dây.

$$Q_{cc} = j \frac{B}{2} \cdot U_2^2 (MVar)$$

Công suất sau tổng trở Z₁₂

$$\dot{S}_{12} = \dot{S}_2 - jQ_{cc} (MVA)$$

Tính tổn hao điện áp trên đường dây.

$$\begin{aligned} \Delta \dot{U}_{12} &= \Delta U_d + j \Delta U_n = \frac{Z_{12} \cdot S_2}{U_{Bus2}} \\ &= \Delta U_d + j \Delta U_n = \frac{(P_2 - jQ_2) \cdot (R_{12} + jX_{12})}{U_{Bus2}} kV \end{aligned}$$

Công suất phản kháng nửa đầu đường dây

$$Q_{cd} = \frac{B}{2} \cdot U_1^2 (MVar)$$

Tổn thất công suất trên tổng trở Z₁₂

$$\begin{aligned} \Delta \dot{S}_{12} &= \frac{S_{12}^2}{U_2^2} \cdot Z_{12} - jQ_{cd} - jQ_{cc} \\ &= \Delta P_{12} - jQ_{12} (MVA) \end{aligned}$$

Bảng 10. Tính tổn hao trong mạng điện

Phân tử	Tổn hao điện áp (kV)	Tổn hao công suất (MVA)	Điện áp Bus (kV)
Bus 2	-	-	219.15
1-2	5.7 + j8.12	0.8 - j3.294	-
Bus 1	-	-	225

Tính công suất biểu kiến ở Bus 1.

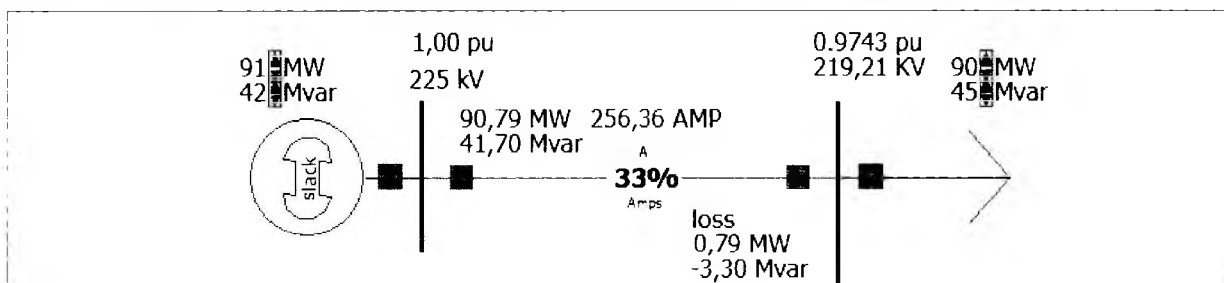
$$\dot{S}_1 = \dot{S}_2 + \Delta \dot{S}_{12} (MVA)$$

Bảng 11. Phân bố công suất trong mạng điện trong đơn vị có tên

Phân tử	Công suất biểu kiến (MVA)	Điện áp Bus (kV)	Điện áp Bus (pu)
Bus 2	90 + j45	219.15	0.9743
Bus 1	90.8 - j41.7	115	1

Kết quả phân tích bài toán được thống kê qua Bảng 12, 13, 14 và 15, được so sánh với các thông số của Bảng 9, 10 và 11.

Hình 10: Ứng dụng phần mềm PowerWorld Simulator phân tích kết quả trên máy tính



Bảng 12. Tính toán thông số mạng điện và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên

$S_{cb} = 100 \text{ MVA};$ $U_{cb1} = 225 \text{ kV};$		Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác
Z_{12}	R (Ω)	3.864	3.864	100%
	X (Ω)	21.6	21.6	100%
B_{12}	BT (Ω)	156.10-6	156.10-6	100%

Bảng 13. Tính toán thông số mạng điện và mô phỏng phần mềm trong đơn vị (pu)

$S_{cb} = 100 \text{ MVA};$ $U_{cb1} = 225 \text{ kV};$		Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác
Z_{12}	R (pu)	0.007624	0,007624	100%
	X (pu)	0.00427	0,0427	100%
B_{12}	BT (pu)	0.079	0,079	100%

Bảng 14. Tính toán phân bố công suất và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên

Phần tử	Lý thuyết	Phần mềm	Độ chính xác	
			$\Delta P_{12}(\text{MW})$	$\Delta Q_{12}(\text{MVar})$
$\Delta \dot{S}_{Bus2}$	90+j45	90+j45	100%	100%
$\Delta \dot{S}_{12}(\text{MVA})$	0.8 - j3.294	0.79 - j3.3	99%	99.82%
$\Delta \dot{S}_{Bus1}$	90.8+j41.7	90.79+j41.7	99.9%	100%

Bảng 15. Điện áp các Bus và mô phỏng phần mềm trong đơn vị có tên và đơn vị pu

Các nút	Lý thuyết		Phần mềm		Độ chính xác	
	U (kV)	U (pu)	U (kV)	U (pu)	kV	pu
1	219.21	0.9743	219.21	0.9743	100%	100%
2	225	1	225	1	100%	100%

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày những nội dung liên quan đến tính toán lý thuyết và mô phỏng lại trên máy tính khi sử dụng phần mềm PowerWorld Simulator. Kết quả cho thấy độ chính xác đạt 100%. Điểm nổi bật của phương pháp nghiên cứu này là so sánh các sai số giữa tính toán lý thuyết với thuật toán được ứng dụng trên phần mềm khi mô phỏng. Qua các bài tính toán thí nghiệm cơ bản trên cho thấy độ chính đạt 100%. Nghiên cứu này

nhằm giúp sinh viên ngành Điện mà ở đây là chuyên ngành Hệ thống điện hiểu rõ hơn cơ sở lý thuyết về chuyên môn với các thuật toán được ứng dụng trong phần mềm do Công ty PowerWorld Corporation phát triển, để từ đó tự tin trong việc phân tích các bài toán phức tạp khi ứng dụng phần mềm chuyên ngành để mô phỏng hệ thống điện phức tạp với sự trợ giúp của máy tính. Bên cạnh đó, sinh viên áp dụng được vào nghề nghiệp khi tiếp cận thực tế ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Doãn Văn Đông (2019). *Giáo trình lưới điện phân phối*. Hà Nội: NXB Xây dựng.
2. Mahmoud Saleh, Yusef Esa and Ahmed Mohamed (2018). Applications of Complex Network Analysis in Electric Power Systems. *Energies*, 11(6), 1-16.

3. Doãn Thanh Cảnh, Nguyễn Thị Thắm (2016). Ứng dụng bài toán tối ưu hóa trào lưu công suất để phân tích ổn định điện áp của hệ thống điện, *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Hồng Đức*, 29, 15-23.
4. Nguyễn Minh Nhựt, Dương Thị Cẩm Như (2019). *Ứng dụng Powerworld Simulator nghiên cứu phân bố công suất và xét ổn định hệ thống lưới điện truyền tải khu vực tỉnh Trà Vinh*. Đồ án tốt nghiệp, Bộ môn Điện - Điện tử, Trường Đại học Trà Vinh.
5. Huỳnh Khắc Bình, Trần Quốc Huy (2019). *Nghiên cứu thực hiện bài giảng CAD trong hệ thống điện*. Đồ án tốt nghiệp, Bộ môn Điện - Điện tử, Trường Đại học Trà Vinh.
6. Bộ Công Thương (2015). *Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về Kỹ thuật điện (Phần 1 hệ thống lưới điện)*. Vụ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
7. Hồ Văn Hiến (2013). *Hệ thống điện truyền tải và phân phối*. TP. Hồ Chí Minh: NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
8. Trần Quang Khánh (2013). *Giáo trình cung cấp điện*. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.
9. PowerWorld Corporation (2007). PowerWorld Simulator Version 13 Users Guide. [Online] Available from: https://www.powerworld.com/files/Simulator13_Help_Printed.pdf

Ngày nhận bài: 8/9/2021

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 8/10/2021

Ngày chấp nhận đăng bài: 18/10/2021

Thông tin tác giả:

ThS. NGUYỄN THANH HIỀN

Bộ môn Điện - Điện tử, Khoa kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh

USING POWERWORLD SIMULATOR SOFTWARE TO SOLVE POWER FLOW PROBLEMS

● **Master. NGUYEN THANH HIEN**

Deputy Department of Electrical and Electronics Engineering
Faculty of Engineering and Technology, Tra Vinh University

ABSTRACT:

In the students learning process about electrical systems, they learn basic theoretical knowledge and how to use software to analyze power systems. This study is to simulate the power flow analysis with the use of software to verify the theoretical calculation basis. This study's highlight is to comparing theoretical and experimental values which are calculated by PowerWorld Simulator software. The study's results show that the values calculating by PowerWorld Simulator software are equal to the theoretical values. This study is expected to help students become more confident when using software to analyze power system problems.

Keywords: PowerWorld Simulator application, power flow analysis, comparing theoretical calculations.