

ĐÁNH GIÁ DAO ĐỘNG TẦN SỐ VÀ DAO ĐỘNG ĐIỆN ÁP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MIỀN TRUNG KHI CÓ SỰ THAM GIA CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI

EVALUATING FREQUENCY VARIATION AND VOLTAGE VARIATION IN CENTRAL POWER SYSTEM WITH SOLAR POWER PENETRATION

Đoàn Anh Tuấn^{1*}, Ngô Minh Khoa², Trần Đình Quang³, Lê Thị Minh Châu⁴

¹Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Đại học Quy Nhơn, Bình Định, Việt Nam

³Trung tâm Điều độ Hệ thống điện miền Trung, Đà Nẵng, Việt Nam

⁴Trường Điện-Điện tử, Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: datuan@ac.udn.vn

(Nhận bài / Received: 19/5/2023; Sửa bài / Revised: 12/6/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 03/7/2023)

Tóm tắt - Điện mặt trời (ĐMT) tham gia vào hệ thống điện (HTĐ) miền Trung với tỷ trọng lớn trong những năm gần đây, đã gây ra những tác động đến quá trình vận hành HTĐ. Bài báo này tập trung nghiên cứu đánh giá tác động của nhà máy ĐMT đến dao động tần số và dao động điện áp của HTĐ miền Trung. Toàn bộ sơ đồ HTĐ Việt Nam có xét đến năm 2025 được mô hình hóa trên phần mềm PSS/E - version 35.0, trong đó các mô hình động của các nhà máy điện truyền thống cũng như mô hình động của các nhà máy điện gió và ĐMT được tích hợp để mô phỏng động. Nhà máy ĐMT Hòa Hội ở tỉnh Phú Yên được lựa chọn để khảo sát với các kịch bản: Ngừng đột ngột toàn bộ nhà máy, thay đổi cường độ bức xạ mặt trời và sự cố ngắn mạch trên đường dây. Các kết quả nghiên cứu đã phân tích cho thấy, tác động của ĐMT đến dao động tần số và dao động điện áp của HTĐ miền Trung.

Từ khóa - Hệ thống điện; điện mặt trời; dao động tần số; dao động điện áp; cường độ bức xạ

1. Đặt vấn đề

Bởi vì sự biến động nhanh chóng về giá của các dạng nguồn năng lượng hóa thạch cũng như các vấn đề liên quan đến môi trường nên các dạng nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) đã được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng ngày càng rộng rãi để dần thay thế các dạng nguồn năng lượng hóa thạch trong những năm gần đây. Các nguồn NLTT như gió, mặt trời luôn phải chịu ảnh hưởng từ sự thay đổi của các yếu tố môi trường như vận tốc gió, bức xạ mặt trời, nhiệt độ,... Bên cạnh những yếu tố tích cực mang lại từ các nguồn NLTT thì do tính chất bất định, biến đổi nhanh, phụ thuộc vào thời tiết, khí hậu và đặc điểm tự nhiên của từng khu vực [1, 2] nên các nguồn này khi kết nối vào hệ thống điện (HTĐ) đã và đang gây ra không ít khó khăn, thách thức cho công tác vận hành HTĐ (sự biến động thông số vận hành, không thể khai thác tối đa sản lượng của các nguồn năng lượng này [3, 4].

Điện mặt trời (ĐMT) chiếm tỷ trọng khá lớn trong cơ cấu nguồn điện trong HTĐ miền Trung (15% ĐMT công suất lớn và 18% ĐMT mái nhà). Điều này có thể gây ra những tác động tiêu cực đến sự vận hành ổn định của HTĐ khu vực [5, 6]. Các tác giả trong công trình [7] đã sử dụng

Abstract - Solar power has increasingly participated in the central power system with a large proportion in recent years, this leads to impacts on power system operation. This paper assesses the impact of solar power plants on the frequency and voltage variations of the central power system. The entire diagram of Vietnam's power system with regard to 2025 is modeled on the PSS/E software - version 35.0, in which the dynamic models of traditional power plants as well as wind and solar power plants are integrated for dynamic simulation. Hoa Hoi solar power plant in Phu Yen province was selected to establish three research scenarios: The sudden shutdown of the entire plant, the change of solar irradiation and the short circuit on the transmission line. The research results show that, the impact of the solar power plant on the frequency and voltage variations of the central power system.

Key words - Power system; solar power; frequency variation; voltage variation; solar irradiance

phần mềm ETAP để nghiên cứu phân tích ảnh hưởng của nhà máy ĐMT Phong Điền đến lưới điện tỉnh Thừa Thiên Huế. Kích động được khảo sát trong nghiên cứu [7] là sự cố ngắn mạch trong điều kiện nhà máy ĐMT tham gia phát công suất vào lưới với các mức khác nhau. Trong khi đó, bài báo [8] ứng dụng phần mềm PSS/E để nghiên cứu lựa chọn các thiết bị hỗ trợ ổn định HTĐ khi đầu nối nhà máy ĐMT công suất lớn.

Từ các phân tích trên, nhằm có cách đánh giá tổng quát hơn về ảnh hưởng của nhà máy ĐMT công suất lớn đến dao động tần số và dao động điện áp của HTĐ miền Trung, bài báo này nghiên cứu mô hình hóa toàn bộ sơ đồ HTĐ Việt Nam đến năm 2025 có tích hợp toàn bộ các mô hình động của tất cả các nhà máy điện cũng như các nguồn NLTT: Điện gió và ĐMT bằng phần mềm PSS/E - version 35.0. Bởi vì, nhà máy ĐMT Hòa Hội ở tỉnh Phú Yên có công suất 215 MW đầu nối vào lưới điện 220 kV được xem là nhà máy có công suất tương đối lớn đầu nối trực tiếp vào lưới điện khu vực miền Trung, nên nhà máy ĐMT Hòa Hội được lựa chọn nghiên cứu đánh giá. Hơn nữa, các kịch bản được thiết lập dựa trên các yếu tố nguy hiểm nhất có thể xảy ra như: Ngừng đột ngột toàn bộ nhà máy điện ĐMT

¹ The University of Danang, Danang, Vietnam (Doan Anh Tuan)

² Quy Nhơn University, Bình Định, Vietnam (Ngo Minh Khoa)

³ Central Power System Dispatch Center, Danang, Vietnam (Tran Dinh Quang)

⁴ School of Electrical & Electronics Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam (Le Thi Minh Chau)

Hòa Hội, thay đổi cường độ bức xạ mặt trời và ngắn mạch trên đường dây 220 kV.

2. Phương pháp mô phỏng động

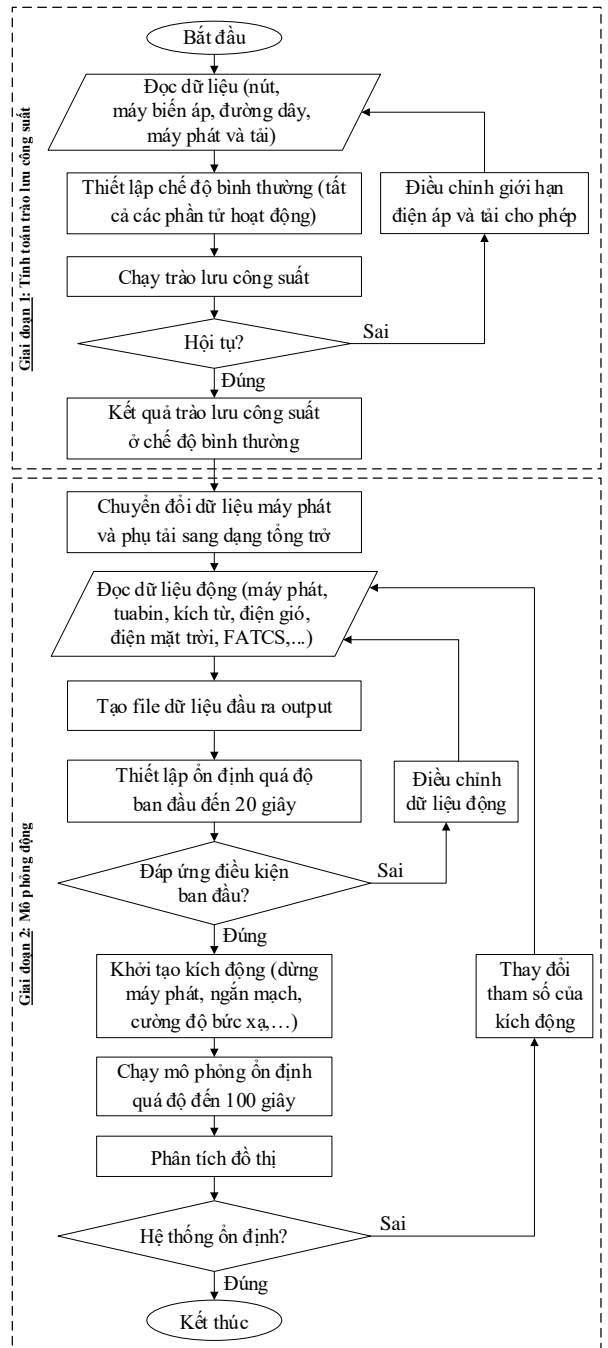
2.1. Mô phỏng động bằng phần mềm PSS/E

Cơ sở phân tích động trong bài báo này được thực hiện trên phần mềm PSS/E - version 35.0. Toàn bộ sơ đồ HTĐ Việt Nam theo quy hoạch của Tổng sơ đồ VII đến năm 2025 trên phần mềm PSS/E - version 35.0 được thiết lập theo hai tệp tham số tính toán trào lưu công suất *.sav và tệp tham số động *.dyr. Đầu tiên, trào lưu công suất ở chế độ xác lập ban đầu của toàn bộ HTĐ được tính toán bằng các phương pháp khác nhau như: Phương pháp Gauss Seidel, phương pháp Newton-Raphson, phương pháp tách biến nhanh [9]. Sau đó, các dữ liệu của toàn bộ HTĐ ở chế độ xác lập ban đầu sẽ được chuyển đổi sang dạng tổng trở để thực hiện mô phỏng động. Tệp tham số động *.dyr chứa các dữ liệu của các mô hình của máy phát điện đồng bộ, nhà máy điện gió, nhà máy ĐMT, các bộ điều khiển,... sẽ được sử dụng kết hợp với dữ liệu chuyển đổi ban đầu ở chế độ xác lập để nghiên cứu phân tích động khi xảy ra các kích động trong HTĐ [9].

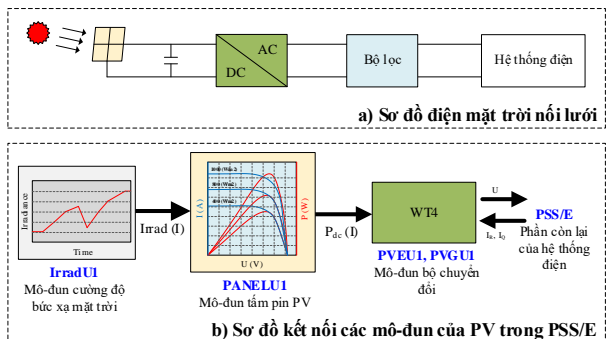
Vì toàn bộ HTĐ Việt Nam có dữ liệu lớn, nhiều bộ điều khiển của máy phát điện đồng bộ, nhà máy điện gió, ĐMT có hằng số thời gian khác nhau nên độ phân giải về thời gian được thiết lập là $\Delta t = 0,001$ giây và độ phân giải về tần số được thiết lập là $\Delta f = 0,004$ Hz. Quá trình mô phỏng động toàn bộ HTĐ Việt Nam trên phần mềm PSS/E được miêu tả như lưu đồ thuật toán trên Hình 1. Lưu đồ thuật toán được chia thành 2 giai đoạn. Giai đoạn 1 là tính toán trào lưu công suất ở chế độ vận hành bình thường. Kết quả đầu ra của giai đoạn 1 là trào lưu công suất của toàn bộ HTĐ Việt Nam. Giai đoạn 2 là mô phỏng động bao gồm các bước chuyển đổi tất cả dữ liệu máy phát và phụ tải sang dạng tổng trở, đọc dữ liệu động của các máy phát, tuabin, điện gió, ĐMT,... Sau đó, thiết lập ổn định ban đầu đến 20 giây và khởi tạo lần lượt các kích động để mô phỏng ổn định quá độ HTĐ. Các kết quả dưới dạng đồ thị sẽ được thu thập để đánh giá tính ổn định của HTĐ.

2.2. Mô hình động của nhà máy ĐMT

Mục tiêu của bài báo này là nghiên cứu khảo sát các tác động của ĐMT công suất lớn đến các vấn đề về dao động tần số, dao động điện áp trên HTĐ miền Trung. Không xét các mô hình động của các phần tử khác chẳng hạn như: các nhà máy thủy điện, nhà máy nhiệt điện, điện gió,... Bài báo này tập trung phân tích chi tiết về mô hình động của ĐMT để làm cơ sở nghiên cứu trong các kịch bản khác nhau. Sơ đồ của nhà máy ĐMT nối lưới được thể hiện như Hình 2(a), trong đó các tấm pin nhận năng lượng từ cường độ bức xạ mặt trời chuyển hóa thành điện năng dưới dạng nguồn điện một chiều (DC). Sau đó, qua bộ chuyển đổi DC/AC để chuyển thành nguồn điện xoay chiều (AC) và hòa vào lưới điện thông qua bộ lọc. Trong phần mềm PSS/E - version 35.0, nhà máy ĐMT được mô hình hóa bởi các mô-đun đại diện cho bộ chuyển đổi (PVGU1), bộ điều khiển điện (PVEU1), các tấm pin (PANEL1) và cường độ bức xạ mặt trời (IRRADU1). Các mô-đun đó được kết nối với nhau theo sơ đồ như Hình 2(b).



Hình 1. Lưu đồ thuật toán mô phỏng động HTĐ Việt Nam đến năm 2025 bằng phần mềm PSS/E



Hình 2. Mô hình ĐMT trong phần mềm PSS/E [9]

Tham số của mô-đun bộ chuyển đổi (PVGU1) và mô-đun bộ điều khiển điện (PVEU1) được tính toán và lựa chọn dựa theo mô-đun sẵn có trong phần mềm PSS/E – version 35.0 và thông số kỹ thuật của nhà máy ĐMT Hòa Hội. Các thông số đó được trình bày trong Bảng 1 và Bảng 2. Ngoài ra, mô-đun PANELU1 được áp dụng cho việc mô hình hóa các tấm pin của nhà máy ĐMT Hòa Hội. Các tham số của mô-đun PANELU1 bao gồm dữ liệu tỉ lệ công suất phát P200, P400, P600, P800 và P1000 tương ứng với giá trị cường độ bức xạ lần lượt là 200, 400, 600, 800 và 1000 W/m². Mô-đun IRRADU1 của nhà máy ĐMT Hòa Hội bao gồm tập tham số chứa 10 điểm giá trị: [T1, I1, T2, I2, T3, I3, T4, I4, T5, I5, T6, I6, T7, I7, T8, I8, T9, I9, T10, I10]. Trong đó, T_i là thời điểm thứ i được tính bằng giây và I_i là cường độ bức xạ tại thời điểm thứ i (W/m²). Thay đổi các tham số của mô hình IRRADU1 để khảo sát sự thay đổi cường độ bức xạ mặt trời theo thời gian tại nhà máy ĐMT Hòa Hội để đánh giá ảnh hưởng của nó đến sự dao động tần số và dao động điện áp trong HTĐ.

Bảng 1. Các tham số của mô-đun bộ chuyển đổi PVGU1

0.0200	TIQCcmd, Converter time constant for IQcmd, second
0.0200	TIPCcmd, Converter time constant for IPcmd, second
0.4000	VLVPL1, Low Voltage power Logic (LVPL), voltage 1 (pu)
0.9000	VLVPL2 LVPL voltage 2 (pu)
1.1100	GLVPL - LVPL gain
1.2000	High Voltage reactive Current (HVRC) logic, voltage (pu)
2.0000	CURHVRCR - HVRC logic, current (pu)
2.0000	Rlp_LVPL, Rate of active current change
0.0200	T_LVPL, Voltage sensor for LVPL, second

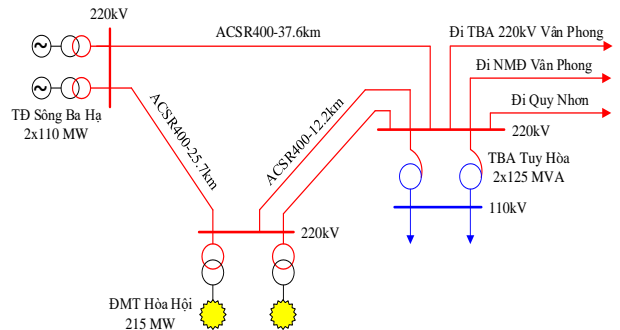
Bảng 2. Các tham số của mô-đun điều khiển điện PVEU1

0.1500	Tfv - V-regulator filter
18.000	Kpv - V-regulator proportional gain
5.0000	Kiv - V-regulator integrator gain
0.0500	Kpp - T-regulator proportional gain
0.1000	Kip - T-regulator integrator gain
0.0000	Kf - Rate feedback gain
0.0800	Tf - Rate feedback time constant
0.4700	QMX - V-regulator max limit
-0.470	QMN - V-regulator min limit
1.1000	IPMAX - Max active current limit
0.0000	TRV - V-sensor
0.5000	dPMX - Max limit in power PI controller (pu)
-0.500	dPMN - Min limit in power PI controller (pu)
0.0500	T_POWER - Power filter time constant
0.1000	KQi - MVAR/Volt gain
0.9000	VMINCL
1.1000	VMAXCL
20.000	KVi - Volt/MVAR gain
0.0500	Tv - Lag time constant in WindVar controller
0.0500	Tp - Pelec filter in fast PF controller
1.7000	ImaxTD - Converter current limit
1.1100	lphl - Hard active current limit
1.1100	lqhl - Hard reactive current limit
200.00	PMax of PV plant

3. Kết quả nghiên cứu và đánh giá

Bài báo nghiên cứu mô hình hóa toàn bộ sơ đồ HTĐ Việt Nam theo quy hoạch của Tổng sơ đồ VII đến năm 2025 trên phần mềm PSS/E - version 35.0. Các thông số của các nhà máy điện, trạm biến áp, đường dây và các

phần tử khác trên HTĐ Việt Nam được tham khảo từ Tổng sơ đồ VII [10]. Đối tượng được khảo sát là nhà máy ĐMT Hòa Hội có công suất cực đại 215 MW, nằm ở tỉnh Phú Yên. Nhà máy được kết nối với thanh cái trạm biến áp 220 kV Tuy Hòa thông qua đường dây mạch kép ACSR400 dài 12,2 km, đồng thời kết nối với thanh cái 220 kV của nhà máy thủy điện Sông Ba Hạ thông qua đường dây ACSR400 dài 25,7 km. Thanh cái 220 kV Tuy Hòa được kết nối với các nơi khác thông qua các đường dây 220 kV và cấp xuống lưới điện 110 kV thông qua 2 máy biến áp tự ngẫu 125 MVA. Khu vực lưới điện xung quanh nhà máy ĐMT Hòa Hội được thể hiện như Hình 3.



Hình 3. Vị trí đấu nối của ĐMT Hòa Hội

Công suất phát ra của nhà máy ĐMT phụ thuộc vào cường độ bức xạ dựa theo đặc tính P-V của các tấm pin [4]. Các trường hợp vận hành đối với nhà máy ĐMT Hòa Hội ứng với các mức cường độ bức xạ lần lượt là 400, 600, 800 và 1.000 W/m² được thiết lập để khảo sát đánh giá ảnh hưởng đến dao động tần số và dao động điện áp trong HTĐ miền Trung. Tương ứng với mỗi mức cường độ bức xạ, mức công suất phát tính theo phần trăm và công suất phát tính theo megawatt của nhà máy được cho như Bảng 3.

Bảng 3. Các mức công suất phát của ĐMT Hòa Hội

Cường độ bức xạ (W/m ²)	400	600	800	1000
Mức công suất phát (%)	38%	59%	85%	100%
Công suất phát (MW)	76	118	170	200

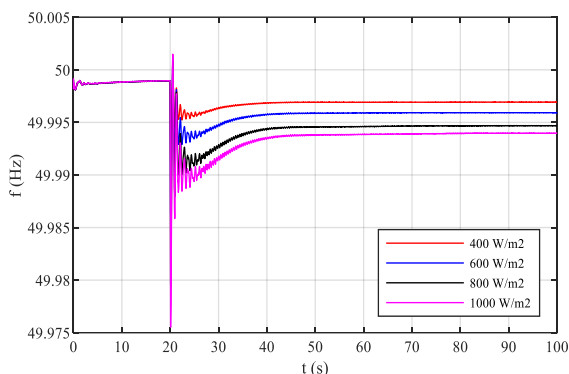
Các kịch bản được đưa ra để nghiên cứu bao gồm: (i) Ngừng đột ngột nhà máy ĐMT Hòa Hội; (ii) Thay đổi cường độ bức xạ mặt trời; (iii) Ngắn mạch duy trì trên đường dây 220kV Tuy Hòa - Quy Nhơn. Trong mỗi kịch bản, dao động tần số và dao động điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa được trích xuất để đánh giá mức độ ảnh hưởng của nhà máy ĐMT Hòa Hội. Ngoài ra, các đáp ứng về công suất tác dụng và công suất phản kháng của nhà máy ĐMT Hòa Hội cũng có thể được sử dụng để đánh giá phản ứng của nó khi xảy ra các sự cố trong mỗi kịch bản. Để đáp ứng cho quá trình mô phỏng động cả ba kịch bản trên, thông số độ phân giải về thời gian là $\Delta t = 0,001$ giây và độ phân giải về tần số là $\Delta f = 0,004$ Hz được thiết lập trong phần mềm PSS/E - version 35.0. Các kết quả nghiên cứu của từng kịch bản được thể hiện như sau.

3.1. Kịch bản 1: Ngừng đột ngột ĐMT Hòa Hội

Kịch bản sự cố ngừng đột ngột toàn bộ nhà máy ĐMT Hòa Hội được đưa ra nhằm đánh giá mức độ dao động tần số và dao động điện áp, sự cố này có thể xảy ra trong

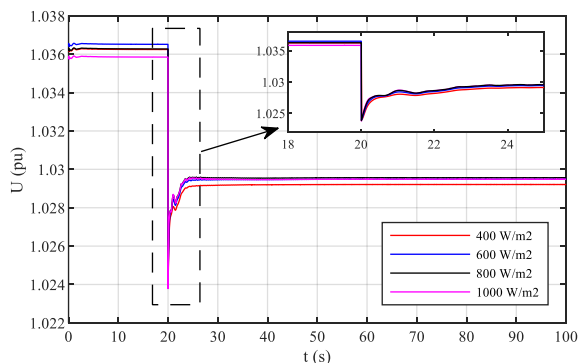
trường hợp bị mây che phủ toàn bộ dẫn đến toàn nhà máy bị cắt đột ngột ra khỏi lưới. Để có cách nhìn tổng thể về mức độ ảnh hưởng, nhà máy ĐMT Hòa Hội được giả thiết lần lượt đang vận hành với các mức công suất phát như Bảng 3 và sự cố ngừng đột ngột toàn nhà máy xảy ra tại thời điểm $t = 20$ giây.

Kết quả dao động tần số tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa được thể hiện như Hình 4. Kết quả này cho thấy, khi xảy ra sự cố ngừng đột ngột nhà máy ĐMT Hòa Hội thì xuất hiện dao động tần số trên lưới với xu hướng bị kéo giảm thấp hơn ở chế độ bình thường trước đó. Quá trình dao động tần số diễn ra trong khoảng thời gian gần 20 giây, tuy nhiên mức độ dao động tần số không đáng kể. Dao động mạnh nhất là ứng với trường hợp nhà máy đang vận hành với mức cường độ bức xạ 1.000 W/m^2 , có độ dao động tần số lớn nhất trong khoảng thời gian quá độ bằng $-0,025 \text{ Hz}$ và trong khoảng thời gian xác lập sau sự cố bằng $-0,0061 \text{ Hz}$. Rõ ràng, kết quả này không ảnh hưởng đáng kể đến tần số của lưới điện.



Hình 4. Tần số tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa (kịch bản 1)

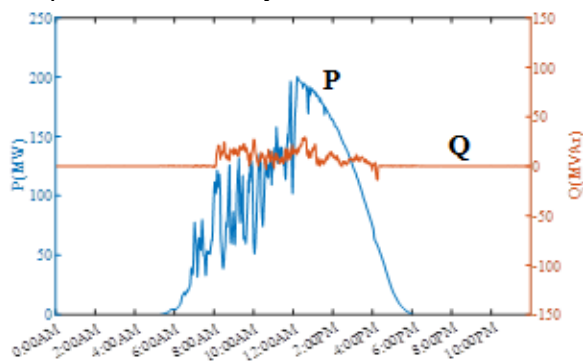
Kết quả dao động điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa được thể hiện như Hình 5. Kết quả này cho thấy rằng khi xảy ra sự cố ngừng đột ngột nhà máy ĐMT Hòa Hội thì xuất hiện dao động điện áp trên lưới khu vực xung quanh nó với xu hướng bị kéo giảm thấp hơn ở chế độ bình thường trước đó (điện áp giảm từ 1,036 pu xuống còn 1,029 pu ứng với mức cường độ bức xạ là 1.000 W/m^2). Quá trình quá độ diễn ra trong khoảng 5 giây thì điện áp dần xác lập đến giá trị mới sau sự cố. Ứng với trường hợp nhà máy ĐMT Hòa Hội đang vận hành với cường độ bức xạ 1.000 W/m^2 thì điện áp xác lập sau sự cố là 1,029 pu thấp hơn so với trước sự cố là 1,036 pu.



Hình 5. Điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa (kịch bản 1)

3.2. Kịch bản 2: Thay đổi cường độ bức xạ mặt trời

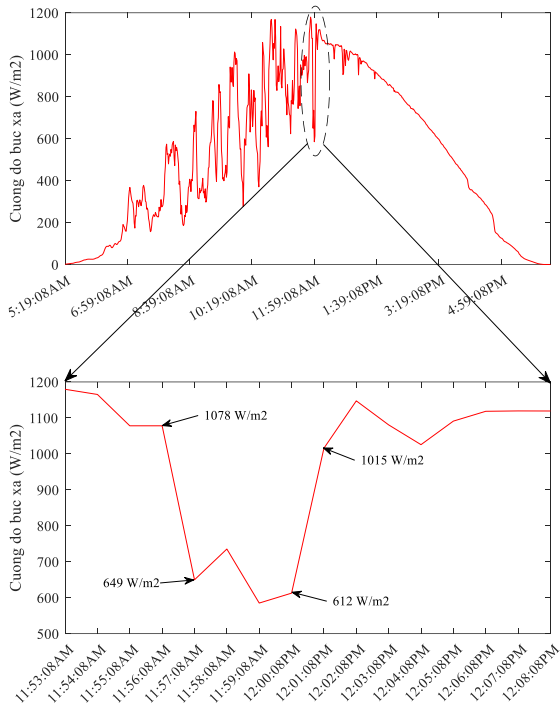
Đối với kịch bản 1, sự cố ngừng đột ngột toàn bộ nhà máy ĐMT Hòa Hội nên không thể thấy được sự tác động của các bộ tự động điều khiển điện áp của nhà máy đến lưới. Trong thực tế vận hành, khi cường độ bức xạ thay đổi đột ngột nhưng nhà máy vẫn còn kết lưới, do vậy kịch bản 2 nhằm khảo sát sự tác động của nhà máy đến hỗ trợ ổn định tần số và điện áp. Biểu đồ công suất phát của toàn nhà máy ĐMT Hòa Hội vào ngày 2 tháng 5 năm 2023 được thể hiện như Hình 6. Rõ ràng, bởi sự thay đổi cường độ bức xạ mặt trời nên đã tác động đến lượng công suất tác dụng (P) phát ra của toàn nhà máy. Biểu đồ công suất phản kháng (Q) phát ra của toàn nhà máy thể hiện sự thay đổi là do tác động của bộ tự động điều khiển điện áp nhằm điều chỉnh điện áp đầu ra của nhà máy ĐMT Hòa Hội.



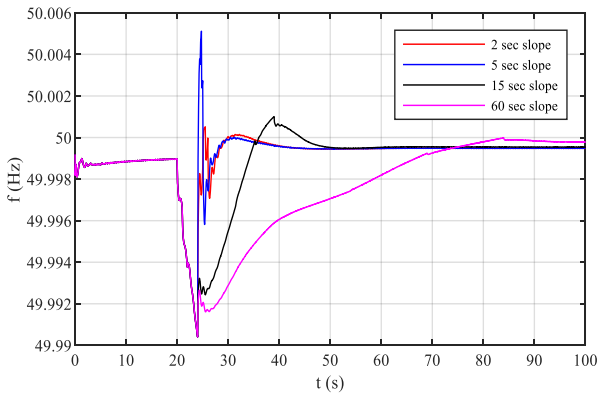
Hình 6. Biểu đồ công suất phát của nhà máy ĐMT Hòa Hội ngày 02/5/2023

Nhà máy ĐMT Hòa Hội có lắp đặt 5 vị trí trạm thời tiết đặt ở 5 khu vực rải rác trong cánh đồng pin. Năm trạm thời tiết đó lần lượt là WB01, WB09, WB20, WB30 và WB36 liên tục đo lường và ghi lại dữ liệu đo là cường độ bức xạ mặt trời. Kết quả cường độ bức xạ trung bình từ dữ liệu của 5 trạm thời tiết trong ngày 2 tháng 5 năm 2023 tại nhà máy ĐMT Hòa Hội được thể hiện như Hình 7. Độ phân giải của bản ghi cường độ bức xạ này là 1 phút, chính vì thế có thể nhận thấy rõ sự thay đổi đột ngột của cường độ bức xạ diễn ra nhiều lần trong ngày. Điều này không những làm ảnh hưởng đến công suất phát ra của ĐMT Hòa Hội mà còn ảnh hưởng đến dao động tần số và dao động điện áp trong khu vực lân cận. Do đó, đây là cơ sở đề bài báo xây dựng kịch bản 2 để nghiên cứu ảnh hưởng của sự thay đổi cường độ bức xạ đến sự dao động tần số và dao động điện áp của HTĐ miền Trung (đến năm 2025).

Trong kịch bản này, các tham số ban đầu được thiết lập để mô phỏng trên phần mềm PSS/E - version 35.0: Độ phân giải về thời gian là 0,001 giây, độ phân giải về tần số là 0,004 Hz. Giả sử toàn hệ thống vận hành bình thường, riêng đối với nhà máy ĐMT Hòa Hội vận hành với cường độ bức xạ là 1.000 W/m^2 . Đến thời điểm $t = 20$ giây, cường độ bức xạ giảm đột ngột xuống còn 200 W/m^2 và duy trì ở mức này trong 4 giây. Sau đó, cường độ bức xạ phục hồi dần về lại giá trị 1.000 W/m^2 theo 4 trường hợp sau: (i) Độ dốc phục hồi trong khoảng 2 giây; (ii) Độ dốc phục hồi trong khoảng 5 giây; (iii) Độ dốc phục hồi trong khoảng 15 giây; (iv) Độ dốc phục hồi trong khoảng 60 giây.



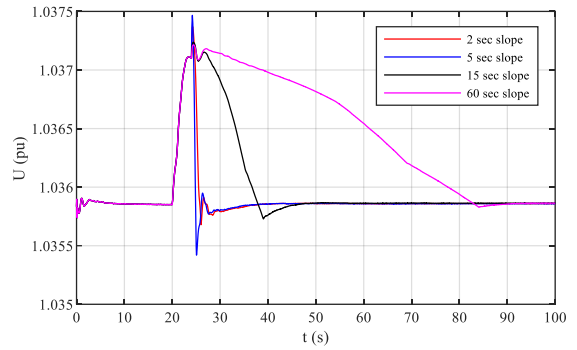
Hình 7. Bản ghi cường độ bức xạ tại nhà máy ĐMT Hòa Hội ngày 02/5/2023



Hình 8. Tần số tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa (kịch bản 2)

Kết quả dao động tần số tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa ứng với 4 trường hợp độ dốc phục hồi của cường độ bức xạ mặt trời được thể hiện như Hình 8. Trong kịch bản này, nhà máy ĐMT Hòa Hội vẫn được kết nối với lưới để tiếp tục phát công suất vào lưới tuy nhiên vì lý do cường độ bức xạ mặt trời giảm đột ngột dẫn đến hiện tượng dao động tần số. Bên cạnh đó, độ dốc phục hồi càng lâu thì cũng ảnh hưởng đến độ dao động tần số.

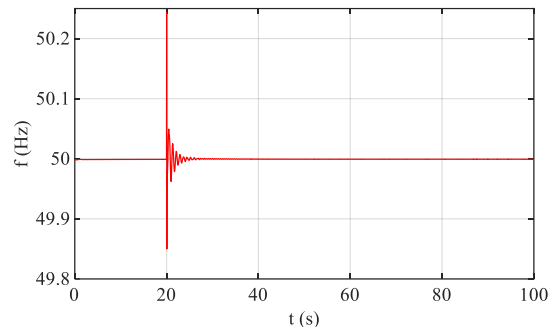
Kết quả dao động điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa của kịch bản này được thể hiện như Hình 9. Giá trị điện áp lớn nhất khi bắt đầu xảy ra thay đổi cường độ bức xạ ở cả 4 trường hợp đều có giá trị như nhau và bằng 1,0375 pu. Sau đó điện áp giảm dần về giá trị ban đầu khi cường độ bức xạ dần phục hồi trở lại giá trị ban đầu theo các độ dốc trong các khoảng thời gian khác nhau gồm 2, 5, 15 và 60 giây.



Hình 9. Điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa (kịch bản 2)

3.3. Kịch bản 3: Ngắt mạch duy trì trên đường dây 220kV Tuy Hòa - Quy Nhơn

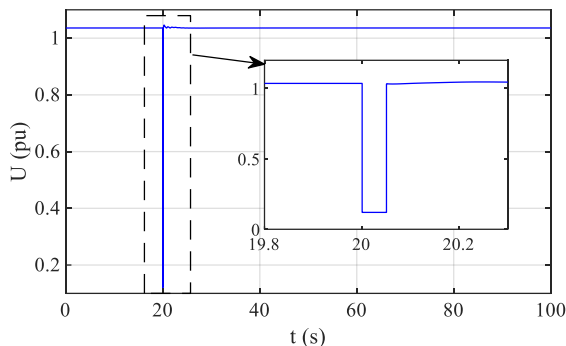
Ngắt mạch là một sự cố nghiêm trọng trong HTĐ, nó có thể gây ra những hậu quả liên quan đến mất ổn định HTĐ. Do vậy, kịch bản 3 đưa ra giả thiết rằng xuất hiện ngắn mạch ba pha duy trì trên đường dây 220 kV Tuy Hòa - Quy Nhơn với vị trí ngắn mạch xảy ra ở gần phía thanh cái 220 kV Quy Nhơn. Ngắt mạch xảy ra tại thời điểm $t = 20$ giây với thời gian tồn tại là 0,05 giây, sau đó đường dây 220 kV Tuy Hòa - Quy Nhơn bị cắt ra khỏi lưới. Trong kịch bản này, giả thiết nhà máy ĐMT Hòa Hội đang phát công suất cực đại 200 MW tương ứng với mức cường độ bức xạ 1.000 W/m².



Hình 10. Tần số tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa (kịch bản 3)

Dao động tần số và dao động điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa lần lượt được thể hiện như Hình 10 và Hình 11. Đối với tần số (Hình 10), hiện tượng dao động rõ rệt trong khoảng thời gian diễn ra quá trình quá độ với giá trị đỉnh đạt tới 50,23 Hz. Đồng thời, quá trình quá độ diễn ra trong khoảng 4 giây kể từ sau khi xuất hiện ngắn mạch trên đường dây 220 kV Tuy Hòa - Quy Nhơn.

Đối với điện áp, vì điểm ngắn mạch trên đường dây 220 kV Tuy Hòa - Quy Nhơn nằm ở phía thanh cái 220 kV Quy Nhơn nên kết quả mô phỏng điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa bị sụt giảm xuống gần bằng 0,12 pu trong khoảng thời gian tồn tại ngắn mạch như Hình 11 nếu như chưa xét đến sự hỗ trợ của bộ tự động điều chỉnh điện áp của nhà máy ĐMT Hòa Hội. Điều này dẫn đến xảy ra hiện tượng sụt áp ngắn hạn và sẽ ảnh hưởng đến các phụ tải phía 110 kV của TBA Tuy Hòa. Tuy nhiên mức độ giảm sâu của điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa được nâng lên nhờ sự tác động của bộ tự động điều chỉnh điện áp của nhà máy ĐMT Hòa Hội.



Hình 11. Điện áp tại thanh cái 220 kV Tuy Hòa (kịch bản 3)

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng động toàn bộ sơ đồ HTĐ Việt Nam theo quy hoạch của Tổng sơ đồ VII đến năm 2025 trên phần mềm PSS/E - version 35.0. Trên cơ sở mô hình động của HTĐ mặt trời đã tích hợp trên phần mềm PSS/E, các kịch bản được thiết lập để đánh giá toàn diện vấn đề liên quan đến dao động tần số và dao động điện áp của HTĐ có tích hợp ĐMT. Đối tượng được lựa chọn trong bài báo này là nhà máy ĐMT Hòa Hội 215 MW ở tỉnh Phú Yên để tiến hành mô phỏng động và đánh giá kết quả.

Qua các kết quả nghiên cứu cho thấy, phụ thuộc vào công suất phát của nhà máy ĐMT ở chế độ xác lập sẽ ảnh hưởng đến mức độ dao động tần số và dao động điện áp. Trường hợp ngừng đột ngột nhà máy ĐMT Hòa Hội thì các kết quả mô phỏng cho thấy chưa ảnh hưởng đáng kể đến tần số và điện áp của lưới điện. Yếu tố thay đổi cường độ bức xạ mặt trời cũng cần được quan tâm khi đánh giá tác động của các nhà máy ĐMT đến dao động tần số và dao động điện áp bởi vì cường độ bức xạ luôn thay đổi đột ngột trong ngày. Ngoài ra, sự cố ngắn mạch trên các đường dây ở khu vực xung quanh nhà máy ĐMT cũng cần được khảo sát để đánh giá mức độ ảnh hưởng của chúng đến tần số và điện áp. Các kết quả cũng cho thấy, vai trò của bộ tự động điều khiển điện áp của nhà máy ĐMT Hòa Hội trong việc

hỗ trợ ổn định điện áp của lưới điện.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo, trong đề tài Khoa học và Công nghệ có mã số CT 2022.07.DNA.08.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Cheng, B. A. Mather, R. Seguin, J. Hambrick, and R. P. Broadwater, "Photovoltaic (PV) impact assessment for very high penetration levels", *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 6, no. 1, pp. 295–300, 2015.
- [2] E. Du *et al.*, "The role of concentrating solar power toward high renewable energy penetrated power systems", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 33, no. 6, pp. 6630–6641, 2018.
- [3] A. Ameer, A. Berrada, K. Loudiyi, and M. Aggour, "Analysis of renewable energy integration into the transmission network", *The Electricity Journal*, vol. 32, no. 10, p. 106676, 2019.
- [4] N. M. Khoa, N. T. H. Van, L. K. Hung, and D. A. Tuan, "Investigation of the Impact of Large-Scale Wind Power and Solar Power Plants on a Vietnamese Transmission Network", *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 11, no. 2, pp. 863–870, 2022.
- [5] Y. K. Wu, G. T. Ye, and M. Shaaban, "Analysis of impact of integration of large PV generation capacity and optimization of PV capacity: Case studies in Taiwan", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 52, no. 6, pp. 4535–4548, 2016.
- [6] A. Cabrera-Tobar, E. Bullich-Massagué, M. Aragüés-Peñalba, and O. Gomis-Bellmunt, "Review of advanced grid requirements for the integration of large scale photovoltaic power plants in the transmission system", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62, pp. 971–987, 2016.
- [7] M. Q. Duong, N. T. N. Tran, and C. A. Hossain, *The Impact of Photovoltaic Penetration with Real Case: Thuathienhue–Vietnamese Grid*, in 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST), Dhaka, Bangladesh, 2019.
- [8] D. T. Viet, L. C. Quyen, and T. V. Thanh, "Selection of Devices to Support Power System Stability When Connected With Large-Scale Photovoltaic Power Plants". *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 122, pp. 115–119, 2018.
- [9] SIEMENS, *GUI Users Guide, USA: Siemens Industry, Inc.*, Siemens Power Technologies International, August 2022.
- [10] Socialist republic of Vietnam, *Decision Approving the adjustment of the National Electricity Development Plan for the period 2011 - 2020 with a view to 2030*, 428/QĐ-TTg, 2016.