

ỨNG DỤNG MATLAB/SIMULINK XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG NỐI LƯỚI SỬ DỤNG NGUỒN PIN MẶT TRỜI KẾT HỢP NGUỒN ẮC QUY

Lê Kim Anh *

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu ứng dụng Matlab/Simulink xây dựng mô hình và mô phỏng hệ thống nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy. Như chúng ta đã biết, nguồn năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng sạch có trữ lượng lớn, đang là mục tiêu nghiên cứu của nhiều nước trên thế giới nhằm thay thế dần nguồn năng lượng hóa thạch có nguy cơ cạn kiệt, gây ô nhiễm môi trường. Trong quá trình làm việc, pin mặt trời phụ thuộc nhiều yếu tố ảnh hưởng như cường độ ánh sáng, nhiệt độ môi trường, hiện tượng bóng râm... mặt khác, công suất sinh ra do tấm pin mặt trời phụ thuộc vào bức xạ mặt trời và nhiệt độ. Nhằm nâng cao hiệu suất sử dụng của pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy và thực hiện nối lưới, đòi hỏi phải có các giải thuật điều khiển. Ở đây sử dụng giải thuật hệ bám điểm công suất cực đại nhằm đảm bảo rằng pin mặt trời sẽ luôn luôn làm việc ở điểm cực đại khi tải thay đổi.

Từ khóa: Năng lượng tái tạo, pin mặt trời, mặt trời nối lưới, nguồn ắc quy, hệ bám điểm công suất cực đại.

Abstract

The article aims to introduce the application of Matlab/Simulink in modelling and simulation of combined solar cells and batteries power sources connected to power grids. As we know, solar power, a clean energy source which has large reserves, is a target for the study of many countries in order to gradually replace fossil energy sources both at risk of depletion and causing environmental pollution. The working process of solar cells depends on many factors such as light intensity, environment temperature, the phenomenon of shade ... furthermore, power generated by solar panels is dependent on the solar radiation and heat. In order to improve the efficiency of combined solar cells and batteries and grid-connected implementation, the control algorithms are required. Here using the algorithm of maximum point power tracking ensures that solar cells will always work at peak although the load changes.

Keywords: Renewable energy, solar cells, grid connected solar cells, battery power, maximum point power tracking.

1. Đặt vấn đề

Nguồn điện mặt trời là dạng nguồn năng lượng tái tạo vô tận với trữ lượng lớn. Đây là một trong các nguồn năng lượng tái tạo quan trọng nhất. Việc tìm các cách thức để khai thác, sử dụng nguồn năng lượng điện mặt trời này sao cho hiệu quả và thay thế dần các nguồn năng lượng hóa thạch ngày càng cạn kiệt, gây ô nhiễm môi trường đang là mục tiêu nghiên cứu của nhiều quốc gia. Năng lượng mặt trời (NLMT) thực chất là nguồn năng lượng nhiệt hạch vô tận của thiên nhiên. Hàng năm, mặt trời cung cấp cho trái đất một năng lượng khổng lồ, gấp 10 lần trữ lượng các nguồn nhiên liệu có trên trái đất. Hiện nay, nước ta chủ yếu sử dụng hệ thống pin mặt trời độc lập, hoặc hệ thống độc lập kết hợp giữa pin mặt trời và các nguồn năng lượng khác như nguồn ắc quy, pin nhiên liệu...vv. Bài báo ứng dụng matlab/simulink xây dựng mô hình và mô phỏng

hệ thống nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy điều khiển theo phương pháp bám điểm công suất cực đại (MPPT). Kỹ thuật điều khiển tìm kiếm dựa trên mô hình nhằm hướng đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển nối lưới linh hoạt cho các nguồn năng lượng tái tạo.

Bảng 1. Mật độ NLMT trung bình năm và số giờ năng theo khu vực (Nguồn: VNL)

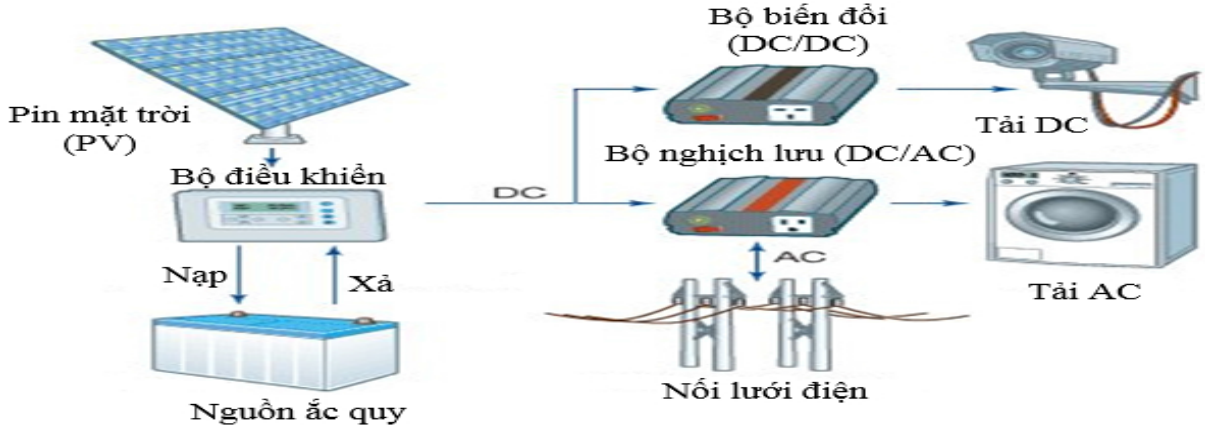
	Khu vực	NLMT trung bình năm (kcal/cm ²)	Số giờ năng trung bình năm (hrs/năm)
1	Đông Bắc Bộ	100 - 125	1500 - 1700
2	Tây Bắc Bộ	125 - 150	1750 - 1900
3	Bắc Trung Bộ	140 - 160	1700 - 2000
4	Nam Trung Bộ và Tây Nguyên	150 - 175	2000 - 2600
5	Nam Bộ	130 - 150	2200 - 2500
	Trung bình cả nước	130 - 152	1830 - 2450

Bảng 2. Điện từ NLTT công suất lắp đặt giai đoạn 2011 – 2030 (nguồn: Quyết định số 1208/QĐ – TTg ngày 21/7/2011 của Thủ tướng Chính phủ, Phụ lục 1)

	Năm	Công suất lắp đặt(MW)		Năm	Công suất lắp đặt(MW)
1	2011	30	8	2018	200
2	2012	100	9	2019	230
3	2013	130	10	2020	300
4	2014	120	11	2011 - 2020	1.660
5	2015	150	12	2021 - 2025	2.500
6	2016	200	13	2026 - 2030	4.200
7	2017	200		2011 - 2030	8.360 = 8.36GW

2. Mô hình điều khiển nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy

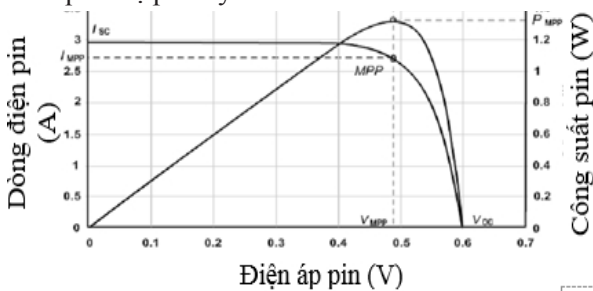
Hệ thống nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy bao gồm các thành phần cơ bản như Hình 1.



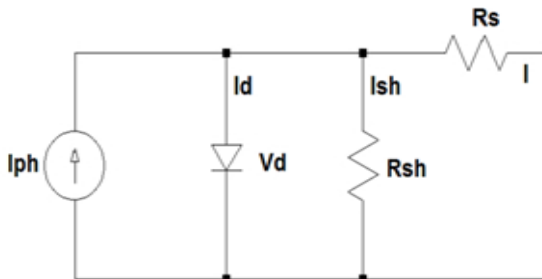
Hình 1. Sơ đồ cấu trúc cơ bản điều khiển nối lưới nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy

2.1. Mô hình nguồn pin mặt trời (PV)

* Pin mặt trời PV (Photovoltaic cell) gồm các lớp bán dẫn chịu tác dụng của quang học để biến đổi các năng lượng photon bức xạ mặt trời thành năng lượng điện. Theo quan điểm năng lượng điện tử, pin mặt trời có thể được coi là những nguồn dòng biểu diễn mối quan hệ phi tuyến I-V như ở Hình 2.



Hình 2. Đặc tính làm việc của pin mặt trời



Hình 3. Sơ đồ tương đương của pin mặt trời

Hiệu suất của tấm pin mặt trời sẽ lớn nhất khi pin mặt trời cung cấp cho ta công suất cực đại. Theo đặc tính phi tuyến trên hình 2, nó sẽ xảy ra khi P-V là cực đại, tức là $P = P_{max}$ tại thời điểm (I_{max}, V_{max}) được gọi là điểm cực đại MPP (Maximum Point Power). Hệ bám điểm công suất cực đại MPPT (Maximum Point Power Tracking) được sử dụng để đảm bảo rằng pin mặt trời sẽ luôn luôn làm việc ở điểm MPP bất chấp tải được nối vào pin.

* Dòng điện đầu ra của pin theo [Saurav Satpathy, Aryuanto Soetedjo] được tính như sau:

$$I = I_{ph} - I_s \left[\exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{KT_c A}\right) - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}}\right) \quad (1)$$

Trong đó: q: điện tích electron = 1.6×10^{-19} C, K: hằng số Boltzmann's = 1.38×10^{-23} J/K, I_s : là dòng điện bão hòa của pin, I_{ph} : là dòng quang điện, T_c : nhiệt độ làm việc của pin, R_{sh} : điện trở shunt, R_s : điện trở của pin, A: hệ số lý tưởng.

Theo công thức (1), dòng quang điện phụ thuộc vào năng lượng mặt trời và nhiệt độ làm việc của pin do đó:

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_I(T_c - T_{ref})]H \quad (2)$$

Với: I_{sc} : là dòng ngắn mạch ở nhiệt độ 25°C, K_T : hệ số nhiệt độ của dòng điện ngắn mạch, T_{ref} : nhiệt độ của bề mặt pin (nhiệt độ tham chiếu), H : bức xạ của mặt trời kW/m².

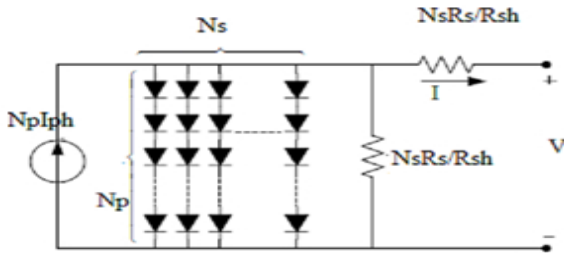
Ở đây, giá trị dòng điện bão hòa của pin với nhiệt độ của pin được tính như sau:

$$I_s = I_{RS} \left(\frac{T_c}{T_{ref}} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_G(T_c - T_{ref})}{T_{ref}T_c kA} \right] \quad (3)$$

Trong đó: I_{RS} : là dòng bão hòa ngược ở bề mặt nhiệt độ và bức xạ của mặt trời, E_G : năng lượng vùng cấp của chất bán dẫn, phụ thuộc vào hệ số lý tưởng và công nghệ làm pin.

Mặt khác, một pin mặt trời có điện áp khoảng 0,6V. Do đó muốn có điện áp làm việc cao thì ta mắc nối tiếp các pin lại, muốn có dòng điện lớn thì mắc song song. Như vậy, dòng điện một modul tấm pin sẽ là:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[\exp \left(\frac{q \left(\frac{V}{N_s} + \frac{I R_s}{N_p} \right)}{k T_c A} \right) - 1 \right] - \left(\frac{N_p V}{N_s} + I R_s \right) \quad (4)$$



Hình 4. Dòng điện 1 modul tấm pin

2.2. Mô hình nguồn ắc quy

Theo [M.Makhlouf, F.Messai, H.Benalla], điện áp của ắc quy và trạng thái nạp (state of charge – SOC) được xác định theo biểu thức:

$$SOC(t) = SOC(t-1) + \int_{t-1}^t \left(\frac{k_b \cdot v_1 \cdot I_b}{Q_m} - SOC(t-1) \cdot D \right) dt \quad (5)$$

Trong đó: v_1 : điện áp thay đổi của ắc quy (V); I_b : dòng điện (A); Q_m : dung lượng lớn nhất của ắc quy (Wh); k_b : hệ số nạp và xả; D : tỷ lệ xả.

Từ biểu thức (5), giá trị điện áp thay đổi của ắc quy được tính như sau: $v_1 = [2 + 0.148 \cdot SOC(t) \cdot n_s]$ (6)

Với n_s : số lượng ắc quy 2V nối tiếp.

Điện trở của ắc quy là:

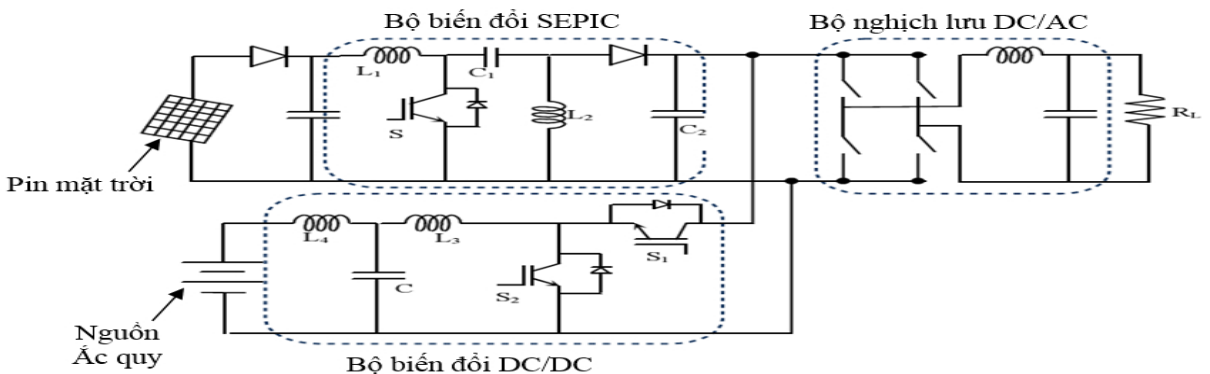
$$R_1 = \frac{0.758 + \frac{0.1309}{[1.06 \cdot SOC(t)] \cdot n_s}}{Q_m} \quad (7)$$

2.3. Phương pháp điều khiển

Để điều khiển nối lưới nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy, ta sử dụng phương pháp điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT). Hiện nay, kỹ thuật điều khiển bám điểm công suất cực đại có thể phân thành 2 nhóm chính sau: nhóm kỹ thuật tìm kiếm và nhóm kỹ thuật tìm kiếm dựa trên mô hình. Kỹ thuật tìm kiếm dễ thực hiện nhưng đòi hỏi một số bước lớn mới hội tụ được điểm cực đại (MPP), còn nhóm kỹ thuật tìm kiếm dựa theo mô hình sẽ hội tụ rất nhanh điểm MPP. Tuy nhiên, việc sử dụng kỹ thuật tìm kiếm dựa theo mô hình thì đòi hỏi ta phải biết chính xác thông số của pin mặt trời và các số đo, kể cả nhiệt độ và bức xạ mặt trời.

3. Các bộ biến đổi

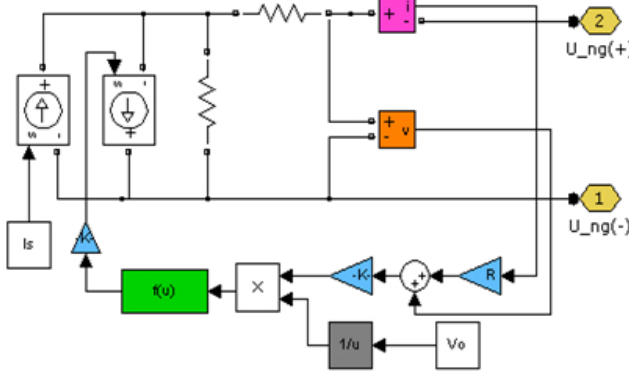
Theo [D. Ganesh, S. Moorthi, H. Sudheer], để thực hiện chuyển đổi 2 trạng thái ta sử dụng bộ chuyển đổi DC/DC (từ nguồn một chiều thành nguồn xoay chiều) nhằm thích nghi với mức điện áp và điện trở từ tấm pin mặt trời. Ngoài ra còn bộ nghịch lưu DC/AC biến đổi (từ nguồn một chiều thành nguồn xoay chiều) để thực hiện nối tải và nối lưới xoay chiều (AC).



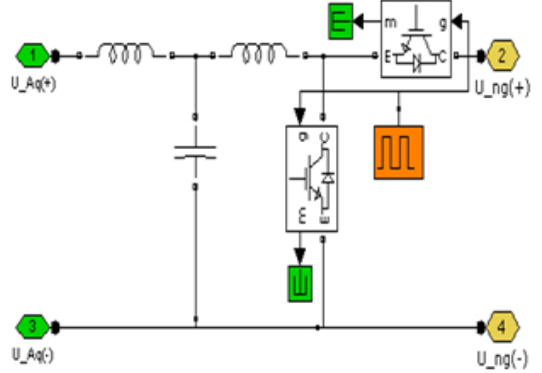
Hình 5. Sơ đồ các bộ chuyển đổi DC/DC; DC/AC

4. Xây dựng mô hình và mô phỏng trên Matlab/Simulink

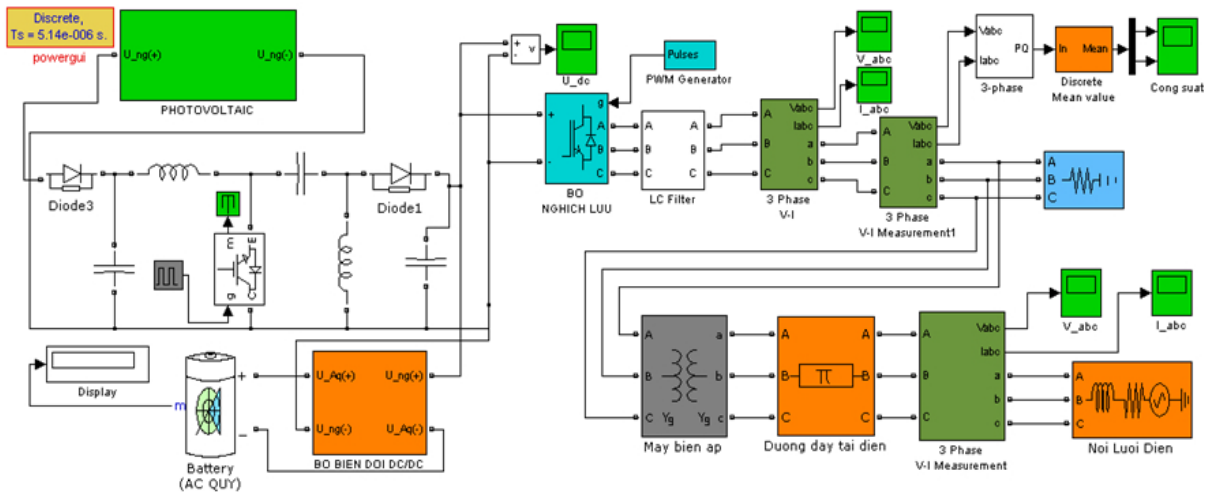
4.1. Xây dựng mô hình trên Matlab/Simulink



Hình 6. Mô hình Pin mặt trời

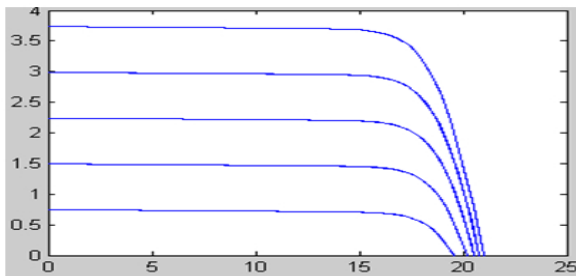


Hình 7. Bộ chuyển đổi 2 trạng thái DC/DC

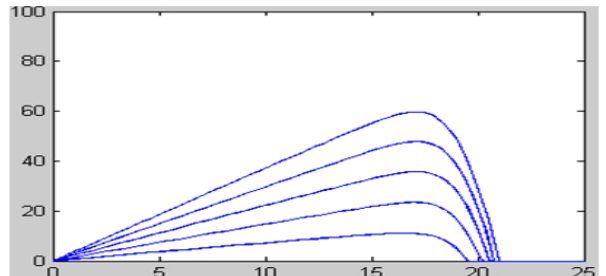


Hình 8. Mô hình điều khiển nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy

4.2. Kết quả mô phỏng trên Matlab/Simulink

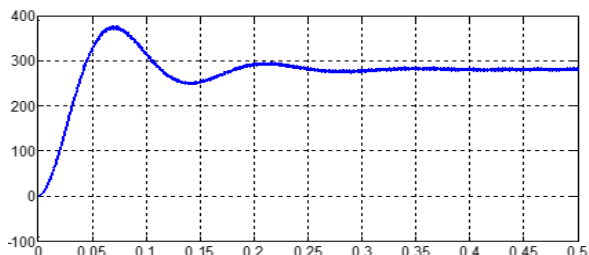


Hình 9. Đặc tính I - V

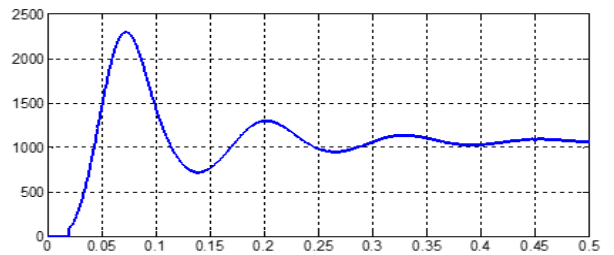


Hình 10. Đặc tính P - V

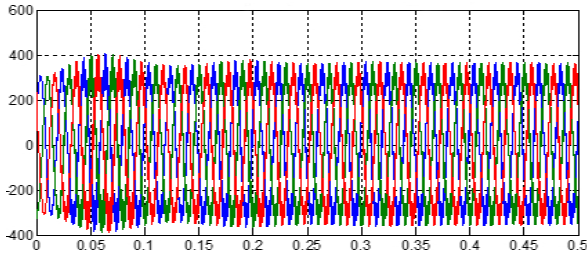
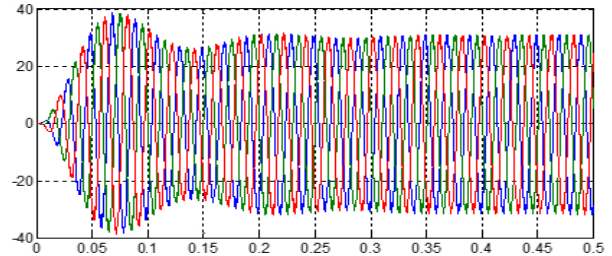
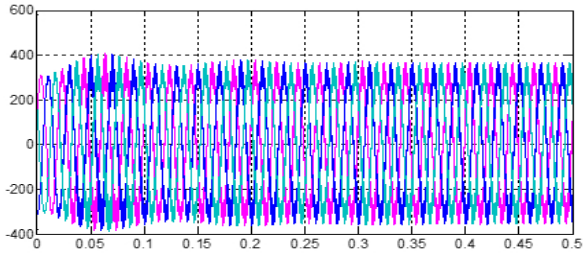
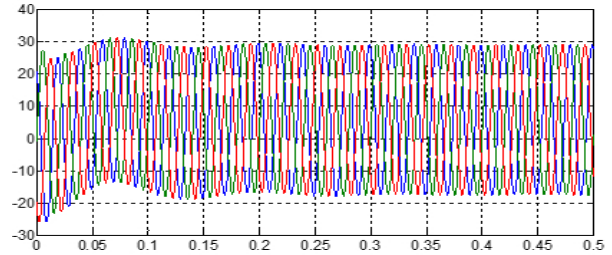
Nhận xét: kết quả mô phỏng cho thấy khi chiếu độ (G) thay đổi thì dòng PV thay đổi mạnh, áp PV ít thay đổi và công suất của PV phụ thuộc ảnh hưởng của chiếu độ.



Hình 11. Điện áp đầu ra $U_{dc}(V)$



Hình 12. Công suất đầu ra P (W)

Hình 13. Điện áp đầu ra U_{abc} (V)Hình 14. Dòng điện đầu ra I_{abc} (A)Hình 15. Điện áp nối với lưới U_{abc} (V)Hình 16. Dòng điện nối lưới I_{abc} (A)

5. Kết luận

Mô hình điều khiển nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy sử dụng giải thuật điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT), công suất của PV thu được luôn đạt giá trị cực đại, ứng với các độ chiếu sáng khác nhau. Tại thời điểm $t = 0.2s$, dòng và điện áp đầu ra đạt giá trị ổn định và bằng giá trị đặt, nối lưới thông qua máy

biến áp và đường dây tải điện. Hiện nay, nước ta chủ yếu sử dụng hệ thống năng lượng mặt trời độc lập nên còn nhiều hạn chế và bất cập. Do vậy, hệ thống điều khiển nối lưới sử dụng nguồn pin mặt trời kết hợp nguồn ắc quy là một giải pháp nhằm hướng đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển nối lưới linh hoạt cho các nguồn năng lượng tái tạo.

Tài liệu tham khảo

Aryunto Soetedjo, Abraham Lomi, Yusuf Ismail Nakhoda, Awan Uji Krismanto. 2012. *Modeling of Maximum Power Point Tracking Controller for Solar Power System*. Telkomnika.

D. Ganesh, S. Moorthi, H. Sudheer. 2012. *A Voltage Controller in Photo – Voltaic System with Battery Storage for Stand – Alone Applications*. International Journal of Power Electronics and Drive System.

Đặng Đình Thông. 2012. *Công nghệ Pin mặt trời bài học kinh nghiệm từ Việt Nam*. Trung tâm nghiên cứu năng lượng mới. Trường Đại học bách khoa Hà Nội.

Hoàng Dương Hùng. 2008. *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng*. Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.

M.Makhlouf, F.Messai, H.Benalla. 2012. *Modeling and Simulation of Grid-connected Hybrid Photovoltaic/Battery Distributed Generation System*. Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering Vol. 3, No. 1, January.

Saurav Satpathy. 2012. *Photovoltaic power control using MPPT and boost converter*. Department of Electrical Engineering National Institute of Technology. Rourkela.