

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NỐI LƯỚI SỬ DỤNG NGUỒN PIN MẶT TRỜI

Lê Kim Anh

Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa

TÓM TẮT

Nghiên cứu sử dụng và khai thác hiệu quả nguồn pin mặt trời để phát điện có ý nghĩa thiết thực đến việc giảm biến đổi khí hậu và giảm sự phụ thuộc vào các nguồn nhiên liệu hóa thạch có nguy cơ cạn kiệt, gây ô nhiễm môi trường. Nối lưới nguồn pin mặt trời sử dụng các bộ biến đổi điện tử công suất có những ưu điểm như: hệ thống nối lưới chủ động được nguồn vào, khả năng truyền năng lượng theo cả 2 hướng. Kết hợp với mạch lọc sẽ giảm sóng hài qua lưới và loại trừ các sóng hài bậc cao, điều này có ý nghĩa lớn đến việc cải thiện chất lượng điện năng. Bài báo đã đưa ra được kết quả mô phỏng điều khiển nối lưới cho nguồn pin mặt trời sử dụng các bộ biến đổi điện tử công suất, nhằm duy trì công suất phát tối đa của hệ thống bất chấp tải nối với hệ thống.

Từ khóa: Các bộ biến đổi điện tử công suất, điều khiển nối lưới, pin mặt trời.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, cùng với sự phát mạnh mẽ của thế giới, nhu cầu sử dụng năng lượng của con người ngày càng tăng. Nguồn năng lượng tái tạo nói chung, nguồn pin mặt trời nói riêng là dạng nguồn năng lượng sạch, không gây ô nhiễm môi trường, đồng thời tiềm năng về trữ lượng ở nước ta rất lớn.

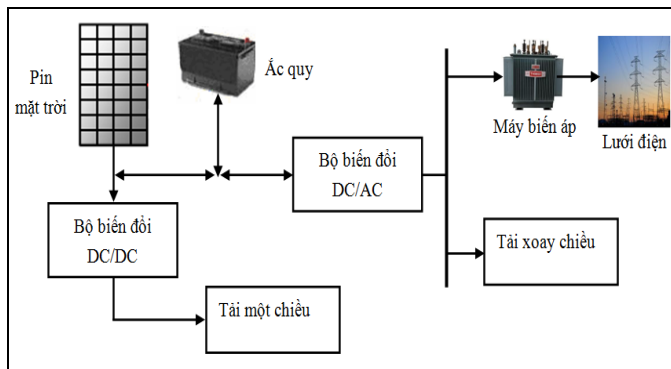
Tuy nhiên, để khai thác, sử dụng nguồn năng lượng pin mặt trời sao cho hiệu quả, giảm phát thải các chất gây ô nhiễm môi trường, đặc biệt là khí (CO_2) đang là mục tiêu nghiên cứu của nhiều quốc gia. Bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC tạo ra điện áp một chiều (DC) được điều chỉnh để cung cấp cho các tải thay đổi. Bộ nghịch lưu (DC/AC) phía lưới nhằm giữ ổn định điện áp mạch một chiều, đồng thời đưa ra điện áp (AC) nối lưới.

Các bộ biến đổi điện tử công suất giữ vai trò rất quan trọng trong các hệ thống điều khiển năng lượng tái tạo (Renewable Energy sources - RES). Hệ thống điều khiển nối lưới cho nguồn pin mặt trời sử dụng các bộ biến đổi điện tử công suất, nhằm hướng đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển linh hoạt các nguồn năng lượng tái tạo.

2. CÁC BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Hệ thống điều khiển nối lưới các nguồn điện phân tán (Distributed Energy Resources – DER) nói chung và nguồn pin mặt trời nói riêng. Theo [1], hệ thống điều khiển nguồn pin mặt trời bao gồm các thành phần cơ bản, như hình 1. Các bộ biến đổi điện tử công suất thực

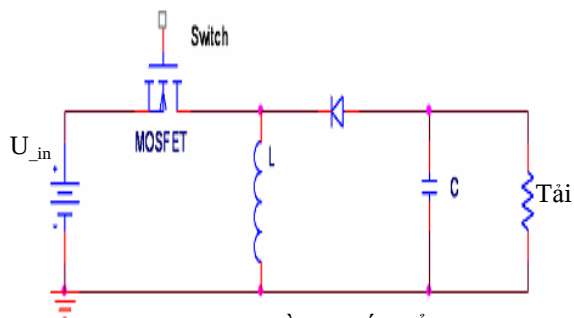
hiện nhiệm vụ như sau: Pin mặt trời cho ra điện áp một chiều (DC). Tất cả các điện áp một chiều (DC) này qua bộ nghịch lưu (DC/AC) đưa ra điện áp (AC) nối lưới.



Hình 1. Sơ đồ điều khiển nguồn pin mặt trời

2.1. Bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC

Mục đích của bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC là tạo ra điện áp một chiều (DC) được điều chỉnh để cung cấp cho các tải thay đổi. Để ổn định điện áp đầu ra cho bộ biến đổi thì đòi hỏi các bộ điều khiển phải hoạt động một cách tin cậy, do điện áp ở đầu ra của pin mặt trời không đủ lớn để có thể cung cấp cho đầu vào của bộ nghịch lưu (DC/AC). Do đó ta phải sử dụng bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC để nâng điện áp đầu ra đạt yêu cầu. Theo [2], bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC (Buck – Boost Converter) như hình 2, với giản đồ xung đóng ngắt như hình 3.

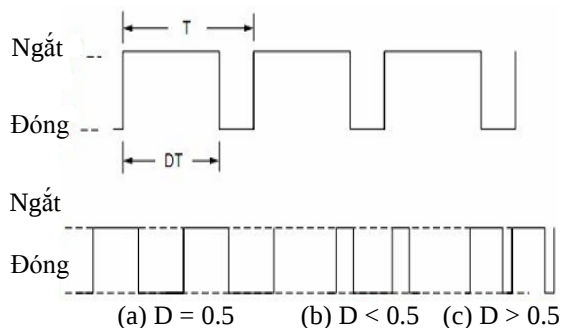


Hình 2. Sơ đồ bộ biến đổi DC/DC

2.1.1. Khi Switch ở trạng thái đóng

Ta xét trong khoảng thời gian $t = 0$ đến $t = DT$, điện áp trên cuộn dây L là U_i . Khi đó công suất trên cuộn dây L được tính như sau:

$$P_{in} = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_i I_L dt = \frac{1}{T} U_i \int_0^{DT} I_L dt \quad (1)$$



Hình 3. Xung đóng ngắt của bộ biến đổi DC/DC

Với điều kiện dòng qua cuộn dây L là hằng số, công suất qua cuộn dây L được viết lại như sau:

$$P_{in} = \frac{1}{T} U_i I_L \int_0^{DT} dt = U_i I_L D \quad (2)$$

2.1.2. Khi Switch ở trạng thái ngắt

Ta thấy năng lượng trên cuộn dây L bắt đầu xả ra, Diode bắt đầu dẫn điện áp trên cuộn dây L cung cấp cho tải U_0 . Khi đó ta có công suất trên tải:

$$P_{out} = \frac{1}{T} \int_{DT}^T U_L I_L dt = \frac{1}{T} \int_{DT}^T U_0 I_L dt \quad (3)$$

Với điều kiện lý tưởng thì U_0 và I_L là hằng số lúc đó công suất đầu ra được viết lại như sau:

$$P_{out} = \frac{1}{T} U_0 I_L (T - DT) = U_0 I_L (1 - D) \quad (4)$$

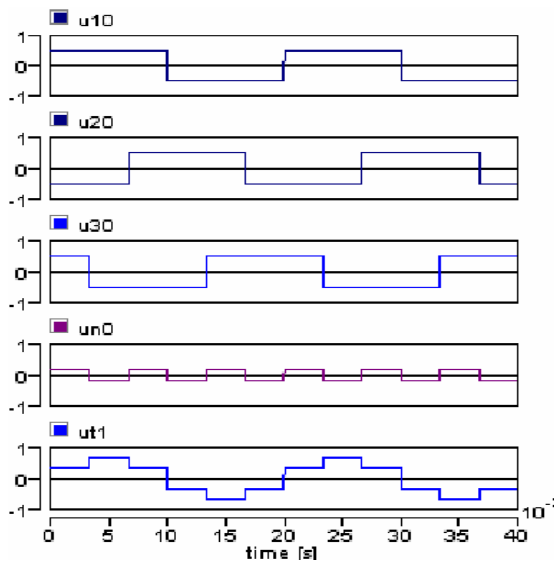
Từ phương trình (2) và (4) ta viết lại như sau:

$$\frac{U_0}{U_i} = -\left(\frac{D}{1-D}\right) \quad (5)$$

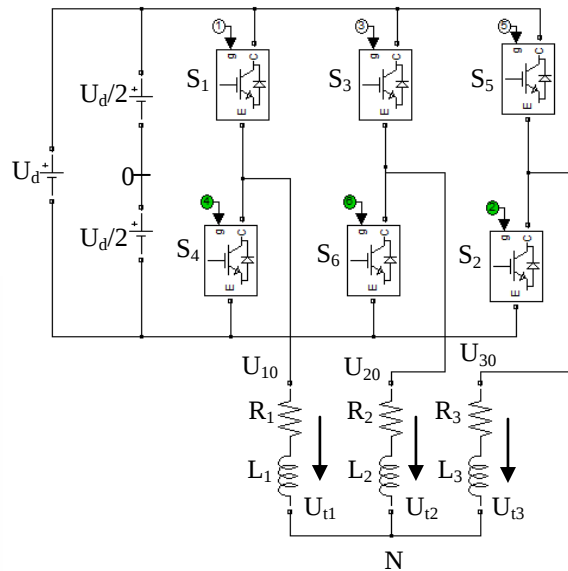
Điện áp sau khi qua bộ biến đổi công suất sẽ tăng lên, nhờ bộ điều khiển xung kích ta có thể điều chỉnh điện áp ra mong muốn bằng việc điều chỉnh D .

2.2. Bộ nghịch lưu

Theo [3], bộ nghịch lưu dùng để biến đổi điện áp một chiều thành điện áp xoay chiều ba pha có thể thay đổi được tần số nhờ việc thay đổi qui luật đóng cắt của các van, như hình 4.



Hình 5. Giản đồ xung đóng ngắt bộ nghịch lưu



Hình 4. Sơ đồ bộ nghịch lưu

Ta giả thiết tải 3 pha đối xứng nên điện áp:

$$u_{t1} + u_{t2} + u_{t3} = 0 \quad (6)$$

Gọi N là điểm nút của tải 3 pha dạng hình (Y). Dựa vào sơ đồ hình 4, điện áp pha của các tải được tính như sau:

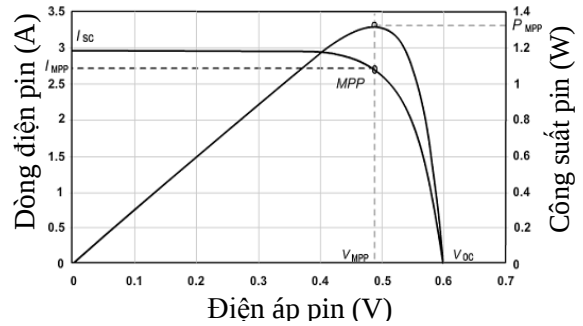
$$\begin{cases} u_{t1} = u_{10} - u_{NO} \\ u_{t2} = u_{20} - u_{NO} \\ u_{t3} = u_{30} - u_{NO} \end{cases} \quad (7)$$

3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC PIN MẶT TRỜI VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN

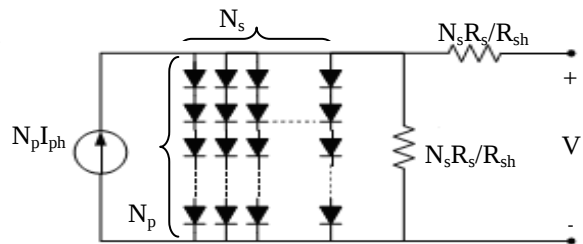
3.1. Mô hình toán học pin mặt trời

* Theo quan điểm năng lượng điện tử, thì pin mặt trời PV (Photovoltaic cell) có thể được coi là như những nguồn dòng biểu diễn mối quan hệ phi tuyến I-V như hình 7.

Hiệu suất của tấm pin mặt trời đạt giá trị lớn nhất khi pin mặt trời cung cấp công suất cực đại. Theo đặc tính phi tuyến trên hình 14 thì 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 luôn luôn làm việc ở điểm MPP bất chấp tải được nối vào pin.



Hình 7. Đặc tính làm việc của pin mặt trời



Hình 8. Dòng điện 1 modul tám pin

* Dòng điện đầu ra của pin theo [6] được tính như sau:

$$I = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{K T_c A} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (15)$$

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 biểu thức (15) dòng quang điện phụ thuộc vào năng lượng mặt trời và nhiệt độ làm việc của pin, do đó:

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_I (T_c - T_{ref})] H \quad (16)$$

Với: I_{sc} : là dòng ngắn mạch ở nhiệt độ 25°C , K_I : 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/m^2 .

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

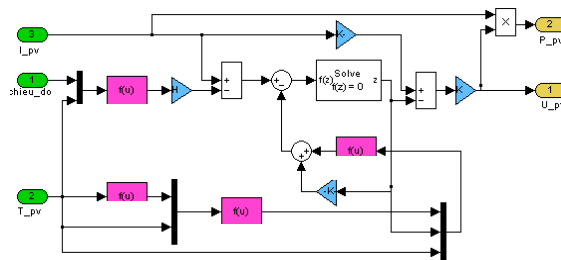
$$I_s = I_{RS} \left(\frac{T_c}{T_{ref}} \right)^3 \exp \left[\frac{q E_G (T_c - T_{ref})}{T_{ref} T_c k A} \right] \quad (17)$$

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 cấm 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, muốn có dòng điện lớn thì mắc song song, như hình 8.

Vậy dòng điện một modul tám pin sẽ là:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[\exp \left(\frac{q \left(\frac{V}{N_s} + \frac{I R_s}{N_p} \right)}{k T_c A} \right) - 1 \right] - \left(\frac{N_p V}{N_s} + I R_s \right) \quad (18)$$

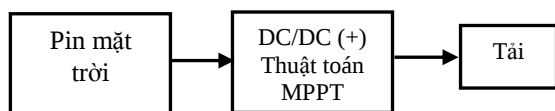
Từ các biểu thức (15), (16), (17), (18) đã phân tích ở trên, mô hình pin mặt trời được xây dựng trên Matlab/Simulink với các ngõ vào là dòng điện, nhiệt độ. Ngõ ra là công suất và điện áp của pin, như hình 9.



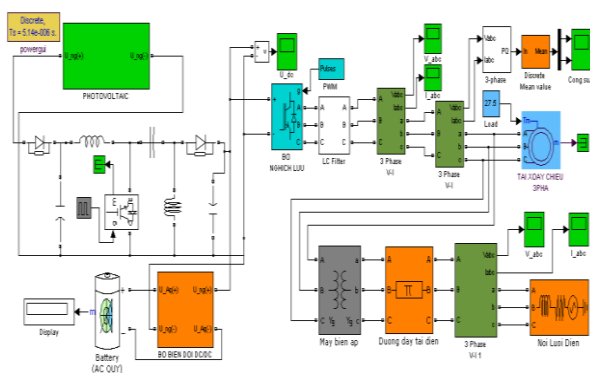
Hình 9. Mô hình pin mặt trời(PV)

3.2. Phương pháp điều khiển bám điểm công suất cực đại

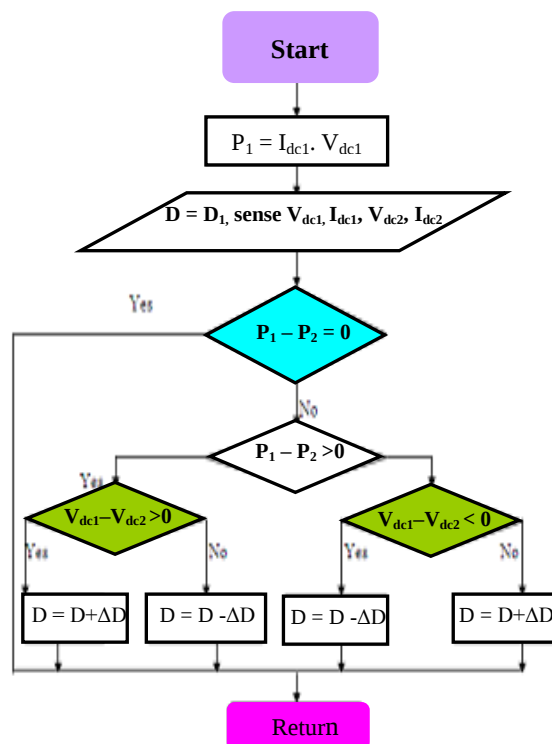
Hiện nay có nhiều kỹ thuật để điều khiển pin mặt trời theo phương pháp bám điểm công suất cực đại (Maximum Point Power Tracking, MPPT). Ở mỗi kỹ thuật điều khiển đều có những ưu và nhược điểm khác nhau. Hình 10 sơ đồ nguyên lý điều khiển trực tiếp theo phương pháp MPPT.



Hình 10. Sơ đồ nguyên lý điều khiển trực tiếp theo phương pháp MPPT



Hình 12. Điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời



Hình 11. Lưu đồ thuật toán P&O điều khiển trực tiếp theo phương pháp MPPT

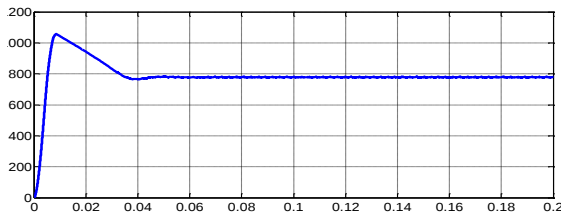
Các kỹ thuật này có thể phân thành 2 nhóm chính như sau: kỹ thuật tìm kiếm và kỹ thuật tìm kiếm dựa trên mô hình. Ở kỹ thuật tìm kiếm dễ thực hiện nhưng đòi hỏi một số bước lớn mới hội tụ được điểm cực đại (Maximum Point Power, MPP) trong khi đó sẽ hội tụ rất nhanh điểm MPP với kỹ thuật tìm kiếm dựa trên mô hình. Hình 11, lưu đồ thuật toán P&O điều khiển trực tiếp theo phương pháp MPPT.

4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRÊN MATLAB – SIMULINK

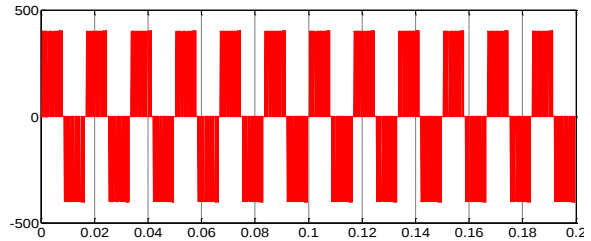
4.1. Xây dựng mô hình trên Matlab – Simulink

Mô hình được xây dựng dựa trên sơ đồ cấu trúc điều khiển nối lưới cho nguồn pin mặt trời ứng dụng các bộ biến đổi điện tử công suất như đã phân tích ở hình 1, mục 2. Sơ đồ mô phỏng trên matlab – simulink như hình 12.

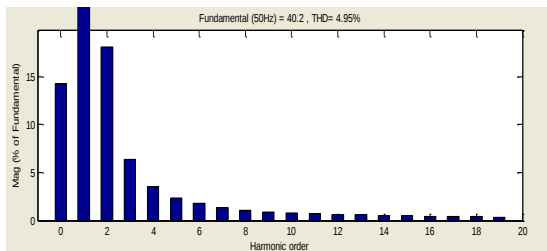
4.2. Kết quả mô phỏng trên Matlab – Simulink



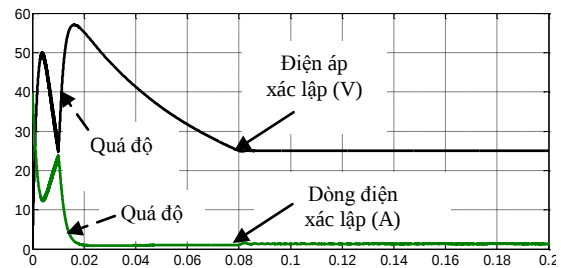
Hình 13. Điện áp ra DC bộ biến đổi DC/DC (V)



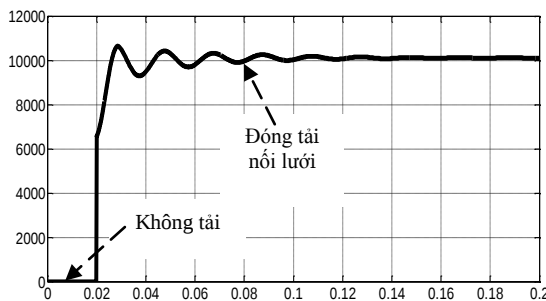
Hình 14. Điện áp ra bộ nghịch lưu (V)



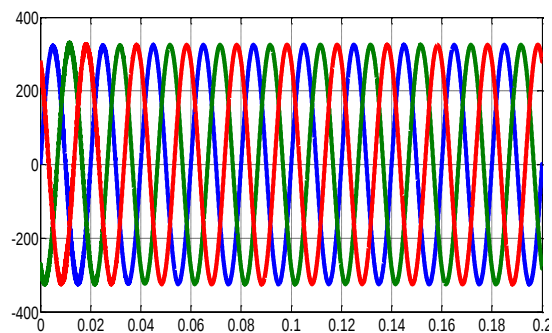
Hình 15. Đặc tính sóng hài của dòng điện



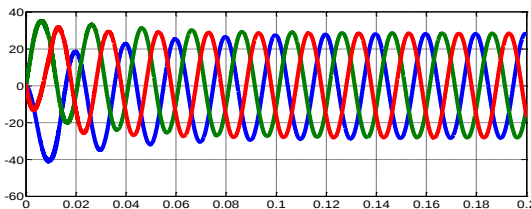
Hình 16. Dòng điện và điện áp của pin mặt trời



Hình 17. Công suất pin (W)



Hình 18. Điện áp nối lưới U_{abc} (V)



Hình 19. Dòng điện nối lưới I_{abc} (A)

Nhận xét: qua kết quả mô phỏng ta thấy, ở thời điểm $t \leq 0.02s$, hệ thống làm việc không tải, tại thời điểm $t > 0.02s$, hệ thống điều khiển nối lưới bắt đầu phát công suất và công suất đạt giá trị lớn nhất tại thời điểm $t = 0.08s$, lúc này đồng bộ với lưới. Giá trị dòng điện, điện áp và công suất đầu ra luôn bằng giá trị đặt, hệ thống làm việc ở trạng thái ổn định.

5. KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng bài báo đã giải quyết được các vấn đề: nguồn pin mặt trời khi kết nối với lưới điện sử dụng giải thuật điều khiển MPPT đã phát huy tối đa công suất phát ra của hệ thống, bất chấp tải nối với hệ thống. Hệ thống sử dụng các bộ biến đổi điện tử công suất khi tải thay đổi thì giá trị dòng điện, điện áp và sóng hài điều thỏa mãn theo tiêu chuẩn IEEE 1547. Việc nghiên cứu hệ thống điều khiển nguồn pin mặt trời thông qua các bộ biến đổi điện tử công suất là nhằm hướng đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển nối lưới linh hoạt cho các nguồn năng lượng tái tạo.

RESEARCH GRID CONNECTION CONTROL SYSTEM OF SOLAR ENERGY SOURCES

Le Kim Anh

ABSTRACT

The research on using and exploiting effectively solar energy sources to generate electricity is meaningful to reduce the climate change. They also reduce dependence of power demand on fossil energy sources which are at risk of both being exhausted and causing environmental pollution. Using power electronic converters for grid connecting of solar energy sources have some advantages such as active input and capability of power transferring in both directions. The combination of harmonic filter circuits to filter high order harmonics out of injecting to grid will have a significant effect on power quality improving. The article gives the result of modulating grid-connected control of an integrated solar power system using power electronic converters to maintain maximum capacity of the systems with a disregard of connected power loads.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] O.C. Onar, M. Uzunoglu, M.S. Alam (2006), *Dynamic modeling, design and simulation of a wind/fuel cell/ultra-capacitor-based hybrid power generation system*, Journal of Power Sources 161, 707 – 722.
- [2] Bengt Johansson (2003), *Improved Models for DC-DC Converters*, Department of Industrial Electrical Engineering and Automation Lund University.
- [3] Nguyễn Văn Nhò, *Điện tử công suất*, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM.
- [4] Lê Kim Anh (2013), *Ứng dụng các bộ biến đổi điện tử công suất trong điều khiển nối lưới các nguồn phân tán*, Tạp chí Khoa học (Trường Đại học Cần Thơ), số 28.
- [5] Lê Kim Anh, Võ Như Tiến, Đặng Ngọc Huy (2012), *Mô hình điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ (Đại Học Đà Nẵng), số 11(60).

- Ngày nhận bài: 7/8/2016
- Chấp nhận đăng: 29/9/2016

Liên hệ: **Lê Kim Anh**

Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa

Email: tdkhlekimanh@gmail.com