

ỨNG DỤNG CÁC BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT TRONG ĐIỀU KHIỂN NỔ LƯỚI CHO NGUỒN PIN MẶT TRỜI VÀ PIN NHIÊN LIỆU

Lê Kim Anh*

Tóm tắt

Nghiên cứu sử dụng và khai thác hiệu quả nguồn pin mặt trời cũng như pin nhiên liệu 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. Nổ lưới cho nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu sử dụng các bộ biến đổi điện tử công suất có những ưu điểm như: Hệ thống nổ lưới chủ động được nguồn nhiên liệu đầu 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 kết quả mô phỏng điều khiển nổ lưới cho nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu 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 nổ lưới; năng lượng tái tạo; nguồn công suất nhỏ; nguồn phân tán.

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 năng lượng mặt trời và nguồn pin nhiên liệu nói riêng là dạng nguồn năng lượng sạch, không gây ô nhiễm môi trường, đồng thời tiềm năng về trữ lượng năng lượng mặt trời cũng như nguồn pin nhiên liệu ở nước ta rất lớn. Tuy nhiên, để khai thác, sử dụng nguồn năng lượng mặt trời và nguồn pin nhiên liệu sao cho hiệu quả, giảm phát thải các chất gây ô nhiễm môi trường, đặc biệt là khí (CO₂) 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, đồng thời đưa ra điện áp

(AC) nổ 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 nổ lưới cho nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu 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.

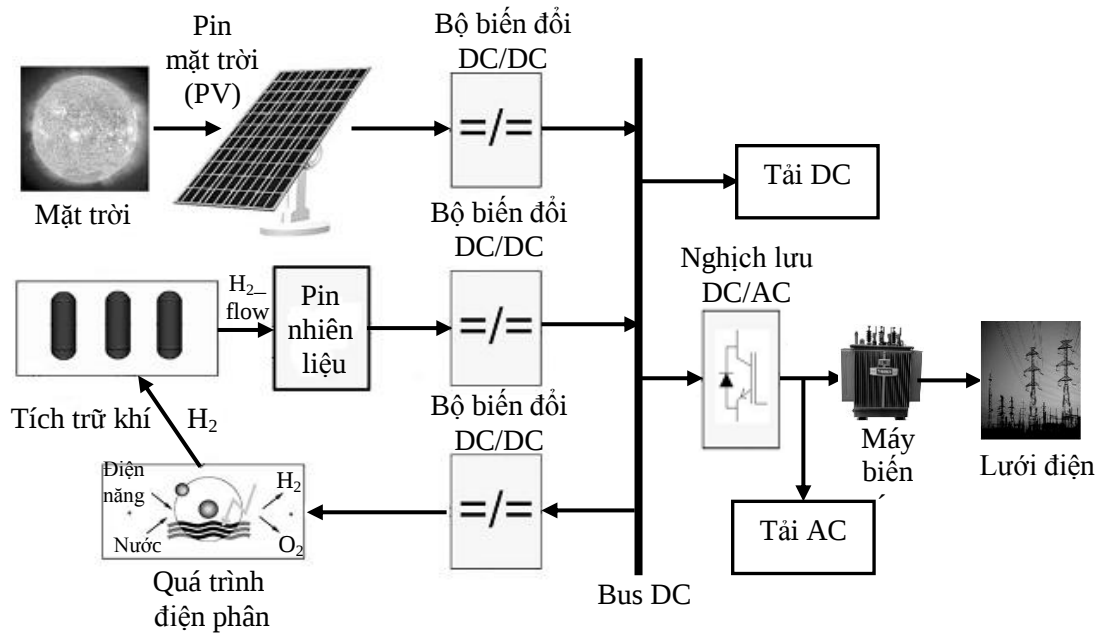
2. Các bộ biến đổi điện tử công suất

Hệ thống điều khiển nổ lưới các nguồn điện phân tán (Distributed Energy Resources – DER) nói chung và nguồn pin mặt trời kết hợp với nguồn pin nhiên liệu nói riêng. Theo [1], nguồn pin mặt trời (Photovoltaic cell) kết hợp với nguồn pin nhiên liệu màng trao đổi proton (Proton Exchange Membrane Fuel Cells – PEMFC), hệ thống bao gồm các thành phần cơ bản, như hình 1. Các bộ biến đổi điện tử công suất thực hiện nhiệm vụ như sau: Nguồn

* TS, Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa

pin mặt trời và pin nhiên liệu điều 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.

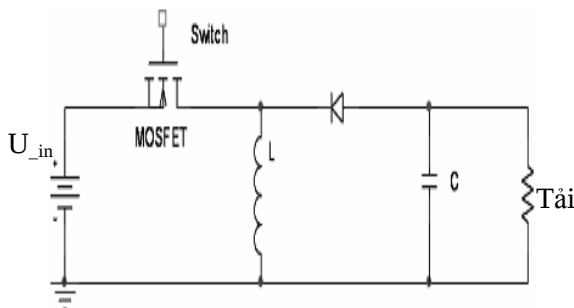


Hình 1. Sơ đồ nối lưới cho nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu sử dụng các bộ biến đổi điện tử công suất

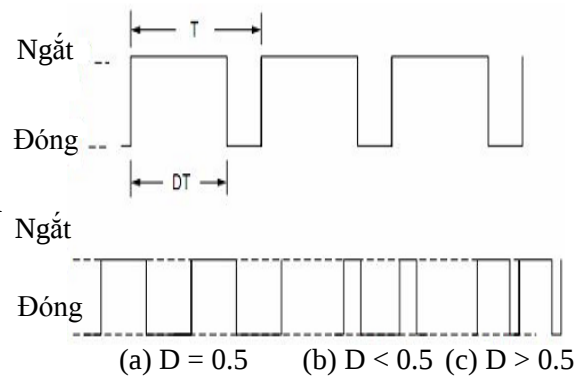
2.1. Bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC

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, bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC giữ vai trò rất quan trọng trong các hệ thống điều khiển năng lượng tái tạo (Renewable Energy sources - RES). 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 và pin nhiên liệu 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



Hình 3. Giản đồ xung đóng ngắt của 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:

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

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:

$$P_{out} = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_L I_L dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_0 I_L dt \quad (3)$$

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

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

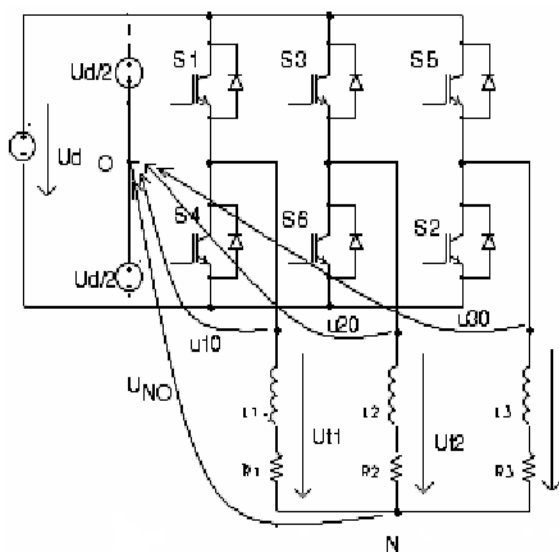
Điện áp sau khi qua bộ biến đổi công suất sẽ tăng lên, nhờ bộ điều khiển xung kích ta có thể điều chỉnh điện áp ra mong muốn bằng việc điều chỉnh D .

2.2. Bộ nghịch lưu (DC/AC)

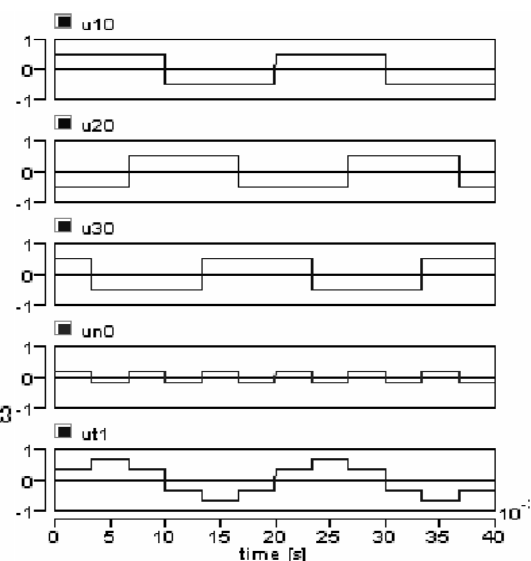
Việc nghiên cứu các bộ nghịch lưu bằng các phương pháp điều chế theo độ rộng xung (Pulse Width Modulation - PWM) hoặc điều chế theo vectơ không gian (Space Vector Modulation) được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây với những ưu điểm vượt trội như: khả năng truyền năng lượng theo cả 2 hướng, với góc điều khiển thay đổi được, dung lượng sóng hài thấp..v.v.

2.2.1. Mô hình toán học cho 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 4. Sơ đồ điều khiển bộ nghịch lưu



Hình 5. Giản đồ xung đóng ngắt 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:

$$\begin{aligned} u_{t1} &= u_{10} - u_{N0} \\ u_{t2} &= u_{20} - u_{N0} \\ u_{t3} &= u_{30} - u_{N0} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{Với } u_{N0} = \frac{u_{10} + u_{20} + u_{30}}{3} \quad (8)$$

Thay biểu thức (8) vào biểu thức (7) ta có phương trình điện áp ở mỗi pha của tải như sau:

$$\begin{aligned} u_{t1} &= \frac{2u_{10} - u_{20} - u_{30}}{3} \\ u_{t2} &= \frac{2u_{20} - u_{30} - u_{10}}{3} \\ u_{t3} &= \frac{2u_{30} - u_{10} - u_{20}}{3} \end{aligned} \quad (9)$$

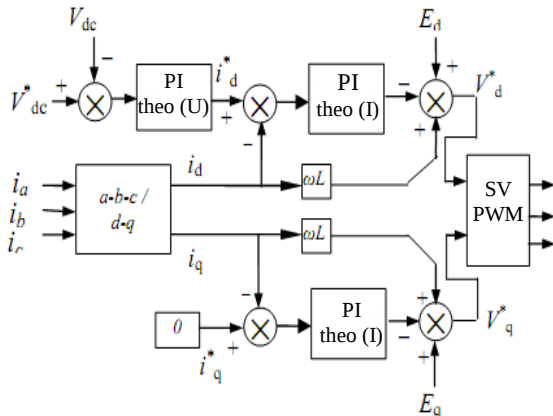
Điện áp dây trên tải được tính như sau:

$$\begin{aligned} u_{t12} &= u_{10} - u_{20} \\ u_{t23} &= u_{20} - u_{30} \\ u_{t31} &= u_{30} - u_{10} \end{aligned} \quad (10)$$

2.2.2. Tác hại của sóng hài bậc cao đến bộ nghịch lưu

Biên độ sóng hài có thể xác định dựa theo khai triển chuỗi Fourier của điện áp ngõ ra như sau:

$$u_t = U_{tAV} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin(k.x) + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \cos(k.x) \quad (11)$$



Hình 6. Điều khiển cho 2 mạch vòng dòng điện

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} u_t \sin(k.x) dx$$

$$\text{Với: } b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} u_t \cos(k.x) dx$$

$$U_{tAV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_t dx$$

Biên độ sóng hài bậc k: A_k

$$A_k = \left(a_k^2 + b_k^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Thông thường dạng áp của tải có tính chất của hàm lẻ, do đó: $b_k=0$, $A_k = a_k$.

Biên độ sóng hài cơ bản $U_{t(1)m}$:

$$U_{t(1)m} = A_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} u_t \sin x dx \quad (13)$$

Và biên độ sóng hài bậc k:

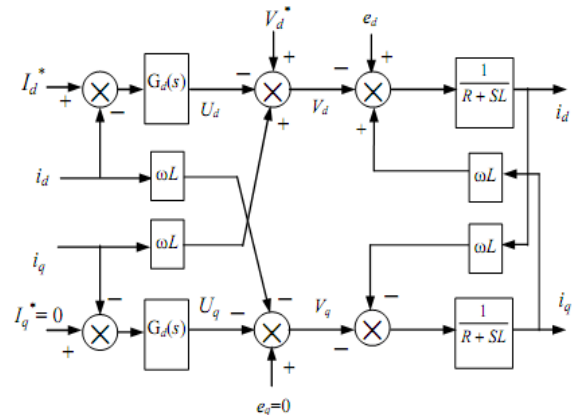
$$U_{t(k)m} = A_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} u_t \sin(k.x) dx \quad (14)$$

2.2.3. Cấu trúc điều khiển cho bộ nghịch lưu

Theo [4], giá trị đầu ra của điện áp qua bộ chỉnh lưu và bộ nghịch lưu, chuyển sang hệ tọa độ dq được xác định như sau:

$$V_d^* = - \left(K_{dp} + \frac{K_{di}}{S} \right) (i_d^* - i_d) + e_d + \omega L i_q \quad (15)$$

$$V_q^* = - \left(K_{qp} + \frac{K_{qi}}{S} \right) (i_q^* - i_q) + e_q - \omega L i_d \quad (16)$$



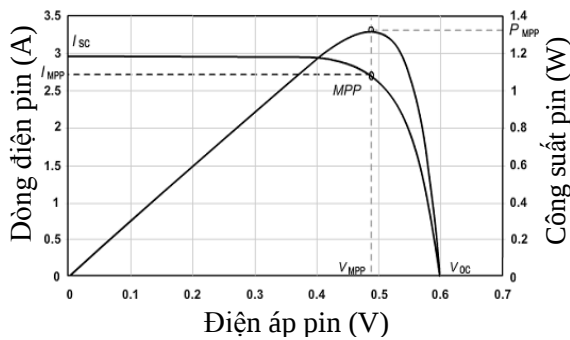
Hình 7. Điều khiển mạch vòng trong của dòng điện

3. Mô hình nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu

3.1. Mô hình pin mặt trời (PV)

* 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 8.

Hiệu suất của tấm pin mặt trời đạt giá trị lớn nhất khi pin mặt trời cung cấp công



Hình 8. Đặc tính làm việc của pin mặt trời

3.2. Mô hình toán học pin mặt trời (PV)

* Dòng điện đầu ra của pin theo [5], được tính như sau:

$$I = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{kT_c A} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (17)$$

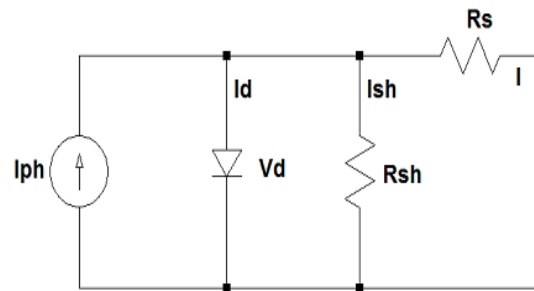
Trong đó:

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 tối của pin, I_{ph} : là dòng quang điện, T_c : nhiệt độ của pin, R_{sh} : điện trở shunt, R_s : điện trở của pin, A: hệ số lý tưởng. Theo biểu thức (17) dòng quang điện phụ thuộc vào năng lượng mặt trời và nhiệt độ của pin do đó:

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_I (T_c - T_{ref})] H \quad (18)$$

Với: I_{sc} : là dòng ngắn mạch, 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 tối của pin với nhiệt độ của pin được tính như sau:

suất cực đại. Theo đặc tính phi tuyến trên hình 8 thì nó sẽ xảy ra khi P-V là cực đại, tức là $P-V = P_{\max}$ 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.

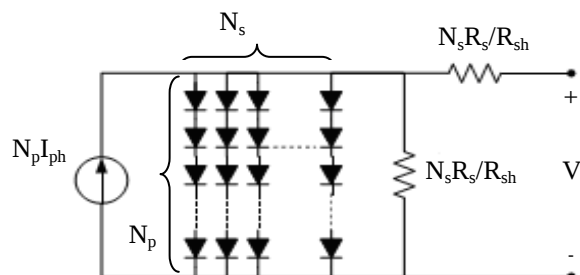


Hình 9. Sơ đồ tương đương của pin mặt trời

$$I_s = I_{RS} \left(\frac{T_c}{T_{ref}} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_G (T_c - T_{ref})}{T_{ref} T_c kA} \right] \quad (19)$$

Trong đó:

I_{RS} : là dòng điện ngược bão hòa tại nhiệt độ của pin, E_G : năng lượng vùng cấm của chất bán dẫn. Mặt khác các pin năng lượng mặt trời phổ biến trên thị trường hiện nay trên cơ sở vật liệu silicon truyền thống thường có giá trị 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 10.

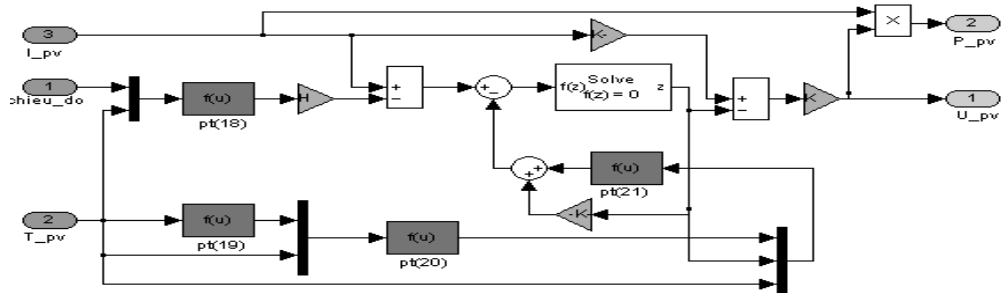


Hình 10. Dòng điện 1 modul tấm pin

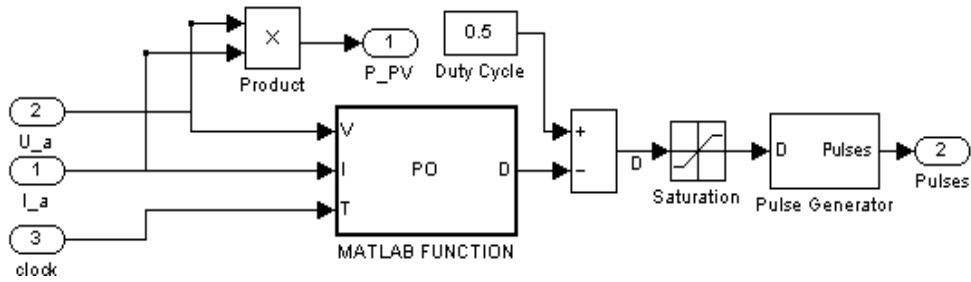
Vậy dòng điện một modul tấm pin sẽ là:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[\exp \left(\frac{q}{N_s} \frac{V}{N_p} + \frac{I R_s}{N_p} \right) - 1 \right] - \left(\frac{N_p V}{N_s} + I R_s \right) \quad (20)$$

Từ các biểu thức (17), (18), (19), (20) 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 11.



Hình 11. Mô hình pin mặt trời



Hình 12. Bám điểm công suất cực đại

* Phương pháp điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT): hiện nay có nhiều kỹ thuật để điều khiển pin mặt trời bám điểm công suất cực đại. Những kỹ thuật này có thể phân thành 2 nhóm chính sau: kỹ thuật tìm kiếm và kỹ thuật tìm kiếm dựa trên mô hình. Ở kỹ thuật tìm kiếm để thực hiện nhưng đòi hỏi một số bước lớn mới hội tụ được điểm cực đại (MPP) trong khi đó sẽ hội tụ rất nhanh điểm MPP với kỹ thuật tìm kiếm dựa trên mô hình. Kỹ thuật này đòi hỏi phải biết chính xác thông số của pin mặt trời và các số đo cả nhiệt độ và bức xạ mặt trời, như hình 12.

3.3. Mô hình pin nhiên liệu (FC)

* Dựa vào mối quan hệ giữa điện áp đầu ra và áp suất riêng phần của hydro, oxy và nước theo [6], mô hình pin nhiên liệu màng trao đổi proton – PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) được tính như sau:

$$\frac{q_{H_2}}{p_{H_2}} = \frac{K_{an}}{\sqrt{M_{H_2}}} = K_{H_2} \quad (21)$$

$$\text{Và } \frac{q_{H_2O}}{p_{H_2O}} = \frac{K_{an}}{\sqrt{M_{H_2O}}} = K_{H_2O} \quad (22)$$

Trong đó: q_{H_2} : dòng chảy đầu vào của hydro (kmol/s); p_{H_2} : áp suất riêng phần

của hydro (atm); K_{an} : hằng số van anốt $\left[\sqrt{\text{kmol.kg}}/(\text{atm.s})\right]$; M_{H_2} : khối lượng phân tử hydro (kg/kmol); K_{H_2} : hằng số phân tử van hydro $[\text{kmol}/(\text{atm.s})]$. Đối với dòng chảy hydro phân tử, có ba yếu tố quan trọng: dòng chảy đầu vào hydro, dòng chảy đầu ra hydro và dòng chảy hydro trong phản ứng. Mỗi quan hệ giữa các yếu tố này có thể được biểu diễn như sau:

$$\frac{d}{dt} p_{H_2} = \frac{RT}{V_{an}} (q_{H_2}^{in} - q_{H_2}^{out} - q_{H_2}^r) \quad (23)$$

Trong đó T: nhiệt độ tuyệt đối (K); V_{an} : thể tích anốt (m^3); $q_{H_2}^{in}$: dòng chảy đầu vào hydro (kmol/s); $q_{H_2}^{out}$: dòng chảy đầu ra hydro (kmol/s); $q_{H_2}^r$: dòng chảy hydro trong phản ứng (kmol/s). Biểu thức (23) $q_{H_2}^r$ được tính như sau:

$$q_{H_2}^r = \frac{N_0 N_s I_{FC}}{2F} = 2K_r I_{FC} \quad (24)$$

Với: N_0 : số lượng của pin nhiên liệu trong ngăn xếp; N_s : số ngăn xếp được sử dụng trong nhà máy điện; I_{FC} : dòng điện pin nhiên liệu (A); K_r : hằng số mô hình $[\text{kmol}/(\text{s.A})]$; F: hằng số Faraday (C/kmol). Từ biểu thức (21),(24) ta biến đổi Laplace, áp suất hydro được viết lại như sau:

$$p_{H_2} = \frac{1}{1 + \tau_{H_2} S} (q_{H_2}^{in} - 2K_r I_{FC}) \quad (25)$$

Với: τ_{H_2} : hằng số thời gian của hydro (s)

$$\text{và } \tau_{H_2} = \frac{V_{an}}{K_{H_2} RT} \quad (26)$$

Điện áp của hệ thống pin nhiên liệu được tính như sau: $V_{cell} = E + \eta_{act} + \eta_{ohmic}$ (27)

$$\text{ở đây: } \eta_{act} = -B \ln(CI_{FC}) \quad (28)$$

$$\text{và } \eta_{ohmic} = -R^{int} I_{FC} \quad (29)$$

Trong đó: R^{int} : nội trở của pin nhiên liệu (Ω); B,C: hằng số để mô phỏng quá điện áp kích hoạt trong hệ thống PEMFC (A^{-1}) và (V); E: điện áp tức thời (V); η_{act} : quá điện áp kích hoạt (V); η_{ohmic} : quá áp nội trở (V); V_{cell} : điện áp đầu ra của hệ thống pin nhiên liệu (V). Theo [7], điện áp tức thời được xác định như sau:

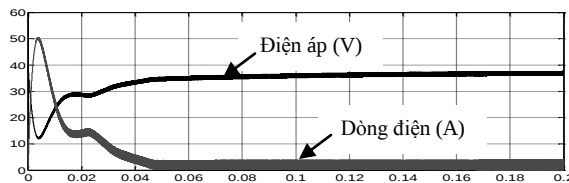
$$E = N_o \left[E_o + \frac{RT}{2F} \log \left[\frac{p_{H_2} \sqrt{P_{O_2}}}{P_{H_2O}} \right] \right] \quad (30)$$

Trong đó: E_o : điện áp chuẩn khi không tải (V); P_{O_2} : áp suất riêng phần của oxy (atm); P_{H_2O} : áp suất riêng phần của nước (atm). Hệ thống pin nhiên liệu tiêu thụ lượng khí hydro theo nhu cầu của phụ tải điện. Theo [8], lượng khí hydro có sẵn từ thùng chứa hydro được tính như sau:

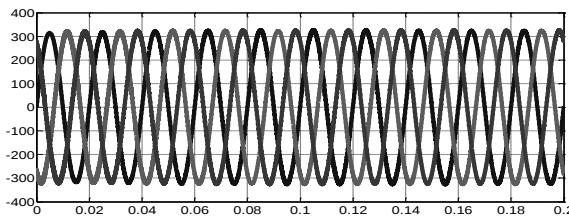
$$q_{H_2}^{req} = \frac{N_o N_s I_{FC}}{2FU} \quad (31)$$

Trong đó:

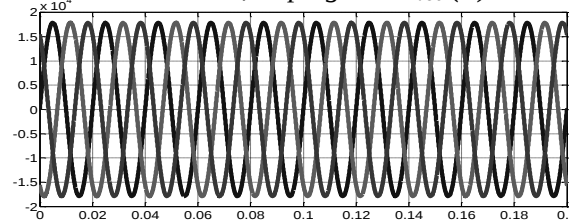
$q_{H_2}^{req}$: số lượng khí hydro cần thiết để đáp ứng sự thay đổi tải (kmol/s); U: hệ số sử dụng, tùy thuộc vào cấu hình hệ thống pin nhiên liệu, dòng chảy của khí hydro và oxy. Dựa vào các biểu thức đã phân tích ở mô hình pin nhiên liệu, mục 3.2. Mô hình được xây dựng trên Matlab/Simulink, như hình 13.



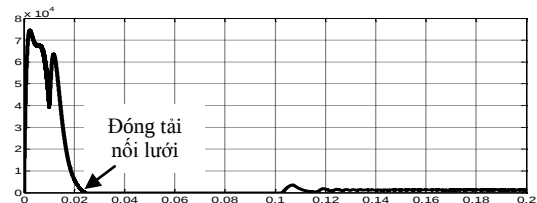
Hình 17. Điện áp và dòng điện pin nhiên liệu



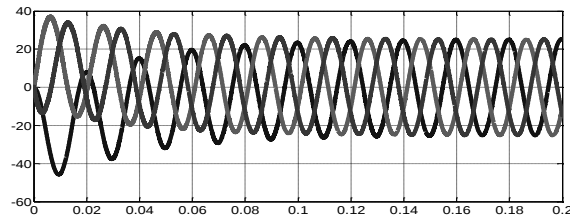
Hình 18. Điện áp ngõ ra U_{abc} (V)



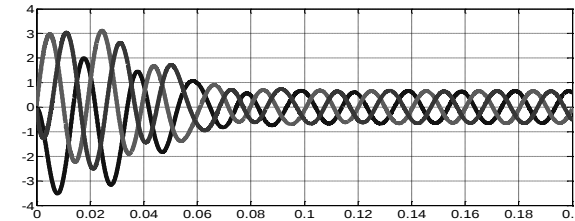
Hình 23. Điện áp nối lưới U_{abc} (V)



Hình 21. Công suất pin nhiên liệu (W)



Hình 22. Dòng điện ngõ ra I_{abc} (A)



Hình 24. Dòng điện nối lưới I_{abc} (A)

Nhận xét: Qua kết quả mô phỏng, 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. Lúc này bức xạ mặt trời thay đổi thì dòng PV thay đổi mạnh, áp PV ít thay đổi và công suất của PV phụ thuộc ảnh hưởng của bức xạ. Tại thời điểm $t = 0.08s$ thì 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

Ứng dụng các bộ biến đổi điện tử công suất trong điều khiển nối lưới cho nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu, kết

hợp với giải thuật điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT), đã phát huy đôi công suất phát ra của hệ thống, đồng thời công suất pin mặt trời (PV) thu được luôn đạt giá trị cực đại. Tại thời điểm $t = 0.02s$ đóng tải, dòng điện và điện áp đầu ra luôn bằng giá trị đặt và hệ thống điều khiển luôn làm việc ổn định. Mô hình nối lưới được thông qua máy biến áp 400V/22kV và đường dây tải điện. Điều khiển nối lưới cho nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu ứng dụng các bộ biến đổi điện tử công suất nhằm hướng đến việc phát triển lưới điện thông minh và điều khiển nối lưới linh hoạt cho các nguồn năng lượng tái tạo □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Uzunoglu, O.C. Onar, M.S. Alam (2009), "Modeling, control and simulation of a PV/FC/UC based hybrid power generation system for stand-alone applications",

- Renewable Energy* 34,509–520.
- [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”, *Khoa Điện – Điện tử*, Trường Đại Học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh.
 - [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), 1-8.
 - [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), 1-6.
 - [6] Lê Kim Anh (2012) , “Xây dựng mô hình điều khiển nối lưới sử dụng nguồn pin nhiên liệu”, *Tạp chí khoa học và công nghệ*, Đại học công nghiệp Hà Nội, số 12.
 - [7] M. Hashem Nehrir,Caisheng Wang (2009) , “Modeling and control of fuel cells”, *Books in the IEEE press series on power engineering*.
 - [8] M.Y. El-Sharkh, A. Rahman, M.S. Alam, P.C. Byrne, A. Sakla, T. Thomas (2004), “Adynamic model for a stand-alonePEM fuel cell power plant for residential applications”, *Journal of Power Sources* 138, 199 – 204.

Abstract

Applying of power electronic converters in grid-connected control of solar cell and fuel cell sources

The research on using and exploiting effectively solar cell and fuel cell sources to generate electricity is significant in reducing the climate changes as well as the dependence of power demand on fossil energy sources which are at risk both in running up and causing environmental pollution. Using power electronic converters for grid-connecting of solar cell and fuel cell sources have some advantages such as active fuel input and capability of power transferring in both directions. The combination of harmonic filter circuits to suppress high order harmonics on the grid will also have significant effect on power quality improvement. The article presents simulation results of the grid-connected control model of an integrated solar cell and fuel cell power system using power electronic converters, which maintains maximum capacity of the systems regardless of the connected power loads.

Key words: *power electronic converter; grid-connected control; renewable energy; small power sources; distributed sources*