ĐIỀU KHIỂN NỐI LƯỚI CHO NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI KẾT HỢP VỚI TUABIN GIÓ SỬ DỤNG GIẢI THUẬT HỆ BÁM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI

• Lê Kim Anh(*)

Tóm tắt

Nghiên cứu sử dụng và khai thác hiệu quả nguồn điện mặt trời cũng như nguồn năng lượng gió để phát điện có ý nghĩa thiết thực đến việc giảm biến đổi khí hậu. Công nghệ hiện nay đang sử dụng các tế bào quang điện, để đảm bảo các tế bào quang điện luôn hoạt động ở công suất tối đa, hệ thống phải vận hành quanh điểm cực đại MPP. Việc kết hợp nguồn điện mặt trời với tuabin gió nối lưới, ưu điểm của hệ thống là sự chủ động được nguồn đầu vào. Kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển nối lưới cho nguồn pin mặt trời kết hợp với tuabin gió sử dụng phương pháp giải thuật hệ bám điểm công suất cực đại nhằm duy trì công suất phát tối đa của hệ thống bất chấp tải nối với hệ thống.

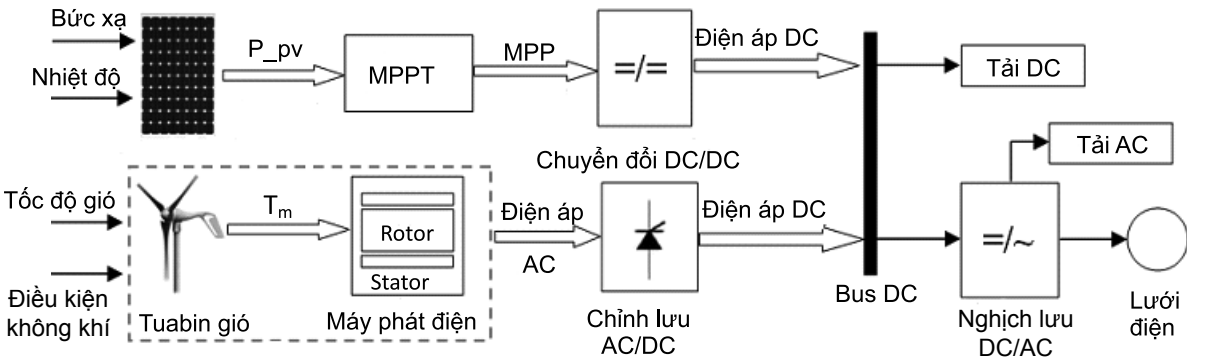
Từ khóa: Năng lượng tái tạo; pin mặt trời; tuabin gió; mặt trời nối lưới kết hợp với tuabin gió; hệ bám điểm công suất cực đại.

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 năng lượng gió 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 năng lượng gió ở nước ta rất lớn [1]. Theo số liệu của Ngân hàng thế giới, tiềm năng gió của Việt Nam (ở độ cao 65 m) rất khả quan, ước đạt 513.360 MW, lớn hơn 200 lần công suất nhà máy thủy điện Sơn La. Mặt khác 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 ở nước ta chủ yếu sử dụng hệ thống năng lượng mặt trời độc lập, hoặc hệ thống độc lập kết hợp giữa năng lượng mặt trời và các nguồn năng lượng khác. Còn hệ thống năng lượng mặt trời nối lưới mới đang thí điểm lắp đặt tại Trung tâm Hội nghị quốc gia (150 kWp) và tòa nhà Bộ Công Thương (12 kWp). Tuy nhiên, để khai thác, sử dụng nguồn năng lượng mặt trời và năng lượng gió cho hiệu quả nhằm 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. Điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp với tuabin gió hướng đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển nối lưới linh hoạt các nguồn phân tán [2].

2. Mô hình điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp với tuabin gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSG)

Hệ thống nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp với tuabin gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu bao gồm các thành phần cơ bản như Hình 1.



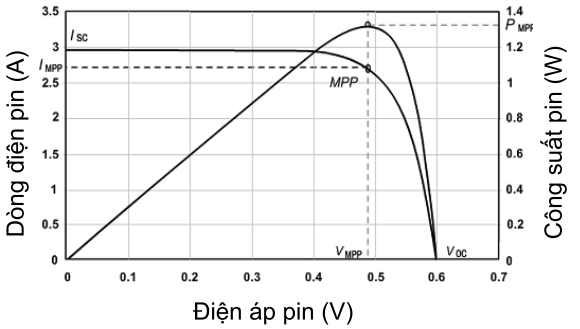
Hình 1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp với tuabin gió

2.1. Mô hình pin mặt trời (PV)

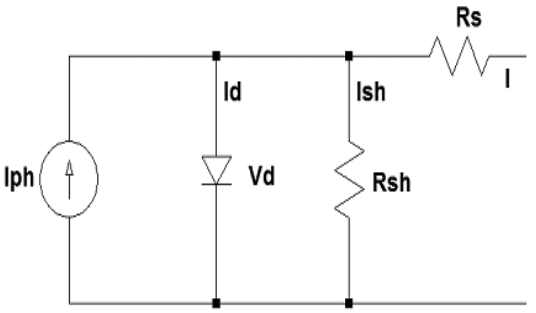
* Theo quan điểm năng lượng điện tử thì pin mặt trời PV (Photovoltaic cell) có thể được coi

(*) Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa.

như những nguồn dòng biểu diễn mối quan hệ phi tuyến I-V như 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 đạt giá trị lớn nhất khi pin mặt trời cung cấp công suất cực đại. Theo đặc tính phi tuyến trên Hình 2 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.

* Dòng điện đầu ra của pin theo [3] được tính như sau:

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

Trong đó: q: điện tích electron = 1,6 x10^{-19} C, k: hằng số Boltzmann's = 1,38 x10^{-23} J/K, Is: 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 (1) dòng quang điện phụ thuộc vào năng lượng mặt trời và nhiệt độ làm việc của pin do đó:

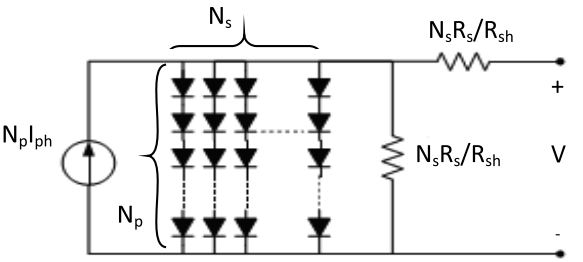
$$I_{ph}=[I_{sc}+K_I(T_C-T_{ref})].H \quad (2)$$

với: I_{sc}: là dòng ngắn mạch ở nhiệt độ 25^oC, 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:

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

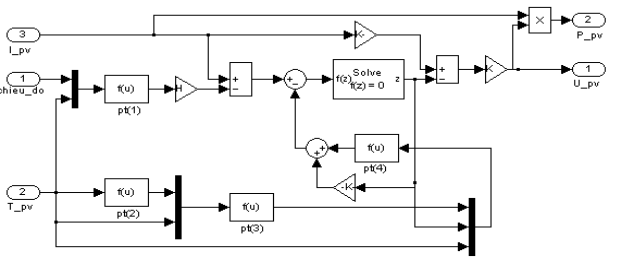
Trong đó: I_{RS}: là dòng bão hòa ngược ở bề mặt nhiệt độ và bức xạ của mặt trời, E_G: năng lượng vùng cấp của chất bán dẫn, phụ thuộc vào hệ số lý tưởng và công nghệ làm pin. Mặt khác một pin mặt trời có điện áp khoảng 0,6 V, do đó muốn có điện áp làm việc cao thì ta mắc nối tiếp các pin, muốn có dòng điện lớn thì mắc song song, như Hình 4. Vậy dòng điện một modul tấm pin sẽ là:



Hình 4. Dòng điện 1 modul tấm pin

$$I = N_pI_{ph} - N_pI_s\left[\exp\left(\frac{q\frac{V}{N_s}+\frac{IR_s}{N_p}}{kT_cA}\right)-1\right]-\left(\frac{\frac{N_pV}{N_s}+IR_s}{R_{sh}}\right) \quad (4)$$

Từ các biểu thức (1), (2), (3), (4) 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 5.



Hình 5. Mô hình pin mặt trời

2.2. Mô hình tuabin gió

Theo [4] công suất của tuabin gió được tính theo biểu thức:

$$P_m = C_p(\lambda,\beta)\frac{\rho A}{2}v^3 \quad (5)$$

Trong đó: P_m: Công suất đầu ra của tuabin (W); $C_p(\lambda,\beta)$: Hệ số biến đổi năng lượng (là tỷ số giữa tốc độ đầu cánh λ và góc cánh β); A: Tiết diện vòng quay của cánh quạt (m^2); ρ: Mật độ của không khí, ρ = 1,255 (kg/m^3).

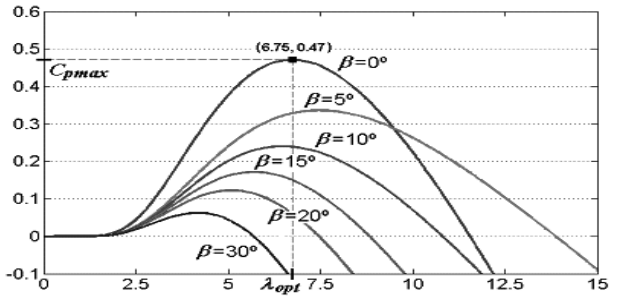
Từ biểu thức (5) ta thấy vận tốc gió là yếu tố quan trọng nhất của công suất; công suất đầu ra tăng theo lũy thừa 3 vận tốc.

Hệ số biến đổi năng lượng $C_p(\lambda, \beta)$ của biểu thức (5) được tính như sau:

$$C_p(\lambda,\beta) = 0.5176\left(\frac{116}{\lambda_i} - 0.4\beta - 5\right)e^{\frac{-21}{\lambda_i}} + 0.0068\lambda \quad (6)$$

với $$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{1+\beta^3} \quad (7)$$

Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa C_p và λ như Hình 6.

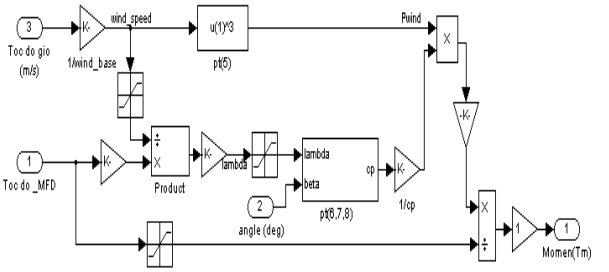


Hình 6. Đường cong mối quan hệ giữa C_p và λ

Như ta đã biết tỷ số tốc độ đầu cánh tuabin gió và tốc độ là: $\lambda = \frac{R\omega}{v}$ trong đó ω tốc độ quay của tuabin, *R* bán kính của tuabin, *v* vận tốc của gió. Mômen của tuabin gió được tính như sau:

$$T_m = \frac{P_m}{\omega} = \frac{1}{2}\pi\rho R^5 C_p \frac{\omega^3}{\lambda^3} \quad (8)$$

Từ các biểu thức (5), (6), (7), (8) đã phân tích ở trên, mô hình tuabin gió được xây dựng trên Matlab/Simulink với thông số đầu vào tốc độ gió, tốc độ của máy phát điện và thông số đầu ra mômen, như Hình 7.



Hình 7. Mô hình tuabin gió

2.3. Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSG)

Theo [5], phương trình dòng và áp trên hệ tọa độ dq:

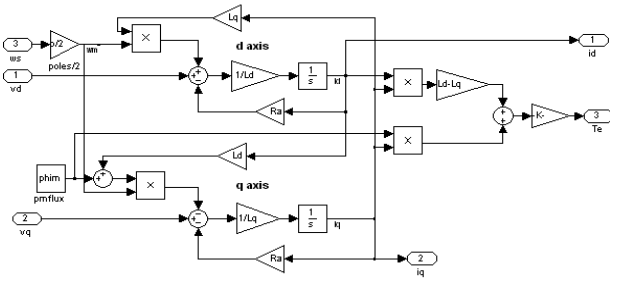
$$\frac{di_{sd}}{dt} = \frac{1}{T_{sd}}i_{sd} + \omega_s\frac{L_{sq}}{L_{sd}}i_{sq} + \frac{1}{L_{sd}}u_{sd} \quad (9)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s\frac{L_{sd}}{L_{sq}}i_{sd} - \frac{1}{T_{sq}}i_{sq} + \frac{1}{L_{sq}}u_{sq} - \omega_s\frac{\Psi_p}{L_{sq}} \quad (10)$$

Trong đó: L_{sd} điện cảm Stator đo ở vị trí đỉnh cực; L_{sq} điện cảm Stator đo ở vị trí ngang cực; từ thông cực (vĩnh cửu); T_{sd}, T_{sq} hằng số thời gian Stator tại vị trí đỉnh cực. Phương trình mômen:

$$m_M = \frac{3}{2}P_c\left[\psi_p i_{sq} + i_{sd}i_{sq}(L_{sd} - L_{sq})\right] \quad (11)$$

Để xây dựng mô hình PMSG trên matlab – simulink dựa vào các biểu thức (9), (10), (11). Mô hình được xây dựng như Hình 8.

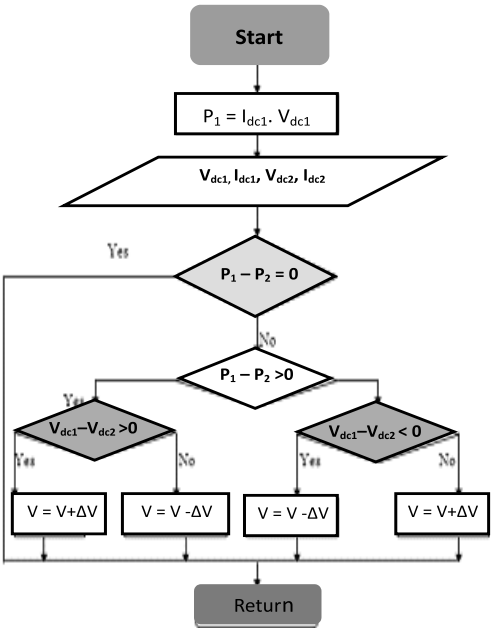


Hình 8. Mô hình máy phát điện PMSG

2.4. Phương pháp điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT)

Hiện nay có nhiều kỹ thuật để điều khiển pin mặt trời và tuabin gió 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 dễ 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 cũng như thông số của tuabin gió, như Hình 9.



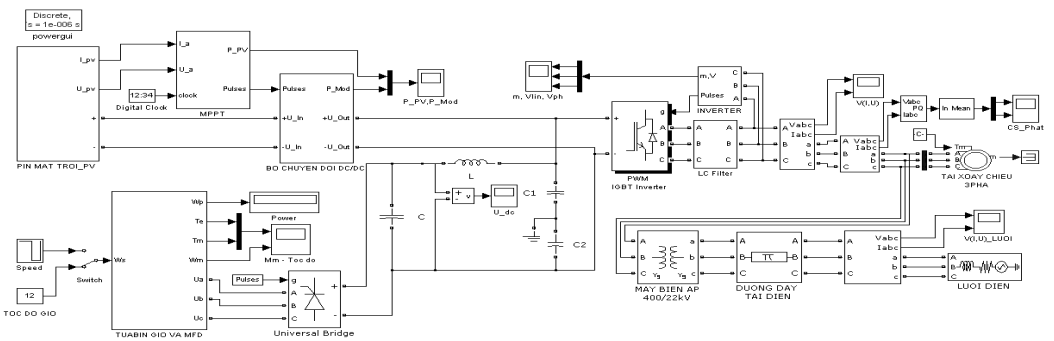
Hình 9. Lưu đồ thuật toán P& O điều khiển trực tiếp theo phương pháp MPPT

Trong Hình 9, bộ điều khiển MPPT sẽ đo các giá trị dòng điện I và điện áp V, sau đó tính toán độ sai lệch ΔP = P1-P2, ΔV = Vdc1 –Vdc2.

3. Mô phỏng mô hình điều khiển hệ thống nối lưới trên Matlab/Simulink

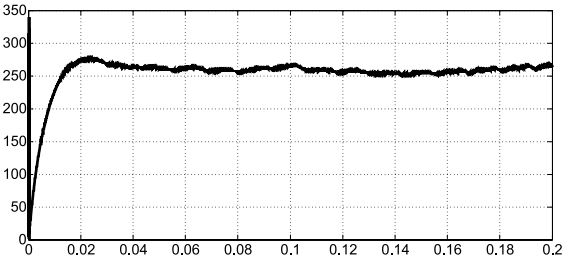
3.1. Mô hình mô phỏng

Hệ thống điều khiển được xây dựng dựa trên sơ đồ ở Hình1.

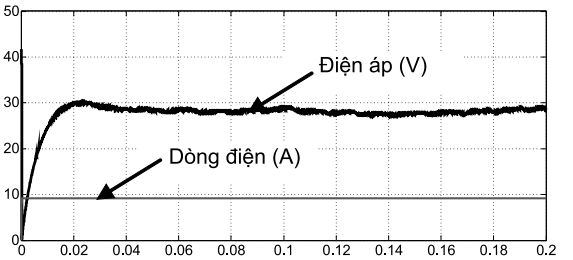


Hình 10. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp với tuabin gió

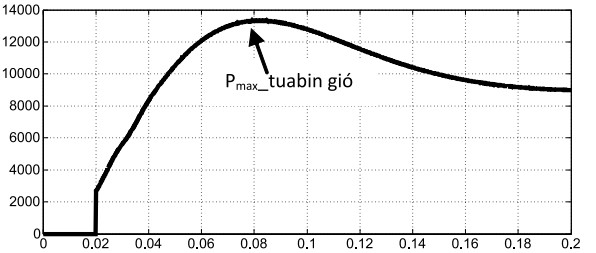
3.2. Kết quả mô phỏng



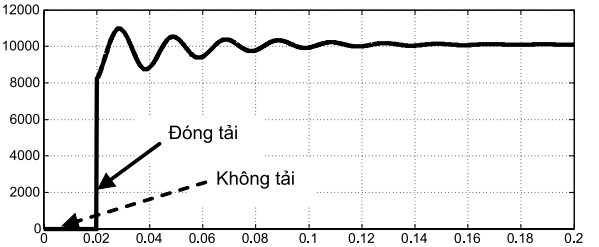
Hình 11. Công suất của pin (W)



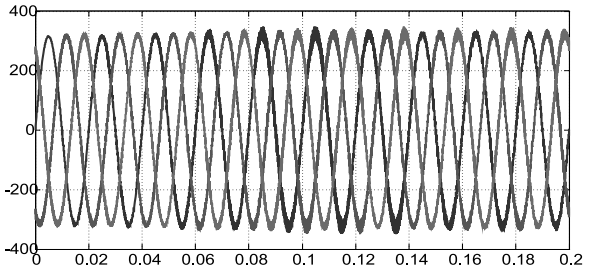
Hình 12. Dòng điện và điện áp của pin



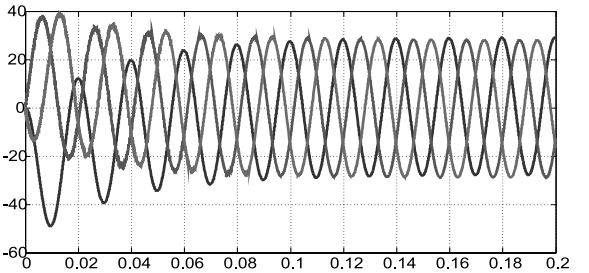
Hình 13. Công suất tuabin gió (W)



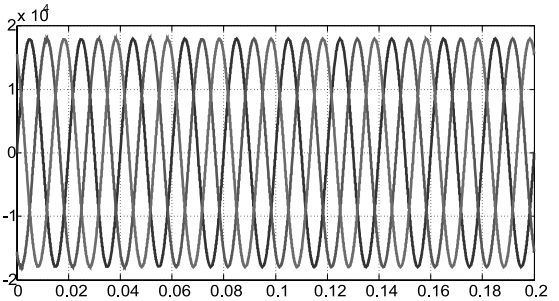
Hình 14. Công suất tổng (tuabin gió+ pin) (W)



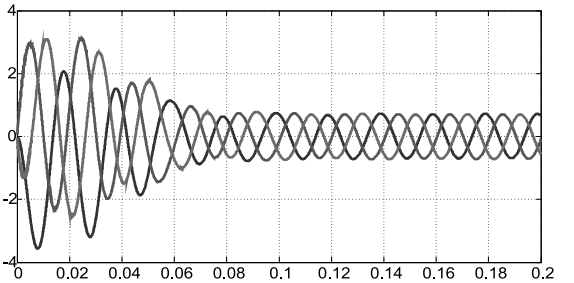
Hình 15. Điện áp ngõ ra Uabc (V)



Hình 16. Dòng điện ngõ ra Iabc (A)



Hình 17. Điện áp nối lưới Uabc (V)



Hình 18. Dòng điện nối lưới Iabc (A)

Nhận xét: Qua kết quả mô phỏng, cho thấy khi 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. Hệ thống điều khiển nối lưới phát công suất tại thời điểm t = 0,02 s.

4. Kết luận

Điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp với tuabin gió sử dụng giải thuật điều khiển MPPT, đã phát huy đối đa công suất phát ra và công suất PV thu được luôn đạt giá trị cực đại. Tại thời điểm t = 0,02 s đóng tải, dòng và điện áp đầu ra luôn đạt giá trị ổn định và bằng giá trị đặt. Hệ thống nối lưới được thông qua máy biến áp và đường dây tải điện. Mô hình điều khiển nối lưới cho nguồn điện mặt trời kết hợp tuabin gió nhằm hướng đến việc phát triển lưới điện thông minh và điều khiển nối lưới linh hoạt cho các nguồn phân tán./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. 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)), tr. 1-6.

[2]. 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), tr. 1-8.

[3]. Lê Kim Anh (2013), "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", *Tạp chí khoa học Trường đại học Trà Vinh,* (số 11), tr. 16-20.

[4]. Lê Kim Anh, Đặng Ngọc Huy, AI Xin (2014), "Hệ thống điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Đại học Đà Nẵng, (số 10 (71)), tr. 1-8.

[5]. Alejandro Rolán, Álvaro Luna, Gerardo Vázquez, et al (2009), "Modeling of Variable Speed Wind Turbine with a Permanent Magnet Synchronous Generator", *IEEE Intermation Symposium on Industrial Electronics.*

GRID-CONNECTED CONTROL OF AN INTEGRATED SOLAR CELL-WIND TURBINE USING THE ALGORITHM OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING

Summary

The research aims at effectively using, exploiting solar energy and wind energy sources to generate electricity, which helps reduce climate change. Modern technology has been using solar cells, and the system must operate around the maximum power point (MPP) to ensure that solar cells are always at the maximum capacity. The combination of solar cells and wind turbines enables the system to gain active fuel input. The paper presents the result of modulating the grid-connected control system of the integrated solarcell-windturbine model using the algorithm of Maximum Power Point Tracking in order to maintain the maximum capacity of the system regardless of connected power loads.

Keywords: Renewable energy, solar cells; wind turbines; grid-connected solarcell-windturbine; Maximum Power Point Tracking.

Ngày nhận bài: 12/8/2016; Ngày nhận lại: 28/02/2017; Ngày duyệt đăng: 28/03/2017.