

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NỔI LƯỚI CHO TUABIN GIÓ KẾT HỢP VỚI NGUỒN PIN MẶT TRỜI VÀ PIN NHIÊN LIỆU

GRID-CONNECTED CONTROL SYSTEM FOR WIND TURBINES COMBINED
WITH SOLAR AND FUEL CELL POWER SOURCES

Lê Kim Anh

*Trường Cao đẳng Công nghiệp
Tuy Hòa*

Email: lekimanh@tic.edu.vn

Đặng Ngọc Huy

*Trường Đại học Công nghiệp
Quảng Ninh*

Xin AI

*North China Electric Power
University*

TÓM TẮT

Nghiên cứu sử dụng và khai thác hiệu quả nguồn năng lượng gió cũng như nguồn pin mặt trời và 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. Để tuabin gió vận hành tối ưu với vận tốc gió nhất định, thì hệ thống phải tự điều chỉnh theo sự thay đổi của vận tốc và hướng gió. Công nghệ hiện nay đang sử dụng các tế bào quang điện (solar cells), 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 tuabin gió với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu nổi lưới, ưu điểm của hệ thống là sự chủ động được nguồn đầu vào. Bài báo đã đưa ra được kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển nổi lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu sử dụng phương pháp giải thuật hệ bám điểm công suất cực đại (Maximum Point Power Tracking – MPPT) nhằm duy trì công suất phát tối đa của hệ thống bất chấp tải nối với hệ thống.

Từ khóa: Năng lượng tái tạo; tuabin gió; pin mặt trời; pin nhiên liệu; hệ bám điểm công suất cực đại

ABSTRACT

The research aims at effectively using and exploiting wind energy, solar energy and fuel cell sources to generate electricity. This is meaningful to the reduction of climate change and dependence on fossil energy sources which are at the risk of both being exhausted and causing environmental pollution. The rotor system must function and be self-adjusted to the change of wind speed and direction so that the wind turbine operates optimally at a certain wind velocity. 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 wind turbines, solar cells and fuel cells enables the system to gain active fuel input. The paper presents the result of modulating the grid-connected control system for wind turbines combined with the solar and fuel cells power model using the algorithm of Maximum Power Point Tracking (MPPT) in order to maintain the maximum capacity of the systems regardless of connected power loads.

Key words: renewable energy; wind turbine; solar cells; fuel cells; Maximum Power Point Tracking

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 gió, 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 các loại năng lượng này ở nước ta rất lớn. Theo số liệu của Ngân hàng thế giới, tiềm năng gió của Việt Nam (ở độ cao 65m) rất khả quan, ước đạt 513. 360MW, lớn hơn 200 lần công suất nhà máy thủy điện Sơn La. Nguồn năng lượng

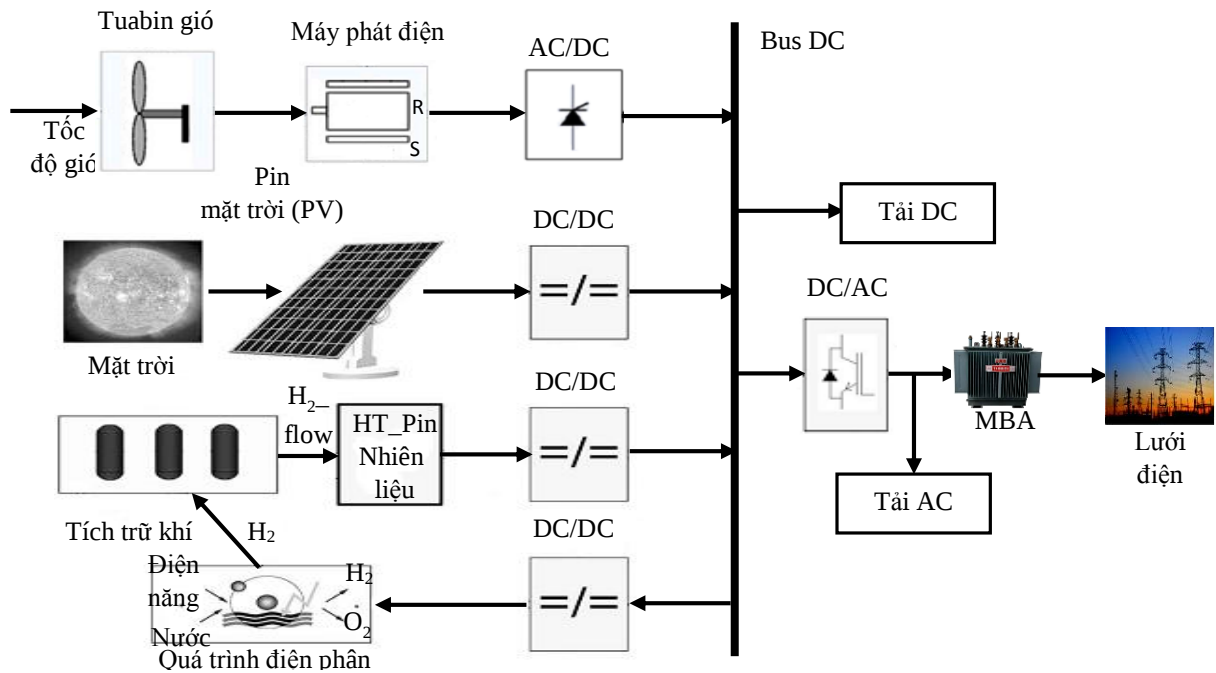
mặt trời hàng năm cung cấp cho trái đất một năng lượng khổng lồ, gấp 10 lần trữ lượng các nguồn nhiên liệu có trên trái đất. Công nghệ pin nhiên liệu sử dụng để phát điện có thể đạt hiệu suất khoảng 47% so với việc dùng các nguồn nhiên liệu hóa thạch, hiệu suất đạt khoảng 35%. Tuy nhiên, để khai thác, sử dụng nguồn năng lượng gió cũng như nguồn năng lượng mặt trời và pin nhiên liệu sao 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. Hệ thống điều khiển nổi lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu nhằm hướng

đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển linh hoạt các nguồn phân tán.

2. Hệ thống điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu

Hệ thống điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời (PV) và pin nhiên liệu bao gồm các thành phần cơ bản, như hình 1.

Hệ thống tuabin gió qua máy phát điện cho ra điện áp (AC), qua bộ chỉnh lưu (AC/DC) điện áp ra một chiều (DC). Điện áp đầu ra của pin mặt trời và pin nhiên liệu là điện áp một chiều (DC) các điện áp một chiều này qua bộ nghịch lưu (DC/AC) đưa ra điện áp xoay chiều (AC) nối lưới.



Hình 1. Hệ thống điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu

2.1. Mô hình tuabin gió (WT)

Theo [1] công suất của tuabin gió được tính theo biểu thức:

$$P_m = C_p(\lambda, \beta) \frac{\rho A}{2} v^3 \quad (1)$$

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, $\rho = 1.255$ (kg/m^3). Từ biểu thức (1) 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 (1) theo [2] được tính như sau:

$$C_p(\lambda, \beta) = 0.5176 \left(\frac{116}{\lambda_i} - 0.4\beta - 5 \right) e^{\frac{-21}{\lambda_i}} + 0.0068\lambda \quad (2)$$

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

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. Theo [2] mômen của tuabin gió được tính như sau:

$$T_m = \frac{P_m}{\omega} = \frac{1}{2} \pi \rho R^5 C_p \frac{\omega^3}{\lambda^3} \quad (4)$$

2.2. Mô hình máy phát điện (PMSG)

Mô hình máy phát điện đồng bộ nam

châm vĩnh cửu (PMSG) có hai loại hệ trục tọa độ được sử dụng: hệ tọa độ $\alpha\beta$ gắn cố định với stator và hệ tọa độ dq còn gọi là hệ tọa độ tựa hướng từ thông rotor. Theo [3], phương trình dòng điện và điện áp của PMSG biểu diễn trên hệ tọa độ dq như sau:

$$\frac{di_{sd}}{dt} = \frac{1}{T_{sd}} i_{sd} + \omega_s \frac{L_{sq}}{L_{sd}} i_{sq} + \frac{1}{L_{sd}} u_{sd} \quad (5)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s \frac{L_{sd}}{L_{sq}} i_{sd} - \frac{1}{T_{sq}} i_{sq} + \frac{1}{L_{sq}} u_{sq} - \omega_s \frac{\psi_p}{L_{sq}} \quad (6)$$

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

$$m_M = \frac{3}{2} P_c [\psi_p i_{sq} + i_{sd} i_{sq} (L_{sd} - L_{sq})] \quad (7)$$

2.3. Mô hình pin mặt trời (PV)

* Dòng điện đầu ra của pin theo [4, 5] được tính như sau:

$$I = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{KT_c A} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (8)$$

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

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_I (T_c - T_{ref})] H \quad (9)$$

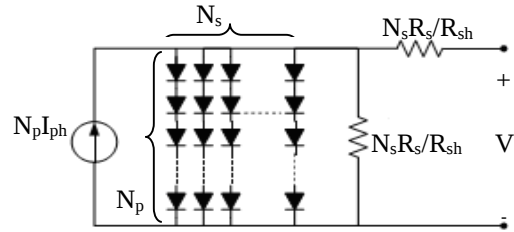
Với: I_{sc} : là dòng ngắn mạch ở nhiệt độ 25°C , K_I : hệ số nhiệt độ của dòng điện ngắn mạch, T_{ref} : nhiệt độ của bề mặt pin (nhiệt độ tham chiếu), H : bức xạ của mặt trời kW/m^2 .

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

$$I_s = I_{RS} \left(\frac{T_c}{T_{ref}} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_G (T_c - T_{ref})}{T_{ref} T_c k A} \right] \quad (10)$$

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 2.



Hình 2. Dòng điện 1 modul tấm pin

Vậy dòng điện một modul tấm pin sẽ là:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[\exp \left(\frac{q \left(\frac{V}{N_s} + \frac{IR_s}{N_p} \right)}{k T_c A} \right) - 1 \right] - \left(\frac{\frac{N_p V}{N_s} + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (11)$$

* Phương pháp điều khiển bám điểm công suất cực đại (Maximum Point Power Tracking – 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.

2.4. 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:

$$\frac{q_{H_2}}{P_{H_2}} = \frac{K_{an}}{\sqrt{M_{H_2}}} = K_{H_2} \quad (12)$$

$$\frac{q_{H_2O}}{p_{H_2O}} = \frac{K_{an}}{\sqrt{M_{H_2O}}} = K_{H_2O}$$

Và (13)

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 $[\sqrt{kmol.kg/(atm.s)}]$; M_{H_2} : khối lượng phân tử hydro (kg/kmol); K_{H_2} : hằng số phân tử van hydro [kmol/(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:

$$\frac{d}{dt} p_{H_2} = \frac{RT}{V_{an}} (q_{H_2}^{in} - q_{H_2}^{out} - q_{H_2}^r) \quad (14)$$

Trong đó T: nhiệt độ tuyệt đối (K); V_{an} : thể tích anốt (m³); $q_{H_2}^{in}$: 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 (14) $q_{H_2}^r$ được tính như sau:

$$q_{H_2}^r = \frac{N_0 N_s I_{FC}}{2F} = 2K_r I_{FC} \quad (15)$$

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 [kmol/(s.A)]; F: hằng số Faraday (C/kmol). Từ biểu thức (12), (15) ta biến đổi Laplace, áp suất hydro được viết lại như sau:

$$p_{H_2} = \frac{1}{1 + \tau_{H_2} S} \left(\frac{K_{H_2}}{S} - 2K_r I_{FC} \right) \quad (16)$$

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

$$\tau_{H_2} = \frac{V_{an}}{K_{H_2} RT}$$

và (17)

Điện áp của hệ thống pin nhiên liệu được tính như sau: $V_{cell} = E + \eta_{act} + \eta_{ohmic}$ (18) ở đây:

$$\eta_{act} = -B \ln(CI_{FC}) \quad (19)$$

Và $\eta_{ohmic} = -R^{int} I_{FC}$ (20) 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:

$$E = N_o \left[E_o + \frac{RT}{2F} \log \left[\frac{p_{H_2} \sqrt{p_{O_2}}}{p_{H_2O}} \right] \right] \quad (21)$$

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

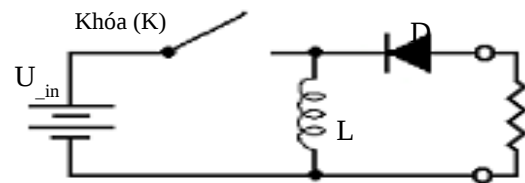
$$\text{nếu sau: } q_{H_2}^{req} = \frac{N_0 N_s I_{FC}}{2FU} \quad (22)$$

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.

3. Các bộ biến đổi

3.1. 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, do điện áp ở đầu ra của các nguồn pin mặt trời, pin nhiên liệu không đủ lớn. Do đó ta dùng bộ biến đổi DC/DC để nâng điện áp đầu ra đạt yêu cầu và cấp trực tiếp cho đầu vào của bộ nghịch lưu (DC/AC). Theo [9], bộ biến đổi 2 trạng thái DC/DC (Buck – Boost Converter) như Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ bộ biến đổi DC/DC**3.1.1. Khi khóa (K) 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:

$$P_{in} = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_i I_L dt = \frac{1}{T} U_i \int_0^{DT} I_L dt \quad (23)$$

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

$$P_{in} = \frac{1}{T} U_i I_L \int_0^{DT} dt = U_i I_L D \quad (24)$$

3.1.2. Khi khóa (K) 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:

$$P_{out} = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_L I_L dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_0 I_L dt \quad (25)$$

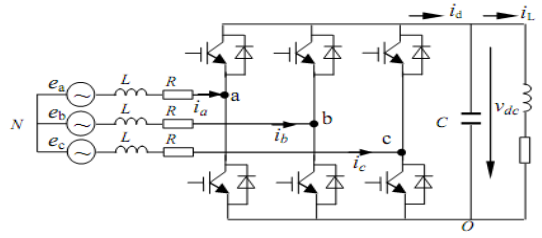
Với điều kiện lý tưởng thì U_0 và I_L là hằng số lúc đó công suất đầu ra được viết lại như sau:

$$P_{out} = \frac{1}{T} U_0 I_L (T - DT) = U_0 I_L (1 - D) \quad (26)$$

Từ phương trình (24) và (26) ta viết lại như sau:

$$\frac{U_0}{U_i} = -\left(\frac{D}{1-D}\right) \quad (27)$$

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

3.2. Bộ chỉnh lưu và bộ nghịch lưu**3.2.1. Mô hình toán học cho bộ chỉnh lưu****Hình 4.** Sơ đồ dòng điện và điện áp của bộ chỉnh

Sơ đồ bộ chỉnh lưu điều chế theo phương pháp độ rộng xung (PWM), như Hình 4. Theo [10], để đạt được mục tiêu là điều khiển các thành phần công suất phát vào lưới từ các nguồn điện gió, pin mặt trời, pin nhiên liệu, thì hiện nay có nhiều phương pháp để điều khiển cho bộ chỉnh lưu PWM như phương pháp: VOC, DPC, VFVOC, VFDPC. Dựa vào sơ đồ Hình 4, ta xây dựng biểu thức điện áp của bộ chỉnh lưu PWM như sau:

$$\begin{cases} L \frac{di_a}{dt} + Ri_a = e_a - (S_a u_{dc} + u_{N0}) \\ L \frac{di_b}{dt} + Ri_b = e_b - (S_b u_{dc} + u_{N0}) \\ L \frac{di_c}{dt} + Ri_c = e_c - (S_c u_{dc} + u_{N0}) \\ C \frac{du_{dc}}{dt} = i_d - i_L \end{cases} \quad (28)$$

Biểu thức (28) chuyển sang hệ tọa độ dq được viết lại như sau:

$$\begin{cases} L \frac{di_d}{dt} = e_d - Ri_d - S_d u_{dc} + \omega L i_q \\ L \frac{di_q}{dt} = e_q - Ri_q - S_q u_{dc} - \omega L i_d \\ C \frac{du_{dc}}{dt} = \frac{3S_d}{2} i_d + \frac{3S_q}{2} i_q - i_L \end{cases} \quad (29)$$

Phương trình điện áp 3 pha nối lưới được viết như sau:

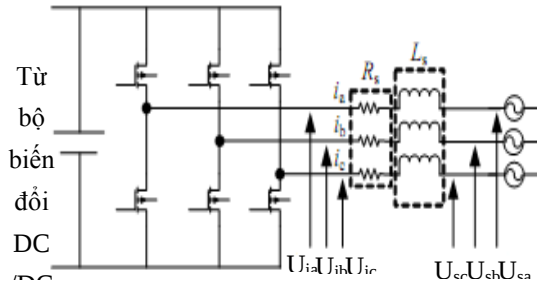
$$\frac{di_k}{dt} = -\frac{R_s}{L_s} i_k + \frac{1}{L_s} (U_{ik} - U_{sk}) \quad (30)$$

Trong đó: R_s , L_s là các điện trở và điện cảm của đường dây, k : thứ tự pha a, b, c. Phương trình (30) chuyển sang hệ tọa độ dq được viết lại như sau:

$$\begin{cases} L \frac{di_d}{dt} = e_d - R i_d - S_d u_{dc} + \omega L i_q \\ L \frac{di_q}{dt} = e_q - R i_q - S_q u_{dc} - \omega L i_d \\ C \frac{du_{dc}}{dt} = \frac{3S_d}{2} i_d + \frac{3S_q}{2} i_q - i_L \end{cases} \quad (31)$$

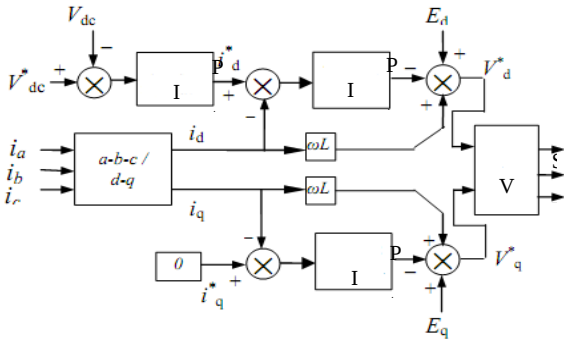
Với: U_{dc} : là điện áp 1 chiều từ bộ biến đổi DC/DC; U_s : là điện áp đầu cuối của tải; δ : là góc pha của điện áp; ω_s : tần số góc (bằng $\theta_s = \omega_s \cdot t$); m : chỉ số điều chế của bộ nghịch lưu, U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} .

3.2.2. Mô hình toán học cho bộ nghịch lưu



Hình 5. Sơ đồ nghịch lưu DC/AC và nối

Theo [11], để đồng bộ nối lưới thông qua



Hình 6. Sơ đồ điều khiển cho 2 mạch vòng dòng điện

4. Mô phỏng mô hình trên matlab/simulink

4.1. Xây dựng mô hình

Mô hình được xây dựng dựa trên sơ đồ

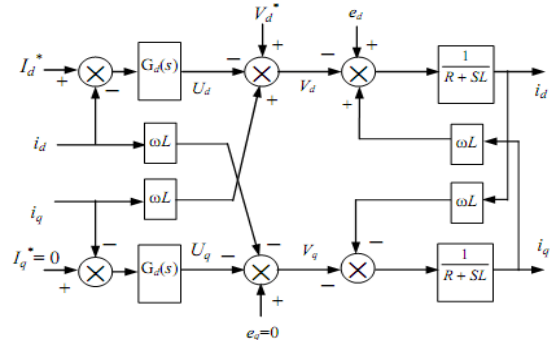
bộ nghịch lưu (DC/AC) như sơ đồ hình 5. Ở đây các giá trị i_a , i_b , i_c và U_{ia} , U_{ib} , U_{ic} là dòng điện và điện áp ngõ ra của bộ nghịch lưu.

3.2.3. Tổng hợp cấu trúc hệ thống điều khiển

Theo [12], giá trị đầu ra của điện áp qua bộ chỉnh lưu và bộ nghịch lưu, chuyển sang hệ tọa độ dq được tổng hợp theo phương pháp dòng điện và các biểu thức xác định như sau:

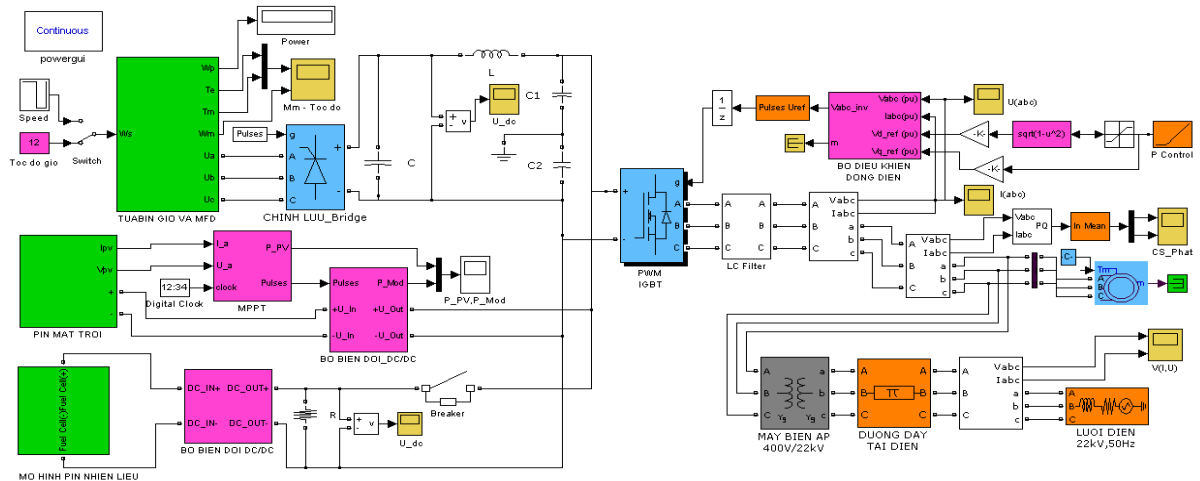
$$V_d^* = - \left(K_{dp} + \frac{K_{di}}{S} \right) (i_d^* - i_d) + e_d + \omega L i_q \quad (32)$$

$$V_q^* = - \left(K_{qp} + \frac{K_{qi}}{S} \right) (i_q^* - i_q) + e_q - \omega L i_d \quad (33)$$



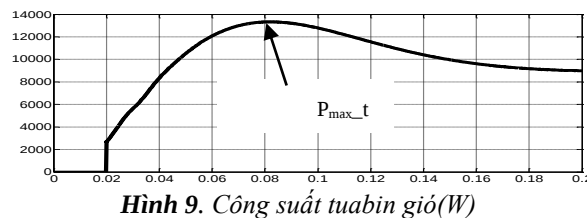
Hình 7. Điều khiển mạch vòng trong của dòng điện

cấu trúc hệ thống điều khiển nối lưới hình 1, mục 2. Hệ thống bao gồm tuabin gió, pin mặt trời và pin nhiên liệu, sơ đồ mô phỏng như hình 8.

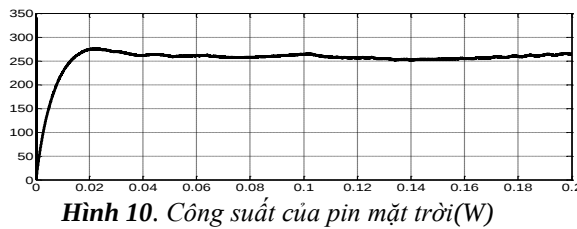


Hình 8. Hệ thống điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu

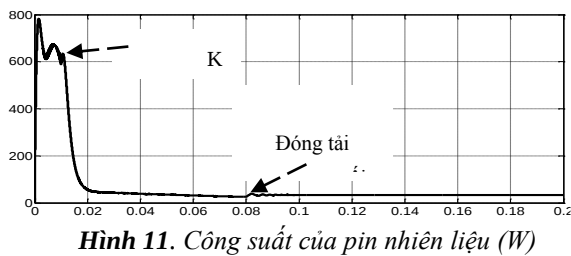
4.2. Kết quả mô phỏng



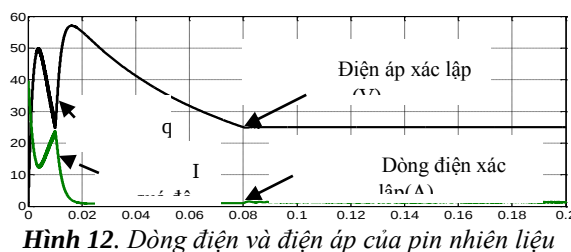
Hình 9. Công suất tuabin gió(W)



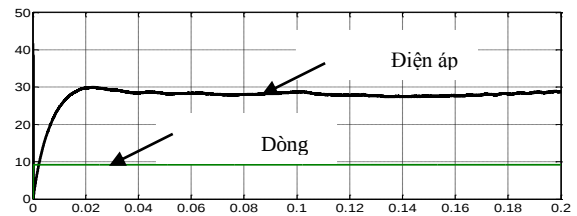
Hình 10. Công suất của pin mặt trời(W)



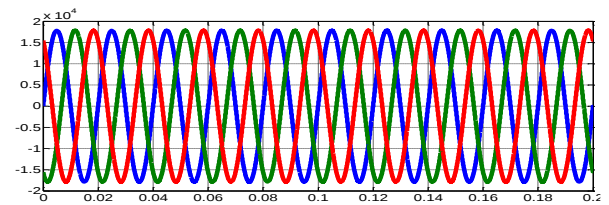
Hình 11. Công suất của pin nhiên liệu (W)



Hình 12. Dòng điện và điện áp của pin nhiên liệu



Hình 13. Dòng điện và điện áp của pin mặt trời



Hình 14. Điện áp nối lưới U_{abc} (V)

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 $t \geq 0.02s$, 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 lưới và thực hiện nối lưới.

5. Kết luận

Hệ thống điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu 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 nối lưới thông qua các bộ biến đổi AC/DC, DC/DC và DC/AC với ưu điểm như: bộ biến đổi DC/DC tự động điều chỉnh công suất cung cấp cho bộ DC/AC, các bộ biến đổi có khả năng truyền

năng lượng theo cả 2 hướng, với góc điều khiển được thay đổi được, dung lượng sóng hài thấp... Điều khiển nối lưới cho tuabin gió kết hợp với nguồn pin mặt trời và pin nhiên liệu 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] Saikumar, Saravanan, R. v. Sandip, vijaysridhar, *Modelling and control of a Wind Turbine using Permanent Magnet Synchronous Generator*, International Journal of Engineering Science Technology (IJEST), 2011.
- [2] Ranjan K. Behera, Wenzhong Gao and Olorunfemi Ojo, *Simulation Study of Permanent Magnet Synchronous Machine Direct Drive Wind Power Generator using Three Level NPC Converter System*, IEEE, 2009.
- [3] Alejandro Rolán, Álvaro Luna, Gerardo Vázquez, Daniel Aguilar, *Modeling of Variable Speed Wind Turbine with a Permanent Magnet Synchronous Generator*, IEEE Intermation Symposium on Industrial Electronics, 2009.
- [4] Saurav Satpathy, *Photovoltaic power control using MPPT and boost converter*, Department of Electrical Engineering National Institute of Technology, Rourkela, 2012.
- [5] Aryuanto Soetedjo, Abraham Lomi, Yusuf Ismail Nakhoda, Awan Uji Krismanto, *Modeling of Maximum Power Point Tracking Controller for Solar Power System*, Telkomnika, 2012.
- [6] M. Hashem Nehrir, Caisheng Wang, *Modeling and control of fuel cells*, Books in the IEEE press series on power engineering, 2009.
- [7] HalukGorg, *Dynamic modelling of a proton exchange membrane (PEM) electrolyzer*, International Journal of Hydrogen Energy, 2006.
- [8] Caisheng Wang, *Wind/photovoltaic/fuel cell distributed generation systems*, Montana, 2006.
- [9] Bengt Johansson, *Improved Models for DC-DC Converters*, Department of Industrial Electrical Engineering and Automation Lund University, 2003.
- [10] Haoran Bai, Fengxiang Wang, Junqiang Xing, *Control Strategy of Combined PWM Rectifier/ Inverter for a High Speed Generator Power System*, IEEE, 2007.
- [11] Masoud Aliakbar GOLKAR, Amin HAJIZADEH, *Control strategy of hybrid fuel cell/battery distributed generation system for grid-connected operation*, Journal of Zhejiang University, 2009.
- [12] Degang Yang, Liangbing Zhao, Runsheng Liu, *Modeling and closed – loop cotroller design of three – phase high power factor Rectifier*, power Electronics, 49 – 52, 1999.

(BBT nhận bài: 20/04/2013, phản biện xong: 19/06/2013)