

TÌM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ PMSG 200 W

Nguyễn Thái Sơn^{1*}, Nguyễn Phát Lợi², Quảng Đức Thành², Lương Nhân² và Trần Hữu Danh³

¹Bộ môn Kỹ thuật Điện, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

²Lớp Kỹ thuật Điện K41, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

³Bộ môn Điện tử Viễn thông, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thái Sơn (email: thaison@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 19/03/2019

Ngày nhận bài sửa: 10/05/2019

Ngày duyệt đăng: 29/08/2019

Title:

Maximum Power Point Tracking of PMSG wind generator 200 W

Từ khóa:

Điểm công suất cực đại, máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu, thuật toán nhiễu loạn và quan sát, turbine gió

Keywords:

MPPT, PMSG, P&O, wind turbine

ABSTRACT

The main purpose of wind energy system is to achieve the maximum power from air flows. The maximum power point tracking (MPPT) method is used to gain the maximum power from many different wind speeds. This paper presents a way to find the maximum power point of PMSG wind generator by using "Perturb and Observe" (P&O) algorithm. The maximum power and wind turbine system are based on rotor speed achieved. The proposed model is designed and simulated in MATLAB/Simulink. The simulation result shows that this is the optimal technique, improving efficiency of system.

TÓM TẮT

Mục đích chính của hệ thống máy phát điện gió là chuyển đổi năng lượng gió thành điện năng. Để có được công suất cực đại từ các tốc độ gió khác nhau thì phương pháp tìm điểm công suất cực đại (MPPT) được sử dụng. Bài báo trình bày một phương pháp điều khiển để dò tìm điểm công suất cực đại của hệ thống máy phát điện gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSG) thông qua thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O). Công suất cực đại của hệ thống turbine gió được dò tìm dựa trên vận tốc rotor đạt được. Hệ thống đề xuất được thiết kế và mô phỏng trên MATLAB/Simulink. Kết quả mô phỏng đã cho thấy đây là kỹ thuật điều khiển tối ưu, cải thiện hiệu quả hiệu suất của hệ thống.

Trích dẫn: Nguyễn Thái Sơn, Nguyễn Phát Lợi, Quảng Đức Thành, Lương Nhân và Trần Hữu Danh, 2019. Tìm điểm công suất cực đại của máy phát điện gió PMSG 200 W. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 55(4A): 11-20.

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, cùng với sự phát triển của công nghiệp hóa và hiện đại hóa thì nhu cầu năng lượng điện là rất cần thiết cho sự phát triển của đất nước. Vấn đề đặt ra là phát triển nguồn năng lượng sao cho đảm bảo về kinh tế, sản xuất và thân thiện với môi trường. Hiện nay, chúng ta sử dụng chủ yếu là các nguồn năng lượng hóa thạch như than đá, dầu mỏ, khí đốt,... Các nguồn năng lượng này ngày càng cạn kiệt, giá xăng dầu tăng vọt, đồng thời có tác động

tiêu cực tới môi trường, gây ra các vấn đề về ô nhiễm môi trường, hiệu ứng nhà kính,... (Nguyễn Thái Sơn, 2012). Năng lượng tái tạo được coi là một lựa chọn hiệu quả để thay thế các nguồn năng lượng trên, tạo ra nguồn năng lượng sạch không ảnh hưởng đến môi trường và có khả năng tự làm mới. Hệ thống máy phát điện gió trở thành nguồn năng lượng tái tạo quan trọng vì nó cung cấp nhiều lợi thế như không tốn chi phí nhiên liệu, không ô nhiễm, đòi hỏi ít bảo trì so với các nguồn năng lượng tái tạo khác (Borkar and Kulkarni, 2015).

Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu - Permanent magnet synchronous generator (PMSG) cung cấp một giải pháp tối ưu cho các turbine gió hoạt động với tốc độ gió thay đổi vì tính ổn định và an toàn của nó trong quá trình hoạt động, đồng thời không cần nguồn điện một chiều để kích từ. Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu - Permanent magnet synchronous generator (PMSG) ngày càng phổ biến vì chúng có nhiều ưu điểm như kích thước nhỏ, hiệu suất cao, chi phí bảo dưỡng thấp và dễ dàng vận hành (Dalala *et al.*, 2013). Sự đáng tin cậy của turbine gió dùng cho các tốc độ gió thay đổi có thể được cải thiện một cách đáng kể bằng cách sử dụng PMSG. PMSG nhận được nhiều sự chú ý trong việc ứng dụng vào năng lượng gió do đặc tính tự kích từ của nó, điều này cho phép nó vận hành với hệ số công suất và hiệu suất cao. Việc sử dụng nam châm vĩnh cửu trong rotor của PMSG giúp nó không cần phải cung cấp dòng điện kích từ xuyên qua stator để tạo ra từ thông không đổi trong khe hở không khí; dòng điện stator chỉ cần tạo ra moment xoắn. Do đó, với cùng ngõ ra, máy phát PMSG sẽ vận hành ở hệ số công suất cao hơn vì không dùng dòng điện kích từ và sẽ có hiệu suất cao hơn so với các loại máy phát khác (Haque *et al.*, 2010). Để tối ưu công suất của hệ thống ở các tốc độ gió khác nhau, ta sử dụng một bộ điều khiển có khả năng sản sinh tối đa sản lượng điện của turbine gió ở mọi điều kiện hoạt động.

Maximum power point tracking (MPPT) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất tối ưu của các hệ thống năng lượng điện thông qua việc điều khiển chu kỳ đóng mở khóa điện tử dùng trong bộ tăng áp boost converter. Maximum power point tracking (MPPT) có nhiều kỹ thuật điều khiển như thuật toán nhiễu loạn và quan sát P&O, điều khiển tốc độ đầu cánh TSR), điều khiển tối ưu - mối quan hệ - cơ sở ORBC,... Trong các thuật toán nêu trên thì thuật toán nhiễu loạn và quan sát P&O là thuật toán tương đối cơ bản, đơn giản, dễ áp dụng và được sử dụng khá rộng rãi và phổ biến.

Đối với thuật toán TSRC, mặc dù đây là thuật toán đơn giản và trực giác nhưng nó phụ thuộc nhiều

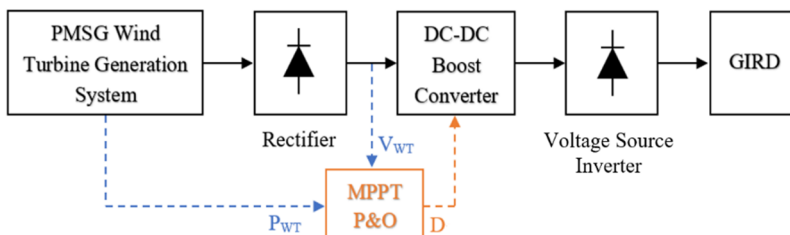
vào sự chính xác của việc đo lường tốc độ gió, đây là một khó khăn cho thuật toán này. Đối với thuật toán ORBC, nhược điểm chính của nó là đòi hỏi sự hiểu biết về thông số của hệ thống một cách chính xác mà những thông số này thay đổi từ hệ thống này sang hệ thống khác và thậm chí có thể thay đổi theo thời gian nên phải cập nhật liên tục. Thuật toán P&O không cần đo lường tốc độ gió, điều này làm giảm nhiều chi phí. Để làm việc với thuật toán không cần sự hiểu biết trước về những thông số của hệ thống, điều này làm cho thuật toán đáng tin cậy và ít phức tạp hơn (Dalala *et al.*, 2013).

Vi vậy, trong bài báo này, phương pháp P&O được sử dụng vào việc mô phỏng để tìm điểm công suất cực đại của hệ thống máy phát điện gió. Máy phát điện gió 200 W lựa chọn nhằm áp dụng cho những nơi có nguồn năng lượng gió tập trung nhưng diện tích không quá lớn, tốc độ gió nhỏ. Turbine gió 200 W có thể được sử dụng rộng rãi cho các hộ gia đình, trạm khí tượng thủy văn, công trình đường bộ, chiếu sáng khu công viên, dân cư và trạm thông tin liên lạc, tàu và các lĩnh vực khác,... Nó có nhiều ưu điểm như kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ, độ tin cậy, an toàn cao, dễ lắp đặt và tuổi thọ dài. Turbine gió 200W không chỉ làm cho việc sử dụng năng lượng sạch một cách dễ dàng và đầy đủ mà nó còn tạo thêm cảnh quan thiên nhiên tươi sáng hơn.

2 PHƯƠNG PHÁP VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp nghiên cứu

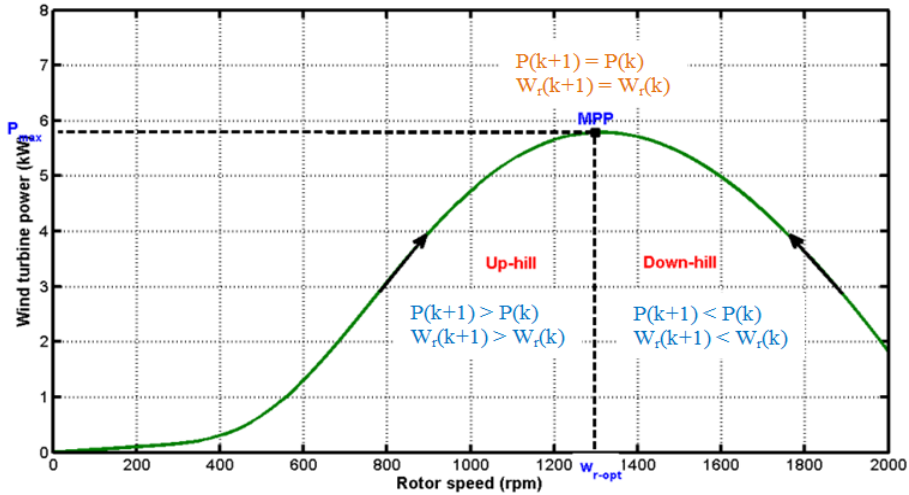
Sơ đồ khối được trình bày ở Hình 1 là một hệ thống máy phát điện gió với MPPT sử dụng thuật toán P&O. Hệ thống này bao gồm máy phát điện PMSG được kết nối với một bộ chỉnh lưu không điều khiển nhằm biến đổi điện áp đầu ra thành điện áp một chiều từ điện áp xoay chiều của máy phát đưa vào. Bộ tăng áp được sử dụng để điều khiển và biến đổi điện áp một chiều đầu ra bằng phương pháp truy tìm điểm công suất cực đại ở mỗi tốc độ gió khác nhau với thuật toán P&O. Bộ nghịch lưu nguồn áp được dùng để biến đổi điện áp xoay chiều từ điện áp một chiều của bộ tăng áp.



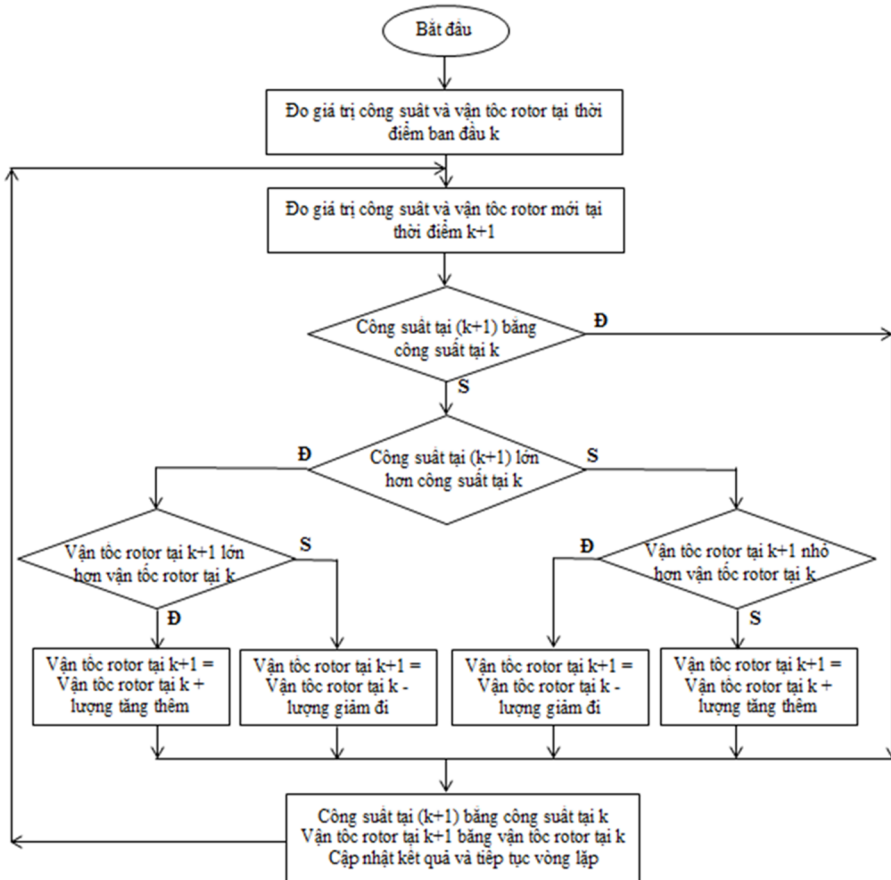
Hình 1: Sơ đồ khối của hệ thống máy phát điện gió

Thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O) được sử dụng thông dụng nhờ sự đơn giản trong thuật toán và việc thực hiện dễ dàng. Thuật toán này xem xét sự tăng, giảm tốc độ rotor theo chu kỳ để tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất. Nếu sự biến thiên của tốc độ rotor làm công suất tăng lên thì sự biến thiên tiếp theo sẽ giữ nguyên chiều hướng tăng

hoặc giảm. Ngược lại, nếu sự biến thiên làm công suất giảm xuống thì sự biến thiên tiếp theo sẽ có chiều hướng thay đổi ngược lại (Pena *et al.*, 2011). Khi MPP được xác định trên đường cong đặc tính thì sự biến thiên tốc độ rotor sẽ dao động xung quanh MPP đó. Phương pháp P&O còn gọi là phương pháp “leo đồi” (Hill Climbing).



Hình 2: Xác định MPPT bằng phương pháp leo đồi



Hình 3: Lưu đồ giải thuật P&O

Bảng 1: Tóm tắt giải thuật P&O

Vận tốc rotor đầu Công suất Vận tốc rotor sau		
Tăng	Tăng	Tăng
Tăng	Giảm	Giảm
Giảm	Giảm	Tăng
Giảm	Tăng	Giảm

Thuyết minh giải thuật P&O

– Nếu tăng vận tốc rotor, công suất thu được tăng, thì chu kì sau tiếp tục tăng vận tốc rotor.

– Nếu tăng vận tốc rotor, công suất thu được giảm, thì chu kì sau giảm vận tốc rotor.

Nếu giảm vận tốc rotor, công suất thu được tăng, thì chu kì sau tiếp tục giảm vận tốc rotor.

– Nếu giảm vận tốc rotor, công suất thu được giảm, thì chu kì sau tăng vận tốc rotor.

2.2 Phạm vi nghiên cứu

Yêu cầu đặt ra của nghiên cứu là tìm điểm công suất cực đại cho máy phát điện PMSG 200W, so sánh kết quả đạt được khi máy phát điện PMSG sử dụng và không sử dụng MPPT. Từ đó ta thấy được ưu điểm của phương pháp tìm điểm công suất cực đại MPPT cho máy phát điện PMSG 200W.

3 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

3.1 Mô hình toán học wind turbine

Gió được đặc trưng bởi tốc độ và hướng gió, nó cũng bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố như vị trí địa lý, đặc điểm khí hậu, độ cao trên mặt đất và địa hình bề mặt. Các turbine gió tương tác với gió, hấp thụ một phần năng lượng động học của gió và biến nó thành năng lượng sử dụng được.

Năng lượng của luồng không khí được tính như sau (Borkar and Kulkarni, 2015)

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho A V_w^3 \quad (1)$$

Trong đó: P_{wind} là công suất của luồng khí (W), ρ là mật độ không khí (kg/m^3) ($\rho = 1,225 kg/m^3$ trong điều kiện ở nhiệt độ $150^{\circ}C$ và áp suất $101,325kPa$), A là diện tích quét ngang của turbine (m^2), V_w tốc độ gió (m/s).

Trong các trường hợp thực tế, turbine gió sẽ luôn có một hệ số công suất nhỏ hơn Betz. Công suất thu được từ gió cho mục đích mô phỏng được đưa ra bởi Barakati (2011):

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

Trong đó: P_m là công suất cơ (W), A_r là diện tích che phủ bởi cánh quạt (m^2), $A_r = \pi R^2$, với R bán kính cánh quạt turbine (m), $C_p(\lambda, \beta)$ là hệ số hiệu

suất của turbine, λ là tỷ lệ tốc độ đầu cánh, β là góc lật cánh (deg)

Tỷ lệ tốc độ đầu cánh được thể hiện bằng công thức sau (Rolan *et al.*, 2009; Hassan and Said, 2017):

$$\lambda = \frac{\omega_m R}{V_w} \quad (3)$$

Với ω_m là vận tốc góc của turbine (rad/s)

Hệ số công suất không phải là một giá trị tĩnh, công thức cơ bản về hệ số công suất sử dụng cho mục đích mô phỏng có thể được định nghĩa như là một hàm của tỷ lệ tốc độ đầu cánh và góc lật cánh như sau (Hassan and Said, 2017):

$$C_p(\lambda, \beta) = 0.576 \left(\frac{116}{\lambda_i} - 0.4\beta - 5 \right) e^{-\frac{21}{\lambda_i}} + 0.0068\lambda \quad (4)$$

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1} \quad (5)$$

Mối quan hệ giữa moment cơ T_m và công suất cơ P_m được cho bởi biểu thức dưới đây (Eid *et al.*, 2006; Omijeh *et al.*, 2013):

$$T_m = \frac{P_m}{\omega_m} \quad (6)$$

Trong đó: T_m là moment cơ sinh ra bởi turbine (N.m)

3.2 Mô hình toán học của máy phát điện PMSG

3.2.1 Phương trình điện áp và dòng điện

$$\frac{d}{dt} i_d = \frac{v_d}{L_d} - \frac{R_s}{L_d} i_d + \frac{L_q}{L_d} \omega_e i_q \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} i_q = \frac{v_q}{L_d} - \frac{R_s}{L_d} i_q - \frac{L_d}{L_d} \omega_e i_d - \frac{\lambda_0 \omega_e}{L_q} \quad (8)$$

Với $\omega_e = p\omega_m$

3.2.2 Moment điện từ

Moment điện từ trong máy phát PMSG được mô tả bởi phương trình sau (Rolan *et al.*, 2009):

$$T_e = 1.5p[\lambda_0 i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (N.m) \quad (9)$$

Trong đó:

L_q và L_d : độ tự cảm của máy phát trên trục d và q (H)

R_s : điện trở stator (Ω)

i_q và i_d : dòng điện trên trục d và q (A)

v_q và v_d : điện thế trên trục d và q (V)

ω_m : tốc độ góc rotor (rad/s)

λ_0 : từ thông của nam châm vĩnh cửu (Wb)

p : số cặp cực

3.2.3 Biến đổi Park (chuyển đổi hệ tọa độ abc sang dq và ngược lại)

Sự chuyển đổi giữa hệ tọa độ quay dq và hệ tọa độ 3 pha abc và ngược lại được thực hiện bởi phép biến đổi Park cho dưới đây (Patel et al., 2015).

$$\begin{bmatrix} f_q \\ f_d \\ f_0 \end{bmatrix} = [T_{qdo}] \begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix} \quad (10)$$

Và

$$\begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix} = [T_{qdo}]^{-1} \begin{bmatrix} f_q \\ f_d \\ f_0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$f_d = \frac{2}{3} \left[f_a \cos \theta_e + f_b \cos \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) + f_c \cos \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) \right] \quad (12a)$$

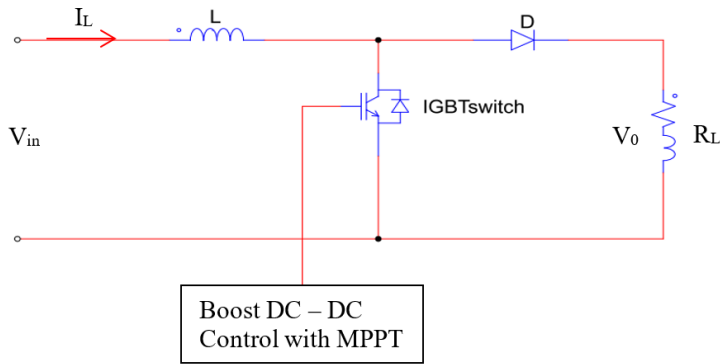
$$f_q = -\frac{2}{3} \left[f_a \sin \theta_e + f_b \sin \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) + f_c \sin \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) \right] \quad (12b)$$

$$\begin{aligned} f_a &= f_d \cos \theta_e - f_q \sin \theta_e \\ (13a) \quad f_b &= f_d \cos \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) - f_q \sin \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) \\ (13b) \end{aligned}$$

$$f_c = f_d \cos \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) - f_q \sin \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) \quad (13c)$$

3.3 Bộ tăng áp

Bộ tăng áp là một trong những bộ chuyển đổi DC – DC có thể tăng điện áp trong khi đang giảm dòng điện từ nguồn cung cấp đầu vào đến tải đầu ra của nó. Điện áp đầu ra trong bộ tăng áp thường được điều khiển bằng cách sử dụng công tắc chuyển mạch.



Hình 4: Sơ đồ bộ tăng áp và khối điều khiển

Việc xác định chu kỳ làm việc (D) phụ thuộc vào thời gian T_{ON} và tần số chuyển f_s

$$D = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{T_{ON}}{T} = T_{ON} f_s \quad (14)$$

Trong quá trình hoạt động ổn định, tỷ lệ giữa điện áp đầu ra và điện áp đầu vào là $\frac{1}{1-D}$. Điện áp đầu ra được điều khiển bằng cách thay đổi chu kỳ làm việc D ($0 < D < 1$).

$$T_{ON} = D \cdot T \quad (15)$$

$$T_{OFF} = (1 - D) \cdot T \quad (16)$$

Điện áp đầu ra của bộ tăng áp

$$V_{out} = \frac{1}{1-D} V_{in} \quad (V) \quad (17)$$

Với $V_{in} = V_{rec}$ (vì điện áp vào V_{in} của bộ chuyển đổi Boost chính là điện áp ra V_{rec} của bộ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển). Thay $V_0 = V_{rec} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V_{LL}$ (V_{LL} là điện áp dây của máy phát) vào ta được:

$$V_{out} = \frac{1}{1-D} \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V \quad (V) \quad (18)$$

Với V là điện áp dây ngõ vào của bộ chỉnh lưu cầu không điều khiển và cũng là điện áp dây ngõ ra của PMSG.

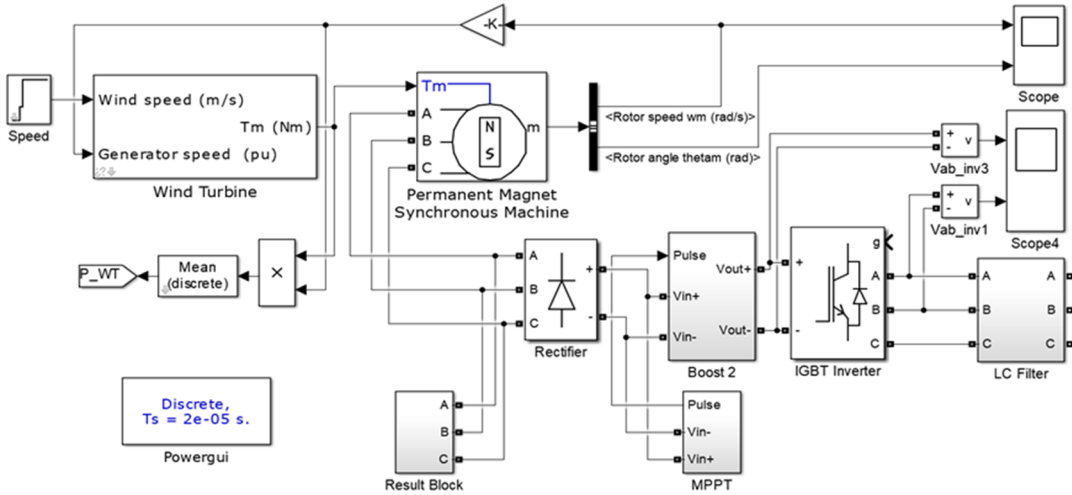
Thay $V = \omega \sqrt{k_e^2 - \left(\frac{T_e L}{k_T}\right)^2}$ vào (18) ta được:

$$V_0 = \frac{1}{1-D} \frac{3\sqrt{6}\omega}{\pi} \sqrt{k_e^2 - \left(\frac{T_e L}{k_T}\right)^2} \quad (V) \quad (19)$$

Từ (19) ta thấy khi hệ số D thay đổi thì V_0 sẽ thay đổi theo, khi V_0 thay đổi thì ω cũng sẽ thay đổi. Dựa vào môi quan hệ trên, chỉ cần tìm ra hệ số D thích hợp thì khi đó hệ thống sẽ hoạt động tại MPP.

3.4 Mô hình mô phỏng tổng quát hệ thống máy phát điện gió PMSG 200 W

Mô hình mô phỏng tổng quan hệ thống máy phát điện gió PMSG 200 W bao gồm các khối Wind Turbine, khối Permanent Magnet Synchronous Machine, khối Rectifier – Inverter, khối Boost DC-DC, khối MPPT cùng các khối hỗ trợ tính toán, đo lường và hiển thị.

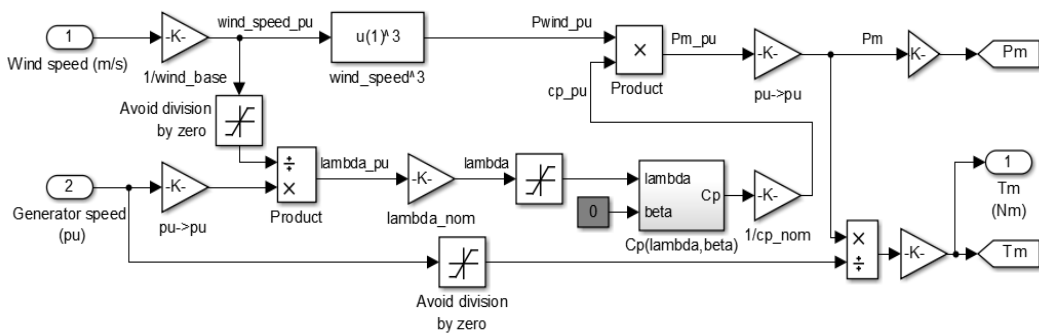


Hình 5: Sơ đồ tổng quát hệ thống máy phát điện gió PMSG 200 W

3.5 Mô hình mô phỏng khối Wind Turbine

mô hình mô phỏng khối Wind turbine trên MATLAB:

Dựa vào phương trình (1) đến (6) để xây dựng



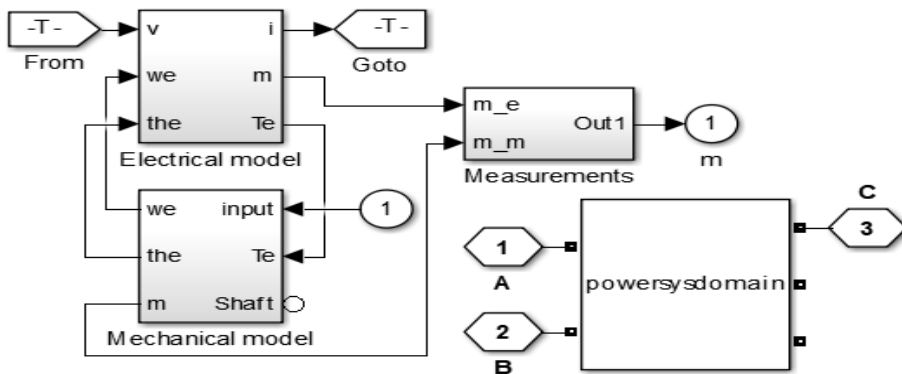
Hình 6: Sơ đồ khối Wind Turbine

Trong đó, khối $C_p(\lambda, \beta)$ dùng để tính hệ số hiệu suất của Wind turbine.

Phương pháp dò tìm điểm công suất cực đại được sử dụng khi tốc độ gió dưới tốc độ định mức, lúc này góc lật cánh β sẽ không có ý nghĩa nên chọn góc lật cánh β là 0° .

3.6 Mô hình mô phỏng khối máy phát điện PMSG

Dựa vào phương trình (7) đến (13) để xây dựng mô hình mô phỏng khối máy phát PMSG trên MATLAB.



Hình 7: Sơ đồ khối máy phát điện PMSG

Khối Powersysdomain dùng để đưa ra điện áp ba pha.

Khối Electrical model bên trong bao gồm các khối chức năng thực hiện phép biến đổi Park dùng để tính và đưa ra dòng điện, moment điện từ.

Khối Mechanical model nhận giá trị moment cơ và moment điện từ để tính toán và đưa ra giá trị tốc độ góc của dòng điện ω_e và góc θ_e .

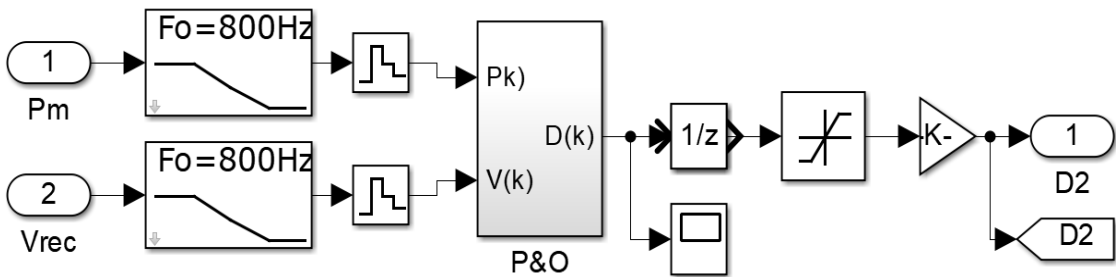
Khối Measurements là khối dùng để đo lường và xuất ra các đại lượng có trong máy phát điện PMSG.

3.7 Mô phỏng bộ điều khiển MPPT

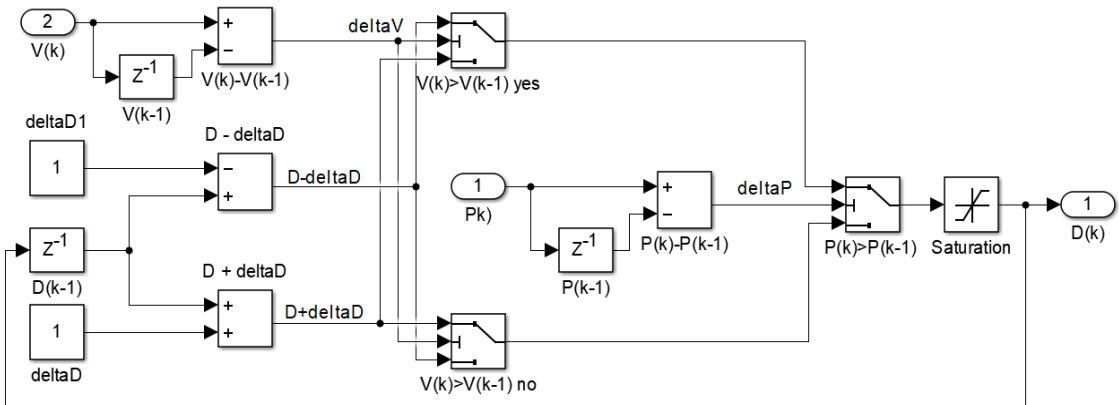
Dựa vào phương trình (14) đến (19) và lưu đồ giải thuật P&O ở Hình 3 để xây dựng mô hình mô phỏng bộ điều khiển MPPT trên MATLAB.

Bộ điều khiển MPPT P&O được thiết lập trong Simulink MATLAB như Hình 8. Bộ MPPT P&O được thiết kế để tìm điểm MPP của hệ thống máy phát điện gió, nó có ngõ vào là công suất của turbine gió và điện áp đầu ra của bộ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển, và ngõ ra là hệ số D.

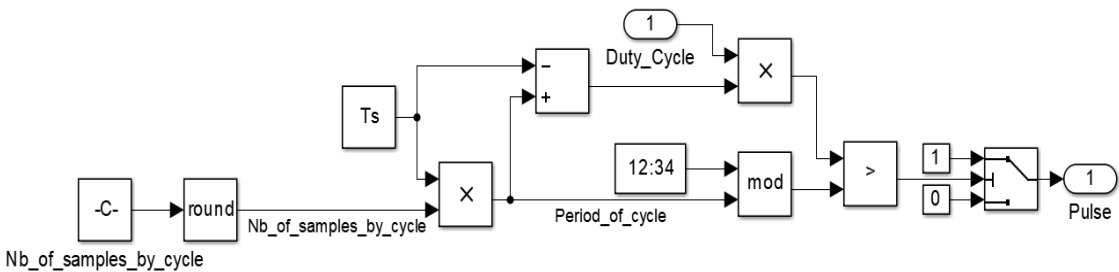
Giải thuật P&O được điều khiển bằng phương pháp đo trực tiếp tín hiệu ra được thể hiện như Hình 9.



Hình 8: Bộ điều khiển MPPT



Hình 9: Mô phỏng giải thuật P&O



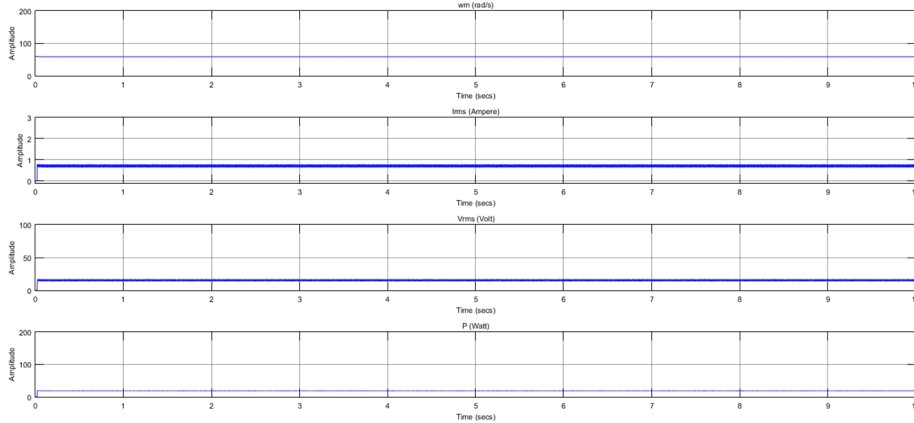
Hình 10: Bộ giải mã hệ số D thành tín hiệu điều khiển

Bộ giải mã hệ số D thành tín hiệu điều khiển khóa điện tử công suất của bộ chuyển đổi Boost được thể hiện như Hình 10.

4 KẾT QUẢ

4.1 Kết quả mô phỏng ở tốc độ gió cố định

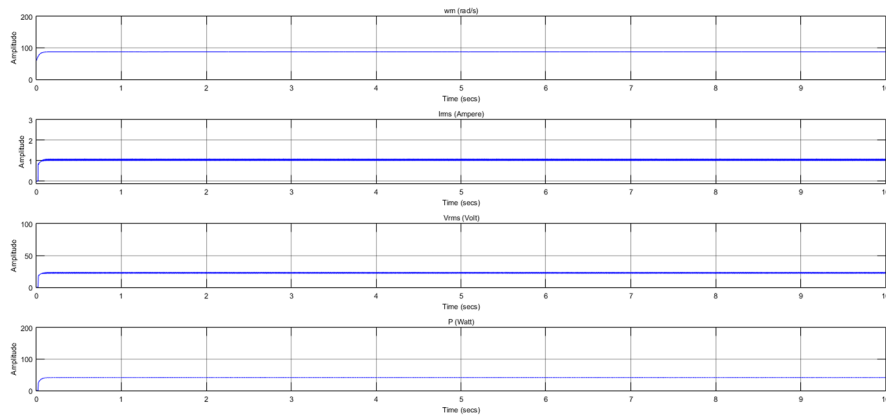
Ta sẽ đưa tốc độ gió cố định, lần lượt là: 6 m/s, 8 m/s, 12 m/s vào hệ thống và cho hệ thống hoạt động trong thời gian là 10s.



Hình 11: Kết quả mô phỏng ở tốc độ gió 6m/s không có MPPT

Với tốc độ gió là 6 m/s thì hệ thống làm việc và đưa ra giá trị của vận tốc rotor trong khoảng $\omega_r =$

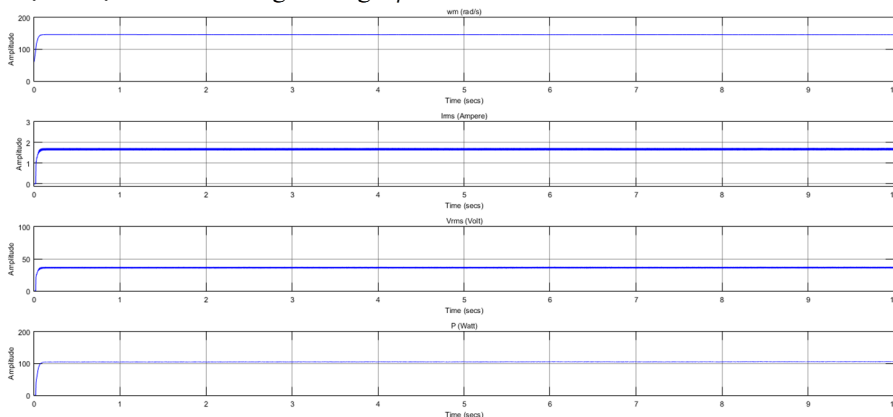
58.6 rad/s, dòng điện $I_{rms} = 0.66$ A, điện áp $V_{rms} = 16.58$ V, công suất turbine gió $P = 18.9$ W.



Hình 12: Kết quả mô phỏng ở tốc độ gió 8 m/s không có MPPT

Với tốc độ gió là 8 m/s thì hệ thống sẽ tính toán và đưa ra giá trị của vận tốc rotor trong khoảng $\omega_r =$

87.4 rad/s, dòng điện $I_{rms} = 1.034$ A, điện áp $V_{rms} = 22.94$ V, công suất turbine gió $P = 41.03$ W.



Hình 13: Kết quả mô phỏng ở tốc độ gió 12 m/s không có MPPT

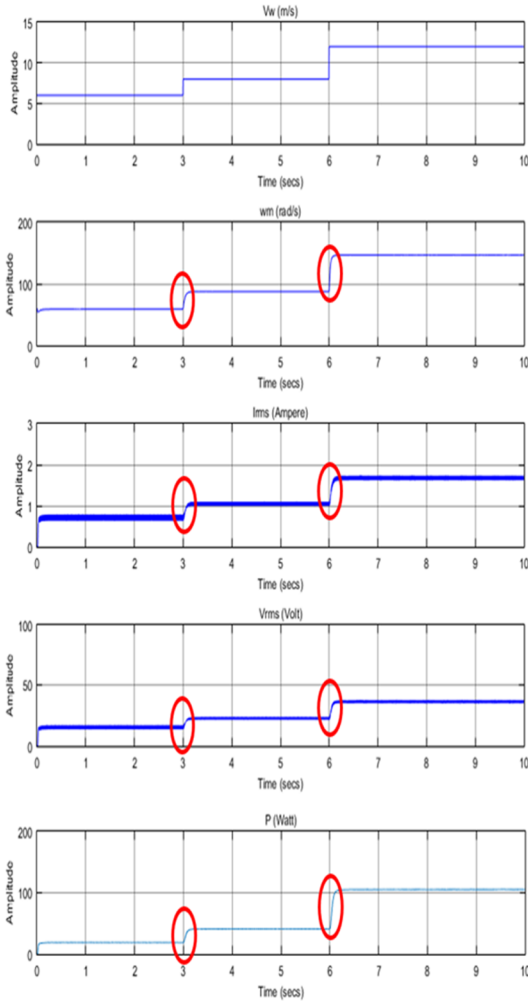
Với tốc độ gió là 12 m/s, đồng thời là tốc độ định mức của turbine, khi đó hệ thống sẽ tính toán và đưa ra giá trị của $\omega_r = 146$ rad/s, dòng điện $I_{rms} = 1.624$ A, điện áp $V_{rms} = 37.56$ V công suất turbine gió là $P = 105.5$ W.

Từ các kết quả mô phỏng trên cho thấy rằng hệ thống hoạt động ổn định, công suất của turbine gió

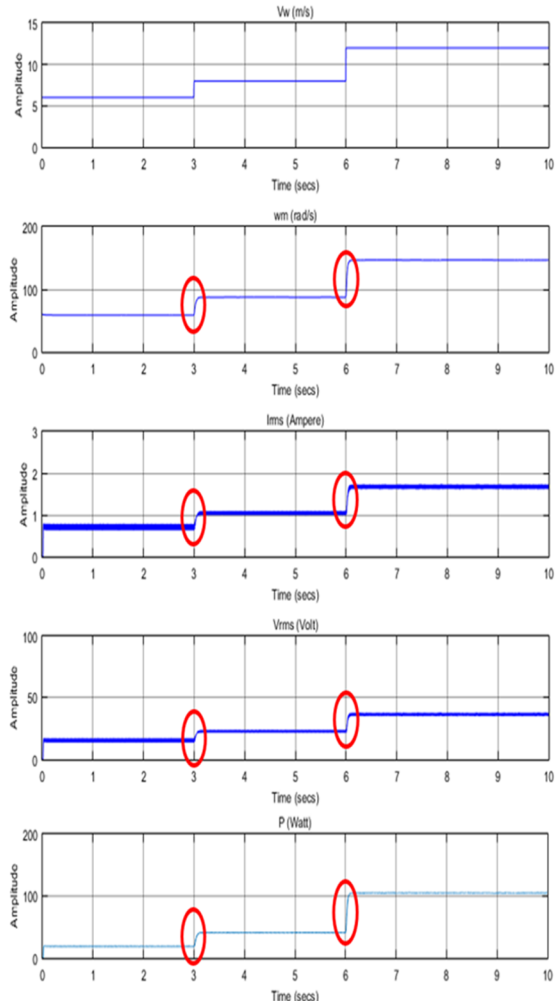
gần bằng với công suất tính toán từ hàm mục tiêu đã đưa ra.

4.2 So sánh kết quả khi không sử dụng phương pháp MPPT và có sử dụng phương pháp MPPT

Ta sẽ đưa tốc độ gió thay đổi lần lượt là: 6 m/s, 8 m/s, 12 m/s vào hệ thống và cho hệ thống hoạt động trong thời gian là 10s.



Hình 14a



Hình 14b

Hình 14: Kết quả mô phỏng không có sử dụng MPPT (Hình 14a) và kết quả mô phỏng có sử dụng MPPT (Hình 14b)

Từ kết quả mô phỏng trên cho thấy rằng hệ thống có MPPT (Hình 14b) đạt được giá trị công suất, điện áp, dòng điện và tốc độ góc rotor cực đại nhanh hơn so với hệ thống không có MPPT (Hình 14a) khi tốc độ gió thay đổi.

5 KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu ta thấy khi hệ thống xác lập, thời gian quá độ của hệ thống khi xuất hiện sự thay đổi tốc độ gió hay phụ tải là rất ngắn. Các kết

quả đạt được có một sự dao động nhưng sự dao động này là nhỏ, không đáng kể, có thể chấp nhận được.

Khi có sử dụng phương pháp MPPT thì hệ thống làm việc ở điểm tối ưu, hiệu suất tăng cao, các thông số dòng điện, công suất đều được nâng cao hơn so với khi không sử dụng phương pháp MPPT.

Qua đó, ta thấy được bộ MPPT P&O đã hoạt động tốt với yêu cầu là tìm ra được điểm làm việc có công suất cực đại của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Eid, A.M., Abdel-Salam, M. and Abdel-Rahman, M.T., 2006. Vertical axis wind turbine modeling and performance with axial flux permanent magnet synchronous generator for battery charging applications. *In: The eleventh international middle east power systems conference MEPCON 2006*, 19 December to 21 December 2006, El-Minia, Egypt. International conference, 1: 162-166.
- Dalala, Z.M., Zahid, Z.U., Yu, W., Cho, Y. and Lai, S.-J., 2013. Design and Analysis of an MPPT Technique for Small-Scale Wind Energy Conversion Systems. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 28(3): 756-767.
- Haque, M.E., Negnevitsky, M. and Muttaqi, K.M., 2010. A Novel Control Strategy for a Variable-Speed Wind Turbine With a Permanent-Magnet Synchronous Generator. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 46(1): 331-339.
- Hassan, A. and Said, E.B., 2017. New MPPT Control for Wind conversion System based PMSG and a comparaison to Conventionals approachs. *In: The 14th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD) 2017*, 28 March to 31 March 2017, Marrakech, Morocco. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 38-43.
- Barakati, S.M., 2011. Wind Turbine Systems: History, Structure, and Dynamic Model. *In: Ahmed F. Zobaa, Ramesh C. Bansal (Eds.). Handbook of Renewable Energy Technology*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.. Singapore, 21-51.
- Omijeh, B.O., Nmom, C.S. and Nlewem, E., 2013. Modeling of a Vertical Axis Wind Turbine with Permanent Magnet Synchronous Generator for Nigeria. *International Journal of Engineering and Technology*. 3(2): 212-220.
- Pena, J.C.U., De Brito, M.A.G., e Melo, G.D. A., and Canesin, C.A., 2011. A Comparative Study of MPPT Strategies and A Novel Single Phase Interrated Buck-Boost Inverter for Small Wind Energy Conversion Systems. *In: XI Brazilian Power Electronics Conference*, 11 September to 15 September 2011, Praiamar, Brazil. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 458-465.
- Rolan, A., Luna, A., Vazquez, G., Aguilar, D. and Azevedo, G., 2009. Modelling of a Variable Speed Wind Turbine with a Permanent Magnet Synchronous Generator. *In: IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009)*, 5 July to 8 July 2009, Seoul Olympic Parktel, Seoul, Korea. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 734-739.
- Borkar, R. and Kulkarni, V.A., 2015. Modelling and Simulation of Wind Powered Permanent Magnet Direct Current (PMD) Motor Using Matlab. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 4(4): 2975-2979.
- Patel, S.J., Patel, J.M. and Jani, H.B., 2015. Dynamic Modelling of the three-phase Induction Motor using SIMULINK-MATLAB. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. 2(3): 412-428.
- Nguyễn Thái Sơn, 2012. Tìm điểm cực đại máy phát điện gió không đồng bộ nguồn kép dùng phương pháp điều khiển định hướng trường và PSF. Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố Hồ Chí Minh.