

NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ DFIG

RESEARCHING AN ALGORITHM IN CONTROLLING DFIG BASE WIND TURBINE

Trương Đình Nhơn¹, Lê Đoàn Thanh An²

¹ Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

² Trường Cao đẳng Nghề Việt Nam Singapore

TÓM TẮT

Hiện nay máy phát điện nguồn kép (DFIG) sử dụng ghép nối với tua bin gió được sử dụng do các tính năng ưu điểm của nó. Khi sử dụng hệ thống phát điện bằng năng lượng tái tạo tích hợp vào hệ thống điện, một trong những yêu cầu cơ bản là khả năng ổn định của hệ thống phát điện. Để nâng cao tính ổn định động trong hệ thống điện ta cần có các bộ điều khiển trong hệ thống máy phát DFIG như điều khiển PI, điều khiển mờ (Fuzzy control), điều khiển kiểu nơ ron (Neural)... Bài báo này trình bày áp dụng thuật toán điều khiển theo hệ nơ ron mờ thích nghi (ANFIS) vào hệ thống máy phát điện gió tích hợp với lưới để làm tăng khả năng ổn định của hệ thống lưới điện. Mục tiêu của bài toán là tăng tính ổn định của hệ thống và máy phát DFIG tích hợp vào lưới trong các trường hợp sự cố với lưới hoặc khi công suất lưới thay đổi.

Từ khóa: Hiệu chỉnh hệ thống DFIG – Bộ điều khiển mờ - bộ điều khiển hệ nơ ron mờ thích nghi – hệ thống tua bin gió DFIG tích hợp với lưới.

ABSTRACT

Doubly fed induction generator (DFIG) is used by many advantages. When integrating renewable generator systems into the electricity system, one of the basic requirements is the stability of DFIG system. To enhance dynamic stability in the power system we need to have the controller in the control algorithm of DFIG generator system as PI controller, fuzzy controller (fuzzy control), controls the type of neuron (Neural)... This paper presents a modified the controller of Grid Side Controller (GSC) using (ANFIS) in network intergrated DFIG wind turbin system in order to increase network stabilizing. The objective of the problem is to increasing system stable through faults or changing network power.

Key words: Modified DFIG system - Fuzzy control

ANFIS – DFIG wind turbin system intergrated network.

Các ký hiệu sử dụng:

DFIG Doubly Fed Induction Generator

PI Proportional Intergral

ANFIS Adaptive Neural Fuzzy Inference System

GSC Grid Side Converter

RSC Rotor Side Converter

FLC Fuzzy Logic Controller

v_d Điện áp trục d hệ quy chiếu dq (V)

v_q Điện áp trục q hệ quy chiếu dq (V)

v_α Điện áp trục α hệ quy chiếu $\alpha\beta$ (V)

v_β Điện áp trục β hệ quy chiếu $\alpha\beta$ (V)

i_s Dòng điện stator (A)

i_r Dòng điện rotor (A)

R_s Điện trở stator (Ω)

L_s Điện cảm stator (H)

L_r Điện cảm rotor (H)

L_m Điện cảm từ hóa (H)

L_s Điện cảm rò dây quấn stator (H)

L_r Điện cảm rò dây quấn rotor (H)

ψ_d Từ thông trục d stator (Wb)

ψ_q Từ thông trục q stator (Wb)

ψ_r Từ thông trục d rotor (Wb)

ψ_r Từ thông trục q rotor (Wb)

L_f Điện cảm cuộn kháng lọc inverter nối lưới (H)

R_f Điện trở cuộn kháng lọc inverter nối lưới (Ω)

m_f Tỷ số điều chế tần số

m_a Tỷ số điều chế biên độ

Các ký hiệu chỉ số

- Chỉ số trên

s : Quy về phía stator

r : Quy về phía rotor

ref hoặc *: Giá trị tham chiếu (giá trị đặt)

- Chỉ số dưới

s : Các đại lượng của stator

r : Các đại lượng của rotor

turb : Các đại lượng của turbine

d; q : Các đại lượng quy chiếu trục d hoặc q của hệ quy chiếu dq

I. GIỚI THIỆU

Khác với năng lượng không tái sinh, năng lượng tái sinh thì không bao giờ cạn kiệt. Hiện nay máy phát điện nguồn kép (DFIG) sử dụng ghép nối với tua bin gió được sử dụng do các tính năng ưu điểm của nó. Một trong những ưu điểm của nó so với hệ thống máy phát điện gió truyền động trực tiếp. Với hệ thống truyền động trực tiếp, toàn bộ năng lượng được chuyển đổi chỉ khoảng 20% năng lượng gió đi qua chuyển đổi thành điện năng, phần năng lượng còn lại đi qua stator mà không chuyển thành năng lượng điện. Một ưu điểm khác nữa của hệ thống máy phát điện gió DFIG là khả năng điều khiển phối hợp công suất tác dụng và công suất phản kháng cho việc ghép nối vào lưới tốt hơn. Tuy nhiên do dây quấn stator kết nối trực tiếp với lưới điện nên máy phát điện gió DFIG chịu ảnh hưởng rất nhanh khi có sự cố trên lưới. Đã có nhiều bài báo thảo luận về vấn đề làm thế nào để giảm các ảnh hưởng xấu của các sự cố lưới điện đến hệ các thông máy phát điện gió sử dụng DFIG [12-16].

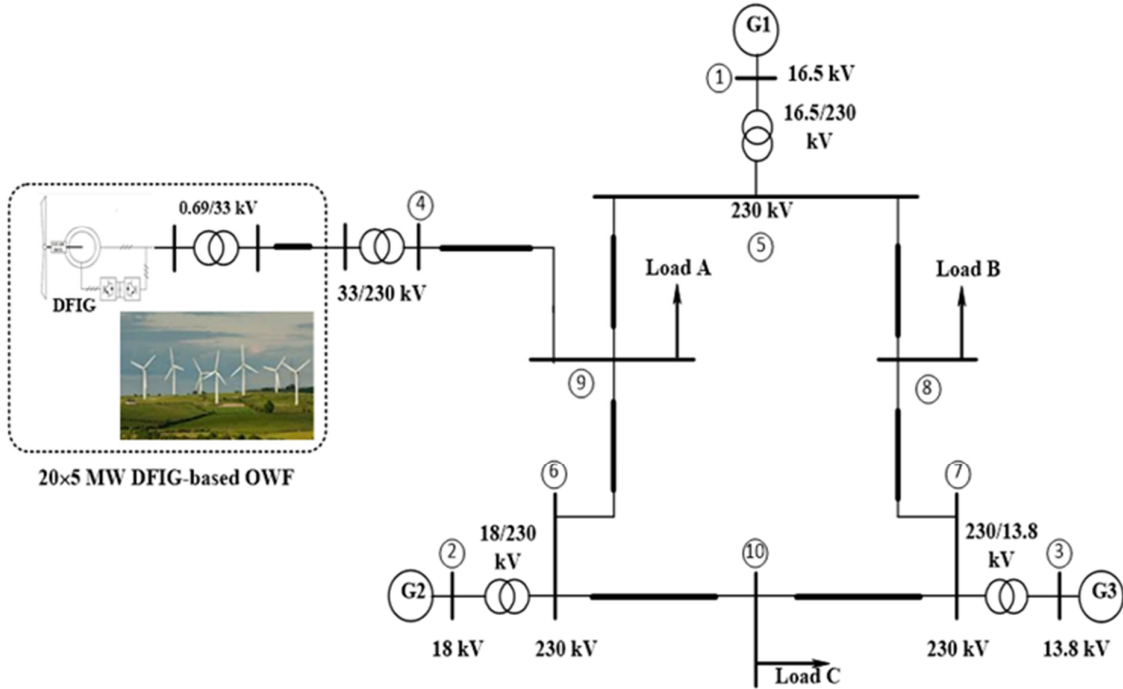
Trong tài liệu tham khảo số [17], tác giả Bùi Thanh Tân với tựa đề: “Điều Khiển Độc Lập P Và Q Của Máy Phát Điện Gió Không Đồng Bộ Nguồn Kép”, luận văn thạc sĩ, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh, tháng 5/2011. Luận văn tập trung vào vấn đề điều khiển định hướng Vec tơ từ thông stator để từ đó điều khiển độc lập công suất P và Q của máy phát điện gió không đồng bộ nguồn kép có xem xét đến sự thay đổi của tốc độ gió trên cơ sở mô hình hóa máy phát điện DFIG, tua bin gió, trục truyền và các thiết bị điện tử công suất được giả định là lý tưởng. Nghiên cứu [18] Yufei Tang, HaiboHe, ZhenNi, JinyuWen, XianchaoSui, “Reactive Power Control Of Grid-Connected Wind Farm Based On Adaptive Dynamic Programming”, Elsevier B.V, 2013. Nói về vấn đề tối ưu hóa điều khiển công suất phản kháng cho máy phát DFIG nối lưới dựa trên chương trình thích ứng động. Nghiên cứu đề cập đến vấn đề điều khiển máy phát DFIG với bộ điều khiển lập trình thích ứng động (Adaptive Dynamic Programming) để tăng sự ổn định của máy

phát DFIG nối lưới trong và sau quá trình xảy ra sự cố ngắn mạch chạm đất (ground fault) của lưới điện ghép nối. Nghiên cứu [19] Sathans and Jitender Rohilla, “Intelligent Control of DFIG based Variable Speed Wind Turbine System using Artificial Neural Network”, the 2014 International Conference on Power Systems, Energy, Environment (PSEE 2014), Interlaken, Switzerland, February 2014. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả sử dụng thuật toán hệ nơ ron nhân tạo (Artificial Neural Network) áp dụng vào bộ điều khiển phía rotor (RSC) để làm tăng sự ổn định của hệ thống máy phát điện gió DFIG so với kiểu điều khiển vec tơ trong khi lưới điện vận hành.

Khi khảo sát mạng nơ ron và logic mờ, ta thấy mỗi loại đều có điểm mạnh, điểm yếu riêng của nó. Đối với logic mờ, ta dễ dàng thiết kế một hệ thống mong muốn chỉ bằng các luật nếu - thì (If-Then) gắn với việc xử lý của con người. Với đa số ứng dụng thì điều này cho phép tạo ra lời giải đơn giản hơn, trong khoảng thời gian ngắn hơn. Thêm nữa, ta dễ dàng sử dụng những hiểu biết của mình về đối tượng để tối ưu hệ thống một cách trực tiếp. Đối với mạng nơ ron, chúng có một số ưu điểm như xử lý song song nên tốc độ xử lý rất nhanh; Mạng nơ ron có khả năng học hỏi; Ta có thể huấn luyện mạng để xấp xỉ một hàm phi tuyến bất kỳ, đặc biệt khi đã biết một tập dữ liệu vào/ra. Từ những phân tích trên, ta thấy nếu kết hợp logic mờ và mạng nơ ron, ta sẽ có một hệ lai với ưu điểm của cả hai: logic mờ cho phép thiết kế hệ dễ dàng, tường minh trong khi mạng nơ ron cho phép học những gì mà ta yêu cầu về bộ điều khiển. Nó sửa đổi các hàm phụ thuộc về hình dạng, vị trí và sự kết hợp, ... hoàn toàn tự động. đây cũng chính là đặc điểm của bộ điều khiển sử dụng hệ nơ ron mờ thích nghi (ANFIS)

Bài báo này sẽ áp dụng thay thế bộ điều khiển PI bằng bộ điều khiển ANFIS vào khâu điều khiển phía lưới (Grid Side Converter – GSC) của hệ thống máy phát điện gió DFIG nối với lưới điện [24] mục đích của việc thay thế này là làm tăng khả năng ổn định của hệ

thống DFIG, từ đó cải thiện sự ổn định cho lưới điện ghép nối.



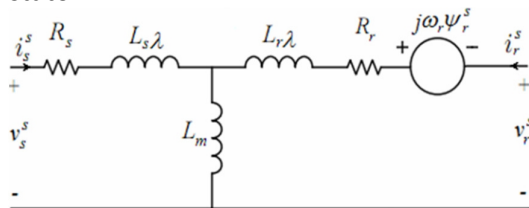
Hình 1: Hệ thống khảo sát 3 máy phát 9 nút sau khi thêm máy phát DFIG.

II. MÔ HÌNH MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ DFIG [17]

2.2. Mô hình toán máy phát điện gió DFIG

Máy điện không đồng bộ nguồn kép DFIG bản chất là máy phát điện không đồng bộ rotor dây quấn. Phương trình toán mô phỏng máy điện này và máy điện không đồng bộ rotor lồng sóc thông thường giống nhau. Ngoài trừ, điện áp rotor khác không đối với máy điện rotor dây quấn và bằng không đối với máy điện rotor lồng sóc vì mạch rotor ngắn mạch.

Quy đổi các thông số về mạch stator, và đưa các phương trình về hệ tọa độ tĩnh gắn trên stator.



Hình 3.3: Mạch tương đương máy điện DFIG quy đổi về phía stator

Dựa vào sơ đồ, Ta có được phương trình điện áp stator và rotor.

$$\vec{v}_s^s = R_s \vec{i}_s^s + \frac{d\vec{\psi}_s^s}{dt} \quad (1)$$

$$\vec{v}_r^s = R_r \vec{i}_r^s + \frac{d\vec{\psi}_r^s}{dt} - j\omega_r \vec{\psi}_r^s \quad (2)$$

Phương trình từ thông

$$\vec{v}_s^s = R_s \vec{i}_s^s + \frac{d\vec{\psi}_s^s}{dt} \quad (3)$$

$$\vec{v}_r^s = R_r \vec{i}_r^s + \frac{d\vec{\psi}_r^s}{dt} - j\omega_r \vec{\psi}_r^s \quad (4)$$

Ta có được phương trình điện áp stator và rotor trên hệ trục dq:

$$v_{ds} = R_s i_{ds} - \omega_s \psi_{qs} + \frac{d\psi_{ds}}{dt} \quad (5)$$

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + \omega_s \psi_{ds} + \frac{d\psi_{qs}}{dt} \quad (6)$$

$$v_{dr} = R_r i_{dr} - (\omega_s - \omega_r) \psi_{qr} + \frac{d\psi_{dr}}{dt} \quad (7)$$

$$v_{qr} = R_r i_{qr} + (\omega_s - \omega_r) \psi_{dr} + \frac{d\psi_{qr}}{dt} \quad (8)$$

2.2. Mô hình mô phỏng DFIG sử dụng phần mềm MATLAB

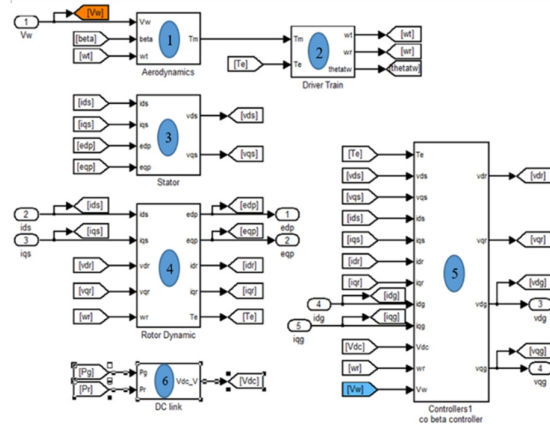
Ta xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống DFIG trên phần mềm MATLAB dựa vào mô

hình toán và được chia thành các khối chức năng chính như hình 2, trong đó:

Khối 1 (Aerodynamics): mô phỏng chức năng của tua bin gió chuyển đổi động năng của gió thành cơ năng ở đầu trục tua bin. Các tín hiệu đầu vào là vận tốc gió, góc xoay của cánh quạt và vận tốc góc của trục tua bin. Tín hiệu đầu ra của khối 1 là mô men trục tua bin.

Khối 2 (Driver train): mô phỏng chức năng hộp số truyền động trung gian giữa tua bin gió và trục rô to của máy phát DFIG.

Khối 3 (Stator): mô phỏng stator của máy phát DFIG với các tín hiệu đầu vào là dòng điện và sức điện động của các cuộn dây quấn stator, tín hiệu ngõ ra là giá trị điện áp. Các giá trị đã được biến đổi theo hệ trục tọa độ d-q.



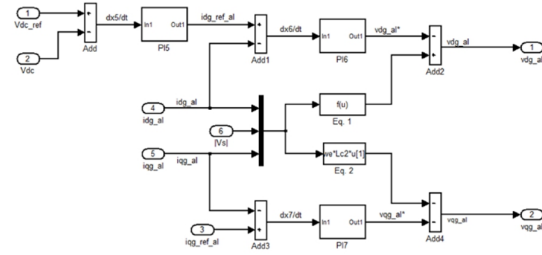
Hình 2: Mô hình máy phát DFIG dạng khối xây dựng trong phần mềm MATLAB

Khối 4 (Rotor Dynamic): mô phỏng rô to của máy phát DFIG với các tín hiệu ngõ vào là dòng điện stator, điện áp trên các cuộn dây quấn rô to và vận tốc góc của rô to. Tín hiệu ngõ ra là sức điện động cảm ứng stator, dòng điện trên rô to và T_e .

Khối 5 (Controllers): mô phỏng các khối điều khiển sử dụng cho máy phát DFIG. Như đã đề cập phía trên sơ đồ tổng quát: có 2 bộ chuyển đổi (converter) đấu nối với nhau theo kiểu “back-to-back” để kết nối dây quấn rô to với lưới nên cần phải có 2 bộ điều khiển cho các khối chuyển đổi đó tương ứng là bộ điều khiển phía rô to (RSC) và phía lưới (GSC). Ở đây ta bỏ qua khâu điều khiển góc xoay của cánh quạt tua bin.

Khối 6 (DC link): có vai trò cấp nguồn và là cầu nối cho 2 khối chuyển đổi công suất phía rô to và phía lưới. Tín hiệu vào của khối DC link là công suất tác dụng của stator và rô to máy phát DFIG để từ đó đưa ra tín hiệu điện áp DC thông qua sự điều khiển của khối GSC.

Ở sơ đồ hình 2: khối điều khiển 5 được chia ra thành 2 phần là RSC và GSC. Tuy nhiên trong phạm vi đề tài chỉ áp dụng thuật toán điều khiển hệ thống mờ ron mờ thích nghi (ANFIS) vào khối điều khiển biến đổi phía lưới (GSC).



Hình 3: Sơ đồ khối GSC sử dụng thuật điều khiển PI.

Phương trình điện áp rotor trên hệ trục dq:

$$v_{dr} = R_r i_{dr} + \left(L_r - \frac{L_m^2}{L_s} \right) \cdot \frac{di_{dr}}{dt} - \omega_{lp} \left(L_r - \frac{L_m^2}{L_s} \right) i_{qr} \quad (9)$$

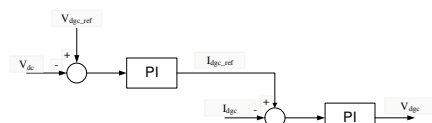
$$v_{qr} = R_r i_{qr} + \left(L_r - \frac{L_m^2}{L_s} \right) \cdot \frac{di_{qr}}{dt} + \omega_{lp} \left[\frac{L_m^2}{L_s} |i_{ms}| + \left(L_r - \frac{L_m^2}{L_s} \right) i_{qr} \right] \quad (10)$$

3 Áp dụng thuật toán ANFIS vào hệ thống DFIG

3.1 Thay thế bộ điều khiển PI5 bằng bộ điều khiển ANFIS

Đã có nhiều phương pháp tối ưu hóa sự ổn định của hệ thống DFIG dựa trên việc điều chỉnh các thông số trong hệ thống thông qua các giải thuật PSO, DE. Phương pháp cơ bản nhất được sử dụng phổ biến trong thực tế là sử dụng các bộ ổn định PI để duy trì các đại lượng: công suất phát tối đa, điện áp ngõ ra, giá trị điện áp DC trong bộ chuyển đổi công suất và công suất phản kháng của hệ thống ở lần lượt 2 khối chuyển đổi phía rô to (RSC) và phía lưới (GSC) trong các khối điều khiển của DFIG.

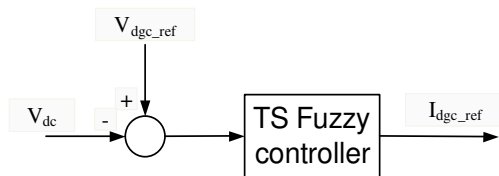
Khi sử dụng thuật toán điều khiển ANFIS thay thế cho kiểu điều khiển PI5 ta xác định ngõ vào của khối điều khiển FLC (Fuzzy Logic Controller) là sai số giữa giá trị điện áp DC tham chiếu và giá trị thực tế để từ đó điều chỉnh giá trị dòng điện tham chiếu I_{dgc_ref} như hình 5.



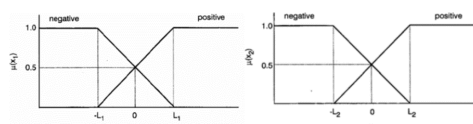
Hình 4: GSC ổn định điện áp DC.

Độ lệch giá trị điện áp DC được mờ hóa sử dụng 2 ngưỡng giá trị P (positive hay ngưỡng trên) và N (negative hay ngưỡng dưới). Sơ đồ khối của bộ ổn định sử dụng FLC

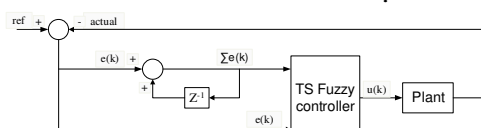
được trình bày ở hình 6. Giá trị của L1 và L2 trong hình 6 được lấy từ giá trị lớn nhất của sai số giá trị điện áp DC và tích phân của sai số đó. Các giá trị đó được lấy từ quá trình chạy mô phỏng chương trình với các bộ điều khiển PI trước đó.



Hình 5: Khâu điều chỉnh giá trị điện áp DC dùng bộ điều khiển FLC.

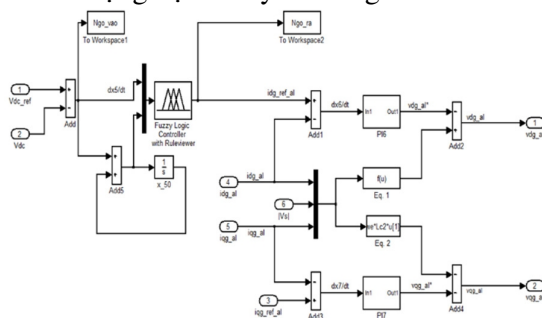


Hình 6: Các hàm liên thuộc.



Hình 7: Sơ đồ khối của bộ ổn định sử dụng FLC với ngõ vào sai số và tích phân sai số.

Từ đó ta áp dụng thay thế bộ điều khiển PI5 bằng bộ ANFIS với các thông số hệ thống máy phát DFIG. Sau khi xây dựng xong bộ điều khiển ANFIS thay thế cho bộ điều khiển PI5 ta tiến hành chạy mô phỏng hệ thống để lấy số liệu so sánh với hệ thống mô phỏng khi còn sử dụng bộ PI truyền thống.



Hình 8: Sơ đồ khối GSC sử dụng thuật điều khiển ANFIS.

3.2 Khởi tạo bộ điều khiển ANFIS thay thế bộ điều khiển PI sử dụng MATLAB

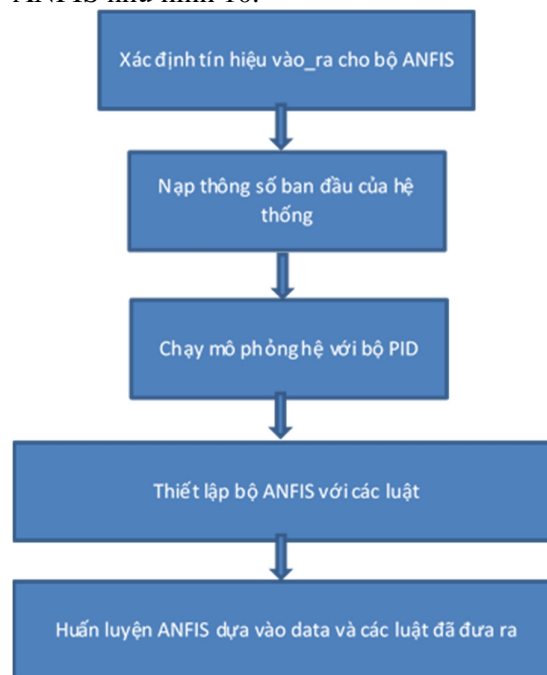
Như đã nêu ở trên, quá trình khởi tạo bộ điều khiển ANFIS phải dựa trên hệ thống dữ liệu có sẵn để từ đó ta tiến hành huấn luyện bộ

4. Kết quả mô phỏng

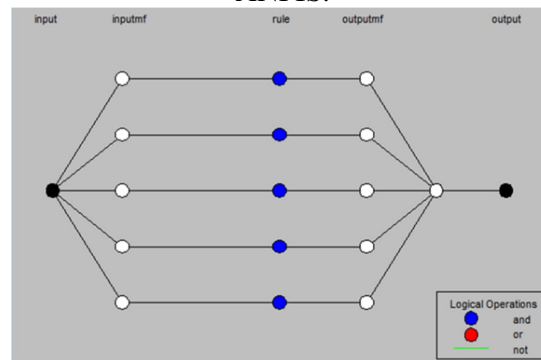
4.1 Khi thay đổi đầu vào máy phát SG1

điều khiển ANFIS dựa trên thiết lập các luật học. Quá trình thực hiện được biểu diễn bằng lưu đồ hình 9.

Cấu trúc hệ ANFIS: bộ điều khiển ANFIS có thể xây dựng theo nhiều cấu trúc khác nhau, trong đề tài này tác giả chọn bộ điều khiển ANFIS như hình 10.



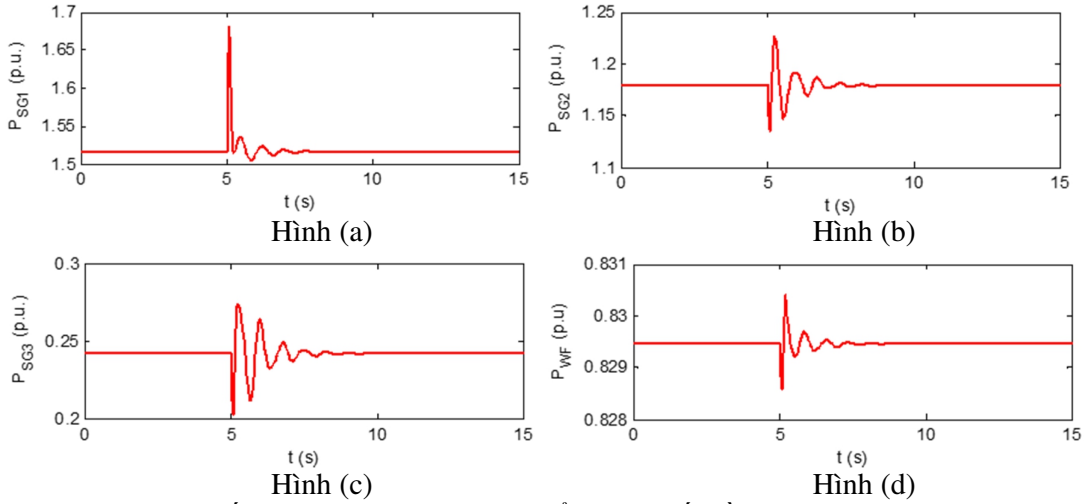
Hình 9: Lưu đồ khởi tạo bộ điều khiển ANFIS.



Hình 10: Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển ANFIS.

Sơ đồ cấu trúc thì bộ điều khiển ANFIS có 1 đầu vào và 1 đầu ra. Đầu vào có 5 nơ ron mô tả các hàm liên thuộc dạng hàm Gauss. Trong quá trình huấn luyện nếu sai số chưa đạt yêu cầu cần phải tăng số kỳ huấn luyện hoặc thay đổi cấu trúc mạng bằng cách thay đổi số nơ ron hoặc thay đổi phương pháp huấn luyện mạng.

Khi thay đổi công suất phát của SG1 ở giây thứ 5 thì các máy phát khác trong hệ thống cũng bị ảnh hưởng và thay đổi theo hình 11 (a), (b), (c), (d). biểu diễn công suất của các máy phát tương ứng SG1, SG2, SG3 và hệ thống máy phát điện gió DFIG theo miền thời gian.

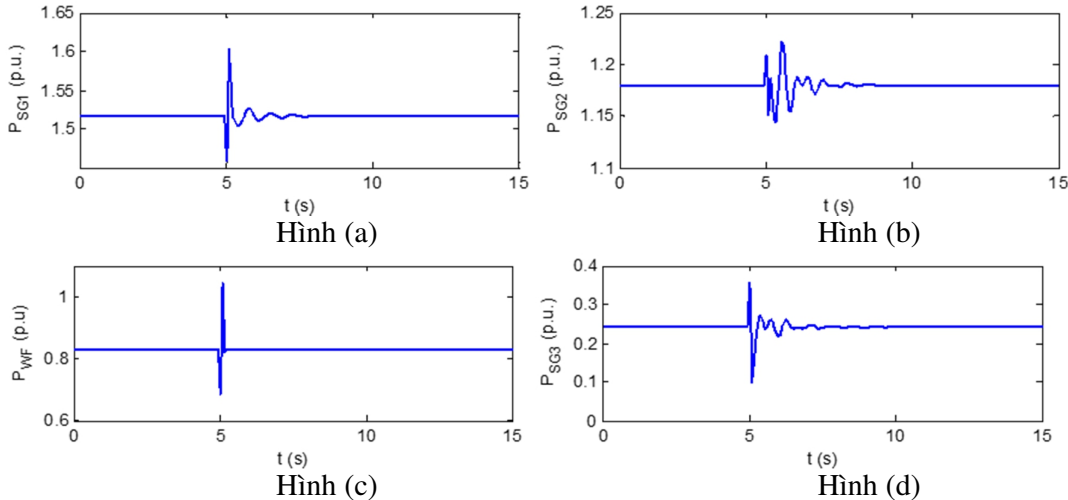


Hình 11: Kết quả mô phỏng khi thay đổi công suất đầu vào của máy phát SG1.

Ta thấy khi thay đổi công suất phát của SG1 ở giây thứ 5 thì các máy phát khác trong hệ thống cũng bị ảnh hưởng và thay đổi theo hình (a), (b), (c), (d). Cụ thể các máy phát khác và DFIG thay đổi theo chiều hướng ngược lại nhằm duy trì lượng công suất tổng phát không để tăng cao nhằm mục đích ổn định giá trị điện áp tại các nút của hệ thống.

4.2 Khi xảy ra sự cố ngắn mạch ở đường dây 5-8 trong 5 chu kỳ

Khi xảy ra sự cố ngắn mạch ở giây thứ 5 tại đường dây 5-8 thì các máy phát khác trong hệ thống cũng bị ảnh hưởng và thay đổi theo hình 12 (a), (b), (c), (d). Cụ thể SG1 bị giảm công suất phát vì vị trí ngắn mạch ở đường dây gần SG1 nhất nên bị ảnh hưởng nhiều nhất, các máy phát khác và DFIG thay đổi theo chiều hướng ngược lại nhằm duy trì lượng công suất tổng phát không để tăng cao nhằm mục đích ổn định giá trị điện áp tại các nút của hệ thống



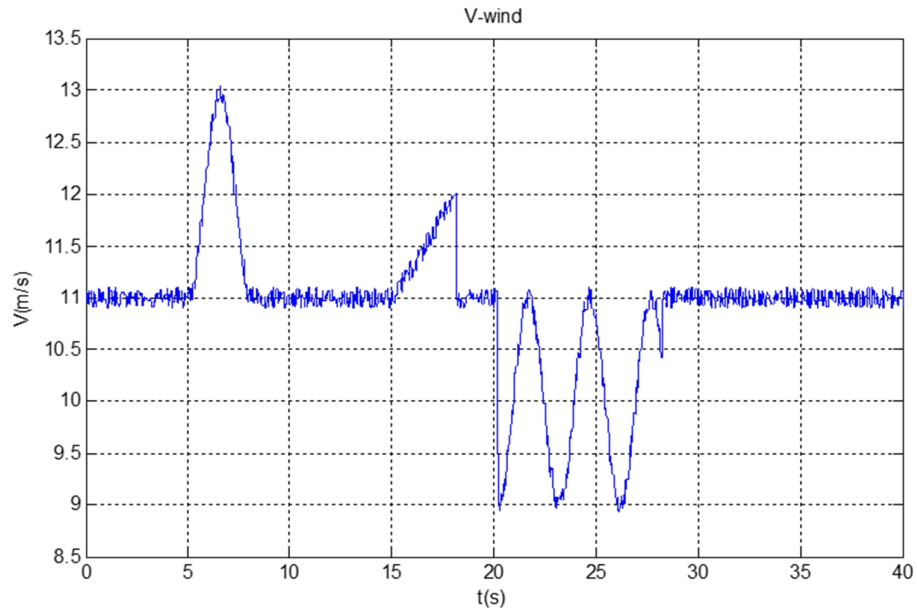
Hình 12: Kết quả mô phỏng khi ngắn mạch trên đường dây 5-8.

Sau khi sự cố kết thúc (sau 5 chu kỳ) ta thấy các máy phát dần điều chỉnh để công suất phát ổn định trở lại. Dao động tắt dần nhanh chóng và đến giây thứ 10 thì hệ thống ổn định trở lại.

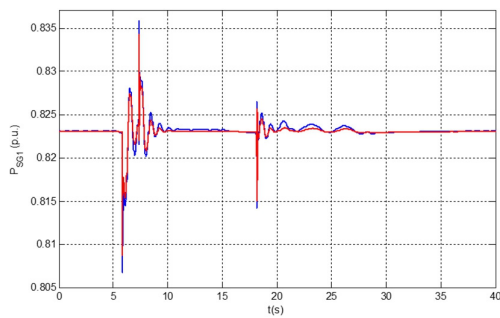
4.3 khi tốc độ gió thay đổi

Để đánh giá sự ảnh hưởng của bộ điều khiển ANFIS đến hệ thống so với bộ điều khiển PI, tác giả thực hiện mô phỏng khi tốc độ gió thay đổi tăng và giảm đột ngột như hình 13. Hình 14

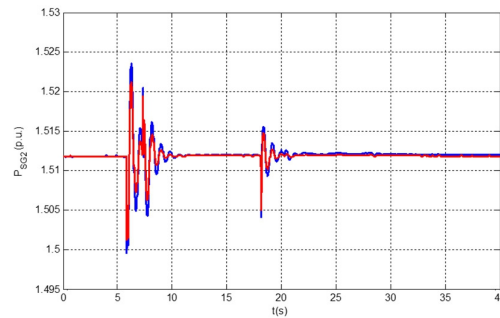
bên dưới thể hiện sự so sánh kết quả của các thông số giữa bộ điều khiển PI (được thể hiện bằng đường màu xanh) và bộ điều khiển ANFIS (được thể hiện bằng đường màu đỏ).



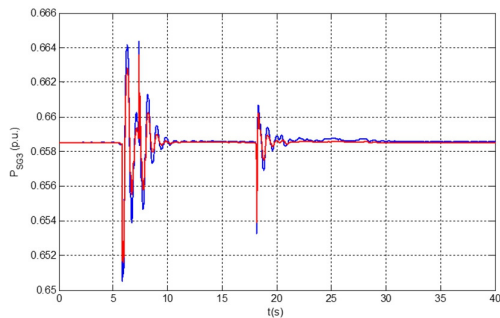
Hình 13: Tốc độ gió thay đổi



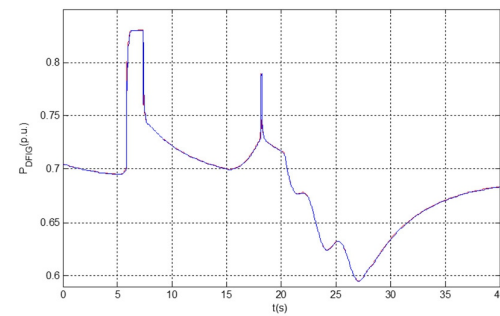
Hình (a)



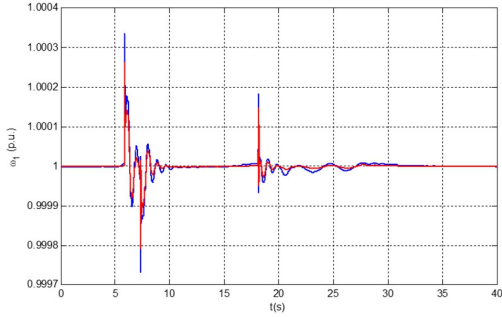
Hình (b)



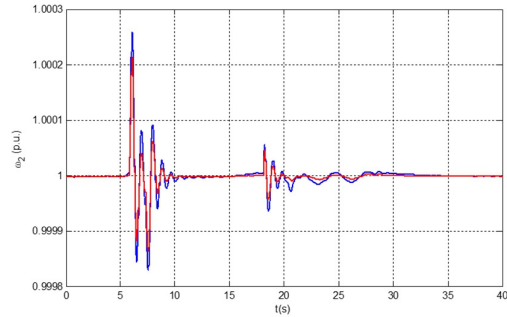
Hình (c)



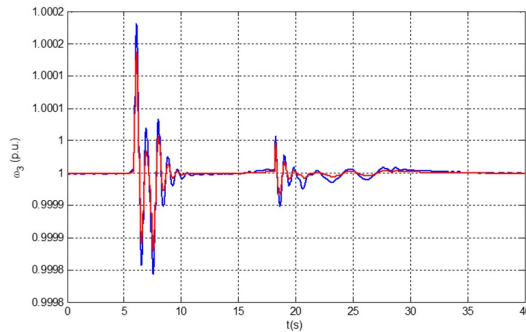
Hình (d)



Hình (e)



Hình (f)



Hình (g)

Hình 14: Kết quả mô phỏng khi ngắn mạch trên đường dây 5-8.

Ta thấy khi tốc độ gió thay đổi đột ngột tăng ở giây thứ 5 và giây thứ 15 thì công suất phát của DFIG cũng tăng đột ngột. Khi đó hệ thống lưới điện không có sự cố nào khác nên tổng lượng công suất phát vào lưới tăng dẫn đến các máy phát khác trong hệ thống cũng bị ảnh hưởng và điều chỉnh thay đổi giảm công suất phát theo hình (a), (b), (c), (d) nhằm duy trì lượng công suất tổng phát không để tăng cao nhằm mục đích ổn định giá trị điện áp tại các nút của hệ thống lưới điện hình (e), (f), (g).

Đồng thời ta thấy tốc độ của các máy phát cũng thay đổi tương ứng theo sự thay đổi công suất từng máy phát. Sau khi tốc độ gió ổn định trở lại ta thấy các máy phát dần điều chỉnh để công suất phát ổn định trở lại. Dao động tắt dần nhanh chóng, hệ thống ổn định trở lại. Có thể thấy từ kết quả mô phỏng hình 14 rằng, bộ điều khiển ANFIS giúp hệ thống ổn định nhanh hơn thể hiện ở độ vọt lố nhỏ hơn và thời gian quá độ ngắn hơn.

5. Kết luận

Trên cơ sở nghiên cứu đề xuất áp dụng thuật toán điều khiển theo hệ mờ mờ thích nghi (ANFIS) vào hệ thống máy phát điện gió tích hợp với lưới để làm tăng khả năng ổn định của hệ thống lưới điện. Việc áp dụng đã được nghiên cứu cho hệ thống lưới điện trong trường hợp công suất thay đổi, khi sự cố ngắn mạch và khi tín hiệu gió thay đổi. Các kết quả đã được so sánh với phương pháp dùng bộ điều khiển PI truyền

thông thông phương pháp dùng bộ điều khiển ANFIS giúp hệ thống ổn định nhanh hơn thể hiện ở độ vọt lố nhỏ hơn và thời gian quá độ ngắn hơn. Đồng thời, phương pháp dùng bộ điều khiển ANFIS là một trong những phương pháp tốt nhất trong việc nghiên cứu phương pháp tốt nhất về vấn đề cải thiện và tối ưu hóa độ ổn định hệ thống lưới điện tích hợp máy phát gió DFIG.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Như Hiền & Lại Khắc Lãi, “Hệ mờ và Nơ ron trong kỹ thuật điều khiển”, Nhà xuất bản tự nhiên và khoa học công nghệ Hà Nội, năm 2007
- [2] D.A. Murry, G.D. Nan, “A definition of the gross domestic product- electrification interrelationship”, *Journal of Energy and Development*, v.19, n.2, pp.275-83, Spring 1994.
- [3] J. Goldemberg, T.B. Johansson, A.K.N. Reddy, *Energy for a sustainable world*, New York: Wiley&Sons, Inc., 1988.
- [4] A.K.N. Reddy (ed.), “Energy and social issues”, *World Energy Assessment*, Chapter 2, UNDP, UNDESA, WEC, 2002.
- [5] Golding E (1976) *The generation of electricity by wind power*. Halsted Press, New York
- [6] Sorensen B (1995) *History of, and recent progress in, wind-energy utilization*. *Annual Review of Energy and the Environment* 20(1) : 387-424
- [7] Putnam PC (1948) *Power from the wind*. Van Nostrand, New York
- [8] Ramler JR, Donovan RM (1979) *Wind turbines for electric utilities: Development status and economics*. DOE/NASA/1028-79/23, NASA TM-79170, AIAA-79-0965
- [9] <<http://www.tsp-data-portal.org>>, retrieved date 16.05.2015.
- [10] Arthouros Zervos. *Renewables 2014 Global Status Report*. Paris: REN21, 2014, pp 24-26 .
- [11] NRCan, “Renewable energy,” in *Energy Markets Fact Book*, Ed. Natural Resources Canada, 2014- 2015, pp 66-79.
- [12] Tạ Văn Đa, “Đánh giá tài nguyên và khả năng khai thác năng lượng gió trên lãnh thổ Việt Nam,” báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ, Hà Nội 10-2006.
- [13] M. N. Uddin and R. S. Rebeiro, “Improved dynamic and steady state performance of a hybrid speed controller based IPMSM drive,” in *Proc. IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)*, Oct. 9-13, 2011, pp. 1-8.
- [14] L. Reznik, O. Ghanayem, and A. Bourmistrov, “PID plus fuzzy controller structures as a design base for industrial applications,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 13, no. 4, Aug. 2000, pp. 419-430.
- [15] S. M. Muyeen, M. H. Ali, R. Takahashi, T. Murata, J. Tamura, Y. Tomaki, A. Sakahara, and E. Sasano, “Transient stability analysis of wind generator system with the consideration of multi-mass shaft model,” in *Proc. International Conference on Power Electronics and Drives Systems*, vol. 1, Jan. 16-18, 2006, pp. 511-516.
- [16] P. Cartwright, L. Holdsworth, J. B. Ekanayake, and N. Jenkins, “Coordinated voltage control strategy for a doubly-fed induction generator (DFIG)-based wind farm,” *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib.*, vol. 151, no. 4, Aug. 2004, pp. 495-502.
- [17] Bùi Thanh Tân, “Điều Khiển Độc Lập P Và Q Của Máy Phát Điện Gió Không Đồng Bộ Nguồn Kép”, luận văn thạc sĩ, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh, tháng 5/2011.
- [18] Yufei Tang, HaiboHe, ZhenNi, JinyuWen, XianchaoSui, “Reactive Power Control Of Grid-Connected Wind Farm Based On Adaptive Dynamic Programming”, Elsevier B.V, 2013.
- [19] Sathans and Jitender Rohilla, “Intelligent Control of DFIG based Variable Speed Wind Turbine System using Artificial Neural Network”, the 2014 International Conference on Power Systems,Energy, Environment (PSEE 2014), Interlaken, Switzerland, February 2014.
- [20] L. Wang and C.-T. Hsiung, “Dynamic stability improvement of an integrated grid-connected offshore wind farm and marine-current farm using a STATCOM,” *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 26, no. 2, May 2011, pp. 690-698.

[21] Dawei Zhi, Lie Xu “Direct Power Control of DFIG With Constant Switching Frequency and Improved Transient Performance,” IEE transactions on energy conversion, vol.22, no.1, March 2007.

[22] Rahul Kosuru, “A New Power System Stabilizer Designed for Grid-Connected Doubly Fed Generator-Based Wind Generation System”, thesis Carleton University, Ottawa Ontario, 2014.

[23] Johnan Morren, Sjoerd W.H. de Haan, “Ridethrough of Wind Turbines with Doubly-Fed Induction Generator During a Voltage Dip,” IEE transactions on energy conversion, vol.20, no.2, June 2005.

[24] Li Wang và Trương Đình Nhơn, “Stability Enhancement of DFIG-based Offshore Wind Farm fed to a Multi-machine System Using a STATCOM”, IEEE Transactions on Power Systems , Volume: 28, Issue: 3, Aug. 2013.

Xác nhận của Giảng viên hướng dẫn

(Ký & ghi rõ họ tên)

Học viên thực hiện

(Ký & ghi rõ họ tên)

Lê Đoàn Thanh An

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SĨ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!