

ĐIỀU KHIỂN NỐI LƯỚI CÁC NGUỒN ĐIỆN PHÂN TÁN ỨNG DỤNG BỘ ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG CÔNG SUẤT

Lê Kim Anh*

TÓM TẮT

Nghiên cứu sử dụng và khai thác hiệu quả các nguồn phân tán (Distributed Generation – DG) 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. Ứng dụng bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS) trong điều khiển nối lưới các nguồn phân tán nhằm nâng cao tính ổn định các dao động trong hệ thống điện. Mặc dù sử dụng các DG có thể giảm sự phụ thuộc vào các nhà máy điện truyền thống, việc kết hợp chúng vào hệ thống cung cấp điện là một vấn đề lớn vì DG có quy mô quá nhỏ so với mạng lưới. Bài báo đã đưa ra được kết quả mô phỏng điều khiển nối lưới các nguồn phân tán sử dụng bộ điều khiển PSS cho phép chúng đạt được quy mô tương đương và mức độ cung cấp điện ổn định như các nhà máy điện truyền thống.

Từ khóa: Ổn định hệ thống điện; ổn định công suất; hệ thống kích từ; nguồn phân tán; nối lưới các nguồn phân tán.

ABSTRACT

The research on using and exploiting effectively Distributed Generations (DGs) to generate electricity is meaningful to reduce the climate change and dependence of power demand on fossil energy sources, which are at risk of both being exhausted and causing environmental pollution. The use of Power System Stabilizers (PSS) in grid connection control of distributed generation is to provide improved stabilization of the system. It is not similar to conventional power plants, distributed generations have small scales in comparison to those of networks. Therefore, despite having an advantage to reduce the dependence of on traditional power plants, the integration of DGs into power supply systems is still a major issue. The article presents simulation result of the grid-connected control model of DGs using power system stabilizers, which maintains maximum capacity of the systems with irrespective of connected power loads.

Key words: Power System Stability; Power Stability; excitation system; distributed generation; grid-connected distributed generation.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của thế giới, nhu cầu sử dụng năng lượng của

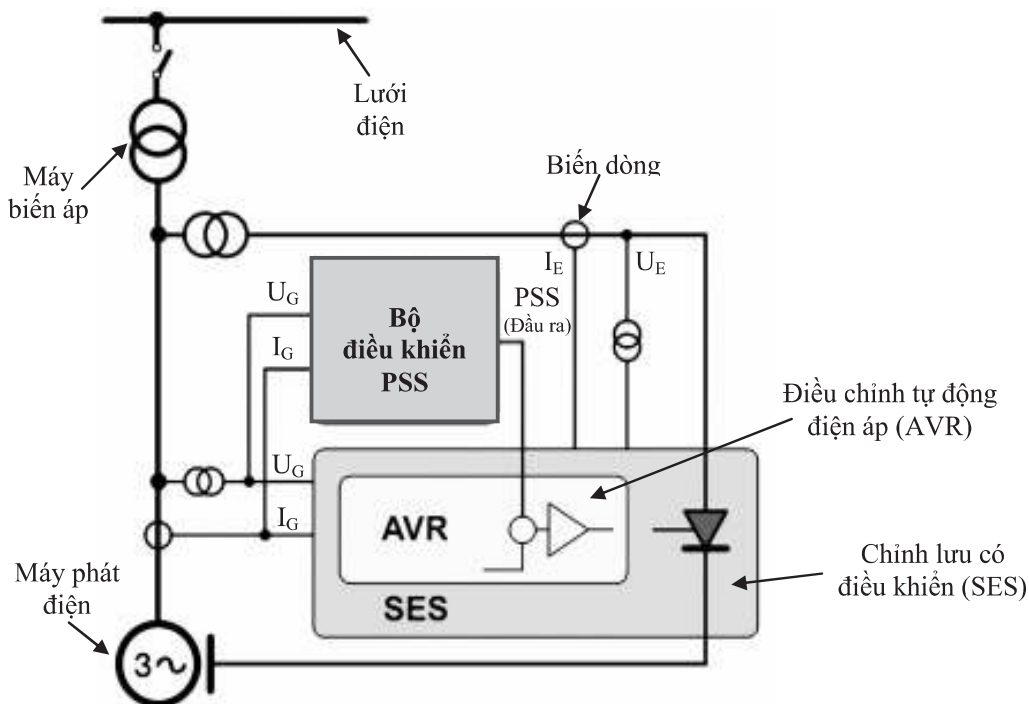
con người ngày càng tăng. Nguồn năng lượng tái tạo (Renewable Energy sources – RES) nói chung, nguồn phân tán (Distributed Generation – DG) nói riêng như: nhà máy điện gió, điện–nhiệt kết hợp, điện mặt trời, các thủy điện nhỏ

* Trường Cao đẳng Công Thương miền Trung

và nhà máy điện chạy khí sinh học..v.v. là dạng nguồn năng lượng sạch, không gây ô nhiễm môi trường, đồng thời tiềm năng về trữ lượng của các nguồn phân tán ở nước ta rất lớn. Tuy nhiên, để khai thác và sử dụng các nguồn phân tán này sao cho hiệu quả, giảm phát thải các chất gây ô nhiễm môi trường, như nitrogen oxit (NO_x), sunfua oxit (SO_x), và đặc biệt là carbon dioxid (CO_2) đang là mục tiêu nghiên cứu của nhiều quốc gia. Bài báo đề xuất các nguồn phân tán (DG): là các tuabin thủy lực, tuabin hơi được sử dụng rộng rãi trong điều khiển các nhà máy điện hiện nay. Hệ thống điều khiển thông qua các bộ kích từ để duy trì trạng thái ổn định hệ thống điện, bằng việc đo dòng điện và điện áp đầu ra sẽ điều chỉnh từ trường trên rotor của máy phát điện. Điều khiển nối lưới các nguồn phân tán sử dụng bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (Power System Stabilizer–PSS), nhằm hướng đến phát triển lưới điện thông minh và điều khiển linh hoạt các dạng nguồn năng lượng tái tạo.

2. Xây dựng bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS)

Các nguồn phân tán được nghiên cứu ở đây là các tuabin thủy lực (Hydraulic Turbine Governor), tuabin hơi (Steam Turbine Governor) thông qua hệ thống kích từ để điều khiển điện áp stator của máy phát điện. Theo [1], hệ thống kích từ bao gồm khối điều chỉnh tự động điện áp (Automatic Voltage Regulator–AVR) và khối chức năng ổn định hệ thống công suất (Power System Stabilizer – PSS). Các khối này sẽ lấy thông tin về dòng điện, điện áp từ máy phát điện và so sánh với giá trị dòng điện, điện áp danh định, sau đó đưa ra các xung điều khiển thích hợp để điều khiển đóng mở các van bán dẫn của bộ chỉnh lưu có điều khiển (Static Excitation System–SES). Mô hình điều khiển nối lưới các nguồn phân tán ứng dụng bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất, như hình 1.

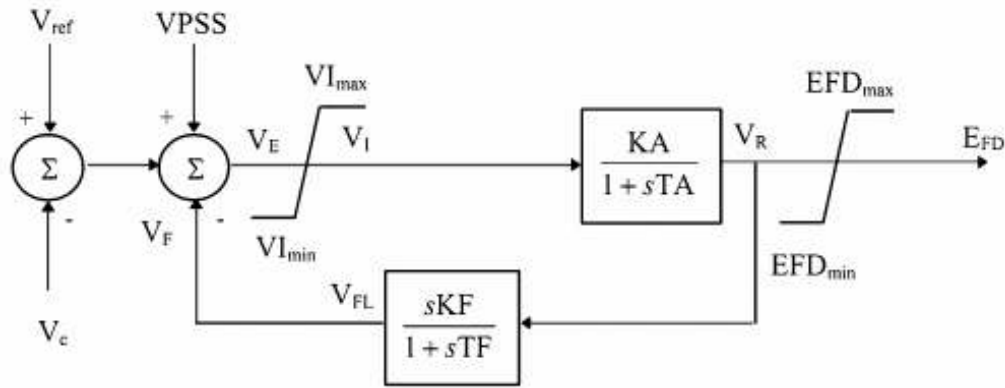


Hình 1. Sơ đồ điều khiển nối lưới các nguồn phân tán ứng dụng bộ điều khiển PSS

2.1. Điều khiển kích từ của máy phát điện

Khi máy phát chưa nối vào lưới điện, việc thay đổi dòng điện kích từ chỉ cần thay đổi điện áp đầu cực máy phát. Tuy nhiên khi máy phát điện được nối vào lưới có công suất rất lớn so với hệ thống máy phát điện, lúc này việc tăng giảm dòng kích từ hầu như không làm thay đổi điện áp của lưới. Theo [2], tác dụng của hệ thống kích từ lúc này là điều khiển công suất phản kháng cho máy phát điện. Để điều chỉnh dòng kích từ của hệ thống máy phát điện (sử dụng tuabin thủy lực và tuabin hơi)

người ta sử dụng hệ thống tự động điều chỉnh kích từ có bộ phận điều khiển chính là thiết bị điều chỉnh tự động điện áp (AVR). Thiết bị này có nhiệm vụ giữ cho điện áp ở đầu cực máy phát là không đổi, khi phụ tải thay đổi và nâng cao giới hạn truyền tải công suất của máy phát vào hệ thống. Những yêu cầu chung đối với hệ thống điều chỉnh kích từ là: đảm bảo ổn định tĩnh (với nhiễu nhỏ), nâng cao tính ổn định động (với nhiễu lớn) và cần có chế độ kích thích cưỡng bức khi máy phát làm việc ở chế độ sự cố (như ngắn mạch trong lưới)..v.v. Hình 2, sơ đồ hàm truyền của thiết bị điều chỉnh tự động điện áp (AVR).



Hình 2. Sơ đồ hàm truyền của thiết bị điều chỉnh tự động điện áp

Dựa vào sơ đồ hình 2, ta tiến hành phân tích quá trình làm việc của bộ điều chỉnh tự động điện áp (AVR) như sau:

$$E_{FDra} = \begin{cases} E_{FD_{max}} & \text{nếu } E_{FD} \geq E_{FD_{max}} \\ E_{FD} & \text{nếu } E_{FD_{max}} > E_{FD} > E_{FD_{min}} \\ E_{FD_{min}} & \text{nếu } E_{FD} \leq E_{FD_{min}} \end{cases} \quad (1)$$

$$E_{FD} = K(V_{ref} - V_C) \quad (2)$$

$$V_E = V_{ref} + VPSS - V_C - V_F \quad (3)$$

2.2. Điều khiển ổn định hệ thống công suất

Theo [3], bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS) là một thiết bị tăng mômen

hãm cho các hệ dao động cơ điện trong máy phát, để cải thiện và hạn chế các vận hành cưỡng bức. Khi tác động bởi một sự thay đổi đột ngột nào đó trong điều kiện vận hành, tốc

$$V_F = (KF / TF)V_R - V_{FL} \quad (4)$$

$$V_I = \begin{cases} V_{I_{max}} & \text{nếu } V_E \geq V_{I_{max}} \\ V_E & \text{nếu } V_{I_{max}} > V_E > V_{I_{min}} \\ V_{I_{min}} & \text{nếu } V_E < V_{I_{min}} \end{cases} \quad (5)$$

độ và công suất máy phát điện thay đổi xung quanh điểm cân bằng. Mỗi quan hệ giữa các đại lượng được tính theo biểu thức sau:

$$\frac{2H}{\omega} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = M_m - M_e - M_c \quad (6)$$

Trong đó: δ : là góc quay tương đối của rotor; ω : tốc độ góc của rotor; M_m : mômen cơ; M_e : mômen điện từ; M_c : mômen hãm; H : hằng số quán tính của máy phát điện. Từ biểu thức (6) cho ta thấy rằng khi có tác động của lực cân bằng thì tốc độ rotor máy phát tăng theo tỷ lệ mô men tác động và bằng hằng số quán tính của tuabin. Theo [4], tùy vào loại tín hiệu đầu vào PSS được sử dụng mà các PSS có tên gọi khác nhau cũng như khả năng điều khiển của chúng.

Để phân tích tính chất ổn định của bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS2A) bao gồm:

2.2.1. Ổn định về tần số (Δf)

Tín hiệu tần số được sử dụng làm tín hiệu đầu vào cho bộ điều khiển PSS, trong một số trường hợp tín hiệu điện áp đầu cực và tín hiệu dòng điện cũng được kết nối như một tín hiệu của tốc độ rotor cho PSS. Ưu điểm của tín hiệu tần số là nhạy cảm với các tín hiệu dao động trong hệ thống máy phát điện. Nhược điểm của tín hiệu tần số thường chứa các nhiễu loạn của hệ thống gây ra do các tải công nghiệp.

2.2.2. Ổn định về tốc độ ($\Delta \omega$)

Nhằm nâng cao đặc tính hãm tự nhiên của máy phát điện, bộ điều khiển PSS phải tạo ra được mômen điện chống lại sự thay đổi tốc độ của rotor. Để làm được điều này ta đưa vào một tín hiệu có tỷ lệ đo được về sai lệch tốc độ rotor khi điều chỉnh điện áp đầu cực máy phát.

2.2.3. Ổn định về công suất (ΔP)

Như ta đã biết ổn định về tốc độ ($\Delta \omega$) thường gặp khó khăn khi tạo ra tín hiệu không có nhiễu, như các thành phần dao động xoắn của trục. Sự có mặt của các thành phần này trong đầu vào của ổn định về tốc độ có thể gây quá kích từ cho máy phát điện. Những biến đổi về mômen điện dẫn đến việc thiết kế bộ ổn định về công suất (ΔP) đo được:

$$\frac{\partial}{\partial t} \Delta \omega = \frac{1}{2H} (\Delta P_m - \Delta P_e) \quad (7)$$

Trong đó: ΔP_m : là độ thay đổi công suất cơ đầu vào; ΔP_e : là độ thay đổi công suất điện đầu ra; $\Delta \omega$: là sai lệch tín hiệu tốc độ của rotor. Mặt khác độ sai lệch tín hiệu tốc độ có thể tính được từ sự chênh lệch giữa công suất cơ đầu vào và công suất điện đầu ra. Sử dụng mối liên hệ trên để thay thế việc đo tín hiệu công suất điện và cơ cho đầu vào tốc độ.

2.2.4. Ổn định về đầu vào kép (ΔP_{ω})

Mục đích của ổn định về đầu vào kép (Ổn định công suất gia tốc) là nhằm loại bỏ các thành phần không mong muốn ra khỏi tín hiệu tốc độ và loại trừ những khó khăn trong việc đo tín hiệu công suất cơ, để làm được điều này biểu thức (7) được viết lại như sau:

$$\Delta \omega = \frac{1}{2H} \int (\Delta P_m - \Delta P_e) dt \quad (8)$$

Tích phân công suất cơ có quan hệ với tốc độ trục và công suất điện như sau:

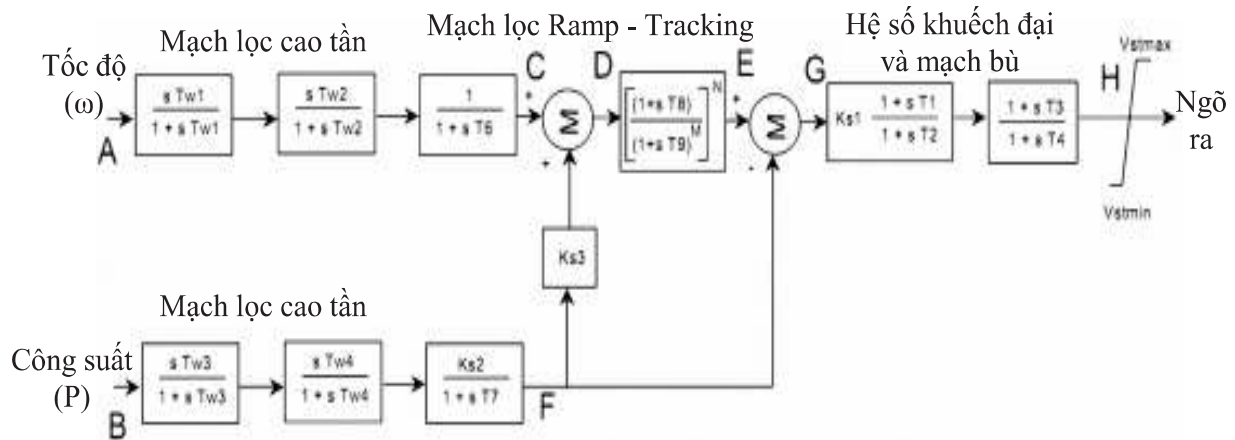
$$\int \Delta P_m dt = 2H \Delta \omega + \int \Delta P_e dt \quad (9)$$

Vì công suất cơ thường thay đổi với tần số dao động cơ điện, tín hiệu công suất cơ có được nhờ sự hạn chế về độ rộng của dải khi sử dụng mạch lọc tần thấp. Sự hạn chế dải tín hiệu thu được để sử dụng thay thế cho công suất cơ trong biểu thức (9) và chuyển thành

tín hiệu thay đổi theo tốc độ. Tín hiệu tốc độ thu được từ việc hạn chế độ rộng dải thông qua mạch lọc cao tần. Còn ở tần số thấp hơn thì đầu ra được quyết định chủ yếu do đầu vào của công suất điện.

Theo [5], việc sử dụng bộ điều khiển ổn

định hệ thống công suất (PSS2A) có cấu trúc phase Lead/Lag với một hằng số khuếch đại và hàm giới hạn ở đầu ra. Khả năng bù của PSS phụ thuộc vào việc tính chọn giá trị K_{PSS} và các hằng số thời gian. Ở đây các hằng số thời gian trễ và vượt được điều chỉnh trong khoảng $0.01s \leq T \leq 6s$.



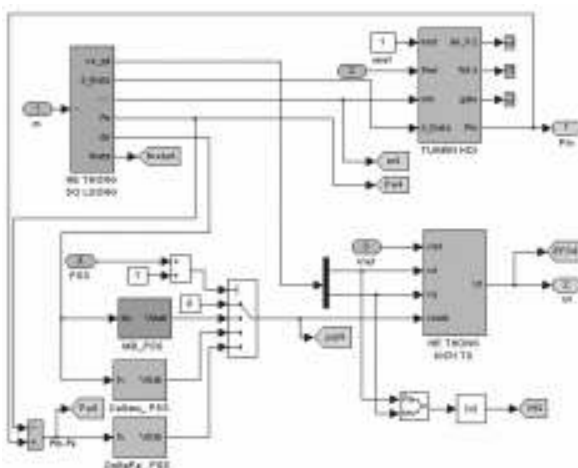
Hình 3. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS2A)

3. Xây dựng mô hình và mô phỏng trên Matlab–Simulink

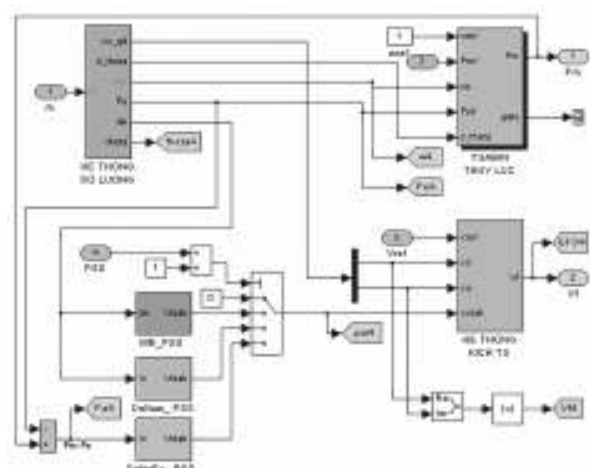
3.1. Mô hình trên Matlab–Simulink

Mô hình ứng dụng bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS2A) trong điều khiển

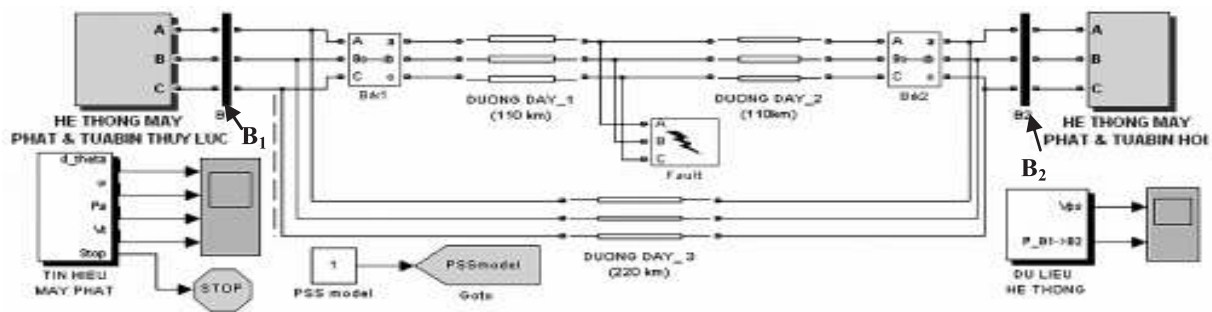
nổi lưới các nguồn phân tán. Ở đây nguồn phân tán (DG): là hai tuabin thủy lực (Hydraulic Turbine Governor) và hai tuabin hơi (Steam Turbine Governor) được xây dựng trên Matlab – Simulink, như hình 4,5 và hình 6.



Hình 4. Hệ thống điều khiển tuabin thủy lực

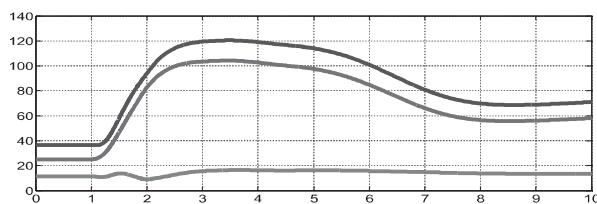


Hình 5. Hệ thống điều khiển tuabin hơi

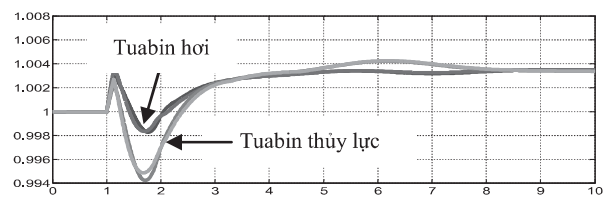


Hình 6. Sơ đồ ứng dụng bộ điều khiển PSS2A trong điều khiển nối lưới các nguồn phân tán

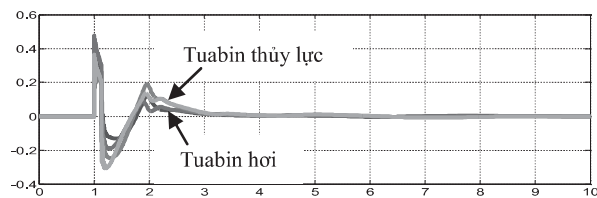
3.2. Kết quả mô phỏng trên Matlab - Simulink



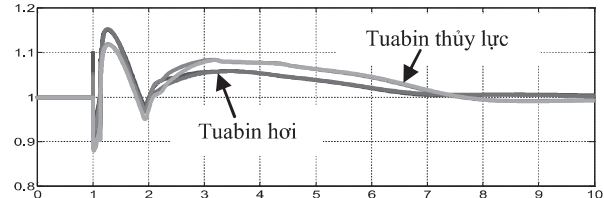
Hình 7. Góc quay của rotor máy phát (deg)



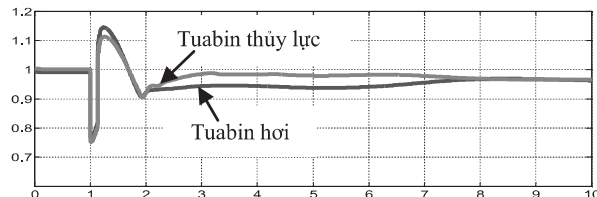
Hình 8. Tốc độ máy phát điện tính theo (p.u)



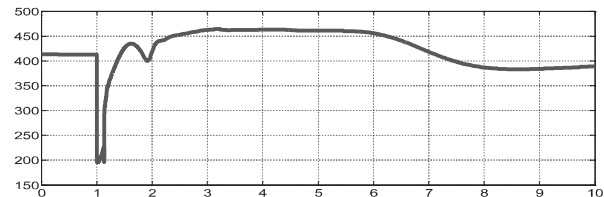
Hình 9. Công suất máy phát tính theo (p.u)



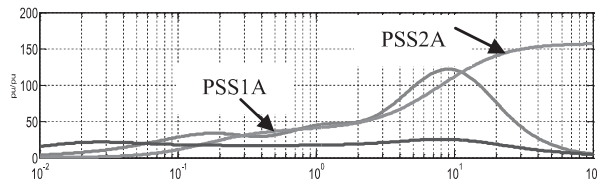
Hình 10. Điện áp kích từ tính theo (p.u)



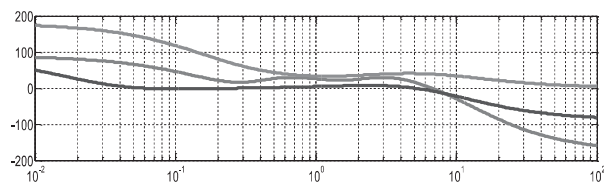
Hình 11. Điện áp ra tại B1, B2 tính theo (p.u)



Hình 12. Công suất trên đường dây (MW)



Hình 13. Đáp ứng theo tần số PSS



Hình 14. Ổn định theo tần số (Hz)

4. Kết luận

Ứng dụng bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS) trong điều khiển nối lưới các nguồn phân tán đã phát huy được công suất phát ra. Các DG nối lưới cho phép chúng đạt

được quy mô tương đương và mức độ cung cấp điện ổn định như các nhà máy điện truyền thống. Tại thời điểm $1s \leq t \leq 2s$ đóng tải thực hiện nối lưới, các giá trị dòng điện, điện áp và công suất bị dao động. Khi $t > 2s$ hệ thống

điều khiển làm việc ở trạng thái ổn định. Điều khiển nối lưới các nguồn phân tán ứng dụng bộ điều khiển PSS, 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] www.abb.com/unitrol
- [2] Ian A. Hiskens (2002) “Systematic Tuning of Nonlinear Power System Controllers”, IEEE.
- [3] Nguyễn Hiền Trung, Nguyễn Như Hiền (2010) “Nghiên cứu hiệu quả của các bộ ổn định công suất cho máy phát điện đồng bộ kết nối lưới điện” Tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Thái Nguyên 64(02).
- [4] G.R. Bérubé, L.M. Hajagos “Accelerating—Power Based Power System Stabilizers” Kestrel Power Engineering Ltd, Mississauga, Ontario, Canada
- [5] P. Bayne, D.C. Lee, W. Watson (1977) “ A power system stabilizer for thermal units based on derivation of accelerating power”, IEEE.

Ngày nhận bài: 23/8/2018

Ngày gửi phản biện: 26/8/2018