

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG KÍCH TỬ CÓ PSS (POWER SYSTEM STABILIZER) ĐẾN ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

Đào Duy Yên*, Trương Tuấn Anh, Trần Đức Quỳnh Lâm
 Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Sự mất ổn định trong Hệ thống điện thường do phụ tải của hệ thống thay đổi, vì vậy công suất làm việc của máy phát điện cũng cần phải thay đổi theo. Khi có sụt áp trên điện kháng trong, điện áp đầu cực máy phát điện bị biến thiên và lệch khỏi trị số định mức. Nếu không có biện pháp điều chỉnh, độ lệch sẽ rất đáng kể và làm ảnh hưởng đến chất lượng điện năng. Để đảm bảo cho hệ thống điện làm việc tốt thì cần phải loại bỏ hoặc làm suy giảm tới mức tối thiểu những nhiễu loạn trong hệ thống. Bài báo này tác giả đề xuất phương án nghiên cứu sử dụng hai loại hệ thống kích tử là hệ thống kích tử dùng máy phát điện xoay chiều và hệ thống kích tử tĩnh có xét đến bộ ổn định công suất PSS2A để nâng cao chất lượng điện áp, công suất máy phát cũng như nâng cao tính ổn định của hệ thống điện. Các kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống đã đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đặt ra và có tính khả thi áp dụng trong thực tế.

Từ khóa: Ổn định, Hệ thống điện, Hệ thống kích tử, PSS.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Chế độ quá độ có thể xảy ra trong quá trình khởi động hoặc nối máy phát điện vào làm việc với lưới điện. Khi máy phát điện làm việc ở chế độ quá độ có thể làm chất lượng điện năng giảm. Nếu không khống chế kịp thời có thể gây nên phá hủy máy phát. Thông thường thời gian quá độ của máy phát điện đòi hỏi phải tắt rất nhanh và biên độ dao động của các quá trình quá độ phải nằm trong phạm vi cho phép. Đặc biệt trong trường hợp sự cố (ngắn mạch), cần có bộ phận để cưỡng bức dòng kích thích đảm bảo điện áp lưới ổn định. Do đó vấn đề điều chỉnh tự động dòng kích từ có vai trò hết sức quan trọng.

Thiết bị kích từ ban đầu sẽ cung cấp dòng kích từ định mức thích hợp, đảm bảo chắc chắn và ổn định phát xung mở cơ cấu chỉnh lưu thyristor. Thiết bị cho phép kích hoạt các thiết bị kích thích từ các nguồn tạm thời bên ngoài với công suất dòng kích từ liên tục tới 1,2 lần công suất định mức và có thể điều chỉnh liên tục với các bước điều chỉnh 10% đến 100% điện áp đầu cực máy phát, để kiểm soát sự bão hòa máy phát và thử nghiệm đặc tính trở kháng trong thời gian vận hành. Để tự động điều chỉnh dòng kích từ của máy phát

điện đồng bộ, người ta sử dụng hệ thống tự động điều chỉnh kích từ có bộ phận điều khiển chính là thiết bị tự động điều chỉnh điện áp (AVR - Automatic Voltage Regulator).

Thiết bị này có nhiệm vụ giữ cho điện áp đầu cực máy phát là không đổi (với độ chính xác nào đó) khi phụ tải thay đổi và nâng cao giới hạn công suất truyền tải của máy phát vào hệ thống lưới điện. Đặc biệt khi máy phát được nối với hệ thống qua đường dây dài. Trong bài báo này tác giả đề xuất sử dụng hai loại hệ thống kích từ là hệ thống kích từ dùng máy phát điện xoay chiều và hệ thống kích từ tĩnh có xét đến bộ ổn định công suất PSS2A để nâng cao tính ổn định của hệ thống.

ỔN ĐỊNH CÁC TÍN HIỆU NHỎ VÀ BỘ ỔN ĐỊNH CÔNG SUẤT PSS

Các loại dao động tín hiệu nhỏ

Có ba loại dao động được thử nghiệm với các máy phát và lưới điện, bao gồm:

- *Dao động máy phát làm việc song song:* Những dao động liên quan đến hai hoặc nhiều hơn các máy đồng bộ trong một nhà máy điện hoặc các nhà máy điện gần nhau. Các máy quay với nhau, với tần số dao động trong khoảng 1,5 đến 3 Hz.

- *Các dao động cục bộ:* Những dao động này thường liên quan đến một hoặc nhiều hơn các

* Tel: 0983214112; Email: duy_yen_ktcn@yahoo.com

máy đồng bộ tại một trạm điện cùng quay với nhau khi so với một hệ thống điện lớn hay trung tâm tải. Tần số dao động trong khoảng 0,7 đến 2 Hz. Những dao động này gây khó khăn khi nhà máy ở tải cao với hệ thống đường truyền điện kháng cao.

- Các dao động liên khu vực: Những dao động này thường liên quan đến việc kết hợp rất nhiều máy tại một phần của một hệ thống điện đối với các máy tại các phần khác của hệ thống điện. Tần số những dao động liên khu vực thường trong dải nhỏ hơn 0,5 Hz.

Các hệ thống kích từ được cài đặt để hỗ trợ việc nâng cao ổn định tức thời có thể tạo ra một trong các loại dao động này. Những hệ thống này phát hiện ra thay đổi về điện áp do thay đổi tải lên đến 10 lần nhanh hơn so với các hệ thống trước đây. Do vậy, các dao động nhỏ của máy phát điện làm cho hệ thống kích từ có thể khắc phục ngay lập tức. Tuy nhiên, do độ tự cảm cao của các máy phát, tỉ lệ dòng điện thay đổi được hạn chế. Điều này được coi như hiện tượng “trễ” trong chức năng điều khiển. Do đó, từ khi phát hiện một thay đổi mong muốn tới các bộ phận của thiết bị, trễ về thời gian là điều không thể tránh khỏi. Trong quá trình trễ này, tình trạng của hệ thống dao động sẽ thay đổi, tạo nên một điều chỉnh kích từ mới. Kết quả là hệ thống kích từ có xu hướng chậm sau nhu cầu về sự thay đổi, trợ giúp các đặc trưng dao động cố hữu của các máy phát kết nối với lưới điện.

Một giải pháp để nâng cao chất lượng của hệ thống này và các hệ thống lớn hơn nói chung đó là phải thêm các đường truyền song song để giảm điện kháng giữa các máy phát và trung tâm phụ tải. Giải pháp này rất nổi tiếng nhưng thường không thể chấp nhận vì chi phí quá cao khi xây dựng các đường truyền tải. Một giải pháp thay thế đó là bộ ổn định công suất (PSS) hoạt động thông qua các bộ điều chỉnh điện áp. Đầu ra kích từ được điều chỉnh để cung cấp mômen hãm cho hệ thống.

Bộ ổn định công suất (PSS)

PSS là một thiết bị tăng mômen hãm các dao động cơ điện trong máy phát.

Khi bị tác động bởi một sự thay đổi đột ngột trong điều kiện vận hành, tốc độ và công suất của máy phát sẽ thay đổi xung quanh điểm vận hành trạng thái ổn định. Mối quan hệ giữa những đại lượng này có thể được diễn tả bởi một công thức đơn giản sau:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = M_m - M_e - M_c$$

Trong đó:

+ ω : Tốc độ góc của rôto (tốc độ góc ban đầu $\omega_0 = 377$ rad/s).

+ M_m : Mômen cơ trong mỗi máy phát.

+ M_e : Mômen điện từ trong mỗi máy phát.

+ M_c : Mômen hãm.

+ H : Hằng số quán tính của máy phát đồng bộ.

PSS là một thiết bị có thể làm thay đổi ngắn hạn công suất điện phát ra của máy phát. Các bộ kích thích có tốc độ phản ứng nhanh đi kèm với bộ tự động điều chỉnh điện áp (AVR) có hệ số khuếch đại cao và cường bức để tăng hệ số đồng bộ mômen máy phát (MS), kết quả là cải thiện các giới hạn ổn định ngắn hạn và ổn định trạng thái tĩnh.

MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ, MÔ HÌNH MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Máy phát điện đồng bộ

Máy phát điện xoay chiều có tốc độ quay rôto n bằng tốc độ quay của từ trường n_1 gọi là máy phát điện đồng bộ. Máy phát điện đồng bộ là nguồn điện chính của các lưới điện công nghiệp, trong đó động cơ sơ cấp là các tuabin hơi, tuabin khí hoặc tuabin nước.

Theo tài liệu [9] cho dòng điện kích từ một chiều vào dây quấn kích từ sẽ tạo nên từ trường rôto. Khi quay rôto bằng động cơ sơ cấp, từ trường của rôto sẽ cắt qua dây quấn phân ứng stato và cảm ứng một điện động xoay chiều hình sin có trị số hiệu dụng là:

$$E_0 = 4,44.f.W_1.K_{dq}.\Phi_0$$

Trong đó:

+ E_0 : Sức điện động pha.

+ W_1 : Số vòng dây quấn một pha.

+ K_{dq} : Hệ số dây quấn.

+ Φ_0 : Từ thông cực từ rôto.

Mô hình toán học của máy phát điện đồng bộ

- Phương trình máy điện ở hệ trục ba pha:

$$[L_{ss}] = \begin{bmatrix} L_A & M_{AB} & M_{AC} \\ M_{BA} & L_B & M_{BC} \\ M_{CA} & M_{CB} & L_C \end{bmatrix}$$

là ma trận tự cảm của các pha stato.

$$[L_{rr}] = \begin{bmatrix} L_f & M_{frd} & 0 \\ M_{rdf} & L_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & L_{rq} \end{bmatrix}$$

là ma trận độ tự cảm của các pha rôto.

$[M_{sr}]$, $[M_{rs}]$: ma trận độ cảm ứng tương hỗ giữa mạch stato với rôto và ngược lại.

$$[M_{rs}] = [M_{sr}] = \begin{bmatrix} M_{Af} & M_{Ard} & M_{Arq} \\ M_{Bf} & M_{Brd} & M_{Brq} \\ M_{Cf} & M_{Crd} & M_{Crq} \end{bmatrix}$$

- Phương trình máy điện đồng bộ viết ở hệ trục vuông góc, phương trình stato:

$$\begin{cases} U_d = -U_{sd} = -R I_d + \frac{d}{dt} \psi_d + \psi_q \frac{d}{dt} \gamma \\ U_q = -U_{sq} = -R I_q + \frac{d}{dt} \psi_q + \psi_d \frac{d}{dt} \gamma \\ U_o = -U_{so} = -R I_o - \frac{d}{dt} \psi_o \end{cases}$$

Phương trình rôto:

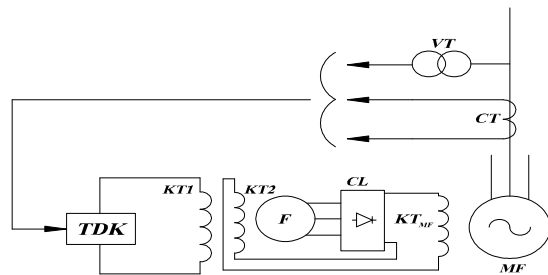
$$\begin{cases} U_f = R_f I_f + \frac{d}{dt} \psi_f \\ 0 = R_{rd} I_{rd} + \frac{d}{dt} \psi_{rd} \\ 0 = R_{rq} I_{rq} + \frac{d}{dt} \psi_{rq} \end{cases}$$

- Phương trình máy điện đồng bộ trong hệ đơn vị tương đối:

$$\begin{cases} p \psi_d + \psi_d p \gamma - r i_d = u_d = -u_{sd} \\ \psi_d p \gamma + p \psi_q - r i_q = u_q = -u_{sq} \\ T_{d0} p \psi_f + i_f = T_{d0} p \psi_f + e_{af} = u_f \\ T_{rd} p \psi_{rd} + i_{rd} = T_{d0} p \psi_f + e_{rd} = 0 \\ T_{rq} p \psi_{rq} + i_{rq} = T_{rq} p \psi_{rq} + e_{rq} = 0 \\ T_j p^2 \gamma + (\psi_d i_q + \psi_q i_d) = m_m \end{cases}$$

CẤU TRÚC HỆ THỐNG KÍCH TỪ CÓ XÉT ĐẾN BỘ ỔN ĐỊNH CÔNG SUẤT PSS2A**Hệ thống kích từ dùng máy phát điện xoay chiều tần số cao**

Hệ thống này còn được gọi AC - Exciter loại static diod. Trong đó máy phát điện xoay chiều tần số cao được chế tạo theo kiểu cảm ứng, trong đó cuộn dây kích từ được đặt ở phần tĩnh và rôto của nó không có cuộn dây. Do kết cấu răng rãnh của rôto mà khi nó quay làm cho từ thông thay đổi.

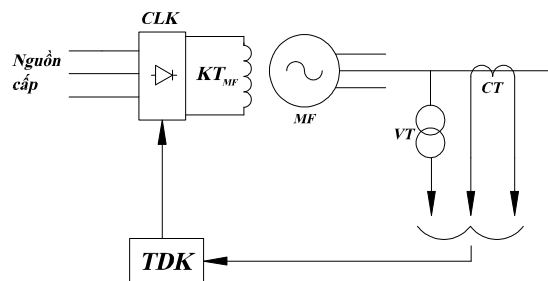


Hình 1. Hệ thống kích từ bằng máy phát điện xoay chiều tần số

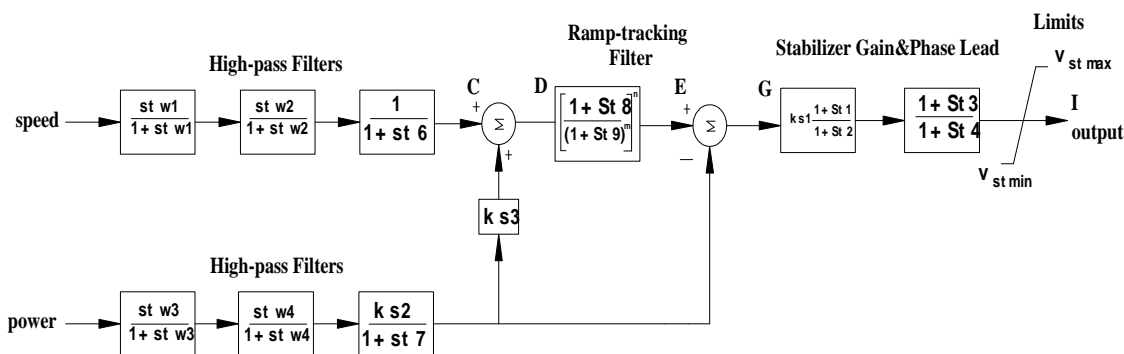
Hệ thống kích từ tĩnh (Static Exciter)

Các hệ thống kích từ đã trình bày ở trên đều có một điểm chung là thời gian tác động lớn (hàng số thời gian kích từ T_e lớn bởi quán tính điện từ của máy phát kích thích). Đây là một nhược điểm khiến cho yêu cầu kỹ thuật về chất lượng điện năng và tính ổn định của hệ thống rất khó được đảm bảo.

Giải pháp cho vấn đề này là phải làm cho tín hiệu của bộ điều chỉnh tự động tác động trực tiếp vào điện áp kích từ, nhờ đó hằng số thời gian T_e giảm xuống:



Hình 2. Hệ thống kích từ tĩnh

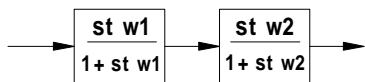


Hình 3. Bộ ổn định công suất dựa vào tín hiệu tốc độ PSS2A

Phân tích các thành phần trong mô hình PSS2A

Tín hiệu tốc độ

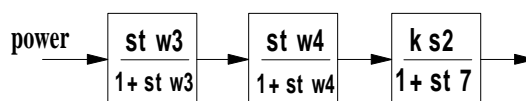
Tốc độ trục có thể được đo trực tiếp, hoặc thu được tần số của một tín hiệu điện áp bù xuất phát từ cực máy VT và CT điện áp và dòng điện thứ cấp. Nếu đo trực tiếp, tốc độ trục thường được lấy từ một cực từ và bố trí bánh răng. Trên các máy phát turbo cực ngang, hoạt động ở 1800 vòng/phút hoặc 3600 vòng/phút, thông thường có sẵn nhiều bánh răng cấp sẵn với mục đích đo tốc độ và điều khiển.



Hình 4. Khâu lọc cao tần

Tín hiệu công suất điện phát ra

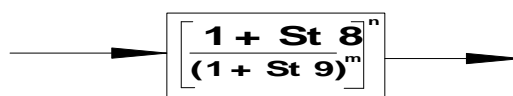
High-pass Filters & Intergrator



Hình 5. Khâu lọc cao tần và quán tính bậc 1

Tín hiệu công suất cơ

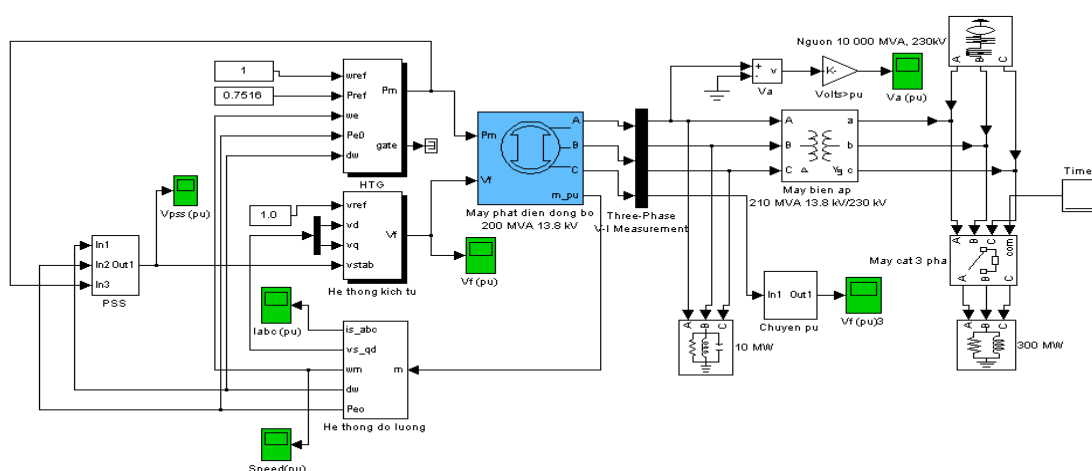
Ramp-tracking Filter



Hình 6. Bộ lọc các thành phần xoắn

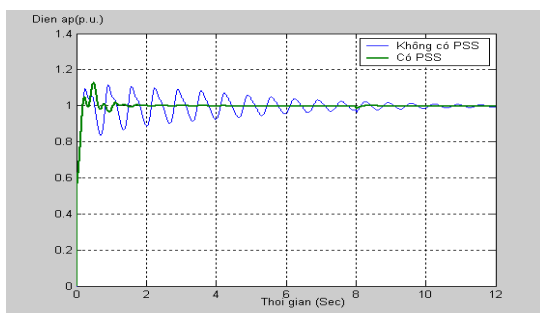
KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Cấu hình hệ thống mô phỏng

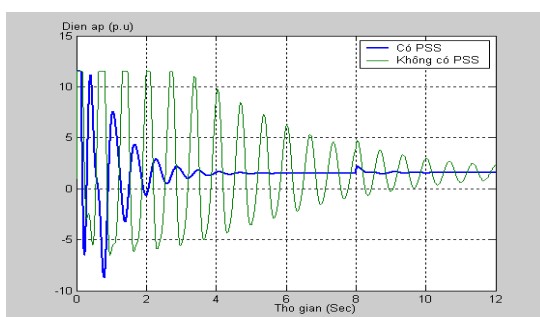


Hình 7. Sơ đồ mô phỏng hệ thống trong Matlab - Simulink

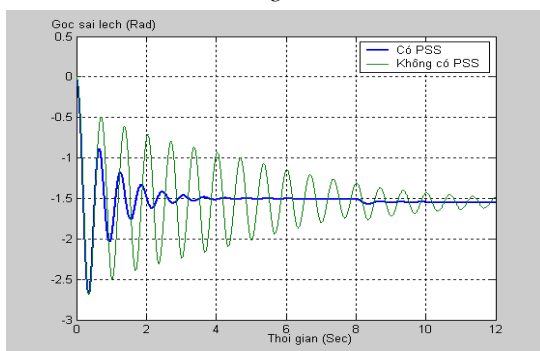
Kết quả mô phỏng với hệ thống kích từ dùng máy phát điện xoay chiều



Hình 8. Điện áp đầu cực máy phát

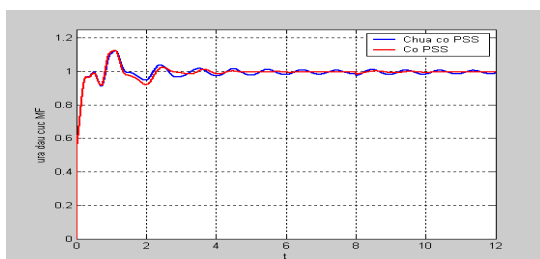


Hình 9. Đáp ứng điện áp kích từ có PSS và không có PSS

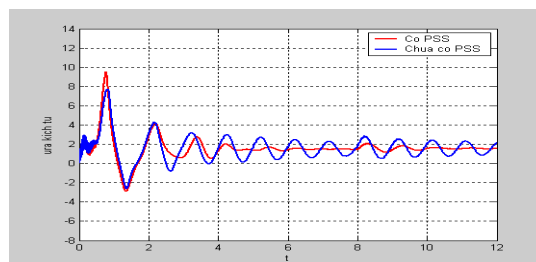


Hình 10. Sai lệch góc delta

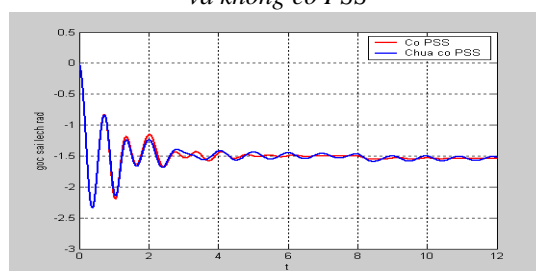
Kết quả mô phỏng với hệ thống kích từ tĩnh



Hình 11. Điện áp ra đầu cực máy phát



Hình 12. Đáp ứng điện áp kích từ có PSS và không có PSS



Hình 13. Sai lệch góc delta

NHẬN XÉT KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

- Điện áp đầu cực máy phát: So sánh điện áp đầu cực máy phát khi dùng hai loại kích từ là kích từ tĩnh và kích từ dùng máy phát điện xoay chiều (có PSS) ta thấy mức độ dao động và thời gian ổn định điện áp khi dùng kích từ tĩnh nhỏ và nhanh hơn khi dùng kích từ dùng máy phát điện xoay chiều.

- Đáp ứng điện áp kích từ có PSS và không có PSS: Đáp ứng điện áp kích từ có PSS và không có PSS ta thấy đối với kích từ tĩnh biên độ dao động và thời gian dao động nhỏ và ngắn hơn so với kích từ dùng máy phát điện xoay chiều.

- Sai lệch góc delta: Sai lệch góc delta và thời gian sai lệch trong trường hợp dùng kích từ tĩnh nhỏ hơn so với kích từ dùng máy phát điện xoay chiều.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

Lựa chọn tối ưu các hệ thống kích từ cho máy phát là một việc rất quan trọng, khi xét thêm bộ ổn định công suất PSS2A. Các kết quả mô phỏng hệ thống trên phần mềm Simulink đã cho thấy tính đúng đắn của thiết kế nhằm nâng cao tính ổn định của HTĐ.

Kiến nghị và hướng nghiên cứu tiếp là nâng cao ổn định của HTĐ khi có xét đến bộ ổn định công suất PSS4B.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Công Hiền, *Hệ thống cung cấp điện*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Trần Quang Khánh (2004), *Vận hành hệ thống điện*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Lã Văn Út (2001), *Phân tích và điều khiển ổn định hệ thống điện*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- [4]. Phạm Văn Bình, *Máy điện tổng quát*, Nxb Giáo dục.
- [5]. Nguyễn Phùng Quang (2006), *Matlab & Simulink*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- [6]. Quách Đình Dũng (2008), *Nghiên cứu ứng dụng DPS cho hệ điều khiển điện áp nhà máy điện*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, ĐH Bách Khoa Hà Nội.
- [7]. E.V. Larsen, and D.A. Swann, "Applying power system stabilizers, part I; general concepts". vol. PAS-100, 1981.
- [8]. P.Kundur, G.J.Rogers, "Application of power system stabilizers for enhancement of overall system stability" vol.4,pp.614-626.
- [9]. R.A Lawson, D.A. Swann, and G.F. Wright, "Minimization of Power System Stabilizer Torsional Interaction on Large Turbine - Generators" IEEE Trans. PAS, Vol.97, Feb. 1978, pp 183 - 190.
- [10]. IEEE Std.421.5-1992, *IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies*.

SUMMARY

A STUDY TO THE INFLUENCE OF EXCITATION SYSTEM USING POWER SYSTEM STABILIZER TO THE STABILITY OF POWER SYSTEM**Dao Duy Yen^{*}, Truong Tuan Anh, Tran Duc Quynh Lam***College of Technology - TNU*

Instability of a power system can be caused by the variation of loads, this leads to changes of generator's power. Due to impedance drops, terminal voltages of generator are varied which, in some cases, are out of the rated value. If no effective regulation is applied, the this variation can affect to the power quality. In order to maintain the power system to work well, then system disturbance must be eliminated or minimized. This paper proposes a method to use two different excitation systems which are AC generator based and static based excitation systems with the utilization of power system stabilizer PSS2A. This proposed method can improve voltage quality, generator capacity and stability of power system. Simulation results show that the power system can meet the technical requirements and the designed method can be feasible in reality.

Key words: *Stability, power system, excitation system, PSS*

Ngày nhận bài: 20/3/2013; Ngày phản biện: 31/5/2013; Ngày duyệt đăng: 26/7/2013

^{*} Tel: 0983214112; Email: duy_yen_ktcn@yahoo.com