

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

Đỗ Thị Phương Nhung

**ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA BỘ ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐIỆN
(PSS) CÓ CẤU TRÚC THEO CHUẨN IEEE 421.5-2005
TRONG VẤN ĐỀ ỔN ĐỊNH GÓC RÔ TO MÁY PHÁT ĐIỆN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Mã số: 60520202

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

TS. Nguyễn Hiền Trung

Thái Nguyên – 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi dựa trên sự hướng dẫn của tập thể các nhà khoa học và các tài liệu tham khảo đã trích dẫn. Kết quả nghiên cứu là trung thực.

Thái Nguyên, ngày tháng 5 năm 2014

Học viên

Đỗ Thị Phương Nhung

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC BẢNG, HÌNH VẼ.....	vi
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	2
3. Phương pháp nghiên cứu.....	2
4. Những kết quả đạt được	3
5. Cấu trúc của luận văn.....	3
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN	4
1.1. Giới thiệu cấu trúc hệ thống điện.....	4
1.2. Điều khiển hệ thống điện	6
1.2.1. Nhiệm vụ điều khiển HTĐ	6
1.2.2. Cấu trúc điều khiển HTĐ	8
1.3. Ổn định góc tải (góc rotor).....	13
1.3.1. Góc tải (góc rotor).....	13
1.3.2. Ổn định các tín hiệu nhỏ.....	15
1.4. Bộ ổn định HTĐ – PSS	17
1.5. Những phương pháp thiết kế PSS	19
1.6. Kết luận chương 1	23
Chương 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA TRẠM PHÁT ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN.....	24
2.1. Mô hình máy phát điện đồng bộ	26
2.1.1. Phương trình biểu diễn trên hệ trục tọa độ dq0	27
2.1.2. Phương trình với mạch từ tuyến tính.....	30
2.2. Mô hình máy phát điện kinh điển	31
2.3. Mô hình kích từ và bộ điều chỉnh điện áp.....	35
2.4. Mô hình turbine và bộ điều chỉnh tốc độ	38
2.4.1. Mô hình turbine.....	38
2.4.2. Mô hình bộ điều tốc	40
2.5. Mô hình của hệ máy phát kết nối với HTĐ.....	41
2.5.1. Phương trình ràng buộc điện áp trong hệ đơn vị tương đối.....	41
2.5.2. Mô hình multi-time-scale của hệ máy phát kết nối với HTĐ (mô hình bậc 8).....	41

2.5.3. Mô hình bỏ qua quá độ stator của hệ máy phát kết nối với HTĐ (mô hình bậc 6)	44
2.5.4. Mô hình two-axis của hệ máy phát kết nối với HTĐ (mô hình bậc 4).....	46
2.5.5. Mô hình flux-decay của hệ máy phát kết nối với HTĐ (mô hình bậc 3).....	47
2.5.6. Mô men damping	49
2.6. Kết luận chương 2	49
Chương 3. PHÂN TÍCH CẤU TRÚC CỦA PSS.....	50
3.1. Xây dựng mô hình tín hiệu nhỏ của hệ máy phát kết nối với HTĐ	50
3.2. Phân tích ảnh hưởng của PSS đối với ổn định tín hiệu nhỏ	55
3.3. Phân tích cấu trúc các PSS	60
3.3.1. PSS đầu vào đơn – PSS1A	60
3.3.2. PSS đầu vào kép.....	61
3.4. Phân tích các thành phần trong PSS2A/2B	64
3.4.1. Tín hiệu tốc độ.....	64
3.4.2. Tín hiệu công suất điện	65
3.4.3. Tín hiệu công suất cơ	65
3.4.4. Bù pha và lựa chọn tín hiệu ổn định.....	66
3.4.5. Khâu giới hạn điện áp đầu cực	67
3.5. Kết luận chương 3	67
Chương 4. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA PSS ĐỐI VỚI ỔN ĐỊNH GÓC TẢI.....	68
4.1. Phần mềm mô phỏng Matlab/Simulink.....	68
4.2. Xây dựng sơ đồ mô phỏng trong Matlab/Simulink.....	68
4.2.1. Thông số các phần tử trong mô phỏng (pu)	69
4.2.2. Kết quả mô phỏng	77
4.3. Thí nghiệm trên Card R&D DS1104 thời gian thực	78
4.3.1. Giới thiệu về Card điều khiển R&D DS1104 của hãng dSPACE [7], [8].....	78
4.3.2. Xây dựng bàn thiết bị thí nghiệm.....	79
4.3.3. Thiết lập môi trường làm việc dùng cho thí nghiệm online	81
4.3.5. Kết quả thí nghiệm	87
4.4. Kết luận chương 4	88
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	89
TÀI LIỆU THAM KHẢO	90

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Biểu diễn	Ghi chú tiếng anh
PSS	Bộ ổn định HTĐ	Power System Stabilizer
AVR	Tự động điều chỉnh điện áp	Automatic Voltage Regulator
LFO	Dao động tần số thấp	Low Frequency Oscillation
LFC	Điều khiển tần số-tải	Load-frequency Control
AGC		Automatic Generation Control
FACTS	Hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt	Flexible AC Transmission Systems
HVDC	Truyền tải điện một chiều cao áp	High Voltage Direct Current
SVC	Thiết bị bù công suất phản kháng tĩnh	Static Var Compensator
HTKT	Hệ thống kích từ	Excitation Systems
CSTD	Công suất tác dụng	Active Power
CSPK	Công suất phản kháng	Reactive Power
HTĐ	Hệ thống điện	Power System
MBA	Máy biến áp	Transformer
AC	Xoay chiều	
DC	Một chiều	
p.u	Đơn vị tương đối	Per unit

DANH MỤC CÁC BẢNG, HÌNH VẼ

Hình 1.1. Các phần tử cơ bản của một HTĐ -----	5
Hình 1.2. Các thành phần điều khiển liên quan trong một trạm phát điện [11] -----	7
Hình 1.3. Cấu trúc điều khiển HTĐ -----	8
Hình 1.4. Mô hình kích từ không chổi than AC -----	10
Hình 1.5. Mạch kích từ xoay chiều -----	10
Hình 1.6. Mô hình kích từ một chiều DC1A -----	11
Hình 1.7. Mô hình kích từ ST1A -----	12
Hình 1.8. Điều khiển tần số và phân phối CSTD trong HTĐ -----	13
Hình 1.9. Đặc tính công suất của máy phát -----	14
Hình 1.10. Phân loại ổn định HTĐ -----	15
Hình 1.11. Dao động cục bộ -----	16
Hình 1.12. Dao động liên khu vực -----	16
Hình 1.13. Sơ đồ khối điều khiển HTKT có PSS -----	17
Hình 1.14. Cấu trúc cơ bản của một PSS -----	19
Hình 2.1. Sơ đồ khối một máy phát điện đồng bộ trong HTĐ -----	25
Hình 2.2. Sơ đồ máy điện đồng bộ hai cực từ -----	26
Hình 2.3. Mô hình hệ thống máy phát điện kinh điển nối lưới -----	32
Hình 2.4. Sơ đồ khối máy phát điện kinh điển -----	34
Hình 2.5. Sơ đồ mạch máy kích từ một chiều độc lập -----	35
Hình 2.6. Sơ đồ mạch máy kích từ một chiều tự kích thích -----	36
Hình 2.7. Mô hình HTKT IEEE loại 1 -----	38
Hình 2.8. Sơ đồ khối của hệ thống điều tốc cơ khí - thủy lực -----	40
Hình 2.9. Sơ đồ khối của hệ thống điều tốc điện tử - thủy lực -----	40
Hình 2.10. Mô hình hệ thống turbine và điều tốc đơn giản -----	41
Hình 2.11. Sơ đồ động học siêu quá độ của máy phát [15] -----	44
Hình 2.12. Mô hình hai trục (two-axis) của hệ máy phát [15] -----	46
Hình 2.13. Mô hình động học flux-decay của máy phát điện [15] -----	48
Hình 3.1. Sơ đồ khối điều chỉnh kích từ máy phát nối lưới -----	50
Hình 3.2. Mô hình HTKT IEEE loại 1 với tín hiệu nhỏ -----	54
Hình 3.3. HTKT thyristor ST1A với AVR -----	54
Hình 3.4. Sơ đồ khối đã tuyến tính của máy phát bao gồm kích từ & AVR -----	55
Hình 3.5. Đáp ứng tự nhiên của góc tải δ với các nhiễu nhỏ -----	56

Hình 3.6. Đồ thị vector các thành phần mô men với AVR-----	57
Hình 3.7. Sơ đồ khối đã tuyến tính hệ máy phát nối lưới với kích từ, AVR và PSS -----	57
Hình 3.8. Đồ thị vector các thành phần mô men với AVR & PSS-----	60
Hình 3.9. Sơ đồ khối của PSS1A – loại đầu vào đơn -----	61
Hình 3.10. Sơ đồ khối PSS2A (IEEE 421.5.1995)-----	63
Hình 3.11. Sơ đồ khối của PSS2B-----	63
Hình 3.12. Sơ đồ khối của PSS3B-----	63
Hình 3.13. Sơ đồ khối của PSS4B (Multi-band PSS)-----	64
Hình 3.14. Khâu lọc thông cao-----	65
Hình 3.15. Khâu lọc thông cao và tích phân đã rút gọn -----	65
Hình 3.16. Các cấu hình khâu lọc đối với công suất cơ -----	66
Hình 3.17. Khâu khuếch đại và bù pha -----	66
Hình 4.1. Hệ thống kích từ ST1A trong sơ đồ mô phỏng -----	70
Hình 4.2. Sơ đồ lấy kết quả mô phỏng-----	71
Hình 4.3. Sơ đồ khối của PSS1A trong mô phỏng Matlab-----	72
Hình 4.4. Sơ đồ khối của PSS2A trong mô phỏng Matlab-----	72
Hình 4.5. Sơ đồ mô phỏng hệ thống khi không có PSS -----	74
Hình 4.6. Sơ đồ mô phỏng hệ thống với PSS1A -----	75
Hình 4.7. Sơ đồ mô phỏng hệ thống với PSS2A -----	76
Hình 4.8. Đáp ứng góc tải-----	77
Hình 4.9. Đáp ứng sai lệch tốc độ -----	77
Hình 4.10. Đáp ứng sai lệch CSTD -----	78
Hình 4.11. Hình ảnh mặt trên và mặt dưới của Card điều khiển R&D DS1104 -----	79
Hình 4.12. Cổng kết nối và connector của Card điều khiển R&D DS1104 -----	79
Hình 4.13. Mối liên hệ giữa các phần mềm điều khiển và thiết bị ngoại vi -----	80
Hình 4.14. Sơ đồ bàn thiết bị thí nghiệm -----	81
Hình 4.15. Màn hình khởi động Matlab và lựa chọn file mô phỏng-----	82
Hình 4.16. Thiết lập cho môi trường Solver chạy thời gian thực -----	83
Hình 4.17. Thiết lập cho môi trường Optimazation chạy thời gian thực-----	83
Hình 4.18. Thiết lập cho môi trường Real–Time Workshop chạy thời gian thực -----	84
Hình 4.19. Màn hình hiển thị khi quá trình Build đã thành công -----	85
Hình 4.20. Chọn file .sdf chạy thời gian thực-----	86
Hình 4.21. Các thao tác lấy kết quả thí nghiệm-----	87
Hình 4.22. Đáp ứng theo thời gian thực -----	88

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong những năm qua, với sự phát triển mạnh mẽ về kinh tế và từng bước công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, nhu cầu sử dụng điện của nước ta tăng trưởng không ngừng. Các nội dung thiết kế vận hành đường dây siêu cao áp 500 kV Bắc Trung Nam đã gắn liền với những tính toán phân tích có tính chất quyết định về phương diện ổn định hệ thống. Sự suất hiện trong tương lai những nhà máy điện lớn (Thủy điện Sơn La, Lai Châu, Trung tâm nhiệt điện Phú Mỹ...) nối vào HTĐ bằng đường dây 500 kV, dự án liên kết HTĐ Việt Nam với các nước trong khu vực đang đòi hỏi phải nghiên cứu sâu sắc tỉ mỉ hơn về phương diện ổn định HTĐ trong quá trình vận hành.

Theo quan điểm truyền thống, vấn đề ổn định là duy trì sự hoạt động đồng bộ. Điều kiện cần thiết để HTĐ hoạt động bình thường là tất cả các máy phát duy trì đồng bộ với nhau. Về khía cạnh này ổn định HTĐ chịu ảnh hưởng của đặc tính động học góc rotor và quan hệ công suất - góc [10], [13].

Mối quan tâm trong việc đánh giá ổn định là phản ứng của HTĐ khi chịu nhiễu loạn tức thời. Nhiễu này có thể lớn hoặc nhỏ. Các nhiễu nhỏ là dạng tương tác giữa các máy phát hay thay đổi tải diễn ra thường xuyên trong quá trình vận hành, và hệ thống phải tự điều chỉnh để thích ứng với các điều kiện đó. Hệ thống phải có khả năng hoạt động dưới các điều kiện này và cung cấp đủ công suất cho tải. Đồng thời hệ thống phải có khả năng chịu được các nhiễu lớn như ngắn mạch trên đường dây tải điện, mất máy phát, mất tải lớn, hoặc mất liên lạc giữa 2 hệ thống. Cũng chính vì sự phức tạp này mà nhiều giả thiết thường được sử dụng để làm đơn giản bài toán và chỉ tập trung vào các nhân tố ảnh hưởng đến loại đặc tính của ổn định [10].

Việc sử dụng các bộ kích từ đáp ứng nhanh có ảnh hưởng bất lợi với ổn định các nhiễu nhỏ tương ứng với các dao động cục bộ do tạo ra sự cản âm [10]. Một nguồn khác gây nên mất ổn định dạng dao động là hệ quả của kết nối các HTĐ với nhau, của một nhóm lớn các máy phát gần nhau liên kết bằng đường truyền yếu. Với công suất truyền tải lớn, hệ thống như vậy sẽ tạo ra các dao động liên khu vực tần số thấp [12]. Để giải quyết các vấn đề này có thể sử dụng bộ ổn định hệ thống điện – PSS.

Theo IEEE, PSS chia ra hai loại: Bộ ổn định dựa trên tín hiệu tốc độ và bộ ổn định đầu vào kép (tín hiệu tốc độ và công suất) [9]. Trên thế giới PSS đã được rất Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên <http://www.lrc-tnu.edu.vn/>

nhiều các tác giả quan tâm nghiên cứu, tuy nhiên trong nước thì rất ít tác giả hay có tài liệu viết về PSS [1], [2], [4], [5]. Ở Việt Nam, nó được lắp đặt trong các nhà máy nhiệt điện Phả Lại, Phú Mỹ; nhà máy thủy điện Thác Bà, Yaly và Sơn La... Vì nhiều lý do khác nhau trong đó có vấn đề về kỹ thuật mà ở các nhà máy này chức năng PSS tích hợp trong hệ thống kích từ cho máy phát điện đã không được sử dụng.

Với những lý do nêu trên, tác giả đã mạnh dạn tìm hiểu nghiên cứu, đánh giá bộ ổn định PSS theo chuẩn IEEE 421.5-2005 để làm sáng tỏ vấn đề ổn định góc rô to máy phát điện với hy vọng PSS sẽ được ứng dụng rộng rãi trong thực tế, góp phần nâng cao hiệu quả hoạt động của các trạm phát điện hiện có.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung:

Đề tài này đặt mục tiêu chính là qua phân tích ổn định của HTĐ và phân tích các cấu trúc của PSS theo chuẩn IEEE 421.5-2005, thấy được sự cần thiết của PSS đối với việc nâng cao ổn định của HTĐ. Đồng thời đánh giá được hiệu quả của các loại PSS trong vấn đề ổn định góc rôto máy phát điện.

Mục tiêu cụ thể:

1. Tổng quan ổn định của HTĐ, trong đó đi sâu nghiên cứu ổn định góc rô to, tiếp cận theo hướng ổn định các nhiễu nhỏ.
2. Lựa chọn hệ thống kích từ AVR dùng trong nghiên cứu và PSS.
3. Xây dựng mô hình toán học của trạm phát điện trong HTĐ.
4. Phân tích cấu trúc điển hình của PSS, tính chọn các thông số cơ bản của một loại PSS.
5. Tiến hành mô phỏng trong Matlab so sánh hiệu quả của các loại PSS sản xuất theo chuẩn IEEE 421.5-2005. Kết quả nghiên cứu còn được kiểm chứng bằng thí nghiệm trên Card R&D DS1104 thời gian thực.

3. Phương pháp nghiên cứu

- *Nghiên cứu lý thuyết:* Phân tích đánh giá và hệ thống hóa các công trình nghiên cứu được công bố thuộc lĩnh vực liên quan: bài báo, tạp chí, sách chuyên ngành; nghiên cứu cấu trúc và phương pháp lựa chọn thông số PSS.

- *Nghiên cứu thực tiễn:* Nghiên cứu cấu trúc các PSS đang lắp đặt trong các nhà máy điện hiện nay ở Việt Nam, rồi phân tích lý giải so sánh. Kiểm chứng bộ điều khiển PSS bằng mô phỏng trong Matlab R2010a & Simulink và thí nghiệm trên Card R&D DS1104 của hãng dSPACE.

4. Những kết quả đạt được

Luận văn đã đánh giá được hiệu quả của các bộ PSS trong vấn đề ổn định góc rôto của máy phát điện, cụ thể:

- Xây dựng các bước để thiết lập mô hình toán học tuyến tính hóa của HTĐ gồm một máy phát điện nối với thanh cái qua đường dây tải điện.

- Mô phỏng thành công ảnh hưởng của hai loại PSS theo chuẩn IEEE 421.5-2005 đối với ổn định góc tải.

- Kiểm chứng kết quả nghiên cứu bằng thí nghiệm trên Card R&D DS1104 theo thời gian thực của hãng dSPACE tại phòng thí nghiệm Điện – Điện tử trường đại học KTCN.

- Là nguồn tư liệu phục vụ cho công tác học tập và giảng dạy trong nhà trường; Làm tài liệu tham khảo cho các chuyên gia và cán bộ kỹ thuật ngành Điện lực.

5. Cấu trúc của luận văn

Tính cấp thiết của đề tài được trình bày ở phần mở đầu của luận văn. Chương I của luận văn trình bày tổng quan vấn đề ổn định của HTĐ, trong đó đi sâu nghiên cứu ổn định góc rôto, tiếp cận theo hướng ổn định các nhiễu nhỏ. Chương II xây dựng mô hình toán học của trạm phát điện trong HTĐ. Chương III phân tích cấu trúc điển hình của PSS, xây dựng mô hình toán tuyến tính hóa xung quanh điểm làm việc của HTĐ nghiên cứu. Các kết quả mô phỏng ổn định góc rôto với PSS theo chuẩn IEEE 421.5-2005 được trình bày trong chương IV của luận văn.