BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

Nguyễn Hiền Trung

ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT TỐI ƯU RH_∞ ĐỂ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐIỆN PSS

Chuyên ngành: Tự động hóa
Mã số: 62 52 60 01

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. PGS.TS. Nguyễn Doãn Phước
2. PGS.TS. Nguyễn Như Hiển

Thái Nguyên – 2012

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 và chưa công bố trên bất cứ một công trình nào khác.

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Hiền Trung

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên *http://www.lrc-tnu.edu.vn*

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình làm luận án, tôi đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp từ các thầy giáo, cô giáo, các anh chị và các bạn đồng nghiệp.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn đến PGS.TS. Nguyễn Doãn Phước và PGS.TS. Nguyễn Như Hiển đã dành tâm huyết hướng dẫn tôi trong suốt thời gian qua.

Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy giáo, cô giáo ở bộ môn Tự động hóa – Khoa điện – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp và gia đình đã có những ý kiến đóng góp quí báu và tạo các điều kiện thuận lợi cho tôi trong quá trình hoàn thành luận án.

Tôi xin chân thành cảm ơn Phòng quản lý đào tạo sau đại học – Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp; chân thành cảm ơn bộ môn Điều khiển tự động – Viện Điện – Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, trung tâm nghiên cứu triển khai công nghệ cao trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tạo những điều kiện thuận lợi để tôi hoàn thành luận án này.

Tác giả luận án

Nguyễn Hiền Trung

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên *http://www.lrc-tnu.edu.vn*

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN ii
LỜI CẢM ƠN iii
MỤC LỤC iv
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU vii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT x
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ xi
MỞ ĐẦU 1
1. Tính cấp thiết, ý nghĩa lý luận và thực tiễn của đề tài 1
2. Mục đích nghiên cứu của đề tài 2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu 2
4. Phương pháp nghiên cứu 3
5. Những đóng góp mới của luận án 3
6. Cấu trúc của luận án 4
Chương 1. TỔNG QUAN 6
1.1. Giới thiệu cấu trúc hệ thống điện 6
1.2. Điều khiển hệ thống điện 8
1.2.1. Nhiệm vụ điều khiển HTĐ 8
1.2.2. Cấu trúc điều khiển HTĐ 10
1.3. Vấn đề dao động góc tải trong HTĐ 16
1.3.1. Định nghĩa góc tải (góc rotor) 16
1.3.2. Cân bằng công suất trong HTĐ 17
1.3.3. Nguyên nhân gây ra dao động góc tải 18
1.4. Bộ ổn định HTĐ - PSS 21
1.5. Những vấn đề nghiên cứu về PSS 22
1.5.1. Một số phương pháp thiết kế PSS 22
1.5.2. Các công trình nghiên cứu về PSS 25
1.6. Hướng nghiên cứu của luận án 26
1.7. Kết luận chương 1 27

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên *http://www.lrc-tnu.edu.vn*

Chương 2. MÔ HÌNH TOÁN CỦA TRẠM PHÁT ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN **28**
2.1. Mô hình máy phát điện đồng bộ **30**
2.1.1. Phương trình biểu diễn trên hệ trục toạ độ $dq0$ 31
2.1.2. Phương trình với mạch từ tuyến tính 35
2.2. Mô hình kích từ và bộ điều chỉnh điện áp **36**
2.3. Mô hình turbine và bộ điều chỉnh tốc độ **39**
2.3.1. Mô hình turbine 39
2.3.2. Mô hình bộ điều tốc 41
2.4. Mô hình động học của hệ máy phát kết nối với HTĐ **42**
2.4.1. Phương trình ràng buộc điện áp trong hệ đơn vị tương đối 42
2.4.2. Mô hình multi–time–scale của hệ máy phát kết nối với HTĐ 43
2.4.3. Mô hình bỏ qua quá độ stator của máy phát kết nối với HTĐ 45
2.4.4. Mô hình two-axis của hệ máy phát kết nối với HTĐ 47
2.4.5. Mô hình flux–decay của hệ máy phát kết nối với HTĐ 48
2.4.6. Mô men damping 50
2.5. Kết luận chương 2 **51**
Chương 3. PHÂN TÍCH BỘ ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐIỆN PSS **52**
3.1. Xây dựng mô hình tín hiệu nhỏ của hệ máy phát kết nối với HTĐ **52**
3.2. Phân tích ảnh hưởng của PSS đối với ổn định tín hiệu nhỏ **58**
3.3. Phân tích cấu trúc các PSS **63**
3.3.1. PSS đầu vào đơn – PSS1A 63
3.3.2. PSS đầu vào kép 64
3.4. Phân tích các thành phần trong PSS2A/2B **68**
3.4.1. Tín hiệu tốc độ 68
3.4.2. Tín hiệu công suất điện 69
3.4.3. Tín hiệu công suất cơ 69
3.4.4. Bù pha và lựa chọn tín hiệu ổn định 70
3.4.5. Khâu giới hạn điện áp đầu cực 70
3.5. Đánh giá hiệu quả của PSS đối với ổn định góc tải **71**
3.5.1. Trường hợp không sử dụng PSS và có sử dụng PSS 71
3.5.2. Trường hợp sử dụng PSS1A và PSS2A 72

3.6. Kết luận chương 3 74

Chương 4. ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU RH_∞ ĐỂ THIẾT KẾ PSS TỐI ƯU CẤU TRÚC 75

4.1. Chuyển bài toán điều khiển ổn định tín hiệu nhỏ thành bài toán điều khiển bền vững RH_∞ 75

4.2. Thiết kế bộ điều khiển bền vững RH_∞ 80

4.2.1. Khái niệm cơ bản về lý thuyết điều khiển tối ưu RH_∞ 80

4.2.2. Các bước thực hiện bài toán điều khiển tối ưu RH_∞ 81

4.2.3. Thiết kế PSS tối ưu RH_∞ 85

4.3. Mô phỏng bộ điều khiển 91

4.3.1. Mô phỏng trong Matlab 91

4.3.2. Mô phỏng theo thời gian thực 93

4.4. Kết luận chương 4 97

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 99

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN 100

TÀI LIỆU THAM KHẢO 101

PHỤ LỤC 106

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên *http://www.lrc-tnu.edu.vn*

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

$\underline{x}$	Các vector biến trạng thái
$\underline{y}$	Vector đầu ra của hệ thống
$\underline{u}$	Vector đầu vào của hệ thống
$\Theta_{n\times n}$	Ma trận có các phần tử 0 có kích thước $n\times n$
I_n	Ma trận đơn vị có kích thước n
$a,\ b,\ c$	Cuộn dây stator mỗi pha
fd	Cuộn dây kích từ
kd	Cuộn cản theo trục $d,\ (k=1,2)$
kq	Cuộn cản theo trục $q,\ (k=1,2)$
$v_a,\ v_b,\ v_c$	Điện áp pha tức thời stator
$i_a,\ i_b,\ i_c$	Dòng điện tức thời stator các pha $a,\ b,\ c$
$i_{fd},\ i_{kd},\ i_{kq}$	Các dòng điện mạch kích từ, cuộn cản dọc trục và ngang trục
$r_{fd},\ r_{kd},\ r_{kq}$	Các điện trở mạch rotor, cuộn cản
$l_{aa},\ l_{bb},\ l_{cc}$	Tự cảm các cuộn dây stator
$l_{ab},\ l_{bc},\ l_{ca}$	Hỗ cảm giữa các cuộn dây stator
$l_{afd},\ l_{akd},\ l_{akq}$	Hỗ cảm giữa các cuộn dây rotor và stator
$l_{ffd},\ l_{kkd},\ l_{kkq}$	Tự cảm của mạch rotor
R_s	Điện trở pha phần ứng (stator)
s	Toán tử laplace = d/dt
δ	Góc rotor (góc tải) của máy phát (rad)

θ	Góc xác định bởi trục pha a và trục d (rad)
θ_{vs}	Góc pha đầu của điện áp trên thanh cái hệ thống
ω	Tốc độ góc của máy phát (rad/s)
ω_0	Tốc độ đồng bộ (rad/s)
P_m	Công suất cơ (p.u)
T_M	Mô men cơ ($\mathrm{p.u}$)
P_e	Công suất điện ($\mathrm{p.u}$)
T_e	Mô men điện ($\mathrm{p.u}$)
Q_e	Công suất phản kháng ($\mathrm{p.u}$)
T_D	Mô men dammping – mô men dập (damping torque)
T_S	Mô men đồng bộ (synchronizing torque)
K_D	Hệ số mô men damping
K_S	Hệ số mô men đồng bộ
H	Hằng số quán tính máy phát (s)
Ψ_d	Từ thông stator dọc trục
Ψ_q	Từ thông stator ngang trục
E_{fd}	Điện áp kích từ
V_t	Điện áp đầu cực của máy phát ($\mathrm{p.u}$)
V_d	Điện áp stator dọc trục
V_q	Điện áp stator ngang trục
I_d	Dòng điện stator dọc trục
I_q	Dòng điện stator ngang trục

E'_d	Điện áp quá độ dọc trục
E'_q	Điện áp quá độ ngang trục
Ψ_{kd}	Từ thông móc vòng cuộn cản dọc trục
Ψ_{kq}	Từ thông móc vòng cuộn cản ngang trục
$X_d; X'_d; X''_d$	Điện kháng đồng bộ, quá độ và siêu quá độ dọc trục của máy phát
$X_q; X'_q; X''_q$	Điện kháng đồng bộ, quá độ và siêu quá độ ngang trục của máy phát
X_{ls}	Điện kháng khe hở (stator leakage inductance)
$T'_{d0}; T''_{d0}$	Hằng số thời gian quá độ và siêu quá dộ dọc trục (s)
$T'_{q0}; T''_{q0}$	Hằng số thời gian quá độ và siêu quá dộ ngang trục (s)

DANH MỤC CÁC 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
LMI	Bất đẳng thức ma trận tuyến tính	Linear Matrix Inequalities
LFO	Dao động tần số thấp	Low Frequency Oscillation
LFC	Điều khiển tần số–tải	Load–Frequency Control
AGC		Automatic Generation Control
HTKT	Hệ thống kích từ	Excitation Systems
CSTD	Công suất tác dụng	Active Power
CSPK	Công suất phản kháng	Reactive Power
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
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