BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI

NGUYỄN TRỌNG THẮNG

NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP CHO HỆ THỐNG PHÁT ĐIỆN ĐỒNG TRỤC TRÊN TÀU THỦY

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI- 2014

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI

NGUYỄN TRỌNG THẮNG

NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP CHO HỆ THỐNG PHÁT ĐIỆN ĐỒNG TRỤC TRÊN TÀU THỦY

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

Mã số: 62.52.02.16

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1: PGS.TS Nguyễn Tiến Ban

2: PGS.TS Nguyễn Thanh Hải

HÀ NỘI- 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tác giả xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tác giả dưới sự hướng dẫn của **PGS.TS Nguyễn Tiến Ban** và **PGS.TS Nguyễn Thanh Hải**. Các số liệu, kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả

Nguyễn Trọng Thắng

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên tác giả xin chân thành cảm ơn sâu sắc tới thầy PGS.TS Nguyễn Tiến Ban và thầy PGS.TS Nguyễn Thanh Hải đã tâm huyết hướng dẫn tác giả hoàn thành luận án này.

Đặc biệt tác giả xin chân thành cảm ơn các thầy giáo, cô giáo khoa Điện-Điện tử, Phòng đào tạo Sau đại học trường Đại học Giao thông vận tải đã giúp đỡ và đóng góp nhiều ý kiến quan trọng để tác giả có thể hoàn thành luận án của mình.

Tác giả cũng xin cảm ơn sâu sắc tới thầy GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn và thầy GS.TS Lê Hùng Lân luôn động viên, khích lệ, giúp đỡ và tạo mọi điều kiện để tác giả thực hiện thành công luận án này.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia-Bộ Khoa học và Công nghệ đã tài trợ kinh phí cho tác giả trình bầy kết quả nghiên cứu tại hội nghị quốc tế IEEE-ICMA tổ chức tại Nhật Bản.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN i
LỜI CẢM ƠN ii
MỤC LỤC iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT vi
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU ix
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ x
MỞ ĐẦU 1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN HỆ THỐNG PHÁT ĐIỆN ĐỒNG TRỤC TRÊN TẦU THỦY SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP VÀ CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN 5
1.1 Khái quát hệ thống phát điện đồng trục trên tầu thủy 5
1.2 Các hệ thống phát điện đồng trục trong thực tế 8
1.2.1 Các cách bố trí máy phát đồng trục để lấy cơ năng từ máy chính 8
1.2.2 Các cấu trúc phần điện của máy phát đồng trục 10
1.3 Sơ đồ tổng quát hệ thống điều khiển máy phát điện đồng trục sử dụng máy điện dị bộ nguồn kép 15
1.4 Tổng hợp các kết quả nghiên, ứng dụng DFIG trong hệ thống phát điện 16
1.4.1 Cấu trúc điều khiển tĩnh Scherbius 17
1.4.2 Điều khiển vector không gian 17
1.4.3 Điều khiển trực tiếp momen (direct torque control-DTC) 19
1.4.4 Điều khiển trực tiếp công suất (direct power control-DPC) 19
1.4.5 Cấu trúc điều khiển DFIG không cảm biến 20
1.4.6 Cấu trúc điều khiển DFIG không chổi than (Brushless- Doubly- Fed Induction Generator- BDFIG) 21
1.5 Các vấn đề còn tồn tại và đề xuất giải pháp, mục tiêu của luận án 21
1.6 Nội dung và phương pháp nghiên cứu của luận án 23
Nhận xét và kết luận chương 1 23

CHƯƠNG 2: ĐỀ XUẤT CẤU TRÚC PHÁT ĐIỆN ĐỒNG TRỤC SỬ DỤNG DFIG BẰNG KỸ THUẬT ĐỒNG DẠNG TÍN HIỆU ROTOR 24
2.1 Các phương trình toán mô tả DFIG.....24
2.1.1 Những giả thiết cơ bản.....24
2.1.2 Các phương trình ở hệ trục pha.....25
2.1.3 Phương trình biến đổi stator và rotor 26
2.1.4 Phương trình từ thông 28
2.1.5 Phương trình momen 30
2.1.6 Biểu diễn các phương trình của DFIG trên cơ sở vector không gian của đại lượng 3 pha 31
2.2 Các cấu trúc ghép nối DFIG ứng dụng trong hệ thống phát điện.....34
2.2.1 Cấu trúc phát điện sử dụng DFIG không chổi than.....35
2.2.2 Cấu trúc phát điện sử dụng DFIG bằng kỹ thuật đồng dạng tín hiệu rotor 39
2.3 Mô hình toán hệ thống phát điện đồng trục sử dụng DFIG bằng kỹ thuật đồng tín hiệu dạng rotor 41
2.3.1 Cấu trúc và nguyên lý hoạt động.....41
2.3.2 Mô hình toán DFIG1 và DFIG2.....42
2.3.3 Mô hình hệ thống khi DFIG2 chưa hòa với lưới điện.....43
2.3.4 Mô hình hệ thống sau khi DFIG2 hòa với lưới điện 49
2.3.5 Các ưu điểm của cấu trúc phát điện đồng trục sử dụng DFIG bằng kỹ thuật động dạng tín hiệu rotor 52
2.4 Xác định tỷ số truyền của hộp số của máy phát đồng trục 53
2.4.1 Cấu tạo, chức năng của hộp số trong máy phát đồng trục.....53
2.4.2 Các dòng năng lượng qua máy phát 54
2.4.3 Các thành phần công suất qua máy phát 55
2.4.4 Hiệu suất chuyển đổi cơ năng sang điện năng 60
Nhận xét và kết luận chương 2.....63

CHƯƠNG 3: KHẢO SÁT BẰNG MÔ PHỎNG KIỂM CHỨNG TÍNH ĐÚNG ĐẮN CỦA HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT 65
3.1 Mở đầu 65
3.2 Các khâu chức năng trong hệ thống 65
3.3 Xây dựng mô hình hệ thống 67
3.4 Cách chỉnh định và vận hành hệ thống 72
3.4.1 Chỉnh định hệ thống khi stator của DFIG2 chưa nối với lưới 72
3.4.2 Vận hành hệ thống sau khi stator của DFIG2 nối với lưới 72
3.5 Mô phỏng các đặc tính của các khâu trong hệ thống 72
3.5.1 Các kết quả mô phỏng khi hệ thống phát điện chưa hòa với lưới 72
3.5.2 Các kết quả mô phỏng khi hệ thống phát điện hòa với lưới 77
Nhận xét và kết luận chương 3 81
CHƯƠNG 4: THIẾT LẬP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY PHÁT DỊ BỘ NGUỒN KÉP LÀM VIỆC Ở TRẠM PHÁT ĐỒNG TRỤC TÀU THỦY 83
4.1 Mở đầu 83
4.2 Xác định cấu trúc đối tượng điều khiển 83
4.3 Thiết kế bộ điều khiển 86
4.3.1 Khái quát về hệ thống điều khiển mờ 87
4.3.2 Thiết kế bộ điều khiển PID chỉnh định mờ để điều khiển đối tượng 88
4.4 Phân chia tải hệ thống phát điện đồng trục với lưới điện tầu thủy 95
Nhận xét và kết luận chương 4 98
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 100
Kết luận 100
Kiến nghị 100
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN 101
TÀI LIỆU THAM KHẢO 103
Tiếng việt 103
Tiếng anh 104

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Các ký hiệu:

STT	Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
1	$\underline{u}_s^f, \underline{u}_r^f$	V	Vector điện áp stator, điện áp rotor trên hệ tọa độ dq
2	$\underline{i}_s^f, \underline{i}_r^f$	A	Vector dòng điện stator, dòng điện rotor trên hệ tọa độ dq
3	$\underline{\psi}_s^f, \underline{\psi}_r^f$	Wb	Vector từ thông stator, rotor trên hệ tọa độ dq
4	$\underline{i}_r^r, \underline{i}_s^r$	V	Vector dòng điện rotor, stator trên hệ tọa độ rotor
5	$\underline{u}_s^s$	V	Vector điện áp stator trên hệ tọa độ stator
6	$\underline{\psi}_s^s$	Wb	Vector từ thông stator trên hệ tọa độ stator
7	$\underline{u}_r^r$	V	Vector điện áp rotor trên hệ tọa độ rotor
8	R_s, R_r	Ω	Điện trở stator, điện trở rotor
9	L_s, L_r	H	Điện cảm stator, điện cảm rotor
10	L_m	H	Hỗ cảm giữa stator và rotor
11	ω_s, ω_r	rad/s	Tần số góc điện áp stator, rotor
12	ω_g	rad/s	Tần số góc điện áp lưới
13	ω	rad/s	Tốc độ góc quay của rotor
14	P	W	Công suất tác dụng
15	Q	VAR	Công suất phản kháng
16	P^*	W	Công suất tác dụng mong muốn
17	Q^*	VAR	Công suất phản kháng mong muốn
18	P_L	W	Công suất tác dụng của tải

19	Q_L	VAR	Công suất phản kháng của tải
20	P_c	W	Công suất cơ
21	i_{sd}, i_{sq}	A	Các thành phần của dòng stator trên hệ toạ độ dq
22	i_{rd}, i_{rq}	A	Các thành phần của dòng rotor trên hệ toạ độ dq
23	ψ_{sd}, ψ_{sq}	Wb	Các thành phần của từ thông stator trên hệ toạ độ dq
24	ψ_{rd}, ψ_{rq}	Wb	Các thành phần của từ thông rotor trên hệ toạ độ dq
25	u_{sd}, u_{sq}	V	Các thành phần của điện áp stator trên hệ toạ độ dq
26	u_{rd}, u_{rq}	V	Các thành phần của điện áp rotor trên hệ toạ độ dq
27	$i_{s\alpha}, i_{s\beta}$	A	Các thành phần của dòng stator trên hệ toạ độ αβ
28	i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}	A	Dòng điện các pha A, B, C của stator
29	i_{ra}, i_{rb}, i_{rc}	A	Dòng điện các pha A, B, C của rotor
30	u_{sa}, u_{sb}, u_{sc}	V	Điện áp các pha A, B, C của stator
31	u_{ra}, u_{rb}, u_{rc}	V	Điện áp các pha A, B, C của rotor
32	t	s	Thời gian
33	p		Toán tử laplace
34	q		Số cặp cực
34	$\lfloor A_{pt} \rfloor$		Ma trận chuyển đổi stator
35	$\lfloor A_{ptr} \rfloor$		Ma trận chuyển đổi rotor
36	KP		Hằng số tỷ lệ
37	KI		Hằng số tích phân
38	KD		Hằng số vi phân

39	e		Sai lệch
40	de		Vi phân của sai lệch

Các chữ viết tắt:

STT	**Chữ viết tắt**	**Diễn giải nội dung**
1	DFIG	Máy phát điện dị bộ nguồn kép
2	BDFIG	Máy phát điện dị bộ nguồn kép không chổi than
3	ME	Máy chính lai chân vịt tầu thủy
4	SG	Máy phát điện đồng trục
5	DC	Dòng điện một chiều
6	DTC	Điều khiển trực tiếp momen
7	DPC	Điều khiển trực tiếp công suất
8	G-DC	Máy phát điện một chiều
9	M-DC	Động cơ điện một chiều
10	G3~	Máy phát điện xoay chiều 3 pha
11	R_u	Bộ điều khiển điện áp
12	R_f	Bộ điều khiển tần số
13	PID	Bộ điều khiển tỷ lệ, tích phân, vi phân