

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

---

**NGUYỄN THỊ HIỀN**

**NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN Ổ ĐỔ TỪ**  
**4 BẬC TỰ DO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHỈNH**  
**ĐỊNH THAM SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**THÁI NGUYÊN, 2014**

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**NGUYỄN THỊ HIỀN**

**NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN Ổ ĐỔ TỪ**  
**4 BẬC TỰ DO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHỈNH**  
**ĐỊNH THAM SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID**

**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**  
**MÃ SỐ: 60520216**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**KHOA CHUYÊN MÔN**  
**TRƯỞNG KHOA**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. ĐẶNG DANH HOÀNG**

**PHÒNG QUẢN LÝ ĐT SAU ĐẠI HỌC**

**THÁI NGUYÊN, 2014**

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Nguyễn Thị Hiền**

Sinh ngày: 17 tháng 7 năm 1979

Học viên lớp cao học khoá 14 - Tự động hoá - Trường Đại học Kỹ Thuật Công Nghiệp Thái Nguyên – Đại học Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại: Trường Đại học Công nghiệp Việt Hung.

Tôi cam đoan toàn bộ nội dung trong luận văn do tôi làm theo định hướng của giáo viên hướng dẫn, không sao chép của người khác.

Các phần trích lục các tài liệu tham khảo đã được chỉ ra trong luận văn.

Nếu có gì sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm.

**Tác giả luận văn**

**Nguyễn Thị Hiền**

## LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên tác giả xin chân thành cảm ơn tới các thầy giáo, cô giáo Khoa sau đại học, Khoa Điện trường đại học Kỹ thuật Công nghiệp cùng các thầy giáo, cô giáo, các anh chị tại Trung tâm thí nghiệm đã giúp đỡ và đóng góp nhiều ý kiến quan trọng cho tác giả để tác giả có thể hoàn thành bản luận văn của mình.

Trong quá trình thực hiện đề tài tôi đã nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình của các thầy, cô giáo trong khoa Điện của trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp thuộc ĐH Thái Nguyên và các bạn đồng nghiệp. Đặc biệt là dưới sự hướng dẫn và góp ý của thầy TS. Đặng Danh Hoàng đã giúp cho đề tài hoàn thành mang tính khoa học cao. Tôi xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu của các thầy, cô.

Do thời gian, kiến thức, kinh nghiệm và tài liệu tham khảo còn hạn chế nên đề tài khó tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo và các bạn đồng nghiệp để tôi tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện hơn nữa trong quá trình công tác sau này.

**Học viên**

**Nguyễn Thị Hiền**

## MỤC LỤC

	<b>Trang</b>
<b>Lời cam đoan</b>	i
<b>Lời cảm ơn</b>	ii
<b>Mục lục</b>	iii
<b>Danh mục các ký hiệu và các chữ viết tắt</b>	v
<b>Danh mục các hình vẽ và đồ thị</b>	vi
<b>Mở đầu</b>	1
<b>Chương.1 TỔNG QUAN VỀ Ồ ĐỖ TỪ</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Khái niệm về ổ đỡ từ</b>	2
<b>1.1.1. Khái niệm ổ trục</b>	2
<b>1.1.2. Ổ đỡ từ</b>	4
1.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu ổ đỡ từ	11
1.2.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước	11
1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước	12
1.2.3. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	13
<b>1.3. Kết luận chương 1</b>	15
<b>Chương 2. MÔ TẢ TOÁN HỌC CỦA Ổ ĐỖ TỪ 4 BẬC TỰ DO</b>	<b>16</b>
2.1. Đặt vấn đề	16
2.2. Cơ sở toán học của hệ nâng từ trường	17
2.2.1. Mật độ từ thông của mạch từ	18
2.2.2. Từ trở R và độ tự cảm L trong mạch từ	19
2.2.3. Lực điện từ khi kể đến từ hóa lõi thép	20
2.2.4. Lực điện từ khi không kể đến từ hóa lõi thép	21
2.2.5. Mối quan hệ giữa lực điện từ và dòng điện trong các bộ AMB	21
2.3. Xây dựng mô hình toán của hệ nâng bằng từ trường dùng ổ đỡ từ 4 cực	22
2.3.1. Các dạng cấu trúc ổ đỡ từ hiện nay và hướng nghiên cứu	22
2.3.2. Cấu trúc của hệ nâng từ trường 4 bậc tự do	23
2.3.3. Xây dựng mô hình toán học	25
2.3.4. Các đặc tính động lực học của ổ từ bốn bậc tự do	30
2.4. Mô hình tuyến tính hóa xung quanh điểm làm việc	33

2.5. Kết luận chương 2	34
<b>Chương 3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID CHO Ổ ĐỔ TỪ 4 BẬC TỰ - MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM</b>	<b>35</b>
3.1. Tổng hợp bộ điều khiển PID	35
3.1.1. Thiết kế bộ điều khiển trên cơ sở hàm quá độ $h(t)$	36
3.1.2. Thiết kế điều khiển ở miền tần số	38
3.2. Thiết kế bộ điều khiển PID	41
3.2.1. Xây dựng hệ điều khiển	41
3.2.2. Mô phỏng làm việc của hệ thống trên Matlab-Simulink	48
3.3. Khảo sát chất lượng hệ thống bằng thực nghiệm	52
3.3.1. Cấu trúc hệ thống thí nghiệm	52
3.3.2. Kết quả thí nghiệm	53
34. Kết luận chương 3	55
<b>Chương 4. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN Ổ ĐỔ TỪ 4 BẬC TỰ DO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHỈNH ĐỊNH THAM SỐ PID</b>	<b>57</b>
4.1. Tổng quan hệ logic mờ và điều khiển mờ	57
4.1.1. Hệ Logic mờ	58
4.1.2. Bộ điều khiển mờ	64
4.2. Thiết kế bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PID	67
4.2.1. Phương pháp thiết kế	67
4.2.2. Nhận xét	70
4.3. Khảo sát bằng mô phỏng Matlab/Simulink	70
4.3.1. Sơ đồ mô phỏng	70
4.3.2. Kết quả mô phỏng và so sánh bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PID	71
4.3.3. Nhận xét	73
<b>4.4. Kết luận chương 4</b>	<b>74</b>
Kết luận và kiến nghị	75
Tài liệu tham khảo	76

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Các ký hiệu:

STT	Ký hiệu	Diễn giải nội dung đầy đủ
1	<i>AMB</i>	Ổ đỡ từ động
2	<i>PMB</i>	Ổ đỡ từ bị động
3	<i>SMB</i>	Ổ đỡ từ siêu dẫn
4	<i>PID</i>	Bộ điều khiển
5	<i>DC</i>	Một chiều
6	<i>FLC</i>	Một cấu trúc thông dụng nhất của hệ mờ

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Số hiệu	Nội dung	Trang
Hình 1.1	Hình dạng ổ bi đỡ một dây	2
Hình 1.2	Hình ảnh một số loại ổ lăn điển hình	2
Hình 1.3	Kiểu dáng ổ đỡ trượt	3
Hình 1.4	Hình ảnh một số loại ổ trượt điển hình	3
Hình 1.5	Hình dạng cơ bản của ổ đỡ từ	4
Hình 1.6	Ổ đỡ từ ngang trục (a) và ổ đỡ từ dọc trục (b)	5
Hình 1.7	Ổ đỡ từ thụ động	6
Hình 1.8	Ổ đỡ từ thụ động	7
Hình 1.9	Ổ đỡ từ siêu dẫn	7
Hình 1.10	a) Hình dạng; b) Các bộ phận cơ bản của ổ đỡ từ	8
Hình 1.11	Cấu trúc AMB một bậc tự do	9
Hình 2.1	Mạch từ lõi thép	17
Hình 2.2	Mạch từ hoá tương đương	19
Hình 2.3	Một số cấu trúc điển hình của ổ đỡ từ chủ động	23
Hình 2.4	Sơ đồ cấu trúc tổng quát của ổ đỡ từ	24
Hình 2.5	Sơ đồ mặt cắt của ổ đỡ từ bốn cực có dùng nam châm vĩnh cửu	25
Hình 2.6	Định nghĩa các hệ tọa độ cho ổ đỡ từ	25
Hình 2.7	Sơ đồ chi tiết theo phương x-z cho ổ đỡ từ	26



Hình 2.8	Sơ đồ mạch từ tương đương với từ thông phân cực cho ổ đỡ từ	27
Hình 2.9	$\lambda = f(i)$ ở các khe hở không khí khác nhau	31
Hình 2.10	Sơ đồ cách thức điều khiển dòng điện	32
Hình 2.11	Quan hệ giữa lực hướng tâm với dòng điện $i_b$ trong cuộn stator và chuyển dịch $x$ của rotor	32
Hình 3.1	Sơ đồ khối bộ điều khiển tuyến tính (PID)	35
Hình 3.2	Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển PID	35
Hình 3.3	Đồ thị quá độ	37
Hình 3.4	Sơ đồ hệ thống điều khiển	38
Hình 3.5	Mô hình điều khiển PID cho mô hình tuyến tính xung quanh điểm làm việc của ổ đỡ từ	45
Hình 3.6	Sơ đồ cấu trúc điều khiển theo phương $x_1$	47
Hình 3.7	Sơ đồ cấu trúc hệ điều khiển ổ đỡ từ	47
Hình 3.8	Sơ đồ mô phỏng hệ điều khiển ổ đỡ từ với 2 mạch vòng điều khiển	48
Hình 3.9	Bộ điều khiển vị trí	49
Hình 3.10	Bộ điều khiển dòng điện	49
Hình 3.11a	Đáp ứng dịch chuyển của trục ổ đỡ từ 1 theo phương $y$	49
Hình 3.11b	Đáp ứng dịch chuyển của trục ổ đỡ từ 1 theo phương $x$	50
Hình 3.12a	Đáp ứng dịch chuyển của trục ổ đỡ từ 2 theo phương $y$	50
Hình 3.12b	Đáp ứng dịch chuyển của trục ổ đỡ từ 2 theo phương $x$	50
Hình 3.13:	Đáp ứng dịch chuyển theo phương $y, x$ của ổ đỡ từ 1	51
Hình 3.14	Đáp ứng dịch chuyển theo phương $y, x$ của ổ đỡ từ 2	51
Hình 3.15	Mô hình thí nghiệm truyền động với ổ đỡ từ	52
Hình 3.16	Card DSP 1104	52
Hình 3.17	Mạch điều khiển	53

Hình 3.18	Khối kết nối tín hiệu vào ra	53
Hình 3.19	Màn hình hiển thị trên phần mềm control desk	53
Hình 3.20	Đồ thị tốc độ động cơ	53
Hình 3.21	Đồ thị vị trí trục quay trong ổ đỡ từ theo trục y và x	54
Hình 3.22	Đồ thị tốc độ động cơ	55
Hình 3.23	Đồ thị vị trí trục quay trong ổ đỡ từ theo trục y và x	54
Hình 3.24	Đồ thị tốc độ động cơ	55
Hình 3.25	Đồ thị vị trí trục quay trong ổ đỡ từ theo trục y và x	55
Hình 4.1	Hàm thuộc biến ngôn ngữ	58
Hình 4.2	Sơ đồ khối của bộ điều khiển mờ	58
Hình 4.3:	Luật hợp thành	59
Hình 4.5:	Thực hiện phép suy diễn mờ	61
Hình 4.6:	Thực hiện phép hợp mờ	62
Hình 4.7	Những nguyên lý giải mờ.	63
Hình 4.8	Cấu trúc một hệ logic mờ	64
Hình 4.9:	Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển mờ PD	65
Hình 4.10	Sơ đồ khối hệ thống với bộ điều chỉnh mờ PI(1)	65
Hình 4.11	Sơ đồ khối hệ thống với bộ điều khiển mờ PI(2)	65
Hình 4.12	Phương pháp điều khiển thích nghi trực tiếp	66
Hình 4.13	Phương pháp điều khiển thích nghi gián tiếp	66
Hình 4.14	Cấu trúc cơ bản của hệ điều khiển mờ hai đầu vào	66
Hình 4.15	Phương pháp chỉnh định mờ tham số bộ điều khiển PID	67
Hình 4.16	Bên trong bộ điều chỉnh mờ	67
Hình 4.17	Tập mờ $e$ và $e'$	68
Hình 4.18	Tập mờ $\alpha$	68