

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

NGÔ KIÊN TRUNG

**NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN BỘ ĐIỀU KHIỂN
SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ CHO ĐỐI TƯỢNG PHI TUYẾN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

THÁI NGUYÊN - 2014

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**

NGÔ KIÊN TRUNG

**NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN BỘ ĐIỀU KHIỂN
SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ CHO ĐỐI TƯỢNG PHI TUYẾN**

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 Hữu Công**
- 2. TS. Vũ Như Lâm**

THÁI NGUYÊN - 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan: luận án “Nghiên cứu cải tiến bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử cho đối tượng phi tuyến” là công trình nghiên cứu của riêng tôi được hoàn thành dưới sự chỉ bảo tận tình của hai thầy giáo hướng dẫn.

Các kết quả nghiên cứu trong luận án là trung thực, một phần được công bố trên các tạp chí khoa học chuyên ngành với sự đồng ý của các đồng tác giả, phần còn lại chưa được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Thái Nguyên, ngày tháng năm 2014

Tác giả luận án

Ngô Kiên Trung

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGS.TS. Nguyễn Hữu Công - Đại học Thái Nguyên và TS. Vũ Như Lâm - Viện công nghệ thông tin Hà Nội đã tận tình hướng dẫn, tạo mọi điều kiện thuận lợi, giúp tôi thực hiện và hoàn thành luận án này.

Tôi xin trân trọng cảm ơn các thầy cô giáo, đồng nghiệp trong bộ môn Tự động hóa - Khoa Điện - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp và phòng Tin học trong điều khiển - Viện Công nghệ thông tin Hà Nội đã tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong thời gian thực hiện luận án, tham gia sinh hoạt khoa học.

Xin được gửi lời cảm ơn chân thành tới các thầy cô, anh chị, bạn bè và đồng nghiệp Khoa Điện, Khoa Điện tử, Khoa Quốc tế, Phòng Quản lý đào tạo sau đại học, các đơn vị chức năng Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp, các ban chức năng Đại học Thái Nguyên đã chia sẻ, giúp đỡ, động viên tôi vượt qua mọi khó khăn để hoàn thành tốt công việc nghiên cứu của mình.

Tôi biết ơn những người thân trong gia đình đã luôn quan tâm, động viên và tạo điều kiện thuận lợi nhất để tôi có thể hoàn thành bản luận án.

Thái Nguyên, ngày tháng năm 2014

Tác giả luận án

Ngô Kiên Trung

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	vii
DANH MỤC CÁC BẢNG, BIỂU	viii
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH, ĐỒ THỊ	ix
MỞ ĐẦU	1
1. Tổng quan tình hình nghiên cứu đại số gia tử trong và ngoài nước	1
1.1. Đại số gia tử	1
1.2. Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước	2
1.2.1. Một số kết quả nghiên cứu ứng dụng HA trong điều khiển và hướng nghiên cứu đề xuất	3
1.2.2. Một số kết quả nghiên cứu thử nghiệm HA trên mô hình vật lý của hệ thống cụ thể và hướng nghiên cứu đề xuất	6
2. Tính khoa học và cấp thiết của luận án	7
3. Mục tiêu của luận án	9
3.1. Mục tiêu chung	9
3.2. Mục tiêu cụ thể	9
4. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu	10
5. Ý nghĩa lí luận và thực tiễn	10
5.1. Ý nghĩa lí luận	10
5.2. Ý nghĩa thực tiễn	11

6. Bố cục và nội dung của luận án	11
CHƯƠNG 1. CÁC KIẾN THỨC CƠ SỞ	13
1.1. Hệ logic mờ và phương pháp điều khiển	13
1.1.1. Mô hình mờ	14
1.1.2. Bộ điều khiển logic mờ	15
1.1.2.1. Bộ điều khiển mờ cơ bản (Fuzzy Logic Controller - FLC)	15
1.1.2.2. Bộ điều khiển mờ động	16
1.1.2.3. Bộ điều khiển mờ lai (F-PID)	16
1.1.3. Ưu nhược điểm	17
1.2. Lý thuyết Đại số gia tử	18
1.2.1. Biến ngôn ngữ	18
1.2.2. Đại số gia tử của biến ngôn ngữ	20
1.2.3. Các tính chất cơ bản của HA tuyến tính	22
1.2.4. Các hàm đo trong đại số gia tử tuyến tính	23
1.2.5. Phương pháp lập luận xấp xỉ sử dụng đại số gia tử	25
1.3. Giải thuật di truyền	33
1.3.1. Giới thiệu	33
1.3.2. Các bước quan trọng trong việc áp dụng giải thuật di truyền ...	34
1.3.3. Các phép toán của GA	35
1.3.4. Cơ sở toán học của GA	36
1.4. Kết luận chương 1	39
CHƯƠNG 2. ỨNG DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ TRONG ĐIỀU KHIỂN	41
2.1. Phương pháp thiết kế bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử	41

2.2. Nghiên cứu kiểm chứng bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử cho một số đối tượng công nghiệp	43
2.2.1. Điều khiển đối tượng tuyến tính có tham số biến đổi	43
2.2.2. Điều khiển đối tượng phi tuyến đã được tuyến tính hóa	52
2.2.2.1. Giới thiệu mô hình hệ thống	52
2.2.2.2. Mô hình tuyến tính hóa của đối tượng phi tuyến MEDE5	54
2.2.2.3. Thiết kế bộ điều khiển cho hệ thống	54
2.2.2.4. Mô phỏng bộ điều khiển HAC trên Matlab	57
2.2.3. Điều khiển đối tượng có trễ với hệ số trễ lớn	58
2.3. Kết luận chương 2	62
CHƯƠNG 3. CẢI TIẾN BỘ ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ	63
3.1. Đề xuất nghiên cứu cải tiến bộ HAC	63
3.1.1. Đặt vấn đề	63
3.1.2. Đề xuất	64
3.1.2.1. Nghiên cứu nâng cao chất lượng bộ HAC	64
3.1.2.2. Nghiên cứu tối ưu hóa quá trình thiết kế bộ HAC	65
3.2. Cải tiến bộ điều khiển HAC	66
3.2.1. Nâng cao chất lượng bộ HAC với 3 đầu vào và giảm lược luật	66
3.2.2. Thiết kế bộ NEW_HAC cải tiến theo tiêu chuẩn tích phân bình phương sai lệch bằng GA	69
3.3. Ứng dụng bộ điều khiển NEW_HAC cải tiến cho đối tượng phi tuyến	72
3.3.1. Mô tả hệ thống	72

3.3.1.1. Mô tả toán học cho Ball, Beam	74
3.3.1.2. Mô tả toán học động cơ Servo	75
3.3.1.3. Mô hình toán học hệ thống Ball and Beam	75
3.3.2. Thiết kế bộ NEW_HAC với 3 đầu vào và giảm lược luật	76
3.3.2.1. Thiết kế bộ NEW_HAC	76
3.3.2.2. Mở rộng đề xuất	80
3.3.3. Thiết kế bộ NEW_HAC theo tiêu chuẩn tích phân bình phương sai lệch bằng GA	83
3.4. Kết luận chương 3	85
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM	87
4.1. Thí nghiệm với hệ thống truyền động bám chính xác	87
4.1.1. Giới thiệu mô hình hệ thống thí nghiệm	87
4.1.2. Cấu trúc hệ thống điều khiển với bộ HAC	89
4.1.3. Kết quả thí nghiệm	91
4.2. Thí nghiệm với hệ thống Ball and Beam	92
4.2.1. Giới thiệu mô hình hệ thống thí nghiệm	92
4.2.2. Cấu trúc hệ thống điều khiển với bộ NEW_HAC	94
4.2.3. Kết quả thí nghiệm	96
4.3. Kết luận chương 4	98
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	99
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	100
TÀI LIỆU THAM KHẢO	102
PHỤ LỤC	108

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Các ký hiệu:

AX	Đại số gia tử tuyến tính
α	Tổng độ đo tính mờ của các gia tử âm
β	Tổng độ đo tính mờ của các gia tử dương
W	Phần tử trung hòa trong đại số gia tử
θ	Giá trị định lượng của phần tử trung hòa
c^-, c^+	Các phần tử sinh

Các chữ viết tắt:

ĐKTĐ	Điều khiển tự động
SISO	Single-Input-Single-Output (Một vào - một ra)
BĐK	Bộ điều khiển
ĐLNN	Định lượng ngữ nghĩa
HA	Hedge Algebra (Đại số gia tử)
HAC	Hedge Algebra-based Controller (Bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử)
HA-IRMd	Hedge Algebra-based Interpolative Reasoning Method (Phương pháp lập luận xấp xỉ sử dụng đại số gia tử)
GA	Genetic Algorithm (Giải thuật di truyền)
FLC	Fuzzy Logic Controller (Bộ điều khiển mờ)
FAM	Fuzzy Associative Memory (Bộ nhớ kết hợp mờ)
SAM	Semantization Associative Memory (Bộ nhớ kết hợp định lượng)

DANH MỤC CÁC BẢNG, BIỂU

Bảng 2.1. Bảng luật điều khiển với nhãn ngôn ngữ của HA	46
Bảng 2.2. SAM (Semantization Associative Memory)	48
Bảng 2.3. Kết nhập bằng Product	48
Bảng 2.4. Lựa chọn tham số cho các biến E, IE, U	55
Bảng 2.5. Luật điều khiển	55
Bảng 2.6. Bảng SAM	56
Bảng 2.7. Bảng luật điều khiển theo nhãn ngôn ngữ của HA	59
Bảng 3.1. 27 tập luật điều khiển với nhãn ngôn ngữ HA	68
Bảng 3.2. Lựa chọn tham số cho các biến E, DE, IE và U	76
Bảng 3.3. Bảng SAM gồm 27 luật	77
Bảng 3.4. Bảng SAM2 gồm 27 luật sử dụng phép kết nhập	77
Bảng 3.5. Bảng SAM3 gồm 7 luật	78