

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

---

**NGUYỄN XUÂN DŨNG**

**THIẾT KẾ, CHẾ TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI  
THAM CHIẾU THEO MÔ HÌNH MẪU MRAS SỬ DỤNG  
KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN**

**CHUYÊN NGÀNH  
KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**KHOA CHUYÊN MÔN  
TRƯỞNG KHOA**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. Nguyễn Duy Cường**

**PHÒNG ĐÀO TẠO**

**Thái Nguyên – 2014**

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Nguyễn Xuân Dũng**

Sinh ngày 31 tháng 3 năm 1982

Học viên lớp cao học khoá 15 CHTĐH - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại : Trường Cao đẳng nghề Kỹ thuật – Công nghệ Tuyên Quang

Xin cam đoan luận văn “**Thiết kế, chế tạo bộ điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu (MRAS) sử dụng khuếch đại thuật toán**” do thầy giáo **TS. Nguyễn Duy Cường** hướng dẫn là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Tất cả các tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

Tôi xin cam đoan tất cả những nội dung trong luận văn đúng như nội dung trong đề cương và yêu cầu của thầy giáo hướng dẫn. Nếu có vấn đề gì trong nội dung của luận văn, tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với lời cam đoan của mình.

*Thái Nguyên, ngày      tháng      năm 2014*

**Học viên**

**Nguyễn Xuân Dũng**

## LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình giúp đỡ của thầy giáo *TS. Nguyễn Duy Cường*, luận văn với đề tài **“Thiết kế, chế tạo bộ điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu (MRAS) sử dụng khuếch đại thuật toán”** đã được hoàn thành.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới:

Thầy giáo hướng dẫn *TS. Nguyễn Duy Cường* đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn.

Các thầy cô giáo Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên và một số đồng nghiệp, đã quan tâm động viên, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập để hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, song do điều kiện thời gian và kinh nghiệm thực tế của bản thân còn ít, cho nên đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy, tôi mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy giáo, cô giáo và các bạn bè đồng nghiệp.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

*Thái Nguyên, ngày....tháng....năm 2014*

**Học viên**

**Nguyễn Xuân Dũng**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
MỤC LỤC .....	iii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT .....	v
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ .....	vi
LỜI NÓI ĐẦU .....	1
CHƯƠNG I : GIỚI THIỆU – MÔ TẢ HỆ THỐNG BALL&BEAM.....	4
1.1 Mô tả hệ thống “Ball & Beam” .....	4
1.1.1 Đặt vấn đề.....	4
1.1.2 Một số các nghiên cứu về B&B.....	6
1.1.3 Bộ thí nghiệm SERVO CONTROL TRAINING SYSTEM <i>MODEL SRV2</i> .....	11
1.1.4 Sơ đồ kết nối giữa máy tính và mô hình hệ thống B&B.....	13
1.1.5 Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ thống Ball & Beam.....	15
1.2 Xây dựng mô hình toán học của hệ thống.....	16
1.3 Tuyến tính hóa B&B xung quanh điểm làm việc.....	19
1.4 Xác định các thông số của hệ thống.....	22
1.4.1 Mô hình toán động cơ 1 chiều.....	22
1.4.2 Xác định điện trở phần ứng $R_a$ .....	23
1.4.3 Xác định hằng số $K_b$ .....	24
1.4.4 Xác định $J_m$ qua tính toán.....	
1.5 Mô hình hệ thống trên Matlab Simulink.....	25
1.6 Động lực cho việc sử dụng điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu (MRAS).....	27
1.7 Nhiệm vụ của tác giả.....	27
1.8. Mong muốn đạt được.....	28

Kết luận chương I.....	29
CHƯƠNG II : TÌM HIỂU LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI THEO MÔ HÌNH MẪU MRAS.....	30
2.1 Lịch sử phát triển của hệ điều khiển thích nghi.....	30
2.2 Khái quát về hệ điều khiển thích nghi.....	32
2.3 Cơ chế thích nghi - thiết kế bộ điều khiển thích nghi dựa vào luật MIT.....	38
2.4 Phương pháp ổn định của liapunov.....	48
Nhận xét chương II.....	56
CHƯƠNG III : THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI THEO MÔ HÌNH MẪU (MRAS) cho hệ thống Ball_Beam.....	57
3.1 Cấu trúc hệ thống điều khiển MRAS ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng.....	57
3.2 Thiết kế bộ điều khiển PD cho động cơ servo.....	58
3.3 Thiết kế bộ điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu (MRAS) cho hệ thống Ball_Beam.....	62
Kết luận Chương III.....	70
CHƯƠNG IV: XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI MRAS CHO HỆ THỐNG BALL_BEAM SỬ DỤNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN.....	71
4.1 Xây dựng mạch lọc biến trạng thái (SVF) và bộ điều khiển PD cho động cơ servo.....	71
4.2. Xây dựng mạch thích nghi.....	72
4.3 Kết quả chạy thực nghiệm.....	
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	81
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	82

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Từ Viết Tắt	Tên tiếng anh	Tên tiếng việt
<b>LQR</b>	Linear Quadratic Regulator	phương pháp thiết kế các luật điều khiển phản hồi trạng thái
<b>LQE</b>	Linear Quadratic Estimator	bộ ước lượng toàn phương tuyến tính (Bộ quan sát)
<b>LQG</b>	Linear Quadratic Gaussian	
<b>STR</b>	Self Tuning Regulator	Bộ điều khiển tự chỉnh
<b>SVF</b>	State Variable Filters	Bộ lọc biến trạng thái
<b>AC</b>	Alternating Current	Dòng điện xoay chiều
<b>DC</b>	Direct Current	Dòng điện một chiều
<b>PWM</b>	Pulse – width modulation	Điều chế độ rộng xung
<b>AD</b>	Analog to digital	Bộ biến đổi tương tự -số
<b>LC</b>	Learning Control	Bộ điều khiển học

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1-1 Mô hình Ball beam dạng 1.....	5
Hình 1-2 Mô hình Ball beam dạng 2.....	5
Hình 1-3 Mô hình Ball Beam tại trường ĐHKT Hong kong.....	6
Hình 1-4 Mô hình Ball Beam tại công ty Megachem. Trường đại học Phía Bắc Florida.....	8
Hình 1-5 Mô hình Ball Beam ĐH Bắc Florida.....	8
Hình 1-6 Mô hình Ball Beam ĐHKT Australia.....	9
Hình 1-7 Wedcam on board ĐHKT Australia.....	10
Hình 1-8 Hình ảnh bộ thí nghiệm.....	11
Hình 1-9 Sơ đồ đấu nối dây của hệ thống B&B.....	14
Hình 1-10 Nhiễu quá trình và nhiễu đo lường.....	16
Hình 1-11 Mô tả toán học B&B.....	17
Hình 1-102 Sơ đồ cấu trúc động cơ điện 1 chiều.....	22
Hình 1-13 Mô hình tuyến tính của đối tượng Ball&Beam.....	27
Hình 2-1 Hệ thích nghi tham số.....	36
Hình 2-2 Hệ thích nghi tín hiệu.....	36
Hình 2-3 Điều khiển ở cấp 1 và cấp 2.....	38
Hình 2-4 Mô hình đối tượng và mô hình mẫu.....	40
Hình 2-5: Sự thay đổi tham số $b_p$ dẫn tới sự thay đổi đáp ứng đầu ra.....	41
Hình 2-6: Đáp ứng đầu ra của đối tượng khi thay đổi tham số $b_p$ .....	42
Hình 2-7: Sai lệch giữa hai đáp ứng ra (e) khi thay đổi tham số $b_p$ .....	42
Hình 2-8 Bộ điều khiển thích nghi dựa vào luật MIT theo tham số $K_b$ .....	43
Hình 2-9 Đáp ứng đầu ra của đối tượng điều khiển và mô hình mẫu theo luật MIT.....	43

Hình 2-10 Sai lệch đầu ra của đối tượng và mô hình mẫu.....	44
Hình 20-11: Hệ số thích nghi $K_b$ theo luật MIT.....	44
Hình 2-12: Sơ đồ mô phỏng chỉnh định thông số $K_a$ và $K_b$ .....	46
Hình 2-13: Đáp ứng đầu ra và sai lệch giữa đầu ra đối tượng và mô hình mẫu.....	46
Hình 2-14: Các hệ số $K_a$ và $K_b$ .....	47
Hình 2-15: Khi thay đổi hệ số thích nghi.....	47
Hình 2-16 Hệ thống thích nghi thiết kế theo phương pháp ổn định Lyapunov.....	55
Hình 2-17 Đáp ứng ra và sai lệch $e$ của đối tượng và mô hình mẫu.....	55
Hình 2-18 Các tín hiệu thích nghi $K_a$ , $K_b$ .....	56
Hình 3-1 Cấu trúc hệ thống với thuật toán MRAS.....	58
Hình 3-2: Mô hình động cơ servo.....	59
Hình 3-3: Bộ điều khiển PD cho động cơ servo.....	60
Hình 3-4 Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển PD cho động cơ servo.....	61
Hình 3-5 Đáp ứng đầu ra của hệ thống.....	61
Hình 3-6 Đáp ứng đầu ra của hệ thống.....	62
Hình 3-7 Mô hình đơn giản hóa đối tượng Ball_Beam.....	63
Hình 3-8 Mô hình hệ thống với bộ điều khiển PD.....	64
Hình 3-9 Mô hình hệ thống với bộ điều khiển PD.....	68
Hình 3-10 Đáp ứng đầu ra của đối tượng và mô hình mẫu.....	68
Hình 3-11 Các tham số của bộ điều khiển.....	69
Hình 4-1 Mạch lọc biến trạng thái và bộ điều khiển PD.....	71
Hình 4-2 Mạch điện tử thực hiện bộ lọc biến trạng thái SVF và bộ điều khiển PD cho động cơ servo.....	72
Hình 4-3 Mạch thích nghi sử dụng khuếch đại thuật toán.....	73



Hình 4-4: Kết quả mô phỏng trên phần mềm Multisim.....	74
Hình 4-5: Mạch điện tử thực hiện bộ điều khiển thích nghi MRAS.....	75
Hình 4-6 Tiến hành thực nghiệm trên hệ thống Ball_Beam tại phòng thí nghiệm khoa Điện tử.....	76
Hình 4-7.1 Đáp ứng đầu ra của mô hình đối tượng và mô hình mẫu trước khi có tín hiệu thích nghi.....	77
Hình 4-7.2 Đáp ứng đầu ra của mô hình đối tượng và mô hình mẫu sau khi có tín hiệu thích nghi.....	78
Hình 4-7.3 Hệ số Kd khi thực nghiệm trên mô hình đối tượng.....	78
Hình 4-7.4 Hệ số Kp khi thực nghiệm trên mô hình đối tượng.....	78
Hình 4-7.5 Đáp ứng đầu ra của đối tượng thực và mô hình mẫu trước khi có tín hiệu thích nghi.....	79
Hình 4-7.6 Đáp ứng đầu ra của đối tượng thực và mô hình mẫu sau khi có tín hiệu thích nghi.....	79
Hình 4-7.7 Hệ số Kp khi thực nghiệm trên mô hình thực.....	80
Hình 4-7.8 Hệ số Kd khi thực nghiệm trên mô hình thực.....	80

## LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, khoa học kỹ thuật đạt rất nhiều tiến bộ trong lĩnh vực điều khiển tự động hóa. Các hệ thống điều khiển được áp dụng các quy luật điều khiển kinh điển, điều khiển hiện đại, điều khiển thông minh, điều khiển bằng trí tuệ nhân tạo. Kết quả thu được là hệ thống hoạt động với độ chính xác cao, tính ổn định bền vững, và thời gian đáp ứng nhanh. Trong điều khiển công nghiệp có nhiều bộ điều khiển như PID truyền thống, PID thích nghi, LFFC (Learning Feed –Forward control) và LQG (Linear Quadratic Gaussian)... Nhưng để giải quyết các vấn đề như điều khiển vị trí, điều khiển vận tốc, điều khiển mức... thì điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu là một trong các lựa chọn tốt.

Trong hệ thống điều khiển tương tự, các bộ điều khiển sử dụng thiết bị liên tục và những mạch điện. Trong hệ thống điều khiển số, các bộ điều khiển sử dụng thiết bị số và các mạch điện. Lựa chọn giữa hệ thống điều khiển tương tự và điều khiển số phụ thuộc vào các ứng dụng, điều kiện yêu cầu cụ thể. Lợi thế quan trọng của hệ thống điều khiển tương tự vượt hơn điều khiển số là ở bên trong hệ thống điều khiển tương tự, bất kỳ sự thay đổi trong cả đáp ứng đầu vào tham khảo hoặc rối loạn hệ thống ngay lập tức cảm nhận được, và các bộ điều khiển điều chỉnh đầu ra sao cho phù hợp [1]. Tuy nhiên, các bộ điều khiển tương tự được đề nghị sử dụng trong các hệ thống không phức tạp, tinh vi. Trong thực tế, hầu hết các hệ thống điều khiển tương tự đã dùng các mạch khuếch đại thuật toán như các khối xây dựng cơ bản.

Mạch khuếch đại thuật toán có những ứng dụng trải rộng trong rất nhiều các thiết bị điện tử hiện nay từ các thiết bị điện tử dân dụng, công nghiệp và nghiên cứu khoa học. Mạch KĐTT thường được gọi tắt là OP-AMP là 1 mạch khuếch đại “ DC couple “ với hệ số khuếch đại rất cao, có đầu vào vi sai và thông thường đầu có đầu ra đơn [2]. Những thiết bị khuếch