

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP



**PHẠM HUY CƯỜNG**

**THIẾT KẾ, CHẾ TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH TOÀN  
PHƯƠNG GAUSSIAN SỬ DỤNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN  
CHO HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa  
Mã số: 60 52 02.16**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. Nguyễn Duy Cường**

**Thái Nguyên, 2015**

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Phạm Huy Cường**

Sinh ngày 14 tháng 3 năm 1980

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

Hiện đang công tác tại : Công ty Nhiệt Điện Cao Ngạn Thái Nguyên

Xin cam đoan luận văn “**Thiết kế, chế tạo bộ điều khiển tuyến tính toàn phương Gaussian sử dụng khuếch đại thuật toán cho hệ thống điều khiển chuyển động**” 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**

**Phạm Huy Cường**

## 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 tuyến tính toàn phương Gaussian sử dụng khuếch đại thuật toán cho hệ thống điều khiển chuyển động”** 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 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**

**Phạm Huy Cường**

## 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 – XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN 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</i> <i>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.....	18
1.4 Xác định các thông số của hệ thống .....	21
1.4.1 Mô hình toán động cơ 1 chiều .....	21
1.4.2 Xác định điện trở phản ứng $R_a$ .....	22
1.4.3 Xác định hằng số $K_b$ .....	22
1.4.4 Xác định $J_m$ qua tính toán .....	23
1.5 Mô hình hệ thống trên Matlab Simulink .....	26
1.6 Động lực cho việc sử dụng điều khiển LQG .....	26
1.7 Nhiệm vụ của tác giả.....	26
1.8 Mong muốn đạt được.....	27
Kết luận chương I.....	27
CHƯƠNG II : TỔNG QUAN VỀ LQG.....	28
2.1 Lý thuyết LQG.....	28

2.1.1 Lý thuyết LQR .....	28
2.1.2 Bộ quan sát LQE (Linear Quadratic Estimator) (Bộ lọc Kalman)...	30
Lý thuyết Bộ quan sát trạng thái Kalman ( lọc Kalman ).....	32
a/ Mục đích bộ quan sát .....	32
b/ Thiết kế bộ quan sát .....	34
2.1.3 LQG.....	36
2.2 Nhận xét .....	37
CHƯƠNG III : THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG BỘ ĐIỀU KHIỂN LQG.....	39
3.1 Cấu trúc hệ thống với bộ điều khiển LQG điều khiển ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng .....	39
3.2 Tính toán thông số .....	39
3.2.1 LQR .....	39
3.2.2 LQE .....	41
3.3 Mô phỏng .....	43
Kết luận chương III .....	48
CHƯƠNG IV : THIẾT KẾ MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN – KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM .....	49
4.1 Tính toán thông số và thiết kế mạch khuếch đại thuật toán.....	49
4.2 Thiết kế bộ điều khiển LQG sử dụng khuếch đại thuật toán .....	57
4.3 Kết quả thực nghiệm .....	59
Kết luận chương IV .....	63
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....	64
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	65

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

<b>Từ viết tắt</b>	<b>Tên tiếng anh</b>	<b>Tên tiếng việt</b>
<b>LQR</b>	Linear Quadratic Regulator	Bộ điều khiển toàn phương tuyến tính
<b>LQE</b>	Linear Quadratic Estimator	Bộ ước lượng toàn phương tuyến tính (Bộ quan sát)
<b>LQG</b>	Linear Quadratic Gaussian	Bộ điều khiển tuyến tính toàn phương Gaussian
<b>KĐTT</b>		Khuếch đại thuật toán
<b>B&amp;B</b>	Ball and Beam	Bóng và thanh
<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>AD</b>	Analog to digital	Bộ biến đổi tương tự - số
<b>KTĐK</b>		Kỹ thuật điều khiển
<b>TDH</b>		Tự động hóa

## 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 .....	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 cấu trúc hệ thống.....	13
Hình 1.9.1 : Sơ đồ đấu nối dây của hệ thống B&B .....	14
Hình 1.10 : Nhiều quá trình và nhiều đo lường .....	15
Hình 1.11 : Mô tả toán học B&B .....	16
Hình 1.12 : Sơ đồ cấu trúc động cơ điện một chiều .....	21
Hình 1.13: Mô hình tuyến tính của đối tượng Ball&Beam .....	26
Hình 2.1: Nguyên tắc phản hồi trạng thái .....	28
Hình 2.2: Bộ lọc biến trạng thái bậc hai liên tục theo thời gian .....	29
Hình 2.3: Phản hồi trạng thái chính xác của quá trình đạt được bằng sử dụng các bộ lọc biến trạng thái (SVFs) .....	30
Hình 2.4: Trễ pha giữa tín hiệu vào và ra của SVF .....	30
Hình 2.5: Nguyên lý của bộ quan sát LQE.....	31
Hình 2.6 : Nhiệm vụ của bài toán thiết kế bộ quan sát trạng thái.....	33
Hình 2.7: Cấu trúc của bộ điều khiển LQG.....	37
Hình 3.1 : $LQG = LQR + LQE$ .....	39
Hình 3.2 : Khối LQR trong mô phỏng Matlab Simulink.....	43
Hình 3.3: Vị trí viên bi.....	44
Hình 3.4 : Vận tốc viên bi.....	44
Hình 3.5 : Góc quay của thanh.....	44

Hình 3.6 : Vận tốc góc của thanh.....	44
Hình 3.7 : Cấu trúc LQR mô phỏng thực hiện trong Matlab .....	45
Hình 3.8 : Vị trí viên bi .....	46
Hình 3.9 : Vận tốc góc của thanh .....	46
Hình 3.10 : Vị trí viên bi khi có nhiễu .....	47
Hình 3.11 : Vận tốc góc khi có nhiễu .....	47
Hình 4.1 : Mô hình đối tượng B&B sử dụng KĐTT .....	53
Hình 4.2 : Bộ điều khiển LQR sử dụng KĐTT .....	54
Hình 4.3 : Bộ quan sát LQE sử dụng KĐTT .....	55
Hình 4.4 : Tín hiệu vị trí viên bi của đối tượng điều khiển .....	56
Hình 4.5 : Tín hiệu vị trí viên bi quan sát được .....	56
Hình 4.6 : Vị trí góc của thanh.....	56
Hình 4.7 : Vị trí góc của thanh quan sát được.....	56
Hình 4.8 : Mô hình đối tượng sử dụng KĐTT.....	57
Hình 4.9 : Bộ quan sát LQE sử dụng KĐTT.....	57
Hình 4.10 : Bộ điều khiển LQR sử dụng KĐTT.....	58
Hình 4.11 : Bộ điều khiển LQG sử dụng KĐTT.....	58
Hình 4.12 : Tổng thể thiết kế khi áp dụng vào đối tượng .....	59
Hình 4.13 : Tín hiệu điện áp đặt và vị trí viên bi .....	59
Hình 4.14 : Vị trí viên bi của đối tượng và quan sát được .....	60
Hình 4.15 : Vị trí góc quay của thanh.....	60
Hình 4.16 : Tín hiệu điện áp đặt và vị trí viên bi.....	60
Hình 4.17 : Vị trí viên bi của đối tượng và quan sát được .....	61
Hình 4.18 : Vị trí góc quay động cơ.....	61
Hình 4.19 : Vận tốc viên bi .....	61
Hình 4.20 : Vận tốc góc của thanh.....	62



## 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)... Điều khiển chuyển động (Motion Control) liên quan việc sử dụng di chuyển của đối tượng điều khiển trong một hệ thống cơ và được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng công nghiệp như đóng gói, in , dệt, hàn ..cũng như nhiều ứng dụng khác. Hiện nay, phần lớn các loại hình điều khiển chuyển động được thực hiện bằng cách sử dụng các động cơ điện, và đây chính là điều quan tâm chính của chúng tôi trong thiết kế. Các hệ điều khiển chuyển động có thể là phức tạp vì có nhiều vấn đề khác nhau cần được xem xét, ví dụ như :

- Giảm thiểu ảnh hưởng của nhiễu hệ thống .
- Suy yếu tác động xấu của nhiễu đo.
- Sự thay đổi thông số và cấu trúc không rõ của đối tượng điều khiển.

Rất khó để tìm ra các phương pháp thiết kế mà có thể giải quyết đồng thời tất cả các vấn đề nêu trên, đặc biệt đối với các phương pháp điều khiển truyền thống mà ở đó các thiết kế điều khiển liên quan tới sự thương thảo giữa các mục tiêu mang tính đối ngược. Để khắc phục khó khăn đã nêu, cũng như giải quyết các vấn đề như điều khiển vị trí, điều khiển vận tốc, điều khiển mức... thì điều khiển LQG 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

hiển 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 tín hiệu đặt hoặc rối loạn hệ thống ngay lập tức cảm nhận được, và các bộ điều khiển điều chỉnh đầu ra sao cho phù hợp [13]. Tuy nhiên, các bộ điều khiển tương tự được đề nghị sử dụng trong các hệ thống không phức tạp. Trong thực tế, hầu hết các hệ thống điều khiển tương tự đã dùng các mạch khuếch đại thuật toán như là các khối 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 đại sử dụng mạch KĐTT cung cấp rất nhiều lợi ích cho người thiết kế. Những thuật toán như cộng, trừ, nghịch đảo, vi phân, tích phân... sẽ được sử dụng trong mạch KĐTT [2]. Thực tế, rất nhiều hệ thống điều khiển liên tiếp có thể có cấu trúc sử dụng KĐTT. Các mạch điện tử sử dụng KĐTT có thể được sử dụng cho hầu hết các hệ thống vật lý cũng như mô phỏng điện tử tương tự đã được sử dụng có hiệu quả trong nghiên cứu và phát triển hệ thống điện- cơ.

Đề tài **“Thiết kế, chế tạo bộ điều khiển tuyến tính toàn phương Gaussian sử dụng khuếch đại thuật toán cho hệ thống điều khiển chuyển động”** với đối tượng được lựa chọn là hệ thống Ball and Beam (Bóng và thanh), điều khiển chính xác vị trí đặt của quả bóng (ball) trên thanh (beam) với các bộ điều khiển LQG sử dụng mạch khuếch đại thuật toán là cầu nối giữa lý thuyết điều khiển và hệ thống thực. Đây là một đề tài kết hợp giữa kỹ thuật thu thập tín hiệu và các bộ điều khiển vòng kín nhằm tạo ra một hệ thống có tính tự động hóa.

Luận văn tập trung nghiên cứu thuật toán LQG và thiết kế chế tạo bộ điều khiển LQG sử dụng mạch khuếch đại thuật toán ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng.

Phương pháp nghiên cứu của đề tài như sau:

- Nghiên cứu lý thuyết và xây dựng mô hình toán của hệ viên bi trên thanh thẳng, thiết kế, chế tạo bộ điều khiển sử dụng mạch khuếch đại thuật toán.