ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

Ngô Thị Dung

SỬ DỤNG THUẬT TOÁN LQG ĐIỀU CHỈNH ỔN ĐỊNH VỊ TRÍ CỦA VIÊN BI TRÊN THANH NGHIÊNG

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

THÁI NGUYÊN – 2014

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên http://www.lrc-tnu.edu.vn/

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Ngô Thị Dung**

Sinh ngày 18 tháng 11 năm 1987

Học viên lớp cao học khoá 14 CH.TĐH - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại : Trường Cao đẳng nghề Yên Bái

Tôi xin cam đoan luận văn **"Áp dụng thuật toán LQG điều khiển ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng"** do thầy giáo **T.S Nguyễn Duy Cương** 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 2013

Học viên

Ngô Thị Dung

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên http://www.lrc-tnu.edu.vn/

LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình giúp đỡ của thầy giáo ***T.S Nguyễn Duy Cương***, luận văn với đề tài "**Áp dụng thuật toán LQG điều khiển ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng"** đã được hoàn thành.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới:

Thầy giáo hướng dẫn ***T.S Nguyễn Duy Cương*** đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tác giả 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 tác giả trong suốt quá trình học tập để hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, tuy nhiên 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, tác giả 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 2013

Tác giả

Ngô Thị Dung

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN ii
LỜI CẢM ƠN iii
MỤC LỤC iv
DANH MỤC CÁC HÌNH vi
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT viii
LỜI NÓI ĐẦU 1
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU 2
1.1. Đặt vấn đề 2
1.2. Mô hình toán học 2
1.3. Nguyên lý cân bằng [5] 4
1.4. Tổng quan về nghiên cứu trong và ngoài nước 5
1.5. Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ thống Bóng và thanh 9
1.5.1. Nhiễu đo lường [4] 9
1.5.2. Bất định mô hình [4] 10
1.6. Động lực cho việc sử dụng điều khiển LQG 10
1.7. Nhiệm vụ của tác giả 10
1.8. Mong muốn đạt được 11
CHƯƠNG 2: 12
TỔNG QUAN VỀ LQG 12
2.1 Lý thuyết LQG [4] 12
2.1.1. LQR 12
2.1.2. Bộ quan sát LQE (Linear Quadratic Estimator) (Bộ lọc Kalman) 14
2.1.3. LQG 15
2.2.Nhận xét 17
CHƯƠNG 3 19
THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG THUẬT TOÁN LQG ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH VỊ TRÍ CỦA VIÊN BI TRÊN THANH THẲNG 19
3.1. Cấu trúc hệ thống với thuật toán LQG điều khiển ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng 19
3.2. Tính toán thông số 19
3.2.1. LQR 19
3.3. Mô phỏng 22
Kết luận Chương 3 26

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên http://www.lrc-tnu.edu.vn/

CHƯƠNG 4: 27
THỰC NGHIỆM 27
4.1. Giới thiệu hệ thống Bóng và thanh 27
4.3. Hệ thống điều khiển LQG tương tự 31
Kết luận Chương 4 36
Tài liệu tham khảo 37

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình1. 1: Thí nghiệm Bóng và thanh [2] 3
Hình1. 2: Đối tượng điều khiển – hệ cầu cân bằng với thanh và bóng 4
Hình1. 3: 'Bóng trên thanh cân bằng' được xây dựng bởi Phòng thí nghiệm Robot Berkeley (Arroyo 2005) 5
Hình1. 4: 'Hệ cân bằng Bóng và thanh 'đưa ra bởi 'Quanser' (Quanser 2006) 6
Hình1. 5: Hệ thống bóng trên thanh (Hirsch 1999) 7
Hình1. 6: Nhìn từ trên của hệ thống (Hirsch 1999) 7
Hình1. 7: Hệ bóng thanh cân bằng (Lieberman 2004) 8
Hình1. 8: Sơ đồ điều khiển Bóng và thanh(Nguyễn Chí Ngôn, Đặng Tín 2011) 9
Hình1. 9: Nhiễu quá trình và nhiễu đo lường 9

Hình 2. 1: Nguyên tắc phản hồi trạng thái 12
Hình 2. 2: Bộ lọc biến trạng thái bậc hai liên tục theo thời gian 13
Hình 2. 3: Phản hồi trạng thái chính xác của quá trình đạt được bằng sử dụng bộ lọc biến trạng thái (SVF) 14
Hình 2. 4: Trễ pha giữa tín hiệu vào và ra của SVF với một omega 50 (rad/ sec) 14
Hình 2. 5: Nguyên lý của bộ quan sát 15
Hình 2. 6: LQG 16
Hình 2. 7: Thêm khâu tích phân cho LQG 17

Hình 3. 1: LQG = LQR + LQE 19
Hình 3. 2: Cấu trúc mô phỏng bộ điều khiển LQG 22
Hình 3. 3: Cấu trúc mô phỏng thực hiện trong Matlab 23
Hình 3. 4: Sơ đồ cấu trúc bộ lọc SVF 24
Hình 3. 5: Kết quả mô phỏng 24
Hình 3. 6: Nhiễu theo dõi khi không có khâu tích phân (đường trên) và nhiễu theo dõi khi có khâu tích phân (đướng dưới) 25

Hình 4. 1: Mô hình thực nghiệm 27
Hình 4. 2: Cấu trúc điều khiển hệ thống 28
Hình 4. 3: Cấu hình cổng kết nối. 29
Hình 4. 4: Cấu hình thời gian thực 29
Hình 4. 5: Cấu hình điều khiển động cơ RC servo. 29
Hình 4. 6: Lọc tín hiệu qua bộ lọc thông thấp. 29

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên http://www.lrc-tnu.edu.vn/

Hình 4. 7: Đọc tín hiệu analog và chuẩn hóa tín hiệu 30
Hình 4. 8: Cấu trúc kết nối điều khiển mô hình thực 30
Hình 4. 9: Kết quả hệ thực nghiệm..... 30
Hình 4. 10: Sơ đồ cấu trúc điều khiển LQG tương tự 31
Hình 4. 11: Bộ lọc SVF tương tự 31
Hình 4. 12 Mạch LQR 32
Hình 4. 13: Mạch LGE 33
Hình 4. 14: Hệ thống điều khiển 34
Hình 4. 13 Kết quả thực nghiệm sử dụng phần mềm 35
Hình 4. 14: Các kết quả thực nghiệm cho mạch điện tương tự tương..... 35

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tên tiếng Anh	Tên tiếng Việt
LQG	Linear Quadratic Gaussian	Tuyến tính toàn phương Gaussian
LQR	Linear Quadratic Regulator	Bộ điều chỉnh toàn phương tuyến tính
LQE	Linear Quadratic Estimator	Bộ ước lượng toàn phương tuyến tính
PID	Proportional- Intergral- Derivative	Tỷ lệ – Tích phân- Đạo hàm
DC	Direct Curent	Dòng một chiều
DC	Direct Control	Điều khiển trực tiếp
MRAS	Model Reference Adaptive Systems	Hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu
STR	Seft Tuning Regulator	Bộ điều khiển tự chỉnh
SVF	State Variable Filter	Bộ lọc biến trạng thái
PMW	Pulse Width Modulation	Điều chỉnh độ rộng xung

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên http://www.lrc-tnu.edu.vn/

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 (Learing Feed –Forword contronl) và LQG (Linear Quadratic Gaussan)… Nhưng để 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 được quan tâm.

Đề tài Bóng và thanh, điều khiển chính xác vị trí của quả bóng (ball) trên thanh (beam) với các bộ điều khiển LQG 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 điều khiển 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 bộ điều khiển.
- Kiểm chứng kết quả thiết kế thông qua mô phỏng bằng phần mềm Matlab Simulink và thực nghiệm trên mô hình thực

Luận văn bao gồm các phần chính như sau:

Chương 1: Giới thiệu

Chương 2: Tổng quan về điều khiển tối ưu và LQG theo mô hình mẫu

Chương 3: Thiết kế và mô phỏng thuật toán LQG điều khiển ổn định vị trí của viên bi trên thanh thẳng

Chương 4: Thực nghiệm

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên http://www.lrc-tnu.edu.vn/

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU

1.1. Đặt vấn đề

Hệ thống Bóng và thanh còn được gọi là "cân bằng bóng trên thanh thẳng". Nó thường được thấy trong hầu hết phòng thí nghiệm điều khiển ở trường đại học. Nó thường được liên kết với bài toán điều khiển như ổn định chiều ngang máy bay trong khi hạ cánh và trong luồng khí hỗn loạn. Có hai bậc tự do trong hệ thống này: một là bóng lăn lên và xuống trên thanh, hai là thanh quay quanh trục của nó. Mục đích của hệ thống là để điều khiển vị trí của bóng đến một điểm tham chiếu mong muốn và loại bỏ các nhiễu khi đẩy bóng di chuyển. Tín hiệu điều khiển có thể có bằng cách phản hồi thông tin vị trí của bóng. Tín hiệu điện áp điều khiển đi vào động cơ DC thông qua một bộ khuếch đại công suất, sau đó mô-men quay được tạo ra từ động cơ truyền động cho thanh thẳng quay với góc mong muốn. Như vậy, quả bóng có thể được đặt tại vị trí mong muốn.

Điều quan trọng là chỉ ra rằng vòng lặp hở của hệ thống là không ổn định và phi tuyến. Bài toán 'không ổn định' có thể được khắc phục bằng cách khép kín vòng lặp hở với một bộ điều khiển phản hồi. Phương pháp không gian trạng thái hiện đại có thể được sử dụng để ổn định hệ thống. Đặc tính phi tuyến là không đáng kể khi thanh thẳng chỉ lệch một góc nhỏ từ vị trí ngang. Trong trường hợp này, có thể tuyến tính hóa hệ thống. Tuy nhiên, các phi tuyến trở nên đáng kể khi góc của thanh thẳng từ phương ngang lớn hơn 30 độ, hoặc nhỏ hơn -30 độ. Do đó một kỹ thuật điều khiển tiên tiến hơn sẽ được sử dụng để điều khiển hệ thống *[1]*

1.2. Mô hình toán học

Ở hệ thống Bóng và thanh, quả bóng lăn trên thanh được truyền động bởi động cơ. Để định vị bóng vị trí mong muốn, thanh phải xoay một cách chính xác. Điều này thực ra là động cơ được truyền động bằng điện một cách chính xác. Do đó cần thiết xây dựng một mô hình toán học của hệ thống để thể hiện mối quan hệ giữa tất cả các thành phần. Thông thường, có một số kỹ thuật được sử dụng để đưa ra mô hình toán học: hàm truyền giữa đầu vào và đầu ra. Cách đơn giản nhất để đưa ra mô hình toán học là sử dụng các định luật vật lý và điện tử để thể hiện hệ thống. Trong trường hợp này, hệ thống rất đơn giản, do đó phương pháp này là hiệu quả nhất để có được một mô hình toán học *[1]*