

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

**TRẦN THỊ THANH NGÂN**

**NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN CHO ĐỐI TƯỢNG  
CÓ MÔ HÌNH BẤT ĐỊNH - ỨNG DỤNG  
ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG XE 2 BÁNH**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa**

**Mã ngành: 62520216**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

**PGS.TS. Nguyễn Hữu Công**

**THÁI NGUYÊN - 2016**

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Trần Thị Thanh Ngân

Sinh ngày 04 tháng 6 năm 1988

Học viên lớp cao học K16.KTĐK&TĐH\_Trường Đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái nguyên

Tôi xin cam đoan luận văn “**Nghiên cứu điều khiển cho đối tượng có mô hình bất định - ứng dụng điều khiển cân bằng xe hai bánh**” do thầy giáo PGS.TS Nguyễn Hữu Công hướng dẫn là công trình nghiên cứu của tôi. Tất cả tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

Tôi xin cam đoan tất cả những nội dung trong luận văn đều đúng với 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 27 tháng 01 năm 2016*

**Học viên**

**Trần Thị Thanh Ngân**

## LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo PGS.TS Nguyễn Hữu Công, luận văn với đề tài

**“ Nghiên cứu điều khiển cho đối tượng có mô hình bất định - ứng dụng điều khiển cân bằng xe hai bánh”** đã được hoàn thành.

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

Thầy giáo PGS.TS Nguyễn Hữu Công 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, bạn bè 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 bản thân còn hạn chế nên đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy tác giả mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo và bạn bè đồng nghiệp.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

*Thái nguyên, ngày 27 tháng 01 năm 2016*

**Tác giả**

**Trần Thị Thanh Ngân**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC BẢNG	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ	vii
<b>MỞ ĐẦU</b>	<b>1</b>
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	2
<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ CÓ THÔNG SỐ BẤT ĐỊNH</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Chuẩn của tín hiệu và hệ thống</b>	<b>3</b>
1.1.1. Chuẩn tín hiệu	
1.1.1.1. Khái niệm chuẩn	
1.1.1.2. Một số chuẩn thường dùng cho một tín hiệu $x(t)$	
1.1.2. Chuẩn hệ thống	
<b>1.2. Mô hình mô tả hệ bất định</b>	
1.2.1. Sai lệch có cấu trúc	
1.2.2. Sai lệch không có cấu trúc	
1.2.2.1. Mô hình nhiễu nhân	
1.2.2.2. Mô hình nhiễu cộng	
1.2.2.3. Mô hình nhiễu cộng ngược	

1.2.2.4. Mô hình nhiều nhân ngược	
1.2.3. Phương pháp xây dựng mô hình không chắc chắn	
1.2.3.1. Phương pháp thứ nhất	
1.2.3.2. Phương pháp thứ hai	
1.2.3.3. Một số ví dụ xây dựng mô hình không chắc chắn	
1.2.3.4. Cấu trúc $M_{\Delta}$	
<b>1.3. Kết luận chương 1</b>	
<b>CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN CHO HỆ CÓ THÔNG SỐ BẤT ĐỊNH</b>	
<b>2.1. Nghiên cứu về điều khiển bền vững <math>H_{\infty}</math></b>	
<b>2.2. Thiết kế bộ điều khiển bền vững <math>RH_{\infty}</math></b>	
2.2.1. Lý thuyết điều khiển tối ưu $RH_{\infty}$	
2.2.2. Các bước thực hiện bài toán điều khiển tối ưu $RH_{\infty}$	
2.2.2.1. Xác định tập $\mathfrak{R}(s)$ các bộ điều khiển làm hệ SISO ổn định	
2.2.2.2. Tìm $R(s)$ trong tập $\mathfrak{R}(s)$ để hệ có độ nhạy nhỏ nhất	
2.2.3. Sai số mô hình phân tích coprime	
2.2.4. Bài toán tối ưu $H_{\infty}$	
2.2.5. Bài toán tối ưu con	
2.2.6. Điều khiển định dạng vòng $H_{\infty}$	
2.2.6.1. Thủ tục nắn dạng vòng $H_{\infty}$	
2.2.6.2. Sơ đồ điều khiển	
2.2.6.3. Lựa chọn các hàm nắn dạng $W_1, W_2$	

<b>2.3. Nghiên cứu về điều khiển tối ưu bền vững <math>H_2/H_\infty</math></b>	
<b>2.4. Điều khiển tối ưu bền vững <math>H_2/H_\infty</math></b>	
<b>2.5. Kết luận chương 2</b>	
<b>CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN BỀN VỮNG _ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN XE CÂN BẰNG HAI BÁNH</b>	
<b>3.1. Giới thiệu về xe cân bằng hai bánh</b>	
3.1.1. Mô hình xe hai bánh	
3.1.2. Mô hình toán học	
<b>3.2. Thiết kế bộ điều khiển định dạng vòng <math>H_\infty</math></b>	
3.2.1. Lựa chọn hàm định dạng	
3.2.2. Tính $\gamma_{\min}$	
3.2.3. Thiết kế bộ điều khiển định dạng vòng $H_\infty$	
<b>3.3. So sánh chất lượng hệ thống điều khiển xe hai bánh sử dụng bộ điều khiển bền vững với hệ thống điều khiển xe hai bánh sử dụng bộ điều khiển PID</b>	
<b>3.4. Thực nghiệm</b>	
<b>3.5. Kết luận chương 3</b>	
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	
TÀI LIỆU THAM KHẢO	
PHỤ LỤC	

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

G: Hàm truyền danh định

$\tilde{G}$  : mô hình không chắc chắn

GA: thuật toán di truyền

LCF: (Left Comprime Factorization) phân tích coprime bên trái

GFARE: Generalized Filter Algebraic Riccati Equation

GCARE: Generalized Control Algebraic Riccati Equation

LDSP: thủ tục thiết kế nắn dạng vòng

LMI: bất phương trình ma trận tuyến tính

DC: động cơ một chiều

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 3.1. Các thông số của robot

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Mô hình nhiều nhân	
Hình 1.2. Mô hình nhiều cộng	
Hình 1.3. Mô hình nhiều cộng ngược	
Hình 1.4. Mô hình nhiều nhân ngược	
Hình 1.5. Biểu đồ Bode của $W_m(j\omega)$ (ví dụ 2)	
Hình 1.6. Biểu đồ Bode của đối tượng thực có hằng số không chắc chắn	
Hình 1.7. Biểu đồ Bode của mô hình nhiều nhân của đối tượng thực	
Hình 1.8. Biểu đồ Bode của $W_m(j\omega)$ (ví dụ 3)	
Hình 1.9. Biểu đồ Bode của hệ có cực không chắc chắn	
Hình 1.10. Biểu đồ Bode của mô hình nhiều cộng ngược	
Hình 1.11. Cấu trúc $M_\Delta$ của đối tượng bất định	
Hình 1.12. Cấu trúc của đối tượng	
Hình 1.13. Biến đổi cấu trúc đối tượng	
Hình 2.1. Bài toán điều khiển tối ưu $RH_\infty$	
Hình 2.2. Biểu diễn sai số mô hình phân tích coprime bên trái	
Hình 2.3. Mô hình điều khiển bền vững với các thông số biến đổi	
Hình 2.4. Thủ tục thiết kế nắn dạng vòng $H_\infty$	
Hình 2.5. Sơ đồ điều khiển hồi tiếp đơn vị	
Hình 2.6. Sơ đồ điều khiển hồi tiếp đơn vị với bộ điều khiển đạt được từ LDSP	
Hình 2.7. Sơ đồ điều khiển cải tiến với bộ điều khiển đạt được từ LDSP	



Hình 2.8. Hệ thống với nhiễu loạn mô hình đối tượng với nhiễu ngoài	
Hình 3.1. Mô hình xe hai bánh tự cân bằng	
Hình 3.2. Sơ đồ đơn giản của xe hai bánh tự cân bằng	
Hình 3.3. Đáp ứng xung của mô hình hệ thống cân bằng xe hai bánh	
Hình 3.4. Cấu trúc hệ thống điều khiển cân bằng xe hai bánh	
Hình 3.5. Cấu trúc bộ điều khiển bền vững $H_\infty$	
Hình 3.6. Đồ thị hàm Bode của $G(s)$ và $G_s(s)$	
Hình 3.7. Sơ đồ Simulink các hệ thống điều khiển cân bằng xe hai bánh	
Hình 3.8. Kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển cân bằng xe hai bánh trên matlab - Simulink	
Hình 3.9. Kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển cân bằng xe hai bánh trên matlab – Simulink khi xe mang tải 1,3 kg	
Hình 3.10. Kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển cân bằng xe hai bánh trên matlab – Simulink khi xe mang tải 3 kg	
Hình 3.11. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển xe hai bánh tự cân bằng	
Hình 3.12. Mô hình thực của xe hai bánh tự cân bằng	
Hình 3.13. Đáp ứng của hệ thống xe hai bánh tự cân bằng sử dụng bộ điều khiển bền vững	
Hình 3.14. Đáp ứng của hệ thống xe hai bánh tự cân bằng sử dụng bộ điều khiển bền vững khi có nhiễu	
Hình 3.15. Đáp ứng của hệ thống xe hai bánh tự cân bằng sử dụng bộ điều khiển bền vững khi thay đổi tải lệch tâm	

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Bài toán điều khiển cân bằng rôbốt đang là một bài toán rất được quan tâm, do khả năng ứng dụng của rôbốt là rất đa dạng. Một trong số đó là bài toán điều khiển cân bằng xe hai bánh. Xe 2 bánh tự cân bằng là loại phương tiện di chuyển cá nhân được sử dụng phổ biến tại một số nước phát triển. Với ưu điểm: di chuyển linh hoạt, điều khiển dễ dàng, chiếm ít không gian và không sinh ra khí thải. Điều khiển cân bằng xe hai bánh hiện nay đang gặp một khó khăn là đối tượng điều khiển là khâu không ổn định và luôn bị nhiễu tác động. Nguồn gốc của các yếu tố bất định này có thể là [3]:

- Đối tượng đã được mô tả một cách không đầy đủ, mô hình mô tả đối tượng không chính xác.

- Mô hình đối tượng mà ta sử dụng là một mô hình đơn giản, được xấp xỉ từ mô hình phức tạp mô tả chính xác đối tượng

Những bài toán điều khiển có yếu tố bất định của đối tượng điều khiển được thể hiện qua sự thay đổi của tham số trong mô hình đối tượng sẽ được gọi là bài toán bền vững với sai lệch mô hình có cấu trúc. Ngược lại, nếu các yếu tố bất định lại nằm ở cấu trúc mô hình thì bài toán có tên gọi là bài toán bền vững với sai lệch mô hình không có cấu trúc.

Trong bài toán điều khiển này bộ điều khiển được thiết kế theo thuật toán điều khiển bền vững. Lý thuyết điều khiển bền vững là một lý thuyết điều khiển hiện đại cho việc thiết kế các bộ điều khiển tối ưu và bền vững cho các đối tượng điều khiển có thông số thay đổi hoặc chịu tác động của nhiễu bên ngoài. Ứng dụng phương pháp điều khiển này tôi đưa ra đề tài “ *Nghiên cứu điều khiển cho đối tượng có mô hình bất định - ứng dụng điều khiển cân bằng xe 2 bánh* ”