BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

NGUYỄN THỊ MAI HƯƠNG

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO THEO MÔ HÌNH CHO ĐỐI TƯỢNG PHI TUYẾN LIÊN TỤC

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

THÁI NGUYÊN - NĂM 2016

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

NGUYỄN THỊ MAI HƯƠNG

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO THEO MÔ HÌNH CHO ĐỐI TƯỢNG PHI TUYẾN LIÊN TỤC

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:

PGS.TS. Lại Khắc Lãi

THÁI NGUYÊN - NĂM 2016

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi dưới sự hướng dẫn của tập thể các nhà khoa học và các tài liệu tham khảo đã trích dẫn. Kết quả nghiên cứu là trung thực và chưa được công bố trên bất cứ một công trình nào khác.

Thái Nguyên, ngày tháng 04 năm 2016

Tác giả

Nguyễn Thị Mai Hương

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình làm luận án, tôi đã nhận được rất nhiều góp ý về chuyên môn cũng như sự ủng hộ về các công tác tổ chức của tập thể cán bộ hướng dẫn, của các nhà khoa học, của các bạn đồng nghiệp. Tôi xin được gửi tới họ lời cảm ơn sâu sắc.

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn đến tập thể cán bộ hướng dẫn đã tâm huyết hướng dẫn tôi trong suốt thời gian qua.

Tôi cũng xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp, tập thể các nhà khoa học trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, của bộ môn Điều khiển tự động trường Đại học Bách khoa Hà Nội, đã có những ý kiến đóng góp quý báu, các Phòng ban của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp đã tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình thực hiện đề tài luận án.

Thái Nguyên, ngày tháng 04 năm 2016

Tác giả luận án

Nguyễn Thị Mai Hương

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN **i**

LỜI CẢM ƠN **ii**

MỤC LỤC **iii**

MỞ ĐẦU **1**

1. Giới thiệu 1

2. Tính cấp thiết của luận án 2

3. Mục tiêu của luận án 4

4. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu 4

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn 5

5.1. Ý nghĩa khoa học 5

5.2. Ý nghĩa thực tiễn 5

6. Bố cục luận án 6

CHƯƠNG 1 **8**

TỔNG QUAN VỀ ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO CHO HỆ PHI TUYẾN **8**

1.1. Tổng quan các công trình nghiên cứu về điều khiển dự báo hệ phi tuyến trên thế giới 9

1.2. Các phương pháp quy hoạch phi tuyến 18

1.2.2. Bài toán tối ưu hóa phi tuyến bị ràng buộc gồm: Kỹ thuật hàm phạt và hàm chặn, Phương pháp SQP [3], [5[và GA [2] 19

1.3. Các phương pháp điều khiển tối ưu 19

1.4. Các công trình nghiên cứu về điều khiển dự báo hệ phi tuyến trong nước 20

1.5. Những vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu về điều khiển dự báo cho hệ phi tuyến và hướng nghiên cứu của luận án 21

1.6. Kết luận chương 1 23

CHƯƠNG 2 **24**

ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO HỆ PHI TUYẾN TRÊN NỀN CÁC PHƯƠNG PHÁP QUY HOẠCH PHI TUYẾN **24**

2.1. Nguyên lý làm việc của điều khiển dự báo phi tuyến 24

2.1.1. Cấu trúc bộ điều khiển dự báo 26

2.1.2. Kỹ thuật cài đặt bộ điều khiển dự báo trên nền các phương pháp quy hoạch phi tuyến 29

2.2. Áp dụng vào điều khiển dự báo lớp hệ song tuyến..... 31

2.2.1. Thuật toán điều khiển dự báo phi tuyến cho hệ song tuyến 32

2.2.2. ĐKDB trên nền tối ưu hóa theo sai lệch tín hiệu điều khiển..... 36

2.3. Kết luận chương 2 42

CHƯƠNG 3 **43**

ĐỀ XUẤT MỘT PHƯƠNG PHÁP MỚI ĐỂ ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO HỆ PHI TUYẾN LIÊN TỤC TRÊN NỀN BIẾN PHÂN **43**

3.1. Nội dung cơ bản của phương pháp biến phân 44

3.1.1. Nguyên lý biến phân..... 45

3.1.2. Bộ điều khiển LQR (Linear Quadratic Regulator) 46

3.1.3. Điều kiện đủ cho tính ổn định của hệ LQR 46

3.1.4. Áp dụng nguyên tắc điều khiển LQR để điều khiển tối ưu hệ tuyến tính bám ổn định theo giá trị đầu ra cho trước 47

3.2. Phương pháp đề xuất để điều khiển dự báo với cửa sổ dự báo vô hạn cho hệ song tuyến liên tục không dừng, bám theo được giá trị đầu ra cho trước..... 49

3.2.1. Tư tưởng chính của phương pháp 49

3.2.2. Xây dựng thuật toán điều khiển 51

3.2.3. Khả năng xử lý điều kiện ràng buộc..... 53

3.2.4. Chứng minh tính bám ổn định của phương pháp được đề xuất..... 54

3.2.5. Khả năng áp dụng cho hệ phi tuyến affine không dừng..... 56

CHƯƠNG 4 **58**

THỰC NGHIỆM KIỂM CHỨNG CHẤT LƯỢNG PHƯƠNG PHÁP ĐÃ ĐỀ XUẤT TRÊN ĐỐI TƯỢNG TRMS **58**

4.1. Mô hình toán của hệ TRMS 58
4.1.1. Mô tả vật lý hệ TRMS 58
4.1.2. Mô hình tựa Newton 59
4.2. Thiết kế bộ điều khiển dự báo trên nền quy hoạch phi tuyến 64
4.2.1. Thiết kế và cài đặt bộ điều khiển dự báo cho hệ TRMS 64
4.2.2. Mô phỏng trên MatLab 65
4.3. Thiết kế bộ điều khiển dự báo trên nền biến phân (phương pháp điều khiển được luận án đề xuất) 69
4.3.1. Thiết kế và cài đặt bộ điều khiển 69
4.3.2. Mô phỏng trên MatLab và so sánh, đánh giá chất lượng 70
4.4. Thí nghiệm trên mô hình vật lý của hệ TRMS 75
4.4.1. Cài đặt bộ quan sát Kalman 75
4.4.2. Các kết quả thực nghiệm 82
4.5. Kết luận chương 4 90

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI 92

TÀI LIỆU THAM KHẢO **93**

Tiếng Việt 93
Tiếng Anh 93

PHỤ LỤC 102

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Các kí hiệu:

Ký hiệu	Diễn giải nội dung đầy đủ
N_p	Miền (phạm vi) dự báo
N_c	Miền (phạm vi) điều khiển
$l_t(m)$	Chiều dài của phần đuôi của cánh tay đòn (m)
$l_m(m)$	Chiều dài của phần chính của cánh tay đòn (m)
$l_b(m)$	Chiều dài cánh tay đòn đối trọng (m)
$l_{cb}(m)$	Khoảng giữa cánh tay đòn đối trọng và khớp (bộ nối) (m)
$r_{ms/ts}(m)$	Bán kính của hộp bảo vệ cánh quạt chính/đuôi
$m_{tr}(kg)$	Khối lượng của động cơ một chiều đuôi (kg)
$m_{mr}(kg)$	Khối lượng của động cơ một chiều chính (kg)
$m_{cb}(kg)$	Khối lượng của đối trọng (kg)
$m_t(kg)$	Khối lượng của phần đuôi của cánh tay đòn (kg)
$m_m(kg)$	Khối lượng phần chính của cánh tay đòn (kg)
$m_b(kg)$	Khối lượng của cánh tay đòn đối trọng (kg)
$m_{ts}(kg)$	Khối lượng của lưới chắn đuôi (kg)
$m_{ms}(kg)$	Khối lượng của lưới chắn chính (kg)
k_g	Hệ số con quay

$R_{av/h}(\Omega)$	Điện trở phần ứng của ĐCMC cánh quạt chính/đuôi (Ω)
$L_{av/h}(mH)$	Điện cảm phần ứng của ĐCMC cánh quạt chính/đuôi (H)
$k_a\varphi(Nm/A)$	Từ thông
$J_{mr/tr}(gcm^2)$	Mômen quán tính của ĐCMC chính/đuôi ($kg\,m^2/s$)
$B_{mr/tr}(kg\,m^2/s)$	Hệ số ma sát nhớt của ĐCMC chính và ĐCMC đuôi ($kg\,m^2/s$)
$F_{v/h}$	Hàm phi tuyến của lực khí động học từ cánh quạt chính và cánh quạt đuôi (N)
g	Gia tốc trọng trường (m/s^2)
J_v	Mômen quán tính của trục ngang (trục hoành) (kgm^2)
$M_{fric,v}$ / $M_{fric,h}$	Mômen của lực ma sát trong mặt phẳng thẳng đứng/ mặt phẳng ngang
$k_{ah/v}, k_{fhp}, k_{fhn}, k_{fvp}, k_{fvn}, k_{th/v}, k_v, k_m$	Các hệ số dương (Nm/AWb)
$\omega_{v/h}$	Vận tốc góc của cánh quạt chính và cánh quạt đuôi (rad/s)
$\Omega_{h/v}$	Vận tốc góc của cánh tay đòn TRMS trong mặt phẳng ngang/ mặt phẳng thẳng đứng (rad/s)
$U_{v/h}$	Điện áp ĐCMC cánh quạt chính/đuôi (V)
$E_{av/h}$	Sức điện động của ĐCMC cánh quạt chính/đuôi (V)