BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

ĐINH VĂN NGHIỆP

ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI BỀN VỮNG HỆ TWIN ROTOR MIMO TRONG KHÔNG GIAN BIẾN KHỚP

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

THÁI NGUYÊN - NĂM 2018

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

ĐINH VĂN NGHIỆP

ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI BỀN VỮNG HỆ TWIN ROTOR MIMO TRONG KHÔNG GIAN BIẾN KHỚP

Chuyên ngành: Kỹthuật điều khiển và Tự động hóa

Mã số: 9520216

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS.TS Nguyễn Như Hiển

GS.TS Nguyễn Doãn Phước

THÁI NGUYÊN - NĂM 2018

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là Đinh Văn Nghiệp, đang công tác tại Bộ môn Tự động hóa – Khoa Điện – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên. 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 năm 2018

Tác giả luận án

Đinh Văn Nghiệp

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thiện luận án này, tôi đã nhận được sự hướng dẫn, giúp đỡ quý báu của các thầy cô, các anh chị, các em, các bạn và các tổ chức. Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc tôi xin được bày tỏ lời cảm ơn chân thành tới:

Ban Giám hiệu, Phòng Đào tạo, Khoa Điện-Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp-Đại học Thái Nguyên, Viện Nghiên cứu Phát triển Công nghệ cao về Kỹ thuật Công nghiệp-Đại học Thái Nguyên, Đại học Thái Nguyên đã tạo mọi điều kiện thuận lợi giúp đỡ tôi trong quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thiện luận án.

Phó giáo sư-tiến sĩ Nguyễn Như Hiển và Giáo sư-tiến sĩ Nguyễn Doãn Phước, những người thầy kính mến đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo, động viên và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi.

Thầy giáo Nguyễn Ngọc Kiên, trưởng bộ môn Tự động hóa, người thầy tâm huyết luôn quan tâm, chỉ bảo, động viên và tạo điều kiện tốt nhất cho tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu.

Tập thể các nhà khoa học của Bộ môn Tự động hóa và Khoa Điện trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Bộ môn Điều khiển tự động và Viện Điện của trường đại học Bách khoa Hà Nội, đã có những ý kiến đóng góp quý báu để tôi hoàn chỉnh bản luận án này.

Xin chân thành cảm ơn bố mẹ, anh chị em, người vợ yêu quý và hai con đã luôn ở bên cạnh động viên và giúp đỡ tôi học tập, nghiên cứu và hoàn thiện luận án.

Thái Nguyên, ngày tháng năm 2018

Tác giả luận án

Đinh Văn Nghiệp

MỤC LỤC

Trang

LỜI CAM ĐOAN i

LỜI CẢM ƠN iv

MỤC LỤC.....V

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT..... viii

Các kí hiệu..... viii

Các chữ viết tắt.....xi

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ..... xiii

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU xvi

MỞ ĐẦU.....1

1. Tính cấp thiết của đề tài luận án.....1

2. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu.....1

3. Mục tiêu của luận án.....1

4. Những đóng góp mới, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án 2

5. Bố cục của luận án.....3

CHƯƠNG 1 5

TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TWIN ROTOR MIMO SYSTEM (TRMS) 5

1.1. Khái quát chung về Twin Rotor MIMO System (TRMS) 5

1.2. Tình hình nghiên cứu trên thế giới về TRMS 8

1.3. Tình hình nghiên cứu trong nước về TRMS 17

1.4. Kết luận 18

CHƯƠNG 2 19

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC CHO TRMS 19

2.1. Đặt vấn đề 19
2.2. Xây dựng mô hình toán động lực học cho TRMS 19
2.3. Mô phỏng và đánh giá chất lượng của mô hình 28
2.4. Kết luận 31
CHƯƠNG 3 32
THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN PHI TUYẾN BÁM VỊ TRÍ ĐẶT CHO TRMS 32
3.1. Các bộ điều khiển hiện nay 32
3.2. Đề xuất phương pháp điều khiển thích nghi hệ phi tuyến RHC với LQR 32
3.3. Kết quả mô phỏng ứng dụng với TRMS 47
3.4. Kết luận 57
CHƯƠNG 4 58
KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM 58
4.1. Mục đích 58
4.2. Cấu trúc điều khiển RHC với LQR cho TRMS trong thực nghiệm. 58
4.3. Yêu cầu thiết bị, phần mềm thí nghiệm 60
4.4. Hệ thống thí nghiệm thuật toán điều khiển vị trí 67
4.5. Kết quả thực nghiệm và nhận xét 71
4.6. Kết luận 77
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 78
Kết luận 78
Kiến nghị 78
DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI 80
TÀI LIỆU THAM KHẢO 81
PHỤ LỤC 87

Phụ lục 1. Chương trình lập trình 87

Phụ lục 2. Cảm biến dòng điện độ nhạy cao 118

Phụ lục 3. Các bước tiến hành thiết lập và chạy thực nghiệm 121

Phụ lục 4. Một số hình ảnh hệ thực nghiệm TRMS sử dụng bộ điều khiển RHC với LQR 127

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Các kí hiệu

Ký hiệu	Mô tả (ý nghĩa)
α_v	Chuyển vị góc trong mặt đứng của TRMS (Pitch angle)
α_h	Chuyển vị góc trong mặt ngang của TRMS (Yaw angle)
α_m	Chuyển vị góc của cánh quạt chính
α_t	Chuyển vị góc của cánh quạt đuôi
ω_m	Vận tốc góc của cánh quạt chính
ω_t	Vận tốc góc của cánh quạt đuôi
Ω_v	Vận tốc góc của thanh ngang trong mặt đứng chưa xét ảnh hưởng xen kênh
Ω_h	Vận tốc góc của thanh ngang trong mặt ngang chưa xét ảnh hưởng xen kênh
φ_m	Từ thông của động cơ chính
φ_m	Từ thông của động cơ đuôi
B_{mr}	Hệ số ma sát nhớt của động cơ chính
B_{tr}	Hệ số ma sát nhớt của động cơ đuôi
B_v	Hệ số ma sát nhớt của khớp quay trong mặt đứng
B_h	Hệ số ma sát nhớt của khớp quay trong mặt ngang
e_{am}	Sức phản điện động phần ứng của động cơ chính
e_{at}	Sức phản điện động phần ứng của động cơ đuôi
e_{emf_m}	Sức phản điện động phần ứng của động cơ chính
e_{emf_t}	Sức phản điện động phần ứng của động cơ đuôi
e_i	Véc tơ đơn vị trong $\square^3$
F_v	Ma sát trượt khớp quay trong mặt đứng
F_h	Ma sát trượt khớp quay trong mặt ngang
$F_v(\omega_m)$	Lực đẩy do cánh quạt chính tạo ra
$F_h(\omega_t)$	Lực đẩy do cánh quạt đuôi tạo ra
g	Gia tốc trọng trường
h	chiều dài của chốt quay
h_1	chiều dài phần sau của chốt quay

H	Chiều cao từ mặt đế đến chốt quay
J_1	Mô men quán tính của thanh ngang
J_2	Mô men quán tính của thanh đối trọng
J_3	Mô men quán tính của chốt quay
J_4	Mô men quán tính của đuôi chốt quay
J_{mm}	Mô men quán tính của rotor động cơ một chiều
$J_{m,prop}$	Mô men quán tính của cánh quạt chính
$J_{t,prop}$	Mô men quán tính của cánh quạt đuôi
J_{mr}	Tổng mô men quán tính của động cơ chính và cánh quạt chính
J_{tr}	Tổng mô men quán tính của động cơ đuôi và cánh quạt đuôi
J_v	Tổng mô men quán tính trong mặt đứng
J_h	Tổng mô men quán tính trong mặt ngang
k_{am}	Hằng số sức phản điện động của động cơ chính
k_{at}	Hằng số sức phản điện động của động cơ đuôi
k_g	Hệ số hiệu ứng Gyroscope
K	Động năng
K_1	Động năng của thanh ngang
K_2	Động năng của thanh đối trọng
K_3	Động năng của chốt quay
K_4	Động năng của cánh quạt chính
K_5	Động năng của cánh quạt đuôi
l_{T2}	Khoảng cách từ trọng tâm của thanh đối trọng đến chốt quay
l_b	Chiều dài của thanh đối trọng
l_{cb}	Khoảng cách từ đối trọng đến chốt quay
l_m	Chiều dài phần chính của thanh ngang
l_t	Chiều dài phần đuôi của thanh ngang
L_{cb}	Chiều dài của đối trọng
$L_{\alpha m}$	Điện cảm phần ứng của động cơ chính
$L_{\alpha t}$	Điện cảm phần ứng của động cơ đuôi
i_{am}	Dòng điện phần ứng của động cơ chính
i_{at}	Dòng điện phần ứng của động cơ đuôi
m	Khối lượng

m_{T1}	Tổng khối lượng của thanh ngang
l_{T1}	Trọng tâm của thanh ngang
m_t	Khối lượng phần phía bên cánh quạt đuôi của thanh ngang
m_{tr}	Khối lượng động cơ đuôi
m_{ts}	Khối lượng vành bảo vệ cánh quạt đuôi
m_m	Khối lượng phần phía bên cánh quạt chính của thanh ngang
m_{mr}	Khối lượng động cơ chính
m_{ms}	Khối lượng vành bảo vệ cánh quạt chính
m_b	Khối lượng của thanh đối trọng
m_{T2}	Tổng khối lượng của thanh đối trọng
m_{cb}	Khối lượng của đối trọng
m_h	khối lượng của chốt quay
m_{h1}	khối lượng phần sau của chốt quay
M_v	Tổng hợp mô men trong mặt phẳng đứng (ảnh hưởng tới góc α_v)
M_h	Tổng hợp mô men trong mặt phẳng bằng (ảnh hưởng tới góc α_h)
M_m	Tổng hợp mô men tác động lên cánh quạt chính
M_t	Tổng hợp mô men tác động lên cánh quạt đuôi
r_{ms}	Bán kính vành bảo vệ cánh quạt chính
r_{ts}	Bán kính vành bảo vệ cánh quạt đuôi
r_{mm}	Bán kính rotor động cơ chính
r_{mt}	Bán kính rotor động cơ đuôi
r_{cb}	Bán kính của đối trọng
R_{am}	Điện trở phần ứng của động cơ chính
R_{at}	Điện trở phần ứng của động cơ đuôi
S_v	Vận tốc góc của thanh ngang trong mặt đứng có ảnh hưởng xen kênh
S_h	Vận tốc góc của thanh ngang trong mặt ngang có ảnh hưởng xen kênh
T_{mr}	Hằng số thời gian của hệ cánh quạt-động cơ chính
T_{tr}	Hằng số thời gian của hệ cánh quạt-động cơ đuôi
τ_m	Mô men điện từ của động cơ chính
τ_t	Mô men điện từ của động cơ đuôi
u_{am}	Điện áp phần ứng động cơ chính truyền động cánh quạt chính
u_{at}	Điện áp phần ứng động cơ đuôi truyền động cánh quạt đuôi