

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

MAI TRUNG THÁI

**NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU CHO HỆ VỚI
THAM SỐ PHÂN BỐ, CÓ TRỄ, PHI TUYẾN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

THÁI NGUYÊN - NĂM 2018

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

MAI TRUNG THÁI

**NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU CHO HỆ VỚI
THAM SỐ PHÂN BỐ, CÓ TRỄ, PHI TUYẾN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Mã số: 9. 52. 02. 16

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS.TS. Nguyễn Hữu Công

THÁI NGUYÊN - NĂM 2018

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan: luận án “*Nghiên cứu điều khiển tối ưu cho hệ với tham số phân bố, có trễ, phi tuyến*” là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi dưới sự hướng dẫn của thầy giáo hướng dẫn và của tập thể các nhà khoa học. 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

Mai Trung Thái

LỜI CẢM ƠN

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

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn sâu sắc đến Thầy giáo hướng dẫn PGS.TS Nguyễn Hữu Công – Đại học Thái Nguyên đã tâm huyết hướng dẫn, tạo mọi điều kiện thuận lợi cũng như động viên tôi vượt qua khó khăn trong suốt thời gian qua để tôi hoàn thành luận án này.

Ngoài ra, tôi cũng xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp Khoa Điện tử, Khoa Điện, tập thể các nhà khoa học của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp 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.....năm 2018

Tác giả luận án

Mai Trung Thái

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN.....	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU.....	x
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH, ĐỒ THỊ.....	xi
MỞ ĐẦU.....	1
1. Đặt vấn đề.....	1
2. Tính cấp thiết của luận án.....	2
3. Mục tiêu của luận án.....	2
4. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu.....	3
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	4
5.1. Ý nghĩa khoa học.....	4
5.2. Ý nghĩa thực tiễn.....	4
6. Bố cục của luận án.....	4
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU CHO HỆ VỚI THAM SỐ PHÂN BỐ, CÓ TRỄ, PHI TUYẾN.....	7
1.1. Tổng quan chung.....	7
1.2. Tổng quan các công trình nghiên cứu về điều khiển tối ưu cho hệ với tham số phân bố, có trễ, phi tuyến trong và ngoài nước.....	9
1.3. Những vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu về điều khiển tối ưu cho hệ với tham số phân bố, có trễ, phi tuyến và hướng nghiên cứu của luận án.....	21
1.4. Kết luận chương 1.....	24
CHƯƠNG 2. ĐỀ XUẤT VÀ GIẢI BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU CHO HỆ VỚI THAM SỐ PHÂN BỐ, CÓ TRỄ, PHI TUYẾN BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ SỬ DỤNG PHÉP BIẾN ĐỔI LAPLACE.....	25

2.1. Thành lập bài toán điều khiển tối ưu	25
2.1.1. Mô hình đối tượng.....	25
2.1.2. Phiếm hàm mục tiêu	27
2.1.3. Điều kiện ràng buộc	29
2.1.4. Các bước giải	30
2.2. Giới thiệu phương pháp xấp xỉ Pade	30
2.2.1. Đặt vấn đề	30
2.2.2. Phương pháp xấp xỉ Pade	32
2.3. Phương pháp tính gần đúng tích phân xác định	34
2.3.1. Mô tả bài toán	34
2.3.2. Công thức hình thang	34
2.3.3. Công thức Simpson	36
2.4. Nhận dạng mô hình lò điện trở.....	37
2.4.1. Mô hình lò điện trở.....	37
2.4.2. Hàm truyền lò nhiệt và mô hình của Ziegler - Nichols.....	38
2.5. Lời giải của bài toán tối ưu	44
2.5.1. Tìm quan hệ giữa $q_I(x,t)$ và tín hiệu điều khiển $u_I(t)$	44
2.5.2. Tìm lời giải cho hàm phân bố trường nhiệt độ $q(x,t)$	59
2.5.3. Lời giải bài toán điều khiển tối ưu	62
2.6. Tính toán các giới hạn khi giải bài toán nung chính xác nhất trong điều kiện lò tĩnh.....	66
2.6.1 Tính toán giới hạn nhiệt độ môi trường không khí trong lò $v(t)$	66
2.6.2. Tính điều kiện giới hạn nhiệt độ bề mặt vật nung $ q(0,t) $	69
2.6.3 Tính giới hạn sự chênh lệch nhiệt độ giữa các lớp	69
2.7. Tính toán nhiệt độ lò $v(t)$ và sự phân bố nhiệt độ trong vật nung $q(x,t)$	71
2.7.1 Đặt vấn đề	71
2.7.2 Tính toán nhiệt độ lò $v(t)$	71
2.7.3. Tính toán phân bố nhiệt độ trong vật nung $q(x,t)$	72
2.8. Kết luận chương 2	76

CHƯƠNG 3. CÁC CHƯƠNG TRÌNH TÍNH VÀ CÁC KẾT QUẢ MÔ PHÒNG.....	77
3.1. Đặt vấn đề	77
3.2. Các chương trình tính	77
3.2.1 Chương trình tính các giá trị ϕ_i	78
3.2.2 Tính giá trị các hàm $g_\mu(x,t)$ ($\mu=1,2,3$).....	80
3.2.3 Chương trình tính hàm $\bar{g}_\mu(x, t-\tau)$ ($\mu=1,2,3.$).....	81
3.2.4. Chương trình giải bài toán tối ưu	81
3.3. Các kết quả mô phỏng	81
3.3.1 - Mô phỏng với mẫu Samot	83
3.3.2 - Mô phỏng với mẫu Diatomite.....	93
3.4. Kết luận chương 3	99
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM KIỂM CHỨNG CHẤT LƯỢNG PHƯƠNG PHÁP ĐÃ ĐỀ XUẤT TRÊN MÔ HÌNH HỆ THỐNG THỰC.....	100
4.1. Giới thiệu mô hình hệ thống thí nghiệm.....	100
4.2. Quá trình thí nghiệm thực	105
4.3. Một số kết quả thí nghiệm	107
4.3.1. Thí nghiệm với mẫu Samot	107
4.3.2. Thí nghiệm với mẫu Diatomite.....	110
4.4. Kết luận chương 4	113
KẾT LUẬN VÀ NHỮNG KIẾN NGHỊ NGHIÊN CỨU TIẾP THEO	114
DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI	115
TÀI LIỆU THAM KHẢO	116
Tiếng Việt	116
Tiếng Anh	117
PHỤ LỤC.....	125

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Các kí hiệu:

Ký hiệu	Diễn giải nội dung đầy đủ
$x(t)$	Đại lượng đầu vào theo thời gian t
$y(t)$	Đại lượng đầu ra theo thời gian t
$X(s)$	Đại lượng đầu vào theo toán tử Laplace
$Y(s)$	Đại lượng đầu ra theo toán tử Laplace
$W(s)$	Hàm truyền của đối tượng
τ	Thời gian trễ của đối tượng (lò) (s)
Γ	Biến độc lập (biến giả)
T	Hằng số thời gian của đối tượng (lò) (s)
$q(x, t)$	Phân bố nhiệt độ theo không gian x và thời gian t
$q(x, t_f)$	Giá trị của hàm $q(x, t)$ tại thời điểm $t=t_f$
t	Thời gian nung (s)
t_f	Thời gian nung cho phép (s)
Δt_1	Khoảng thời gian nung thứ nhất từ $0 \div t_1$ (s)
Δt_2	Khoảng thời gian nung thứ hai từ $t_1 \div t_2$ (s)
Δt_3	Khoảng thời gian nung thứ ba từ $t_2 \div t_f$ (s)
$\Delta v_1; \Delta v_2; \Delta v_3$	Khoảng nhiệt độ lò tương ứng với khoảng thời gian $\Delta t_1; \Delta t_2; \Delta t_3$

$q(x, 0)$	Phân bố nhiệt độ của vật tại thời điểm ban đầu $t = 0$
$q_0(x)$	Hàm phân bố nhiệt độ ban đầu của vật (hằng số- coi như bằng nhiệt độ môi trường)
$q(0, t)$	Phân bố nhiệt độ tại bề mặt của vật nung
q^*	Nhiệt độ đặt (cho trước)
$U^*(t)$	Điện áp tối ưu
J_c	Hàm mục tiêu
e	Sai số của hàm mục tiêu J_c
$v(t)$	Nhiệt độ của môi trường không khí trong lò ($^{\circ}C$)
$u(t)$	Điện áp cung cấp cho lò (V)
x	Không gian truyền nhiệt (một chiều) theo phương x
t^0	Nhiệt độ ($^{\circ}C$)
\bar{k}_1	Hệ số truyền tĩnh của lò ứng với khoảng thời gian Δt_1
\bar{k}_2	Hệ số truyền tĩnh của lò ứng với khoảng thời gian Δt_2
\bar{k}_3	Hệ số truyền tĩnh của lò ứng với khoảng thời gian Δt_3
k_0, k_1	Các hệ số (hằng số)
s	Toán tử
$Q(x, s)$	Phân bố nhiệt dưới dạng toán tử
L	Bề dày của vật liệu (m)
a	Hệ số dẫn nhiệt độ của vật liệu (m^2 / s)

λ	Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu ($W/m.\dot{độ}$)
λ_0	Hệ số dẫn nhiệt ở $0^{\circ}C$
α	Hệ số trao đổi nhiệt giữa môi trường không khí trong lò và vật ($W/m^2.\dot{độ}$)
b	Hệ số được xác định bằng thực nghiệm
C	Nhiệt dung riêng của vật ($J/kg.\dot{độ}$)
ρ	Khối lượng riêng của vật (kg/m^3)
L	Biến đổi Laplace thuận
L ⁻¹	Biến đổi Laplace ngược
Bi	Hệ số BIO của vật liệu
$\xi_i; \xi_j$	Các trọng số
$\sigma_i; \omega_i$	Các biên phụ
n	Số lớp không gian
$m_1; m_2; m_3$	Số khoảng thời gian tương ứng với $\Delta t_1; \Delta t_2; \Delta t_3$
θ	Góc điều khiển (góc mở) thyristor.
U_1	Giới hạn dưới điện áp (V)
U_2	Giới hạn trên điện áp (V)
U_3	Giới hạn nhiệt độ môi trường không khí trong lò ($^{\circ}C$)
U_4	Giới hạn nhiệt độ lớn nhất trên bề mặt vật nung ($^{\circ}C$)
U_5	Giới hạn sự chênh lệch nhiệt độ giữa các lớp trong vật nung ($^{\circ}C$)