ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGÀNH: TỰ ĐỘNG HÓA

THIẾT KẾ BỘ QUAN SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẤM

NGÔ MINH ĐỨC

THÁI NGUYÊN 2009

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGÀNH: TỰ ĐỘNG HOÁ

THIẾT KẾ BỘ QUAN SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẤM

Học viên: Ngô Minh Đức
Người HD Khoa Học: PGS.TS. Nguyễn Hữu Công

THÁI NGUYÊN 2009

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Ngô Minh Đức**

Sinh ngày 19 tháng 08 năm 1982

Học viên lớp cao học khoá 9 – Ngành Tự động hoá - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại khoa Điện - Trường đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Xin cam đoan: Đề tài ***"Thiết kế bộ quan sát và điều khiển nhiệt độ trong phôi tấm"*** do thầy giáo, **PGS.TS. Nguyễn Hữu Công** 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.

Tác giả 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 thì tác giả xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với lời cam đoan của mình.

Thái Nguyên, ngày 04 tháng 4 năm 2009

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành, lời cảm ơn sâu sắc tới thầy giáo - PGS,TS **Nguyễn Hữu Công**, người đã trực tiếp chỉ bảo và hướng dẫn em trong suốt thời gian qua.

Em xin bày tỏ lòng cảm ơn đối với các thầy cô giáo trong Khoa , bộ môn cùng đông đảo bạn bè, đồng nghiệp đã cổ vũ rất nhiều cho việc thực hiện luận văn này.

Mặc dù được sự chỉ bảo sát sao của thầy hướng dẫn, sự nỗ lực cố gắng của bản thân. Song vì kiến thức còn hạn chế, nên chắc chắn luận văn này không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Em rất mong được sự chỉ bảo của các thầy cô giáo và sự góp ý chân thành của các bạn.

Em xin chân thành cảm ơn!

LỜI NÓI ĐẦU

Hiện nay đất nước ta đang trong thời kì đổi mới, thời kì công nghiệp hoá, hiện đại hóa cùng với sự phát triển của công nghệ thông tin, ngành kĩ thuật điện tử là sự phát triển của kỹ thuật điều khiển và tự động hóa. Trong lĩnh vực gia công nhiệt ta thường giải quyết bài toán là điều khiển nhiệt độ trong các lò nung theo một chỉ tiêu nào đó, tuy nhiên chất lượng của các sản phẩm trong quá trình gia công nhiệt lại phụ thuộc vào trường nhiệt độ trong phôi. Như vậy đặt ra bài toán phải điều khiển được nhiệt độ trong phôi nung theo chỉ tiêu chất lượng đặt ra, tức là phải điều khiển một thông số mà không thể dùng sensor đo được. Từ đó đặt ra bài toán "***Biết vỏ tìm lõi***"

Trong khuôn khổ luận văn em đã đi vào nghiên cứu tìm hiểu một số phương pháp tính toán trường nhiệt độ trong phôi tấm. Nghiên cứu xây dựng mô hình quan sát nhiệt độ dưới dạng mô hình hàm truyền. Sau khi có mô hình hàm truyền về trường nhiệt độ trong tấm, đã thiết kế bộ điều khiển bằng phương pháp kinh điển và điều khiển mờ. Như vậy có thể điều khiển trường nhiệt độ trong phôi thoả mãn yêu cầu công nghệ đặt ra (Trước kia ta chỉ điều khiển được nhiệt độ trong không gian lò).

Sau thời gian tìm hiểu và nghiên cứu và đặc biệt dưới sự hướng dẫn của Thầy ***PGS.TS Nguyễn Hữu Công*** luận văn đã được hoàn thành.

Trong quá trình thực hiện luận văn, chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong được sự chỉ bảo của các thầy cô giáo và sự góp ý chân thành của các bạn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Thái nguyên, ngày 4/4/2009

Học viên

Ngô Minh Đức

MỤC LỤC

Nội dung Trang

Lời cảm ơn 1
Lời nói đầu.....2
Mục lục..... 3
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẤM 5
1.1. Thành lập phương trình truyền nhiệt.....5
1.2. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên.....7
1.3. Tính toán trường nhiệt độ trong phôi tấm bằng phương pháp giải tích 8
1.4 Tính toán trường nhiệt độ trong phôi tấm bằng phương pháp số 10
1.4.1. Phương pháp sai phân giải bài toán có trị ban đầu 11
1.4.1.1. Mô hình bài toán 11
1.4.1.2. Lưới sai phân 11
1.4.1.3. Hàm lưới 11
1.4.1.4. Đạo hàm lưới 11
1.4.1.5. Liên hệ giữa đạo hàm và đạo hàm lưới 12
1.4.1.6. Phương pháp Euler hiện.....13
1.4.1.7. Phương pháp Euler ẩn.....13
1.4.1.8. Phương pháp Crank – Nicolson 14
1.4.2. Phương pháp sai phân giải bài toán truyền nhiệt một chiều 14
1.4.2.1. Mô hình bài toán 14
1.4.2.2. Lưới sai phân và hàm lưới 15
1.4.2.3. Xấp xỉ các đạo hàm 17
1.4.2.4. Phương pháp sai phân hiện (cổ điển) 18
1.4.2.5. Phương pháp ẩn (cổ điển) 19
1.4.2.6. Phương pháp Crank - Nicolson (6 điểm đối xứng) 20
1.5. Kết luận chương 1.....22
CHƯƠNG 2: XÂY DỰNG MÔ HÌNH HÀM TRUYỀN ĐỂ XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẤM.....23
2.1. Đặt vấn đề 23
2.2. Nghiên cứu đối tượng điều khiển.....23
2.3. Xây dựng mô hình hàm truyền đối với vật mỏng 24
2.4. Xây dựng mô hình hàm truyền khi phôi được chia làm 2 lớp (n=2) 25
2.5. Xây dựng mô hình hàm truyền khi phôi được chia làm 2 lớp (n=3) 26
2.6. Xây dựng mô hình hàm truyền khi phôi được chia làm 2 lớp (n=4) 28

2.7. Xây dựng mô hình hàm truyền khi phôi được chia thành n lớp 31
2.8. Ví dụ tính toán hàm truyền từng lớp khi chia phôi thành 1 lớp và 3 lớp 33
2.9. Kết quả mô phỏng cho bộ quan sát nhiệt độ.....35
2.10. Kết luận.....38
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẤM 39
3.1. Giới thiệu một số phương pháp thiết kế 39
3.1.1. Phương pháp đa thức đặc trưng có hệ số suy giảm thay đổi được.....39
3.1.2. Phương pháp bù hằng số thời gian trội 42
3.1.3. Thiết kế bộ điều chỉnh cho hệ có hành vi tích phân 46
3.1.4. Phương pháp thiết kế bộ bù 50
3.1.5. Bộ điều khiển mờ 51
3.1.6. Thiết kế bộ điều khiển mờ 67
3.2. Thiết kế.....75
3.2.1. Thiết kế bộ điều khiển PID điều khiển nhiệt độ cho lớp 2 khi chia phôi làm 3 lớp 75
3.2.2. Thiết kế bộ điều khiển mờ điều khiển nhiệt độ cho lớp 2 khi chia phôi làm 3 lớp 77
CHƯƠNG 4: CÁC KẾT QUẢ MÔ PHỎNG.....83
4.1. Kết quả mô phỏng khi thiết kế bộ điều khiển PID để điều khiển nhiệt độ cho lớp 1 và lớp 2 khi phôi được chia thành 3 lớp 83
4.2. Kết quả mô phỏng khi thiết kế bộ điều khiển mờ để điều khiển nhiệt độ cho lớp 1 và lớp 2 khi phôi được chia thành 3 lớp 84
4.3. Kết luận và kiến nghị nghiên cứu tiếp theo.....85
4.3.1 Kết luận.....85
4.3.2 Những kiến nghị nghiên cứu tiếp theo.....85
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....86
PHỤ LỤC.....87

CHƯƠNG 1
GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẤM

1.1. Thành lập phương trình truyền nhiệt

Xét một vật rắn truyền nhiệt đẳng hướng, $u(x,y,z,t)$ là nhiệt độ của nó tại điểm (x,y,z) ở thời điểm t. Nếu tại các điểm khác nhau của vật nhiệt độ khác nhau thì nhiệt sẽ truyền từ điểm nóng hơn tới điểm nguội hơn. Sự truyền nhiệt đó tuân theo định luật sau:

Nhiệt lượng ΔQ đi qua một mảnh mặt khá bé ΔS chứa điểm (x,y,z) trong một khoảng thời gian Δt tỷ lệ với ΔS, Δt và đạo hàm pháp tuyến $\frac{\partial u}{\partial n}$. Tức là

$$\Delta Q = -k(x,y,z)\Delta t \Delta S \frac{\partial u}{\partial n} \tag{1.1}$$

Trong đó $k(x,y,z) > 0$ là hệ số truyền nhiệt ($k(x,y,z)$ không phụ thuộc vào hướng của pháp tuyến với ΔS vì sự truyền nhiệt là đẳng hướng), $\vec{n}$ là vectơ pháp của ΔS hướng theo chiều giảm nhiệt độ.

Gọi q là dòng nhiệt, tức là nhiệt lượng đi qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian. Từ (1.1) ta suy ra $q = -k\frac{\partial u}{\partial n}$.

Bây giờ ta lấy trong vật một thể tích tuỳ ý V giới hạn bởi một mặt kín trơn S và xét sự biến thiên của nhiệt lượng trong thể tích đó trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2.Từ (1.1) ta suy ra nhiệt lượng qua mặt S vào trong từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 là $Q_1 = -\int_{t_1}^{t_2} dt \iint_S k(x,y,z)\frac{\partial u}{\partial n} ds$.

Trong đó $\vec{n}$ là vecvtơ pháp hướng vào trong của mặt S. Áp dụng công thức Ostrogradsky để đổi từ tích phân trên mặt S sang tích phân ba lớp ta được

$$Q_1 = \int_{t_1}^{t_2} dt \iiint_V div(kgradu)dxdydz$$

Giả sử rằng trong vật có các nguồn nhiệt, gọi $F(x,y,z,t)$ là mật độ của chúng tức là nhiệt lượng sinh ra hay mất đi trong một đơn vị thể tích của vật và trong một đơn vị thời gian.

Nhiệt lượng sinh ra hay mất đi trong thể tích V từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 là

$$Q_2 = \int_{t_1}^{t_2} dt \iiint_V F(x,y,z)dxdydz$$

Mặt khác ta lại biết rằng nhiệt lượng cần cho thể tích V của vật thay đổi nhiệt độ từ $u(x,y,z,t_1)$ đến $u(x,y,z,t_2)$ là

$$Q_3 = \iiint_V \left[u(x,y,z,t_2) - u(x,y,z,t_1)\right] C(x,y,z)\rho(x,y,z)dxdydz .$$

Trong đó $C(x,y,z)$ là nhiệt dung, $\rho(x,y,z)$ là mật độ của vật.

Vì $u(x,y,z,t_2) - u(x,y,z,t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial u}{\partial t} dt$ nên có thể viết $Q_3 = \int_{t_1}^{t_2} dt \iiint_V C\rho \frac{\partial u}{\partial t} dxdydz$.

Mặt khác $Q_3 = Q_1 + Q_2$ nên ta có

$$\int_{t_1}^{t_2} dt \iiint_V \left[C\rho \frac{\partial u}{\partial t} - div(kgradu) - F(x,y,z,t) \right] dxdydz = 0$$

Vì khoảng thời gian (t_1, t_2) và thể tích V được chọn tuỳ ý, nên tại mọi điểm (x,y,z) của vật và ở mọi thời điểm t biểu thức dưới dấu tích phân đều bằng không

$$C\rho \frac{\partial u}{\partial t} = div(kgradu) + F(x,y,z,t) .$$

Hay
$$C\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial u}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial u}{\partial z}\right) + F(x,y,z,t) \qquad (1.2)$$

Phương trình đó gọi là phương trình truyền nhiệt trong vật đẳng hướng không đồng chất. Nếu vật đồng chất thì C, ρ, k là những hằng số và phương trình có dạng

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) + f(x,y,z,t) \qquad (1.3)$$

Trong đó $a^2 = \frac{k}{C\rho}$, $f(x,y,z,t) = \frac{F(x,y,z,t)}{C\rho}$. Đó là phương trình truyền nhiệt không thuần nhất. Nếu trong vật không có nguồn nhiệt thì $F(x,y,z,t) \equiv 0$ ta sẽ được phương trình truyền nhiệt thuần nhất:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) \qquad (1.4)$$

Nếu ta xét sự truyền nhiệt trên một một vật đồng chất rất mỏng (chỉ khảo sát sự truyền nhiệt theo hai phương) đặt trên mặt phẳng Oxy thì nhiệt độ $u(x,y,t)$ tại điểm (x,y) ở thời điểm t thoả mãn phương trình truyền nhiệt:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) + f(x,y,t) \tag{1.5}$$

Còn phương trình truyền nhiệt trên một vật đồng chất rất mỏng đặt dọc theo trục x là:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(x,t) \tag{1.6}$$

1.2. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên

Trong vật lý ta biết rằng muốn xác định được nhiệt độ tại mọi điểm trong vật ở mọi thời điểm, ngoài phương trình (1.3) ta còn cần phải biết phân bố nhiệt độ trong vật ở thời điểm đầu và chế độ nhiệt độ ở biên S của vật.

Điều kiện biên có thể cho bằng nhiều cách

* Cho biết nhiệt độ tại mỗi điểm P của biên S $u|_S = \psi_1(P,t)$ (1.7)

* Tại mọi điểm của biên S cho biết dòng nhiệt $q = -k\frac{\partial u}{\partial n}$ vậy ta có điều kiện biên

$$\left.\frac{\partial u}{\partial n}\right|_S = \psi_2(P,t) \tag{1.8}$$

Trong đó $\psi_2(P,t) = \frac{-q(P,t)}{k}$ là một hàm cho trước.

* Trên biên S của vật có sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh, mà nhiệt độ của nó là u_0 thì ta có điều kiện biên sau:

$$\left[\frac{\partial u}{\partial n} + h(u - u_0)\right]_S = 0 \tag{1.9}$$

Nếu biên S cách nhiệt thì $h = 0$ suy ra (1.9) trở thành $\left.\frac{\partial u}{\partial n}\right|_S = 0$

Như vậy bài toán truyền nhiệt trong một vật rắn, đồng chất truyền nhiệt đẳng hướng đặt ra như sau: Tìm nghiệm của phương trình (1.3) thoả mãn điều kiện đầu $u|_{t=0} = \varphi(x,y,z)$ và một trong các điều kiện biên (1.7)(1.8)(1.9).