

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

NGUYỄN TRUNG ANH

THIẾT KẾ MÔ HÌNH GIÁM SÁT, ĐIỀU KHIỂN LÒ NHIỆT  
ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN PID

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC  
NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

THÁI NGUYÊN, NĂM 2022

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG



**ĐỒ ÁN**  
**TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC**  
**CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT ĐIỆN ĐIỆN TỬ**

**Đề tài:**

**THIẾT KẾ MÔ HÌNH GIÁM SÁT, ĐIỀU KHIỂN LÒ NHIỆT  
ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN PID**

**Sinh viên thực hiện : NGUYỄN TRUNG ANH**

**Lớp : KTD-ĐT K16A, hệ chính qui**

**Giáo viên hướng dẫn : ThS. TRẦN VĂN DŨNG**

Thái Nguyên, năm 2022

## LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian làm đồ án tốt nghiệp, em đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, đóng góp ý kiến và chỉ bảo nhiệt tình của thầy cô, gia đình và bạn bè.

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy giáo Ths.Trần Văn Dũng, người đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo em trong suốt quá trình làm đồ án.

Em cũng xin chân thành cảm ơn các thầy cô giáo trong trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông đã nhiệt tình giảng dạy và tạo điều kiện thuận lợi cho em học tập trong suốt thời gian vừa qua.

Cuối cùng, em xin chân thành cảm ơn gia đình và bạn bè, đã luôn tạo điều kiện, quan tâm, giúp đỡ, động viên em trong suốt quá trình học tập và hoàn thành đồ án tốt nghiệp tốt nghiệp.

*Thái Nguyên, ngày 17 tháng 01 năm 2022.*

*Sinh viên*

*Nguyễn Trung Anh*

## LỜI CAM ĐOAN

Để hoàn thành đồ án tốt nghiệp này, em có tham khảo một số tài liệu liên quan đến điều khiển lò nhiệt điện sử dụng thuật toán PID.

Em xin cam đoan đề tài này là do chính em thực hiện, các số liệu thu thập và kết quả phân tích trong đề tài là trung thực, đề tài không trùng với bất kỳ đề tài nghiên cứu khoa học nào. Những thông tin tham khảo trong đồ án đều được trích dẫn cụ thể nguồn sử dụng.

*Thái Nguyên, ngày 17 tháng 01 năm 2022.*

*Sinh viên*

*Nguyễn Trung Anh*

## MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN .....	1
LỜI CAM ĐOAN .....	2
MỤC LỤC.....	3
DANH MỤC HÌNH ẢNH .....	6
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	8
LỜI NÓI ĐẦU .....	9
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	10
1.1. Giới thiệu chung về lò nhiệt.....	10
1.1.1. Định nghĩa.....	10
1.1.2. Ưu nhược điểm của lò nhiệt so với các lò sử dụng nhiên liệu.....	10
1.2 Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước.....	11
1.3. Tính cấp thiết của đề tài .....	11
1.4. Mục đích nghiên cứu.....	12
1.5. Nhiệm vụ nghiên cứu và giới hạn của đề tài.....	12
1.5.1 Nhiệm vụ nghiên cứu .....	12
1.5.2 Giới hạn của đề tài.....	12
1.6. Ý nghĩa khoa học .....	13
1.7. Phương pháp nghiên cứu.....	13
1.8. Dự kiến kết quả nghiên cứu .....	13
1.9. Giới thiệu chung về lò nhiệt.....	13
1.9.1. Phân loại lò nhiệt .....	13
1.9.3. Những vật liệu dùng làm dây nung .....	14
1.10. Yêu cầu cơ bản đối với cấu tạo lò nhiệt.....	15
1.10.1. Hợp lý về mặt công nghệ.....	15
1.10.2. Hiệu quả về kỹ thuật.....	15
1.10.3. Chắc chắn khi làm việc .....	15
1.10.4. Tiện lợi khi sử dụng .....	16
1.10.5. Rẻ và đơn giản khi chế tạo.....	16
1.10.6. Hình dáng bên ngoài đẹp .....	16
1.11. Cấu tạo lò nhiệt .....	17
1.11.1. Vỏ lò.....	17

1.11.2. Lốp lót.....	17
1.11.3. Dây nung.....	18
1.12. Một số phương pháp điều khiển lò nhiệt .....	18
1.12.1. Mô tả toán học của lò nhiệt trong phòng thí nghiệm .....	18
1.12.2. Phương pháp điều khiển on — off.....	19
1.12.3. Phương pháp điều khiển PID.....	21
1.12.4. Kết luận chương : .....	23
<b>CHƯƠNG 2: XÂY DỰNG CƠ SỞ LÝ THUYẾT CHO BỘ ĐIỀU KHIỂN PID SỐ</b>	
2.1. Cấu trúc chung của một hệ điều khiển tự động.....	24
2.2. Mô tả toán học hệ rời rạc .....	25
2.2.1 Đặc điểm lấy mẫu.....	27
2.2.2. Khâu giữ dữ liệu (ZOH).....	28
2.2.3. Phép biến đổi Z.....	29
2.3. Mô tả hệ thống rời rạc bằng hàm truyền .....	35
2.3.1. Định nghĩa.....	35
2.3.2. Cách tìm hàm truyền .....	35
2.3.3. Hàm truyền hệ rời rạc.....	36
2.3.4. Cấu hình thường gặp của hệ thống điều khiển rời rạc .....	37
2.4. Phân tích thiết kế hệ thống điều khiển rời rạc.....	37
2.4.1 Điều kiện ổn định của hệ rời rạc.....	37
2.4.2. Tiêu chuẩn ROUTH – HURWITZ mở rộng .....	38
2.4.3. Tiêu chuẩn JURY .....	40
2.4.4. Quỹ đạo nghiệm số.....	41
2.5. Chất lượng hệ thống rời rạc .....	43
2.5.1. Đáp ứng quá độ.....	43
2.6. Hàm truyền của các khâu hiệu chỉnh rời rạc.....	45
2.6.1. Khâu tỉ lệ.....	45
2.6.2. Khâu vi phân.....	45
2.6.3. Khâu tích phân.....	46
2.6.4. Bộ điều khiển PI, PD, PID rời rạc .....	48
2.6.5. Bộ điều khiển bù pha.....	48
2.6.6. Kết luận chương .....	49

CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC CHO BỘ ĐIỀU KHIỂN PID VÀ MÔ PHỎNG TRÊN MATLAB/SIMULINK.....	50
3.1 Thiết lập mô hình toán học lò nhiệt .....	50
3.1.1 Mô hình toán học của hệ thống .....	50
3.1.2. Hàm truyền lò nhiệt.....	50
3.1.3. Xác định thông số PID .....	52
3.1.4. Hàm chuyển đổi PID rời rạc .....	53
3.2 Mô phỏng .....	55
3.2.1. Xây dựng hàm truyền mô phỏng.....	55
3.2.2. Kết quả mô phỏng .....	55
3.2.3. Kết luận chương .....	57
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ THI CÔNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN VÀ .....	58
MẠCH CÔNG SUẤT .....	58
4.1. Xây dựng phần cứng .....	58
4.1.1. Sơ đồ chức năng .....	58
4.1.2. Sơ đồ nguyên lý.....	58
4.2. Giới thiệu một số linh kiện sử dụng trong mạch.....	60
4.2.1. Cảm biến đo nhiệt độ LM35.....	60
4.2.2. Arduino UNO R3 .....	62
4.2.3. Opto MOC3201-DIP 6.....	64
4.2.4. Transitor C1815.....	65
4.2.6. Triac BTA12.....	67
4.3. Xây dựng phần mềm .....	68
4.3.1. Lưu đồ thuật toán điều khiển .....	68
4.3.2. Lưu đồ thuật toán PID.....	69
4.3.3. Phần mềm giám sát và điều khiển .....	70
4.4. Kết quả mô hình thực .....	74
4.5. Kết luận chương .....	75
4.6. Hướng phát triển: .....	76
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	77

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1: Đặc điểm của hoạt động on - of .....	20
Hình 1.2: Đặc điểm của Hunting.....	20
Hình 1.3: Hệ thống điều khiển vòng kín với bộ điều khiển PID .....	21
Hình 2.1: Hệ thống điều khiển vòng kín với bộ điều khiển PID .....	24
Hình 2.2: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển số .....	26
Hình 2.3: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển rời rạc .....	26
Hình 2.4: Quá trình lấy mẫu dữ liệu .....	27
Hình 2.5: Khâu giữ bậc 0 (ZOH) .....	28
Hình 2.6: Làm trễ tín hiệu $k_0$ mẫu.....	31
Hình 2.7: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển rời rạc .....	37
Hình 2.8: Hệ thống rời rạc ổn định $ z  < 1$ .....	39
Hình 3.1: Sơ đồ mô tả hệ thống .....	50
Hình 3.2: Thí nghiệm xác định hàm truyền lò nhiệt .....	51
Hình 3.3: Đặc tính của lò nhiệt .....	51
Hình 3.4: Sơ đồ đặc tính quá độ của lò nhiệt .....	53
Hình 3.5: Sơ đồ khối mô phỏng hệ thống .....	55
Hình 3.6: Khối PID .....	55
Hình 3.7: Khối hệ thống.....	55
Hình 3.8: Đáp ứng hệ thống khi thay đổi $K_d$ .....	56
Hình 3.9: Đáp ứng hệ thống thay đổi khi có $K_d, K_i$ .....	56
Hình 3.10: Đáp ứng hệ thống thay đổi khi có $K_d, K_i, \dots$ .....	57
Hình 4.1: Sơ đồ chức năng.....	58
Hình 4.2: Mạch nguồn.....	58
Hình 4.3: Mạch phát hiện điểm không.....	59
Hình 4.4: Mạch động lực .....	59
Hình 4.5: Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển .....	60
Hình 4.6: Bo mạch arduino .....	62
Hình 4.7: Giao diện lập trình arduino .....	64
Hình 4.8: Sơ đồ chân Opto MOC3201-DIP 6.....	65
Hình 4.9: Sơ đồ chân Transitor C1815 .....	66



Hình 4.10: Sơ đồ chân Triacs BTA12.....	67
Hình 4.11: Lưu đồ thuật toán điều khiển .....	68
Hình 4.12: Lưu đồ thuật toán PID.....	69
Hình 4.13: Khởi động SQL Sever.....	70
Hình 4.14: Bảng lưu trữ dữ liệu nhiệt độ .....	71
Hình 4.15: Tạo project mới .....	72
Hình 4.16: Giao diện điều khiển giám sát.....	73
Hình 4.17: Mô hình thực tế .....	74
Hình 4.18: Giao diện giám sát và điều khiển hệ thống .....	75

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Bảng biến đổi Laplace của các hàm cơ bản.....	34
Bảng 2.2: Bảng Routh .....	40
Bảng 2.3: Bảng Jury .....	41
Bảng 3.1: Thông số bộ điều khiển P,I,D .....	52
Bảng 4.1. Trở kháng của bộ cảm biến nhiệt theo nhiệt độ.....	61
Bảng 4.2. Thông số kỹ thuật Arduino UNO R3.....	63
Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật opto MOC3021 .....	64
Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật .....	66
Bảng 4.5. Thông số kỹ thuật .....	67
Bảng 4.6: Tools Box .....	73