

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

**TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN
BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI CHO HỆ THỐNG
SẤY HOA QUẢ THÔNG MINH**

Người hướng dẫn: **TS. TRẦN THỊ MINH DUNG**

Sinh viên thực hiện: **NGUYỄN LƯƠNG KHÁNH – 105200454**

TRẦN QUANG TOÀN - 105200475

Lớp: **20TDHCLC3**

Đà Nẵng, 6/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: “NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI CHO HỆ THỐNG SẤY HOA QUẢ THÔNG MINH”

SVTH: NGUYỄN LƯƠNG KHÁNH - 105200454

TRẦN QUANG TOÀN – 105200475

Lớp : 20TDHCLC3

Nhóm thực hiện đề tài: “Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh” sử dụng PLC (Programmable Logic Controller) để tự động hóa quy trình vận hành máy, giúp giảm sức lao động, tăng hiệu quả sản xuất và đảm bảo chất lượng sản phẩm. Việc nghiên cứu và phát triển một hệ thống điều khiển nhiệt độ cho lò sấy trái cây, nhằm duy trì nhiệt độ ổn định trong suốt quá trình sấy. Việc sử dụng nhiệt độ chính xác và ổn định là yếu tố quan trọng trong quá trình bảo quản và chế biến trái cây, đảm bảo chất lượng sản phẩm và thời gian sấy hiệu quả.

Hệ thống điều khiển này sử dụng bộ điều khiển PID (Proportional-Integral-Derivative) để tự động điều chỉnh nhiệt độ của lò sấy, giúp giảm thiểu sai số và phản hồi nhanh chóng đối với các thay đổi nhiệt độ trong môi trường sấy. Mô hình hệ thống điều khiển PID được thiết kế với ba thành phần cơ bản: phần điều khiển tỷ lệ (P), phần điều khiển tích phân (I), và phần điều khiển vi phân (D), mỗi phần này đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định nhiệt độ và nâng cao hiệu suất sấy.

Trong quá trình nghiên cứu, các thông số của bộ điều khiển PID được tối ưu hóa thông qua các phương pháp như phương pháp thử và sai hoặc thuật toán tìm kiếm tối ưu. Các yếu tố như độ trễ hệ thống, biến đổi nhiệt độ và độ chính xác của cảm biến nhiệt độ đều được xem xét kỹ lưỡng để đảm bảo tính hiệu quả và ổn định của hệ thống.

Kết quả của nghiên cứu này là một hệ thống điều khiển tự động có thể duy trì nhiệt độ lò sấy ở mức ổn định, từ đó cải thiện hiệu quả sấy và chất lượng sản phẩm trái cây sau khi chế biến. Hệ thống này có thể ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp chế biến thực phẩm, đặc biệt là trong việc sấy các loại trái cây nhiệt đới.

Nghiên cứu không chỉ có giá trị về mặt lý thuyết mà còn mang tính ứng dụng cao, góp phần nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm, đồng thời giảm thiểu sự lãng phí năng lượng trong quá trình sấy. Hệ thống điều khiển PID được ứng dụng trong nghiên cứu này hứa hẹn sẽ là một giải pháp hiệu quả cho ngành công nghiệp chế biến thực phẩm, đặc biệt là sấy trái cây, giúp tiết kiệm thời gian, giảm chi phí và nâng cao chất lượng sản phẩm.

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên 1: Nguyễn Lương Khánh

Số thẻ sinh viên: 105200454

Họ tên sinh viên 2 : Trần Quang Toàn

Số thẻ sinh viên: 105200475

Lớp: 20TDHCLC3 Khoa: Điện Ngành: Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa

Tên đề tài đồ án: Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

1. **Đề tài thuộc diện:** Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện

2. **Các số liệu và dữ liệu ban đầu:**

- Kích thước tủ sấy: 500 x 450 x 400 mm
- Số khay: 10, khoảng cách khay: 30 mm
- Nhiệt độ cài đặt: 30 – 90 °C
- Điện áp sử dụng: 220V / 50Hz
- Công suất heater: 900W
- Cảm biến nhiệt độ: PT100
- Phần mềm mô phỏng: visual studio, Wincc, TIA Portal

3. **Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:**

- Tổng quan hệ thống sấy nông sản và ứng dụng công nghệ điều khiển
- Phân tích yêu cầu kỹ thuật và nguyên lý hoạt động của hệ thống
- Thiết kế mô hình điều khiển thích nghi sử dụng Fuzzy PID
- Thiết kế giải pháp xử lý ảnh phát hiện độ ẩm của hoa quả
- Lựa chọn, tính toán công suất, kích thước và đặc tính thiết bị
- Thiết kế và mô phỏng mô hình thực nghiệm
- Đánh giá kết quả và đề xuất hướng phát triển

4. **Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):**

.....
.....
.....
.....

5. **Họ tên người hướng dẫn:** : Ts. Trần Thị Minh Dung

6. **Ngày giao nhiệm vụ đồ án:** 13/02/2025

7. **Ngày hoàn thành đồ án:** 17/06/2025

Đà Nẵng, ngày tháng năm 202

Trưởng Bộ môn Tự Động hóa

Người hướng dẫn

LỜI NÓI ĐẦU

Hiện nay, nhu cầu bảo quản và chế biến nông sản ngày càng được quan tâm nhằm đáp ứng yêu cầu về chất lượng và thời gian sử dụng. Trong đó, sấy khô hoa quả là phương pháp phổ biến giúp kéo dài thời gian bảo quản, tiêu thụ và thuận tiện cho vận chuyển. Tuy nhiên, phương pháp sấy truyền thống còn tồn tại nhiều hạn chế như hiệu quả thấp, khó kiểm soát chất lượng và tiêu tốn năng lượng. Vì vậy, việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến vào quá trình sấy là cần thiết để nâng cao hiệu quả và chất lượng sản phẩm.

Xuất phát từ thực tiễn đó, chúng em đã thực hiện đề tài tốt nghiệp giúp bà con xử lý nông sản – ý tưởng gần gũi với cuộc sống xung quanh hàng ngày, hướng đến việc thiết kế hệ thống sấy có khả năng tự điều chỉnh các thông số kỹ thuật dựa trên tính toán, cài đặt và xử lý hình ảnh, nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm, tối ưu hóa quá trình lao động sản xuất.

Trong quá trình thực hiện, nhóm chúng em đã cố gắng vận dụng những kiến thức đã học và nghiên cứu sáng tạo thêm để hoàn thiện đề án. Tuy nhiên, do thời gian và kinh nghiệm còn hạn chế, chắc chắn đề án không tránh khỏi những thiếu sót, em rất mong nhận được sự thông cảm, sự góp ý từ quý thầy cô để hoàn thiện tốt hơn.

Em xin chân thành gửi lời cảm ơn sâu sắc đến quý thầy cô bộ môn đã tận tình giảng dạy, truyền đạt những kiến thức quý báu trong suốt quá trình học tập. Đặc biệt, em xin bày tỏ lòng biết ơn đến cô Dung – giảng viên hướng dẫn, người đã tận tình chỉ bảo, hỗ trợ và định hướng cho em trong suốt quá trình thực hiện đề án.

Em xin chân thành cảm ơn!

CAM ĐOAN

Chúng em xin cam đoan rằng đề tài **“Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh”** được tiến hành một cách minh bạch, công khai. Mọi thứ được dựa trên sự cố gắng cũng như sự nỗ lực của bản thân cùng với sự giúp đỡ không nhỏ và hướng dẫn tận tình của cô Dung

Các số liệu và kết quả nguyên cứu được đưa ra trong đồ án là trung thực. Những phần có sử dụng tài liệu tham khảo có trong đồ án đã được liệt kê và nêu rõ tại phần tài liệu tham khảo.

Nếu như sai chúng em xin chịu hoàn toàn trách nhiệm và chịu tất cả các kỷ luật của bộ môn cũng như nhà trường đề ra.

Sinh viên thực hiện 1

Sinh viên thực hiện 2

MỤC LỤC

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN**Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.**

NHẬN XÉT CỦA NGƯỜI PHẢN BIỆN ...Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.

LỜI NÓI ĐẦU	iv
CAM ĐOAN.....	v
MỤC LỤC	1
MỞ ĐẦU	6
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI.....	8
1.1 Tổng quan về đề tài.....	8
1.1.1 Thị trường quốc tế	8
1.1.2 Thị trường trong nước	9
1.2 Công nghệ sấy hoa quả trong công nghiệp.....	10
1.2.1 Công nghệ sấy hoa quả trong công nghiệp.....	10
1.2.2 Ưu điểm và quy trình sử dụng của máy sấy khô thông thường.....	11
1.3 Một số ưu điểm và nhược điểm của các loại máy sấy khô hiện nay	13
1.3.1 Công nghệ sấy nhiệt gió	13
1.3.2 Công nghệ sấy thăng hoa	14
1.3.3 Công nghệ sấy bom nhiệt	14
1.3.4 Công nghệ sấy chân không.....	15
1.3.5 Công nghệ sấy lạnh	16
1.3.6 Công nghệ sấy nóng	16
1.4 Lựa chọn công nghệ sấy cho đề tài:	18
1.4.1 Cấu tạo:	18
1.4.2 Các giai đoạn và nguyên lý hoạt động:.....	19
1.5. Cấu trúc đề tài.....	20
CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG SẤY KHÔ HOA QUẢ ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI VÀ XỬ LÝ ẢNH.....	21
2.1 Yêu cầu của đề tài.....	21
2.2 Những khó khăn và phương pháp giải quyết của đề tài	23
2.3 Đề xuất thiết kế.....	25
2.4 Quy trình công nghệ	26

2.5 Lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thống.....	29
2.6 Sơ đồ kết nối thiết bị.....	31
2.7 Sơ đồ phân tầng điều khiển.....	31
CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN VÀ TÍNH CHỌN THIẾT BỊ	33
3.1 Mô hình hoá lò sấy.....	28
3.1.1 Thông số cơ bản	33
3.1.2 Mô hình truyền nhiệt	33
3.1.3 Mô hình truyền ẩm.....	33
3.2 Thiết kế bộ điều khiển PID.....	34
3.2.1 Mô tả hiệu chỉnh PID	35
3.2.2 Xây dựng bộ điều khiển PID ban đầu - Phương pháp thử công	37
3.3 Lý thuyết điều khiển mờ.....	39
3.3.1. Giới thiệu về điều khiển mờ.....	39
3.3.2 Cơ sở toán học của Logic mờ.....	39
3.4 Ứng dụng AI trong điều khiển	40
3.4.1 Tổng quan về xử lý ảnh	40
3.4.2 Thư viện OpenCV	42
3.5 Xây dựng mô hình hệ thống	43
3.6 Tính toán và chọn thiết bị trong hệ thống	45
3.6.1 Cảm biến nhiệt độ.....	45
3.6.2 Cảm biến độ ẩm.....	46
3.6.3 SSR - Solid State Relay.....	47
3.6.4 Aptomat.....	48
3.6.5 Nguồn tổ ong 24V-10A	49
3.6.6 Relay trung gian	49
3.7 Tổng quan về PLC S7-1200	50
3.7.1 Thành phần PLC S7-1200	51
3.7.2 Các bảng tín hiệu.....	53
3.8 Các Module truyền thông	54
3.9 Sơ đồ kết nối thiết bị.....	55
3.9.1 Sơ đồ đấu dây mạch động lực của hệ thống.....	55
3.9.2 Sơ đồ đấu dây PLC.....	56
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN.....	51
4.1 Giới thiệu về WinCC.....	57
4.2 Tổng quan về phần mềm visual studio	58

4.3 Tổng quan về TIA Portal	60
4.3.1 Kết nối qua giao thức TCP/IP	60
4.3.2 Cách tạo một project	60
4.3.3 TAG của PLC / TAG local	63
4.3.4 Làm việc với một trạm PLC Quy định địa chỉ IP cho module CPU	65
4.4 Tổng quan về ai nhận dạng trong điều khiển	68
4.5 Lập trình mô phỏng hệ thống	69
4.5.1 Khởi tạo các biến và đối tượng	69
4.5.2 Khởi tạo giao diện người dùng	70
4.5.3 Bắt đầu và dừng quá trình sấy	70
4.5.4 Cập nhật dữ liệu mỗi giây	70
4.5.5 Dừng và lưu dữ liệu	70
4.5.6 Class LogData	70
4.5.7 Vấn đề trong mã	70
4.5.8 Mô phỏng hệ thống	66
TÀI LIỆU THAM KHẢO	80
PHỤ LỤC	81

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Công nghệ sấy khô hoa quả hiện đại	8
Hình 1.2 Công nghệ sấy trong nước	9
Hình 1.3 Công nghệ sấy hộ gia đình	10
Hình 1.4 Công nghệ sấy xoài đặc sản Nha Trang	11
Hình 1.5 Máy sấy khô có thể sấy đa dạng các loại nguyên liệu.....	12
Hình 1.6 Mít sấy bằng công nghệ nhiệt gió thường được sấy để phục vụ mô hình sản xuất nhỏ.	13
Hình 1.7 Sầu riêng sấy khô bằng công nghệ sấy thăng hoa mang lại chất lượng vượt trội	14
Hình 1.8 Hoa quả sấy bơm nhiệt thường là các loại chứa nhiều nước và đường cao như xoài	15
Hình 1.9 Hoa quả sấy chân không thường là các loại cao cấp như dâu tây	16
Hình 1.10 Hoa quả sấy lạnh thường là các loại nhạy cảm với nhiệt cao hoặc chứa thành phần dễ caramel hóa như vải, nhãn,... ..	16
Hình 1.11 Công nghệ sấy khô nóng dùng cho sấy khô hoa quả, nông sản, thịt, hải sản, món ăn, dược liệu	17
Hình 1.12 Cấu tạo máy sấy thực phẩm.....	18
Hình 1.13 Nguyên lý hoạt động của máy sấy nóng.....	19
Hình 1.14 Cấu trúc đề tài.....	20
Hình 2.2 Máy sấy khô hoa quả mini.....	23
Hình 2.3 Sơ đồ công nghệ lò sấy hoa quả	25
Hình 2.4 Quy trình công nghệ	27
Hình 2.5 Lưu đồ thuật toán hệ thống.....	29
Hình 3.1 Công thức tính toán PID.....	34
Hình 3.2 Mô tả hiệu chỉnh Kp	36
Hình 3.3 Mô tả hiệu chỉnh Ki	37
Hình 3.4 Mô tả hiệu chỉnh Kd	37
Hình 3.5 Phương pháp Logic mờ	39
Hình 3.6 Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển logic mờ.....	40
Hình 3.7 Xử lý ảnh	41
Hình 3.8 Thư viện OpenCV	42
Hình 3.9 Điện trở gia nhiệt 220V – 1500W	44

Hình 3.10 Cảm biến nhiệt độ PT100	45
Hình 3.12 Relay TRT –60 LA	47
Hình 3.13 Aptomat	48
Hình 3.14 Nguồn tổ ong	49
Hình 3.15 Relay trung gian	50
Hình 3.16 PLC S7-1200	51
Hình 3.17 Các bảng tín hiệu của PLC S7-1200.	53
Hình 3.18 Các module truyền thông của PLC S7-1200	54
Hình 3.19 Sơ đồ đấu dây CPU 1214C DC/DC/DC	54
Hình 3.20 Sơ đồ mạch động lực hệ thống	55
Hình 3.21 Sơ đồ đấu dây PLC	56
Hình 4.1 Giao diện Wincc	57
Hình 4.2 Phần mềm visual Studio	59
Hình 4.3 AI xử lý ảnh nhận diện đối tượng.....	68
Hình 4.4 Mô phỏng hệ thống lò sấy PID.....	71
Hình 4.5 Giám sát lò sấy mô phỏng trên ứng dụng Visual Studio.....	75
Hình 4.6 Giao diện mô phỏng hoàn chỉnh.....	76

MỞ ĐẦU

Trong ngành công nghiệp chế biến thực phẩm, việc sấy khô trái cây là một quy trình quan trọng để bảo quản và gia tăng giá trị sản phẩm. Tuy nhiên, quá trình này đòi hỏi phải kiểm soát chính xác nhiệt độ và thời gian sấy để đảm bảo chất lượng trái cây sau khi chế biến. Lò sấy trái cây thường gặp phải vấn đề về sự dao động nhiệt độ, dẫn đến hiệu quả sấy không ổn định và chất lượng sản phẩm không đồng đều. Chính vì vậy, việc nghiên cứu và áp dụng các phương pháp điều khiển nhiệt độ tự động, đặc biệt là bộ điều khiển PID (Proportional-Integral-Derivative), sẽ giúp nâng cao hiệu quả và chất lượng quá trình sấy.

1. Mục tiêu đề tài:

Mục tiêu chính của đề tài là Thiết kế hệ thống sấy khô hoa quả ứng dụng bộ điều khiển thích nghi và xử lý ảnh, nhằm duy trì nhiệt độ ổn định trong suốt quá trình sấy. Cụ thể, hệ thống sẽ đảm bảo rằng nhiệt độ trong lò không vượt quá giới hạn cho phép, đồng thời phản ứng nhanh với các thay đổi nhiệt độ để giữ cho quá trình sấy hiệu quả và chính xác.

2. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu:

Đề tài tập trung vào việc nghiên cứu và ứng dụng bộ điều khiển PID trong việc điều chỉnh nhiệt độ cho lò sấy trái cây. Các đối tượng nghiên cứu bao gồm:

Các cảm biến nhiệt độ và yếu tố ảnh hưởng đến việc đo nhiệt độ trong lò sấy.

Các mô hình và phương pháp tối ưu hóa bộ điều khiển PID để điều khiển nhiệt độ trong lò sấy.

Các yếu tố liên quan đến hiệu suất sấy và chất lượng trái cây sau khi sấy.

3. Phương pháp nghiên cứu:

Để đạt được mục tiêu trên, phương pháp nghiên cứu của đề tài bao gồm:

Phương pháp lý thuyết: Nghiên cứu các lý thuyết về bộ điều khiển PID, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy trái cây, và các phương pháp tối ưu hóa thông số bộ điều khiển.

Phương pháp thực nghiệm: Tiến hành lắp đặt và thử nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt độ với bộ điều khiển PID trong môi trường lò sấy. Sử dụng các cảm biến nhiệt độ để theo dõi và điều chỉnh nhiệt độ, đồng thời ghi nhận các kết quả thực tế về hiệu quả sấy và chất lượng sản phẩm.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Phương pháp phân tích số liệu: Đánh giá hiệu quả của hệ thống điều khiển PID thông qua các chỉ số như độ ổn định nhiệt độ, độ chính xác của hệ thống và chất lượng trái cây sau khi sấy.

4. Nội dung đề tài

Đề tài được trình bày qua những nội dung chính sau:

Chương 1: Tổng quan đề tài

Chương 2: Nghiên cứu và thiết kế hệ thống sấy khô hoa quả ứng dụng bộ điều khiển thích nghi và xử lý ảnh.

Chương 3: Cơ sở lý thuyết điều khiển và tính chọn thiết bị

Chương 4: Thiết kế và thi công hệ thống mô phỏng

Chương 5: Kết luận và hướng phát triển

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

1.1 Tổng quan về đề tài

1.1.1 Thị trường quốc tế

Trên thế giới, nhu cầu về thực phẩm chế biến sẵn, đặc biệt là hoa quả sấy khô, đang tăng nhanh. Theo các báo cáo từ các tổ chức nghiên cứu thị trường, ngành thực phẩm chế biến sẵn tại các quốc gia phát triển như Mỹ, Nhật Bản và các quốc gia châu Âu như Đức và Anh đang trải qua giai đoạn tăng trưởng mạnh. Tại những quốc gia này, hoa quả sấy khô không chỉ được tiêu thụ trong nước mà còn xuất khẩu ra các thị trường khác như Trung Đông, châu Á và Bắc Mỹ.



Hình 1.1 Công nghệ sấy khô hoa quả hiện đại

Công nghệ sấy hiện đại đang dần thay thế các phương pháp sấy truyền thống tại các nhà máy lớn, nhằm tối ưu hóa quá trình sản xuất và giảm thiểu năng lượng tiêu thụ. Hệ thống sấy khô hoa quả sử dụng công nghệ điều khiển thích nghi và xử lý ảnh đã bắt đầu được các doanh nghiệp lớn tại Mỹ, Nhật Bản, và Trung Quốc ứng dụng trong quy

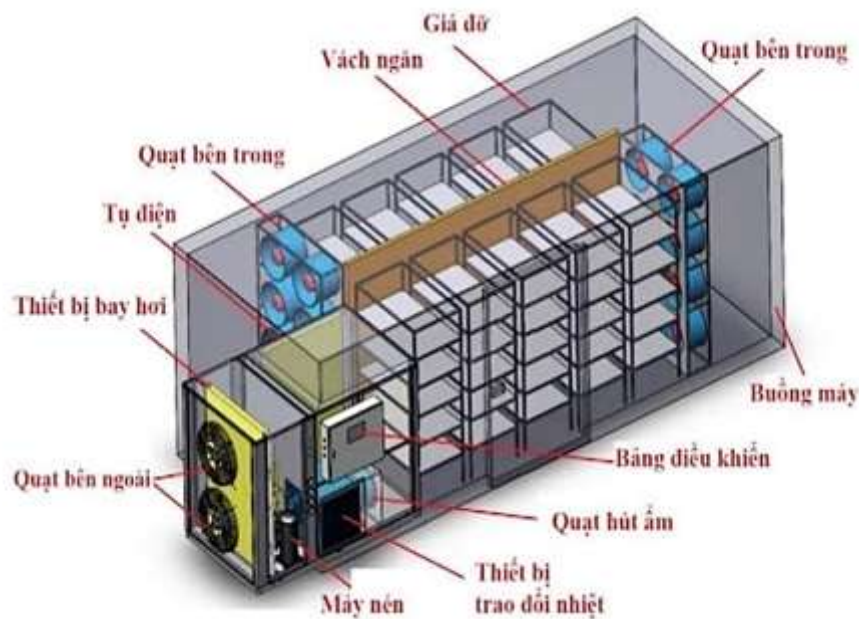
Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

trình sản xuất. Các công nghệ này giúp kiểm soát quá trình sấy khô chính xác, nâng cao chất lượng sản phẩm và giảm thời gian sấy.

Một trong những xu hướng lớn hiện nay là việc tích hợp công nghệ AI và hệ thống cảm biến vào quá trình sấy. Các hệ thống này có thể tự động điều chỉnh các tham số như nhiệt độ, độ ẩm và thời gian sấy phù hợp với từng loại hoa quả, giúp tăng hiệu quả và giảm thiểu chất thải thực phẩm.

1.1.2 Thị trường trong nước

Tại Việt Nam, ngành chế biến hoa quả sấy đang dần phát triển, với các sản phẩm chủ lực như chuối sấy, dứa sấy, thanh long sấy và mít sấy được tiêu thụ mạnh cả trong nước và xuất khẩu. Việt Nam có lợi thế về nguồn nguyên liệu phong phú và chi phí lao động thấp, giúp các doanh nghiệp trong ngành chế biến thực phẩm tận dụng tốt để phát triển sản phẩm. Tuy nhiên, việc sử dụng công nghệ sấy hiện đại trong ngành chế biến hoa quả sấy tại Việt Nam vẫn còn khá hạn chế. Các cơ sở chế biến vẫn chủ yếu sử dụng phương pháp sấy thủ công hoặc các máy sấy truyền thống, dẫn đến việc tiêu thụ năng lượng cao và chất lượng sản phẩm chưa ổn định.



Hình 1.2 Công nghệ sấy trong nước

Các doanh nghiệp lớn trong nước đã nhận ra sự quan trọng của việc nâng cao chất lượng và hiệu quả sản xuất để đáp ứng nhu cầu xuất khẩu ngày càng cao. Chính vì vậy, việc cải tiến công nghệ sấy và áp dụng các hệ thống tự động hóa, xử lý ảnh và điều khiển thích nghi là vấn đề cấp bách và có tiềm năng phát triển mạnh mẽ trong ngành chế biến hoa quả sấy tại Việt Nam.

1.2 Công nghệ sấy hoa quả trong công nghiệp

1.2.1 Công nghệ sấy hoa quả trong công nghiệp

Đối với nhóm khách hàng gia đình, nhu cầu sấy hoa quả tại nhà ngày càng phổ biến, đặc biệt là với các gia đình có xu hướng sử dụng thực phẩm sạch, an toàn và tự làm. Các thiết bị sấy dành cho gia đình thường có công suất nhỏ, giá thành hợp lý, dễ sử dụng và bảo trì. Phần lớn, các thiết bị này sử dụng công nghệ sấy đối lưu (sử dụng quạt gió để thổi không khí nóng qua hoa quả) hoặc sấy bức xạ nhiệt. Tuy nhiên, những công nghệ này không thể duy trì được chất lượng sản phẩm cao và khó có thể kiểm soát được độ ẩm và nhiệt độ chính xác như trong các hệ thống công nghiệp.



Hình 1.3 Công nghệ sấy hộ gia đình

Điều quan trọng đối với các hệ thống sấy gia đình là tiết kiệm năng lượng và chi phí đầu tư thấp. Các hệ thống này cần phải dễ dàng vận hành và có khả năng sấy được một lượng nhỏ hoa quả trong thời gian hợp lý mà không làm mất chất dinh dưỡng của sản phẩm.

Đối với các doanh nghiệp chế biến hoa quả sấy quy mô công nghiệp yêu cầu các hệ thống sấy có công suất lớn, khả năng tự động hóa cao, và khả năng duy trì chất lượng sản phẩm ổn định trong suốt quá trình sản xuất. Các hệ thống này phải có khả năng xử lý khối lượng lớn nguyên liệu trong thời gian ngắn, giảm thiểu thất thoát và tối ưu hóa năng lượng.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Hệ thống sấy công nghiệp sử dụng các công nghệ tiên tiến như điều khiển thích nghi và xử lý ảnh để cải thiện hiệu quả sấy. Bộ điều khiển thích nghi có khả năng tự động điều chỉnh các thông số như nhiệt độ, độ ẩm, và thời gian sấy tùy thuộc vào loại hoa quả, đảm bảo hoa quả được sấy khô mà vẫn giữ được hương vị, màu sắc và dinh dưỡng tốt nhất.

Công nghệ xử lý ảnh cũng rất quan trọng trong việc giám sát và phân loại hoa quả trong suốt quá trình sấy. Việc này giúp phát hiện và loại bỏ các hoa quả không đạt yêu cầu, đồng thời giúp cải thiện chất lượng của sản phẩm cuối cùng.



Hình 1.4 Công nghệ sấy xoài đặc sản Nha Trang

1.2.2 Ưu điểm và quy trình sử dụng của máy sấy khô thông thường

Máy sấy khô đã dần trở thành thiết bị phổ biến nhờ vào những ưu điểm vượt trội so với phương pháp sấy thủ công, bao gồm:

1.2.2.1 Bảo toàn chất lượng thực phẩm

Máy sấy khô giúp giữ nguyên hương vị và màu sắc của nguyên liệu, đảm bảo chất lượng sản phẩm không bị biến đổi quá nhiều so với thực phẩm tươi.

1.2.2.2 Thời gian sấy nhanh chóng

Với nhiệt độ sấy có thể lên đến 180°C , máy sấy khô giúp tăng tốc quá trình thoát nước, rút ngắn thời gian sấy.

1.2.2.3 Sấy khô với khối lượng lớn

Thiết kế của máy sấy khô cho phép sấy số lượng lớn nguyên liệu cùng lúc, phù hợp với quy mô công nghiệp. Tùy thuộc vào kích thước và loại máy, công suất sấy có thể dao động từ 500 – 1000 kg thực phẩm mỗi mẻ.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

1.2.2.4 Đa dạng loại nguyên liệu sấy

Nhờ thiết kế linh hoạt, máy sấy khô có thể sấy được nhiều loại thực phẩm khác nhau như hoa quả, rau củ, các loại hạt, thịt cá,...

1.2.2.5 Tiết kiệm điện năng và chi phí

Với công nghệ hiện đại, máy sấy khô giúp tối ưu điện năng tiêu thụ và giảm chi phí vận hành.



Hình 1.5 Máy sấy khô có thể sấy đa dạng các loại nguyên liệu

- Nguyên lý hoạt động của máy sấy khô:

Máy sấy khô hoạt động dựa trên nguyên lý đối lưu hơi nóng liên tục. Trong quá trình sấy, không khí nóng sẽ lưu thông đều khắp buồng sấy nhờ vào các lỗ thông gió. Đồng thời, không khí từ bên ngoài được hút vào qua buồng đốt để làm nóng và sau đó được thổi đều vào tủ sấy. Hơi nước bốc ra từ nguyên liệu sẽ được quạt hút ra ngoài, giúp sản phẩm khô nhanh mà không làm mất chất lượng.

Quy trình sử dụng máy sấy khô bao gồm:

- Rửa sạch nguyên liệu, loại bỏ hạt, vỏ hoặc cắt lát theo yêu cầu.
- Xếp nguyên liệu đã sơ chế lên các khay lưới và đưa vào buồng sấy.
- Đóng nắp buồng sấy, cài đặt thời gian và nhiệt độ phù hợp, sau đó bật máy.
- Chờ đến khi kết thúc thời gian sấy, lấy sản phẩm ra và bảo quản.

Các loại nguyên liệu có thể sấy bằng máy sấy khô

- Trái cây: Dùng để làm mứt hoặc hoa quả sấy như dưa, táo, kiwi,...
- Nông sản: Khoai lang, khoai tây, các loại rau củ khác.
- Thực phẩm tươi sống: Các loại thịt như thịt gà, thịt lợn, cá, tôm,...
- Lưu ý khi sử dụng máy sấy khô
- Để trái cây có lát thái đều và đẹp, nên sử dụng máy cắt rau củ quả chuyên dụng trước khi sấy.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

- Đảm bảo cài đặt đúng nhiệt độ và thời gian sấy cho từng loại nguyên liệu để đảm bảo chất lượng thành phẩm tốt nhất.

Máy sấy khô là một giải pháp hữu hiệu giúp bảo quản và chế biến thực phẩm, đồng thời tối ưu hóa thời gian và chi phí sản xuất cho các doanh nghiệp.

1.3 Một số ưu điểm và nhược điểm của các loại máy sấy khô hiện nay

1.3.1 Công nghệ sấy nhiệt gió



Hình 1.6 Mít sấy bằng công nghệ nhiệt gió thường được sấy để phục vụ mô hình sản xuất nhỏ.

Công nghệ sấy nhiệt gió hoạt động bằng cách tuần hoàn khí nóng quanh nguyên liệu để làm khô chúng.

Ưu điểm:

- Chi phí đầu tư thấp nhất trong các công nghệ sấy hiện nay.
- Thời gian sấy nhanh hơn so với phương pháp phơi khô tự nhiên.
- Khả năng lên nhiệt độ cao, đẩy nhanh quá trình thoát nước.

Nhược điểm:

- Do nguyên liệu tiếp xúc trực tiếp với nhiệt độ cao nên màu sắc và hương vị có thể bị biến đổi, làm giảm chất lượng sản phẩm.

- Tiêu hao nhiệt lượng lớn, gây tổn kém nhiên liệu và dễ gây ô nhiễm môi trường do khí thải.

- Ứng dụng:

Công nghệ này phù hợp cho những mô hình sản xuất nhỏ như hộ gia đình hoặc trang trại. Thường được sử dụng để sấy các loại trái cây như chuối, mít, khoai lang, ớt,... tuy nhiên chất lượng thành phẩm không cao.

1.3.2 Công nghệ sấy thăng hoa



Hình 1.7 Sầu riêng sấy khô bằng công nghệ sấy thăng hoa mang lại chất lượng vượt trội

Ưu điểm:

- Giữ được đến 96% hàm lượng dinh dưỡng và đảm bảo màu sắc, hương vị của nguyên liệu.

- Độ ẩm thành phẩm đầu ra đạt chuẩn 3% và độ khô đồng đều.

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư rất cao, một máy sấy thăng hoa công suất 100kg có thể lên đến 1 tỷ đồng.

- Quá trình sấy kéo dài do phải cấp đông nguyên liệu trước khi sấy, tiêu hao nhiều điện năng.

Ứng dụng:

Thích hợp cho các doanh nghiệp lớn muốn đảm bảo chất lượng sản phẩm cao như sầu riêng, bơ, kiwi. Sản phẩm sấy thăng hoa thường được bán với giá trị cao trên thị trường.

1.3.3 Công nghệ sấy bơm nhiệt

Sấy bơm nhiệt sử dụng nguyên lý bơm nhiệt để lấy nhiệt từ môi trường thay vì đốt cháy nhiên liệu trực tiếp.

SASAKI
SASAKI SAKI SAKI SAKI SAKI



Hình 1.8 Hoa quả sấy bơm nhiệt thường là các loại chứa nhiều nước và đường cao như xoài

Ưu điểm:

- Sản phẩm sấy giữ màu sắc đẹp và bảo toàn được hàm lượng dinh dưỡng.
- Tiết kiệm đến 50% năng lượng so với công nghệ sấy nhiệt gió nhờ vào việc sử dụng hệ thống bơm nhiệt.

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư cao hơn từ 30-40% so với sấy nhiệt gió cùng công suất.
- Độ khô của sản phẩm không đồng đều do hệ thống bơm nhiệt có thể không phân phối đủ nhiệt cho toàn bộ nguyên liệu.

- Ứng dụng:

Phù hợp với các cơ sở chế biến vừa và nhỏ. Thường được dùng để sấy dẻo hoặc sấy 1 nắng cho các loại hoa quả có hàm lượng nước và đường cao như xoài, mít, nhãn.

1.3.4 Công nghệ sấy chân không

Công nghệ này sử dụng môi trường chân không để làm khô nguyên liệu, giúp duy trì gần như nguyên vẹn các đặc tính của sản phẩm.



Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Hình 1.9 Hoa quả sấy chân không thường là các loại cao cấp như dâu tây

Ưu điểm:

- Sản phẩm sau khi sấy giữ nguyên hương vị, màu sắc và đảm bảo an toàn vệ sinh thực phẩm.

- Thời gian sấy nhanh hơn so với sấy thăng hoa nhưng vẫn đảm bảo độ ẩm đồng đều từ 1-3%.

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư cao, kích thước máy lớn và cồng kềnh, gây khó khăn cho việc lắp đặt và bảo trì.

- Không sấy được đa dạng các chủng loại, chỉ thích hợp với sấy giòn.

Ứng dụng:

Thích hợp cho các doanh nghiệp lớn, yêu cầu cao về chất lượng sản phẩm. Công nghệ này thường được sử dụng cho các loại trái cây cao cấp như dâu tây, để bị oxy hóa và cần bảo toàn đặc trưng lý tính của nguyên liệu.

1.3.5 Công nghệ sấy lạnh

Công nghệ sấy lạnh sử dụng không khí lạnh để làm khô nguyên liệu một cách nhanh chóng, phù hợp với hầu hết các loại hoa quả.



Hình 1.10 Hoa quả sấy lạnh thường là các loại nhạy cảm với nhiệt cao hoặc chứa thành phần dễ caramel hóa như vải, nhãn,...

Ưu điểm:

- Giữ được màu sắc tự nhiên của hoa quả tốt hơn so với sấy nhiệt độ cao.

- Thành phẩm đa dạng, có thể sấy khô, sấy dẻo hoặc sấy 1 nắng.

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư cao hơn so với sấy bơm nhiệt và sấy nhiệt gió.

Ứng dụng:

Phù hợp với mọi quy mô sản xuất, từ nhỏ đến lớn. Thường dùng để sấy những loại trái cây nhạy cảm với nhiệt độ cao hoặc có thành phần dễ bị caramel hóa như vải, nhãn, chuối,...

1.3.6 Công nghệ sấy nóng

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Sấy nóng là phương pháp sử dụng không khí nóng (từ 30 - 100 độ C) để làm bay hơi nước trong thực phẩm nhờ đó thực phẩm được làm khô nhanh chóng. Đây là phương pháp sấy khô thực phẩm được ứng dụng phổ biến nhất hiện nay, giúp giữ lại hàm lượng dinh dưỡng cao nhất và ngăn chặn sự phát triển của vi khuẩn, nấm mốc.



Hình 1.11 Công nghệ sấy khô nóng dùng cho sấy khô hoa quả, nông sản, thịt, hải sản, món ăn, dược liệu

Ưu điểm:

- Phần lớn nhiệt được tuần hoàn liên tục trong hệ thống sấy với hiệu suất cao nhưng vẫn đảm bảo được vấn đề tiết kiệm nhiệt năng và nhiên liệu
- Máy tận dụng tốt tác dụng thông gió cưỡng bức. Bên trong có bố trí vách ngăn gió có thể điều chỉnh được nhiệt nên nguyên liệu khi đưa vào máy sấy tuần hoàn khí nóng được sấy khô đều
- Tiếng ồn khi vận hành nhỏ nên không ảnh hưởng đến môi trường xung quanh
- Cấu tạo đơn giản nên chi phí sửa chữa bảo hành thấp, giúp tiết kiệm chi phí
- Tiết kiệm chi phí đầu tư so với phương pháp sấy lạnh

Nhược điểm:

- Vì sấy ở nhiệt độ cao nên thành phẩm sau sấy dễ bị co ngót, biến dạng, lượng vitamin trong sản phẩm cũng bị hao hụt, không giữ được màu sắc tự nhiên vốn có của sản phẩm sấy.
- Thải ra nhiệt độ cao kém thân thiện với môi trường: máy sấy nóng thường có công suất lớn, nhiệt độ sấy cao nên thường xả khí thải và nhiệt ra ngoài cao

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

- Chỉ thích hợp để sấy khô thực phẩm hoàn toàn: do dải nhiệt độ sấy khá cao, dao động từ 30 - 100 độ C nên chỉ thích hợp sấy khô thực phẩm hoàn toàn và giá trị kinh tế của sản phẩm sau khi sấy này cũng không cao bằng những phương pháp sấy khác.

1.4 Lựa chọn công nghệ sấy cho đề tài:

- Qua ưu nhược điểm của các công nghệ sấy hiện nay, nhóm chúng em **lựa chọn công nghệ sấy nóng** cho dự án

1.4.1 Cấu tạo:

+ Buồng sấy: được làm bằng inox cao cấp giúp chịu được nhiệt độ cao. Buồng sấy được thiết kế kín để tránh thoát nhiệt trong quá trình sấy, từ đó tiết kiệm tối đa điện năng.

+ Khay sấy: được làm bằng inox không gỉ cao cấp. Khay sấy có rất nhiều kiểu dáng và kích thước để phù hợp với từng loại thực phẩm.

+ Quạt đối lưu: có tác dụng hút nước và độ ẩm ra ngoài, giúp hơi nóng tuần hoàn liên tục bên trong khoang sấy.

+ Bộ trao đổi nhiệt: được đặt bên ngoài buồng sấy nhằm giúp thực phẩm không bị nhiễm khói, đạt tiêu chuẩn an toàn vệ sinh.

+ Đồng hồ nhiệt: dùng để đo nhiệt bên trong buồng sấy và giúp người dùng theo dõi được nhiệt độ trong suốt quá trình sấy.

+ Van cấp phối: có chức năng điều chỉnh tỷ lệ sấy khô nguyên liệu trong 1 m³ không khí.



Hình 1.12 Cấu tạo máy sấy thực phẩm

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

1.4.2 Các giai đoạn và nguyên lý hoạt động:

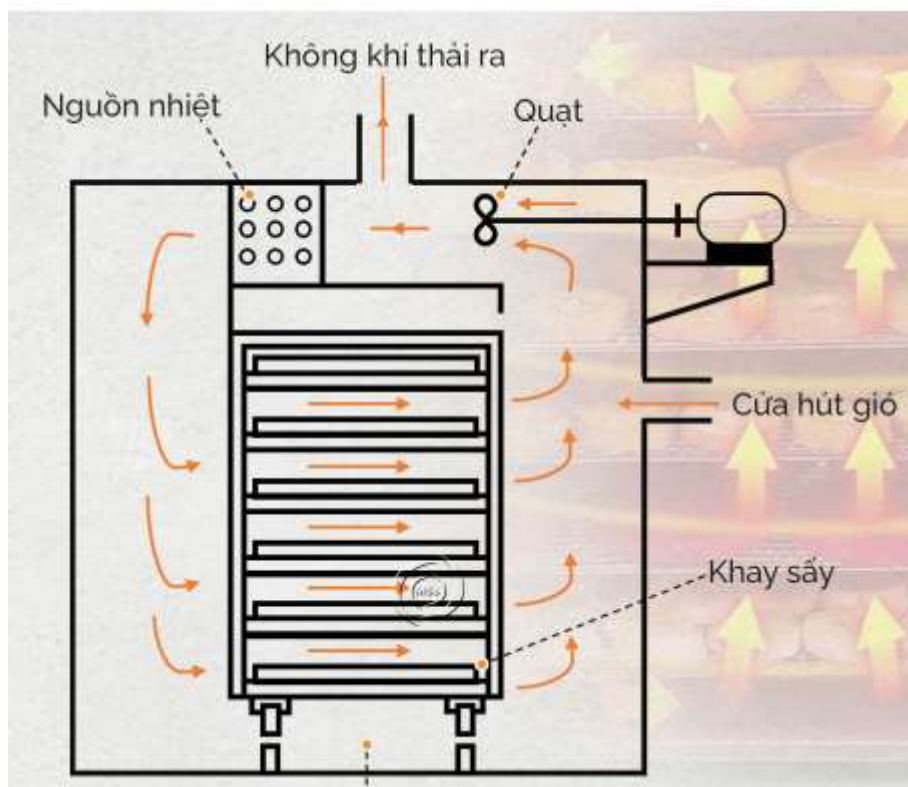
Nguyên lý hoạt động của máy sấy nóng dựa vào sự chuyển động tuần hoàn của luồng không khí nóng do quạt gió thổi vào buồng sấy để làm khô thực phẩm. Cụ thể, bằng cách tăng nhiệt độ bên trong buồng sấy giúp nước bên trong thực phẩm bốc hơi nhanh hơn từ đó sản phẩm được làm khô nhanh chóng. Sấy ở nhiệt độ càng thấp sẽ giữ màu, hương vị và chất dinh dưỡng của thực phẩm càng tốt.

Quá trình sấy nóng sẽ trải qua 2 giai đoạn chính đó là sấy từ dưới lên và sấy từ trên xuống

Giai đoạn 1: Sấy từ dưới lên

Không khí từ bên ngoài được hút vào trong buồng sấy kết hợp với lượng nhiệt tỏa ra giúp không khí bên trong buồng đạt đến nhiệt độ đã cài đặt. Người dùng có thể kiểm tra nhiệt độ thông qua đồng hồ nhiệt để kịp thời điều chỉnh sao cho phù hợp với loại thực phẩm cần sấy.

Lúc này, quạt gió sẽ đưa dòng khí đối lưu vào buồng sấy theo hướng từ dưới lên thông qua các khay sấy giúp bốc hơi nước trong sản phẩm. Dòng khí đối lưu này sẽ mang hơi nước thoát ra ngoài.



Hình 1.13 Nguyên lý hoạt động của máy sấy nóng

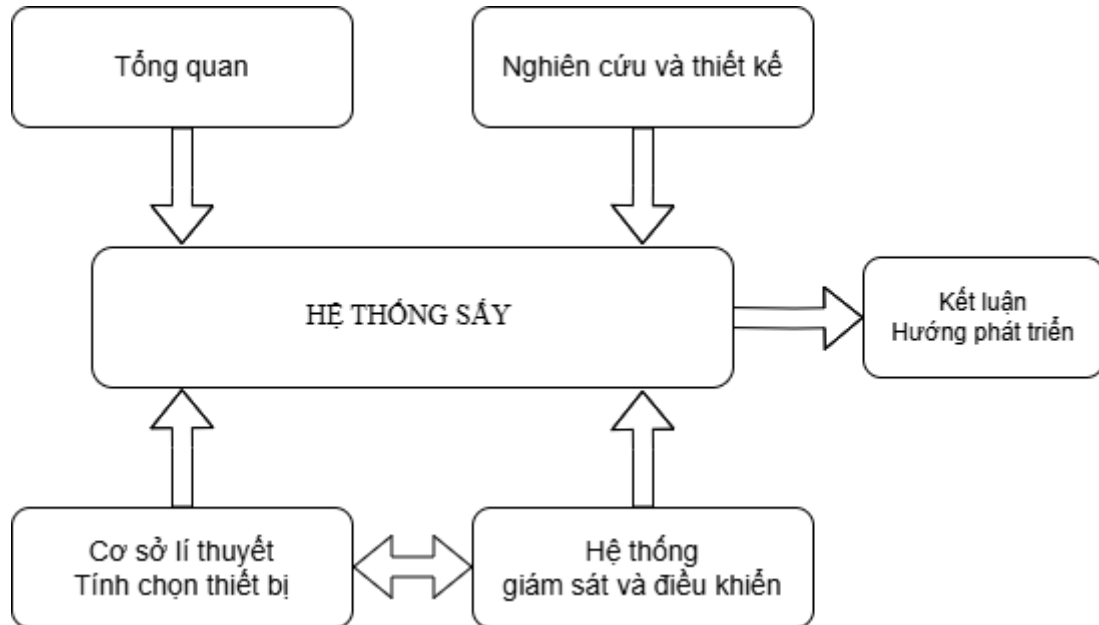
Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Giai đoạn 2: Sấy từ trên xuống

Sau khi sấy từ dưới lên, khí nóng sẽ thổi từ trên xuống thông qua các khay sấy giúp làm khô bề mặt sản phẩm cần sấy.

Quá trình này sẽ diễn ra liên tục tuần hoàn giúp thực phẩm được làm khô nhanh hơn, đồng thời vẫn giữ được màu sắc, hương vị ban đầu.

1.5. Cấu trúc đề tài



Hình 1.14 Cấu trúc đề tài

CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG SẤY KHÔ HOA QUẢ ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI VÀ XỬ LÝ ẢNH

<i>Yêu cầu của đề tài</i>	22
<i>Những khó khăn và giải pháp của đề tài</i>	24
<i>Sơ đồ công nghệ của hệ thống</i>	26
<i>Thuật toán điều khiển của hệ thống</i>	30

2.1 Yêu cầu của đề tài

Hệ thống sấy hoa quả và thịt là một công nghệ quan trọng trong ngành chế biến thực phẩm, đặc biệt trong bối cảnh nhu cầu bảo quản thực phẩm lâu dài và tiêu thụ thực phẩm chế biến sẵn ngày càng gia tăng. Việc sử dụng các công nghệ sấy tiên tiến giúp nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm thiểu lãng phí và giữ nguyên giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Tuy nhiên, mỗi loại thực phẩm có đặc thù riêng về cấu trúc, hàm lượng nước, và yêu cầu nhiệt độ sấy khác nhau để đạt được chất lượng sản phẩm tối ưu.



Hình 2.1 Một số loại trái cây sấy khô

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Trong số đó, các loại trái cây như cam, nho, chuối và xoài được người tiêu dùng đặc biệt ưa chuộng nhờ giá trị dinh dưỡng cao, hương vị hấp dẫn và khả năng ứng dụng đa dạng trong chế biến thực phẩm.

- Cam: Là loại trái cây giàu vitamin C, có vị chua ngọt dễ chịu. Việc sấy cam giúp giữ được mùi thơm đặc trưng, đồng thời tạo ra sản phẩm lạ miệng, dễ bảo quản và sử dụng trong các món ăn vặt hoặc pha trà.
- Nho: Nho là nguyên liệu phổ biến để sản xuất nho khô – một sản phẩm đã có thị trường tiêu thụ ổn định. Nho sấy giữ lại vị ngọt tự nhiên, dễ bảo quản lâu dài và có thể sử dụng trực tiếp hoặc chế biến tiếp trong bánh kẹo.
- Chuối: Chuối là loại quả sẵn có quanh năm với giá thành rẻ, hàm lượng dinh dưỡng cao, đặc biệt là kali và chất xơ. Sản phẩm chuối sấy đã quen thuộc với người tiêu dùng và có khả năng mở rộng thị trường dễ dàng.
- Xoài: Xoài chín có hương vị ngọt thanh, thơm đặc trưng. Sản phẩm xoài sấy dẻo hoặc sấy giòn đang rất được ưa chuộng cả trong nước và xuất khẩu nhờ khả năng giữ được vị ngọt tự nhiên và màu sắc hấp dẫn sau khi sấy.

Từ những lý do trên, việc lựa chọn cam, nho, chuối và xoài làm đối tượng nghiên cứu trong đề tài sấy khô là hoàn toàn phù hợp với xu hướng thị trường, có tính thực tiễn cao và khả năng ứng dụng rộng rãi.

Tên loại quả	Độ ẩm (%)	Độ dày nông sản (mm)	Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (giờ)
Chuối	15-20	5	55-65	10
Xoài	15-17	5	60-70	6
Cam	13-15	5	55-65	12
Nho	15-18	10	50-60	15

Bảng 2.1 Thông số nhiệt độ và độ ẩm của 1 số loại trái cây sấy

Máy sấy với công suất nhỏ, dễ sử dụng, phục vụ cho việc chế biến số lượng ít từ 2-5 kg hoa quả hoặc thịt mỗi lần sấy. Máy sấy này cần thiết kế đơn giản, thuận tiện cho người dùng tại nhà.



Hình 2.2 Máy sấy khô hoa quả mini

Việc thiết kế một hệ thống sấy thông minh, kết hợp các công nghệ điều khiển nhiệt độ, độ ẩm và thời gian sấy phù hợp với từng loại quả và thịt là cần thiết để đạt được hiệu quả cao trong sản xuất, đảm bảo chất lượng sản phẩm và tiết kiệm năng lượng. Hệ thống sấy phải có khả năng tự động điều chỉnh các thông số để đáp ứng các yêu cầu khác nhau của từng loại thực phẩm, giúp tối ưu hóa quá trình chế biến và nâng cao giá trị dinh dưỡng của sản phẩm sấy.

2.2 Những khó khăn và phương pháp giải quyết của đề tài

Trong quá trình thiết kế và phát triển hệ thống sấy hoa quả và thịt, chúng ta gặp phải một số khó khăn như sau:

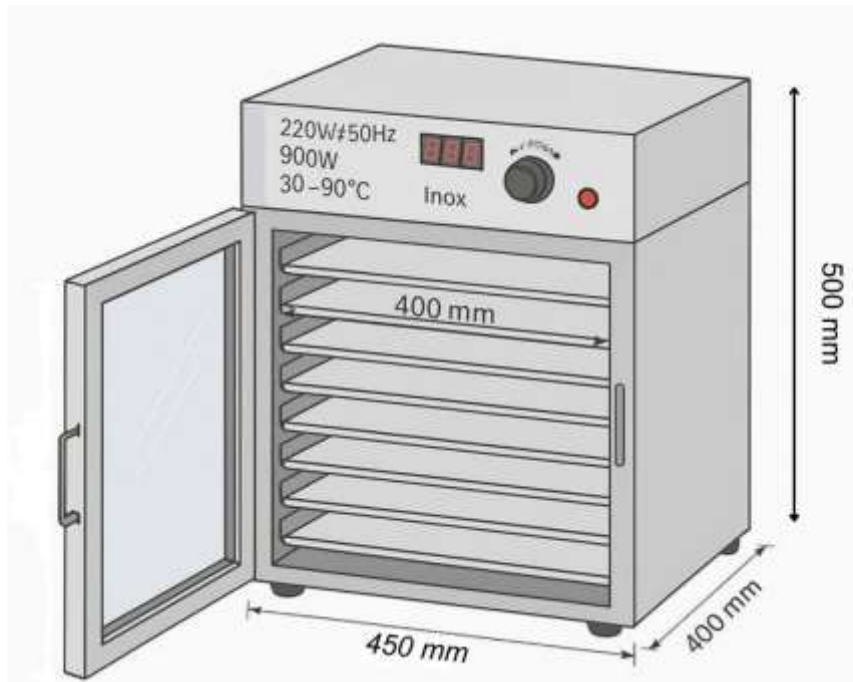
Bảng 2.3 Khó khăn và giải quyết đề tài

Khó khăn	Mô tả	Phương pháp giải quyết
1. Tích hợp điều khiển thích nghi vào quá trình sấy	Đòi hỏi kiến thức và khả năng lập trình chính xác, khó khăn điều chỉnh	<ul style="list-style-type: none"> - Tìm hiểu kỹ các thuật toán điều khiển thích nghi như PID tự hiệu chỉnh, Fuzzy Logic, LQG... - Mô phỏng trước bằng phần mềm MATLAB/Simulink để kiểm tra tính ổn định của hệ thống. - Tinh chỉnh hệ số điều khiển dựa vào phản hồi thời gian thực từ cảm biến nhiệt độ và độ ẩm.

<p>2. Thu thập và xử lý ảnh để đánh giá trạng thái hoa quả</p>	<p>Yêu cầu ánh sáng, góc nhìn, độ phân giải, màu sắc</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sử dụng OpenCV để xử lý ảnh cơ bản (lọc nhiễu, chuyển đổi không gian màu, trích đặc trưng màu sắc). - Sử dụng ánh sáng trắng ổn định và hậu cảnh đơn sắc để đảm bảo chất lượng ảnh. - Xây dựng ngưỡng đánh giá độ khô dựa trên cường độ màu hoặc áp dụng học máy (kNN, ONNX nếu có).
<p>3. Tính chọn thiết bị phần cứng phù hợp</p>	<p>Thiết bị phải vừa đảm bảo hiệu suất lại tiết kiệm chi phí. Khó khăn trong việc lựa chọn cảm biến, camera, vi điều khiển có khả năng xử lý cả ảnh và tín hiệu điều khiển.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Xác định tiêu chí chọn thiết bị: độ chính xác, tốc độ, khả năng tương thích, giá thành. - Lựa chọn các thiết bị phổ biến và có tài liệu hỗ trợ như: STM32, Raspberry Pi, cảm biến DHT22, camera OV7670. - Thử nghiệm trên từng thiết bị để đảm bảo đáp ứng yêu cầu hệ thống trước khi tích hợp.
<p>4. Kết nối và đồng bộ giữa các thành phần hệ thống</p>	<p>Tích hợp camera, cảm biến, bộ gia nhiệt, quạt và bộ điều khiển vào một hệ thống duy nhất yêu cầu lập trình và đồng bộ hóa tốt, tránh lỗi khi chạy thời gian thực.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Thiết kế sơ đồ nguyên lý hệ thống rõ ràng: nguồn – cảm biến – điều khiển – cơ cấu chấp hành – hiển thị. - Kiểm tra chức năng từng khối riêng biệt (test đơn lẻ sensor, camera, relay...) trước khi tích hợp. - Ưu tiên dùng các giao tiếp tiêu chuẩn I2C, SPI, UART để đảm bảo đồng bộ và tránh lỗi truyền dữ liệu.
<p>5. Thiết kế mô hình mô phỏng/thi công thực tế</p>	<p>Không gian giới hạn, điều kiện thử nghiệm không ổn định, môi trường dễ gây nhiễu làm ảnh hưởng đến quá trình kiểm thử.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình sấy thu nhỏ cần được thiết kế gọn gàng, có tính cách nhiệt để đảm bảo hiệu quả sấy. - Sử dụng vật liệu dễ kiếm như mica, gỗ, nhựa hoặc xốp cách nhiệt để thi công buồng sấy. - Tích hợp đầy đủ các thành phần: bộ gia nhiệt, cảm biến, quạt, khung đỡ camera, cửa quan sát.

<p>6. Thiếu dữ liệu chuẩn để đánh giá ảnh đầu ra</p>	<p>Không có nhiều tài liệu hoặc thư viện mẫu về hình ảnh “hoa quả đã khô đạt chuẩn” để làm chuẩn so sánh.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiến hành chụp và thu thập ảnh trong từng giai đoạn sấy khác nhau (tươi, đang khô, khô hoàn toàn). - Gán nhãn dữ liệu thủ công để tạo tập huấn luyện (nếu dùng AI hoặc phân loại tự động). - Tham khảo thêm thư viện dữ liệu mở từ các nguồn như Food101 hoặc các dự án trên Kaggle để đối chiếu.
--	---	---

2.3 Đề xuất thiết kế



Hình 2.3 Sơ đồ công nghệ lò sấy hoa quả

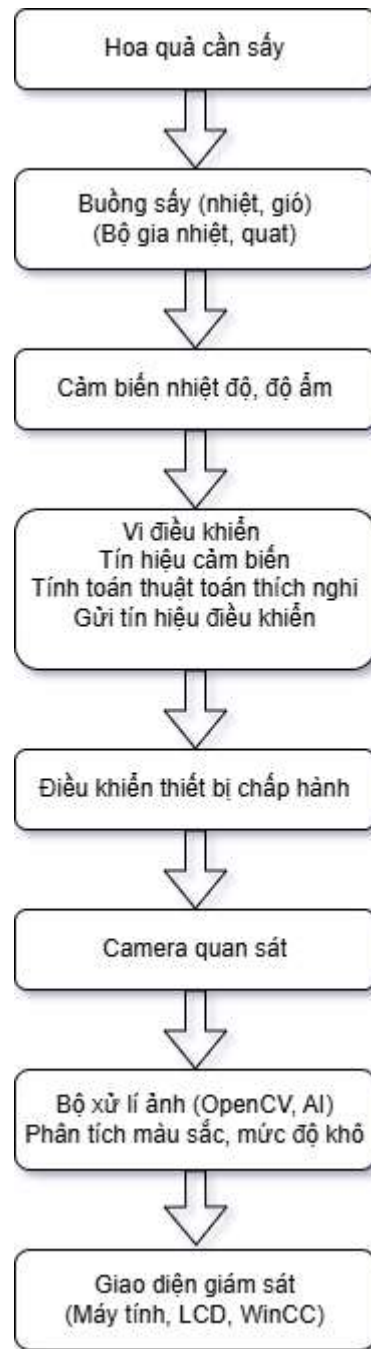
Bảng 2.2 Thông số kết cấu lò sấy

Thông số	Chi tiết
Kích thước tủ	500 x 450 x 400mm
Điện áp	220V/50Hz
Chất liệu chính	Inox
Công suất	900W

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Số khay	10
Khoảng cách các khay	30mm
Kích thước khay	400 x 300mm
Thời gian hẹn giờ	30 phút - 24 giờ
Nhiệt độ cài đặt	30 - 90 °C
Vỏ máy	2 0lốp

2.4 Quy trình công nghệ



Hình 2.4 Quy trình công nghệ

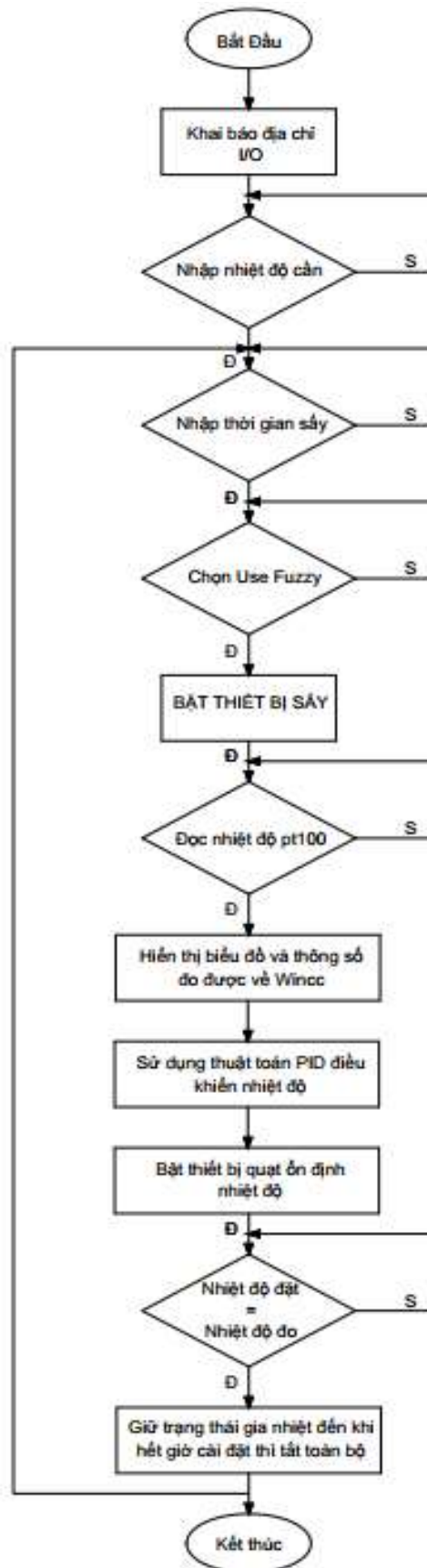
Giải thích:

1. **Hoa quả** được đặt vào **buồng sấy**.
2. **Cảm biến** liên tục đo nhiệt độ và độ ẩm bên trong buồng.
3. **Vi điều khiển** thu thập dữ liệu cảm biến và thực hiện điều khiển bằng thuật toán thích nghi.
4. Dựa vào dữ liệu, **vi điều khiển điều chỉnh quạt và bộ gia nhiệt**.
5. **Camera** giám sát hoa quả, chụp ảnh liên tục.
6. Hình ảnh được xử lý bằng **thuật toán xử lý ảnh** để đánh giá độ khô/màu sắc.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

7. Kết quả được hiển thị trên **giao diện giám sát** hoặc dùng để điều chỉnh lại tham số điều khiển (hệ điều khiển khép kín có tích hợp xử lý ảnh).
8. Khi hoa quả đạt độ khô mong muốn, hệ thống tự động ngắt gia nhiệt.

2.5 Lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thống



Hình 2.5 Lưu đồ thuật toán hệ thống

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Mô tả cách hoạt động của hệ thống:

- Sau khi kết nối tất các thiết bị chính xác với nhau, cấp điện cho mạch điều khiển, mạch động lực, PLC, PC. Sau đó khởi động PLC, Step 7 và Wincc lên.
- Trước khi chạy chương trình ta cần nhập nhiệt độ sấy cũng như thời gian sấy cho hệ thống.
- Nhấn START trên WINCC để hệ thống hoạt động.
- Nhấn STOP trên WINCC để dừng hệ thống hoặc hệ thống sẽ tự động dừng hoạt động khi thời gian sấy kết thúc.
- PLC đọc nhiệt độ trả về từ cảm biến thực hiện việc điều khiển nhiệt độ của hệ thống.
- PID phụ trách đưa ra lệnh điều khiển thông qua chân Output_Per của tập lệnh PID có điện áp 4-20mA tuyến tính.
- SSR nhận tín hiệu 4-20mA tuyến tính từ PLC điều khiển bộ phận gia nhiệt tương ứng với điện áp.

Phân tích lưu đồ hệ thống:

- Bắt đầu: Đây là bước khởi động hệ thống. Sau khi bắt đầu, hệ thống sẽ chuẩn bị các điều kiện cần thiết cho quá trình vận hành.
- Khai báo địa chỉ I/O: Hệ thống thực hiện khai báo địa chỉ I/O của các thiết bị như cảm biến, bộ điều khiển, bộ sưởi, và quạt. Mục tiêu là đảm bảo việc kết nối giữa phần mềm điều khiển và phần cứng được chính xác.
- Nhập nhiệt độ cần: Người vận hành nhập giá trị nhiệt độ mong muốn (nhiệt độ đặt). Đây là nhiệt độ tối ưu để thực hiện quá trình sấy.
- Nhập thời gian sấy: Người vận hành tiếp tục cài đặt thời gian sấy theo yêu cầu. Thời gian này phụ thuộc vào loại sản phẩm cần sấy và điều kiện môi trường.
- Lựa chọn chế độ điều khiển (Use Fuzzy): người dùng có thể chọn sử dụng thuật toán điều khiển mờ (Fuzzy Logic) để cải thiện hiệu quả điều khiển nhiệt độ. Nếu không chọn chế độ này, hệ thống sẽ sử dụng mặc định thuật toán PID.
- Bật thiết bị sấy: Sau khi hoàn tất cấu hình, hệ thống kích hoạt các thiết bị sấy như quạt, bộ sưởi, và cảm biến. Thiết bị sấy bắt đầu tăng nhiệt độ trong buồng sấy để đạt nhiệt độ đặt.
- Đọc nhiệt độ cảm biến PT100: Cảm biến PT100 được sử dụng để đo nhiệt độ thực tế bên trong buồng sấy và gửi tín hiệu về hệ thống điều khiển. Nhiệt độ đo này sẽ được so sánh với nhiệt độ đặt để thực hiện các điều chỉnh cần thiết.
- Hiển thị thông số và biểu đồ trên WinCC: Dữ liệu nhiệt độ và thời gian được hiển thị trên giao diện giám sát WinCC. Biểu đồ trực quan giúp người vận hành dễ dàng theo dõi quá trình sấy và đảm bảo rằng hệ thống hoạt động đúng theo cấu hình.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

- Sử dụng thuật toán PID điều khiển nhiệt độ: Thuật toán PID được áp dụng để điều chỉnh công suất bộ sưởi và quạt. PID giúp duy trì nhiệt độ ổn định trong buồng sấy với sai số tối thiểu. Các tham số điều khiển bao gồm:

- + P (Proportional): Điều chỉnh theo sai lệch hiện tại.
- + I (Integral): Điều chỉnh theo sai lệch tích lũy.
- + D (Derivative): Điều chỉnh theo tốc độ thay đổi của sai lệch.
- + Bộ thiết bị quạt để ổn định nhiệt độ
- + Quạt được kích hoạt nhằm đảm bảo luồng không khí nóng lưu thông đồng đều trong buồng sấy, tránh hiện tượng quá nhiệt cục bộ hoặc không đều.

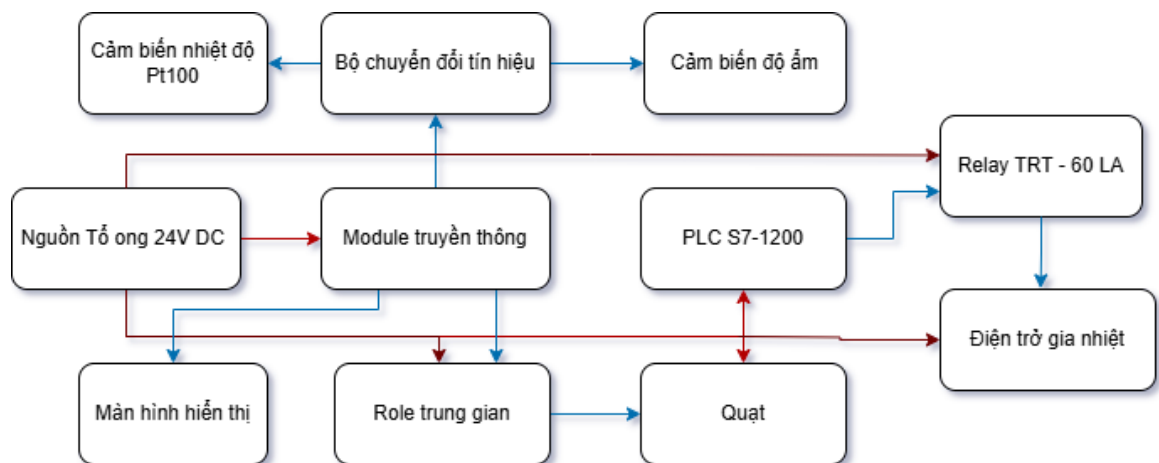
- So sánh nhiệt độ đặt và nhiệt độ đo: Hệ thống liên tục kiểm tra nhiệt độ đo được từ cảm biến và so sánh với nhiệt độ đặt. Nếu nhiệt độ đo thấp hơn nhiệt độ đặt, hệ thống sẽ tiếp tục gia nhiệt. Ngược lại, nếu nhiệt độ đo đã đạt yêu cầu, hệ thống sẽ duy trì trạng thái ổn định.

- Giữ trạng thái ổn định đến khi hết thời gian: Khi nhiệt độ đạt yêu cầu, hệ thống sẽ duy trì trạng thái ổn định cho đến khi hết thời gian sấy đã được cài đặt. Nếu thời gian kết thúc, hệ thống sẽ chuyển sang bước kế tiếp.

- Tắt toàn bộ hệ thống: Khi quá trình sấy hoàn tất (thời gian kết thúc), hệ thống tự động tắt toàn bộ thiết bị như bộ sưởi, quạt, và các cảm biến. Đây là bước kết thúc quy trình vận hành, đảm bảo an toàn và tiết kiệm năng lượng.

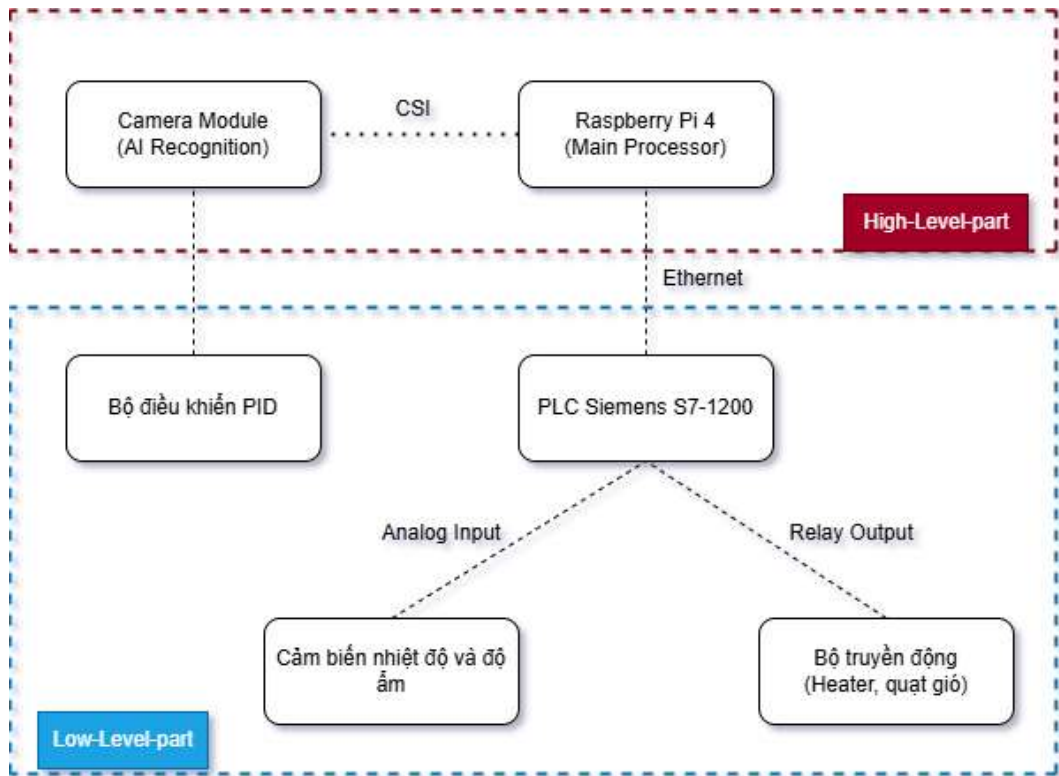
- Kết thúc: Hệ thống trở về trạng thái chờ, sẵn sàng cho chu trình sấy tiếp theo.

2.6 Sơ đồ kết nối thiết bị



Hình 2.6 Sơ đồ kết nối thiết bị

2.7 Sơ đồ phân tầng điều khiển



Hình 2.7 Sơ đồ phân tầng điều khiển

CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN VÀ TÍNH CHỌN THIẾT BỊ

Mô hình hoá lò sấy	28
Thiết kế bộ điều khiển PID	29
Thiết kế bộ điều khiển mờ	34
Ứng dụng AI	35
Xây dựng mô hình	38
Sơ đồ kết nối các thiết bị	50
Sơ đồ đấu dây	50
WinCC	52
Sơ đồ kết nối các thiết bị	24
Sơ đồ công nghệ của hệ thống	26
Thuật toán điều khiển của hệ thống	30

3.1. Mô hình lò sấy

3.1.1 Thông số cơ bản

Thể tích buồng sấy: $500 \times 450 \times 400\text{mm}$
 $V = 0.5 \times 0.45 \times 0.4 = 0.09 \text{ m}^3$
Khối lượng không khí trong buồng sấy
 $m_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \times V = 1.2 \times 0.09 = 0.108 \text{ kg}$
Nhiệt dung riêng không khí
 $C_p = 1005 \text{ J/kg.K}$

3.1.2 Mô hình truyền nhiệt

Cân bằng năng lượng trong lò sấy
 $Q_{\text{in}} - Q_{\text{loss}} = m_{\text{air}} \times c_p \times \frac{dT}{dt}$
Diện tích bề mặt truyền nhiệt
 $A = 2(0.5 \times 0.45 + 0.5 \times 0.4 + 0.45 \times 0.4) = 1.13 \text{ m}^2$
Phương trình truyền nhiệt
 $P_{\text{losay}} - U \times A \times (T - T_{\text{mt}}) = m_{\text{air}} \times c_p \times \frac{dT}{dt}$

3.1.3 Mô hình truyền ẩm

Phương trình động truyền ẩm
 $\frac{dX}{dt} = -k(X - X_{\text{eq}})$
X: Độ ẩm của sản phẩm (kg nước/kg chất khô)
 X_{eq} : Độ ẩm cân bằng theo nhiệt độ và độ ẩm không khí
k: Hệ số sấy
Độ ẩm cân bằng

$$X_{\text{eq}} = a \times \phi^b$$

Ø: Độ ẩm tương đối trong buồng sấy (%)

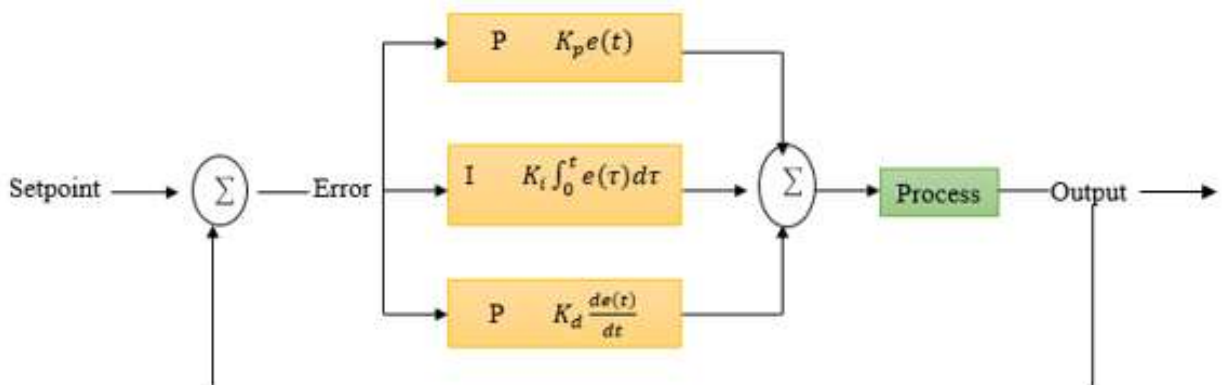
a,b: Hệ số thực nghiệm theo từng loại quả (lấy từ tài liệu)

3.2 Thiết kế bộ điều khiển PID

Điều khiển vi tích phân tỉ lệ PID được sử dụng rất rộng rãi trong nhà máy dùng để điều khiển nhiều loại đối tượng khác nhau như nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, tốc độ động cơ, ..., tại nhà máy Bánh kẹo Biscafun có sử dụng hơn 200 loop điều khiển PID, do nó có khả năng làm triệt tiêu sai số xác lập, tăng tốc độ đáp ứng quá độ, giảm độ quá điều chỉnh nếu các thông số của bộ điều khiển được chọn lựa thích hợp.

Do tính thông dụng của nó nên nhiều hãng sản xuất thiết bị điều khiển có thể cho ra đời các bộ điều khiển PID thương mại rời rất tiện dụng hoặc tích hợp vào một hệ thống điều khiển DCS để người sử dụng có thể lập trình tự chọn. Với bộ điều khiển PID, ta có thể tích hợp các luật điều khiển khác nhau như điều khiển tỉ lệ P, điều khiển PI, điều khiển PD.

Phương trình vi tích phân mô tả mối tương quan giữa tín hiệu ra $u(t)$ với tín hiệu vào $e(t)$ của bộ điều khiển PID là:



Hình 3.1 Công thức tính toán PID

$$u(t) = K_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt})$$

Giải thích :

- K_p : hệ số tỉ lệ (proportional gain)
- T_i : thời gian tích phân (integral time constant)
- T_d : thời gian vi phân (derivative time constant)
- $1/T_i$: xác định mức độ ảnh hưởng của tích phân
- T_d xác định mức độ phản ứng nhanh của vi phân

Hay:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

3.2.1 Mô tả hiệu chỉnh PID

Điều khiển vi tích phân tỉ lệ (bộ điều khiển PID- Proportional Integral Derivative) là một cơ chế phản hồi vòng điều khiển (bộ điều khiển) tổng quát được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điều khiển công nghiệp. Bộ điều khiển PID sẽ tính toán giá trị sai số là hiệu số giữa giá trị đặt và giá trị đo, từ đó sẽ thực hiện giảm tối đa sai số bằng cách điều chỉnh giá trị điều khiển đầu vào. Tuy nhiên, để đạt được kết quả tốt nhất, các thông số PID sử dụng trong tính toán phải điều chỉnh theo tính chất của hệ thống trong khi kiểu điều khiển là giống nhau, các thông số phải phụ thuộc vào đặc thù của hệ thống. Hiệu chỉnh PID là kết hợp điều chỉnh khâu tỷ lệ P, khâu tích phân I và khâu vi phân D. Ảnh hưởng qua lại của ba hoạt động điều khiển này sẽ cho được điều khiển tối ưu.

- Hiệu chỉnh độ lợi khâu tỷ lệ K_p

Khâu tỉ lệ (còn được gọi là độ lợi) làm thay đổi giá trị đầu ra, tỉ lệ với giá trị sai số hiện tại. Đáp ứng tỉ lệ có thể được điều chỉnh bằng cách nhân sai số đó với một hằng số K_p , được gọi là độ lợi tỉ lệ.

Giá trị càng lớn thì đáp ứng càng nhanh do đó sai số càng lớn, bù khâu tỷ lệ càng lớn. Một giá trị độ lợi tỷ lệ quá lớn sẽ dẫn đến quá trình mất ổn định và dao động.

Ngược lại, độ lợi nhỏ làm cho bộ điều khiển kém nhạy, hoặc đáp ứng chậm. Nếu độ lợi của khâu tỉ lệ quá thấp, tác động điều khiển có thể sẽ quá bé không đáp ứng với các nhiễu của hệ thống.

- Hiệu chỉnh độ lợi khâu tích phân K_i

Tích phân là khâu có tính tích lũy (cộng dồn) do đó nó có tác dụng làm cho hệ thống có đáp ứng xác lập tốt vì giá trị tích lũy sẽ đóng vai trò như một vùng đệm năng lượng để giữ cho giá trị đáp ứng ít thay đổi.

Khâu tích phân (khi cộng thêm khâu tỉ lệ) sẽ tăng tốc chuyển động của quá trình tới điểm đặt và khử số dư sai số ổn định với một tỉ lệ chỉ phụ thuộc vào bộ điều khiển.

Tuy nhiên, vì khâu tích phân là đáp ứng của sai số tích lũy trong quá khứ, nó có thể khiến giá trị hiện tại điều chỉnh qua giá trị đặt (ngang qua điểm đặt và tạo ra một độ lệch với các hướng khác). Giá trị càng lớn kéo theo sai số ổn định bị khử càng nhanh. Đổi lại là độ quá điều chỉnh càng lớn, bất kỳ sai số âm nào được tích phân trong suốt đáp ứng quá độ phải được triệt tiêu tích phân bằng sai số dương trước khi tiến tới trạng thái ổn định.

Do vậy hệ số tích phân K_i đóng vai trò như độ lớn của khâu tích lũy năng lượng, giảm dao động xảy ra.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

- Hiệu chỉnh độ lợi khâu vi phân K_d

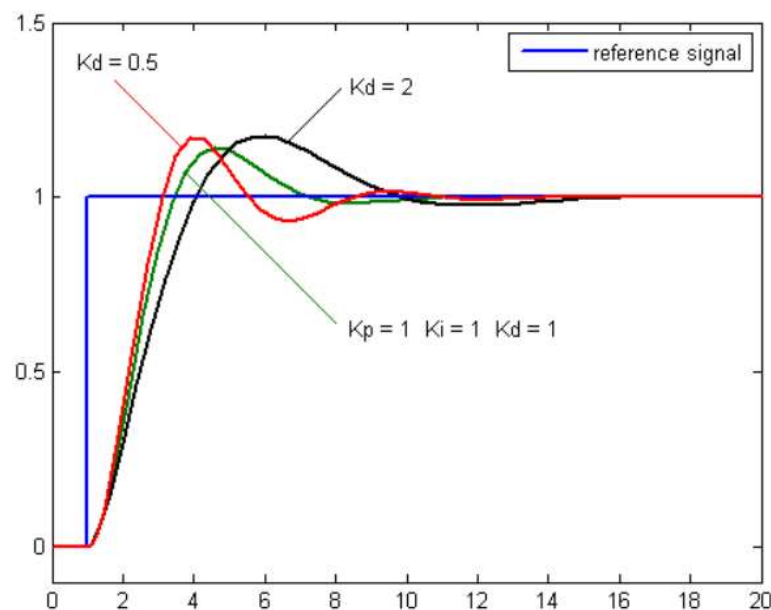
Khâu vi phân là hàm nhảy, nghĩa là nếu hệ số vi phân càng lớn thì tốc độ thay đổi càng lớn. Do đó nó sẽ giúp nhanh chóng thay đổi trạng thái của hệ thống.

Khâu vi phân làm chậm tốc độ thay đổi của đầu ra bộ điều khiển và đặc tính này là đang chú ý nhất để đạt tới điểm đặt của bộ điều khiển. Từ đó, điều khiển vi phân được sử dụng để làm giảm biên độ quá điều chỉnh được tạo ra bởi thành phần tích phân và tăng cường độ ổn định của bộ điều khiển hỗn hợp. Tuy nhiên, phép vi phân của một tín hiệu sẽ khuếch đại nhiễu và do đó khâu này sẽ nhạy hơn đối với nhiễu trong sai số, và có thể khiến quá trình trở nên không ổn định nếu nhiễu và độ lợi vi phân đủ lớn.

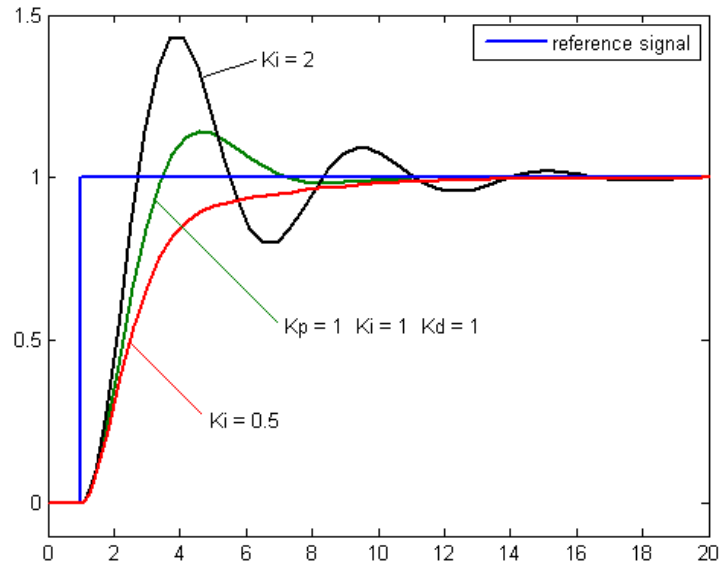
Giá trị càng lớn càng giảm quá điều chỉnh, nhưng lại làm chậm đáp ứng quá độ và có thể dẫn đến mất ổn định do khuếch đại nhiễu tín hiệu trong phép vi phân sai số.

Tóm lại các thông số độ lợi K_p , K_i và K_d ảnh hưởng đến thời gian tăng (rise time), độ quá điều chỉnh (overshoot) và thời gian xác lập (settling time).

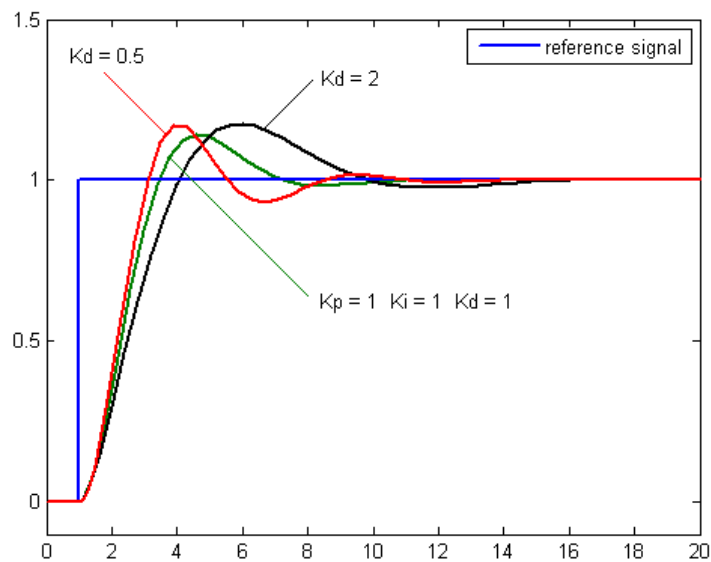
Các thông tin này được xem là cơ sở tri thức để xác định luật chỉnh định mờ bộ điều khiển PID.



Hình 3.2 Mô tả hiệu chỉnh K_p



Hình 3.3 Mô tả hiệu chỉnh K_i



Hình 3.4 Mô tả hiệu chỉnh K_d

Bảng 3.1 Ảnh hưởng của các thông số độ lợi của bộ điều khiển PID khi tăng thông số độc lập

Tham số	Thời gian lên	Độ quá điều chỉnh	Thời gian quá độ	Sai lệch tĩnh	Độ ổn định
K_p	Giảm	Tăng	Thay đổi nhỏ	Giảm	Thấp
K_i	Giảm	Giảm	Tăng	Loại trừ	Thấp
K_d	Thay đổi không đáng kể	Giảm	Giảm	Không tác động	Cải thiện nếu K_d nhỏ

3.2.2 Xây dựng bộ điều khiển PID ban đầu - Phương pháp thủ công

1. Tắt K_i và K_d , chỉ bật K_p

Bắt đầu từ điều khiển P:

Gán $K_i = 0$, $K_d = 0$

Tăng dần K_p từ 0

Cách quan sát:

Khi $K_p = 0 \rightarrow$ không phản ứng gì

Tăng K_p đến khi hệ thống bắt đầu đáp ứng nhưng vẫn còn sai lệch.

Nếu K_p quá lớn \rightarrow hệ thống dao động mạnh hoặc không ổn định.

Mục tiêu: Tìm giá trị K_p vừa đủ để hệ thống ổn định và bám theo setpoint, nhưng không dao động quá nhiều.

2. Bật K_i để loại bỏ sai lệch

Sau khi có K_p ổn định, bắt đầu tăng K_i nhỏ từ từ.

Cách quan sát:

K_i giúp loại bỏ sai lệch tĩnh

Nếu K_i quá cao sẽ gây dao động hoặc trễ lớn, hệ thống dễ bị quá điều chỉnh (overshoot) và dao động lâu dập tắt.

Mục tiêu: Tăng K_i sao cho hệ thống đạt được đúng giá trị setpoint mà không gây dao động mạnh.

3. Bật K_d để giảm dao động

Cuối cùng, tăng từ từ K_d nếu thấy hệ thống còn dao động hoặc quá điều chỉnh.

Cách quan sát:

K_d làm nhiệm vụ giảm dao động và làm hệ thống “khôn ngoan” hơn.

Nếu K_d quá cao hệ thống phản ứng “gập gáp” và gây nhiễu khi tín hiệu nhiễu xuất hiện.

Mục tiêu: K_d giúp hệ thống ổn định nhanh hơn và ít dao động.

```
pid = new PIDController(1.0, 0.1, 0.01);|
```

Thông số PID được sử dụng sau khi đã test thử công.

Sách tham khảo Giáo trình lý thuyết điều khiển tự động TS. Nguyễn Chí Ngôn, ThS.

Nguyễn Hoàng Dũng

Tính toán điều khiển PID với thông số mới

Thông tin đầu vào:

- Nhiệt độ mục tiêu: 60°C
- Nhiệt độ hiện tại: 30°C
- Sai số $e(t) = 60 - 30 = 30^\circ\text{C}$
- Thời gian lấy mẫu $\Delta t = 1\text{s}$
- Tổng sai số tích lũy = 30
- Tốc độ thay đổi sai số ≈ 0

Thông số PID mới:

- $K_p = 1.0$
- $K_i = 0.1$
- $K_d = 0.01$

Tính các thành phần PID:

1. Thành phần tỉ lệ (P): $P = K_p \times e(t) = 1.0 \times 30 = 30$
 2. Thành phần tích phân (I): $I = K_i \times \int e(t)dt = 0.1 \times 30 = 3$
 3. Thành phần đạo hàm (D): $D = K_d \times de(t)/dt = 0.01 \times 0 = 0$
- \Rightarrow Tổng tín hiệu điều khiển $u(t) = P + I + D = 30 + 3 + 0 = 33$

3.3 Lý thuyết điều khiển mờ

3.3.1. Giới thiệu về điều khiển mờ

Các công cụ cổ điển mà ta dùng để xây dựng các phép ánh xạ giữa thế giới thực và các mô hình đều đặt trên cơ sở logic nhị phân (Boolean). Cách xây dựng như vậy thể hiện một sự thiếu chặt chẽ một đối tượng chỉ có thể có hai khả năng hoặc là phần tử của tập hợp đang xét hoặc không, mà không dự trù cho trường hợp của các đối tượng có một phần tính chất của tập hợp đang xét.

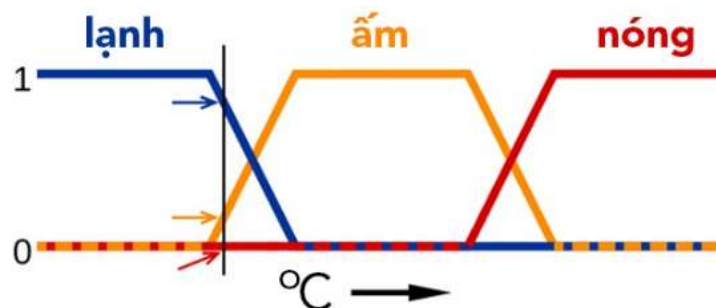
Hầu hết các hiện tượng mà ta bắt gặp hàng ngày đều không hoàn toàn rõ ràng, có nghĩa là chúng luôn có một mức độ mơ hồ nào đó trong việc diễn tả tính chất của chúng.

Kiểu logic hai-giá-trị rất hiệu quả và thành công trong việc giải quyết các bài toán được định nghĩa rõ ràng. Tuy nhiên, thực tế tồn tại một lớp các khái niệm không thích hợp với cách tiếp cận như vậy. Muốn sử dụng các khái niệm này một cách hiệu quả hơn trong mô hình ta cần tìm hiểu một công cụ, đó là logic mờ và đặt cơ sở trên nó là giải thuật điều khiển mờ.

3.3.2 Cơ sở toán học của Logic mờ

Phương pháp Logic Mờ

Logic mờ (Fuzzy Logic) được lựa chọn để giải quyết vấn đề điều chỉnh các tham số sấy trong một môi trường có nhiều yếu tố không xác định.



Hình 3.1 Phương pháp Logic mờ

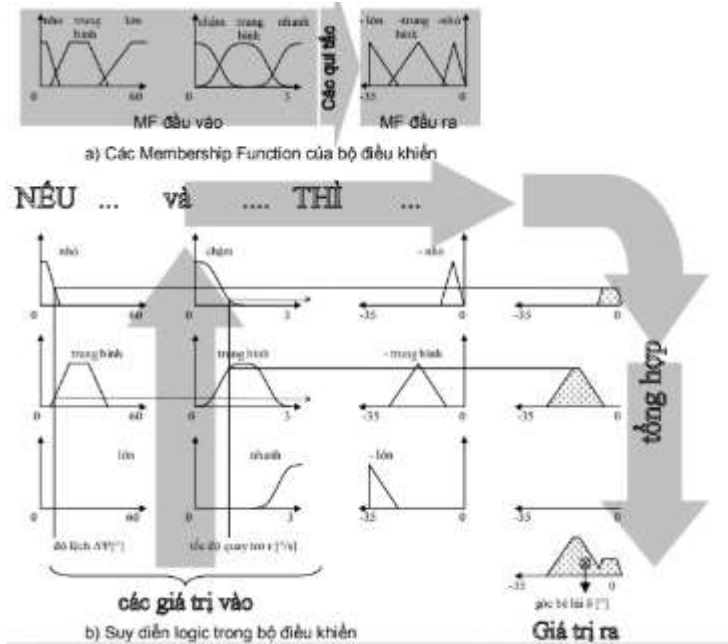
Việc điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong quá trình sấy không thể được mô tả chính xác bằng các mô hình toán học thông thường. Logic mờ cho phép hệ thống điều khiển linh hoạt và có thể xử lý các tình huống không rõ ràng bằng cách sử dụng các "hàm mờ" để mô phỏng sự điều chỉnh của con người.

Cách thức hoạt động:

Bộ điều khiển logic mờ được cấu tạo gồm các Membership Functions (MF) đầu vào, đầu ra cùng một loạt các qui tắc liên hệ giữa chúng. Từ một giá trị cụ thể của đầu vào, bộ điều khiển tiến hành việc "mờ hoá" tại các MF đầu vào, tức là đánh giá xem tín hiệu đó thuộc vào mức nào trong các mức đã định nghĩa trước. Sau khâu này, tín hiệu

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

đầu vào được chuyển sang các giá trị dạng khái niệm như “nhỏ”, “chậm”, “lớn”, “nhỏ”... Một giá trị đầu vào có thể thuộc một hay nhiều mức của bộ điều khiển. Trong Hình 1b, giá trị đầu vào độ lệch DY nằm trong cả hai mức giá trị nhỏ và trung bình; tốc độ quay trở r cũng thuộc cả hai mức chậm và trung bình. Tiếp theo, các khái niệm này được xử lý theo các qui tắc của bộ điều khiển và cho ra kết quả là một miền giá trị được tạo bởi các phần của MF đầu ra. Từ miền giá trị kết quả này, khối “giải mờ” của bộ điều khiển tiến hành biến đổi ngược để được một giá trị cụ thể cho đầu ra.



Hình 3.2 Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển logic mờ

Ưu điểm:

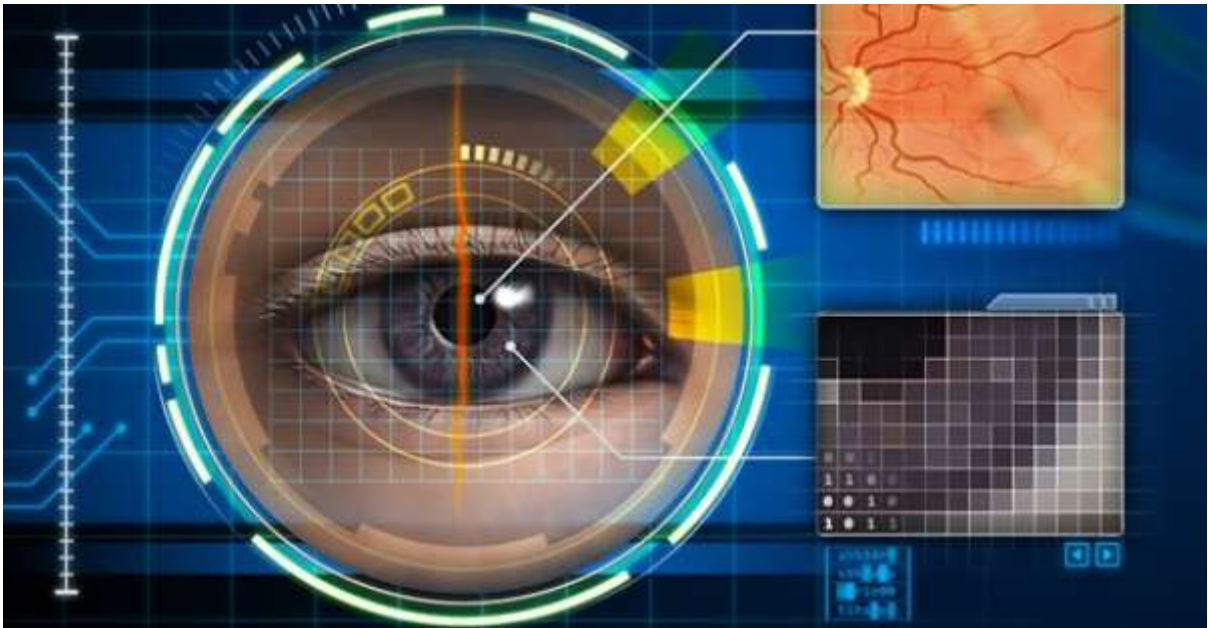
Điều chỉnh linh hoạt: Hệ thống có thể thích nghi với các loại quả và thịt khác nhau mà không cần mô hình toán học chi tiết.

Giảm thiểu sai sót: Giúp duy trì sự đồng đều trong quá trình sấy, đảm bảo chất lượng sản phẩm.

3.4 Ứng dụng AI trong điều khiển

3.4.1 Tổng quan về xử lý ảnh

Xử lý ảnh là quá trình xử lý số tín hiệu ở đây là tín hiệu hình ảnh. Hiện nay xử lý ảnh đang phát triển rất mạnh mẽ, vì ứng dụng của nó rất rộng và hữu ích bao gồm ở rất nhiều lĩnh vực: sản xuất, kinh tế, đời sống, y tế, quân sự... Chúng ta có thể chia xử lý ảnh thành bốn nhóm ứng với bốn lĩnh vực chính: xử lý nâng cao chất lượng ảnh, nhận dạng ảnh, truy vấn ảnh và nén ảnh. Trong đề tài này sẽ tìm hiểu về lĩnh vực nhận dạng ảnh. Các bước cơ bản của xử lý ảnh.



Hình 3.7 Xử lý ảnh

Ảnh số là tập hợp các điểm ảnh (Pixel) có giá trị mức xám xác định dùng để mô tả ảnh gần với ảnh thật, trong đề tài này chỉ xét đến ảnh 2 chiều, một ảnh sau khi được số hóa có thể được mô tả như một ma trận điểm $A[M, N]$ trong không gian hai chiều trong đó M và N là số cột và số hàng của các điểm ảnh. Một điểm ảnh bất kì lúc này sẽ có tọa độ $A(x, y)$ với $0 \leq x \leq M-1$ và $0 \leq y \leq N-1$. Số điểm ảnh xác định độ phân giải của ảnh. Ảnh có độ phân giải càng cao thì ảnh càng trở nên chân thực và sắc nét hơn. Giá trị của mỗi điểm ảnh sẽ quyết định màu sắc của ảnh ta gọi là mức xám của điểm ảnh, giá trị này có thể là một số (ảnh nhị phân, ảnh xám) hoặc một tập hợp các giá trị (ảnh màu). Xử lý ảnh là ta xử lý các giá trị này trong ma trận ảnh để được một kết quả mong muốn. Số bit của một bức ảnh chính là số các giá trị mức xám có thể có, ví dụ một ảnh 8bit sẽ có $2^8=256$ giá trị mức xám từ 0 đến 255 tương tự ảnh 16bit thì sẽ có 216 giá trị.

Tùy theo giá trị dùng để biểu diễn điểm ảnh mà ta có thể phân ra 3 loại ảnh chính thông dụng:

- + Ảnh nhị phân: giá trị mỗi điểm ảnh là 0 hoặc 1, nghĩa là trắng hoặc đen. Chính vì vậy mà còn gọi là ảnh đen trắng

- + Ảnh xám: giá trị mỗi điểm ảnh nằm trong dải giá trị từ 0 đến 255, nghĩa là cần 8 bits hay 1 byte để biểu diễn mỗi điểm ảnh này.

- + Ảnh màu RGB: mỗi điểm ảnh có giá trị gồm 3 màu đỏ (Red) + xanh lục (Green)

- + xanh dương (Blue). Mỗi màu có giá trị từ 0 đến 255, nghĩa là mỗi điểm ảnh cần 24bits hay 3bytes để biểu diễn. Ngoài hệ màu RGB còn có nhiều hệ màu khác phù hợp với những mục đích khác nhau như hệ CMYK, hệ HSV...

Phương pháp thu nhận ảnh

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Ảnh tự nhiên từ thế giới ngoài được thu nhận qua các thiết bị thu (như Camera, máy chụp ảnh). Trước đây, ảnh được thu qua Camera là các ảnh tương tự. Giờ đây, với sự phát triển của khoa học công nghệ ảnh được thu nhận từ cảm biến và chuyển trực tiếp thành ảnh số nên không cần bước chuyển đổi từ tương tự sang số. Có nhiều thiết bị cho phép thu ảnh ví dụ điện thoại di động, máy chụp hình, máy scan, webcam... Các thiết bị này đều cho ra ảnh với những định dạng ảnh đã được quy định phù hợp cho máy tính như JPG, PNG, JPEG... chính vì vậy việc đọc chúng trên máy tính là rất dễ dàng. Trong đề tài này sử dụng camera loại webcam để thu nhận hình ảnh thực tế.

3.4.2 Thư viện *OpenCV*

OpenCV (Open Computer Vision) là một thư viện mã nguồn mở hàng đầu cho xử lý về thị giác máy tính, machine learning, xử lý ảnh. OpenCV được viết bằng C/C++, vì vậy có tốc độ tính toán rất nhanh, có thể sử dụng với các ứng dụng liên quan đến thời gian thực. OpenCV có thể hỗ trợ cho C/C++, Python Java vì vậy hỗ trợ được cho Window, Linux, MacOS lẫn Android, iOS. OpenCV có cộng đồng hơn 47 nghìn người dùng và số lượng download vượt quá 6 triệu lần và vẫn đang mở rộng liên tục.

OpenCV có rất nhiều ứng dụng:

Nhận dạng ảnh

Xử lý hình ảnh

Phục hồi hình ảnh/video

Thực tế ảo.

OpenCV vẫn đang được đóng góp và phát triển liên tục, nó đặc biệt phù hợp cho những ứng dụng xử lý hình ảnh đơn giản vì thư viện dễ sử dụng và nhiều hỗ trợ từ cộng đồng.



Hình 3.8 Thư viện OpenCV

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

3.5 Xây dựng mô hình hệ thống

Yêu cầu và chế tạo:

- Lựa chọn mô hình lò điện trở làm phương pháp sấy cho tủ sấy.
- Các yêu cầu ban đầu của mô hình tủ sấy : Công suất sấy 2-20kg/mẻ sấy, nhiệt độ làm việc 60°C, cách nhiệt tốt, màn hình hiển thị nhiệt độ sấy và thời gian sấy.
- Mô hình tủ sấy được chế tạo gồm 3 phần cơ bản:
 - + Khung lò được làm bằng inox trắng có độ dày 1mm tạo thành khung lò có kích thước trong lòng là 100 - 50 - 150 (cm) và có thể tích là 750 lít, có 8 giá đỡ sản phẩm sấy chia đều cho 2 bên, mỗi giá chịu trọng lượng tối đa 2,5Kg.
 - + Thân tủ cách nhiệt được làm bằng bông thủy tinh cách nhiệt, có độ dày là 25mm nằm trong hai lớp inox ngoài và trong được đóng hộp để bao quanh tủ. Cửa tủ gồm 2 cánh, phần khung cửa làm bằng inox trắng độ dày 1mm, bao bọc kính chịu nhiệt và cách nhiệt có độ dày 5mm.
 - + Sợi đốt được cấu tạo hình chữ U, chiều dài 30cm từ Crom – Niken, tiết diện 0.01 mm², có cánh tản nhiệt chịu được nhiệt độ cao.
 - + Lò điện trở làm việc dựa trên nguyên lý khi có một dòng điện chạy qua một dây dẫn hoặc vật dẫn thì ở đó sẽ tỏa ra một lượng nhiệt theo định luật Jun-Lenxơ:

$$Q = I^2 \cdot R_t \cdot t \quad (3.1)$$

Trong đó:

Q: Nhiệt lượng tỏa ra tính bằng Jun (J).

I: Dòng điện chạy qua dây dẫn tính bằng Ampe (A).

R_t: Điện trở dây dẫn (vật dẫn) tính bằng Ohm (Ω).

t: Thời gian dòng điện chạy qua dây dẫn tính bằng giây(s).

Công suất ra tải của lò được tính theo công thức:

$$P = \frac{U_{hd}^2}{R_t} \quad (3.2)$$

Trong đó:

P: Công suất có ích của tủ sấy (W).

U_{hd}: Điện áp hiệu dụng cấp vào hai đầu dây dẫn (V).

Như vậy, để thay đổi công suất đưa ra tải, ta có thể thay đổi R_t hoặc U_{hd}. Tuy nhiên, trong thực tế người ta không sử dụng phương pháp thay đổi R_t mà thường chọn cách thay đổi U_{hd} để có thể thay đổi công suất ra tải. Bởi vì phương pháp thay đổi U_{hd} đơn giản hơn, quá trình điều khiển liên tục không bị gián đoạn như khi thay đổi R_t.

+ Lại có: $R_t = \rho \frac{l}{S}$ (3.3)

Trong đó:

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

ρ : Là điện trở suất của sợi đốt (Crom – Niken: $1,1 \cdot 10^{-6}$)

l: là chiều dài của sợi đốt

S: tiết diện dây

Do đó sợi đốt ra chọn có điện trở R_t theo (3.3) là:

$$R_t = \rho \frac{l}{S} = 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,3}{0,01 \cdot 10^{-6}} = 33(\Omega)$$

Từ (3.2) suy ra công suất của sợi đốt nhiệt là:

$$P = \frac{U_{hd}^2}{R_t} = \frac{220^2}{33} = 1466,66(W)$$

Dựa vào tính toán trên, lựa chọn 4 điện trở cánh tản nhiệt chữ U có công suất 1500W, điện áp 220V của công ty Điện trở Ròng Việt.

Thông Số Kỹ Thuật:

Vật liệu thân: Ø11, SUS304

Cánh tản nhiệt: SUS430, Ø25, bước cánh 4mm

Dây điện trở: Cr20Ni80

Điện áp: 220V

Công suất: 1500W

Nhiệt độ sử dụng: Tối đa 300°C



Hình 3.9 Điện trở gia nhiệt 220V – 1500W

Thiết kế cơ khí:

Kích thước và vật liệu: 500 x 450 x 400mm.

Vật liệu:

- Khung lò: Inox 304, chống gỉ và có độ bền cao.
- Thân tủ: Lốp cách nhiệt từ bông thủy tinh dày 25mm nằm giữa hai lớp inox, đảm bảo giữ nhiệt tốt và tiết kiệm năng lượng.
- Cửa tủ: Kính cường lực dày 8mm, chịu được nhiệt độ cao, an toàn và cho phép quan sát quá trình sấy bên trong.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Cấu trúc: Gồm 2 khay sấy, mỗi khay chịu tải tối đa 2kg, làm từ inox đục lỗ để tăng thông thoáng và tiếp xúc nhiệt đều.

3.6 Tính toán và chọn thiết bị trong hệ thống

3.6.1 Cảm biến nhiệt độ

- Trong thực tế cảm biến nhiệt độ được sử dụng rất phổ biến và rộng rãi với nhiều kiểu và các loại khác nhau như: Pt series, Ni series, Type J, Type K, Type T, Type E... Tùy theo môi trường sử dụng, nhiệt độ cần đo mà chúng ta chọn các loại cảm biến đo nhiệt độ cho phù hợp.

- Để phù hợp với nhiều loại hoa quả và sản phẩm sấy khác nhau nên hệ thống sấy hoa quả có nhiệt độ cần đo có thể lên tới 100°C . Do đó lựa chọn cảm biến nhiệt độ PT100 là một trong cảm biến đo nhiệt độ được dùng phổ biến nhất trong việc đo nhiệt độ.

- PT100 với chữ PT viết tắt của Platinum và 100 là giá trị 100 Ohm tại 0°C .

- Về nguyên lý hoạt động, cảm biến nhiệt độ Pt100 hoạt động dựa trên nguyên tắc nhiệt điện trở. Nghĩa là điện trở sẽ tăng lên khi nhiệt độ tăng lên. Khi đó, ta chỉ cần đo được giá trị điện trở này thì sẽ quy đổi ngược ra được nhiệt độ.

- Xét về cấu tạo, dải đo nhiệt độ, cảm biến đo nhiệt độ PT100 được chia làm 2 loại: Cảm biến PT100 dạng củ hành và Cảm biến PT100 dạng dây. Đối với môi trường nhiệt độ cao như lò sấy thường dùng cảm biến dạng củ hành, môi trường nhiệt độ thấp dùng dạng dây.



Hình 3.10 Cảm biến nhiệt độ PT100

- Thông số cảm biến đo nhiệt độ lựa chọn:

- + Cảm biến đo nhiệt độ PT100 3 dây
- + Dải đo nhiệt độ cần đo là: từ 0°C – 120°C
- + Tín hiệu đầu ra: 4 – 20 mA
- + Chiều dài thanh đo là: 100mm
- + Đường kính thanh đo là: 5mm

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

+ Nút ấn điều khiển hệ thống

3.6.2 Cảm biến độ ẩm

Độ ẩm là lượng hơi nước tồn tại trong không khí, và đơn vị hiển thị độ ẩm là % từ 0 – 100%. Việc kiểm soát độ ẩm được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực sản xuất, bảo quản, sấy nguyên liệu. Nuôi trồng trong nông nghiệp.

Nhiệt độ được hiểu là nhiệt năng, nó thể hiện sự nóng và lạnh, và đơn vị hiển thị nhiệt độ là độ C. Việc kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm giúp chúng ta kiểm soát được chất lượng sản phẩm. Đặc biệt là trong các ứng dụng sấy nguyên vật liệu. Việc bảo quản nguyên vật liệu cũng rất cần thiết, nếu độ ẩm quá cao sẽ gây ẩm mốc. Nhiệt độ quá cao sẽ làm nhân lão hóa các vật liệu.

Cảm biến đo nhiệt độ – độ ẩm đường ống. Việc kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm được thông qua một bộ điều khiển và hiển thị. Hoặc PLC lập trình điều khiển PID. Và điều cần thiết nữa là cảm biến đo ẩm và nhiệt độ.

Cảm biến độ ẩm sử dụng trong môi trường nhiệt cao. Nên thường được Thiết kế thân kim loại, với dây ra silicon chịu nhiệt. Sử dụng cho ứng dụng chịu nhiệt cao với mức chịu đựng nhiệt độ 120 độ C.



Hình 3.11 Cảm biến đo độ ẩm VELT-W-TH-I4-S

- Thông số kỹ thuật cảm biến đo ẩm

- + Nguồn cấp cảm biến đo ẩm: 10~39VDC, ngõ ra 0-10VDC thì chọn nguồn nuôi 24VDC.
- + Công suất tiêu thụ: 1.2W
- + Sai số đo ẩm: 3 phần trăm.
- + Sai số nhiệt độ: 0.5 độ C

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

- + Chiều dài dây cảm biến: 1m, 2m, 3m tùy chọn – dây Silicon chịu nhiệt.
- + Nhiệt độ hoạt động que đo: 0~120 độ C
- + Nhiệt độ hoạt động bộ khuếch đại: max 80 độ C
- + Ngõ ra tín hiệu: 4-20mA, 0-10VDC, RS485 tùy chọn – chỉ chọn được một ngõ ra duy nhất.
- + Model: VELT-W-TH-I4-S ngõ ra 4-20mA, VELT-W-TH-V10-S ngõ ra 0-10VDC, VELT-W-TH-RS-S ngõ ra RS485.

3.6.3 SSR - Solid State Relay

SSR là tên viết tắt của cụm từ Solid State Relay hay relay bán dẫn có chức năng tương tự như các relay cơ khí thông thường, được ứng dụng để thay thế các relay trung gian hay các contactor đóng cắt tần số cao, khi tần số đóng ngắt các tiếp điểm cơ khí quá cao thì người ta chuyển sang dùng các SSR. SSR có đáp ứng tần số đóng ngắt là 1000 lần/1 phút.

SSR có cấu tạo tổng quát rất gọn và đơn giản do không có bộ phận chuyển động đóng ngắt dòng điện như contactor, relay kiếng,... Relay loại cơ khí khi hoạt động có tiếng động “tạch, tạch” do tiếp điểm cơ khí đóng mở dưới tác động lực từ trường và phát ra tia lửa điện. SSR là relay bán dẫn nên khắc phục được các nhược điểm của relay cơ khí thông thường.



Hình 3.12 Relay TRT –60 LA

Về cấu tạo, SSR gồm 1 coupling và một hoặc nhiều MOSFET:

Coupling có vai trò cách ly dòng điện điều khiển nhỏ với dòng điện tải lớn. Lý tưởng nhất là sử dụng coupling quang (optic). Khi có dòng điện nhỏ, một đèn LED sẽ phát quang, và đối diện nó là một diode thu quang. Diode nhận ánh sáng và kích hoạt dòng qua các MOSFET giáp lưng với nó, cho phép dòng tải chạy qua mạch.

Ưu nhược điểm của SSR:

Thiết kế nhỏ gọn, dễ dàng lắp đặt vào tủ điện vị trí hẹp.

Độ bền và tuổi thọ cao.

Khả năng đóng ngắt relay liên tục, độ ổn định cao.

Khi đóng ngắt không phát âm thanh và tia lửa điện.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Tín hiệu đầu vào đa dạng.

Nhược điểm:

Cần tản nhiệt tốt cho relay bán dẫn khi làm việc với tải lớn.

Tín hiệu đầu vào đa dạng. Yêu cầu kỹ thuật phải có hiểu biết về sản phẩm trước khi lắp đặt.

Có thể xảy ra hiện tượng dò điện và chết chập.

- Các thông số của relay TRT – 60 LA:

Số hiệu: TRT – 60 LA

Ngõ vào tuyến tính: 4 – 20 mA

Nhiệt độ môi trường: -40°C + 80°C

Thời gian phản hồi: 10ms

Dòng rò ngoài trạng thái: 10 mA

Dòng tải: 60A

Dải tần: 47/63 Hz

3.6.4 Aptomat

Aptomat là một khí cụ điện với khả năng đóng cắt tự động, có chức năng bảo vệ hệ thống tránh hiện tượng quá tải hoặc ngắn mạch, một số loại aptomat còn có thêm nhiều chức năng tiên tiến như chống rò rỉ điện hoặc chống giật.



Hình 3.13 Aptomat

Một số loại aptomat phổ biến thường thấy như: MCB (Minature Circuit Breaker) dùng để bảo vệ quá tải và ngắn mạch, MCCB (Moulded Case Circuit Breaker) dùng để bảo vệ quá tải và ngắn mạch, RCCB (residual Current Circuit Breaker) aptomat chống dòng rò và bảo vệ quá tải,...

- Để chọn Aptomat phù hợp ta cần tính toán các thông số để chọn:

$$I_{tt} = \frac{P}{U}$$

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

$$I_{tk} = (1,2 > 1,5)I_{tt}$$

- Ở đây ta có $P = 6000W$, $U = 220V$, từ (3.4) và (3.5) tính được:

$$I_{tt} = \frac{6000}{220} = 27,27 \text{ (A)}$$

$$I_{tk} = 1,5 \times 27,27 = 40,91 \text{ (A)}$$

⇒ Chọn MCB có dòng điện 63A. Ở đây chọn MCB 2 pha LS 63A

3.6.5 Nguồn tổ ong 24V-10A

Bộ nguồn tổ ong 24V-10A làm nhiệm vụ biến đổi điện áp 220V với tần số 50HZ thành điện áp 24V 50Hz

Thông số kỹ thuật chung:

Điện áp đầu vào: 100-240V AC

Một số loại hỗ trợ dải rộng từ 85-264V AC hoặc 120-370V DC.

Điện áp đầu ra :24V DC.

Dòng điện đầu ra:Tối đa 10A.

Công suất đầu ra:240W.

Điều chỉnh điện áp đầu ra :Có núm điều chỉnh (VR) để điều chỉnh điện áp đầu ra trong khoảng $\pm 10\%$ (khoảng 22V - 26V).

Hiệu suất :Thường trên 85%.

Bảo vệ:Bảo vệ ngắn mạch, bảo vệ quá tải , thường là 105% - 150% công suất định mức.



Hình 3.14 Nguồn tổ ong

3.6.6 Relay trung gian

Relay trung gian là loại relay trung gian 8 chân 2 cặp tiếp điểm được sử dụng là trung gian giữa các thiết bị công suất nhỏ với các thiết bị công suất lớn, làm cầu nối cho các module điều khiển mạch động lực, với thiết kế nhiều tiếp điểm nên chỉ cần cấp một tín hiệu sẽ điều khiển được nhiều mạch.



Hình 3.15 Relay trung gian

Thông số kỹ thuật

Model: HH52P

Điện áp cấp relay: 24VDC

Dòng đóng cắt / 1 tiếp điểm: 5A/240VAC – 5A/28VDC

Số điểm tiếp: 2NO + 2NC

Tiếp điểm: Silver Alloy

Số lần đóng cắt: 100.000 lần

Trọng lượng: 60g

Có đèn báo trạng thái

3.7 Tổng quan về PLC S7-1200

Bộ điều khiển logic khả trình PLC S7-1200 mang lại tính linh hoạt và sức mạnh để điều khiển nhiều thiết bị đa dạng hỗ trợ các yêu cầu về điều khiển tự động. Sự kết hợp giữa thiết kế thu gọn, cấu hình linh hoạt và tập lệnh mạnh mẽ đã khiến cho S7-1200 trở thành một giải pháp hoàn hảo dành cho việc điều khiển nhiều ứng dụng đa dạng khác nhau.

Kết hợp một bộ vi xử lý, một bộ nguồn tích hợp, các ngõ vào và mạch ngõ ra trong một kết cấu thu gọn, CPU trong S7-1200 đã tạo ra một PLC mạnh mẽ. Sau khi tải xuống một chương trình, CPU sẽ chứa các mạch logic được yêu cầu để giám sát và điều khiển các thiết bị nằm trong ứng dụng. CPU giám sát các ngõ vào và làm thay đổi ngõ ra theo logic của chương trình, có thể bao gồm các hoạt động như logic Boolean, việc đếm, định thì, các phép toán phức hợp và việc truyền thông với các thiết bị thông minh khác.

Một số tính năng bảo mật giúp bảo vệ việc truy xuất đến cả CPU và chương trình điều khiển.



Hình 3.16 PLC S7-1200

Mỗi CPU cung cấp một sự bảo vệ bằng mật khẩu cho phép cấu hình việc truy xuất đến các chức năng của CPU.

Có thể sử dụng chức năng “know-how protection” để ẩn mã nằm trong một khối nhất định.

CPU cung cấp một cổng PROFINET để giao tiếp qua một mạng PROFINET.

Các module truyền thông có sẵn dành cho việc giao tiếp qua các mạng RS232 hay RS485.

3.7.1 Thành phần PLC S7-1200

- Bộ phận kết nối nguồn.
- Các bộ phận kết nối nối dây có thể được tháo và khe cắm thẻ nhớ nằm dưới nắp phía trên.
- Các LED trạng thái dành cho I/O tích hợp.
- Bộ phận kết nối PROFINET (phía trên của CPU).

Các kiểu CPU khác nhau cung cấp một sự đa dạng các tính năng và dung lượng giúp cho chúng ta tạo ra các giải pháp có hiệu quả cho nhiều ứng dụng khác nhau.

Bảng 3.1 Thông số kỹ thuật các loại CPU

Chức năng	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Kích thước vật lí (mm)	90 x 100 x 75		110x100x75
Bộ nhớ làm việc	25kb		50kB
Bộ nhớ nạp	1MB		2MB
Bộ nhớ giữ lại	2kB		2kB

I/O tích hợp cục bộ	6 ngõ vào/ 4 ngõ ra	8 ngõ vào/ 6 ngõ ra	14 ngõ vào/ 10 ngõ ra
Kiểu số	2 ngõ ra	2 ngõ ra	2 ngõ ra
Kiểu tương tự			
Kích thước ảnh tiến trình	1024 byte ngõ vào (I) và 1024 byte ngõ ra (Q)		
Bộ nhớ (bit)	4096 byte		8192 byte
Độ mở rộng các module tín hiệu	Không	2	8
Bảng tín hiệu	1		
Các module truyền thông	3 (mở rộng về bên trái)		
Các bộ đến tốc độ cao	3	4	6
Đơn pha	3 tại 100 kHz	3 tại 100 kHz	3 tại 100 kHz
Vuông pha	3 tại 80 kHz	1 tại 30 kHz	3 tại 30 kHz
		3 tại 80 kHz	3 tại 80 kHz
		1 tại 20 kHz	3 tại 20 kHz
Các ngõ ra xung	2		
Thẻ nhớ	Thẻ nhớ SIMATIC (tùy chọn)		
Thời gian lưu trữ đồng hồ thời gian thực	Thông thường 10 ngày / ít nhất 6 ngày tại 40°C		
PROFINET	1 cổng truyền thông Ethernet		
Tốc độ thực thi tính toán thực	18 μ s/lệnh		
Tốc độ thực thi Boolean	0.1 μ s/lệnh		

Họ S7-1200 cung cấp một số lượng lớn các module tín hiệu và bảng tín hiệu để mở rộng dung lượng của CPU. Có thể lắp thêm các module truyền thông để hỗ trợ các giao thức truyền thông khác.

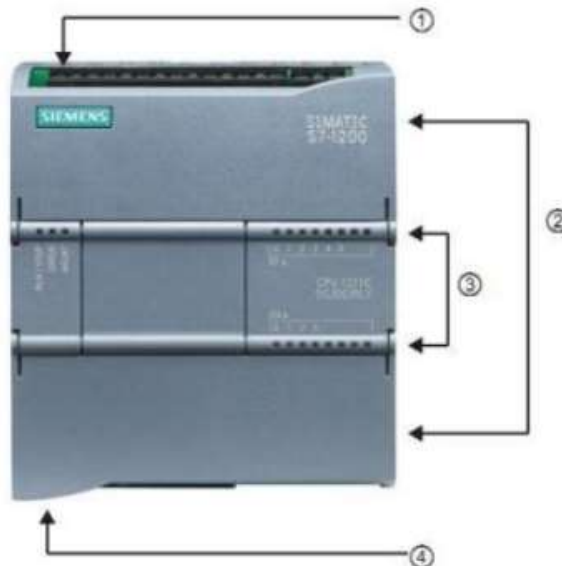
Bảng 3.3 Danh sách Module hỗ trợ PLC

Module		Chỉ ngõ vào	Chỉ ngõ ra	Kết hợp In/Out
Module tín hiệu (SM)	Kiểu số	8 x DC In	8 x DC Out 8 x Relay In	8 x DC In/ 8 x DC Out 8 x DC In/ 8 x Relay Out
		16 x DC In	16 x DC Out 16x RelayOut	16 x DC In/ 16 x DC Out 16 x DC In/16 x Relay Out

	Kiểu tương tự	4 x Analog In 8 x Analog In	2 x Analog In 4x Analog In	4 x Analog In/2 x Analog Out
Kiểu số		--	--	2 x DC In/2 x DC Out
Kiểu tương tự		--	1 x Analog In	--
Modul truyền thông (CM)				
RS485				
RS232				

3.7.2 Các bảng tín hiệu

Một số bảng tín hiệu (SB) cho phép chúng ta thêm vào I/O cho CPU. Chúng ta có thể thêm một SB với cả I/O kiểu số hay tương tự. SB kết nối vào phía trước của CPU.



Hình 3.17 Các bảng tín hiệu của PLC S7-1200.

1. Bộ phận kết nối nguồn
 2. Các bộ phận kết nối dây của người dùng có thể tháo được (phía sau các nắp che)
 3. Khe cắm thẻ nhớ nằm dưới cửa phía trên
 4. Các LED trạng thái dành cho I/O tích hợp
 5. Bộ phận kết nối PROFINET (phía trên của CPU)
- SB với 4 I/O kiểu số (ngõ vào 2 x DC và ngõ ra 2 x DC).
SB với 1 ngõ kiểu ra tương tự.

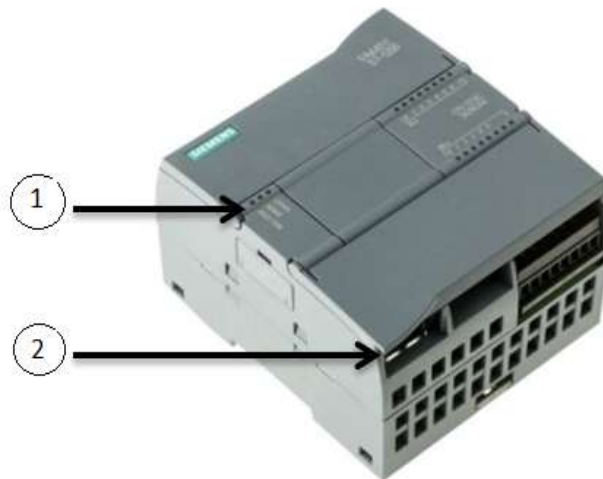
Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

3.8 Các Module truyền thông

S7-1200 cung cấp các module truyền thông (CM) dành cho các tính năng bổ sung vào hệ thống. Có 2 module truyền thông: RS232 và RS485.

CPU hỗ trợ tối đa 3 module truyền thông.

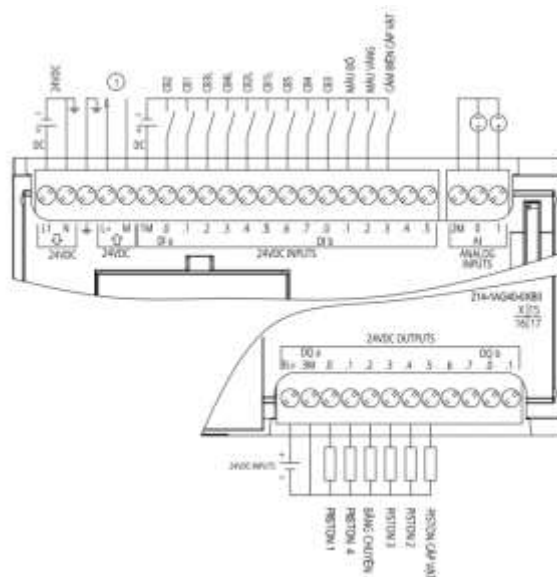
Mỗi CM kết nối vào phía bên trái của CPU (hay về phía bên trái của một CM khác).



Hình 3.18 Các module truyền thông của PLC S7-1200

- (1) Các LED trạng thái dành cho module truyền thông.
- (2) Bộ phận kết nối truyền thông.

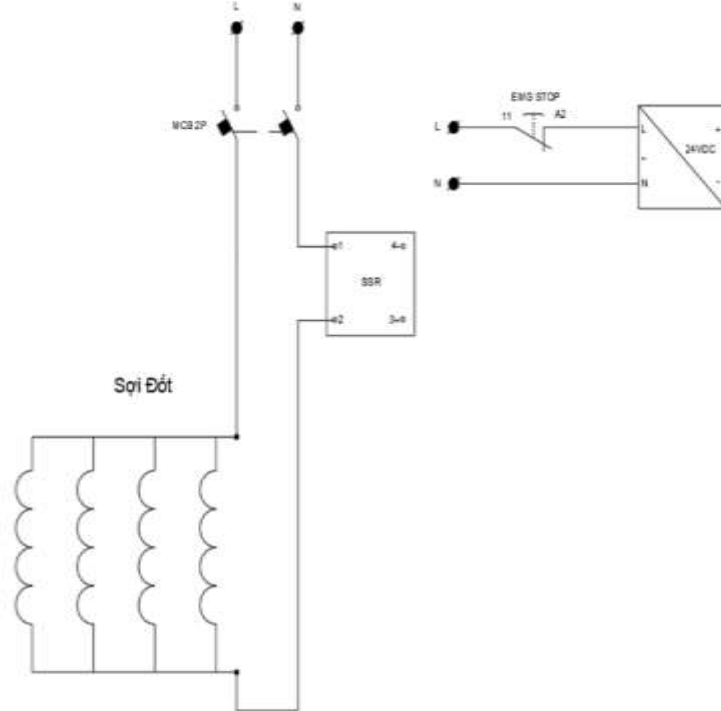
Sau khi tính toán các thông số đầu ra đầu vào và tìm hiểu công năng cũng như cách sử dụng, nhóm quyết định sử dụng PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC v4.4.



Hình 3.19 Sơ đồ đấu dây CPU 1214C DC/DC/DC

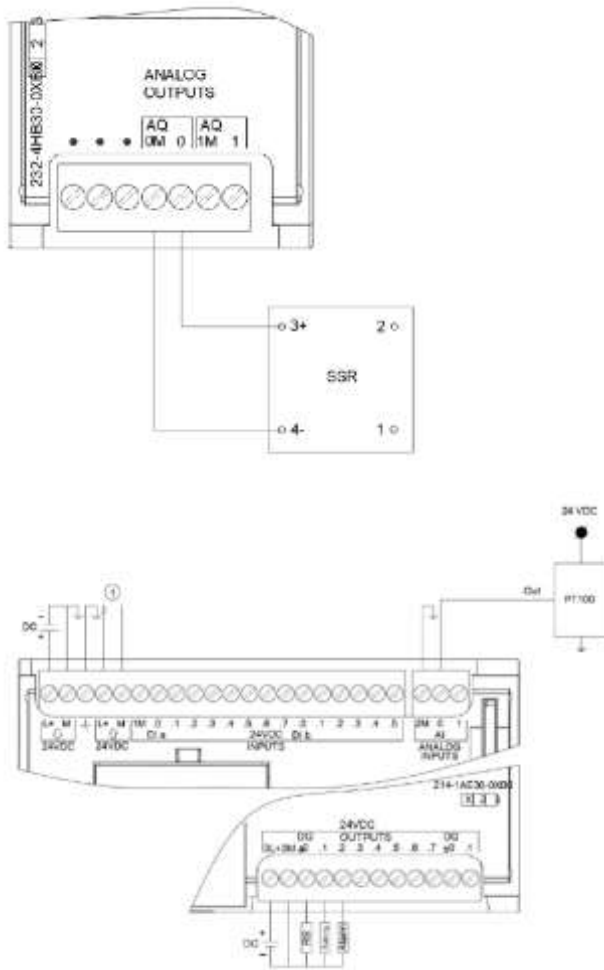
3.9 Sơ đồ kết nối thiết bị

3.9.1 Sơ đồ đấu dây mạch động lực của hệ thống



Hình 3.20 Sơ đồ mạch động lực hệ thống

3.9.2 Sơ đồ đấu dây PLC



Hình 3.21 Sơ đồ đấu dây PLC

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN

4.1 Giới thiệu về WinCC

WinCC (chữ viết tắt của windows control center) đây là chương trình ứng dụng dùng để giám sát, thu thập dữ liệu và điều khiển tự động quá trình sản xuất. Theo nghĩa hẹp winCC là chương trình HMI (human machine interface) hỗ trợ thiết kế giao diện người – máy. Với WinCC, người sử dụng có thể tạo ra một giao diện điều khiển giúp quan sát mọi hoạt động của quá trình tự động hoá một cách dễ dàng. Phần mềm này có thể trao đổi dữ liệu trực tiếp với nhiều loại PLC của các hãng khác nhau như Siemens, Mitsubishi, Allen Bradley, v.v... Nó được cài đặt trên máy tính và giao tiếp với PLC thông qua cổng COM1 hoặc COM2 (chuẩn RS-232) của máy tính. Do đó, cần phải có một bộ chuyển đổi từ chuẩn RS-232 sang chuẩn RS 485 của PLC.

WinCC còn có đặc điểm là đặc tính mở. Nó có thể sử dụng một cách dễ dàng với các phần mềm chuẩn và phần mềm của người sử dụng, tạo nên giao diện người-máy đáp ứng nhu cầu thực tế một cách chính xác.



Hình 4.1 Giao diện Wincc

Ứng dụng phổ biến nhất của wincc là:

Tự động hóa quá trình điều khiển và giám sát qui trình sản xuất. Khi một hệ thống dùng chương trình WinCC để điều khiển và thu thập dữ liệu, nó có thể mô phỏng bằng hình ảnh các sự kiện xảy ra trong quá trình điều khiển dưới dạng các chuỗi sự kiện. Wincc cung cấp nhiều hàm chức năng cho mục đích hiển thị, thông báo bằng đồ họa, xử lý thông tin đo lường, các thông số công thức, các bảng ghi báo cáo, v.v... đáp ứng yêu cầu công nghệ ngày một phát triển và là một trong những chương trình ứng dụng trong thiết kế giao diện người – máy (HMI).

Các chức năng của wincc

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Khi sử dụng wincc để thiết kế giao diện điều khiển người – máy (HMI) và mạng SCADA wincc sử dụng các chức năng sau:

Graphics Designer: thực hiện các chức năng mô phỏng và hoạt động thông qua các đối tượng đồ họa của chương trình wincc, windows,OLE,I/O... với nhiều thuộc tính động.

Alarm logging: thực hiện hiển thị các thông báo và các báo cáo trong khi hệ thống vận hành. Đảm trách về các thông báo nhận được và lưu trữ. Nó chứa các chức năng để nhận thông báo từ các quá trình, để chuẩn bị, hiển thị, hồi đáp và lưu trữ chúng. Ngoài ra, alarm logging còn giúp ta tìm ra nguyên nhân của lỗi.

Tag Logging: thu thập, lưu trữ và nén các giá trị đo dưới nhiều dạng khác nhau. Tag logging cho phép lấy dữ liệu từ các quá trình thực thi, chuẩn bị để hiển thị và lưu trữ các dữ liệu đó. Dữ liệu có thể cung cấp các tiêu chuẩn về công nghệ và kỹ thuật quan trọng liên quan đến trạng thái hoạt động của toàn hệ thống.

Report designer: có nhiệm vụ tạo các thông báo, báo cáo, và các kết quả này được lưu dưới dạng các trang nhật ký sự kiện.

User achivers: cho phép sử dụng lưu trữ dữ liệu từ chương trình ứng dụng và có khả năng trao đổi với các thiết bị tự động hóa. Điều này có nghĩa: các công thức, thông số trong chương trình WinCC có thể được soạn thảo lưu giữ và sử dụng trong hệ thống.

4.2 Tổng quan về phần mềm visual studio

Visual Studio được hiểu là một hệ thống bao gồm tất cả những gì có liên quan đến phát triển ứng dụng như trình chỉnh sửa mã, thiết kế, gỡ lỗi, viết code hay chỉnh sửa thiết kế, ứng dụng một cách dễ dàng và nhanh chóng. Có thể nói đây là một phần mềm hỗ trợ đắc lực đối với dân lập trình trong việc lập trình website. Visual Studio cho phép người dùng có khả năng thiết kế và trải nghiệm giao diện như khi phát triển ứng dụng.

Những tính năng cần thiết của phần mềm Visual Studio

Visual Studio có một số tính năng rất độc đáo như:

Hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình: Tính năng này giúp phát hiện bất kỳ lỗi hoặc tham chiếu ngôn ngữ chéo (cross-language reference) nào một cách dễ dàng.

Intelli-Sense: Là một tính năng giúp phát hiện có bất kỳ đoạn code nào bị bỏ sót hay không, tự động thực thi cú pháp biến (variable syntaxes) và khai báo biến (variable declarations). Ví dụ: Nếu một biến nào đó đang được sử dụng trong chương trình và người dùng quên khai báo, intellisense sẽ khai báo biến đó cho người dùng.

Hỗ trợ đa nền tảng: Visual Studio hoạt động trên cả 3 nền tảng Windows, Linux, Mac.

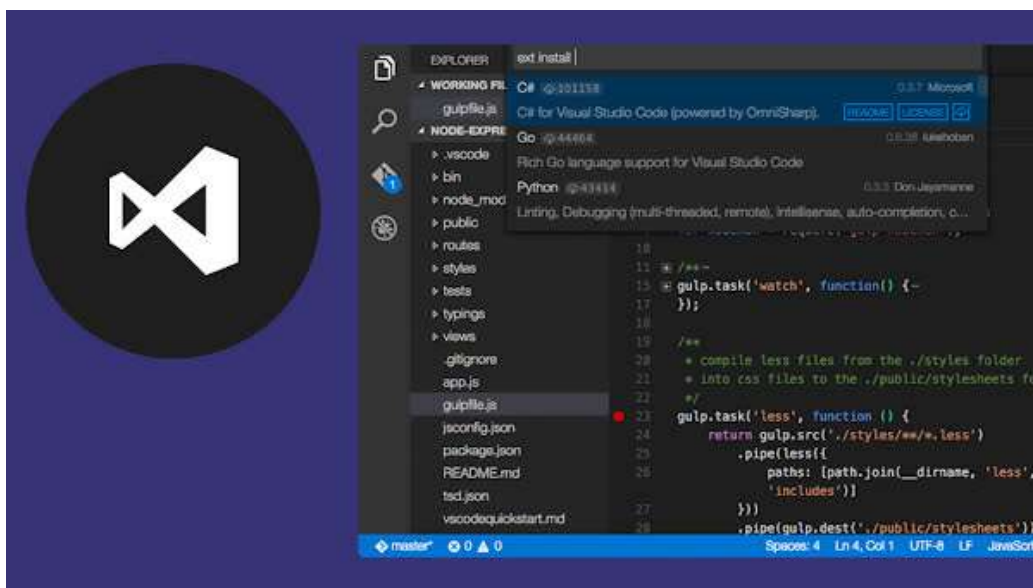
Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Tiện ích mở rộng và Hỗ trợ: Các extension hay tiện ích mở rộng của Visual Studio giúp tăng tốc quá trình phát triển ứng dụng mà không ảnh hưởng đến hiệu suất của editor.

Repository: Visual Studio được kết nối với Git hoặc có thể được kết nối với bất kỳ Repository nào khác.

Code editor: Visual Studio có class Code editor tốt nhất hỗ trợ nhiều chức năng. Nó cho phép bookmark trong code để kết hợp Quick Navigation. Visual Studio cũng có chức năng Incremental Search, Regex Search, Multi-item Clipboard và Task-list.

Web-Support: Các ứng dụng web có thể được xây dựng và hỗ trợ trong Visual Studio.



Hình 4.2 Phần mềm visual Studio

Hỗ trợ Terminal: Visual Studio hỗ trợ Terminal hoặc Console tích hợp giúp người dùng không cần chuyển đổi giữa hai màn hình.

Hỗ trợ Git: Tài nguyên có thể được lấy từ Github Repo trực tuyến và ngược lại giúp tiết kiệm thời gian và công sức.

Debugger: Đây là một tính năng hữu ích cho phép nhà phát triển kiểm tra trạng thái của chương trình và phát hiện bug ở đâu. Bạn cũng có thể xem source code chương trình của mình bằng cách sử dụng các công cụ gỡ lỗi của debugger.

Thiết kế đa dạng: Visual Studio cung cấp một số visual designer để trợ giúp trong việc phát triển các ứng dụng:

WPF Designer: tạo giao diện người dùng cho Windows Presentation Foundation.

Windows Forms Designer: tạo các ứng dụng GUI bằng Windows Forms.

Class designer: Class designer cho phép chỉnh sửa các class bao gồm các thành viên và quyền truy cập của chúng bằng cách sử dụng mô hình UML.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Web designer: Visual Studio cũng hỗ trợ một trình soạn thảo và thiết kế trang web, cho phép tạo các trang web bằng cách kéo và thả các widget.

Mapping Designer: Mapping Designer được LINQ to SQL sử dụng để thiết kế mapping giữa các lược đồ thông tin và từ đó các class sẽ đóng gói dữ liệu.

Data Designer: Data Designer được sử dụng để chỉnh sửa các lược đồ thông tin, cũng như các bảng được viết, khóa chính và khóa ngoại và các ràng buộc (constraint).

4.3 Tổng quan về TIA Portal

Step 7 Basic hệ thống kỹ thuật đồng bộ đảm bảo hoạt động liên tục hoàn hảo. Một hệ thống kỹ thuật mới, thông minh và trực quan cấu hình phần cứng kỹ thuật và cấu hình mạng, lập trình, chuẩn đoán và nhiều hơn nữa.

Lợi ích với người dùng:

- Trực quan: dễ dàng để tìm hiểu và dễ dàng để hoạt động.
- Hiệu quả: tốc độ về kỹ thuật.
- Chức năng bảo vệ: kiến trúc phần mềm tạo thành một cơ sở ổn định cho sự đổi mới trong tương lai.

4.3.1 Kết nối qua giao thức TCP/IP

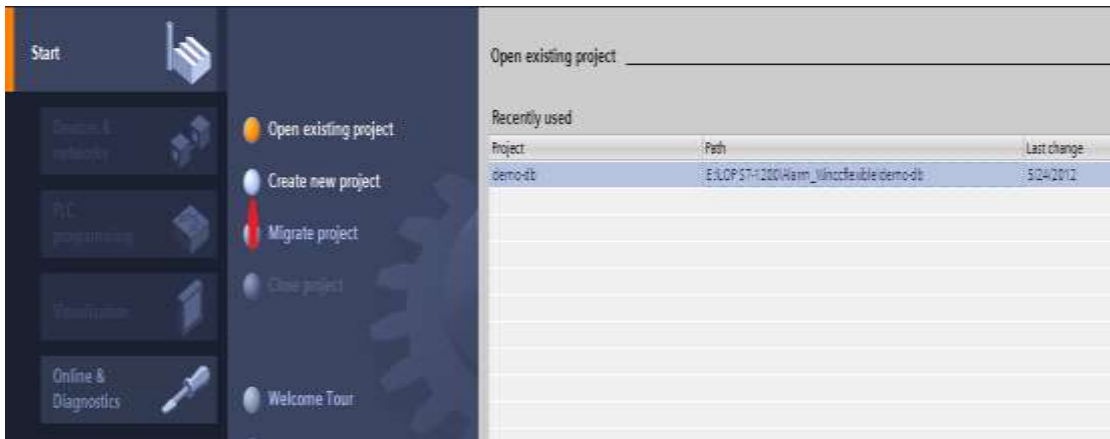
- Để lập trình SIMATIC S7-1200 từ PC hay laptop cần một kết nối TCP/IP.
- Để PC và SIMATIC s7-1200 có thể giao tiếp với nhau, điều quan trọng là các địa chỉ IP của cả hai thiết bị phải phù hợp với nhau.

4.3.2 Cách tạo một project

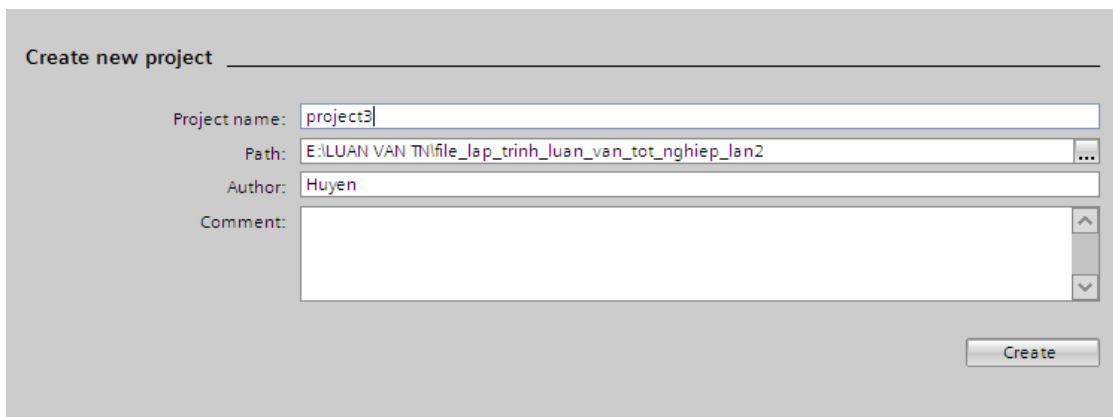
Bước 1: Từ màn hình desktop nhấp đúp chọn biểu tượng Tia Portal



Bước 2: Click chuột vào Create new project để tạo dự án.



Bước 3: Nhập tên dự án vào Project name sau đó nhấn create.



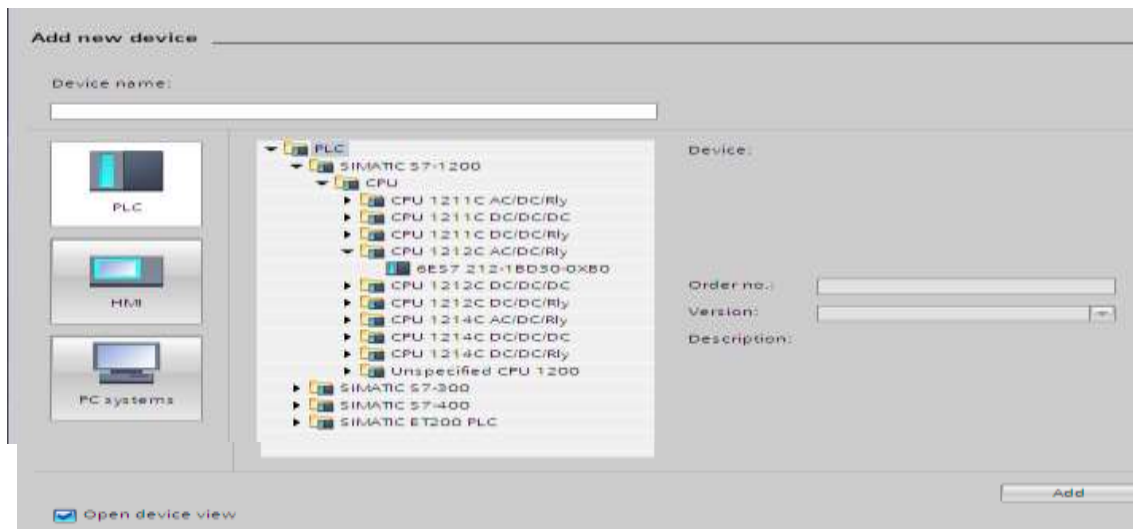
Bước 4: Chọn configure a device.



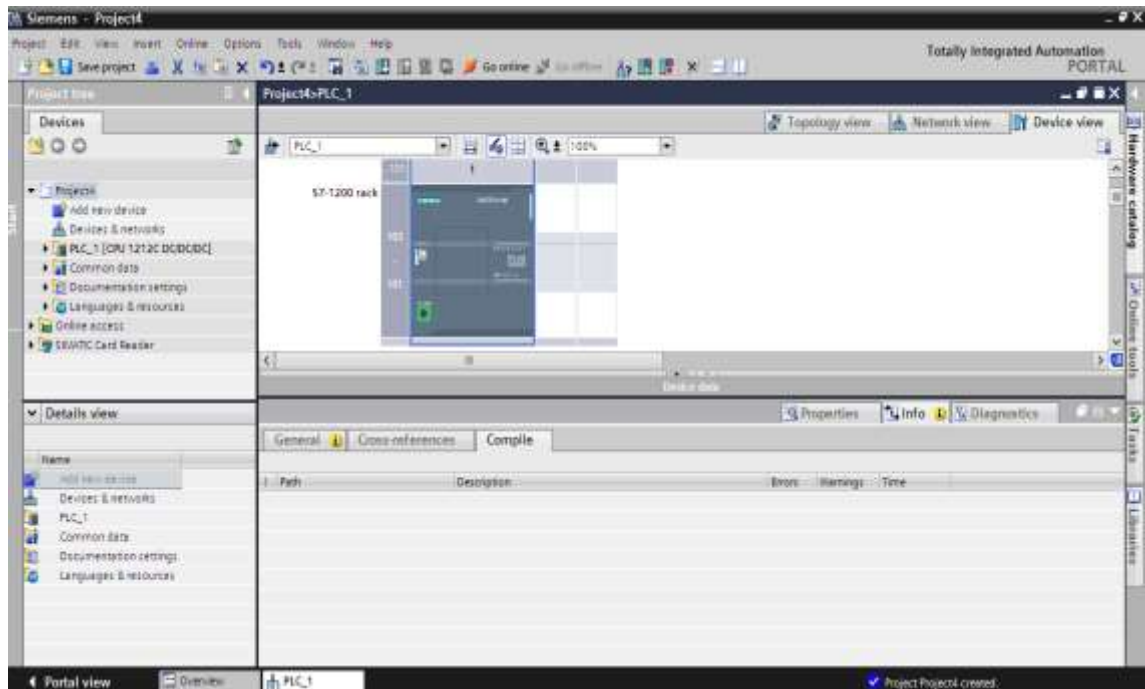
Bước 5: Chọn add new device.



Bước 6: Chọn loại CPU PLC sau đó chọn add.



Bước 7: Project mới được hiện ra.



4.3.3 TAG của PLC / TAG local

Tag của PLC:

- Phạm vi ứng dụng: giá trị Tag có thể được sử dụng mọi khối chức năng trong PLC.
- Ứng dụng: binary I/O, Bits of memory.
- Định nghĩa vùng: bảng tag của PLC.
- Miêu tả: tag PLC được đại diện bằng dấu ngoặc kép.

Tag local:

- Phạm vi ứng dụng: giá trị chỉ được ứng dụng trong khối được khai báo, mô tả tương tự có thể sử dụng trong các khối khác nhau cho các mục đích khác nhau.
- Ứng dụng: tham số của khối, dữ liệu static của khối, dữ liệu tạm thời.
- Định nghĩa vùng: khối giao diện.
- Miêu tả: tag được đại diện bằng dấu #.



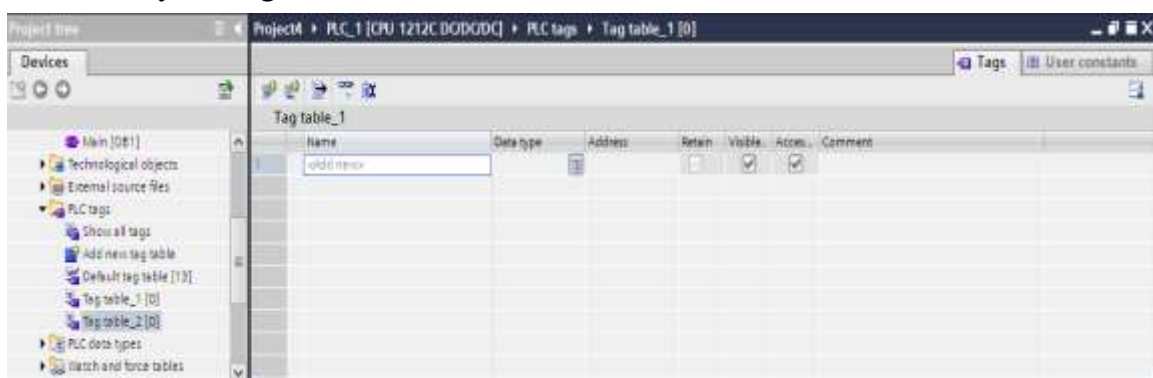
Sử dụng tag trong hoạt động:

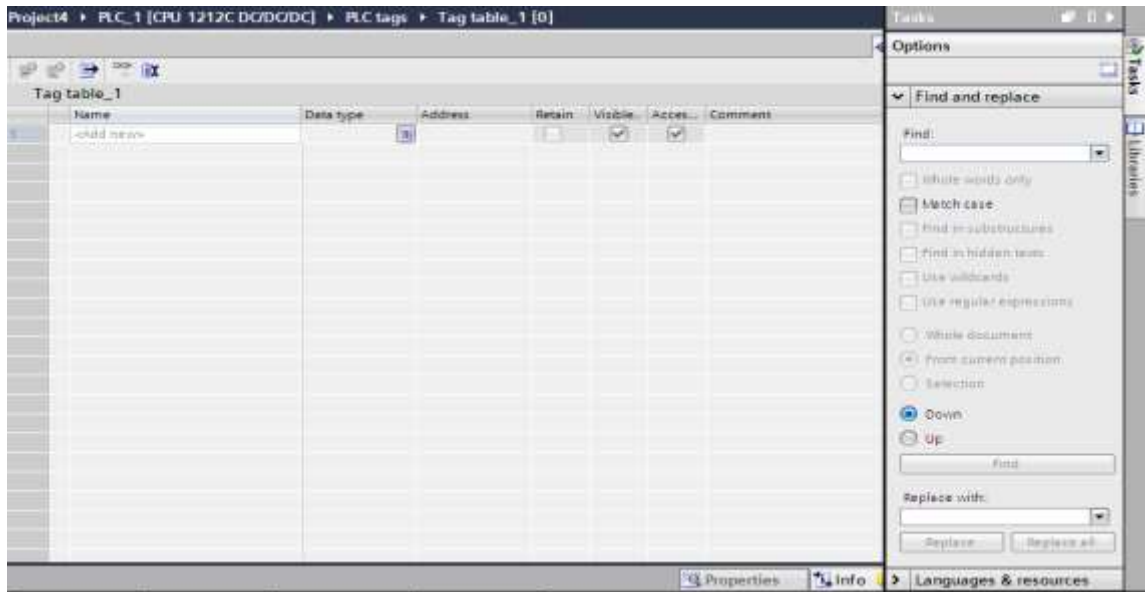
- Layout: bảng tag PLC chứa các định nghĩa của các Tag và các hằng số có giá trị trong CPU. Một bảng tag của PLC được tự động tạo ra cho mỗi CPU được sử dụng trong project.

- Column: mô tả biểu tượng có thể nhấp vào để di chuyển vào hệ thống hoặc có thể kéo thả như một lệnh chương trình.

- Name: chỉ được khai báo và sử dụng một lần trên CPU.
- Data type: kiểu dữ liệu chỉ định cho các tag.
- Address: địa chỉ của tag.
- Retain: khai báo của tag sẽ được lưu trữ lại.
- Comment: comment miêu tả của tag.

Tìm và thay thế tag PLC.





Ngoài ra còn một số chức năng sau:

- Lỗi tag.
- Giám sát tag của PLC.
- Hiện/ẩn biểu tượng.
- Đổi tên tag: Rename tag.
- Đổi tên địa chỉ tag: Rewire tag.
- Copy tag từ thư viện Global.

4.3.4 Làm việc với một trạm PLC Quy định địa chỉ IP cho module CPU

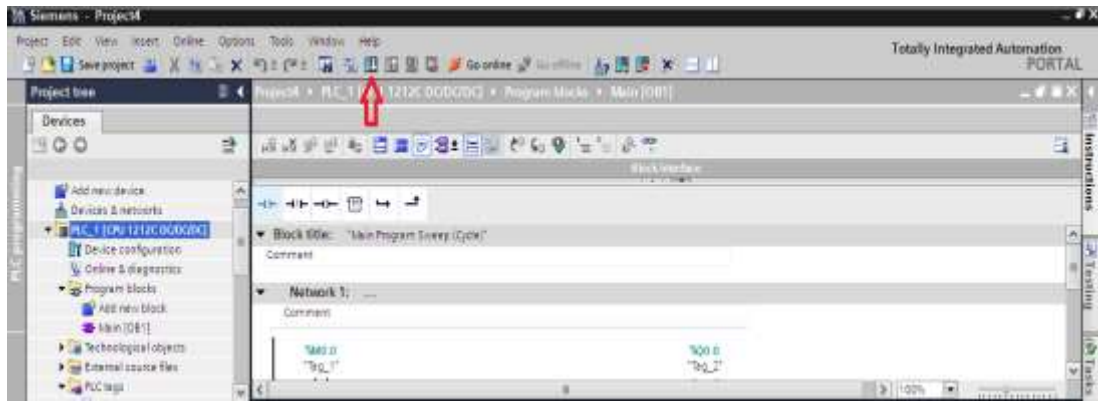
IP TOOL có thể thay đổi IP address của PLC S7-1200 bằng 1 trong 2 cách. Phương pháp thích hợp được tự động xác định bởi trạng thái của địa chỉ IP đó :

- Gán một địa chỉ IP ban đầu : Nếu PLC S7-1200 không có địa chỉ IP, IP TOOL sử dụng các chức năng thiết lập chính để cấp phát một địa chỉ IP ban đầu cho PLC S7-1200.

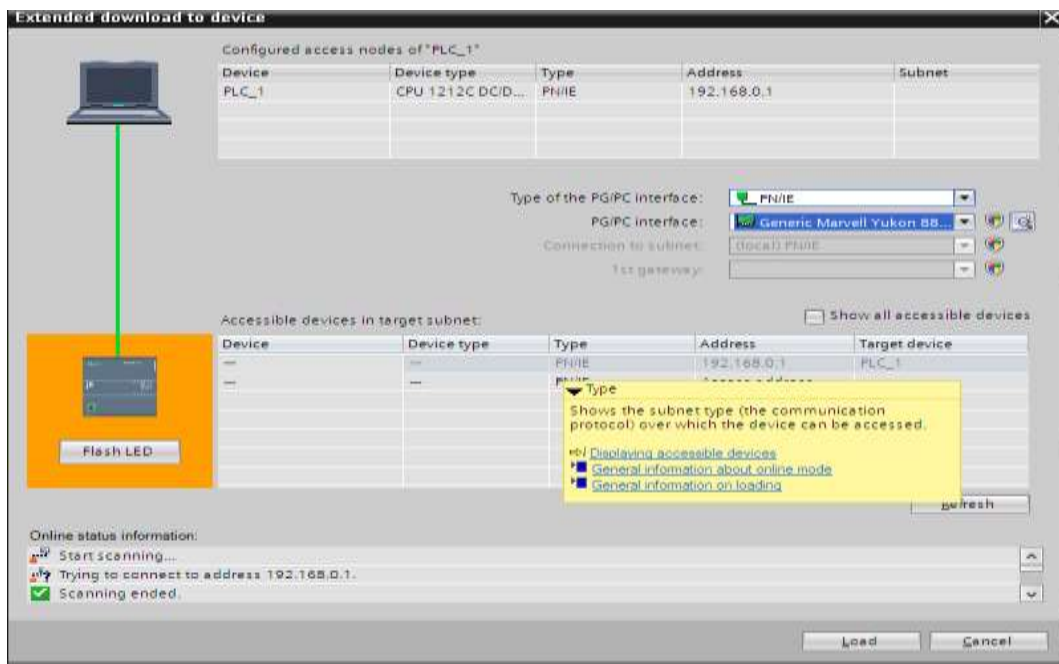
- Thay đổi địa chỉ IP : nếu địa chỉ IP đã tồn tại, công cụ IP TOOL sẽ sửa đổi cấu hình phần cứng (HW config) của PLC S7-1200.

Đổ chương trình xuống CPU:

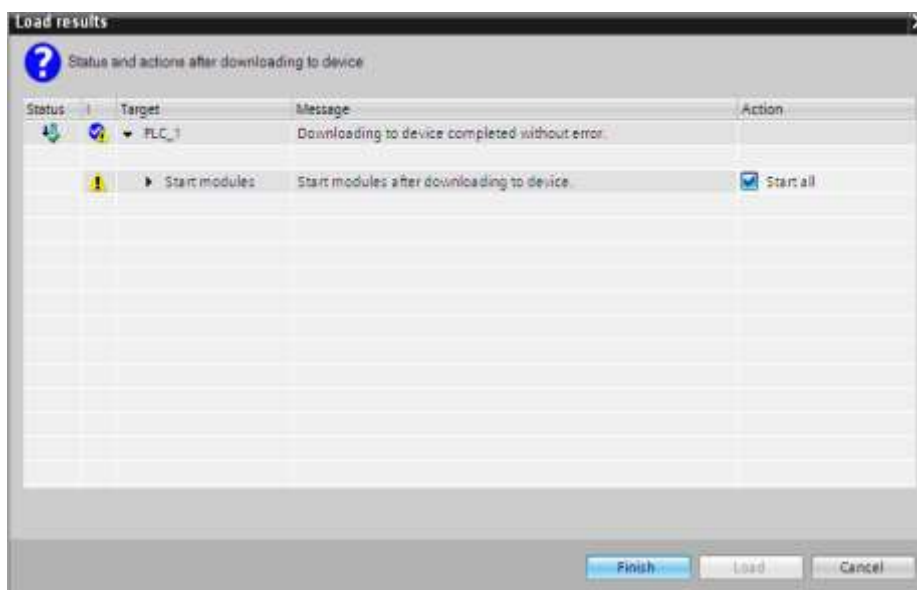
Đổ từ màn hình soạn thảo chương trình bằng cách kích vào biểu tượng download trên thanh công cụ của màn hình.



Chọn cấu hình Type of the PG/PC interface và PG/PC interface như hình dưới sau đó nhấn chọn load.



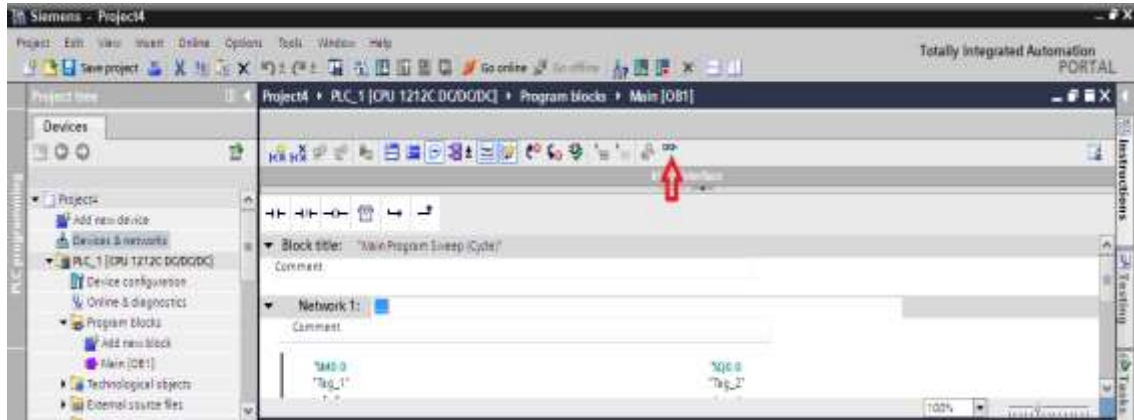
Chọn start all như hình vẽ và nhấn finish.



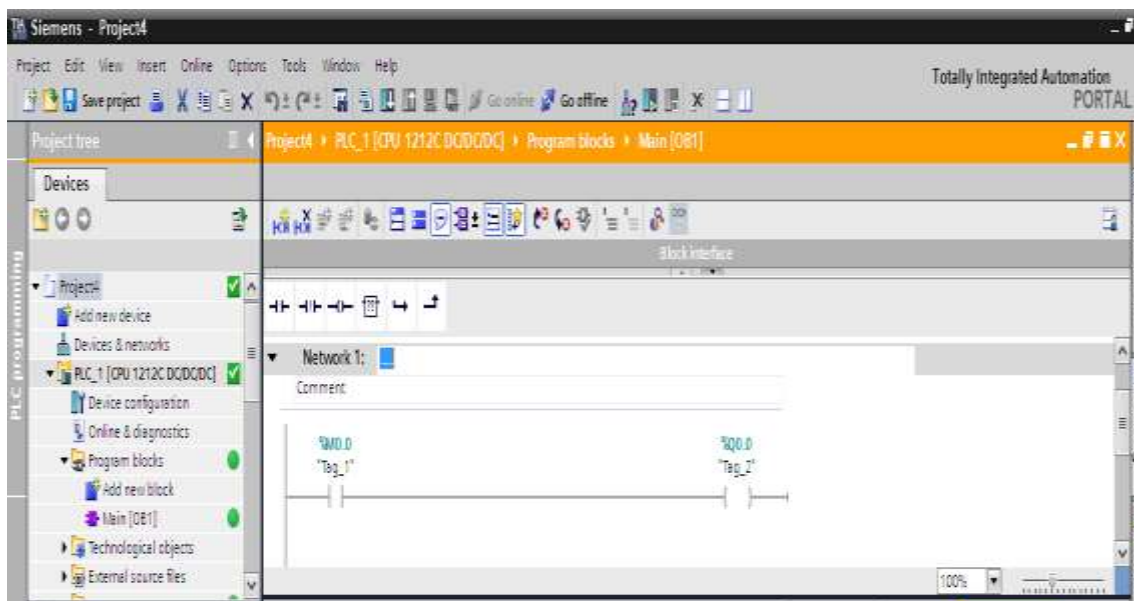
Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Giám sát và thực hiện chương trình:

Để giám sát chương trình trên màn hình soạn thảo kích chọn Monitor trên thanh công cụ.



Hoặc cách 2 làm như hình dưới



Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

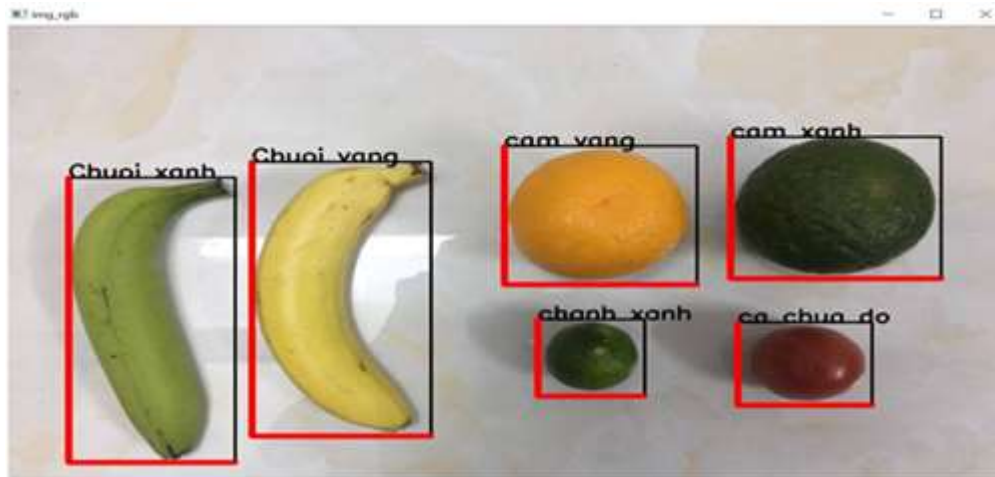
4.4 Tổng quan về ai nhận dạng trong điều khiển

AI nhận dạng (AI-based System Identification) là quá trình xây dựng mô hình toán học cho hệ thống thông qua dữ liệu đầu vào và đầu ra mà không cần biết trước mô hình vật lý. Trong hệ thống điều khiển nhiệt độ:

Đầu vào: công suất làm nóng (điều khiển),

Đầu ra: nhiệt độ thực tế của lò,

AI học mối quan hệ này để mô tả hành vi hệ thống nhiệt và dự đoán phản hồi nhiệt.



Hình 4.3 AI xử lý ảnh nhận diện đối tượng

Ứng dụng trong hệ thống lò sấy PID:

Bộ PID truyền thống có thể điều khiển được nhiệt độ, tuy nhiên:

Độ trễ và tính phi tuyến trong hệ thống (do độ ẩm, tải nhiệt...) gây khó khăn cho việc điều chỉnh hệ số PID thủ công.

AI giúp tự động điều chỉnh hệ số PID hoặc mô phỏng hệ thống để tối ưu hóa điều khiển.

Các bước thực hiện:

Bước 1: Xây dựng hệ thống mô phỏng PID cơ bản

Công cụ: MATLAB Simulink hoặc Python (với matplotlib + control + sklearn)

Mô hình hóa lò sấy: Sử dụng phương trình truyền nhiệt bậc nhất:

K : hệ số khuếch đại (phụ thuộc công suất sưởi)

τ : hằng số thời gian (phụ thuộc nhiệt lượng hấp thụ)

Thiết kế bộ điều khiển PID:

Bước 2: Thu thập dữ liệu thực nghiệm

Đặt các mức nhiệt độ mục tiêu (VD: 40°C, 50°C, 60°C)

Ghi lại:

Công suất đầu vào (PWM hoặc mức % điện trở)

Nhiệt độ đo được theo thời gian (sử dụng cảm biến như DHT22/LM35)

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Lưu dữ liệu thành file .csv:

Time(s), Power(%), Temperature(°C)

Bước 3: Xây dựng mô hình AI nhận dạng

Lựa chọn: Mạng nơron nhân tạo (ANN) 3 lớp

a. Tiền xử lý dữ liệu:

Chuẩn hóa dữ liệu đầu vào và đầu ra (min-max hoặc z-score)

Tách thành tập huấn luyện (70%) và kiểm tra (30%)

b. Cài đặt mô hình (Python với TensorFlow/Keras):

```
model = Sequential()
```

```
model.add(Dense(16, input_dim=2, activation='relu'))
```

```
model.add(Dense(8, activation='relu'))
```

```
model.add(Dense(1, activation='linear'))
```

```
model.compile(optimizer='adam', loss='mse')
```

```
model.fit(X_train, y_train, epochs=100, batch_size=10)
```

Bước 4: Mô phỏng kết hợp PID + AI

Ý tưởng:

Mỗi 5 giây, dùng AI để dự đoán nhiệt độ sau 10 giây tiếp theo

Nếu sai số > ngưỡng, tự động tinh chỉnh hệ số PID

Cách thực hiện:

Viết hàm Python hoặc block Simulink nhận giá trị dự đoán từ AI

Sử dụng thuật toán điều chỉnh PID như Ziegler-Nichols hoặc Gradient Descent

4.5 Lập trình mô phỏng hệ thống

4.5.1 Khởi tạo các biến và đối tượng

pid: Là đối tượng của lớp PID Controller dùng để điều khiển nhiệt độ theo phương pháp PID.

currentTemperature, currentHumidity: Các biến lưu trữ nhiệt độ và độ ẩm hiện tại.

targetTemperature, targetHumidity: Các giá trị mục tiêu của nhiệt độ và độ ẩm.

dryingTime: Thời gian sấy, được tính bằng giây.

startTime: Thời gian bắt đầu quá trình sấy.

isRunning: Biến boolean xác định xem quá trình sấy có đang chạy hay không.

logList: Danh sách lưu trữ dữ liệu nhật ký quá trình sấy (thời gian, nhiệt độ, độ ẩm).

writer: Dùng để ghi dữ liệu vào file CSV.

a: Biến boolean giúp kiểm soát sự thay đổi độ ẩm trong quá trình sấy.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

4.5.2 Khởi tạo giao diện người dùng

Trong phương thức Form1(), giao diện biểu đồ được thiết lập:

SeriesCollection: Gồm 2 dòng đồ thị (LineSeries) cho Nhiệt độ và Độ ẩm. Mỗi dòng có màu sắc khác nhau (đỏ cho nhiệt độ, xanh cho độ ẩm).

Trục X: Được thiết lập để hiển thị thời gian tính bằng giây.

Trục Y: Một trục cho nhiệt độ và một trục cho độ ẩm, trục độ ẩm được đặt ở bên phải.

4.5.3 Bắt đầu và dừng quá trình sấy

Trong sự kiện btnStart_Click, khi nhấn nút "Start":

Các giá trị PID (Kp, Ki, Kd) được lấy từ các ô nhập liệu và gán cho đối tượng pid.

Các giá trị mục tiêu (targetTemperature, targetHumidity) và thời gian sấy (dryingTime) được lấy từ các ô nhập liệu.

Quá trình sấy bắt đầu với việc khởi động bộ đếm thời gian (timer1) và cài đặt thời gian cập nhật mỗi giây.

4.5.4 Cập nhật dữ liệu mỗi giây

Sự kiện timer1_Tick được gọi mỗi giây để cập nhật dữ liệu:

Điều khiển PID: Sử dụng giá trị của bộ điều khiển PID để tính toán sự thay đổi của nhiệt độ và điều chỉnh giá trị nhiệt độ (currentTemperature).

Thay đổi độ ẩm: Độ ẩm được tăng lên cho đến khi đạt 80%, sau đó giảm dần.

Dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm và thời gian được hiển thị lên giao diện và thêm vào đồ thị.

Dữ liệu nhật ký được thêm vào danh sách logList.

4.5.5 Dừng và lưu dữ liệu

Khi thời gian sấy đạt đến dryingTime hoặc độ ẩm đạt mục tiêu, quá trình sấy sẽ dừng lại và nút "Start" sẽ được chuyển lại thành "Tiếp tục sấy".

Dữ liệu sấy được lưu vào file CSV thông qua phương thức SaveLogToCSV, sử dụng thư viện CsvHelper.

4.5.6 Class LogData

Lớp này lưu trữ dữ liệu về thời gian, nhiệt độ và độ ẩm tại mỗi thời điểm.

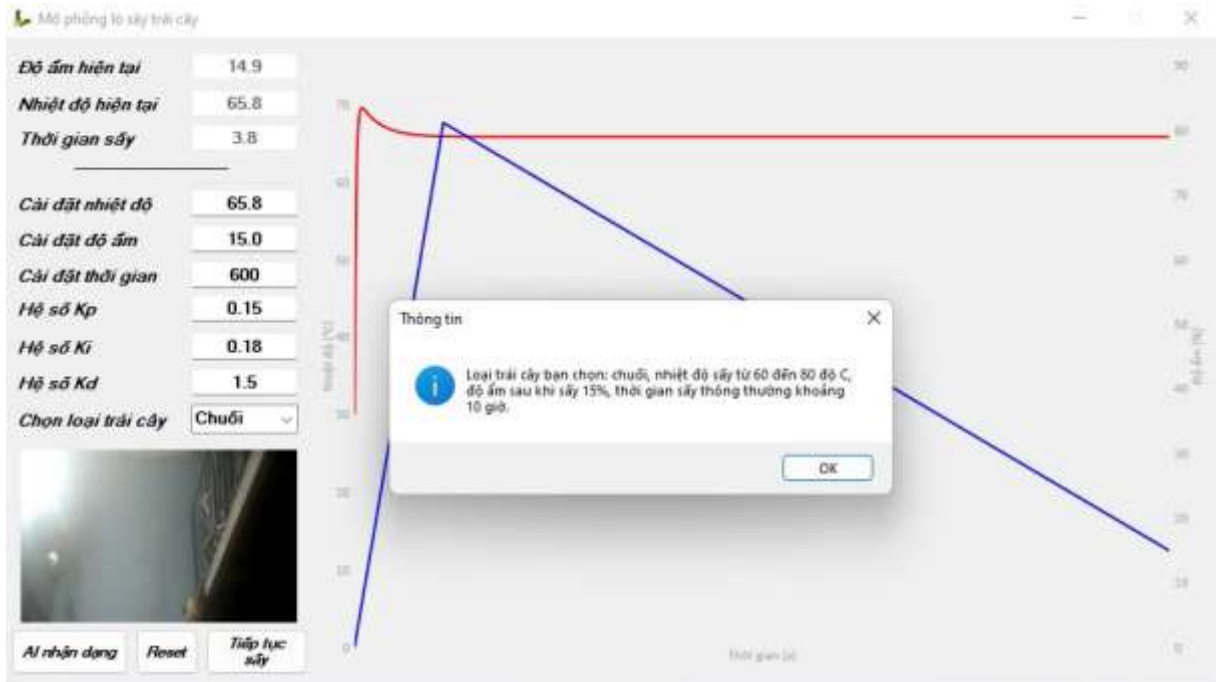
4.5.7 Vấn đề trong mã

Trong phương thức SaveLogToCSV, có dấu chấm phẩy dư ; ở sau dòng using (var writer = new StreamWriter("DryingLog.csv")), điều này làm cho không có gì được thực thi trong khối using. Cần phải xóa dấu chấm phẩy đó để có thể ghi dữ liệu vào file CSV.

Mã của PID controller và những tham số như txtKp, txtKi, txtKd, txtTargetTemp, txtTargetHumidity, txtDryingTime cần phải được xử lý trước khi thực thi.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

4.5.8 Mô phỏng hệ thống



Hình 4.4 Mô phỏng hệ thống lò sấy PID

Phần điều chỉnh thông số:

Có nhiều thanh điều khiển (slider) và ô nhập liệu cho phép người dùng tùy chỉnh các tham số liên quan đến quá trình sấy:

Độ ẩm hiện tại (%): Giá trị là 82.3.

Nhiệt độ hiện tại (°C): Giá trị là 25.7.

Thời gian sấy (giờ): Giá trị là 1.0.

Cài đặt nhiệt độ (°C): 69.4.

Cài đặt độ ẩm (%): 15.4.

Cài đặt thời gian (giờ): 5.

Hệ số Kp: 0.15.

Hệ số Ki: 0.8.

Hệ số Kd: 1.5.

Chọn loại trái cây: Có một hộp chọn (dropdown) với giá trị "Xoài" được chọn.

Phần hiển thị hình ảnh:

Có một ô nhỏ hiển thị hình ảnh của trái xoài, giúp người dùng trực quan nhận biết loại trái cây đang được mô phỏng.

Các nút điều khiển:

Có hai nút:

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

AI nhận dạng: Có thể là nút dừng để phần mềm tự động nhận dạng loại trái cây hoặc trạng thái nào đó.

Bắt đầu sấy: Dừng để khởi động quá trình mô phỏng sấy.

Phần cảnh báo/hộp thoại thông báo (ở trung tâm giao diện)

Hiển thị thông báo:

"Loại trái cây bạn chọn: xoài, nhiệt độ sấy từ ả độ đến ả độ, độ ẩm sau khi sấy \leq %, thời gian sấy thông thường từ giờ đến giờ."

Thông báo này có thể là cảnh báo hoặc hướng dẫn về khoảng nhiệt độ, độ ẩm và thời gian sấy chuẩn với loại trái cây được chọn (ở đây là xoài). Tuy nhiên, phần thông tin chi tiết dường như chưa được điền đầy đủ.

Biểu đồ thời gian sấy (phía phải)

Có một biểu đồ dạng đường với trục hoành là thời gian (giờ) và trục tung là một thông số liên quan (có thể là độ ẩm hoặc nhiệt độ).

Trục tung có giá trị từ 0 đến 30, trục hoành từ 0 đến 1.0 (giờ).

Biểu đồ này dùng để thể hiện sự thay đổi của thông số theo thời gian sấy, giúp người dùng theo dõi quá trình mô phỏng.

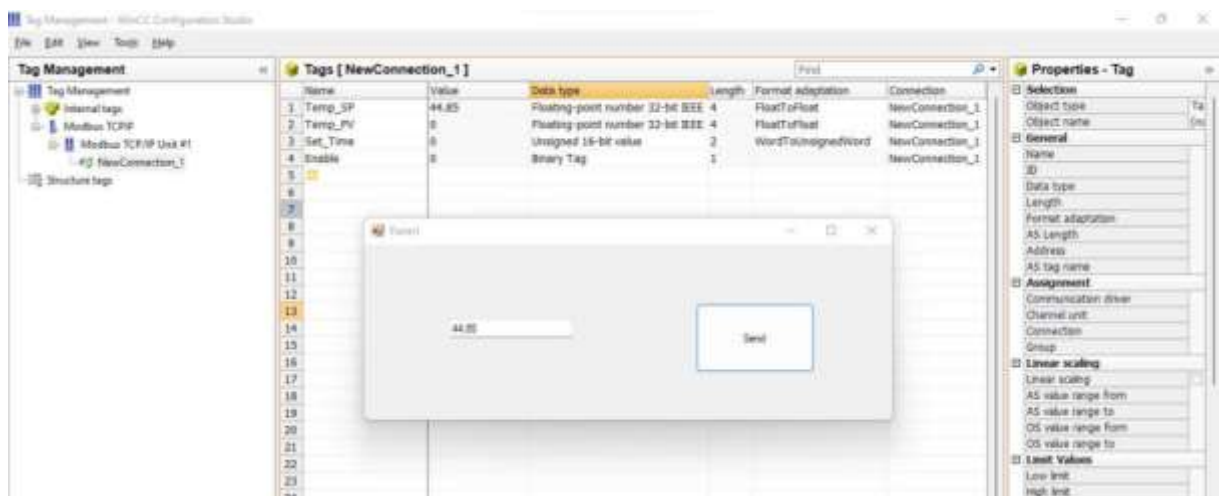
Tổng quan thiết kế:

Giao diện khá gọn gàng, tập trung vào điều chỉnh các thông số quan trọng và hiển thị kết quả mô phỏng.

Các hệ số Kp, Ki, Kd cho thấy đây có thể là mô phỏng dùng điều khiển PID để duy trì nhiệt độ và độ ẩm phù hợp trong quá trình sấy.

Phần cảnh báo thông tin giúp người dùng hiểu các điều kiện sấy chuẩn cho loại trái cây đã chọn.

Việc có nút AI nhận dạng cho thấy phần mềm có thể hỗ trợ tự động nhận biết loại trái cây dựa trên ảnh hoặc dữ liệu đầu vào.



Phần mềm WinCC Configuration Studio:

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Thanh điều hướng bên trái hiển thị cấu trúc dự án:

Tag Management (Quản lý các Tag tín hiệu).

Internal tags (Các tag nội bộ).

Modbus TCP/IP (giao thức truyền thông công nghiệp).

NewConnection_1 (một kết nối mới đang được cấu hình).

Bảng chính ở giữa liệt kê các Tag trong kết nối NewConnection_1:

Các trường gồm: Name (Tên Tag), Value (Giá trị hiện tại), Data type (Kiểu dữ liệu), Length, Format adaptation, Connection (kết nối thuộc).

Ví dụ Tag Temp_SP có giá trị 44.85, kiểu dữ liệu floating-point number 32-bit IEEE 4 byte.

Cột bên phải (Properties - Tag) hiển thị các thuộc tính chi tiết của tag đang được chọn:

Selection (chọn đối tượng).

General (thông tin tổng quát như Name, Data type).

Communication driver (driver giao tiếp).

Linear scaling (cài đặt tỉ lệ tuyến tính).

Limit values (giới hạn giá trị).

Cửa sổ Form nhỏ (phía trước):

Có một Textbox chứa giá trị "44.85" (có thể đây là giá trị nhiệt độ tham số).

Một nút bấm "Send" (Gửi), có thể dùng để gửi giá trị trong textbox vào hệ thống hoặc Tag trong WinCC.

Cửa sổ này có giao diện đơn giản, có thể là một ứng dụng tùy chỉnh để thao tác và kiểm thử việc gửi dữ liệu điều khiển hoặc giám sát.

Tổng thể:

Ảnh thể hiện quá trình cấu hình và kiểm thử một Tag Temp_SP trong hệ thống SCADA.

Giá trị 44.85 là giá trị cài đặt (setpoint) hoặc giá trị tham chiếu được nhập thủ công trong Form để gửi đi.

Mục đích có thể là điều khiển hoặc giám sát nhiệt độ qua giao thức Modbus TCP/IP.

Giao diện WinCC dùng để quản lý các Tag dữ liệu, trong khi Form là công cụ hỗ trợ gửi dữ liệu trực tiếp

Chi tiết mô tả:

Phần mềm mô phỏng sấy trái cây :

Giao diện tương tự mô phỏng trước:

Hiển thị các thông số:

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Độ ẩm hiện tại: 54.2%.

Nhiệt độ hiện tại: 62.7°C.

Thời gian sấy: chưa rõ.

Cài đặt nhiệt độ: 62.5°C.

Cài đặt độ ẩm: 15%.

Cài đặt thời gian: 720 (phút hoặc giây? có thể là phút, tương đương 12 tiếng).

Các hệ số Kp, Ki, Kd tương ứng.

Loại trái cây được chọn là Cam.

Có ảnh webcam chụp mặt người phía dưới trái.

Biểu đồ bên phải thể hiện diễn biến mô phỏng:

Đường cong màu đỏ và màu xanh, có thể là biểu diễn sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm theo thời gian sấy.

Trục hoành là thời gian sấy (tính theo phút hoặc giờ).

Trục tung là nhiệt độ hoặc độ ẩm (tương ứng giá trị từ 0 đến khoảng 70).

Phần mềm WinCC Runtime (phía sau, bên phải màn hình):

Bảng Tag Management đang hiển thị các biến:

Enable (Binary Tag).

Humidity_PV (độ ẩm đo được): 52.1.

Humidity_SP (độ ẩm đặt): 10.3.

PV_time (thời gian hiện tại).

Set_Time.

Temp_PV (nhiệt độ đo được): 62.5.

Temp_SP (nhiệt độ đặt): 62.5.

Các giá trị này rất sát với dữ liệu trong mô phỏng sấy, cho thấy WinCC đang nhận dữ liệu trực tiếp hoặc gần thời gian thực từ mô phỏng hoặc thiết bị điều khiển.

Tổng thể:

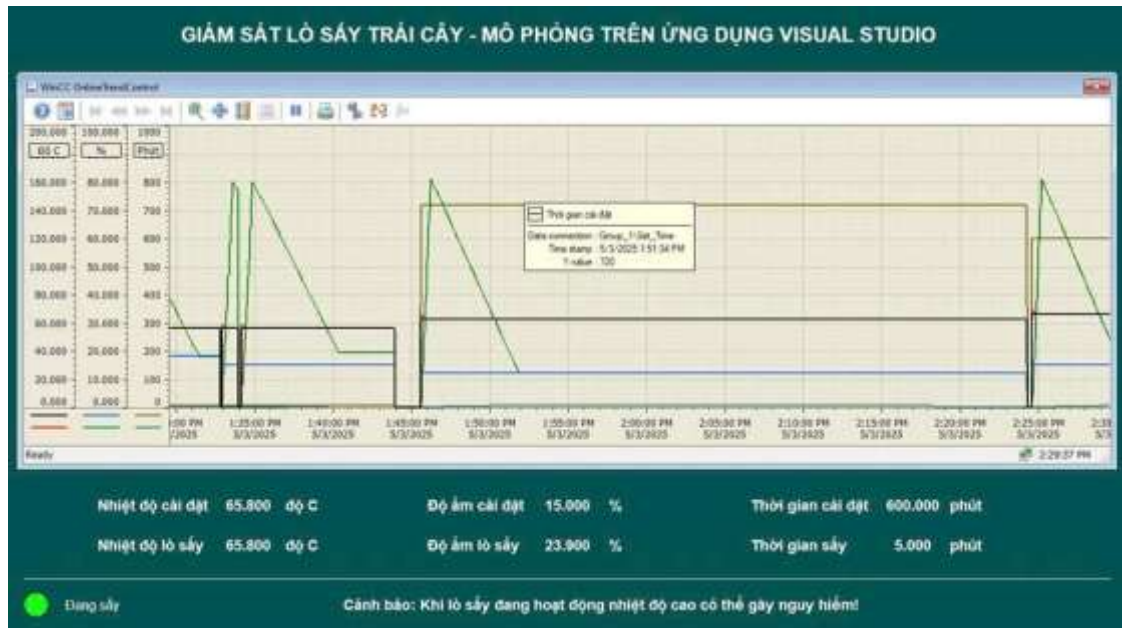
Ảnh thể hiện một hệ thống mô phỏng sấy trái cây (ở đây là cam) có giao tiếp trực tiếp với hệ thống SCADA WinCC để giám sát các thông số như nhiệt độ, độ ẩm, thời gian sấy.

Biểu đồ theo dõi diễn biến quá trình sấy, giúp người dùng có cái nhìn trực quan về sự thay đổi thông số trong suốt quá trình.

WinCC nhận và hiển thị các Tag dữ liệu quan trọng, có thể từ mô phỏng hoặc thiết bị thực tế.

Giao diện mô phỏng còn có phần webcam để quan sát trực tiếp đối tượng sấy.

Tiêu đề ứng dụng (phía trên cùng):



Hình 4.5 Giám sát lò sấy mô phỏng trên ứng dụng Visual Studio

Rõ ràng đây là phần mềm mô phỏng và giám sát quá trình sấy trái cây, dùng để kiểm soát các thông số kỹ thuật và thời gian thực.

Biểu đồ chính (chiếm phần lớn màn hình trên):

Đồ thị dạng đường (line chart) thể hiện sự biến đổi của nhiều tham số theo thời gian.

Trục ngang là thời gian, với mốc rõ ràng từ 1:30 PM đến 2:30 PM (ngày 5/3/2025).

Trục dọc bên trái có 2 trục giá trị:

Một trục đo nhiệt độ (độ C) với thang đo từ 0 đến khoảng 200°C.

Một trục đo độ ẩm với thang đo lên đến khoảng 1000 (có thể là phần trăm hoặc đơn vị tương ứng).

Đường màu xanh lá, xanh dương, đỏ, đen tượng trưng cho các tham số khác nhau:

Chẳng hạn, các đường màu xanh có thể là nhiệt độ cài đặt, nhiệt độ đo được.

Đường màu đỏ có thể là độ ẩm hoặc một chỉ số khác.

Trong biểu đồ có một pop-up nhỏ hiển thị thông tin chi tiết khi rê chuột qua một điểm dữ liệu:

"Thời gian cài đặt"

Data connection: Group_1, T_Set_Time

Time stamp: 5/3/2025 1:51:34 PM

Y value: 720 (có thể là thời gian cài đặt tính bằng phút)

Phần thông số cài đặt (dưới biểu đồ):

Hiển thị các thông số quan trọng liên quan đến quá trình sấy:

Nhiệt độ cài đặt: 65.800 °C

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Nhiệt độ lò sấy: 65.800 °C

Độ ẩm cài đặt: 15.000 %

Độ ẩm lò sấy: 23.900 %

Thời gian cài đặt: 600.000 phút (có thể lỗi đơn vị, thực tế nên là giây hoặc phút)

Thời gian sấy: 5.000 phút

Phần này giúp người dùng dễ dàng quan sát các tham số quan trọng đang được điều khiển và thực tế.

Trạng thái và cảnh báo:

Đèn báo trạng thái màu xanh lá với thông báo "Đang sấy" cho thấy hệ thống đang hoạt động bình thường.

Cảnh báo hiện thị: "Khi lò sấy đang hoạt động nhiệt độ cao có thể gây nguy hiểm!"

Cảnh báo này rất quan trọng để người vận hành chú ý an toàn trong quá trình vận hành lò sấy.

Khi có sự cố, lỗi hệ thống, hoặc lí do khác muốn dừng, thực hiện lại thao tác sấy có thể nhấn nút "Reset"

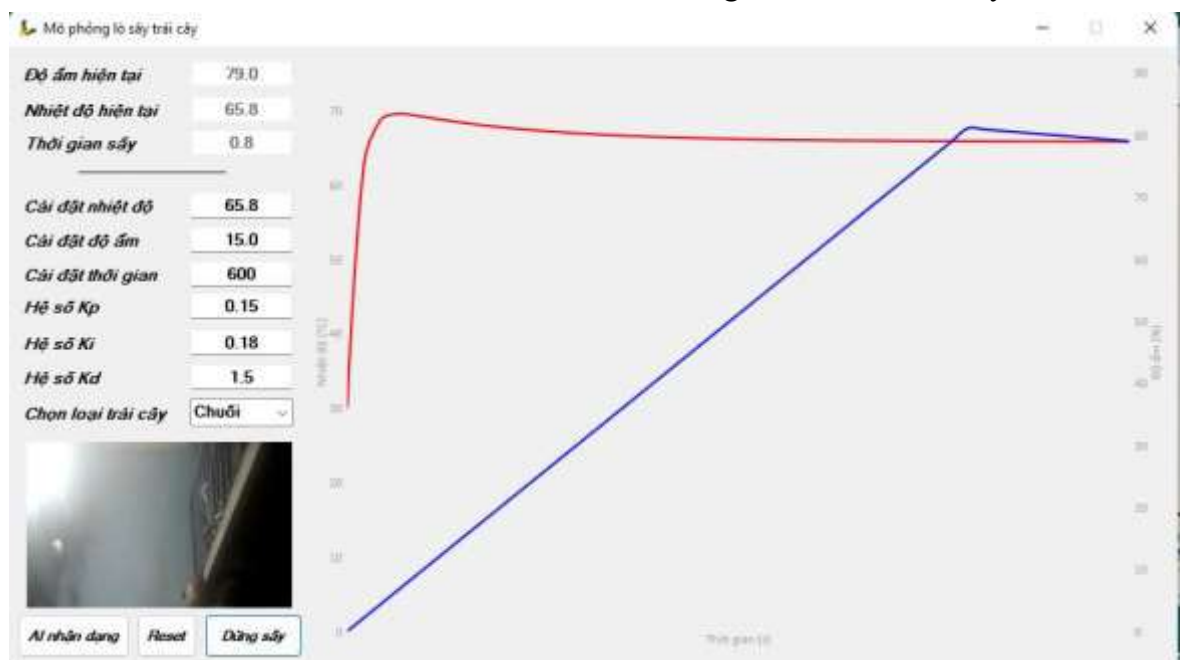
Tổng quan:

Giao diện mô phỏng này khá chuyên nghiệp, rõ ràng, thể hiện trực quan diễn biến các tham số nhiệt độ, độ ẩm và thời gian sấy.

Biểu đồ cung cấp cái nhìn trực quan theo thời gian thực hoặc theo dữ liệu lịch sử.

Các thông số cài đặt và thực tế được hiển thị chi tiết để so sánh, giúp kiểm soát quá trình sấy tốt hơn.

Cảnh báo an toàn được đặt nổi bật nhằm đảm bảo người vận hành chú ý.



Hình 4.6 Giao diện mô phỏng hoàn chỉnh

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

1. Những vấn đề đạt được

Hệ thống điều khiển PID đã được triển khai thành công, giúp duy trì nhiệt độ ổn định trong suốt quá trình sấy.

Nhờ vào việc duy trì nhiệt độ ổn định, hệ thống giúp bảo vệ chất lượng trái cây sấy, giảm thiểu hiện tượng cháy hoặc khô quá mức, từ đó giữ được hương vị, màu sắc và các dưỡng chất tự nhiên của trái cây.

Hệ thống tự động điều chỉnh nhiệt độ dựa trên các tín hiệu đầu vào, giúp giảm thiểu sự can thiệp của con người và hạn chế các sai sót do yếu tố con người gây ra. Điều này tạo sự thuận lợi cho việc vận hành và giảm rủi ro trong quá trình sản xuất.

Hệ thống PID cho phép người vận hành dễ dàng điều chỉnh các tham số để phù hợp với các loại trái cây khác nhau hoặc yêu cầu sản xuất cụ thể. Điều này giúp tối ưu hóa quá trình sấy cho từng loại sản phẩm, đáp ứng nhu cầu đa dạng của thị trường.

Các thử nghiệm thực tế đã chứng minh rằng hệ thống hoạt động ổn định, nhiệt độ trong lò sấy được kiểm soát chính xác, từ đó giúp duy trì chất lượng sản phẩm ở mức cao và nâng cao hiệu suất sản xuất.

2. Ưu điểm

Hệ thống điều khiển PID giúp duy trì nhiệt độ ổn định trong suốt quá trình sấy, từ đó giảm thiểu sự ảnh hưởng của nhiệt độ cao hay thấp đến chất lượng sản phẩm, bảo vệ vitamin và hương vị tự nhiên của trái cây.

Với sự ổn định của nhiệt độ, hệ thống giảm thiểu hiện tượng tiêu tốn năng lượng do việc điều chỉnh nhiệt độ quá mức, giúp tiết kiệm chi phí vận hành lò sấy.

Bộ điều khiển PID cho phép tinh chỉnh các tham số một cách chính xác, giúp người vận hành dễ dàng tối ưu hóa quy trình sấy tùy theo loại trái cây hoặc yêu cầu đặc thù.

Hệ thống có khả năng tự động điều chỉnh nhiệt độ dựa trên các tín hiệu đầu vào, giảm thiểu sự can thiệp của con người và nâng cao hiệu quả vận hành.

3. Nhược điểm

Việc đầu tư vào hệ thống điều khiển PID và lò sấy có thể đòi hỏi chi phí cao hơn so với các phương pháp truyền thống, điều này có thể là một trở ngại đối với những doanh nghiệp nhỏ.

Hệ thống PID yêu cầu người vận hành có kiến thức chuyên sâu về lý thuyết và thực hành để điều chỉnh các tham số cho phù hợp, nếu không sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động.

Việc thiết kế và bảo trì một hệ thống điều khiển PID có thể gặp khó khăn, đặc biệt khi hệ thống gặp sự cố hoặc cần phải thay thế linh kiện.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

4. Thi công hệ thống

Do đề tài mới dừng lại ở mô phỏng, nên phần thi công mô hình được trình bày như bước mở rộng, ứng dụng trong tương lai gần.

5. Hướng phát triển

Một trong những hướng phát triển quan trọng trong tương lai là tích hợp công nghệ Internet of Things (IoT) để giám sát và điều khiển từ xa. Người sử dụng có thể theo dõi và điều chỉnh nhiệt độ lò sấy qua ứng dụng trên điện thoại hoặc máy tính, từ đó nâng cao sự tiện lợi và hiệu quả.

Phát triển các thuật toán PID thông minh hơn, có khả năng tự động điều chỉnh các tham số khi gặp điều kiện mới, giúp hệ thống trở nên tự động và hiệu quả hơn.

Tăng cường các cảm biến nhiệt độ với độ chính xác cao hơn, giúp hệ thống có thể điều khiển nhiệt độ chính xác đến từng mức độ nhỏ nhất.

Phát triển và mở rộng hệ thống điều khiển PID không chỉ trong lò sấy trái cây mà còn có thể ứng dụng trong các lĩnh vực khác như sản xuất thực phẩm, dược phẩm, hay công nghiệp chế biến thực phẩm.

6. Kết luận

Quá trình nghiên cứu, thực hiện đề tài: **“Thiết kế hệ thống sấy khô hoa quả ứng dụng bộ điều khiển thích nghi và xử lý ảnh”** nhóm em đã nắm bắt được:

- Nắm chắc và củng cố các kiến thức cơ bản.
- Nắm bắt được việc điều khiển, giám sát nhiệt độ.
- Đáp ứng tính liên tục trong quy trình sản xuất cho phù hợp với thực tế.
- Mô hình đảm bảo làm việc tốt.

Tuy vậy, do khả năng, trình độ và kinh nghiệm còn hạn chế nên bài báo cáo đồ án của nhóm em không tránh khỏi những sai sót và những khó khăn nhất định khi thực hiện đồ án như:

- Tìm hiểu, lựa chọn, và tính chọn các thiết bị trong hệ thống.
- Còn khó khăn trong việc mô phỏng chế độ hoạt động của hệ thống.
- Quy trình và phương án giải quyết khúc mắc.

Vì vậy, chúng em rất mong nhận được sự giúp đỡ, góp ý kịp thời của Giáo viên hướng dẫn, để bài báo cáo của chúng em được hoàn thiện và đầy đủ hơn.

Sau thời gian nghiên cứu thực hiện đồ án, nhóm em nhận thấy thời gian này là một giai đoạn hết sức quan trọng đối với sinh viên, đặc biệt dưới sự hướng dẫn chỉ bảo tận tình với sự giúp đỡ của Giáo viên hướng dẫn cùng với sự nỗ lực của nhóm đến nay chúng em đã hoàn thành đầy đủ các công việc mà đồ án tốt nghiệp yêu cầu, củng cố lại các kiến thức đã tiếp thu được trong quá trình thực hiện.

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

Mặc dù nhóm em đã cố gắng, nhưng trong quá trình thực hiện vẫn còn gặp rất nhiều khó khăn, nội dung đề án vẫn còn thiếu sót. Vì vậy em mong nhận được sự chỉ bảo của các Thầy, Cô và các bạn để đề án này được hoàn thiện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kỹ Thuật Sấy – Hoàng Văn Chúc – Nhà xuất bản Khoa Học và Kỹ Thuật
2. Tính toán và thiết kế hệ thống sấy – PGS.TSKH Trần Văn Phú
3. Nhiệt động Kỹ Thuật – PGS.TS Phạm Lê Dân, PGS.TS Bùi Hải – Nhà xuất bản Khoa Học và Kỹ Thuật
4. Nghiên cứu sấy bằng nguyên lý bơm nhiệt cho một số loại nông sản Việt Nam – Nguyễn Hào, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Văn Công, Nguyễn Văn Lành, Lê Quang Giảng – Báo cáo hội thảo lần thứ 20 – ĐHBK Hà Nội – Trang 88-92
5. Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ sấy lạnh bằng bơm nhiệt máy nén – Th.S. Nguyễn Thanh Liêm, PGS.TS Phạm Văn Tụy – Báo cáo hội thảo toàn quốc chuyên đề kỹ thuật Nhiệt Lạnh 12/4/2002 – Trang 274-279
6. Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị sấy bơm nhiệt sử dụng nhiệt độ thấp – PGS. TS Trần Văn Phú – Tạp chí KHKT CN Nhiệt Lạnh – 11/2003 – Trang 95-101
7. Bơm nhiệt không khí với ứng dụng chế tạo thiết bị sấy nông sản – PGS.TS Phạm Văn Tụy, KS Nguyễn Thanh Liêm, KS Dương Văn Vượng – Tạp chí KH&CN Nhiệt Lạnh 2011 – Trang 10-12
8. Ứng dụng tính toán thiết kế kết hợp sấy lạnh bằng bơm nhiệt với nhiệt mặt trời – PGS.TS Phạm Văn Tụy – Tạp chí KH&CN Nhiệt Lạnh – 11/2003 – Trang 65/99/2003
9. Thiết kế hệ thống thiết bị sấy – BK-BSH 18 – Tạp chí KH&CN Nhiệt Lạnh – Trang 71-87
10. Thiết kế, ứng dụng bơm nhiệt vào dây chuyền sấy lạnh dược phẩm – Nguyễn Như Thái – Đồ án tốt nghiệp – Năm 2005
11. Thiết kế hệ thống thiết bị sấy – PGS.TS Hoàng Văn Chúc – Nhà xuất bản Khoa Học và Kỹ Thuật
12. Nghiên cứu thiết kế hệ sấy lạnh rau củ thực phẩm bằng bơm nhiệt dàn nóng – PGS.TS Phạm Văn Tụy, KS Vũ Huy Khúc, KS Nguyễn Khắc Tuyên – Tạp chí Khoa học kỹ thuật Nhiệt Lạnh số 9/2003 – Trang 170-176
13. Quy trình công nghệ sấy nông sản chế phẩm rau quả lạnh đông và sấy lạnh – Nguyễn Văn Tụy – 2002
14. Artificial intelligence assisted technologies for controlling the drying of fruits and vegetables using physical fields- Jieling Chen, Min Zhang, Baoguo Xu, Jincal Sun, Arun S. Mujumdar
15. Applications mlp and other methods in artificial intelligence ò fruit and vegetable in convective and spray drying - Krzysztof pizybyf and Krzysztof koszela.

PHỤ LỤC

Chương trình mô phỏng

```
using LiveCharts.Wpf;
using LiveCharts;
using System;
using System.IO;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.Windows.Threading;
using LiveCharts.WinForms;
using CsvHelper;
using System.Globalization;
using System.Collections.Generic;

namespace WindowsFormsApp1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        private PIDController pid;
        private double currentTemperature = 30; // Nhiệt độ ban đầu
        private double currentHumidity = 0; // Độ ẩm ban đầu
        private double targetTemperature;
        private double targetHumidity;
        private int dryingTime;
        private DateTime startTime;
        private bool isRunning = false;
        private List<LogData> logList = new List<LogData>();
    }
}
```

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

```
private TextWriter writer;
private bool a = true;

public Form1()
{
    InitializeComponent();
    pid = new PIDController(1.0, 0.1, 0.01);

    // Khởi tạo SeriesCollection với 2 LineSeries (Nhiệt độ và Độ ẩm)
    cartesianChart1.Series = new SeriesCollection
    {
        new LineSeries
        {
            Title = "Nhiệt độ (°C)",
            Values = new ChartValues<double>(),
            Stroke = System.Windows.Media.Brushes.Red, // Màu đỏ cho nhiệt độ
            Fill = System.Windows.Media.Brushes.Transparent,
            PointGeometry = null
        },
        new LineSeries
        {
            Title = "Độ ẩm (%)",
            Values = new ChartValues<double>(),
            Stroke = System.Windows.Media.Brushes.Blue, // Màu xanh cho độ
            Fill = System.Windows.Media.Brushes.Transparent,
            PointGeometry = null,
            ScalesYAt = 1 // Gán độ ẩm vào trục Y phụ
        }
    };

    // Cấu hình trục X (thời gian)
    cartesianChart1.AxisX.Add(new Axis
    {
        Title = "Thời gian (s)",
```

```
        Labels = new List<string>()
    });

    // Cấu hình trục Y chính (Nhiệt độ)
    cartesianChart1.AxisY.Add(new Axis
    {
        Title = "Nhiệt độ (°C)",
        MinValue = 0
    });

    // Cấu hình trục Y phụ (Độ ẩm)
    cartesianChart1.AxisY.Add(new Axis
    {
        Title = "Độ ẩm (%)",
        MinValue = 0,
        Position = AxisPosition.RightTop
    });
}

private void btnStart_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!isRunning)
    {
        btnStart.Text = "Dừng sấy";
        pid.Kp = double.Parse(txtKp.Text);
        pid.Ki = double.Parse(txtKi.Text);
        pid.Kd = double.Parse(txtKd.Text);
        targetTemperature = double.Parse(txtTargetTemp.Text);
        targetHumidity = double.Parse(txtTargetHumidity.Text);
        dryingTime = int.Parse(txtDryingTime.Text) * 60; // Phút -> Giờ
        startTime = DateTime.Now;
        isRunning = true;
        timer1.Interval = 1000;
        timer1.Start();
    }
    else

```

```
{
    btnStart.Text = "Tiếp tục sấy";
    isRunning = false;
    timer1.Stop();
    //SaveLogToCSV();
}
}
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    if (!isRunning) return;
    double control = pid.Compute(targetTemperature, currentTemperature);
    currentTemperature += control * 0.5; // Giả lập nhiệt độ
    if (a)
    {
        currentHumidity += 3.2;
        if (currentHumidity >= 80.0)
        {
            a = false;
        }
    }
    else
    {
        if (currentHumidity > 15.0)
        {
            currentHumidity -= 0.2; // Giả lập giảm độ ẩm
        }
    }
    TimeSpan elapsedTime = DateTime.Now - startTime;
    txtCurrentTemp.Text = currentTemperature.ToString("0.0");
    txtCurrentHumidity.Text = currentHumidity.ToString("0.0");
    txtElapsedTime.Text = elapsedTime.TotalMinutes.ToString("0.0");
    cartesianChart1.Series[0].Values.Add(currentTemperature);
    cartesianChart1.Series[1].Values.Add(currentHumidity);
    logList.Add(new LogData(elapsedTime.TotalSeconds,
currentTemperature, currentHumidity));
```

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

```
        if (elapsedTime.TotalSeconds >= dryingTime || currentHumidity <=
targetHumidity)
        {
            if (!a)
            {
                btnStart.PerformClick();
            }
        }
    }
}

private void btnStart_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!isRunning)
    {
        btnStart.Text = "Dừng sấy";
        pid.Kp = double.Parse(txtKp.Text);
        pid.Ki = double.Parse(txtKi.Text);
        pid.Kd = double.Parse(txtKd.Text);
        targetTemperature = double.Parse(txtTargetTemp.Text);
        targetHumidity = double.Parse(txtTargetHumidity.Text);
        dryingTime = int.Parse(txtDryingTime.Text) * 60; // Phút -> Giây
        startTime = DateTime.Now;
        isRunning = true;
        timer1.Interval = 1000;
        timer1.Start();
    }
    else
    {
        btnStart.Text = "Tiếp tục sấy";
        isRunning = false;
        timer1.Stop();
        //SaveLogToCSV();
    }
}

private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    if (!isRunning) return;
```

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

```
double control = pid.Compute(targetTemperature, currentTemperature);
currentTemperature += control * 0.5; // Giả lập nhiệt độ
if (a)
{
    currentHumidity += 3.2;
    if (currentHumidity >= 80.0)
    {
        a = false;
    }
}
else
{
    if (currentHumidity > 15.0)
    {
        currentHumidity -= 0.2; // Giả lập giảm độ ẩm
    }
}
```

```
TimeSpan elapsedTime = DateTime.Now - startTime;
txtCurrentTemp.Text = currentTemperature.ToString("0.0");
txtCurrentHumidity.Text = currentHumidity.ToString("0.0");
txtElapsedTime.Text = elapsedTime.TotalMinutes.ToString("0.0");
```

```
cartesianChart1.Series[0].Values.Add(currentTemperature);
cartesianChart1.Series[1].Values.Add(currentHumidity);
```

```
logList.Add(new LogData(elapsedTime.TotalSeconds,
currentTemperature, currentHumidity));
```

```
if (elapsedTime.TotalSeconds >= dryingTime || currentHumidity <=
targetHumidity)
{
    if (!a)
    {
        btnStart.PerformClick();
    }
}
```

Nghiên cứu và phát triển bộ điều khiển thích nghi cho hệ thống sấy hoa quả thông minh

```
    }  
  
    }  
}  
  
private void SaveLogToCSV()  
{  
    using (var writer = new StreamWriter("DryingLog.csv"));  
    using (var csv = new CsvWriter(writer, CultureInfo.InvariantCulture))  
    {  
        csv.WriteRecords(logList);  
    }  
    MessageBox.Show("Dữ liệu đã được lưu vào DryingLog.csv", "Thông  
báo");  
}  
  
public class LogData  
{  
    public double Time { get; set; }  
    public double Temperature { get; set; }  
    public double Humidity { get; set; }  
  
    public LogData(double time, double temp, double hum)  
    {  
        Time = time;  
        Temperature = temp;  
        Humidity = hum;  
    }  
}  
  
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)  
{
```