

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NHIỆT TỰ ĐỘNG CHO BỘ PHẬN GIA NHIỆT GIÁN TIẾP CỦA MÁY SẤY ĐA NĂNG ĐẢO CHIỀU GIÓ SỬ DỤNG PHỤ PHẨM NÔNG NGHIỆP

Nguyễn Văn Điều^{*}, Hoàng Xuân Anh, Ngô Trí Dương, Bùi Quốc Huy

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

**Tác giả liên hệ: nvdieu@vnua.edu.vn*

Ngày nhận bài: 20.02.2019

Ngày chấp nhận đăng: 21.06.2019

TÓM TẮT

Bài báo này nhằm giới thiệu hệ thống điều khiển nhiệt tự động cho bộ phận gia nhiệt gián tiếp của máy sấy đa năng đảo chiều gió được áp dụng ở thị xã Hương Ngải, Huyện Thạch Thất, Hà Nội với năng suất sấy 7 tạ/mê, giúp làm tăng chất lượng của nông sản, giảm thất thoát sau thu hoạch. Hệ thống được tiến hành thử nghiệm với việc gia nhiệt nhờ đốt cháy hai loại phế phụ phẩm phổ biến là lõi ngô ép và trấu viên nhằm tận dụng phế phụ phẩm nông nghiệp và giảm ô nhiễm môi trường. Trong quá trình thử nghiệm, mạch arduino liên tục nhận tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ để tự động điều khiển đóng mở cửa lấy gió tươi từ bên ngoài cấp cho bộ phận gia nhiệt. Hệ thống điều khiển nhiệt tự động làm việc bền vững và ổn định cho yêu cầu công nghệ sấy thóc ở nhiệt độ 50°C với độ lệch nhiệt độ khi điều khiển so với nhiệt độ đặt nhỏ hơn 5%, giúp nâng cao chất lượng sản phẩm của quá trình sấy. Nghiên cứu bước đầu giải quyết được việc điều khiển hệ thống gia nhiệt gián tiếp với nhiệt lượng ổn định cung cấp cho buồng sấy thông qua hai loại phế phụ phẩm có sẵn.

Từ khoá: Điều khiển nhiệt tự động, máy sấy đa năng, phế phụ phẩm nông nghiệp.

Design, Manufacturing and Testing of the Automatic Heat Control System for Indirect Heating Parts of the Reversible Multi-purpose Dryer, Using Agricultural Waste Products

ABSTRACT

This paper aims to introduce the automatic heat control system for indirect heating parts of the reversible multi-purpose dryer in Huong Ngai town, Thach That District, Hanoi with a drying capacity of 7 quintals/batch, helping to increase the quality of agricultural products, reducing post-harvest losses. The system was experimented with heating by burning two common waste products: pressed maize cob and rice husk firewood to utilize agricultural by-products and reduce environmental pollution. During testing, the Arduino board continuously received signals from the temperature sensor to automatically control opening and closing of the door to get fresh air from the outside for heating parts. The automatic heat control system worked sustainably and stably for the requirements of paddy drying technology at a temperature of 50°C with control temperature deviation compared to set temperature less than 5%, helping improve the product quality of the drying process. The research preliminary solved the indirect heating system control with stable heat supplied to the drying chamber through two types of agricultural waste products available.

Keywords: Automatic heat control, multipurpose dryer, agricultural waste.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các sản phẩm lương thực ở dạng hạt muốn bảo quản hay chế biến thành dạng thức ăn khác

phục vụ cho đời sống cộng đồng cần phải tránh được thất thoát chất dinh dưỡng sau khi thu hoạch sản phẩm. Do vậy, các sản phẩm nông nghiệp sau khi thu hoạch cần được sấy khô tới

độ ẩm phù hợp để bảo quản. Với điều kiện đầu tư còn phân tán nên mức độ thất thoát sau thu hoạch của Việt Nam còn cao, chiếm khoảng 11,7%, đặc biệt khâu phơi sấy của Việt Nam thất thoát (4,2%). Vì vậy, phơi sấy chính là khâu cần ưu tiên cải tiến công nghệ trong tương lai (Đào Thế Anh, 2018).

Hiện nay trên thế giới đã có rất nhiều loại thiết bị sấy hiện đại, có công suất lớn nhưng giá thành lại quá cao và đòi hỏi kỹ thuật vận hành phức tạp nên không thể đưa các loại máy đó vào cho sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam. Ở trong nước cũng có rất nhiều nghiên cứu và chế tạo các loại máy sấy như thiết bị sấy sử dụng năng lượng mặt trời kiểu đối lưu tự nhiên (Đỗ Minh Cường & Phan Hòa, 2009), hay máy sấy thùng quay kết hợp bơm nhiệt để xử lý nhiệt ẩm tác nhân sấy (Nguyễn Trọng Các & Đình Văn Nhượng, 2017). Tuy nhiên, các máy sấy này vẫn ở trong giai đoạn nghiên cứu, thử nghiệm nên công suất thấp và chưa được áp dụng thực tế cũng như chưa tận dụng được tối đa phế phụ phẩm trong nông nghiệp.

Nhóm nghiên cứu thuộc Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã chế tạo thiết bị sấy cơ động cỡ nhỏ, có đảo chiều gió, phù hợp với nông hộ và quy mô hợp tác xã thuộc Đồng bằng Bắc Bộ và đã được áp dụng tại hợp tác xã Hương Ngải, huyện Thạch Thất, Hà Nội. Qua quá trình sử dụng thiết bị sấy này cho thấy còn một số hạn chế như: vẫn sử dụng than đá để gia nhiệt, không có bộ phận điều khiển nhiệt nên nhiệt độ sấy không ổn định, thậm chí nhiệt độ vượt quá nhiệt độ yêu cầu của công nghệ sấy, gây ra nhiều biến đổi xấu đến chất lượng sản phẩm. Nhiệt độ khí sấy có ảnh hưởng mạnh đến các tính chất cơ - nhiệt của hạt thóc trong sấy đối lưu bằng khí nóng và tốt hơn cả là giữ nhiệt độ của khí sấy nhỏ hơn nhiệt độ chuyển thái giòn - dẻo (T_g) của thóc ($T_g = 43 \div 53^\circ\text{C}$ ứng với độ ẩm của thóc giảm từ $30 \div 13\%$) thì sẽ giảm thiểu được ứng suất nhiệt trong hạt khi sấy tĩnh (Abud & cs., 2000; Cnossen & cs., 2001). Mặt khác, do hệ thống điều khiển nhiệt được thiết kế không đồng bộ (thiếu hệ thống quạt điều khiển tự động quá trình cháy trong buồng đốt và hệ thống cấp liệu trong buồng đốt) nên không tiết

kiệm được nhiên liệu và chi phí lao động cho việc cấp liệu vào buồng đốt. Vì vậy, việc nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống điều khiển nhiệt độ nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm sấy, giảm chi phí nhiên liệu và công lao động để triển khai áp dụng rộng rãi cho các cơ sở chế biến nông sản thực phẩm ở nước ta là vấn đề cấp thiết.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Vật liệu thí nghiệm

Trấu viên là một sản phẩm được làm hoàn toàn từ vỏ trấu và không lẫn tạp chất. Trong vỏ trấu chứa khoảng 75% chất hữu cơ dễ bay hơi cháy trong quá trình đốt và còn 25% còn lại chuyển thành tro (Nguyễn Bá Tuấn, 2012). Sử dụng trấu viên không gây ô nhiễm môi trường và đạt hiệu quả kinh tế hơn than rất nhiều, tiết kiệm hơn 40% chi phí nhiên liệu. Trấu viên có chiều dài 15-20 mm, đường kính 6-8 mm. Thành phần của vỏ trấu chủ yếu chứa các nguyên tố C, H, O, Si chiếm tới 98,85% còn lại các nguyên tố khác không đáng kể. Các chất hữu cơ của trấu là các mạch poly carbohydrat rất dài, những thành phần rất dễ cháy (Nguyễn Thị Liên, 2016). Chất đốt từ vỏ trấu được sử dụng rất nhiều trong cả sinh hoạt và sản xuất nhờ có những ưu điểm: Khả năng cháy và sinh nhiệt tốt do thành phần có 75% là chất xơ, cứ 1 kg trấu khi đốt sinh ra 3.400 Kcal (Trần Thị Như Mai & Nguyễn Thị Hồng Hạnh, 2010). Lượng tro thải ra sau khi đốt rất mịn, có thể tận dụng dùng làm phân bón sạch và làm nguyên liệu trong các ngành công nghiệp luyện thép và sản xuất xi măng,...

Lõi ngô ép viên là sản phẩm được làm từ lõi ngô. Lõi ngô ép viên có chứa đến 82% carbohydrat nên rất dễ cháy. Lõi ngô ép có thể được làm ra với nhiều kích thước khác nhau. Trong thí nghiệm có sử dụng lõi ngô ép có chiều dài 180-200 mm, đường kính 50 mm.

Thóc giống thử nghiệm được thu hoạch từ giống lúa BC15. Đây là giống lúa thuần được chọn lọc cá thể từ giống IR17494 (13/2), đã được

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt tự động cho bộ phận gia nhiệt gián tiếp của máy sấy đa năng đảo chiều gió sử dụng phụ phẩm nông nghiệp

Bộ NN & PTNT công nhận giống Quốc gia tại Quyết định số 319/QĐ-CLT ngày 15/12/2008. Thời gian sinh trưởng tại miền Bắc: Vụ Xuân 130-138 ngày, vụ Mùa 110-115 ngày, bông to, dài, nhiều hạt, hạt thon, khối lượng 1.000 hạt 23-24 g.

2.1.2. Dụng cụ thí nghiệm

- Cảm biến đo nhiệt độ không khí cấp cho buồng sấy được sử dụng là IC cảm biến nhiệt độ DS18B20. Dải đo nhiệt độ -55°C đến 125°C, độ chính xác 0,1°C.

- Nút bấm tạo tín hiệu để cài đặt chế độ làm việc bao gồm cài đặt nhiệt độ T bằng 2 nút tăng hoặc giảm 1°C và ON, OFF hệ thống.

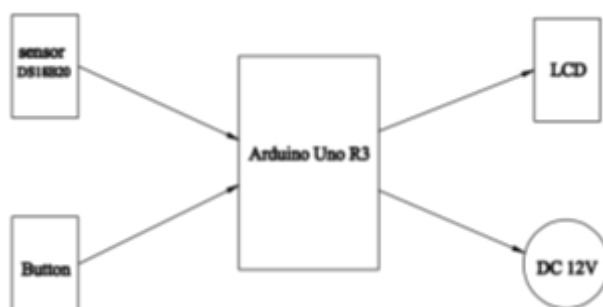
- Arduino Uno là bo mạch được thiết kế với bộ xử lý trung tâm là vi điều khiển AVR Atmega328. Nó có nhiệm vụ nhận tín hiệu từ cảm biến và điều khiển độ rộng của cửa gió tươi.

- Trục động cơ gắn bánh răng, khi động cơ quay làm quay trục của bánh răng, từ đó làm thay đổi độ rộng của cửa để thay đổi lượng khí tươi đi vào.

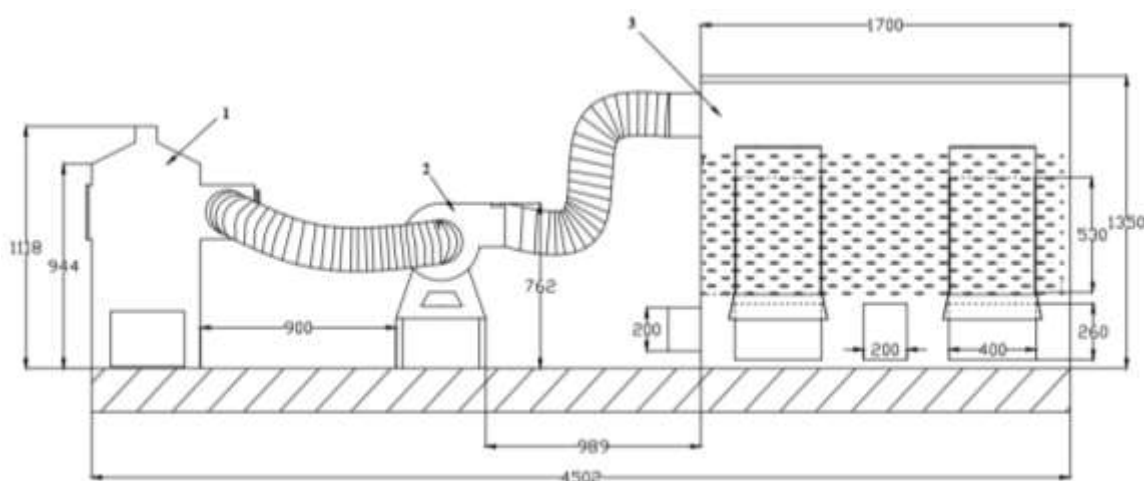
Nhiệt độ cài đặt T và nhiệt độ đo được từ CB1 sẽ được hiển thị trực quan trên khối hiển thị LCD.

2.1.3. Thiết bị thí nghiệm

Máy sấy đảo chiều gió ở được thực nghiệm tại Hợp tác xã Hương Ngải - huyện Thạch Thất - Thành phố Hà Nội với năng suất 7 tạ/m². Máy sấy được cấu tạo bởi 3 phần chính: Bộ phận gia nhiệt, bộ phận cấp khí và buồng sấy. Máy sấy đã sử dụng việc đốt than đá trong bộ phận gia nhiệt để cấp nhiệt cho buồng sấy thông qua bộ phận cấp khí. Vật liệu sấy thử nghiệm là thóc được thu hoạch tại xã Hương Ngải - huyện Thạch Thất - thành phố Hà Nội. Máy sấy được sử dụng chủ yếu trong mùa thu hoạch cho thóc giống với thời tiết mưa và độ ẩm cao.



Hình 1. Sơ đồ khối của mạch đo và thiết bị điều khiển nhiệt độ cho buồng sấy



Ghi chú: 1 - Bộ phận gia nhiệt, 2 - Bộ phận cấp khí, 3 - Buồng sấy.

Hình 2. Bản vẽ của máy sấy khi chưa có hệ thống điều khiển nhiệt

Để đảm bảo độ khô đồng đều theo chiều cao của lớp vật liệu sấy, trong máy sấy có bố trí bộ phận thay đổi chiều gió nóng cấp vào theo chiều từ dưới lên trên và từ trên xuống dưới bằng cách thay đổi vị trí lắp ống cấp gió nóng ở cửa trên hoặc cửa dưới. Thời gian đảo chiều gió 1-2 h một lần.

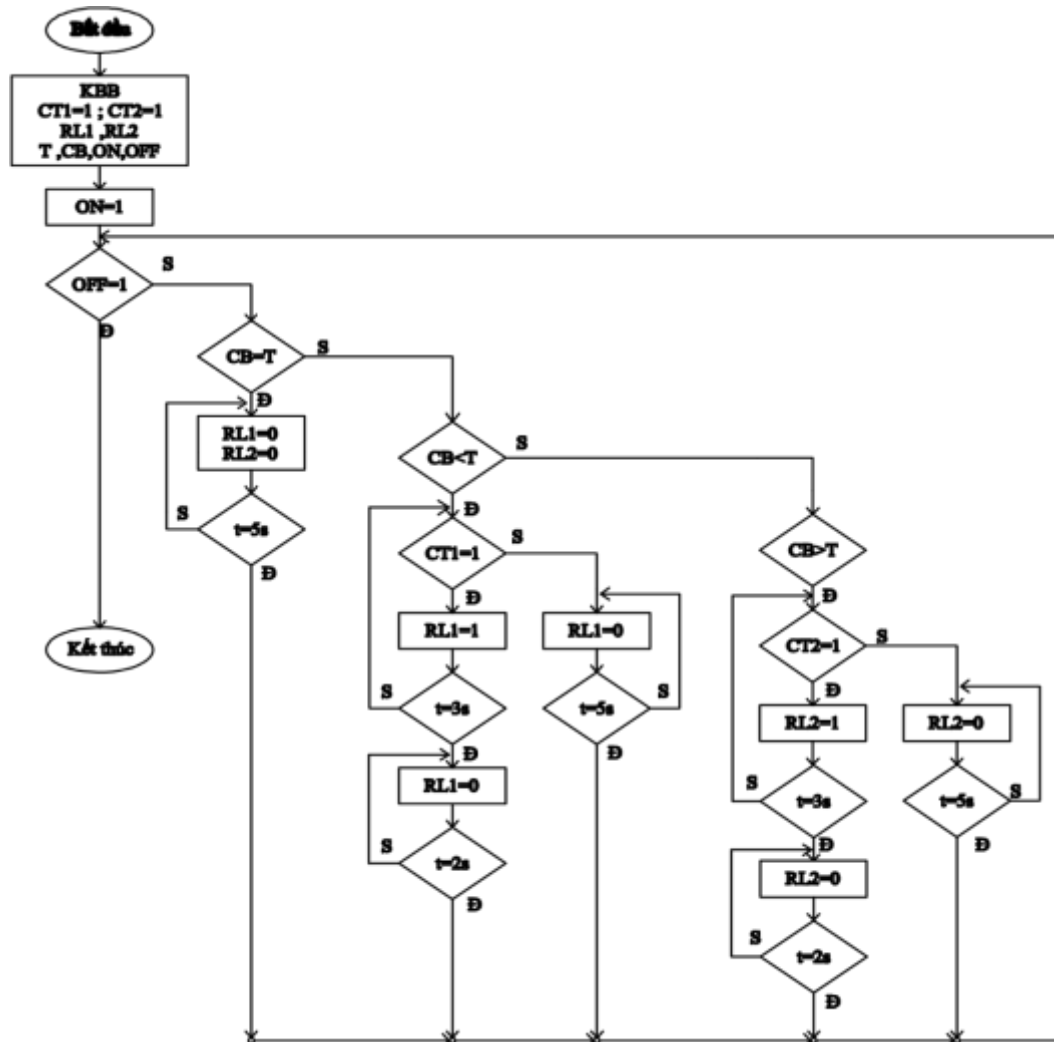
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Lưu đồ thuật toán điều khiển

- Nếu nhiệt độ đo được từ cảm biến 1 (CB) bằng nhiệt độ đặt lúc này động cơ sẽ ngừng hoạt động ($RL1 = RL2 = 0$).

- Nếu nhiệt độ đo được từ CB nhỏ hơn nhiệt độ đặt lúc này hệ thống điều khiển sẽ điều khiển động cơ đóng cửa ($RL1 = 1$) trong thời gian 3s sau đó động cơ dừng trong 2s, quá trình được thực hiện cho tới khi gặp công tắc hành trình CT1 thì động cơ ngừng. Bấm nút OFF hệ thống ngừng hoạt động.

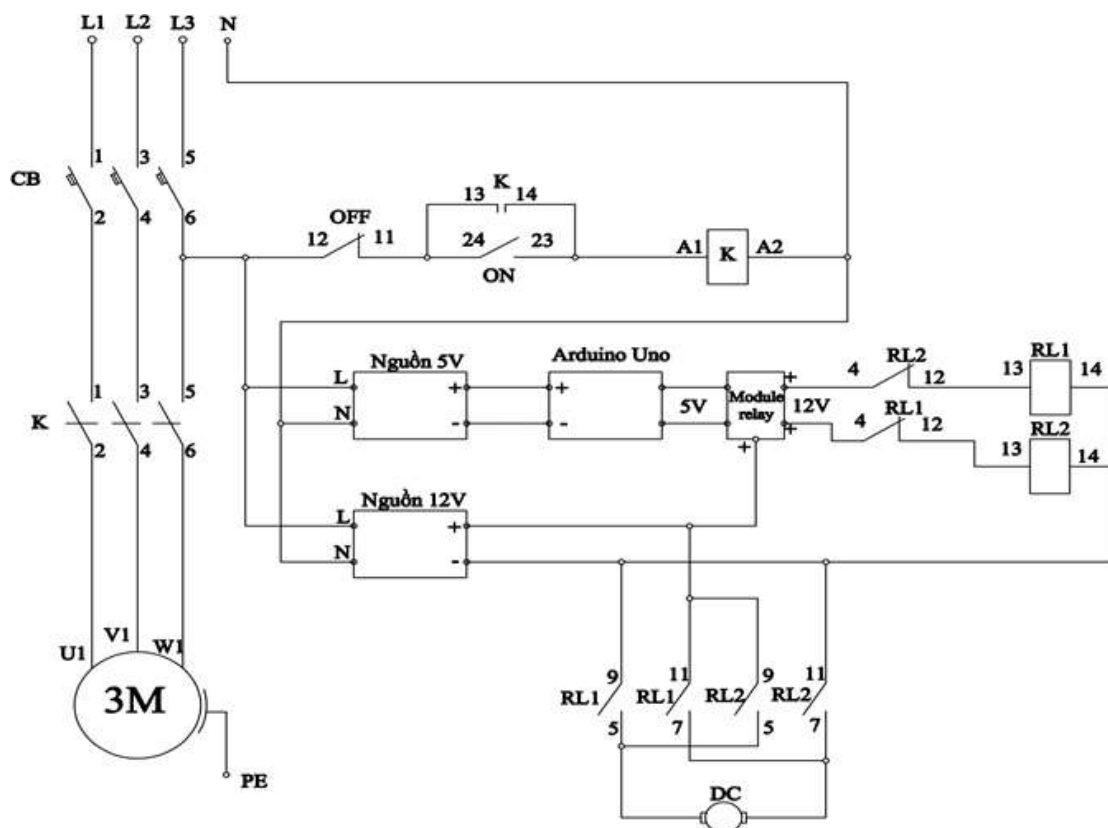
- Nếu nhiệt độ đo được từ CB lớn hơn nhiệt độ đặt lúc này hệ thống điều khiển sẽ điều khiển động cơ mở cửa ($RL2 = 1$) trong thời gian 3s sau đó động cơ dừng trong 2s, quá trình được thực hiện cho tới khi gặp công tắc hành trình CT2 thì động cơ ngừng. Bấm nút OFF hệ thống ngừng hoạt động.



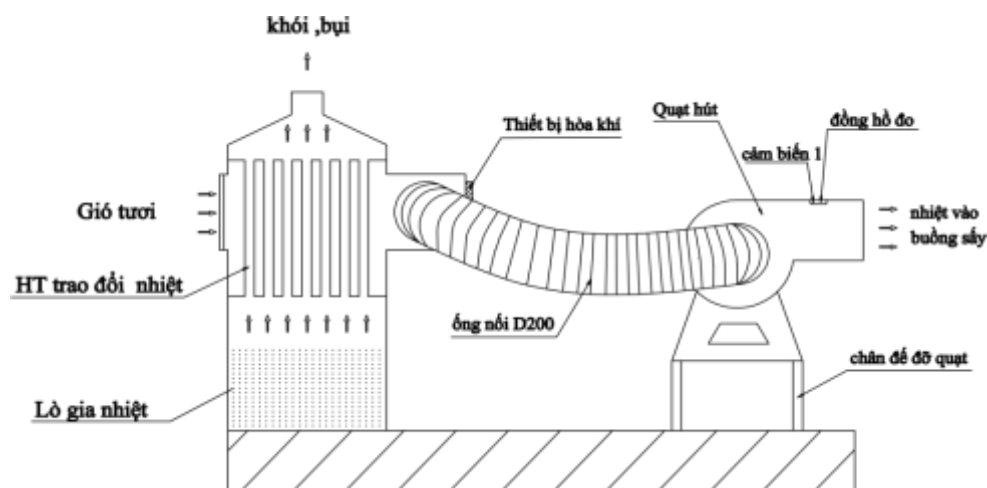
Ghi chú: CT1 - Công tắc hành trình đóng cửa, thường đóng; CT2 - Công tắc hành trình mở cửa, thường đóng; RL1 - Relay hành trình đóng cửa; RL2 - Relay hành trình mở cửa; T - Nhiệt độ đặt; CB - Nhiệt độ đo được ở cảm biến 1; ON - Khởi động hệ thống; OFF - Dừng hệ thống.

Hình 3. Lưu đồ thuật toán điều khiển bộ phận gia nhiệt gián tiếp

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt tự động cho bộ phận gia nhiệt gián tiếp của máy sấy đa năng đảo chiều gió sử dụng phụ phẩm nông nghiệp



Hình 4. Sơ đồ của mạch điều khiển



Hình 5. Sơ đồ cấu tạo bộ phận cấp nhiệt được điều khiển nhiệt tự động

2.2.2. Sơ đồ mạch điều khiển (Hình 4)

Giải thích sơ đồ:

Khi ấn nút ON sẽ cấp điện cho cuộn hút K cấp điện cho động cơ 3 pha quạt hút làm việc.

Nhiệt độ buồng sấy được kiểm soát nhờ bộ điều khiển Arduino Uno, khi nhiệt độ dòng khí

nóng hút ra từ bộ phận gia nhiệt nhỏ hơn nhiệt độ đặt, Arduino Uno sẽ cấp điện cho cuộn hút role 1 (RL1) để cấp điện cho động cơ 1 chiều khiến động cơ quay thuận, từ đó thu hẹp cửa lấy gió tươi bên ngoài. Ngược lại khi nhiệt độ dòng khí nóng hút ra từ bộ phận gia nhiệt cao hơn nhiệt độ đặt, Arduino Uno sẽ cấp điện cho cuộn

hút rơle 2 (RL2) để cấp điện cho động cơ 1 chiều khiến động cơ quay ngược từ đó mở rộng cửa lấy gió tươi từ bên ngoài. Hệ thống tắt khi ấn nút OFF.

2.2.3. Phương pháp đánh giá chất lượng làm việc của thiết bị điều khiển nhiệt độ

Chất lượng làm việc của thiết bị điều khiển nhiệt độ được đánh giá bằng độ ổn định và độ sai lệch nhiệt độ điều khiển.

Độ sai lệch nhiệt độ điều khiển được xác định theo công thức:

$$\delta = \frac{\sigma}{T_d} 100\% \quad (1)$$

Trong đó: σ - Sai số quân phương thực nghiệm được xác định theo công thức:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_d)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Trong đó:

T_i - nhiệt độ đo được của lần thứ i (°C);

T_d - nhiệt độ đặt (°C);

n - số lần đo.

Theo yêu cầu công nghệ sấy thóc giống, giá trị độ lệch nhiệt độ khi điều khiển so với nhiệt độ đặt $\delta \leq 5\%$ là đạt yêu cầu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế hệ thống điều khiển nhiệt

Hệ thống gia nhiệt có thể đốt bằng trấu viên hoặc lõi ngô ép để cấp nhiệt cho buồng sấy thóc. Không khí nóng từ bộ phận gia nhiệt cấp

nhiệt qua ống gió và khí tươi từ môi trường qua thiết bị trộn khí được quạt hút hòa trộn với nhau tạo thành hỗn hợp khí qua ống gió cấp cho buồng sấy qua cửa gió trên hoặc cửa gió dưới. Chọn nhiệt độ thử nghiệm sấy thóc giống là $= 50^\circ\text{C}$.

Cửa hòa khí được đóng mở nhờ một hệ thống truyền động xích tải - trục vít bởi một động cơ 12VDC. Hệ thống xích tải - trục vít nhằm giúp cho cửa hòa khí có thể làm việc ổn định, độ đóng mở nhỏ và chính xác.

Hệ thống giàn trao đổi nhiệt được ghép bởi các ống có đường kính 62 mm và được ghép với 2 tấm bích như hình 7. Hai mặt bích của thành giàn trao đổi nhiệt được hàn kín vào các mặt ống của bộ phận gia nhiệt giúp cho khói và bụi bẩn không hòa lẫn vào khí nóng khi sấy.

3.2. Kết quả thí nghiệm

3.2.1. Kết quả thí nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt độ với nhiên liệu là trấu viên

Theo như thiết kế thân buồng đốt để đảm bảo quá trình cháy và gia nhiệt ổn định thì với nhiên liệu là trấu viên được cung cấp tối đa vào bộ phận gia nhiệt ban đầu là 0,5 kg. Đối với nhiên liệu đốt là trấu viên thì thời gian duy trì nhiệt độ cao cụ thể 10 phút ta phải cấp liệu 0,5 kg/lần - đây là loại nhiên liệu cháy được, thời gian cung cấp nhiệt độ được lâu dài. Tuy nhiên, với nguồn nhiên liệu này, ban đầu khi đốt trong bộ phận gia nhiệt ta cần mỗi trước nhờ một nguồn nhiên liệu khác như củi, sau đó mới cho nhiên liệu trấu viên vào giúp thời gian cấp nhiệt nhanh và tối ưu hơn.



Hình 6. Cánh cửa hòa khí



Hình 7. Hệ thống giàn trao đổi nhiệt

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt tự động cho bộ phận gia nhiệt gián tiếp của máy sấy đa năng đảo chiều gió sử dụng phụ phẩm nông nghiệp



Hình 8. Bộ phận gia nhiệt gián tiếp



Hình 9. Hình ảnh thực tế trong khi đốt



Hình 10. Hình ảnh kết quả đồng hồ đo và CB1 hiển thị lên LCD lúc 7:00

Từ các kết quả trên, ta có được sai số quân phương thực nghiệm và độ sai lệch nhiệt độ điều khiển như sau:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_d)^2}{n-1}} = 0,42$$

$$\delta = \frac{\sigma}{T_d} 100\% = 0,84\%$$

3.2.2. Kết quả thí nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt với nhiên liệu là lõi ngô ép

Để đảm bảo quá trình cháy và gia nhiệt được tối ưu hóa thì với nhiên liệu là lõi ngô ép được cung cấp vào bộ phận gia nhiệt ban đầu là 3 kg. Đối với nhiên liệu đốt là lõi ngô ép thì thời gian duy trì nhiệt độ lại thấp cụ thể sau 15 phút ta phải cấp liệu 1 kg/lần - loại nhiên liệu này có thời gian cung cấp nhiệt ít và phải cấp liệu nhiều lần.

Ta có được sai số quân phương thực nghiệm và độ sai lệch nhiệt độ điều khiển tính qua bảng 2 như sau:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_d)^2}{n-1}} = 0,45$$

$$\delta = \frac{\sigma}{T_d} 100\% = 0,89\%$$

Qua quá trình thí nghiệm, hệ thống điều khiển nhiệt tự động sẽ phát hiện khi có hiện tượng giảm hoặc tăng nhiệt độ thông qua cảm biến từ đó sẽ ra lệnh điều khiển đóng hoặc mở cánh cửa hòa khí để cấp lượng khí trời phù hợp vào thêm cho bộ phận hòa khí có thể đạt được nhiệt độ đặt là 50°C. Bảng 1 và bảng 2 đã cho ta thấy kết quả tổng quan nhất của toàn thể quá trình làm việc của hệ thống điều khiển nhiệt. Đồ thị hình 12 và hình 15 thể hiện rõ nét sự khác biệt của nhiệt độ do cảm biến đo được và nhiệt độ đặt. Nhìn chung độ sai lệch nhiệt độ điều khiển so với nhiệt độ đặt khi đốt trấu viên là $\delta = 0,84\%$ và khi đốt lõi ngô ép là $\delta = 0,84\%$ đều nhỏ hơn 1% đáp ứng tốt yêu cầu về độ chính xác điều khiển khi sấy thóc giống.

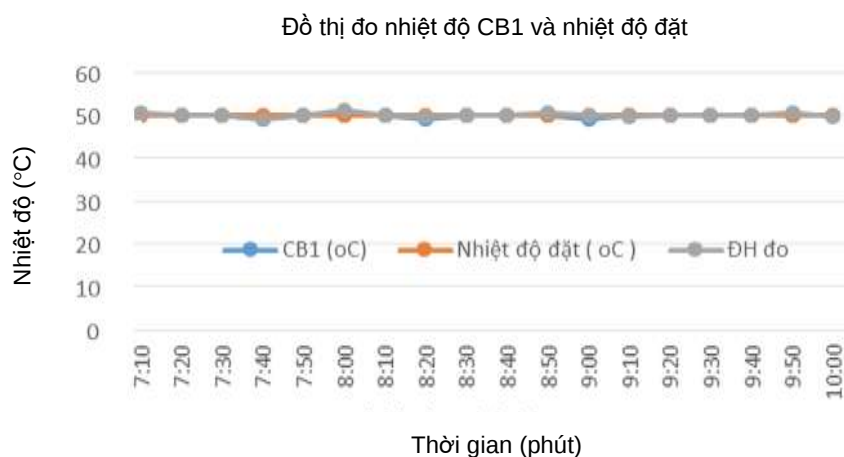
Bảng 1. Kết quả đo khi dùng trấu viên

STT	Thời gian (phút)	CB1 (°C)	Đồng hồ đo nhiệt độ (°C)	Nhiệt độ đặt (°C)
1	7:10	50	50,5	50
2	7:20	50	50	50
3	7:30	50	50	50
4	7:40	49	49	50
5	7:50	50	50	50
6	8:00	50	51	50
7	8:10	50	50	50
8	8:20	49	49,5	50
9	8:30	50	50	50
10	8:40	50	50	50
11	8:50	50	50,5	50
12	9:00	49	50	50
13	9:10	50	49,5	50
14	9:20	50	50	50
15	9:30	50	50	50
16	9:40	50	50	50
17	9:50	50	50,5	50
18	10:00	50	49,5	50

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt tự động cho bộ phận gia nhiệt gián tiếp của máy sấy đa năng đảo chiều gió sử dụng phụ phẩm nông nghiệp



Hình 11. Hình ảnh kết quả đồng hồ đo và CB1 hiển thị lên LCD lúc 9:20



Hình 12. Đồ thị nhiệt độ đo từ CB1 so với nhiệt độ đặt khi dùng trấu viên

Bảng 2. Kết quả đo khi dùng lõi ngô ép

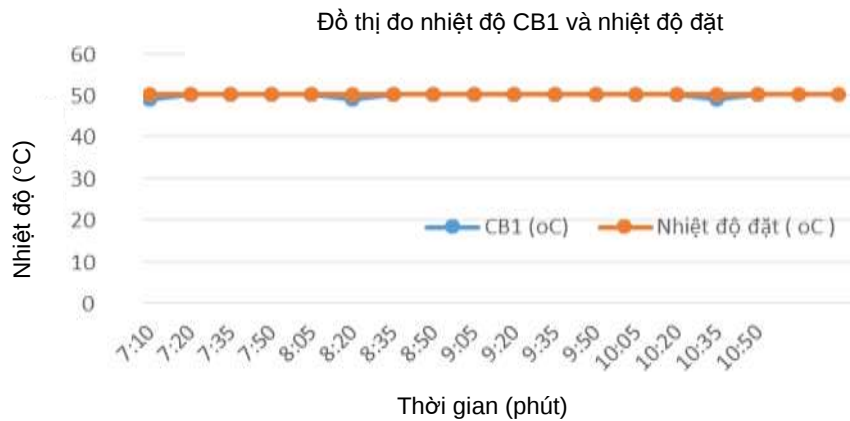
STT	Thời gian (phút)	Cảm biến 1 (°C)	Đồng hồ đo nhiệt độ (°C)	Nhiệt độ đặt (°C)
1	7:10	49	50	50
2	7:20	50	49,5	50
3	7:35	50	50	50
4	7:50	50	50,5	50
5	8:05	50	50	50
6	8:20	49	50	50
7	8:35	50	50	50
8	8:50	50	49,5	50
9	9:05	50	50	50
10	9:20	50	50	50
11	9:35	50	50,5	50
12	9:50	50	50	50
13	10:05	50	49,5	50
14	10:20	50	50	50
15	10:35	49	50	50
16	10:50	50	50	50



Hình 13. Hình ảnh kết quả đồng hồ đo và CB1 hiển thị lên LCD lúc 8:05



Hình 14. Hình ảnh kết quả đồng hồ đo và CB1 hiển thị lên LCD lúc 10:05



Hình 15. Đồ thị nhiệt độ đo từ CB1 so với nhiệt độ đặt khi dùng lõi ngô ép

Hệ thống truyền động xích tải - trục vít đóng mở cánh cửa hòa khí làm việc tốt, động cơ truyền chuyển động nhỏ giúp cho cánh cửa đóng mở một cách phù hợp như thuật toán điều khiển yêu cầu. Hệ thống có thể nâng cấp điều chỉnh tốc độ của động cơ truyền chuyển động bằng cách thêm biến tần, tuy nhiên sẽ làm tăng thêm chi phí cho việc mua thiết bị và lắp đặt.

4. KẾT LUẬN

Kết quả thí nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt độ khi sử dụng nhiên liệu là trấu viên và lõi ngô ép cho thấy: Nhiệt độ của tác nhân sấy trước khi đưa vào buồng sấy được duy trì ổn định, sai số nhỏ hơn 5% giá trị đặt theo yêu cầu công nghệ của nhiệt độ sấy thóc. Hệ thống tự

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống điều khiển nhiệt tự động cho bộ phận gia nhiệt gián tiếp của máy sấy đa năng đảo chiều gió sử dụng phụ phẩm nông nghiệp

động điều khiển nhiệt độ làm việc ổn định và bền vững. Kết quả nghiên cứu trên đã mở ra triển vọng mới để thiết kế các hệ thống điều khiển tự động cho buồng đốt của máy sấy sử dụng phế phụ phẩm nông nghiệp, góp phần giảm chi phí quá trình sấy và giảm ô nhiễm môi trường nông nghiệp và nông thôn.

Tuy nhiên, do hệ thống điều khiển này chưa đồng bộ (thiếu quạt lò và hệ thống cấp nhiên liệu trong buồng đốt) nên hệ thống điều khiển trên chỉ ổn định nhiệt trong khoảng thời gian ngắn khi lửa cháy đều. Chưa có hệ thống cấp liệu tự động vào trong buồng đốt nên chi phí công lao động cho việc vận hành máy sấy còn cao. Vấn đề này sẽ được giải quyết ở các công trình nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abud-Archila M., F. Courtois, C. Bonazzi & J.J. Bimbenet (2000). Processing quality of rough rice during drying - modelling of head rice yield versus moisture gradients and kernel temperature, *Journal of Food Engineering*. 45: 161-169.

Cnossen A.G., Siebenmorgen T.J., Yang W. & Bautista R.C. (2001). An application of glass transition temperature to explain rice kernel fissure occurrence during the drying process. *Drying Technology*. 19: 1661-1682.

Đào Thế Anh (2018). Nhu cầu đổi mới công nghệ trong sản xuất và sau thu hoạch lúa gạo của Việt Nam. *Diễn đàn Khoa học - Công nghệ. Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam*. 6.

Đỗ Minh Cường và Phan Hòa (2009). Nghiên cứu quá trình sấy thóc bằng thiết bị sấy năng lượng mặt trời kiểu đối lưu tự nhiên. *Tạp chí Khoa học, Trường đại học Huế*. 55: 27-33.

Nguyễn Bá Tuấn (2012). Nghiên cứu ứng dụng phương pháp phân tích quang học để đánh giá khả năng hấp phụ Cr(VI) và Cr(III) của vỏ trấu biến tính, *Luận văn thạc sĩ chuyên ngành: Hóa phân tích; Mã số: 60.44.29, Trường đại học Khoa học Tự nhiên*.

Nguyễn Thị Liên (2016). Chế tạo vật liệu hấp phụ từ phế phụ phẩm nông nghiệp để xử lý chất hữu cơ trong nước thải làng nghề chế biến nông sản sã Dương Liễu - huyện Hoài Đức - thành phố Hà Nội. *Luận văn Ths chuyên ngành Khoa học môi trường. Mã số: 60 44 03 01. Nhà xuất bản Đại học Nông nghiệp*.

Nguyễn Trọng Các & Đinh Văn Nhượng (2017). Nghiên cứu sấy thóc giống bằng máy sấy thùng quay kết hợp bơm nhiệt để xử lý nhiệt ẩm tác nhân sấy. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*. 11(120):18-23.

Trần Thị Như Mai & Nguyễn Thị Hồng Hạnh (2010). Nghiên cứu chế tạo phụ gia phân bón trên cơ sở zeolit NaX sử dụng nguồn silic từ vỏ trấu - ứng dụng để điều tiết vi lượng cho cây ngô. *Tạp chí Hóa học*. 48(4A): 130-134.