

ƯỚC LƯỢNG ĐỘ ẨM VẬT LIỆU DỰA TRÊN THÔNG SỐ TÁC NHÂN SẤY ỨNG DỤNG CHO HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SUY DIỄN QUÁ TRÌNH SẤY BƠM NHIỆT LAI GHÉP VI SÓNG

MATERIAL MOISTURE ESTIMATION BASED ON DRYING AIR PARAMETERS - APPLIED IN INTERFERENCE CONTROL SYSTEM FOR HEATPUMP ASSISTED BY MICROWAVE DRYING PROCESS

Nguyễn Đức Trung,
Nguyễn Đức Nam, Vũ Huy Khuê

TÓM TẮT

Hệ thống sấy hiện đại đảm bảo vận hành tin cậy, có suất tiêu hao năng lượng thấp trên mỗi đơn vị khối lượng thoát ẩm và duy trì được hoạt động chính xác theo chế độ công nghệ chuẩn nhằm bảo đảm chất lượng sản phẩm thường vận dụng các giải thuật điều khiển tiên tiến. Phương pháp điều khiển suy diễn được vận dụng nhiều trong các hệ thống điều khiển quá trình sấy nhằm bảo đảm các tiêu chí đã nêu dựa trên độ ẩm vật liệu sấy. Việc sử dụng cảm biến đo trực tiếp thường đòi hỏi sự hiệu chỉnh nhiều theo vật liệu sấy và không khả thi trong các ứng dụng công nghiệp. Một số thiết bị sấy hoạt động theo nguyên lý sấy tĩnh (vật liệu sấy không di chuyển) được tích hợp hệ thống cân điện tử cho toàn bộ khoang sấy để cân vật liệu sấy tuy nhiên đây là giải pháp tốn kém, thiếu chính xác do phải bù phần khối lượng lớn của khoang sấy và không áp dụng được đối với hệ thống sấy động. Nghiên cứu tập trung vào việc phân tích thông số tác nhân sấy được đo tại các điểm ở đầu vào và đầu ra khoang sấy đồng thời kết hợp với đặc tính quá trình tách ẩm của vật liệu sấy để đưa giải pháp ước lượng độ ẩm vật liệu.

Từ khóa: Ước lượng tham số, điều khiển suy diễn, quá trình sấy, độ ẩm vật liệu, thông số tác nhân sấy.

ABSTRACT

Advanced control models are often applied to modern drying systems in order to ensure reliable operation with respect to low energy consumption and maintaining desired operating regimes for the assurance of product quality. Interference control methodology is commonly used in drying systems to assure the above mentioned parameters. The utilization of direct-measured sensors is not feasible at industrial scale because the correction of the measured data must be carried out. Electronic and digital scales are sometimes used for fixed bed dryers, however, this method is highly cost, inaccurate, and not applicable for dynamic bed systems. This work focuses on the analysis of drying air parameters measured at the inlet and outlet of the drying chamber and the characteristics of the dehydration of drying solids in order to figure out the estimation of solid's moisture content.

Keywords: Parameter estimation, interference control, drying, solids moisture content, drying air parameters.

Nguyễn Đức Trung

Viện CN Sinh học và CN Thực phẩm, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Nguyễn Đức Nam, Vũ Huy Khuê

Viện Khoa học và công nghệ Nhiệt Lạnh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: trung.nguyenduc@hust.edu.vn

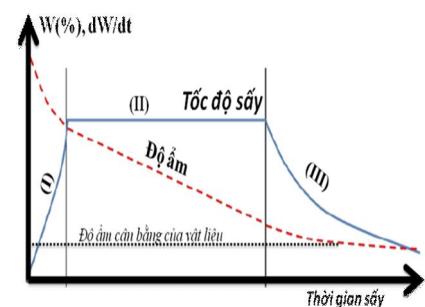
Ngày nhận bài: 15/07/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 13/08/2017

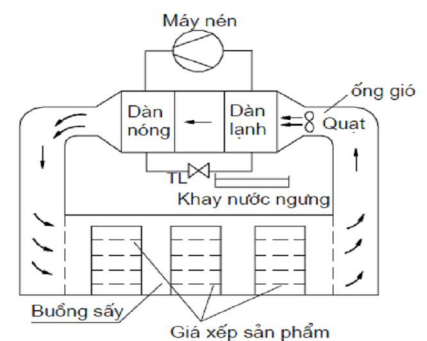
Ngày chấp nhận đăng: 25/08/2017

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điều khiển suy diễn là một trong những chiến lược điều khiển được áp dụng thành công cho một số quá trình chưng luyện, sấy [2]... Công nghệ sấy được tiến hành ở hai chế độ: sấy liên tục hoặc sấy theo mẻ. Các quá trình sấy của các hệ thống hoạt động ở chế độ công nghệ theo mẻ được phân ra ba giai đoạn chính như trên hình 1 [5, 6].



Hình 1. Ba giai đoạn của quá trình sấy



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy sấy bơm nhiệt

Giai đoạn cuối (III) khi độ ẩm vật liệu xuống dưới trị số 15% đến 20% (tùy theo đặc thù của vật liệu sấy) thường bị kéo

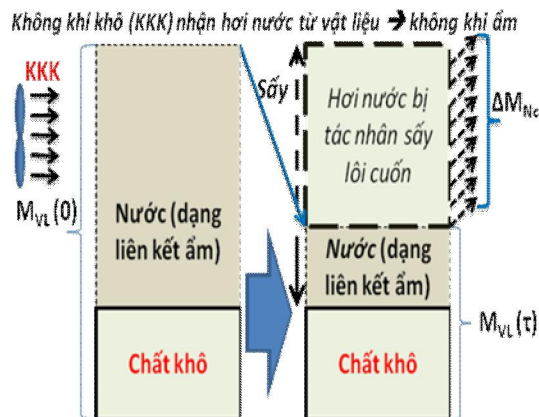
dài vận tốc sấy rất chậm để giảm về độ ẩm cân bằng. Đối với quá trình sấy vi sóng (MW) hoặc cao tần (RF), độ ẩm vật liệu là cơ sở cho việc tính toán công suất điện từ đặt cho bức xạ vi sóng được xác định bằng tích số của độ ẩm vật liệu với trị số công suất vi sóng riêng phần SPR (phụ thuộc vào loại vật liệu sấy) nhằm bảo đảm chế độ chuẩn (tối ưu) công nghệ. Duy trì hệ số SPR ổn định theo chế độ chuẩn công nghệ không chỉ giúp cho vật liệu sấy không bị cháy (Thermal Runaway) mà còn hạn chế được năng lượng tiêu hao do được cấp quá mức cần thiết ở giai đoạn cuối quá trình sấy. Tương tự như vậy, các thông số đặt bảo đảm hoạt động tối ưu cho hệ thống sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng: công suất phát vi sóng và nhiệt độ của không khí khô vào buồng sấy cũng cần được tính toán dựa vào độ ẩm vật liệu trên cơ sở phương pháp điều khiển suy diễn [3, 7]. Trị số này thường rất khó đo trực tiếp nên thường được gán cho một hàm "tiền định" theo thời gian gây ra hoạt động kém chính xác do tác động của nhiễu công nghệ đối với hệ thống (vòng ngoài hở). Nghiên cứu tập trung vào giải thuật ước lượng độ ẩm vật liệu sấy thông qua các thông số công nghệ đo được (lưu lượng, độ ẩm tương đối và nhiệt độ) của tác nhân sấy cho hệ thống sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng. Kết quả ước lượng được so sánh với lượng thoát ẩm ngưng ở dàn lạnh.

2. PHƯƠNG PHÁP ĐO VÀ ƯỚC LƯỢNG ĐỘ ẨM VẬT LIỆU TRONG QUÁ TRÌNH SẤY

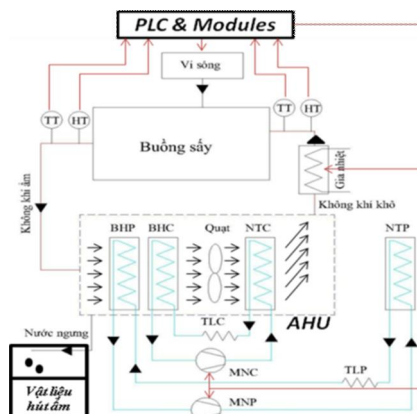
2.1. Phương pháp cân trực tiếp khối lượng vật liệu sấy và gián tiếp qua lượng thoát ẩm của vật liệu sấy

Đây là phương pháp phổ biến cả trong phòng thí nghiệm cũng như trong các hệ thống công nghiệp ngày nay. Phương pháp cân trực tiếp bằng cách dùng hệ thống sấy để tách vật liệu sấy (VLS) ra khỏi thiết bị sấy với mục đích định lượng chỉ được áp dụng trong phòng thí nghiệm mà không dùng trong thực tế sản xuất. Phương pháp cân gián tiếp VLS được vận dụng trong công nghiệp thường không đạt được độ chính xác cao trong việc xác định độ ẩm vật liệu và đặc biệt đánh giá tốc độ thoát ẩm của vật liệu là đạo hàm bậc nhất theo thời gian của độ ẩm vật liệu do chính các nguyên nhân nội tại của phương pháp: phần khối lượng cần được bù bằng cách trừ đi là khối lượng của khoang sấy chứa VLS thường có khối lượng lớn hơn VLS; phần khối lượng ẩm bốc hơi trong khoảng thời gian ngắn thường rất nhỏ so với tổng khối lượng của khối VLS nên sự biến thiên không rõ rệt đòi hỏi thiết bị cân điện tử cần có độ phân dải rất lớn. Phương pháp này không thể áp dụng được đối với hệ thống sấy động như sấy thùng quay, phun, sàng rung, tầng sôi... do luôn có sự chuyển động của vật liệu với khoang sấy [7].

Độ ẩm vật liệu (W) được định nghĩa bằng tỷ lệ giữa khối lượng phần ẩm (nước) có trong vật liệu với tổng khối lượng vật liệu (bao gồm phần ẩm và chất khô), thường được tính theo % [5, 6]. Độ chứa ẩm vật liệu (U) cần được phân biệt với W theo hệ thức (1). Hàm mật độ ẩm (X(t)) được dùng nhiều hơn trong tính toán theo (2).



Hình 3. Ẩm bay hơi trong quá trình sấy



Hình 4. Sơ đồ P&ID của hệ thống sấy bơm nhiệt - vi sóng

$$1 \geq W = \frac{M_{H_2O}^{VL}}{M^{VL}} 100\% = \frac{M_{H_2O}^{VL}}{M_{Dry}^{VL} + M_{H_2O}^{VL}} 100\% \neq U = \frac{M_{H_2O}^{VL}}{M_{Dry}^{VL}} = \frac{W}{1-W} \geq W \quad (1)$$

$$X(\tau) = \frac{M^{VL}(\tau) - M^{VL}(\infty)}{M^{VL}(0) - M^{VL}(\infty)} \rightarrow \text{Max}(X(\tau)) = X(0) = 100\%; \quad (2)$$

$$\text{Min}(X(\tau)) = X(\infty) = 0\%$$

Trong phương trình (2), $X(t)$, $M^{VL}(t)$ và $M^{VL}(\infty)$ lần lượt là hàm mật độ ẩm, khối lượng vật liệu tại các thời điểm (đều là hàm nghịch biến) và khối lượng VLS đạt độ ẩm cân bằng. Với cận trên (1) và cận dưới (0) không phụ thuộc vào độ ẩm cân bằng vật liệu sấy, hàm mật độ ẩm được dùng nhiều hơn trong điều khiển hệ thống sấy. Trong quá trình sấy, khối lượng chất khô hầu như không thay đổi theo thời gian mà chỉ lượng ẩm bay hơi khỏi vật liệu do tác nhân sấy lôi cuốn ra khỏi buồng sấy được mô tả như hình 3 [3].

Công nghệ chế tạo cảm biến cho phép thực hiện phép đo trực tiếp độ ẩm vật liệu như cảm biến điện dung... nhưng chỉ được ứng dụng trong kỹ thuật xác định nhanh độ ẩm của một số vật liệu theo sự hiệu chỉnh (calibration) nhất định của hệ thống đo mà không được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp bởi những lý do sau [1, 7]:

- Trong quá trình sấy, lượng ẩm trên VLS được phân bố không đồng đều trên toàn khối VLS với sự phân bố độ ẩm cao hơn nằm trong tâm VLS nên kết quả phép đo thiếu chính xác.

• Mặt khác, việc bố trí các cảm biến nói trên đo trực tiếp độ ẩm tiếp xúc với VLS bị hạn chế bởi một số điều kiện sản xuất như ảnh hưởng của nhiệt độ cao lên cảm biến (sấy đối lưu nhiệt hoặc sấy bức xạ nhiệt) hoặc ảnh hưởng của sóng điện từ lên cảm biến (sấy cao tần) ... hoặc các chuyển động được tạo ra đối với hệ thống sấy động.

Nghiên cứu đề xuất phương pháp đo không tiếp xúc với VLS thông qua ước lượng gián tiếp từ các thông số của tác nhân sấy được trình bày trong nội dung dưới đây sẽ khắc phục được các nhược điểm cố hữu của các phương pháp nêu trên khi áp dụng đối với các hệ thống sấy công nghiệp.

2.2. Phương pháp đề xuất: ước lượng gián tiếp độ ẩm vật liệu thông qua đo lường thông số tác nhân sấy

Qua phân tích ở hình 3, tác nhân sấy được đưa vào để tách ẩm ra khỏi VLS nên theo định luật bảo toàn khối lượng của quá trình, lượng ẩm thêm vào tác nhân sấy (không khí khô) chính là lượng ẩm lấy ra khỏi VLS được ước lượng theo các công thức sau với V_{IN} là hàm (hai biến: nhiệt độ và độ ẩm) xác định thể tích của 1kg không khí. Trong công thức (4), độ chênh lệch lượng chứa ẩm được tính toán có xét đến thời gian trễ vận tải (s) do quá trình vận chuyển tác nhân sấy trong khoang sấy có thể được ước lượng bằng tỷ số của quãng đường di chuyển của tác nhân sấy từ cảm biến vào đến cảm biến ra (m) với vận tốc tác nhân sấy (m/s) với trị số từ 5(s) – 30 (s) đối với thiết bị sấy công nghiệp.

$$\Delta M_{H_2O}^{VL}(\tau) = \Delta M^{VL}(\tau) = M^{VL}(\tau) - M^{VL}(0) \quad (3)$$

$$\rightarrow M^{VL}(\tau) = M^{VL}(0) + \Delta M_{H_2O}^{VL}(\tau)$$

$$\Delta d = d_2^{TNS}(t + T_{Delay}^{Transport}) - d_1^{TNS}(t) \quad (4)$$

$$\frac{dM_{Dry}^{TNS}}{dt} = \frac{dM_{\sum IN}^{TNS}}{dt} \frac{d_1^{TNS}}{(1 + d_1^{TNS})}$$

$$= \frac{Q_{\sum IN}^{TNS}}{V_{IN}(t_i; \varphi_i)(1 + d_1^{TNS})} = \frac{Q_{\sum IN}^{TNS} d_1^{TNS}}{f_V(t_i; \varphi_i)(1 + d_1^{TNS})} \quad (5)$$

$$dM_{H_2O}^{VL} = -dM_{H_2O}^{TNS} = -dM_{Dry}^{TNS} \Delta d$$

$$\rightarrow \Delta M_{H_2O}^{VL}(\tau) = \int_0^\tau (d_2^{TNS}(t + T_{Delay}^{Transport}) - d_1^{TNS}(t)) \frac{dM_{Dry}^{TNS}}{dt} dt \quad (6)$$

$$\rightarrow \Delta M_{H_2O}^{VL}(\tau) = \int_0^\tau \frac{(d_2^{TNS}(t + T_{Delay}^{Transport}) - d_1^{TNS}(t)) Q_{\sum IN}^{TNS}(t) d_1^{TNS}(t)}{f_V(t_i; \varphi_i)(1 + d_1^{TNS}(t))} dt \quad (7)$$

$$d_i = 0,621 \frac{\varphi_i P_i^{bh}(t_i)}{B - \varphi_i P_i^{bh}(t_i)}$$

$$\frac{P_i^{bh}(t_i) = e^{\frac{12 \cdot 4026,42}{235,5+t_i}}}{B = \text{const} = \frac{745}{750}} = 0,621 \frac{\varphi_i e^{\frac{12 \cdot 4026,42}{235,5+t_i}}}{\frac{745}{750} - \varphi_i e^{\frac{12 \cdot 4026,42}{235,5+t_i}}}$$

$$= f_d(t_i, \varphi_i) \quad (i=1,2)$$

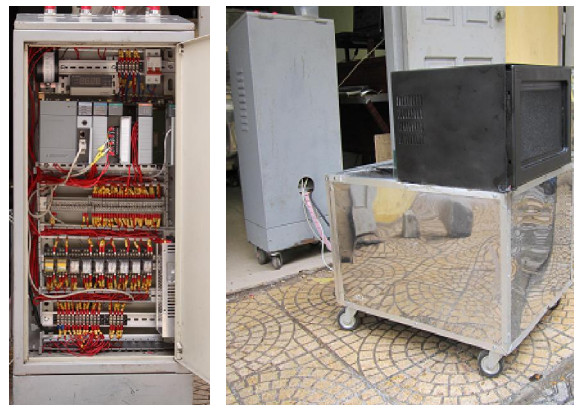
Để tính các giá trị của lượng chứa ẩm d_i (kg ẩm/kg KK khô) tại các điểm vào và ra thiết bị sấy, thông số nhiệt độ

t_i (°C) và độ ẩm tương đối φ_i (%) tương ứng được đo lường và sử dụng vào ước lượng qua các bước với đại lượng trung gian: áp suất riêng của hơi nước bão hòa P_i^{bh} của khối không khí theo công thức (8). Các đại lượng có ký hiệu Q, M, V trong các công thức trên đều tuân theo tính toán của đơn vị chuẩn trong hệ SI, lần lượt là lưu lượng (m³/s), khối lượng (kg) và thể tích riêng (m³/kg). Ở góc độ kỹ thuật tính toán trong việc lập trình trên thiết bị máy tính số khả trình, phép tính tích phân trên công thức (7) cần được rời rạc hóa theo các phương pháp giải tích số như Runge-Kutta hoặc Simpson. Đối với các hệ thống điều khiển số hiện đại (DCS, PCS, PLC), các phép tính trên thường được tích hợp sẵn thành các module trên phần mềm ứng dụng lập trình hệ thống. Các trị số độ chứa ẩm của tác nhân ở đầu vào (d_1) và đầu ra (d_2) là đại lượng biến thiên chậm bởi vì sấy là quá trình chuyển khối nên thời gian trích mẫu tính toán của mạch vòng điều khiển ngoài (DCS, PCS) hoặc thời gian chu kỳ quét vòng (PLC) của thiết bị sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng có thể được cài đặt ở trị số vài trăm mili giây (ms) mà vẫn bảo đảm tính chính xác của ước lượng. Các hàm f_V và f_d đều là các hàm hai biến có độ phức tạp tính toán cao nên để giảm thời gian tính, thuật toán tra bảng với mảng hai chiều: nhiệt độ, độ ẩm qua lọc sau đo như trên sơ đồ P&ID (hình 4).

3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ƯỚC LƯỢNG GIÁN TIẾP ĐỘ ẨM VẬT LIỆU THÔNG QUA ĐO LƯỜNG THÔNG SỐ TÁC NHÂN SẤY

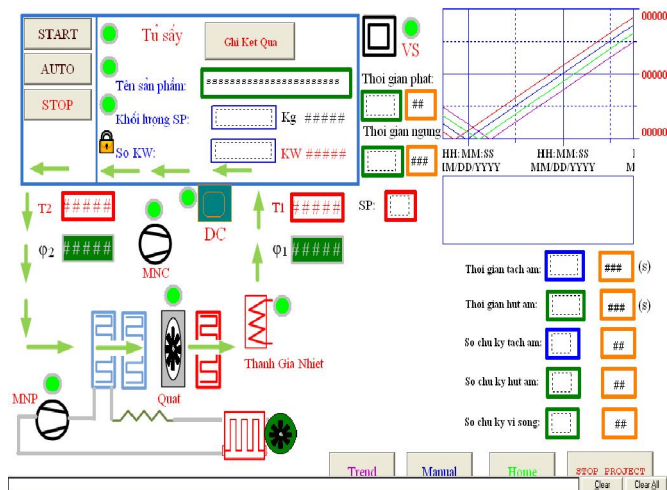
3.1. Thiết bị sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng được tích hợp hệ thống đo lường - điều khiển nhiệt độ và độ ẩm tương đối của tác nhân sấy vào và ra buồng sấy để ước lượng độ ẩm vật liệu

Thiết bị sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng trong nghiên cứu được thiết kế và chế tạo tại Phòng thí nghiệm Viện KHCN Nhiệt Lạnh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (hình 5). Đây là thiết bị được sử dụng trong các nghiên cứu trong khuôn khổ Đề tài cấp nhà nước KC.05.23/11-15: *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống sấy sử dụng kết hợp bơm nhiệt và công nghệ vi sóng để sấy một số nông sản thực phẩm và dược liệu*. Hai máy nén có công suất lần lượt là 1,5 kW và 1,1 kW.



Hình 5. Thiết bị sấy BNVS và tủ điều khiển

Hệ thống vi sóng gồm bốn đầu phát có công suất định mức 1,0 kW. Quạt thông gió hệ thống có công suất 150 W.



Hình 6. Màn hình chương trình giám sát thông số công nghệ HTS BNV5

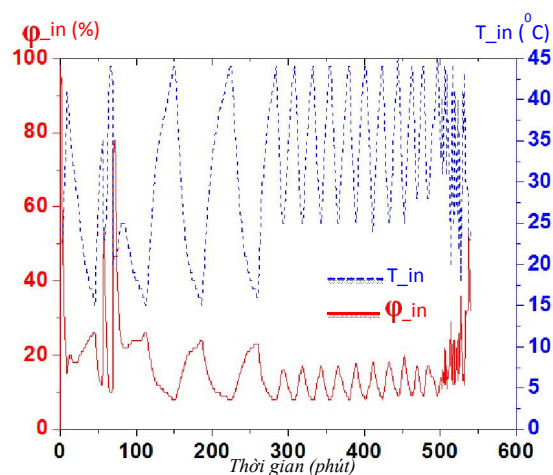
Hệ thống đo lường - điều khiển quá trình và hệ thống thu thập dữ liệu cho thiết bị sấy được thiết kế với bộ điều khiển là PLC của Allen - Bradley với bộ xử lý trung tâm CPU SLC 5/03 L532-OS 302 đi kèm các Module AI cho tín hiệu vào tương tự với mã hiệu: 1746 NI4, có 4 cổng vào (4-20 mA) để nhận thông tin về nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí qua khoang sấy (không khí khô vào, không khí ẩm ra) từ các cảm biến của hãng Tinko (Đức) với mã hiệu: TKFS-28NLA, có dải đo ($0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 60^{\circ}\text{C}$; $0\% \leq \varphi \leq 100\%$). Lưu lượng không khí (m^3/s) thường ít biến đổi trong quá trình sấy và được xác định thông qua tích số của diện tích tiết diện cắt ngang buồng sấy với trung bình của tốc độ gió chạy trong buồng sấy bởi cảm biến tốc độ gió CGESAIRVEL của hãng Carlo Gavazzi. Kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này trước trích ra từ một phần số liệu đã thực hiện trên VLS: lá chùm ngây.

Chương trình giám sát và thu thập dữ liệu của hệ thống sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng được thực hiện trên phần mềm RSView32 phiên bản 7.0 của Rockwell Automation cài đặt trên máy tính giám sát như trên hình 6.

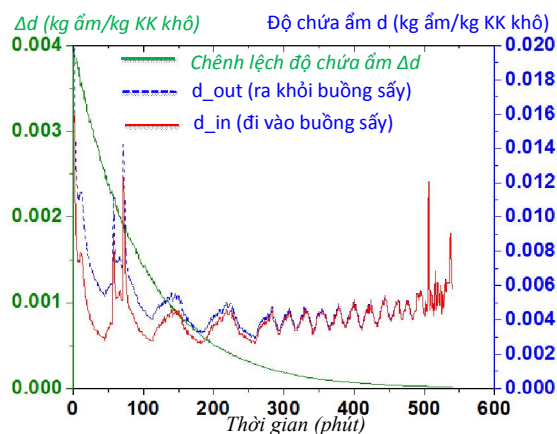
Lượng chứa ẩm của tác nhân sấy vào và ra khỏi buồng sấy được ước lượng bằng phép tính trung bình cộng tích lũy các tín hiệu được xử lý từ thông tin về nhiệt độ, độ ẩm được đo trong khoảng thời gian 2 phút của chu kỳ tính toán có nhiệm vụ hạn chế các sai số ngẫu nhiên có thể mắc phải của thiết bị đo.

3.2. Kết quả và nhận xét sơ bộ

Từ kết quả thu thập bằng chương trình giám sát và thu thập dữ liệu của thí nghiệm được thực hiện (thời gian sấy: 9h) tới khi khối lượng VLS không thể thoát thêm ẩm. Khi đó, chênh lệch độ chứa ẩm của không khí (được tính từ các nhiệt độ và độ ẩm tương đối trên hình 7 cho không khí vào buồng sấy) bị triệt tiêu như trên hình 8. VLS được đưa ra tại các thời điểm cách đều nhau với khoảng lấy mẫu là 1h để xác định khối lượng VLS và khối lượng vật liệu ẩm. Các trị số này được so sánh với trị số tương ứng được ước lượng thông qua các tính toán thực hiện trên bộ điều khiển PLC và gửi về và lưu trữ trên máy tính giám sát.



Hình 7. Độ ẩm tương đối, nhiệt độ không khí vào buồng sấy



Hình 8. Độ chứa ẩm, chênh lệch không khí vào/ra buồng sấy

Thông tin sơ bộ về thí nghiệm:

- Khối lượng của VLS (lá chùm ngây) ban đầu (trước khi bắt đầu sấy): 1670,23 (g).
- Khối lượng của khay sấy: 643,42 (g) (Tổng khối lượng khay, vật liệu ban đầu: 2313,65 (g)).

Khối lượng 643,42 (g) của các khay sấy không quá nhỏ so với khối lượng của VLS nên khối lượng VLS được ghi nhận tại các thời điểm bằng hiệu của giá trị hiển thị trên cân điện tử (6 số) trừ đi khối lượng khay sấy. Khối lượng ẩm thoát ra từ VLS (tính từ đầu đến thời điểm lấy mẫu thí nghiệm ra khỏi buồng sấy để định lượng) được tính toán bằng hiệu của khối lượng VLS ban đầu (1670,23 g) trừ đi khối lượng VLS được ghi nhận tại các thời điểm tương ứng.

Tại thời điểm cuối cùng của thí nghiệm ($t = 9\text{h}$), hệ thống sấy được dừng hoạt động hoàn toàn. Sự so sánh ba thông số: lượng tích lũy thoát ẩm ước lượng (1251,4g); tổng khối lượng ẩm thoát ra từ vật liệu (được cân) trong suốt quá trình sấy (1255,06g); độ tăng khối lượng của vật liệu hút ẩm do việc hấp thụ nước tại bộ phận chứa nước ngưng do hơi nước được ngưng tụ trên dàn lạnh chuyển vào (1252,17g) cho thấy sự khác biệt không lớn về kết quả.

Sai số giữa giá trị thực tế và giá trị ước lượng chỉ ở mức hoàn toàn chấp nhận được (dưới 0,5%) tại các thời điểm VLS được định lượng.

Kết quả chi tiết của thí nghiệm được trình bày trên *bảng 1* với đơn vị khối lượng của vật liệu và lượng ẩm trong tác nhân sấy lấy đi được qui định chung là g.

Bảng 1. Đối chứng kết quả ước lượng tổng khối lượng ẩm thoát ra tính đến các thời điểm với khối lượng cân được

| Thời điểm lấy mẫu (h) | Khối lượng VLS cân được (g) | Tổng khối lượng ẩm thoát ra từ VLS (g) | Tổng khối lượng ẩm không khí lấy đi theo ước lượng (g) | Độ ẩm VLS (%) |
|-----------------------|-----------------------------|--|--|---------------|
| 0 | 1670,23 | 0,00 | 0,00 | 76,65 |
| 1 | 876,47 | 793,76 | 793,2 | 55,50 |
| 2 | 585,52 | 1084,48 | 1084,7 | 33,39 |
| 3 | 477,12 | 1193,11 | 1192,1 | 18,26 |
| 4 | 438,74 | 1231,49 | 1230,3 | 11,11 |
| 5 | 423,05 | 1247,18 | 1241,3 | 7,81 |
| 6 | 418,32 | 1251,89 | 1247,8 | 6,77 |
| 7 | 416,88 | 1253,35 | 1250,3 | 6,45 |
| 8 | 415,92 | 1254,31 | 1251,2 | 6,23 |
| 9 | 415,17 | 1255,06 | 1251,4 | 6,06 |

Sai số phương pháp giữa phép đo và ước lượng không xuất hiện do các sai số không có biểu hiện gia tăng tích lũy sau 270 lần cộng dồn (thời gian hoạt động hệ thống: 9h, với chu kỳ một vòng quét tính toán thông số nhiệt độ và độ ẩm của PLC được cài đặt là 2 phút nên số lượng phép tính tích lũy tích phân khoảng 270).

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu trình bày về ước lượng lượng tách ẩm khỏi vật liệu trong quá trình sấy trên cơ sở tính toán chênh lệch lượng chứa ẩm của tác nhân sấy ra và vào buồng sấy. Phương pháp đo đã được chứng minh bằng cơ sở lý luận chặt chẽ. Sai số ngẫu nhiên của các cảm biến được loại trừ bằng phép tính trung bình cộng các giá trị đo trong một chu kỳ tính toán thông số nhiệt ẩm của PLC. Giải thuật ước lượng lượng ẩm bay hơi tại các thời điểm được kiểm nghiệm bằng thực nghiệm trong nghiên cứu với dải thông số cộng biến thiên trong phạm vi rộng của độ ẩm tương đối và nhiệt độ của không khí.

Đối với hệ thống sấy công nghiệp, khoảng cách vị trí lắp các cảm biến thường lớn hơn khoảng dịch chuyển của gió trong buồng sấy nên cần thay đổi phương pháp tính thời gian trễ của quá trình dịch chuyển tác nhân sấy tại các điểm đo cho phù hợp với điều kiện thực tế trong đó có tính đến các khúc cong, khoảng đi vòng của các cánh lái gió cũng như các khay sấy trong buồng sấy.

Giải thuật này đã được cài đặt hoạt động trên thiết bị sấy vi sóng bơm nhiệt ở qui mô công nghiệp. Thiết bị sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng được thiết kế có năng suất 450kg/mẻ, dạng thùng quay. Thiết bị đã được đưa vào sản

xuất tại Nhà máy Dược Khải Hà (Thái Bình) trong khuôn khổ Đề tài cấp nhà nước KC.05.23/11-15: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống sấy sử dụng kết hợp bơm nhiệt và công nghệ vi sóng để sấy một số nông sản thực phẩm và dược liệu. Đề tài đã được bảo vệ thành công và được đánh giá đặc biệt cao ở việc chế tạo thiết bị ở qui mô công nghiệp và tích hợp hệ thống điều khiển.

Kết quả nghiên cứu hoàn toàn có thể được vận dụng cho bài toán điều khiển tối ưu hệ thống sấy bơm nhiệt lai ghép vi sóng nói riêng và hệ thống sấy nói chung. Các cảm biến cần được thay đổi trên cơ sở lựa chọn dải đo phù hợp với thông số công nghệ đối với các hệ thống sấy đối lưu khí nóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Arun S. Mujumdar, *Drying Handbook of Industrial Drying*, 4th Edition, ISBN 1466596651, CRC Press - Taylor&Francis Group. 2014.
- [2]. F. Greg Shinsky. *Process Control Systems: Application, Design, and Tuning 4th Edition*. ISBN –0070571015. McGraw-Hill Professional (1996)
- [3]. MK Mohanty, H Akbari, GH Luttrell. *Fine Coal Drying and Plant Profitability*. Challenges in Fine Coal Processing, Dewatering, and Disposal, pp329-344, ISBN – 0873353633. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. 2012.
- [4]. Nguyễn Đức Trung, *Báo cáo tổng hợp*, Đề tài T2014-22, cấp Trường ĐHBKHN. 2014.
- [5]. Nguyễn Đức Trung, *Báo cáo tổng hợp*, Đề tài PC2016-33, cấp Trường ĐHBKHN. 2017
- [6]. Nguyễn Văn May, *Kỹ thuật sấy Nông sản Thực phẩm*, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2004.
- [7]. Trần Văn Phú, *Kỹ thuật sấy*, NXB Giáo dục, Hà Nội, 2002.
- [8]. Vũ Huy Khuê và cộng sự, *Báo cáo tổng hợp*, Đề tài cấp nhà nước KC05/11-15 (2014/2015).