

ỨNG DỤNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN GIÁM SÁT VÀ THU THẬP DỮ LIỆU CHO THÁP CHUNG CÁT TINH DẦU SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ FPGA

Nguyễn Đình Hùng¹, Lê Bá Dũng^{2*}

¹Trường Cao đẳng Công nghiệp, Hà Nội

²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến quá trình xây dựng hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu cho tháp chưng cất tinh dầu sử dụng công nghệ FPGA. Hệ điều khiển chứa đựng nhiều phân hệ như hệ kiểm soát chân không, hệ thu thập dữ liệu đo nhiệt độ. Sử dụng công nghệ FPGA cho phép xây dựng hệ thống thu thập dữ liệu và điều khiển giám sát tháp chưng cất một cách linh hoạt với các chi phí thấp về phần cứng cũng như thời gian cho xây dựng phần mềm.

Từ khóa: Các thiết bị đo, công nghệ FPGA, chưng cất phân đoạn, điều khiển giám sát

MỞ ĐẦU

Xây dựng một hệ thống xử lý theo thời gian thực có rất nhiều ứng dụng ở nhiều lĩnh vực khác nhau nhất là trong điều khiển các quá trình sản xuất. Hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu SCADA cho phép phân rã các vấn đề phức tạp, lớn vào các tác vụ hoặc các đồng tác vụ đơn giản hơn. Bài báo trình bày phương pháp sử dụng công nghệ FPGA nhằm xây dựng một hệ thống SCADA cho phép thu thập dữ liệu, xử lý, điều khiển giám sát của quá trình chưng cất tinh dầu mang ý nghĩa thực tiễn [1]. Trong ứng dụng này, công nghệ FPGA được sử dụng trong thu thập dữ liệu, giám sát và điều khiển quá trình chưng cất tinh dầu cho phép tiết kiệm chi phí, hệ thống lại rất linh hoạt và phù hợp với công nghệ [4], [5]. Bài báo được trình bày qua các phần sau. i) Mở đầu. ii) Sơ lược về quá trình chưng cất phân đoạn tinh dầu, iii) Xây dựng hệ thống thu thập và điều khiển giám sát dữ liệu và cuối cùng là iv) Kết luận.

SƠ LƯỢC VỀ QUÁ TRÌNH CHUNG CÁT PHÂN ĐOẠN TINH DẦU

Chưng cất phân đoạn là một trong những phương pháp kinh điển dùng để tách các chất bay hơi ra khỏi một hỗn hợp dựa vào sự khác biệt nhiệt độ sôi của các chất trong hỗn hợp [1]. Quá trình chưng cất có thể thực hiện ở áp suất khí quyển hay áp suất thấp. Phương pháp

chưng cất phân đoạn được thực hiện với những bình chưng cất có lắp cột phân đoạn như Hình 1 và thường được nối với máy hút chân không để giám nhiệt độ chưng cất, giảm ảnh hưởng tới các chất nhạy cảm với nhiệt độ. Nhiệt độ và áp suất được giám sát chặt chẽ trong quá trình chưng cất để đảm bảo chất lượng tinh dầu đầu ra sao cho cao nhất. Tinh dầu là một hỗn hợp hoà tan lẫn nhau của nhiều hợp chất hữu cơ, thông thường không dưới 30 chất và đôi khi có tới hàng trăm chất. Trong số đó chỉ có một số chất là có tính năng quý về dược phẩm, mỹ phẩm và hương liệu phải cần được tách ra để sử dụng làm nguyên liệu trong các ngành kinh tế khác nhau. Để tách riêng các chất quý đó ra khỏi hỗn hợp người ta dựa vào sự khác nhau về nhiệt độ sôi của các chất tinh khiết. Chất nào có nhiệt độ thấp hơn sẽ bay hơi mạnh hơn, sớm hơn, chất nào có nhiệt độ sôi cao hơn sẽ bay hơi chậm hơn và yếu hơn. Quá trình tách chất được thực hiện trong tháp chưng cất phân đoạn có sử dụng các vật đệm làm cơ cấu trao đổi nhiệt-chất. Các vật đệm được nạp đầy thân tháp. Tại đó, có hai pha chuyển động ngược chiều nhau. pha lỏng (hỗ lưu) chuyển động từ trên xuống dưới và pha hơi chuyển động từ đáy lên đỉnh tháp. Trong quá trình chuyển động này các chất có nhiệt độ sôi thấp trong pha lỏng sẽ bốc hơi vào pha hơi và ngược lại các chất có nhiệt độ sôi cao lại tập trung ở phần đáy tháp tạo nên hiệu ứng tách chất. Để đảm bảo độ tinh khiết của các sản

phẩm lấy ra cần giữ tỷ số hồi lưu thích hợp (tỷ số hồi lưu là tỷ lệ giữa lượng chất lỏng ngưng tụ trên đỉnh tháp được đưa trở lại tháp trên chất lỏng đã lấy ra tại đỉnh làm sản phẩm). Lúc đầu chất cần lấy ra có nhiều trong hỗn hợp chưng cất nên có thể dùng tỷ số hồi lưu nhỏ. Sau một thời gian, lượng chất này giảm dần đi và tỷ số hồi lưu phải được tăng lên tương ứng. Có thể nói tỷ số hồi lưu là thông số quyết định chất lượng sản phẩm lấy ra khỏi tháp, tỷ số này thường xuyên thay đổi và cần phải giám sát trong quá trình chưng cất.

Một đặc điểm quan trọng khác là: Các chất tinh dầu dễ bị phân huỷ bởi nhiệt độ sôi, nếu đun sôi ở áp suất khi quyền ta khó có thể phân đoạn các chất tinh dầu mà không làm tinh dầu bị phân huỷ. Do vậy cần phải đun sôi tinh dầu dưới áp suất thấp (trong chân không càng tốt) để hạ nhiệt độ sôi. Tháp chưng cất tinh dầu thường làm việc dưới áp suất từ 1→13 mmHg, thậm chí dưới 1 mmHg. Để đạt được áp suất này, người ta sử dụng các bơm áp suất chân không rất mạnh. Bảng 1 chỉ ra giá trị nhiệt độ sôi của một vài chất quan trọng trong tinh dầu ở các áp suất khác nhau từ 1→760 mmHg (áp suất khí quyển).

Để tránh nhiệt độ cao làm các chất trong mỗi tinh dầu dễ bị phân huỷ trong sản xuất, người ta đun sôi tinh dầu (dưới áp suất thấp) bằng điện trở gia nhiệt gián tiếp thông qua dầu tải nhiệt (dầu gia nhiệt). Ba điện trở gia nhiệt với công suất cấp tổng cộng $3 \times 6 \text{ kW} = 18 \text{ kW}$ truyền nhiệt dầu tải nhiệt trong vỏ áo dầu, để dầu này truyền nhiệt cho tinh dầu trong nồi.

Để quá trình chưng cất đạt được hiệu quả cao, cần bảo đảm sự chuyển pha giữa dòng chất

lòng đi xuống và dòng hơi đi lên trong toàn bộ tiết diện ngang của tháp và theo chiều cao của tháp. Điều này đạt được khi tinh dầu sôi đủ mạnh. Tuy nhiên nếu tinh dầu sôi quá mạnh thì chênh lệch áp suất cũng tăng theo dạng hàm số mũ, làm tăng áp suất, dẫn tới làm tăng nhiệt độ sôi gây ra sự phân huỷ thành phần các chất trong tinh dầu. Nếu đun sôi mạnh hơn nữa, sẽ xảy ra hiện tượng sặc tháp, tức là trong thân tháp ngập đầy chất lỏng, hồi lưu không thể đi xuyên qua lớp chất lỏng dày đặc đó tới đỉnh tháp được. Quá trình chưng cất bị dừng lại, áp suất trong nồi tăng cao đẩy toàn bộ khối chất lỏng ngập lụt trong thân tháp ra ngoài. Dấu hiệu của hiện tượng sặc là chênh lệch áp suất giữa đỉnh tháp và đáy tháp tăng vọt hẳn lên. Để tháp chưng cất làm việc hiệu quả, cần cung cấp cho nó một công suất nhiệt đủ lớn mà không gây ra sặc tháp.

Từ Bảng 1, trước tiên ta cần tách Limonen vì Limonen có nhiệt độ sôi thấp nhất. Giá trị sau khi tách đã tách hết Limonen và đang thu hồi Citronellal ở áp suất đỉnh tháp bằng 5mmHg, nếu nhiệt độ đỉnh bằng 71.4°C thì đỉnh đang có Citronellal tinh khiết 100%. Nếu nhiệt độ khoảng 72°C hoặc hơn thì đương nhiên trong phần đỉnh tháp phải có tạp chất nặng hơn (Citronellal, Geraniol...) và độ tinh khiết của Citronellal bị giảm đi. Khi đó, ta phải tăng độ hồi lưu. Nếu van điện từ đóng lại, toàn bộ hơi ngưng tụ thành lỏng sẽ quay trở về tháp, hàm lượng Citronellal trong phần đỉnh sẽ tăng lên, nhiệt độ đỉnh sẽ giảm đi vậy có thể mở van điện từ để thu hồi sản phẩm.

Bảng 1. Bảng nhiệt độ sôi của một số chất có trong tinh dầu sả

Tên chất	Áp suất (1→760mmHg)							
	1	5	0	20	100	200	400	760
Limonen	4 0	40.4	53 8	68.2	108.3	128 5	151 4	175.0
Citronellal	44	71 4	84 8	9 8	140 1	160	183 8	206.5
Citronellol	66 4	93 6	107	121.5	159.8	179.8	201 0	221.5
Geraniol	69 2	96 8	110	125 6	165.3	185 6	207.8	230 0
Geranylacetat	3.5	102 7	117 9	133 0	175 2	196 3	219 8	243.3

XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN GIÁM SÁT VÀ THU THẬP DỮ LIỆU CHO THÁP CHUNG CẤT TINH DẦU

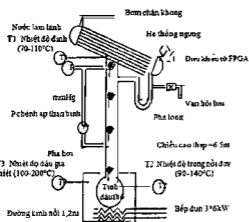
Cấu tạo tháp chung cất phân đoạn tinh dầu

Mô hình tháp chung cất tinh dầu được mô tả trong Hình 1. Tháp chung cất tinh dầu có hình trụ cao 6500 mm được làm bằng thép không gỉ (inox), bên trong đệm bằng thép không gỉ nhằm làm tăng cường quá trình trao đổi chất giữa các dòng chất lỏng và hơi ngược chiều nhau. Thân tháp được cách nhiệt bằng bông khí quyển. Vật đệm có trọng lực tải nhỏ, đảm bảo chênh lệch áp suất giữa đỉnh và đáy tháp vào khoảng 10-20 mmHg.

Tháp chung cất phân đoạn tinh dầu có các bộ phận cơ bản sau:

- Hệ thống đun sôi
- Hệ thống trao đổi nhiệt -chất.
- Hệ thống ngưng tụ và làm lạnh
- Hệ thống phân chia hồi lưu.
- Hệ thống tạo ra và duy trì độ chân không trong thiết bị
- Hệ thống thu hồi và chứa sản phẩm thu được từ đỉnh tháp

Ở đây ta chỉ mô tả các bộ phận có liên quan đến việc thiết kế và vận hành hệ đo và điều khiển các thông số của tháp



Hình 1. Tháp chung cất

Hệ thống đun sôi

Hệ thống đun sôi gồm: Nồi đáy để chứa tinh dầu thô cần chưng cất, đó là một thiết bị hình trụ có nắp và đáy elip, toàn bộ được chế tạo

bằng thép không gỉ, có khả năng truyền nhiệt tốt và có tương tác hoá học với tinh dầu. Nồi đáy được bao bọc xung quanh bằng lớp vỏ áo nẹp dây dầu tải nhiệt (như dầu Silicon, dầu Xilanh), dưới đáy của vỏ áo có lớp 3 điện trở gia nhiệt, công suất mỗi điện trở là 6 kW. Các điện trở gia nhiệt sẽ truyền nhiệt trực tiếp cho dầu gia nhiệt, nâng nhiệt độ dầu lên nhiệt độ 150 - 250°C. Với nhiệt độ dầu gia nhiệt dưới 255°C thì toàn bộ tinh dầu trong nồi đáy không bị nhiệt phân. Toàn bộ hệ thống đun sôi đều được cách nhiệt bằng bông thủy tinh.

Hệ thống thiết bị ngưng tụ

Hệ thống thiết bị ngưng tụ hồi lưu ngưng tụ 15° so với phương ngang để ngưng tụ tất cả các hơi tinh dầu đi lên. Thiết bị làm lạnh nhằm hạ nhiệt độ chất lỏng ngưng tụ đến nhiệt độ cần thiết trước khi lấy sản phẩm.

Hệ thống phân chia hồi lưu

Gồm các van điện từ dạng Solenoid được điều khiển bằng nhiệt độ đỉnh tháp hoặc rơle thời gian (ON/OFF) Khi nhiệt độ đỉnh cao hơn nhiệt độ đặt (bảng giá trị nhiệt độ sôi của chất tinh khiết cần lấy ra ở áp suất thấp, xem bảng 1), van điện từ hoàn toàn đóng lại [1] và tháp sẽ làm việc theo chế độ hồi lưu toàn phần. Khi nhiệt độ đỉnh nhỏ hơn hoặc bằng nhiệt độ đặt van làm việc theo rơle thời gian với việc mở. Nhờ hệ thống này có thể giữ ổn định sản phẩm lấy ra Tháp chung cất phân đoạn tinh dầu làm việc theo chế độ phân đoạn nhằm tách ra từng chất tinh khiết (đạt tới 96 - 99% hàm lượng chất chính). Khi chưng cất người ta lấy ra các chất tinh khiết lần lượt từ chất có nhiệt độ sôi thấp đến chất có nhiệt độ sôi cao dần lên. Chất có nhiệt độ sôi cao nhất được để lại trong nồi đáy. Ví dụ, nếu tinh dầu sả có thành phần như trong bảng 1 thì tách riêng 5 chất này theo quá trình sau:

- Tách Limonen.
- Tách Citronellal
- Tách Citronellol.

Tách Geraniol và Geranyl axetat còn lại trong nồi đáy

Hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu tháp chưng cất tinh dầu

Đo và điều khiển các thông số của tháp chưng cất tinh dầu nhằm nâng cao chất lượng và hiệu suất hệ thống chưng cất tinh dầu là một yêu cầu thiết yếu. Để đáp ứng yêu cầu đó, đòi hỏi hệ thống đo và điều khiển đáp ứng được các chỉ tiêu sau [1], [6], [7].

- Đo và điều chỉnh các nhiệt độ T1, T2, T3 theo các giá trị đặt theo yêu cầu của công nghệ.

Trong đó:

T1 là nhiệt độ đỉnh tháp (để điều khiển chu kỳ đóng mở van hồi lưu).

T2 là nhiệt độ tinh dầu ở đáy tháp.

T3 là nhiệt độ dầu gia nhiệt.

- Đo chênh áp giữa đỉnh tháp và đáy tháp để ngăn khả năng bị sặc tháp.

- Đo áp suất chân không ở đỉnh tháp để điều khiển bơm chân không.

- Thu thập toàn bộ các thông tin có liên quan trong quá trình chưng cất tinh dầu

Nhiệt độ, chênh áp, các giá trị đặt,... theo thời gian thực và hiển thị các thông số đó một cách tức thời giúp người vận hành theo dõi và có những hiệu chỉnh cần thiết trong quá trình chưng cất



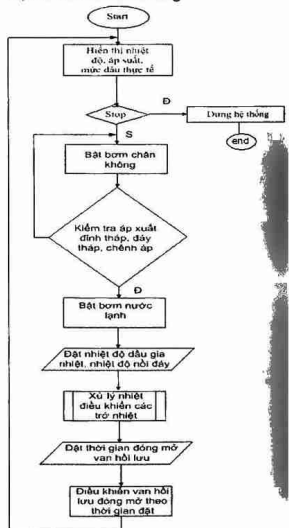
Hình 2. Sơ đồ miêu tả cơ cấu thiết bị đo, điều khiển

Hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu cho quá trình chưng cất được thực hiện từ các thiết bị công nghiệp, các cảm biến, các cơ cấu chấp hành. Quá trình được xử lý và thực hiện qua xử lý các dữ liệu thu thập, hiển thị các dữ liệu thu thập, các kết quả tính toán, nhận các lệnh từ người điều hành và gửi các

lệnh đó đến các cơ cấu chấp hành một cách kịp thời và chính xác. Trên Hình 2 là cấu trúc chung nhất của hệ SCADA ở mức hiện trường. Các thiết bị hiện trường được đo và điều khiển mức cục bộ, trao đổi thông tin cũng như nhận các lệnh điều khiển ở mức cao từ trung tâm điều khiển.

Sử dụng công nghệ FPGA cho Hệ thu thập dữ liệu và điều khiển giám sát SCADA trong hệ thống chưng cất phân đoạn

Như đã trình bày ở trên, hệ đo và điều khiển tháp chưng cất tinh dầu có thể xử lý, điều khiển giám sát các thông số như một hệ SCADA. Ở đây các thông số cần đo là 3 thông số về nhiệt độ, 2 thông số về áp suất, 2 thông số cảm biến mức và 5 thông số điều khiển cho đóng ngắt 3 soi đốt, đóng mở van điện từ và bơm chân không.



Hình 3. Lưu đồ đo và điều khiển

Để thực hiện được các yêu cầu trên chúng ta sử dụng một bản mạch phân cứng FPGA bao gồm [3], [4], [5], [6]:

- FPGA
- IC ADC 0808
- Bộ hiển thị LED 7 thanh
- Bộ LCD

Các thiết bị cảm biến gồm

- Cảm biến nhiệt độ

Với hệ thống này ta nên chọn cảm biến PT100 dải đo từ 0°C - 350°C

- Cảm biến áp suất chân không loại DMP 331P
- Cảm biến mức
- Cảm biến vị trí

Trên Hình 3 là lưu đồ thuật toán thu thập dữ liệu và điều khiển giám sát hệ thống chung cất tinh dầu [5].

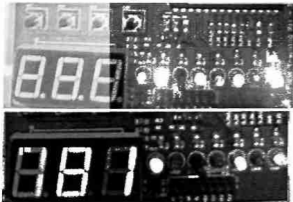
Kết quả xử lý

Các kết quả xử lý được hiển thị thực hiện trên màn hình LCD trên Hình 4,5,6.

Trên Hình 4 quá trình thu thập, điều khiển và giám sát bắt đầu thực hiện.



Hình 4. Màn hình LCD hiển thị và cho phép nhập các giá trị đặt



Hình 5. Hiển thị nhiệt độ dầu gia nhiệt và thông báo bảo động

Cũng trên màn hình LCD này cho phép thể hiện việc nhập các giá trị đặt cho quá trình chung cất. Với nhiệt độ dầu gia nhiệt vì một lý do nào đó vượt qua giới hạn cho phép (khi quá 255°C) thì thiết bị xử lý sẽ nhận biết và phát tín hiệu báo động bằng đèn sáng nhấp nháy. Điều này sẽ giúp cho người vận hành, quản lý biết để kịp điều chỉnh cho phù hợp (Hình 5).

Qua cảm biến T1 được đặt trên đỉnh tháp, nhiệt độ sẽ được hiển thị khi nhấn phím P1. Giá trị nhiệt độ hiển thị như trên Hình 6 sẽ cho biết lúc này tinh dầu loại nào sẽ được lấy ra. Và theo công nghệ nhiệt độ đó phải được giữ ổn định trong suốt quá trình chung cất loại tinh dầu đó. Ở đây nhiệt độ đang được hiển thị 83°C .



Hình 6. Hiển thị nhiệt độ đỉnh tháp

Trong quá trình đun sôi, ở một nhiệt độ cho phép thì hệ thống làm việc bình thường, nhưng trong trường hợp nhiệt độ trong đáy nồi và nhiệt độ dầu gia nhiệt tăng cao so với giá trị yêu cầu thì phải được xử lý kịp thời để tránh sự cố, vì vậy ở đây cần thiết kế bộ hiển thị nhiệt độ và kèm theo bộ báo động khi nhiệt độ quá giá trị cho phép. Để kiểm tra hiển thị nhiệt độ thường xuyên của hệ thống, hệ điều khiển cần một bàn phím với 16 phím cho phép lựa chọn hiển thị các thông số trong hệ thống đo, cũng như thực hiện việc đặt các giá trị theo yêu cầu.

KẾT LUẬN

Ứng dụng công nghệ FPGA trong hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu-SCADA cho quá trình chung cất tinh dầu là một trong các nghiên cứu được quan tâm. Hệ SCADA lúc này thiết kế rất nhỏ gọn, thực hiện được nhiều chức năng cho kiểm soát và giám sát. Các sản phẩm tạo ra trong quá trình chung cất có chất lượng đạt yêu cầu dễ ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1 Nguyễn Khánh Toàn (2016), *Nghiên cứu công nghệ FPGA cho hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu SCADA*, Luận văn thạc sĩ, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên.
- 2 Barr, Michael, *Programmable Logic: What's it to Ya?*, June 1999, pp 75-84
3. Bhasker Jayaram (2004), *A VHDL Primer*, Pearson Education Pte Ltd , 3rd Ed.

- 4 S. Brown, R Francis, J Rose, Z Vranesic (1992), *Field-Programmable Gate Arrays*, Springer/Kluwer Academic Publishers, ISBN 978-0-7923-9248-4
- 5 Kant Krishan (2001), *Computer Based Industrial Control*, ISTE Learning Materials Centre, 1st Ed.
- 6 Floyd L. Thomas (2004), *Digital Fundamentals*, Pearson Education Publications, 8th Ed
- 7 Floyd L. Thomas (2003), *Electronic Devices*, Pearson Education Publications, 6th Ed

SUMMARY

AN APPLICATION OF SCADA FOR DISTILLATION TOWER OF ESSENTIAL OIL USING FPGA TECHNOLOGY

Nguyen Dinh Hung¹, Le Ba Dung^{2*}

¹Hanoi Community College

²Hung Yen University of Technology and Education

An controller based on SCADA using FPGA technology for essential oil fractionation is described in this paper. The control system is composed of several subsystems such as the vacuum pressure, heating measurement and control system. With FPGA technology allows building systems of data acquisition and control system distillation tower flexibility with low cost hardware as well as time for building software.

Keywords: Measurement devices, FPGA technology, Essential oil fractionation, SCADA

Ngày nhận bài: 06/3/2017; Ngày phản biện: 28/3/2017; Ngày duyệt đăng: 31/3/2017

* Tel: 0989 885654