



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0053665

(51)^{2020.01} G06F 9/00

(13) B

(21) 1-2022-02046

(22) 01/04/2022

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/10/2023 427A

(73) Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh (VN)

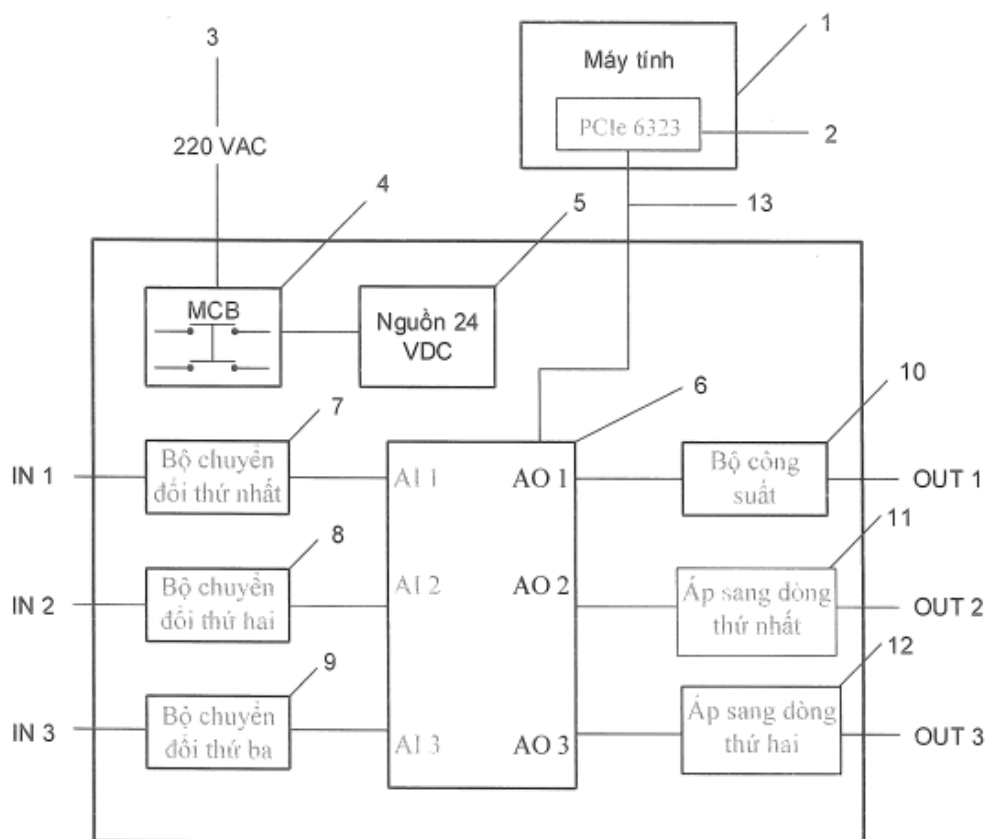
Số 1 Võ Văn Ngân, phường Linh Chiểu, thành phố Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh

(72) Trương Nguyễn Luân Vũ (VN); Võ Lâm Chương (VN).

(54) MÔDUN ĐIỀU KHIỂN CỦA THÁP CHUNG CẤT ETHANOL

(21) 1-2022-02046

(57) Sáng chế đề cập đến môđun điều khiển của tháp chưng cất ethanol bao gồm: MCB (4) nhận nguồn điện AC (3) để cấp nguồn cho nguồn DC (5) cung cấp cho tất cả các thiết bị được sử dụng trong môđun; mạch giao tiếp (6) được kết nối với thẻ PCI (2) gắn trong máy tính (1) bằng cáp chuyên dùng (13), mạch giao tiếp (6) để chia tín hiệu thành các tín hiệu vào (AI 1, AI 2, AI 3) và các tín hiệu ra tương ứng (AO 1, AO 2, AO 3); các bộ chuyển đổi (7, 8, 9) ở các ngõ vào (IN 1, IN 2, IN 3) và bộ công suất (10) và các áp sang dòng (11, 12) ở các ngõ ra (OUT 1, OUT 2, OUT 3); và các bộ chuyển đổi áp sang dòng (11, 12) được dùng cho các loại van điều khiển tuyến tính.



Hình 3

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực điều khiển quy trình sản xuất trong công nghiệp, cụ thể là đề cập đến môđun điều khiển của tháp chưng cất ethanol của hệ thống chưng cất ethanol.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các quy trình sản xuất trong công nghiệp như hóa dầu, chưng cất là các quá trình phức tạp với nhiều biến điều khiển ảnh hưởng qua lại lẫn nhau. Ví dụ như trong hệ thống chưng cất, áp suất sẽ ảnh hưởng đến nhiệt độ sôi của các hỗn hợp chưng cất. Trong khi đó, lưu lượng vào ra của dòng cấp liệu và dòng sản phẩm sẽ ảnh hưởng đến áp suất trong tháp. Do đó, để điều khiển quy trình chưng cất có hiệu quả, người ta phải cùng lúc điều khiển các biến có ảnh hưởng đến sản phẩm của quy trình đó.

Các phương pháp điều khiển cho hệ đa biến được các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước phát triển để có thể đưa vào ứng dụng trong thực tế. Trong các nghiên cứu đó, tháp chưng cất thường được chọn là đối tượng nghiên cứu để minh chứng các phương pháp điều khiển khác nhau. Ví dụ tháp chưng cất Ogunnaike và Ray (OR) được nhiều nhà nghiên cứu sử dụng làm mô hình mẫu chuẩn trong quá trình nghiên cứu và so sánh kết quả (tham khảo [1] Truong Nguyen Luan Vu, Moonyong Lee, Independent design of multi-loop PI/PID controllers for interacting multivariable processes, Journal of process control, vol. 20, 2010, p. 922-933; và [2] Jobrun Nandong, Zhuquan Zang, Multi-loop design of multi-scale controllers for multivariable processes, Journal of process control, vol. 24, 2014, p. 600-612). Mô hình của tháp có ba ngõ vào (lưu lượng cấp liệu, lưu lượng hồi lưu và áp suất đỉnh) và ba ngõ ra (thành phần dòng ra ở đỉnh, thành phần dòng ra ở giữa và nhiệt độ khay đáy).

Nhóm tác giả cũng đã công bố quốc tế nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến việc điều khiển hệ đa biến (tháp chưng cất). Hơn nữa, bên cạnh việc nghiên

cứu lý thuyết, việc triển khai ý tưởng ra ứng dụng thực tế cũng đã được thực thi. Trong quá trình triển khai thực tế, việc kết nối phần cứng cũng là vấn đề phức tạp khi số lượng biến điều khiển tăng lên đáng kể. Do đó, nhu cầu của việc đơn giản hóa việc kết nối phần cứng giúp cho việc triển khai các hệ thống điều khiển nhanh, gọn là thật sự cần thiết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế nhằm tạo ra một môđun điều khiển cho tháp chưng cất ethanol quy mô công suất nhỏ (100 lít/ngày). Môđun điều khiển nhằm điều khiển các thông số chính của quá trình chưng cất. Các thông số này được lựa chọn dựa trên các phân tích động học của quá trình bao gồm: lưu lượng, nhiệt độ của dòng cấp liệu và lưu lượng của dòng hồi lưu. Trong đó, ưu điểm vượt trội của môđun điều khiển này là cho khả năng điều khiển có độ ổn định cao, và ít tổn hao năng lượng hơn (10%) so với các công trình nghiên cứu khác.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất môđun điều khiển của tháp chưng cất ethanol bao gồm:

- MCB (4) nhận nguồn điện AC (3) để cấp nguồn cho nguồn DC (5), ngõ ra của nguồn DC cung cấp cho tất cả các thiết bị được sử dụng trong môđun;
- mạch giao tiếp (6) được kết nối với thẻ PCI gắn trong máy tính (1) bằng cáp chuyên dùng (13), mạch giao tiếp (6) để chia tín hiệu thành các tín hiệu vào (AI 1, AI 2, AI 3) và các tín hiệu ra tương ứng (AO 1, AO 2, AO 3);
- các bộ chuyển đổi (7, 8, 9) ở các ngõ vào (IN 1, IN 2, IN 3) và bộ công suất (10), các áp sang dòng (11, 12) ở các ngõ ra (OUT 1, OUT 2, OUT 3), các cáp kết nối thiết bị được chuẩn hóa sử dụng loại cáp tròn sáu chân đồng bộ giữa môđun và các thiết bị trong hệ thống có kết nối với môđun;
- các bộ chuyển đổi (7, 8, 9) để chuyển tín hiệu từ cảm biến thành điện áp tương tự phù hợp với thẻ PCI;
- bộ công suất (10) được sử dụng cho các loại tải trở, trong trường hợp này là điện trở nhiệt; và

- các bộ chuyển đổi áp sang dòng (11) và (12) được dùng cho các loại van điều khiển tuyến tính.

Môđun điều khiển này giúp việc triển khai phần cứng dễ dàng hơn bằng cách chuẩn hóa các cổng kết nối thiết bị. Trong phạm vi của sáng chế, môđun chỉ ứng dụng cho tháp chưng cất ethanol. Tuy nhiên trong thực tế môđun có thể ứng dụng vào các loại tháp chưng cất khác hoặc các quy trình công nghiệp có liên quan đến việc điều khiển nhiều biến tương tự (nhiệt độ, lưu lượng, áp suất) bằng cách thay đổi chương trình điều khiển và các thiết bị tương ứng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: Sơ đồ mô tả sơ lược quy trình chưng cất ethanol;

Hình 2: Sơ đồ mô tả quy trình chưng cất ethanol;

Hình 3: Mô tả cấu tạo của môđun điều khiển của tháp chưng cất ethanol theo sáng chế; và

Hình 4: Sơ đồ kết nối giữa mô đun điều khiển theo sáng chế với các thiết bị.

Mô tả chi tiết sáng chế

Chưng cất là quá trình phân tách hỗn hợp lỏng hoặc khí lỏng thành các cấu tử riêng biệt dựa vào sự khác nhau về độ bay hơi của chúng (nhiệt độ sôi khác nhau ở cùng áp suất), thông qua việc lặp đi lặp lại nhiều lần quá trình bay hơi - ngưng tụ. Khi chưng cất sẽ nhận được nhiều cấu tử, có bao nhiêu cấu tử sẽ thu được bấy nhiêu sản phẩm. Ví dụ trong trường hợp xét hệ chưng cất đơn giản với hai cấu tử sẽ thu được hai sản phẩm, bao gồm sản phẩm đỉnh có cấu tử có độ bay hơi lớn với nhiệt độ sôi nhỏ và sản phẩm đáy có cấu tử có độ bay hơi nhỏ với nhiệt độ sôi lớn. Với việc chưng cất ethanol, sản phẩm đỉnh chủ yếu sẽ là ethanol nồng độ cao (trên 90%), và sản phẩm đáy là nước.

Như được nhìn thấy ở hình 1, tháp chưng cất gồm có nhiều tầng. Mỗi tầng có các đĩa chia với nguyên tắc các cấu tử pha hơi sẽ đi từ dưới lên trên qua các lỗ

của đĩa, cầu tử pha lỏng sẽ chảy từ trên xuống dưới theo các đường dẫn ở hai bên, nồng độ của các cầu tử sẽ thay đổi theo chiều cao của tháp, nhiệt độ sôi cũng thay đổi theo tương ứng với sự thay đổi nồng độ.

Tóm lại, trên mỗi đĩa sẽ xảy ra quá trình chuyển khối giữa pha lỏng và pha hơi, trong đó, phần lớn cầu tử dễ bay hơi sẽ chuyển pha từ lỏng sang hơi và một số ít cầu tử sẽ chuyển pha từ hơi sang lỏng. Quá trình được lặp lại nhiều lần với số lượng đĩa tương ứng. Cuối cùng, trên đỉnh tháp sẽ thu được cầu tử dễ bay hơi ở nồng độ cao và ở đáy tháp sẽ thu được cầu tử khó bay hơi ở nồng độ cao.

Sáng chế đề cập đến môđun điều khiển chính của bộ điều khiển tháp chưng cất ethanol. Để hiểu rõ hơn vai trò của môđun điều khiển này, tác giả mô tả sơ lược quy trình chưng cất ethanol theo hình 2

Trong hình 2, V1, V2, V3, V4, V5, V6 và V7 là các van đóng-ngắt (điều khiển on-off). R1, R2, R3 và R4 là các thanh điện trở gia nhiệt có công suất thay đổi tùy theo vị trí lắp đặt. TC1, TC2, TC3 và TC4 là các bộ điều khiển nhiệt độ tương ứng với các cảm biến đo trên. FV1 và FV3 là các van tuyến tính dùng để điều khiển lưu lượng của dòng chất lỏng chảy qua đường ống. FC1 và FC2 là các bộ điều khiển lưu lượng tương ứng. LC1 và LC2 là các bộ điều khiển mức chất lỏng trong bồn đáy và trong thùng phân dòng sản phẩm. B1 và B2 là các bơm định lượng, B3 là bơm ly tâm. N1, N2, N3, N4 và N5 là các tầng của tháp chưng cất.

Hỗn hợp nguyên liệu đầu vào có nồng độ ethanol từ 10-20% được đưa vào thùng nguyên liệu, trong thùng chứa có điện trở nhiệt R1 được điều khiển bởi bộ điều khiển TC1 để đưa nhiệt độ hỗn hợp lên khoảng 60°C.

Bơm B1 được dùng để bơm hỗn hợp nguyên liệu qua điện trở nhiệt R2 với mục đích điều khiển nhiệt độ dòng cấp liệu. Bên cạnh đó, lưu lượng dòng cấp liệu cũng được điều khiển thông qua bộ điều khiển FC1 và cấp vào tháp thông qua van đóng-mở (V1, V2, V3, V4 hoặc V5).

Hỗn hợp trong tháp được chiết tách thông qua các mâm xuyên lỗ của tháp chưng cất, ethanol được bay lên đỉnh tháp đến thiết bị ngưng tụ, trước đó thiết bị

bơm nước làm nguội đã được bật ON. Kế tiếp, ethanol được thu hồi về (thùng phân dòng) để kiểm tra nồng độ (sử dụng cồn kế hoặc máy đo phân tích). Nếu sản phẩm đạt nồng độ theo yêu cầu thì van V7 mở chế độ ON để sản phẩm về thùng (sản phẩm đỉnh).

Nếu sản phẩm chưa đạt thì bơm B2 hoạt động để bơm sản phẩm vào điện trở nhiệt R4 thông qua van FV3 vào tháp. Sản phẩm có nồng độ thấp sẽ lần lượt chảy xuống các mâm xuyên lỗ để về bồn gia nhiệt R3 cho đến khi hỗn hợp đạt mức thấp thì bộ điều khiển nhiệt độ đáy tháp TC3 sẽ điều khiển nhiệt độ hỗn hợp đáy khoảng 90°C (nhiệt độ này thay đổi tùy nồng độ ethanol).

Trong tháp, hơi đi từ dưới lên (N5 đến N1) gặp chất lỏng đi từ trên xuống (N1 đến N5). Ở đây, có sự tiếp xúc và trao đổi giữa hai pha (pha hơi và pha lỏng) với nhau. Pha lỏng chuyển động càng xuống dưới càng giảm nồng độ vì đã bị pha hơi tạo nên từ bồn gia nhiệt lôi cuốn cấu tử dễ bay hơi. Trong khi đó, hơi đi qua các đĩa từ N5 lên N4, N3, N2, N1 thì cấu tử có nhiệt độ sôi cao là nước sẽ ngưng tụ lại, cuối cùng trên đỉnh tháp N1 sẽ thu được hỗn hợp có ethanol nồng độ cao. Hơi này đi vào thiết bị ngưng tụ và ngưng tụ lại và di chuyển về thùng phân dòng.

Quá trình chưng cất hoạt động liên tục cho đến khi một phần của chất lỏng ngưng tụ được hoàn lưu về tháp ở đĩa trên cùng thông qua bộ điều khiển gia nhiệt hoàn lưu. Một phần cấu tử có nhiệt độ sôi thấp được bốc hơi, còn lại cấu tử có nhiệt độ sôi cao trong chất lỏng ngày càng tăng và chảy xuống đáy. Cuối cùng, ở đáy tháp thu được hỗn hợp lỏng hầu hết là các cấu tử khó bay hơi (tạp chất và nước). Khi hỗn hợp lỏng ở đáy tháp lên mức LC1 thì được van V6 mở lên ON để xả vào bồn chứa sản phẩm đáy. Quá trình trên được hệ thống làm việc liên tục cho ra sản phẩm đỉnh là ethanol có nồng độ cao (trên 90%).

Thông qua nguyên lý hoạt động của quy trình chưng cất như trên, các đại lượng cần được điều khiển của tháp chưng cất ethanol bao gồm: lưu lượng của dòng cấp liệu, nhiệt độ dòng cấp liệu, và lưu lượng của dòng hoàn lưu. Các biến này sẽ được đo lường thông qua các cảm biến tương ứng. Tín hiệu trả về của cảm

biến theo chuẩn công nghiệp sẽ là các tín hiệu tương tự như dòng điện (4-20 mA) hoặc điện áp (0-10V). Bộ điều khiển chính của hệ thống sẽ đọc tín hiệu này, từ đó xây dựng thuật toán điều khiển tương ứng và xuất ra tín hiệu điều khiển đến các cơ cấu chấp hành bao gồm van tuyến tính (FV1 và FV3), thanh điện trở nhiệt R2. Tất cả các cơ cấu chấp hành này đều nhận tín hiệu điều khiển là tín hiệu tương tự dòng điện (4-20 mA) hoặc điện áp (0-10V).

Hình 3 mô tả các thành phần của môđun điều khiển theo sáng chế.

Giải thuật điều khiển tháp chưng cất được xây dựng trên máy tính 1. Máy tính kết nối với môđun thông qua thẻ (card) PCI 2 (ví dụ trong hình là thẻ PCIE 6323) và cáp kết nối chuyên dùng 13. Mạch giao tiếp 6 với mục đích chuyển các tín hiệu từ cáp kết nối 13 thành các tín hiệu vào, ra tương ứng. Nguồn điện AC 3 (220V) cấp chính cho môđun điều khiển này qua MCB (Miniature circuit breaker: aptomat cỡ nhỏ) 4 và cấp cho bộ nguồn DC 5 (24V). Nguồn DC này sẽ cung cấp điện áp hoạt động cho tất cả các thiết bị sử dụng trong môđun.

Tín hiệu tương tự chuẩn công nghiệp có hai dạng phổ biến là điện áp và dòng điện. Tuy nhiên thẻ PCI chỉ chủ yếu đọc và xuất tín hiệu tương tự dạng điện áp nên bên trong môđun sẽ tích hợp sẵn các bộ chuyển đổi (7, 8, và 9) để chuyển tín hiệu từ cảm biến thành điện áp tương tự phù hợp với thẻ PCI 2.

Trong hình 2, bộ công suất 10 được sử dụng cho các loại tải trở, trong trường hợp này là điện trở nhiệt R2. là các bộ chuyển đổi áp sang dòng 11 và 12 (4-20 mA) được dùng cho các loại van điều khiển (van tuyến tính FV1, FV3).

Hình 4 mô tả chi tiết kết nối của các thiết bị với môđun điều khiển.

Các tín hiệu ngõ vào: Các đại lượng thường được đo lường trong các quá trình công nghiệp bao gồm: nhiệt độ, mức, lưu lượng và áp suất. Do đó môđun tích hợp sẵn bốn ngõ vào như sau:

- IN 1: ngõ vào cho cảm biến nhiệt độ, có hai dạng phổ biến trong công nghiệp là: thermocouple và RTD. Bên trong môđun có sẵn bộ chuyển

đổi đọc các dạng cảm biến này và chuyển thành dạng tín hiệu điện áp (0-10V DC) đưa về thẻ PCI.

- IN 2: ngõ vào cho cảm biến lưu lượng dòng cấp liệu, cảm biến trả về tín hiệu dòng điện 4-20 mA. Bên trong môđun tích hợp bộ chuyển đổi dòng điện sang điện áp (0-10V DC) đưa về thẻ PCI.
- IN 3: ngõ vào cho cảm biến lưu lượng dòng hoàn lưu, cảm biến cũng trả về tín hiệu dòng điện 4-20 mA. Bên trong môđun tích hợp bộ chuyển đổi dòng điện sang điện áp (0-10V DC) đưa về thẻ PCI.

Các tín hiệu ngõ ra: Tương ứng với các tín hiệu ngõ vào, ngõ ra của môđun cũng tích hợp sẵn các bộ công suất và bộ chuyển đổi phù hợp với các cơ cấu chấp hành.

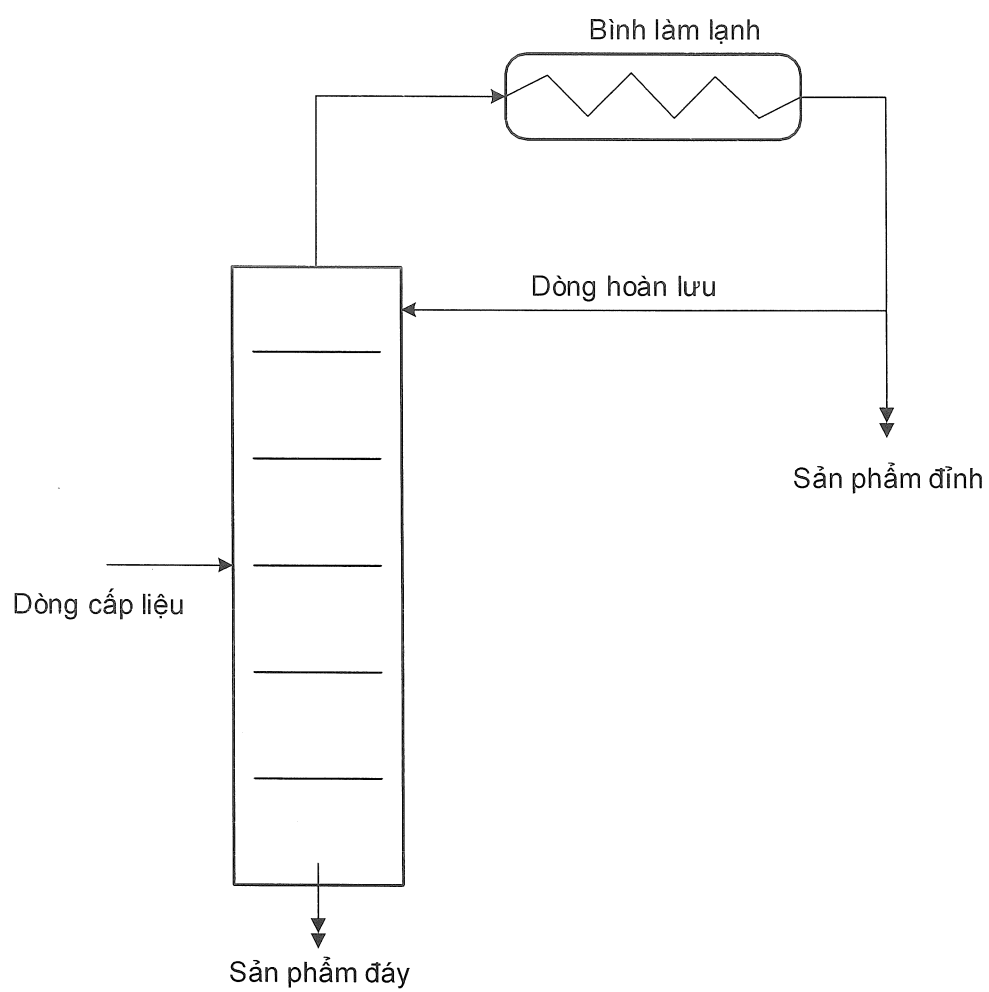
- OUT 1: Ngõ ra dùng để kết nối với các dạng tải trở, trong tháp chưng cất sử dụng thanh điện trở nhiệt R2. Tín hiệu ngõ ra của thẻ PCI là điện áp tương tự (0-10V), thông qua bộ công suất phù hợp để điều khiển thanh gia nhiệt dòng cấp liệu.
- OUT 2, OUT 3: Là các ngõ ra dùng để kết nối với các van tuyến tính. Bên trong môđun cũng tích hợp sẵn bộ chuyển đổi áp sang dòng để chuyển tín hiệu điện áp của thẻ PCI thành tín hiệu dòng điện chuẩn 4-20 mA cho van tuyến tính.

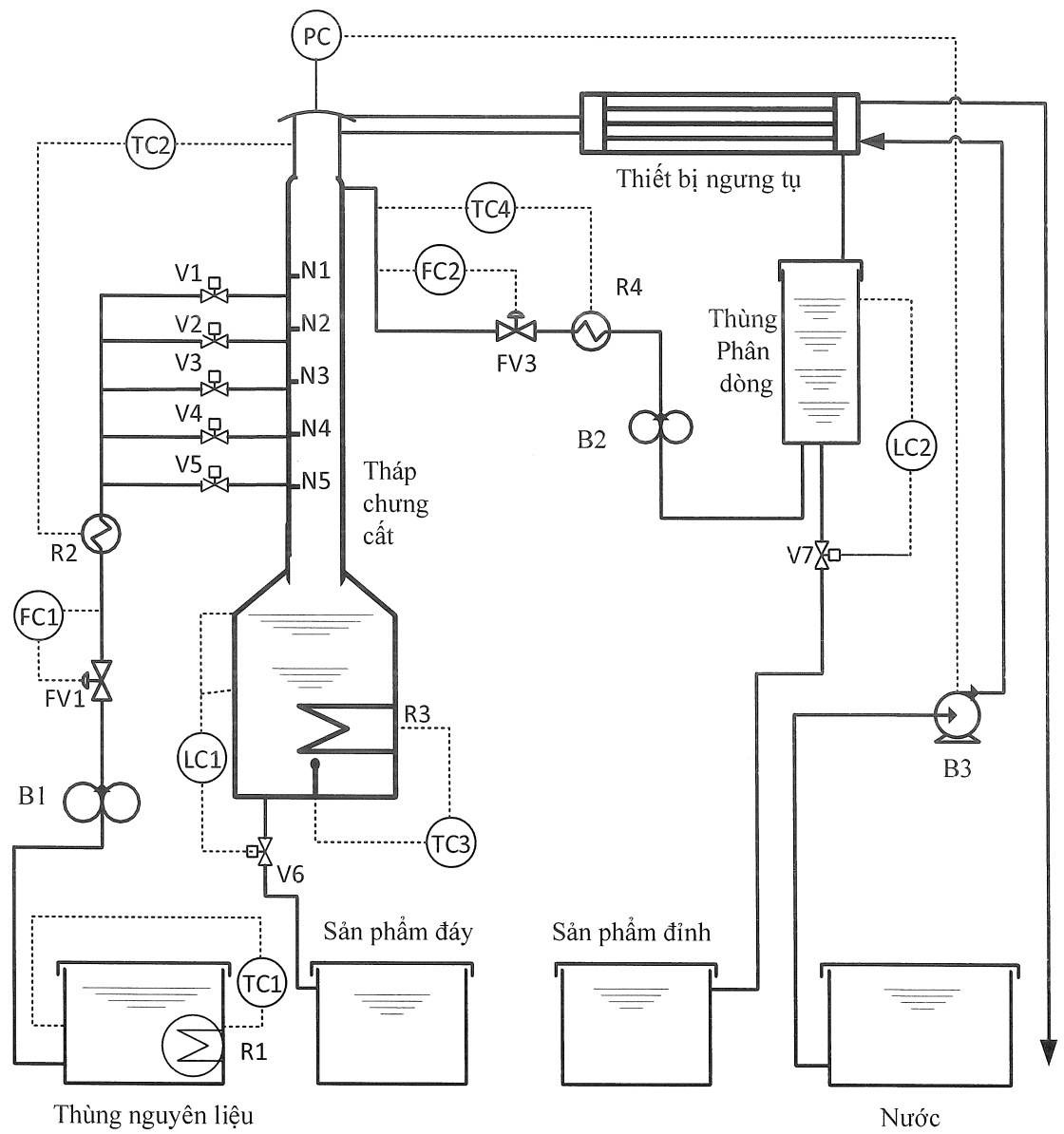
Tất cả các ngõ IN và OUT đều được chuẩn hóa sử dụng cáp sáu chân nên khi kết nối các thiết bị với môđun sẽ trở nên thuận tiện và đạt hiệu quả cao.

Yêu cầu bảo hộ

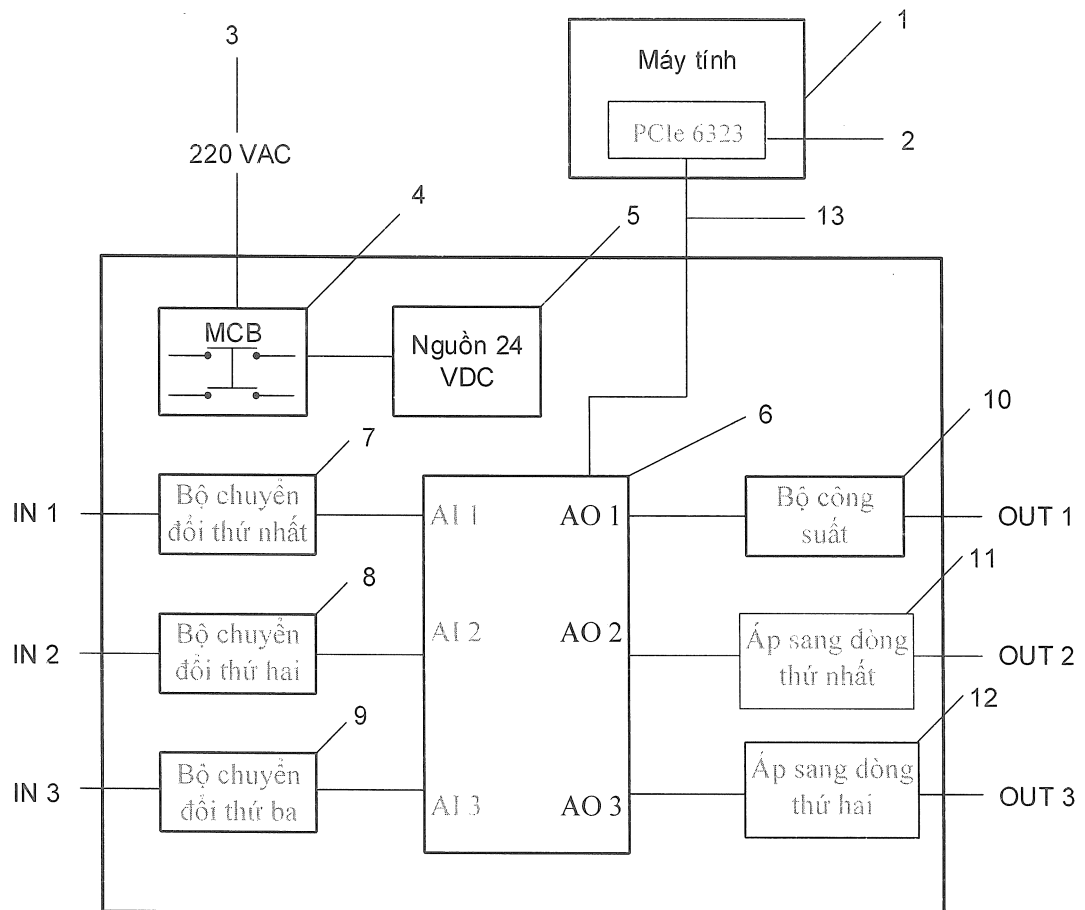
1. Môđun điều khiển của tháp chưng cất ethanol bao gồm:

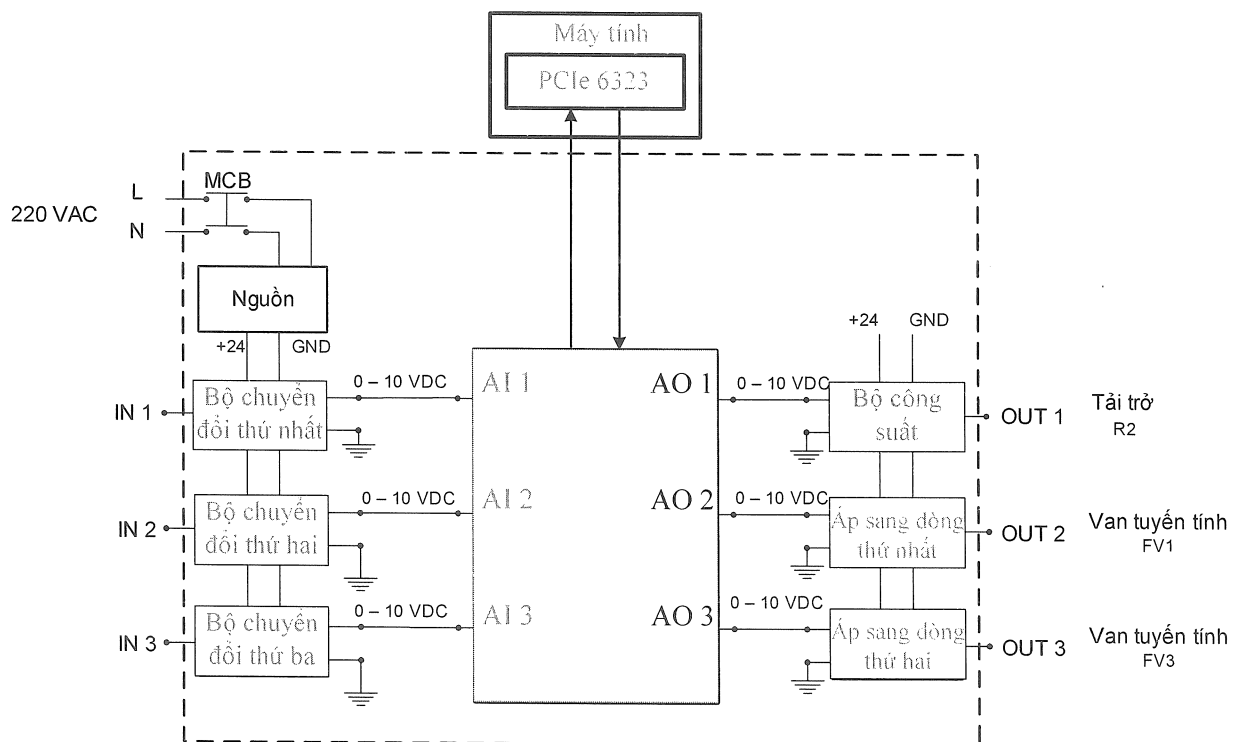
- MCB (4) nhận nguồn điện AC (3) để cấp nguồn cho nguồn DC (5), ngõ ra của nguồn DC cung cấp cho tất cả các thiết bị được sử dụng trong môđun;
- mạch giao tiếp (6) được kết nối với thẻ PCI (2) gắn trong máy tính (1) bằng cáp chuyên dùng (13), mạch giao tiếp (6) để chia tín hiệu thành các tín hiệu vào (AI 1, AI 2, AI 3) và các tín hiệu ra tương ứng (AO 1, AO 2, AO 3),
- các bộ chuyển đổi (7, 8, 9) ở các ngõ vào (IN 1, IN 2, IN 3) và bộ công suất (10), các áp sang dòng (11, 12) ở các ngõ ra (OUT 1, OUT 2, OUT 3), các cáp kết nối thiết bị được chuẩn hóa sử dụng loại cáp tròn sáu chân đồng bộ giữa môđun và các thiết bị trong hệ thống có kết nối với môđun,
- các bộ chuyển đổi (7, 8, 9) để chuyển tín hiệu từ cảm biến thành điện áp tương tự phù hợp với thẻ PCI,
- bộ công suất (10) được sử dụng cho các loại tải trở, trong trường hợp này là điện trở nhiệt, và
- các bộ chuyển đổi áp sang dòng (11) và (12) được dùng cho các loại van điều khiển tuyến tính.

**Hình 1**



Hình 2

**Hình 3**

**Hình 4**