

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN THÁP CHƯNG CẤT

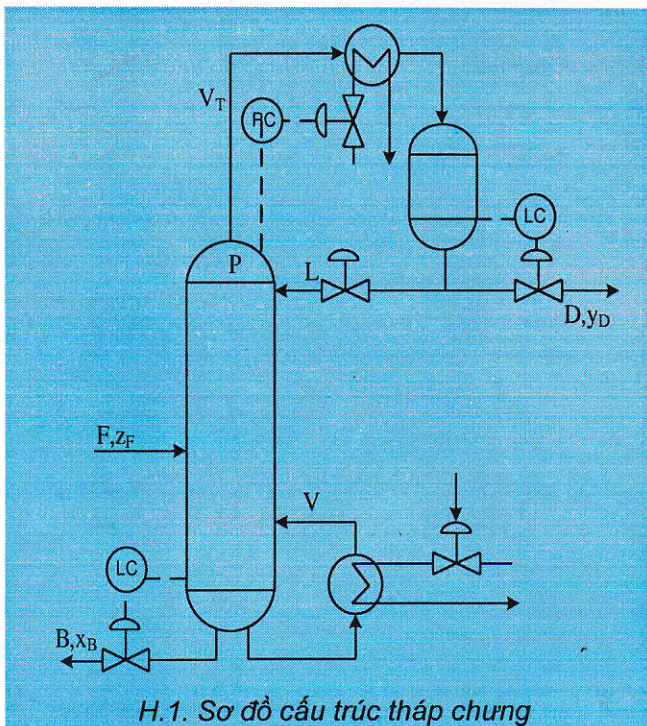
ThS. NGUYỄN THANH LỊCH, ThS. PHẠM THỊ THANH LOAN
Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Một nhiệm vụ quan trọng trong việc thiết kế hệ thống điều khiển là xác định cấu trúc điều khiển. Skogestad và Postlethwaite [7] tóm tắt các bước trong thiết kế cấu trúc điều khiển bao gồm:

- ❖ Lựa chọn các biến đo;
- ❖ Lựa chọn các biến vào và các biến ra;
- ❖ Lựa chọn cấu hình điều khiển;
- ❖ Lựa chọn loại bộ điều khiển (PID, tách kênh ...).

Bài báo này tập trung xem xét các nội dung trong bước 3) của cấu trúc điều khiển với biến vào/ra cơ bản đã được lựa chọn cho đối tượng là tháp chưng cất trong công nghiệp dầu khí và hóa chất.

1. Các cấu trúc điều khiển tháp chưng



H.1. Sơ đồ cấu trúc tháp chưng

Trên H.1 giới thiệu sơ đồ cấu trúc tháp chưng: F - Lưu lượng cấp [kmol/min]; z_F - Thành phần

nguồn cấp [mole fraction]; q_F - Phần lỏng trong nguồn cấp; D và B - Lưu lượng sản phẩm đỉnh và đáy [kmol/min]; y_D và x_B - Sản phẩm đỉnh và đáy [mole fraction]; $L=L_T=L_N$ - Lưu lượng hồi lưu [kmol/min]; $V=V_B=V_1$ - Lưu lượng hơi cấp nhiệt [kmol/min]; N - Số đĩa lý thuyết bao gồm cả nồi tái đun; $N_{tot}=N+1$ - Tổng số đĩa (bao gồm cả bình ngưng); L_i và V_i - Lưu lượng lỏng và hơi từ đĩa thứ i [kmol/min]; x_i và y_i - Thành phần lỏng và hơi trên đĩa [mole fraction]; M_i - Trữ lượng chất lỏng trên đĩa i [kmol]; α - Độ bay hơi tương đối; τ_L - Hằng số thời gian cho động học dòng lỏng trên mỗi đĩa [min]; λ - Hệ số ảnh hưởng của dòng hơi lên dòng lỏng.

Hầu hết các tháp chưng cất (H.1) đều được xem xét như một đối tượng có 15×5 biến số. $dy(s) = G^{5 \times 5}(s) du(s)$, trong đó các đầu vào u và đầu ra y:

$$u = \begin{bmatrix} L \\ V \\ D \\ B \\ V_T \end{bmatrix}; y = \begin{bmatrix} y_D \\ x_B \\ M_D \\ M_B \\ M_{V(p)} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong hầu hết các trường hợp, V và V_T được điều khiển gián tiếp thông qua bình ngưng và thiết bị gia nhiệt. Áp suất giả thiết được điều khiển bởi V_T . Do đó mức M_D , M_B sẽ được điều khiển bởi tổ hợp của các biến L, V, D, B. Hai biến đầu ra còn lại là sản phẩm sẽ được điều khiển bởi hai biến điều khiển còn lại. Sự kết hợp giữa chúng sẽ cho các cấu hình điều khiển khác nhau của tháp chưng.

Không có một cấu hình đơn nào phù hợp với tất cả các tháp chưng vì không thể đưa ra được một hệ thống điều khiển giải quyết được tất cả các bài toán điều khiển cho chúng. Birky (1989) đã so sánh các quy luật của Page Buckley và Greg Shinskey trên một tập hợp các tháp chưng đã nghiên cứu và tìm ra 3 trong số 18 cấu trúc đề xuất.

1.1. Cấu trúc LV

Đây là cấu trúc thông dụng nhất trong công nghiệp. Ưu điểm chính của nó là các biến điều khiển ảnh hưởng trực tiếp tới thành phần sản phẩm và hầu như độc lập với vòng điều chỉnh mức. Nó cũng hoạt động tốt trong trường hợp điều khiển một vòng. Cấu trúc LV có thể là lựa chọn tốt nhất vì nó đơn giản. Tuy nhiên, nếu bộ điều khiển không đủ nhanh và có tương tác mạnh giữa đỉnh và đáy tháp (điều khiển mức sử dụng D và B trở nên khó khăn) thì nên chọn một cấu hình khác.

1.2. Cấu trúc DB

Finco (1989) và Skogestad (1990) đã sử dụng cấu trúc này trong cả mô phỏng và ứng dụng thực tế. Với các tháp cần độ tinh khiết cao thì dòng trong thường lớn, vì vậy sử dụng L và V để điều khiển mức là hợp lý. Nhược điểm của cấu hình DB là nó chỉ hoạt động khi cả hai vòng điều khiển thành phần đều được đóng.

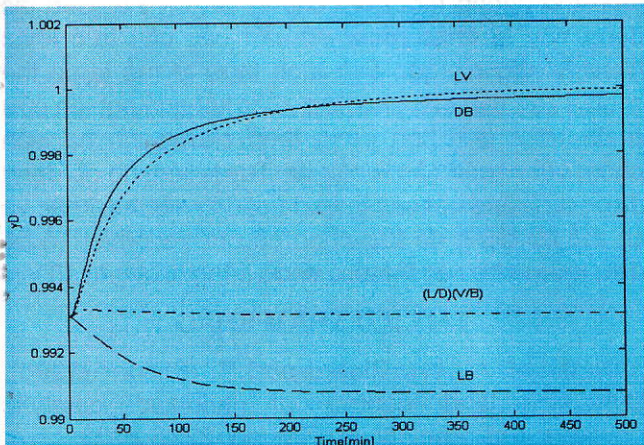
1.3. Cấu trúc DV

L và B được sử dụng để điều khiển mức. Tăng nguồn cấp sẽ làm tăng tương ứng lưu lượng đáy, vì thế cấu hình này gây ra tác động tương tự như cấu hình LV. Cấu hình này có thể tốt hơn cấu hình LV trong điều khiển một vòng với độ hồi lưu lớn vì điều khiển mức đỉnh đơn giản hơn. Nhược điểm: khả năng thực hiện có thể thay đổi phụ thuộc vào điều khiển vận hành; thực hiện kém khi lỗi dẫn đến D không đổi (ví dụ lỗi phép đo sản phẩm đỉnh).

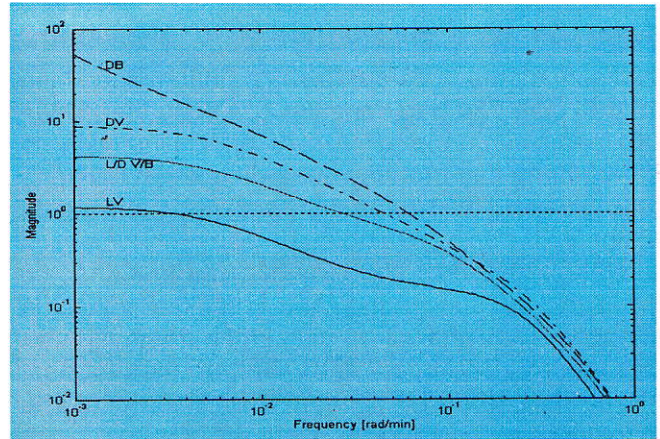
2. Lựa chọn cấu trúc điều khiển cho tháp chưng cất

Thông thường, có ba trường hợp điều khiển tháp chưng:

- ❖ Vòng hở: không có bộ điều khiển thành phần;
- ❖ Chỉ có một vòng điều khiển được khép kín (đóng);
- ❖ Có hai vòng điều khiển đều được khép kín.



H.2. Thay đổi trong sản phẩm đỉnh khi tăng lưu lượng nguồn cấp 1%



H. 3. Ảnh hưởng của thành phần nguồn cấp lên sản phẩm đỉnh

Trường hợp 1, hệ thống gần như không ổn định và thành phần sản phẩm cần được giám sát liên tục để duy trì hoạt động ổn định. Để sản phẩm được ổn định cần đóng ít nhất một vòng điều khiển thành phần. Điều khiển hai mạch vòng là trường hợp hoạt động kinh tế nhất của tháp chưng.

Phần dưới đây sẽ phân tích các ưu nhược điểm của các cấu trúc điều khiển được đề xuất cho tháp chưng cất đã cho thông qua việc khảo sát tác động của nhiễu lưu lượng cấp, thành phần nguồn cấp, tính tương tác giữa các vòng điều khiển trong trường hợp điều khiển hai vòng để lựa chọn ra cấu trúc điều khiển phù hợp.

2.1. Đáp ứng với nhiễu lưu lượng cấp (H.2)

❖ Cấu trúc LV: Tăng nguồn cấp đi xuống phía đáy của tháp, do đó sẽ làm tăng tương ứng lưu lượng đáy và có ảnh hưởng lớn đến thành phần sản phẩm. Một cách tổng quát, đáp ứng thành phần sản phẩm của tháp không nhạy đối với khối lượng thực tế trong bình ngưng và nồi tái đun. Điều có ý nghĩa là cấu trúc LV không nhạy với vòng điều khiển mức, đây là ưu điểm chính của cấu trúc này.

❖ Cấu trúc DV: Tăng nguồn cấp sẽ làm tăng tương ứng lưu lượng đáy, vì thế cấu trúc này gây ra tác động tương tự như cấu trúc LV.

❖ Cấu trúc LB: Tăng nguồn cấp làm tăng D, vì thế, đáp ứng trong trường hợp này trái ngược với cấu trúc LV.

❖ Cấu trúc DB: Vì D và B không đổi, do đó khi tăng F sẽ làm tăng mạnh trữ lượng lỏng nội và L, V. Kết quả là cả sản phẩm đỉnh và đáy đều tinh khiết hơn. Tuy nhiên, cấu trúc này không thể thực hiện được nếu không điều chỉnh D và B vì nếu không tháp có thể bị ngập lụt hoặc trống rỗng.

2.2. Đáp ứng với nhiễu thành phần nguồn cấp (H.3)

Với cấu trúc LV: tính tương tác tăng mạnh trong ảnh hưởng của F nhưng lại giảm xuống trong tác

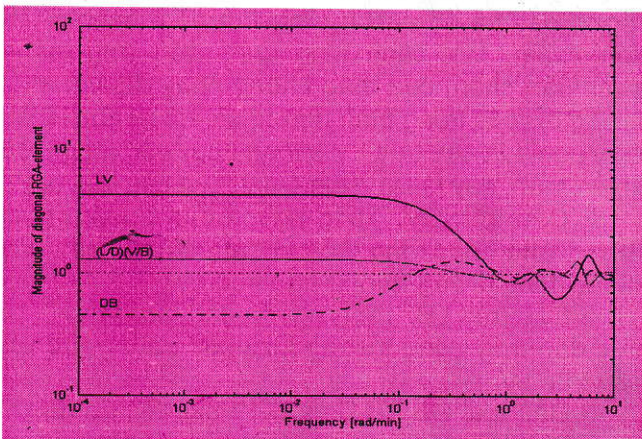
động của z_F . $|\tilde{g}_{d1}|$ lớn hơn 1 ở khoảng 0.2 [rad/min], nghĩa là để có được khả năng điều khiển thì thời gian đáp ứng vòng kín của vòng điều khiển sản phẩm đỉnh xấp xỉ $1/0.2=5$ phút. Như vậy, có thể sử dụng cấu trúc này trong điều khiển hai vòng nhưng cần bộ điều khiển đủ nhanh cho hai vòng để chống lại tác động của nhiễu F .

Kết quả trên H.3 cho thấy các cấu trúc khác có thể được sử dụng trong điều khiển hai vòng mà không yêu cầu phải có bộ điều khiển đủ nhanh như cấu trúc LV. Cấu trúc (L/D)(V/B) thực hiện tốt nhất nhưng thực tế nó lại yêu cầu điều khiển chặt chẽ cho mức.

2.3. Tính tương tác giữa các vòng điều khiển (H.4)

H.4 mô tả biên độ của ma trận đường chéo RGA. Một cách tổng quát, nếu ta muốn các thành phần của RGA chúng ta ghép từng cặp tiến về 1 tại tần số tương ứng với hằng số thời gian vòng kín. Kết quả cho thấy động học của dòng lỏng đã làm cho giá trị này tiến về 1 tại tần số cao với tất cả các cấu trúc. Cấu trúc DB tiến về 1 ở tần số thấp nhất (trường hợp khi cả hai sản phẩm đều có độ tinh khiết cao). Với cấu trúc LV, RGA tiến về 1 tại tần số khoảng 0,41 [rad/min]. Như vậy, rõ ràng là sử dụng cấu trúc LV là phù hợp nhất đối với tháp chưng cất vì:

- ❖ Đơn giản, dễ thực hiện;
- ❖ Độc lập với vòng điều khiển mức;
- ❖ Tương tác giữa các vòng điều khiển không quá lớn, có thể thiết kế một bộ điều khiển phù hợp để triệt tiêu tương tác giữa chúng.



H.4. Biên độ của ma trận đường chéo RGA

3. Điều khiển tháp chưng

Mô hình tuyến tính của hệ thống điều khiển :

$$y_1 = P_u(s)u_1 + P_d(s)d + P_r(s)y_2. \quad (2)$$

Trong cấu hình LV, ảnh hưởng của u_1 lên y_1 gần như độc lập với bộ điều khiển mức và áp suất. Ở đây chúng ta xem xét trường hợp điều khiển với

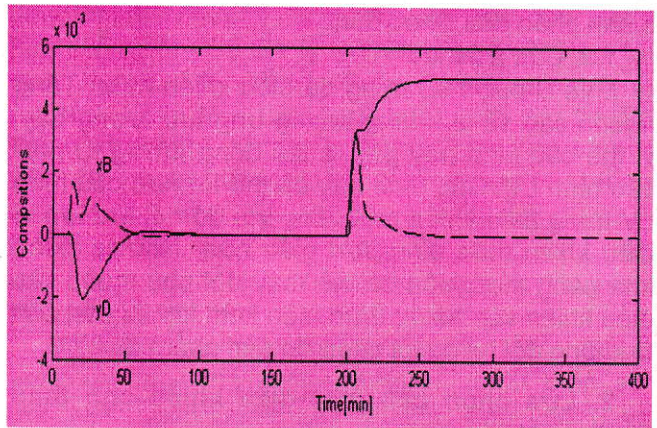
hai vòng điều khiển đơn trong cấu hình LV. Bộ điều khiển PI điều chỉnh x_D sử dụng L, và một bộ điều khiển PI khác điều chỉnh x_B sử dụng V.

$$\begin{aligned} k_1(s) &= 26.1 \frac{1+3.76s}{3.76} (y_D - L); \\ k_2(s) &= -37.5 \frac{1+3.31s}{3.31s} (x_B - V) \end{aligned} \quad (3)$$

Đầu vào $u(L, V)$; đầu ra $y(x_D, x_B)$; nhiễu $d(F, z_F)$.

Với cấu trúc phi tập trung tồn tại tương tác mạnh giữa các vòng điều khiển. Ở đây, ảnh hưởng của nhiễu F tới chất lượng sản phẩm cũng thể hiện rất rõ.

H.5 mô phỏng vòng kín với cấu trúc LV, sử dụng bộ điều khiển PI từ (82). Bao gồm thời gian trễ đo x_D và x_B . $t=10$: tăng F từ 1 lên 1,2; $t=200$: giá trị đặt x_D tăng từ 0,91 lên 0,915.



H.5. Mô phỏng vòng kín với cấu trúc LV

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày một số vấn đề quan trọng trong việc lựa chọn cấu trúc điều khiển cho tháp chưng cất liên tục. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đã được khảo sát thông qua quá trình mô phỏng một tháp chưng cất cụ thể. Các tác động này là khác nhau đối với các cấu trúc khác nhau, vì vậy tùy vào tình hình thực tế mà ta có thể chọn được cấu trúc phù hợp. Các kết quả nghiên cứu ở đây mới giới hạn trong tháp chưng cất hai sản phẩm với nguồn cấp 4 cấu tử. Tuy nhiên, nó dễ dàng được mở rộng với các tháp đa cấu tử liên tục khác và có thể áp dụng để lựa chọn cấu trúc và thiết kế bộ điều khiển cho các tháp có chức năng tương tự. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Arbel, A., I.H. Rinard and R. Shinnar (1996). Dynamics and control of fluidized catalytic crackers. Ind. Eng. Chem, Res, pp. 2215-2233.
2. Anderson, B.D.O. and J.B. Moore, Linear Quadratic Methods, Prentice Hall, 1990.

3. Harve, K. (1998). Studies on controllability analysis and control structure design. PhD thesis. NTNU Trondheim.

4. Michael A. Johnson & Mohammad H. Moradi, PID Control, New Identification and Design Methods-Printed in United State of America.

5. Shinsky, F.G. (1994), Distillation Control. 2 ed ..McGraw-Hill Book Company.

6. Shinnar, R. (1997). Chemical reactor ,modelling for purposes of controller design. Cheng.Eng. Commun. pp. 73-99.

7. Skogestad S., Postletwaite I. "Multivariable Feedback Control.", John Wiley, 1996.

8. Nguyễn Phùng Quang, Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2002.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

The paper presents some important aspects to management of distillation columns, including studies on structure and controller design for them. Influence factors to the product quality are surveyed and compared with the different structures. The research was done through the simulation to the multi-component distillation column and the reader can apply these results in practice in order to improve quality control as well as efficiency of the distillation columns.

NGHIÊN CỨU CẤU TẠO NHỎ...

(Tiếp theo trang 49)

trượt hoặc gặp lớp đất đá không đặc trưng. Khi đó địa tầng đất đá theo mẫu lỗ khoan sẽ không theo thứ tự bình thường.

Phát hiện đứt gãy kiến tạo trong quá trình thăm dò địa chất ở lò khai thác dựa vào một số dấu hiệu sau:

❖ Nếu vách (hoặc trụ) của vỉa dịch chuyển tương đối một đoạn nào đấy so với vị trí ban đầu thì có thể phỏng đoán có đứt gãy (khi có cấu tạo uốn nếp cũng có hiện tượng tương tự những vỉa không bị gián đoạn).

❖ Nếu chiều dày vỉa không biến đổi mà tự nhiên gù gò gặp đá (trường hợp lò theo vỉa) thì chắc chắn lò đã gặp mặt trượt của đứt gãy.

❖ Chiều dày vỉa ở gương lò giảm dần theo tiến độ của lò thì có thể vỉa bị mặt trượt cắt. Trường hợp này phải thăm dò bổ sung vì có thể vỉa bị bào mòn hay bóp lại do gần đến chỗ kết thúc.

❖ Khi lớp đá vách (hoặc trụ) xuất hiện sự thay đổi cấu tạo thành phần là báo hiệu có thể gặp đứt gãy.

❖ Vỉa và đất đá lẫn trong vỉa đột ngột bị nhẵn nhọt, gập nếp là dấu hiệu sắp gặp mặt trượt.

❖ Sự thay đổi tình trạng than và đất đá xung quanh (tăng độ rạn nứt, của các khối đất đá vỡ, vò nát) là báo trước chắc chắn có đứt gãy.

❖ Những vết trượt chỗ tiếp giáp than và đất đá chỉ cho ta biết là trong vùng có đứt gãy.

❖ Kể nứt thể hiện rõ sự phân chia các khối kiến trúc đứt gãy. Kể nứt có thể không lớn, nhưng than và đất đá xung quanh bị cắt gián đoạn là dấu hiệu có đứt gãy.

Khi có đứt gãy dịch chuyển cần phải xác định hướng dịch chuyển để tìm vỉa bị mất, cho hướng đào lò sang vỉa đó trên quan điểm an toàn và kinh tế nhất.

Vì chưa xác định được biên độ trượt của đứt gãy nên trên vẽ sơ dịch chuyển ta lấy một điểm bất kỳ rồi kẻ đường thẳng song song với mặt cắt tuyến của vỉa và mặt trượt ta sẽ xác định được cắt tuyến của vỉa bị mất và mặt trượt, trên cơ sở đó ta sẽ xây dựng được đường đồng mức của vỉa bị mất. Có thể xảy ra hai trường hợp:

❖ Đứt gãy tách rời các vỉa bị gián đoạn;

❖ Đứt gãy nghịch các vỉa chồng lên nhau.

Trường hợp thứ nhất: lò mở theo hướng nằm ngang, đi song song với đường phương của mặt trượt, đồng thời cách mặt trượt một khoảng (phụ thuộc vào độ lớn của đứt gãy) để đảm bảo lò đi trong đá không bị ảnh hưởng do phá hoại kiến tạo

Trường hợp thứ hai: lò mở theo hướng nằm ngang và vuông góc với đường phương của vỉa. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Năng Lạc. Cấu tạo nhỏ và sử dụng trong công tác địa chất. Hà Nội. 1992.
2. Nguyễn Xuân Thụy. Hình học mỏ. Nhà xuất bản Xây dựng. 2002.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

The paper introduces some ideas of study small structure in driving face to determine the direction of coal strata movement in real conditions. Basing on that, paper's author shows the method to define the driving direction for underground construction.