

NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ THÁP CHƯNG CẤT VỚI BỘ ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO

ThS. PHẠM THỊ THANH LOAN, ThS. PHAN THỊ MAI PHƯƠNG
Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Điều khiển dự báo theo mô hình (Model predictive control-MPC) được phát triển để đáp ứng cho nhu cầu điều khiển trong ngành lọc dầu trong vòng 25 năm qua. MPC đề cập đến một lớp các thuật toán điều khiển sử dụng một mô hình đã biết để dự đoán đáp ứng tương lai của quá trình. Một hàm mục tiêu được xây dựng để thể hiện tiêu chuẩn điều khiển. Tại mỗi thời điểm lấy mẫu, biến điều khiển trong tương lai được tính toán để tối thiểu hóa hàm mục tiêu. Chỉ giá trị đầu tiên của chuỗi tín hiệu điều khiển được đưa tới quá trình và toàn bộ việc tính toán được lặp lại trong khoảng thời gian điều khiển tiếp theo.

MPC có các thuật toán cơ bản là: DMC (Dynamic Matrix Control); NMPC (Nonlinear Model Predictive Control); PFC (Predictive Function Control); GPC (Generalized Predictive Function Control). Sự khác nhau giữa các thuật toán này là sử dụng các mô hình khác nhau để biểu diễn quá trình, nhiễu và hàm mục tiêu được tối ưu hóa.

1. Điều khiển dự báo tổng quát GPC

GPC có thể giải quyết nhiều yếu tố liên quan tới

$$\Delta \hat{y}(t+1) = C_m \cdot \Delta \hat{x}_m(t+1) = C_m \cdot A_m \cdot \Delta \hat{x}_m(t) + C_m \cdot B_m \cdot \Delta u(t) + C_m \cdot E_m \cdot v(t)$$

Mô hình dự báo mở rộng:

$$\begin{bmatrix} \Delta \hat{x}_m(t+1) \\ \Delta \hat{y}(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_m & 0 \\ C_m \cdot A_m & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_m(t) \\ y(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_m \\ C_m \cdot B_m \end{bmatrix} \Delta u(t) + \begin{bmatrix} E_m \\ C_m \cdot E_m \end{bmatrix} v(t) \quad (3)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_m(t) \\ y(t) \end{bmatrix}$$

Hàm mục tiêu:

$$J = \sum_{j=1}^{N_y} \|r(t+j) - \hat{y}(t+j)\|_2^2 + \lambda \cdot \sum_{i=0}^{N_u-1} \|\Delta u(t+i)\|_2^2 \quad (4)$$

Trong đó: N_y , N_u lần lượt là tầm dự báo và tầm điều khiển, $r(t) \in \mathbb{R}^q$ là vector tín hiệu đặt với nhiễu ồn trắng $v(t)$ có kỳ vọng bằng 0, dãy giá trị dự báo $\hat{x}$, $\hat{y}$ tốt nhất sẽ không chứa $v(t)$.

3. Mô hình đối tượng tháp chưng

chất lượng điều khiển của hệ thống, áp dụng cho nhiều lớp đối tượng khác nhau. Ý tưởng của GPC là tính toán xác định lần lượt các tín hiệu điều khiển trong tương lai để tối thiểu hóa một hàm mục tiêu ở mỗi thời điểm dự báo, có liên quan đến bình phương sai lệch giữa đầu ra dự báo và giá trị mong muốn dự báo cộng với bình phương của tín hiệu điều khiển ràng buộc trong một khoảng thời gian nhất định.

Với tháp chưng cất, đối tượng có dạng mô hình tuyến tính nên phương pháp được chọn ở đây là GPC.

Mô hình dự báo cho quá trình bậc n với p vào và q ra:

$$\hat{x}_m(t+1) = A_m x_m(t) + B_m \cdot u(t) + E \cdot d(t) \quad (1)$$

$$y(t) = C_m \cdot x_m(t)$$

Trong đó:

$$x_m \in \mathbb{R}^n, u \in \mathbb{R}^p, y \in \mathbb{R}^q, d \in \mathbb{R}^q$$

$$A_m \in \mathbb{R}^{n \times n}, B_m \in \mathbb{R}^{n \times p}, C_m \in \mathbb{R}^{q \times n}, E_m \in \mathbb{R}^{n \times q}$$

Nhiều "d" được coi là một dãy tích phân (cộng dồn) của nhiễu ồn trắng v :

$$\quad (2)$$

Tháp chưng được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp hóa chất và dầu khí để tách một hỗn hợp hóa học thành các dòng sản phẩm tinh khiết hơn. Quá trình tách dựa trên sự khác biệt về điểm sôi của các thành phần hóa học. Trong tháp chưng, thành phần nhẹ hơn sẽ được lấy ra từ đỉnh tháp và thành

phần nặng hơn được lấy ra từ đáy tháp.

Có 5 biến điều khiển là lưu lượng sản phẩm đỉnh, lưu lượng sản phẩm đáy, lưu lượng hơi cấp nhiệt, nhiệt làm lạnh và lưu lượng hồi lưu (D, B, H, C, R) và 5 biến cần điều khiển: mức bình chứa ở đỉnh và đáy (L_D , L_B), áp suất (P), chất lượng sản phẩm đỉnh và đáy (x_D , T).

Xét đối tượng là tháp chưng cất [2x2] có mô hình trạng thái tuyến tính:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu + Ed \quad (5)$$

$$y = Cx$$

$$u = \begin{bmatrix} R \\ H \end{bmatrix} - \text{Biến điều khiển, bao gồm lưu lượng hồi}$$

lưu và lưu lượng hơi cấp nhiệt đun sôi đáy tháp;

$$x = \begin{bmatrix} x_B \\ x_D \end{bmatrix} - \text{Thành phần sản phẩm đáy tháp và}$$

thành phần sản phẩm đỉnh tháp;

$$y = \begin{bmatrix} y_B \\ y_D \end{bmatrix} - \text{Các biến cần điều khiển của tháp}$$

chưng;

$$d = \begin{bmatrix} F \\ z_F \end{bmatrix} - \text{Lưu lượng nguyên liệu cấp và thành}$$

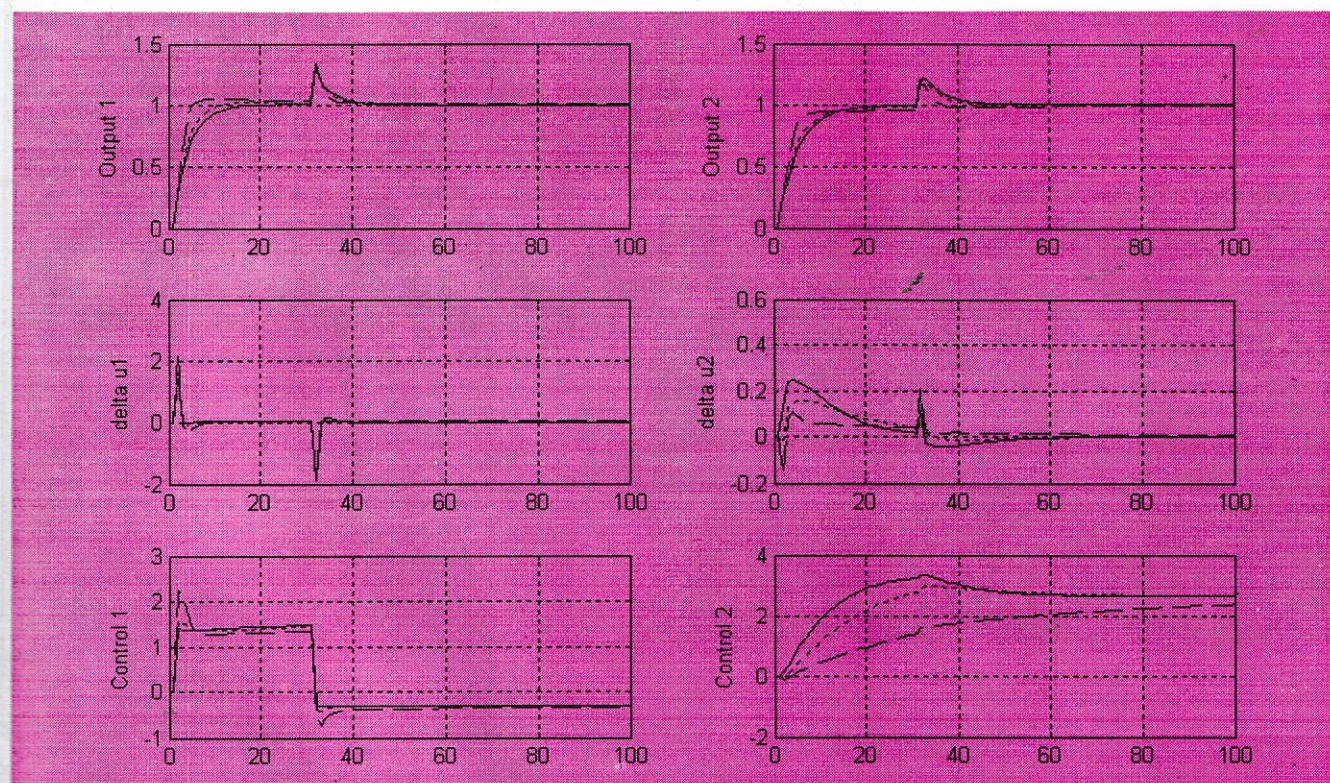
phần hơi trong nguyên liệu cấp;

Các tham số mô hình như sau:

$$A = \begin{bmatrix} -10.334 & 4.050 & 0 \\ 9.834 & -5.332 & 3.050 \\ 0 & 1.282 & -3.050 \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.3737 & -0.4263 \\ 0.4263 & 0.3737 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} 0.3737 & 0 \\ 0.0263 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Tháp chưng cất được điều khiển bởi bộ điều khiển MPC phản hồi trạng thái kết hợp phản hồi đầu ra. Các kết quả mô phỏng điều khiển trên Matlab được mô tả trong các hình H.1; H.2 và H.3.



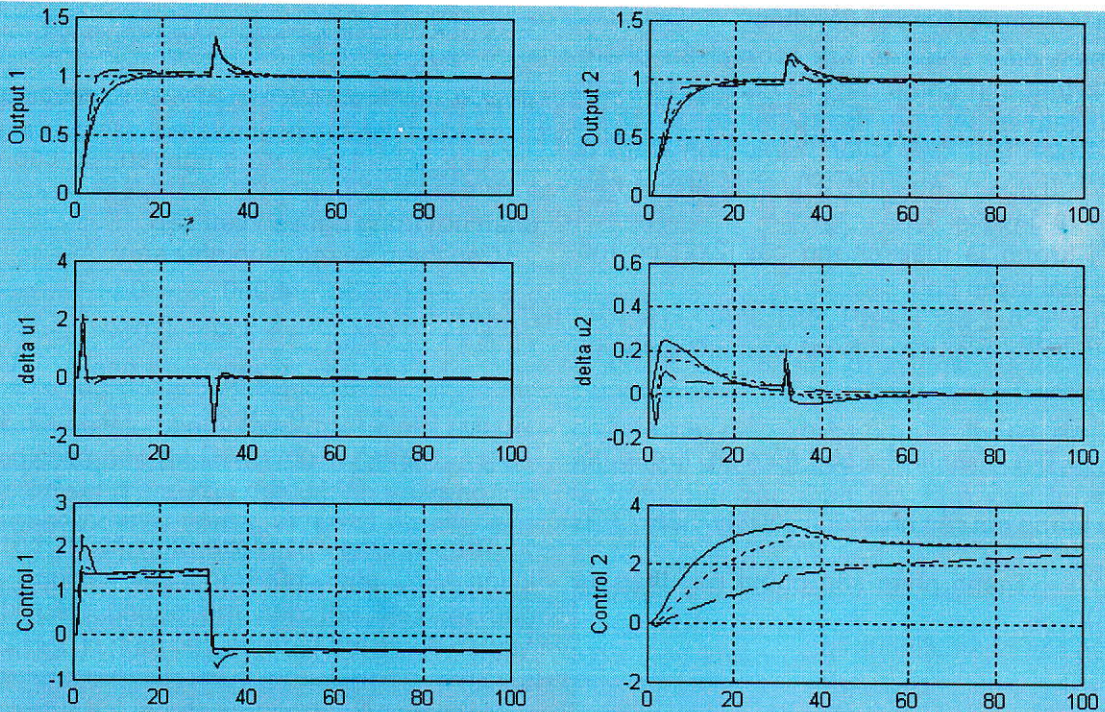
H. 1. Đáp ứng của sản phẩm đỉnh, sản phẩm đáy với $N_u=1$; $N_y=3, 10, 20$; $\lambda=0.1$.

Với cùng một giá trị λ và N_u , khi tăng N_y quá trình đáp ứng chậm hơn. Tuy nhiên, việc loại bỏ ảnh hưởng của nhiễu tốt hơn, đồng thời tín hiệu điều khiển lưu lượng cấp nhiệt có giá trị nhỏ, thay đổi ít, trơn tru, làm tăng tuổi thọ của thiết bị và giảm chi phí năng lượng.

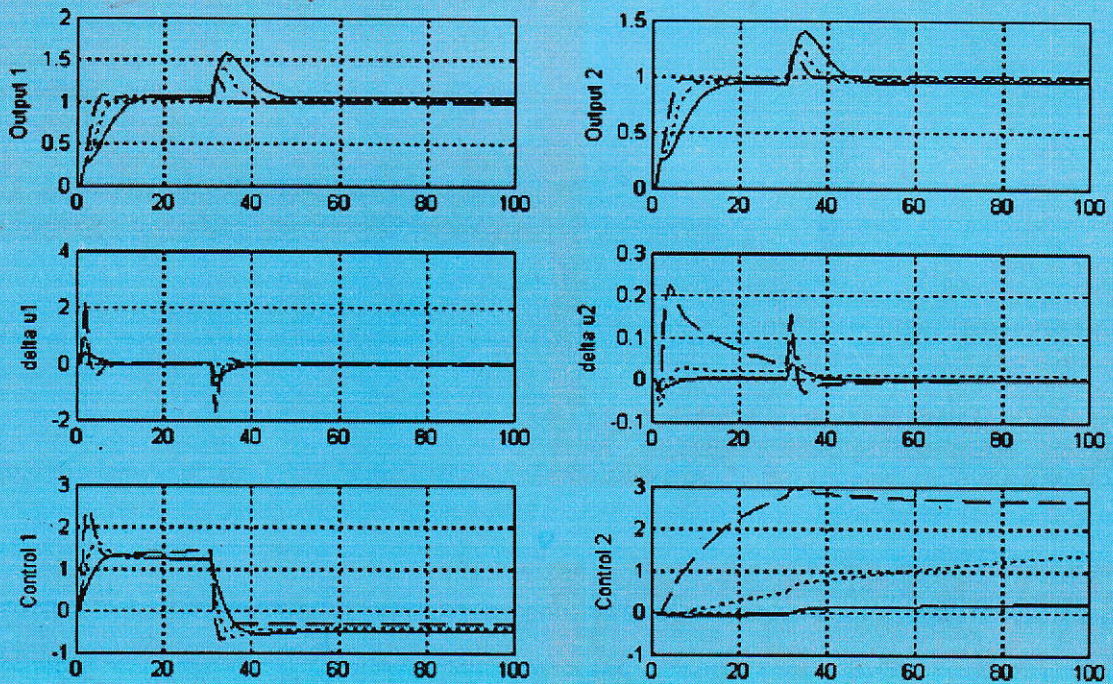
Với N_y và λ không đổi, tăng N_u sẽ làm chất

lượng điều khiển tốt hơn. Tuy nhiên, tăng N_u làm tăng khối lượng tính toán và tăng giá trị tín hiệu điều khiển, do đó chi phí năng lượng sẽ tăng theo.

Khi tăng λ , quá trình đáp ứng chậm hơn, việc loại bỏ ảnh hưởng của nhiễu kém hơn. Tuy nhiên, tín hiệu điều khiển có giá trị nhỏ, thay đổi ít, trơn tru, làm tăng tuổi thọ của thiết bị và giảm chi phí năng lượng.



H. 2. Đáp ứng sản phẩm đỉnh, sản phẩm đáy thấp với $N_u=1, 3, 5; N_y=10; \lambda=0.1$.



H. 3. Đáp ứng sản phẩm đỉnh, sản phẩm đáy thấp với $N_u=2; N_y=10; \lambda=0.1, 1, 10$.

4. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu nguyên tắc chung, một số thuật toán thường dùng của bộ điều khiển dự báo. Với mô hình thấp chung $[2 \times 2]$, chúng tôi đã lựa chọn phương pháp MPC kết hợp với điều khiển phản hồi trạng thái và phản hồi đầu ra, thiết kế bộ

điều khiển, thực hiện mô phỏng điều khiển trên Matlab. Kết quả mô phỏng cho thấy chất lượng điều khiển cũng như tín hiệu điều khiển đều phụ thuộc vào các tham số như tầm dự báo, tầm điều khiển, trọng số λ . Với một giá trị cụ thể của sản

(Xem tiếp trang 23)

chất và các số liệu điều tra thực địa trong thăm dò, khai thác một số loại khoáng sản. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Đài. Cơ sở viễn thám (2002), Đại học Quốc gia Hà Nội, 302 trang.
- Hankan Mete Dogan. Mineral composite assessment of Kelkit River Basin in Turkey by means of remote sensing (2012), Journal Earth System Science 118, No. 6, pp. 701-710.
2. Md. Bodruddoza Mia, Yasuhiro Fujimitsu. Mapping hydrothermal altered mineral deposits using Landsat 7 ETM+ image in and around Kujū volcano, Kyushu, Japan (2012), Journal Earth System Science 121, No. 4, pp. 1049-1057.
3. David M. Sherman. Electronic spectra of Fe^{3+} oxides and oxide hydroxides in the near IR to near UV (1995), American Mineralogist, Vol. 70, pp. 1262-1269.
4. Estimation of soil properties by orbital and laboratory reflectance means and its relation with soil classification (2009), The open Remote sensing journal, Vol. 2, pp. 12-23.

5. Amro F. Alasta. Using remote sensing data to identify iron deposits in central western Libya (2011), International conference on Emerging trends in Computer and Image processing, Bangkok, pp. 56-61.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

To evaluate the conventional methods for mapping iron oxide, clay and ferrous mineral by using LANDSAT 7 ETM+ image in Thái Nguyên area is prime target of our study. We used band ratio methods for determining the areas in rich and poor mineral composite content. Resulting mineral composite index maps were summarized in nine classes by using 'natural breaks' classification method in GIS.

NGHIÊN CỨU NÂNG CAO...

(Tiếp theo trang 32)

phẩm đỉnh, sản phẩm đáy và chi phí vận hành tháp chưng, người sử dụng hoàn toàn có thể lựa chọn được bộ tham số N_u , N_y , λ sao cho có được hiệu quả cao nhất. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Minh Sơn, Cơ sở hệ thống điều khiển quá trình, Nhà xuất bản Bách khoa, Hà Nội, 2006.
2. Nguyễn Doãn Phước, Lý thuyết điều khiển tuyến tính, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
3. Maciejowski J.M, Predictive Control with Constraints. Prentice-Hall. Harlow UK. Mayne, .Q., J.B. Rawlings, C.V. Rao, 2002
4. Michael A. Johnson & Mohammad H. Moradi, PID Control, New Identification and Design Methods - Printed in United State of America.
5. Nguyễn Phùng Quang, Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2002.
6. Anderson, B.D.O. and J.B. Moore, Optimal Control, Linear Quadratic Methods, Prentice Hall (1990).

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

The analysis, design, operation and optimization of the management to the distillation column has been studied for almost a century, in which the Model Predictive Control (MPC) is recognized as an effective method to improve quality of control and improve the efficiency to the column thanks to the ability to solve its optimization problem. The paper presents some basic MPC algorithm, simulated distillation column [2x2], examined the influences of these parameters to the quality of the closed system.

HOA THAM CỎ TÌ

1. Bản thân những tờ giấy thì có giá trị gì đâu, giá trị chỉ là những gì người ta viết lên đó. Jeffrey Archer.

2. Biết chia sẻ với những người đau khổ hơn là cách tốt nhất để vơi đi những đau khổ đang có. Anne Wolson Schaef.

VTH sưu tầm