



NHẬN DẠNG MÔ HÌNH HỆ ỔN ĐỊNH LƯU LƯỢNG

Lâm Thành Hiệp¹ và Nguyễn Chí Ngôn²

¹ Lốp Kỹ thuật Điều khiển K35, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

² Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 17/02/2013

Ngày chấp nhận: 19/08/2013

Title:

Model identification of flow control system

Từ khóa:

Nhận dạng hệ thống, hệ ổn định lưu lượng, mô hình OE

Keywords:

System identification, flow control system, output error model

ABSTRACT

This study presents a method for parametric model identification of the Gunt-Hamburg RT020 fluid flow control system without concerning on its physical structure which is inherently difficult. From the mathematical model, it is easy to simulate and tune the controller, without the need of applying on the real system, in order to save time, energy and equipment attrition. From collected input-output data, the mathematical model is identified using MATLAB. The results showed that identified model fits above 80% in comparison with the real system, in both cases of testing on the open-loop system and the closed-loop PID control system.

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu cách nhận dạng tham số mô hình toán của hệ ổn định lưu lượng chất lỏng RT020 của hãng Gunt-Hamburg mà không cần biết rõ cấu trúc vật lý của nó, là việc làm vốn dĩ khó khăn. Từ mô hình toán nhận dạng được, ta có thể mô phỏng để hiệu chỉnh bộ điều khiển một cách dễ dàng, mà không cần áp dụng ngay trên hệ thống thực, nhằm tiết kiệm thời gian, năng lượng và hao mòn thiết bị. Từ dữ liệu vào-ra thu thập được, mô hình hệ thống được nhận dạng bằng phần mềm MATLAB. Kết quả cho thấy mô hình toán nhận dạng được có độ khớp trên 80% so với hệ thực, trong cả hai trường hợp trường hợp kiểm nghiệm trên hệ vòng hở và hệ điều khiển PID vòng kín.

1 GIỚI THIỆU

Trong điều khiển cổ điển và điều khiển hiện đại, gọi chung là kỹ thuật điều khiển, thông thường để kiểm soát hệ thống người thiết kế cần biết mô hình toán của đối tượng điều khiển (Ogata, 2009; Nguyễn Thị Phương Hà và Huỳnh Thái Hoàng, 2005). Mô hình toán trở nên cần thiết để thử nghiệm, kiểm tra, mô phỏng khi việc thử nghiệm trên hệ thực tế gặp khó khăn hoặc không thể áp dụng được. Thông qua mô phỏng, ta có thể dự báo, phát hiện lỗi của hệ thống và có cách điều khiển phù hợp. Để xây dựng được mô hình toán của hệ thống, ta có thể dựa vào các quy luật vật lý chi phối hoạt động của hệ (Ljung, 1999), tuy nhiên, không phải hệ nào cũng có thể biết rõ cấu trúc để có thể mô hình hóa dễ dàng. Với sự hỗ trợ

manh mẽ của máy tính, việc xây dựng mô hình toán của một hệ thống có dựa vào dữ liệu vào - ra quan sát được mà không cần phải biết rõ cấu trúc vật lý của nó (Ljung, 1999; The MathWorks, 2012).

RT020 là thiết bị hỗ trợ thiết kế hệ điều khiển ổn định lưu lượng chất lỏng được phát triển, đóng gói phần mềm và thương mại sản phẩm bởi hãng Gunt-Hamburg, Đức (GUNT Gerätebau GmbH, 2012). RT020 vốn chỉ cho phép thiết lập bộ điều khiển PID kinh điển trên phần mềm tích hợp của Gunt-Hamburg. Trong đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở mã số T2011-19, nhóm nghiên cứu đã phát triển công cụ giao tiếp CTU_RT0x0 giữa MATLAB/Simulink và thiết bị RT020 (Nguyễn Chí Ngôn, 2011), làm cho việc thu thập dữ liệu

vào-ra của hệ được thực hiện dễ dàng trên MATLAB. Từ tập dữ liệu này, mô hình toán học của thiết bị RT020 sẽ được nhận dạng và kiểm nghiệm.

Bài báo này nhằm mục tiêu nhận dạng mô hình OE (output error model) của thiết bị điều khiển lưu lượng chất lỏng RT020 trên MATLAB, từ dữ liệu vào-ra của nó. Mô hình kết quả sẽ được so sánh với thiết bị thực trong chế độ kiểm soát vòng hở và điều khiển PID vòng kín.

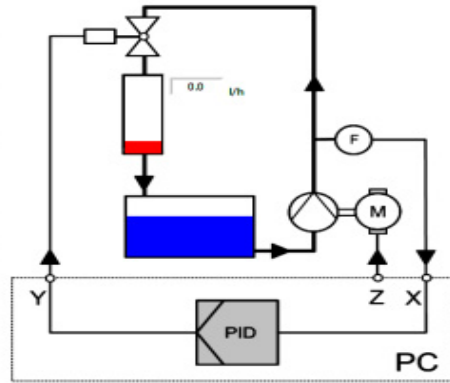
2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương tiện nghiên cứu

Thiết bị được nhận dạng là hệ điều khiển ổn



định lưu lượng chất lỏng RT020 của hãng Gunt-Hamburg, Đức (RT020 Flow Control Unit, GUNT Gerätebau GmbH, 2012), Hình 1. Hệ này gồm có 2 ngõ vào và 1 ngõ ra. Ngõ vào $Z=100\% - P$ với $P \in [0-100\%]$ là công suất máy bơm nước vào ống dẫn, để giả lập nhiễu của tác động vào hệ thống. Ngõ vào $Y \in [0-100\%]$ là công suất van điều tiết lưu lượng trong ống kiểm soát (tín hiệu điều khiển). Và ngõ ra $X \in [0-160l/h]$ là lưu lượng nước thực tế trong ống kiểm soát (đáp ứng của hệ thống). Mô hình toán của hệ RT020 được nhận dạng dựa trên phần mềm MATLAB (The Math-Works, Inc, 2012).

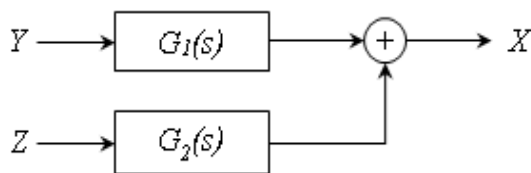


Hình 1: Hệ ổn định lưu lượng RT020

2.2 Phương pháp nhận dạng

2.2.1 Nguyên tắc thu thập dữ liệu

Do RT020 là một hệ 2 ngõ vào một ngõ ra MISO (multi-input-single-output), với các ngõ vào là Y, Z và ngõ ra là X của hệ, việc nhận dạng hệ thống có thể phân tích theo nguyên lý chồng chất (Hình 2). Đáp ứng tổng thể của hệ thống là tổng các đáp ứng thành phần khi tín hiệu vào tác động riêng lẻ (Dương Tử Cường, 2001). Để khảo sát tác động của ngõ vào này, ta cố định ngõ vào kia ở giá trị tối đa của nó và ngược lại. Nhiệm vụ đặt ra là nhận dạng mô hình $G_1(s)$ và $G_2(s)$ trên Hình 2, thông qua việc thu thập dữ liệu trong khoảng 3000 giây, với chu kỳ lấy mẫu $T_s = 0.5$ giây.



Hình 2: Cấu trúc mô hình đối tượng RT020

2.2.2 Cấu trúc mô hình

Mô hình OE (Output-Error model) có dạng (Ljung, 1999):

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)} u(t - nk) + e(t) \quad (1)$$

Trong đó, $u(t)$ và $y(t)$ lần lượt là tín hiệu ngõ vào và ngõ ra vòng hở của đối tượng; $e(t)$ là sai số của mô hình; $B(q)$ và $F(q)$ tương ứng là các đa thức tử số và mẫu số của mô hình. Các hệ số của mô hình được ước tính bằng phương pháp hồi qui tuyến tính. Tương ứng với kết quả trả về là giá trị các hệ số nb, nf và nk của mô hình nhận dạng. Với nb, nf là bậc của đa thức $B(q), F(q)$ và nk là số mẫu trễ của tín hiệu ngõ vào. Ngõ ra tại thời điểm t phụ thuộc vào một số hữu hạn các mẫu ngõ vào và ngõ ra trong quá khứ (Ljung, 1999). Ở đây, toán tử q được định nghĩa là:

$$\begin{aligned} q^{-1}u(t) &= u(t-1) \\ qu(t) &= u(t+1) \end{aligned} \quad (2)$$

và các đa thức của mô hình được mô tả như (3) và (4).

$$B(q) = b_1 + b_2 q^{-1} + \dots + b_{nb} q^{-nb+1} \quad (3)$$

$$F(q) = 1 + f_1 q^{-1} + \dots + f_{nf} q^{-nf} \quad (4)$$

Theo mô hình OE thì hàm truyền hệ thống sẽ là (The MathWorks, 2012):

$$Y(s) = \frac{N(s)}{D(s)} U(s) + E(s) \quad (5)$$

Trong đó, $Y(s)$, $U(s)$ và $E(s)$ là biến đổi Laplace của ngõ vào $u(t)$, ngõ ra $y(t)$ và sai số $e(t)$ tương ứng. Các Hệ số $N(s)$ và $D(s)$ là các tử số và mẫu số của hàm truyền của mô hình đối tượng.

2.2.3 Giải thuật nhận dạng

Giải thuật nhận dạng được thực hiện theo phương pháp hồi qui tuyến tính, đã được tích hợp sẵn trong phần mềm MATLAB. Việc sử dụng giải thuật khá dễ dàng bởi đoạn mã lệnh sau:

```
t=input(:,1); % véc-tơ thời gian
in=input(:,2); % véc-tơ dữ liệu vào
out=output(:,2); % véc-tơ dữ liệu ra
dt=iddata(out,in,0.5);
dt=dtrend(dt,0);
nb=1; nf=1; nk=1;
md=oe(dt, [nb, nf, nk]) % lệnh nhận dạng mô hình
mc=d2c(md)
figure, compare(dt, mc) % so sánh kết quả nhận dạng
```

2.2.4 Nhận dạng mô hình $G_1(s)$ giữa ngõ vào Y và ngõ ra X của đối tượng

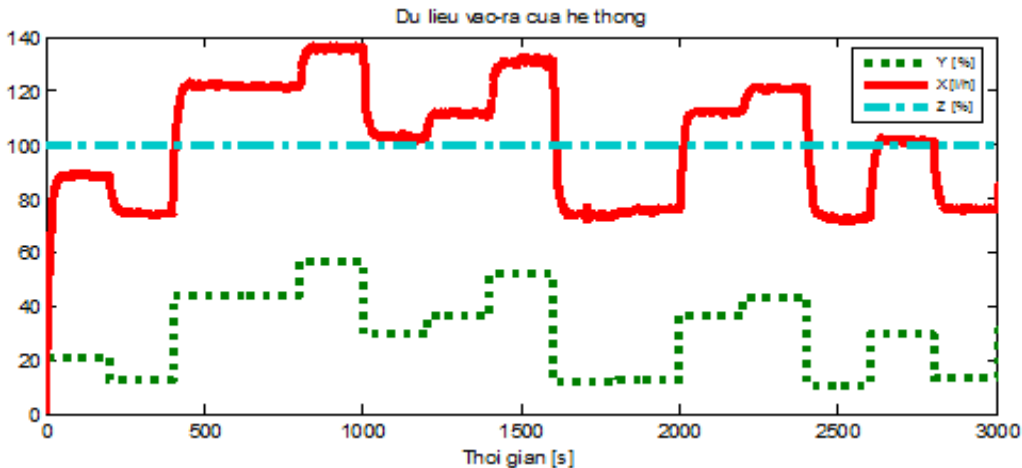
Ngõ vào Y là công suất van điều tiết lưu lượng chất lỏng trong ống kiểm soát, có giá trị trong [0-100%]. Dữ liệu dùng để nhận dạng hàm truyền $G_1(s)$ theo mô hình OE được trình bày trên Hình 3. Áp dụng công cụ nhận dạng mô hình OE của MATLAB ta thu được:

$$G_1(s) = \frac{A}{B(s) + C} \quad (6)$$

Trong đó, giá trị của các thông số A, B, C của $G_1(s)$ được thể hiện ở Bảng 1, với độ khớp 94.91% ở giá trị trung bình (Hình 6).

Bảng 1: Các hệ số của $G_1(s)$

| Hệ số | Giá trị tối đa | Giá trị trung bình | Giá trị tối thiểu |
|-------|----------------|--------------------|-------------------|
| A | 0.39 | 0.31 | 0.12 |
| B | 1.50 | 1.30 | 0.80 |
| C | 0.23 | 0.20 | 0.19 |



Hình 3: Dữ liệu vào-ra của hệ thống

2.2.5 Xác định mô hình $G_2(s)$ giữa ngõ vào X và ngõ ra X của đối tượng

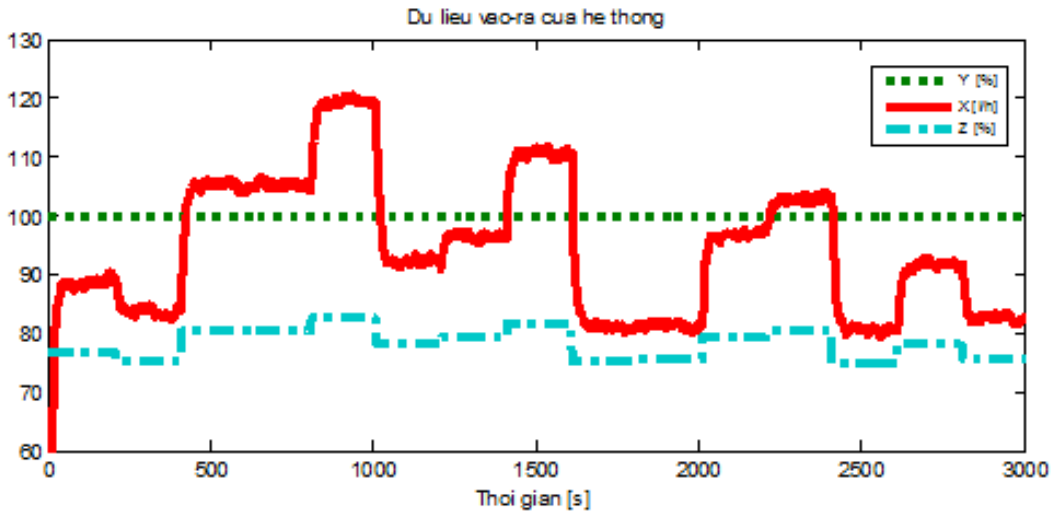
Ngõ vào Z là công suất máy bơm nước, có giá trị trong $[0-100\%]$. Dữ liệu dùng để nhận dạng hàm truyền $G_2(s)$ theo mô hình OE được trình bày trên Hình 4. Áp dụng công cụ nhận dạng mô hình OE của MATLAB ta được:

$$G_2(s) = \frac{K}{L(s) + M} \quad (7)$$

Trong đó, giá trị của các hệ số K, L, M của $G_2(s)$ được xác định trong Bảng 2, với các hệ số trung bình có độ khớp 81.34% (Hình 7).

Bảng 2: Các hệ số của $G_2(2)$

| Hệ số | Giá trị tối đa | Giá trị trung bình | Giá trị tối thiểu |
|-------|----------------|--------------------|-------------------|
| K | 1.10 | 1.00 | 0.73 |
| L | 0.80 | 0.40 | 0.30 |
| M | 0.22 | 0.20 | 0.17 |

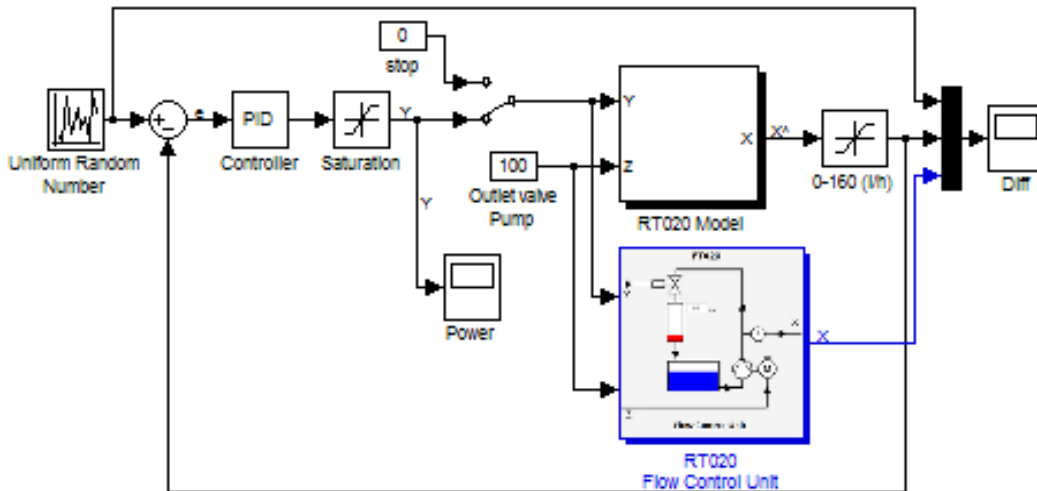


Hình 4: Dữ liệu vào-ra của hệ thống

2.3 Mô hình tổng hợp

Tổng hợp $G_1(s)$ và $G_2(s)$ theo nguyên lý chồng chất ta được mô hình của hệ thống có 2 ngõ vào Y, Z tương ứng với công suất van điều tiết và công

suất máy bơm, 1 ngõ ra X là lưu lượng chất lỏng cần kiểm soát. Mô hình nhận dạng được kiểm tra lại bằng việc áp dụng kỹ thuật điều khiển PID kinh điển theo cấu trúc Hình 5.



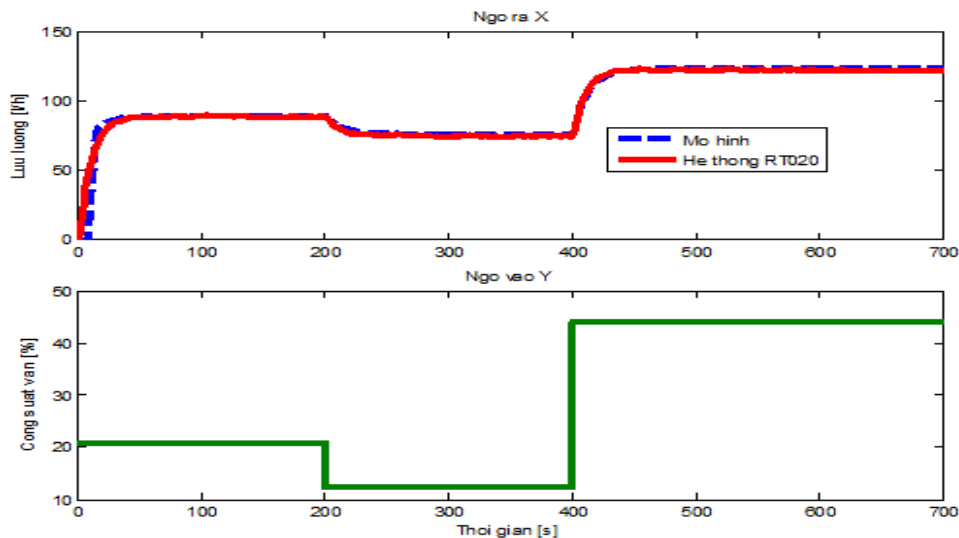
Hình 5: Kiểm nghiệm mô hình được nhận dạng với bộ điều khiển PID

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình nhận dạng được tổng hợp và kiểm tra lại với dữ liệu ngẫu nhiên tương ứng cho từng ngõ vào và so sánh dữ liệu ngõ ra của mô hình toán và của thiết bị để kiểm chứng độ chính xác của mô hình.

Với công suất van tiết lưu Y được đặt từ 15-

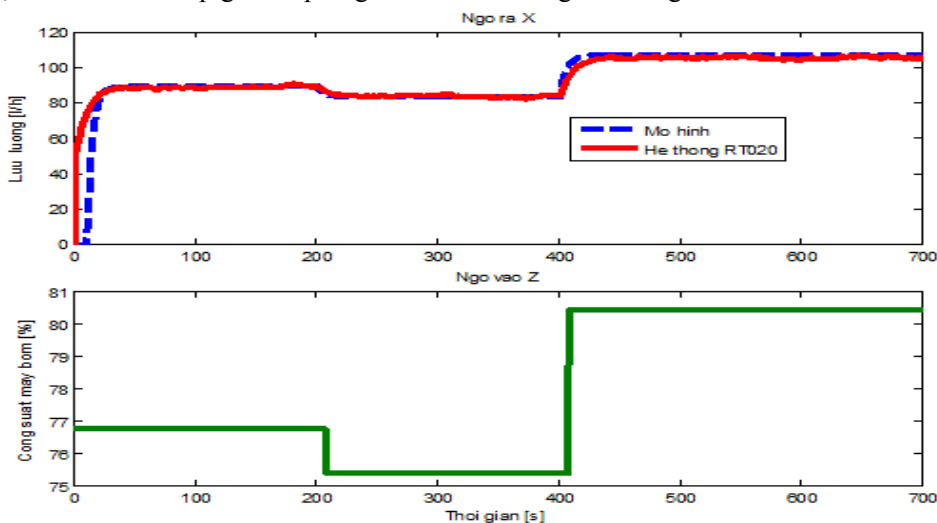
60%, kết quả kiểm tra độ khớp của mô hình nhận dạng so với thiết bị RT020 đạt 94.91% (Hình 6). Tuy tại thời điểm bắt đầu điều khiển ngõ ra của mô hình có trễ so với ngõ ra hệ thống nhưng đáp ứng sau đó bám rất tốt. Đáp ứng của mô hình với thời gian tăng, thời gian xác lập phù hợp với hệ thống thực; sai số trung bình của ngõ ra hệ thống so với ngõ ra mô hình là 2.37 l/h.



Hình 6: Độ khớp giữa mô hình toán và thiết bị khi thay đổi ngõ vào Y

Tương tự, kết quả kiểm tra độ khớp đạt 81.34% ứng với ngõ vào Z thỏa mãn yêu cầu của bài toán nhận dạng. Khi ngõ vào Z được đặt từ 75-83%, giá trị ngõ ra X biến thiên tương ứng từ 80-120l/h, xác định độ khớp giữa đáp ứng của mô

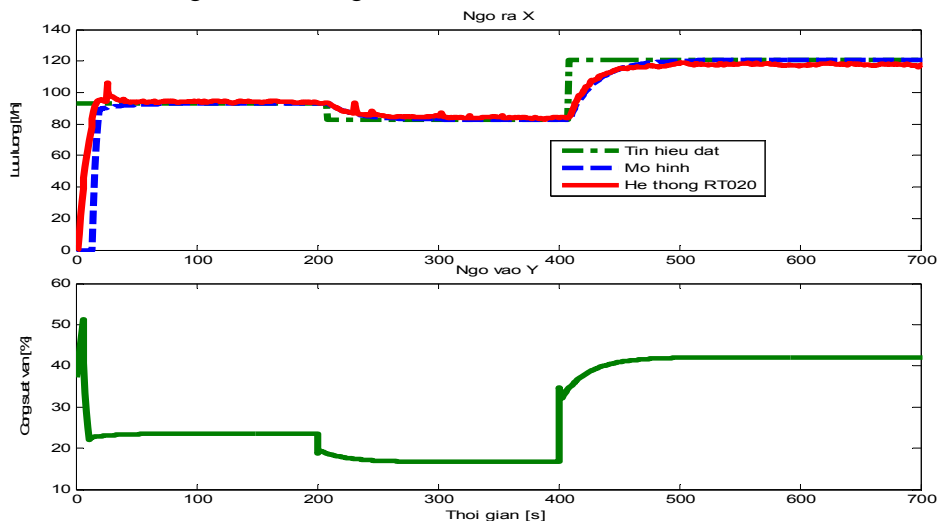
hình và thiết bị trên Hình 7. Đáp ứng của mô hình cũng có khoảng trễ như mô hình ngõ vào Y, song bám tốt theo hệ thống với thời gian tăng, thời gian xác lập phù hợp. Sai số trung bình của ngõ ra hệ thống so với ngõ ra mô hình là 3.06 l/h.



Hình 7: Độ khớp giữa mô hình toán và thiết bị khi thay đổi ngõ vào Z

Kiểm tra mô hình nhận dạng bằng cách điều khiển PID cho kết quả như Hình 8. Bằng cách điều khiển mô hình nhận dạng với tín hiệu tham khảo từ 80-120l/h, kết quả cho thấy đáp ứng của mô hình nhận dạng bám tốt với đáp ứng của thiết bị. Mô hình toán nhận dạng được sử dụng để điều

chỉnh tham số của bộ điều khiển PID thông qua mô phỏng và lấy bộ tham số đạt được áp dụng cho đối tượng thật cho thấy chất lượng điều khiển đạt yêu cầu (Hình 8). Điều này chứng tỏ, mô hình toán được nhận dạng đáp ứng được yêu cầu mô tả hành vi của thiết bị thật.



Hình 8: So sánh điều khiển PID cho mô hình và thiết bị

4 KẾT LUẬN

Bài báo giới thiệu cách xác định mô hình toán của hệ ổn định lưu lượng chất lỏng RT020 của hãng Gunt-Hamburg mà không cần quan tâm đến cấu trúc vật lý của nó. Từ dữ liệu vào-ra của thiết bị thu thập được, mô hình toán được nhận dạng trên phần mềm MATLAB theo mô hình OE. Kết quả cho thấy mô hình toán nhận dạng được có độ khớp so với thiết bị RT020 trên 80%, đạt yêu cầu của bài toán nhận dạng. Ngoài ra, mô hình toán cũng được dùng để chỉnh định bộ điều khiển PID, sau đó áp dụng bộ điều khiển này trên thiết bị, đồng thời so sánh đáp ứng giữa mô hình và thiết bị đã chứng tỏ được tính hợp lý của giải pháp nhận dạng. Với giải pháp này, chúng ta hoàn toàn có áp dụng trên các thiết RT0x0 còn lại của phòng thí nghiệm, nhằm hỗ trợ quá trình thiết kế bộ điều khiển dựa trên mô phỏng, thay vì thực hiện trực tiếp trên thiết bị để tiết kiệm thời gian và chi phí như hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dương Tử Cương, 2001. Xử lý tín hiệu số. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, trang 28.
2. G.U.N.T Gerätebau GmbH, Training System: Flow Control, HSI, 2012 .080.02000 RT020.
3. Ljung, 1999. L. System Identification: Theory for the User. Second edition. PTR Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
4. Nguyễn Chí Ngôn, 2011. Bộ điều khiển PI mờ: Từ thiết kế đến ứng dụng. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, 2011:18a, trang 82-92.
5. Nguyễn Thị Phương Hà và Huỳnh Thái Hoàng, 2005. Lý thuyết điều khiển tự động. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, trang 22.
6. Ogata, K., 2009. Modern Control Engineering. Prentice Hall, 5 ed., 2009, 912 pages. ISBN-13: 978-0136156734.
7. The MathWorks, Inc, 2012. System Identification Toolbox User's Guide, Version 8.0.