



## NHẬN DẠNG HỆ ĐIỀU KHIỂN MỰC CHẤT LỎNG

Nguyễn Minh Hải<sup>1</sup> và Nguyễn Chí Ngôn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lớp Kỹ thuật Điều Khiển K35, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 09/04/2013

Ngày chấp nhận: 19/08/2013

### Title:

Identification of a liquid level control system

### Từ khóa:

nhận dạng hệ thống, hệ điều khiển mức, hệ bồn đơn

### Keywords:

System identification, level control system, single tank system

### ABSTRACT

This paper presents a method of parameters identification for the Gunt-Hamburg RT010 Liquid Level Control Unit based on a certain mathematical model of the single tank system. From the identified parameters, we can establish a computer-based model to reflect the real system. Controllers can be designed quickly based on the model which aids to reduce time and cost for tuning the controllers, and avoid damage to equipment. The study used MATLAB/simulink to conduct data collection, identification and system simulation. Identified model was tested online with the real system. The experimental results showed that the data fitting was above 80% and the model could reflect the behavior of equipment.

### TÓM TẮT

Bài báo mô tả phương pháp nhận dạng tham số mô hình hệ điều khiển mực chất lỏng RT010 của hãng Gunt – Hamburg dựa theo phương trình toán đã biết về hệ bồn đơn. Từ các tham số nhận dạng được, ta có thể xây dựng một mô hình toán trên máy tính nhằm phản ánh hệ thống thực. Việc xây dựng các bộ điều khiển có thể tiến hành nhanh chóng trên mô hình, giúp giảm thời gian, chi phí thiết kế và tránh hư hại đến thiết bị thực. Nghiên cứu này sử dụng phần mềm MATLAB/Simulink để tiến hành thu thập dữ liệu, nhận dạng và mô phỏng hệ thống. Mô hình kết quả được so sánh trực tuyến với thiết bị thực. Kết quả thực nghiệm cho thấy độ khớp của dữ liệu đạt được trên 80% và chúng tỏ mô hình toán đã phản ánh được hành vi của thiết bị thực.

## 1 GIỚI THIỆU

Quá trình xây dựng mô hình toán dựa trực tiếp vào dữ liệu thực nghiệm được gọi là nhận dạng hệ thống, tín hiệu vào-ra từ hệ thống được ghi lại và phân tích để đưa ra một mô hình (Ljung, 1999). Mô hình nhận dạng phụ thuộc vào việc chọn bậc của các đa thức đối với mô hình hàm truyền đạt, hay số chiều của các ma trận trạng thái đối với mô hình phương trình trạng thái. Như vậy, nếu người sử dụng hoàn toàn không có thông tin về đối tượng nhận dạng, thường gọi là hộp đen, thì việc nhận dạng rất khó khăn dẫn đến kết quả nhận dạng chứa các sai số do nhiều nguyên nhân khác nhau (Trần Đình Quốc Khôi, 2010). Trong một số

trường hợp, khi biết được cấu trúc vật lý của hệ thống và có thể biểu diễn chúng bằng các phương trình toán với các tham số chưa biết, mô hình hộp xám, ta có thể sử dụng Toolbox nhận dạng hệ thống của MATLAB để tìm các tham số còn lại. Điều này thực sự hữu ích khi ta đã biết được quan hệ giữa các biến, giới hạn hành vi của mô hình (The Mathworks, Inc., 2012).

Bài báo này thực hiện nhận dạng tham số của mô hình hệ ổn định mực chất lỏng RT010 của hãng Gunt-Hamburg trên MATLAB, dựa vào phương trình toán hệ bồn đơn và dữ liệu vào-ra của nó, sao cho sai lệch giữa ngõ ra mô hình và ngõ ra hệ thống là nhỏ nhất. Kết quả mô hình

nhận dạng sẽ được so sánh với thiết bị thực trong chế độ điều khiển vòng hở và điều khiển PID kinh điển. Việc xây dựng mô hình toán cho hệ RT010 giúp cho quá trình triển khai thực tập thiết kế các hệ điều khiển của sinh viên được triển khai trước trên máy tính, nhằm giảm thiểu thời gian, chi phí và hao mòn thiết bị của phòng thí nghiệm.

## 2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP

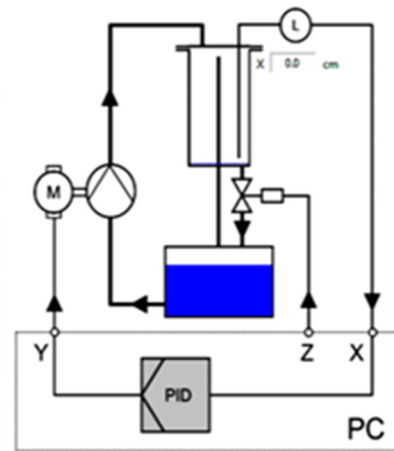
### 2.1 Phương tiện nghiên cứu

Quá trình nhận dạng hệ thống và kiểm nghiệm mô hình được thực hiện trên phần mềm

MATLAB/Simulink (The MathWorks, Inc., 2012). Thiết bị được nhận dạng là hệ điều khiển mực chất lỏng RT010 của hãng Gunt-Hamburg, Đức (G.U.N.T Gerätebau GmbH, 2011), Hình 1a. Hệ này gồm có 2 ngõ vào và một ngõ ra như sau: ngõ vào Y (0-100%) là công suất máy bơm chất lỏng từ bồn chứa lên bồn kiểm soát, ngõ vào Z (0-100%) là công suất valve xả tự do, có thể dùng để giả lập nhiễu tác động vào hệ thống và ngõ ra X (0-18cm) là chiều cao cột nước trong bồn kiểm soát được giới hạn bởi một ống xả tràn, như Hình 1b.

**Hình 1: Hệ điều khiển mực nước RT020**

a) Hệ điều khiển mực chất lỏng RT010, b) Sơ đồ khối hệ RT010



a)

b)

### 2.2 Phương pháp nhận dạng

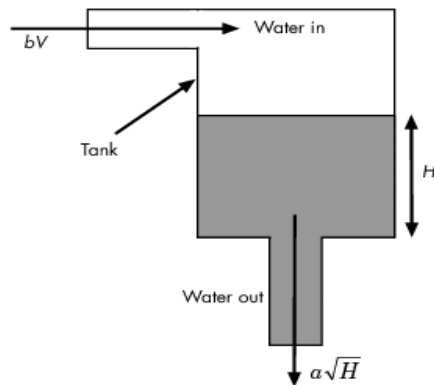
#### 2.2.1 Tìm hiểu phương trình toán hệ bồn đơn

Hệ điều khiển mực chất lỏng RT010 thực chất là mô hình hệ bồn đơn có sơ đồ khối như Hình 2. Nước chảy vào bồn từ trên xuống và chảy ra khỏi bồn thông qua một ống xả dưới đáy bồn. Lưu lượng nước vào bồn tỉ lệ thuận với điện áp V vào máy bơm. Lưu lượng nước ra tỉ lệ thuận với căn bậc 2 chiều cao H của cột nước trong bồn (The MathWorks, Inc., 2010).

Sự thay đổi thể tích nước trong bồn ở một thời điểm phụ thuộc vào lưu lượng nước vào và lưu lượng nước ra khỏi bồn ở thời điểm đó, xem (1).

$$\frac{d}{dt} Vol = A \frac{dH}{dt} = q_i - q_o = bV - a\sqrt{H} \quad (1)$$

$$\frac{dH}{dt} = \frac{b}{A} V - \frac{a}{A} \sqrt{H}$$



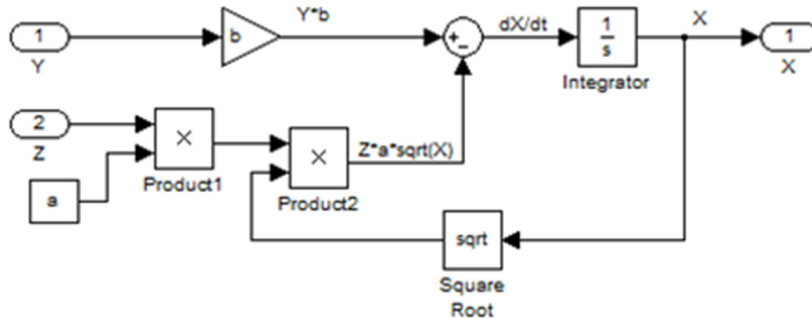
**Hình 2: Mô hình hệ bồn đơn**

Trong đó,  $Vol (m^3)$  là thể tích nước trong bồn;  $A (m^2)$  là tiết diện ngang của bồn;  $H (m)$  là chiều cao cột nước;  $q_i (m^3/s)$  là lưu lượng nước vào bồn;  $q_o (m^3/s)$  là lưu lượng nước ra khỏi bồn;  $V (Voltage)$  là điện áp vào bơm;  $b$  là hằng số liên quan đến lưu lượng nước vào bồn;  $a$  là hằng số liên quan đến lưu lượng nước ra khỏi bồn.

Đối với hệ RT010 thì điện áp  $V$  tỉ lệ thuận với ngõ vào công suất máy bơm  $Y$  (%), lưu lượng nước ra tỉ lệ thuận với tiết diện valve xả được điều khiển bởi ngõ vào công suất valve xả  $Z$  (%) và chiều cao  $H$  là ngõ ra chiều cao mực nước  $X$  (cm).

Ta có phương trình tổng quát của hệ RT010 như (2) và mô hình Simulink của hệ RT010 được thể hiện trên Hình 3.

$$\frac{dX}{dt} = Yb - Za\sqrt{X} \quad (2)$$



Hình 3: Mô hình hệ điều khiển mực chất lỏng RT010

Như vậy, để nhận dạng hệ RT010 ta phải xác định các tham số  $a, b$  trong phương trình (2).

### 2.2.2 Mô hình nhận dạng

Hệ RT010 được nhận dạng dựa theo mô hình OE (Output-Error model) có dạng (Ljung, 1999):

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)} u(t - nk) + e(t) \quad (3)$$

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:

$$q^{-1}u(t) = u(t - 1) \quad (4)$$

$$qu(t) = u(t + 1)$$

và các đa thức của mô hình cần nhận dạng được mô tả như (5) và (6).

$$B(q) = b_1 + b_2 q^{-1} + \dots + b_{nb} q^{-nb+1} \quad (5)$$

$$F(q) = 1 + f_1 q^{-1} + \dots + f_{nf} q^{-nf} \quad (6)$$

### 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 bơm

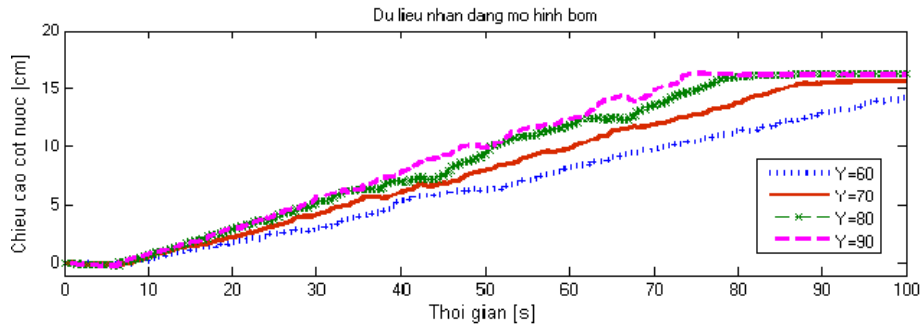
Trong (2), tham số  $b$  là hằng số liên quan đến lưu lượng nước vào bồn. Để tìm  $b$ , ta cho  $Z=0$ , tức là lúc này không có sự tác động của valve xả mà chỉ có tác động của ngõ vào công suất máy bơm  $Y$ . Ta có được mô hình bơm như (7).

$$\frac{dX}{dt} = Yb$$

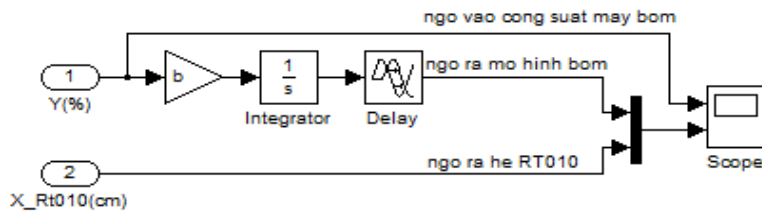
$$\Rightarrow \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{b}{s} \tag{7}$$

Để nhận dạng mô hình này, ta cho máy bơm chạy với ngõ vào  $Y$  cố định đến khi nước gần đến

ống tràn thì ngừng bơm (mức nước tràn tại độ cao  $X=18,5$  cm). Với việc thay đổi giá ngõ vào  $Y$  trong mỗi thí nghiệm, ta thu được một tập dữ liệu vào-ra dùng để nhận dạng mô hình bơm. Kết quả thu thập dữ liệu được thể hiện trong Hình 4 với thời gian lấy mẫu là  $0,5$  s và mô hình kiểm nghiệm kết quả nhận dạng có cấu trúc như Hình 5. Trong mô hình kiểm nghiệm mô hình bơm ta thêm vào một khâu trễ cho đáp ứng của máy bơm. Thực tế cho thấy, khi kích hoạt máy bơm, hệ cần một thời gian trễ để đưa nước từ ngõ vào máy bơm qua ống dẫn để vào bồn quan sát. Thời gian trễ này được chọn theo thực nghiệm, khoảng  $0,2$  s.



Hình 4: Tổng hợp thu thập dữ liệu nhận dạng mô hình bơm



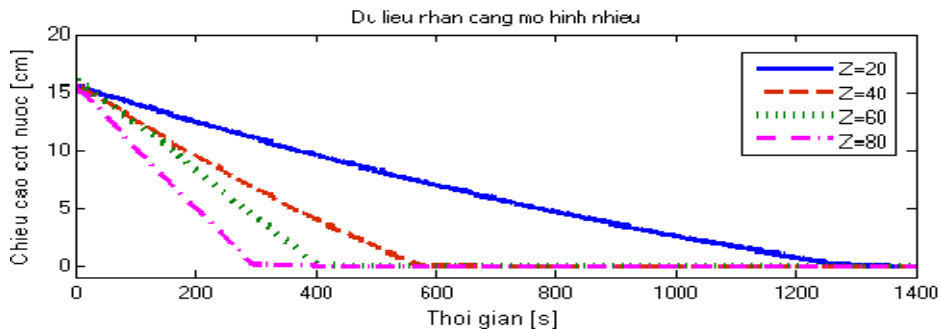
Hình 5: Cấu trúc mô hình kiểm nghiệm nhận dạng mô hình bơm

2.2.5 Nhận dạng mô hình nhiều

Tham số  $a$  trong (2) là hằng số liên quan đến lưu lượng chất lỏng ra khỏi bồn qua valve xả. Để tìm  $a$ , ta cho ngõ vào  $Y=0$ , lúc này chỉ có nước

chảy ra khỏi bồn hay là nhiễu tác động vào hệ RT010, sự thay đổi mực nước như (8).

$$\frac{dX}{dt} = -Za\sqrt{X} \tag{8}$$

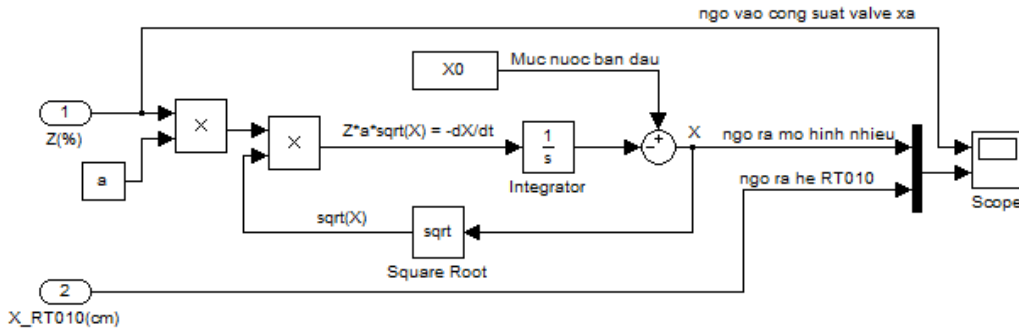


Hình 6 : Tổng hợp thu thập dữ liệu nhận dạng mô hình nhiều

Kết quả thu thập dữ liệu nhận dạng mô hình nhiều được thể hiện trong Hình 6. Ở đây, nước được chảy qua ống xả với ngõ vào Z cố định từ một mức nước  $X_0$  cho trước đến khi cạn nước

trong bồn kiểm soát.

Mô hình nhiều được kiểm nghiệm bằng mô hình có cấu trúc được thiết lập như trong Hình 7.



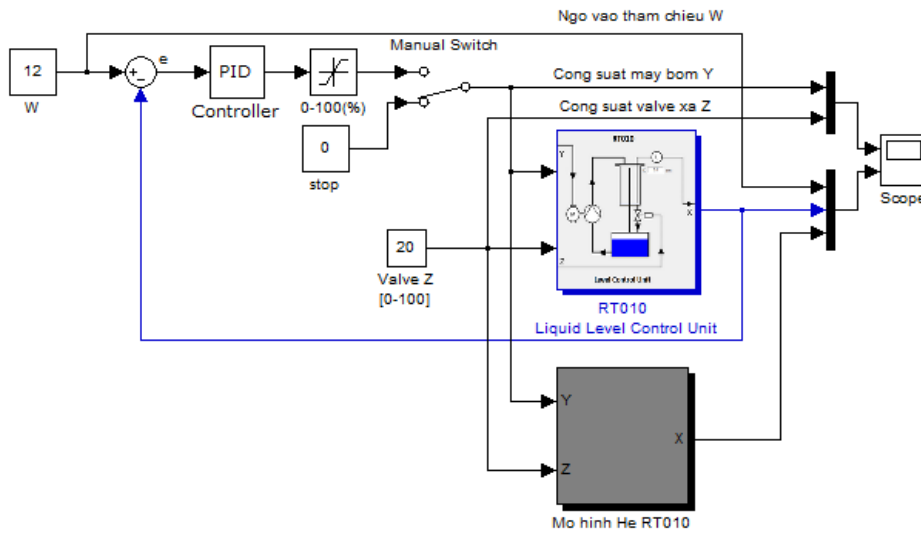
Hình 7: Cấu trúc mô hình kiểm nghiệm nhận dạng mô hình nhiều

2.2.6 Mô hình tổng hợp

Giá trị của các hệ số a, b của mô hình nhận dạng hệ RT010 được xác định trong Bảng 1. Mô hình nhận dạng được kiểm nghiệm lại bằng cách kết hợp bộ điều khiển PID kinh điển như mô hình được xây dựng trong Hình 8.

Bảng 1 : Các hệ số của mô hình nhận dạng RT010

Hệ số	Giá trị tối thiểu	Giá trị trung bình	Giá trị tối đa
a	0.000205	0.000215	0.00023
b	0.00262	0.00282	0.00318



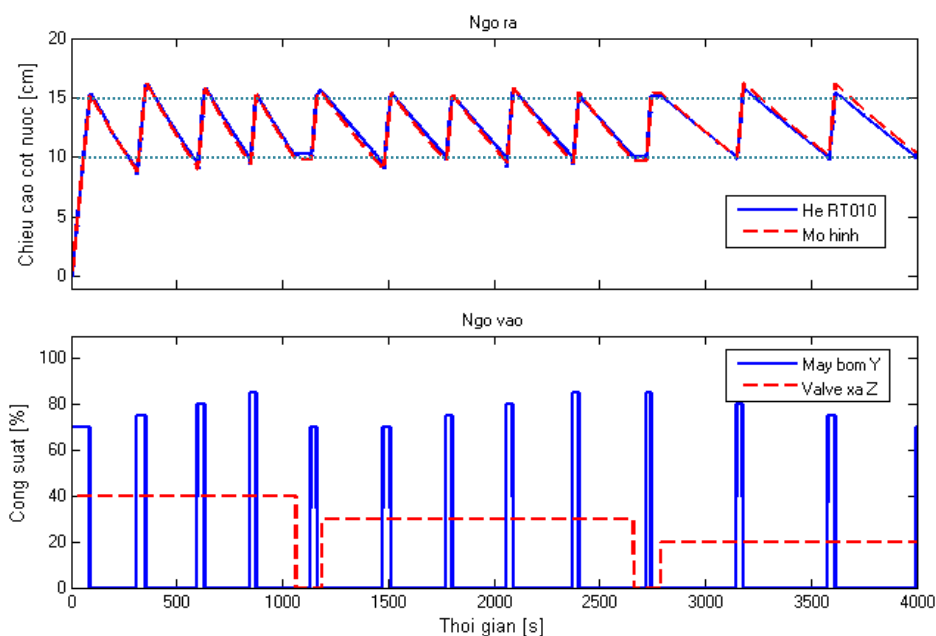
Hình 8: Kiểm nghiệm mô hình nhận dạng được với bộ điều khiển PID

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả nhận dạng được đánh giá bằng cách tính toán độ khớp của ngõ ra mô hình với ngõ ra hệ RT010 khi áp cùng một tập ngõ vào. Mô hình sẽ được xem xét trong các trường hợp điều khiển vòng hở và điều khiển PID.

Đối với điều khiển vòng hở, ta cho hệ thống bơm, xả luân phiên để đảm bảo chiều cao cột

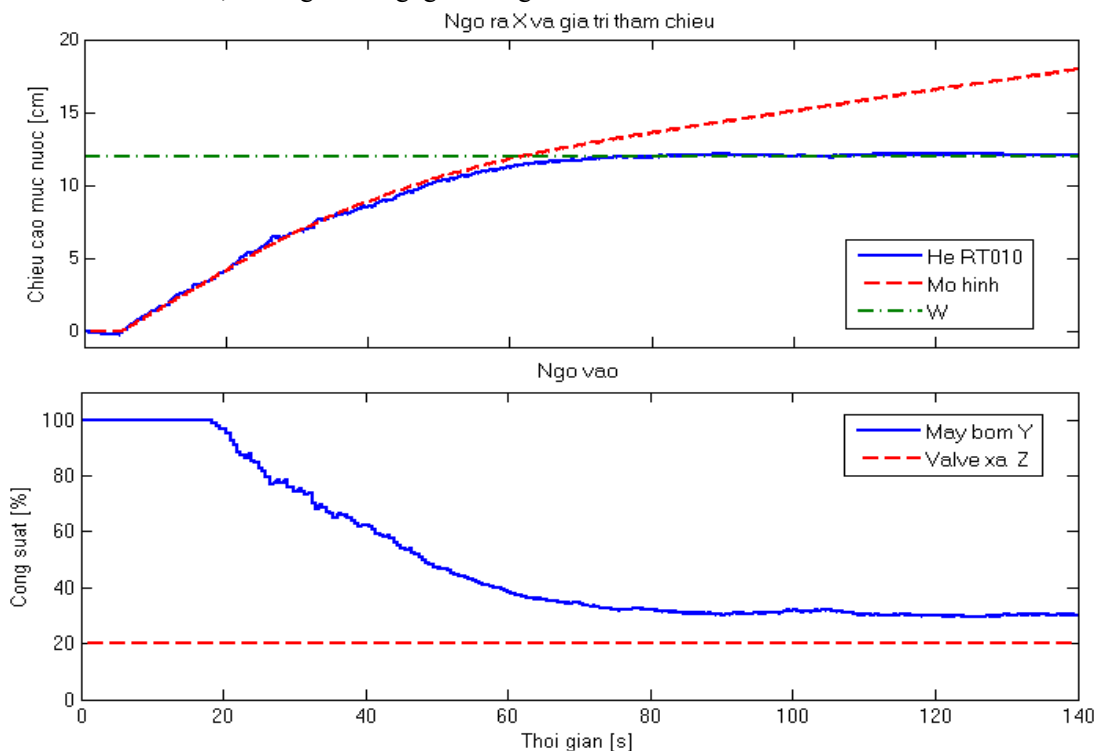
nước được giữ trong khoảng từ 10 cm đến 15 cm. Với mỗi ngõ vào công suất valve nhiều Z trong khoảng 20-40% thì ngõ vào công suất máy bơm Y lần lượt thay đổi trong khoảng 70-85%. Kết quả so sánh ngõ ra mô hình với hệ RT010 đạt độ khớp 84,95%, Hình 9. Ta có thể thấy đáp ứng của mô hình bám sát theo đáp ứng của thiết bị thực, sai lệch trung bình của ngõ ra là 0,263 cm và sai lệch lớn nhất là 0,843 cm.



**Hình 9 : Kết quả điều khiển vòng hở của mô hình và hệ RT010**

Kết quả điều khiển PID được thể hiện trên hình 10 với tín hiệu tham khảo  $W=12$  cm, công suất valve xả được giữ cố định tại  $Z=20\%$ . Khi ngõ vào  $Y>70\%$  thì ngõ ra của mô hình và hệ RT010 bám sát nhau, thời gian tăng gần bằng

nhau. Trong thực tế khoảng bơm của máy bơm nhỏ hơn trên mô phỏng nên ngõ ra mô hình chưa thể xác lập nhưng nhìn chung mô hình vẫn phản ánh được hệ thống khi ngõ vào thay đổi.



**Hình 10 : Kết quả điều khiển PID của mô hình và Hệ RT010**

#### 4 KẾT LUẬN

Bài báo trình bày cách xác định mô hình toán của hệ điều khiển mực chất lỏng RT010 của hãng Gunt-Hamburg dựa vào phương trình toán của hệ bốn đơn. Từ dữ liệu vào ra thu thập được, các tham số của mô hình toán được nhận dạng bằng cách xây dựng mô hình so sánh và kiểm nghiệm trên MATLAB/Simulink. Kết quả cho thấy mô hình nhận dạng được có độ khớp so với thiết bị RT010 trên 80%, đạt yêu cầu của bài toán nhận dạng. Ngoài ra, mô hình nhận dạng còn cho thấy khả năng đáp ứng gần giống với đối tượng khi áp dụng cùng một bộ điều khiển PID, vì vậy ta có thể mô phỏng tìm giá trị PID và áp dụng cho đối tượng để giảm thời gian, chi phí thiết kế trên thiết bị thực. Với giải pháp này, ta có thể áp dụng để nhận dạng cho các hệ thống RT0x0 còn lại của phòng thí nghiệm khi đã biết một phần cấu trúc

vật lý của chúng và việc thiết kế các bộ điều khiển được thực hiện nhanh chóng, dễ dàng nhờ vào mô phỏng mà không phải phụ thuộc vào thiết bị thực như hiện nay.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. G.U.N.T Gerätebau GmbH 2011, Training System: Level Control, HSI, 080.01000 RT010.
2. Ljung, 1999. L.System Identification: Theory for the User. Second edition. PTR Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
3. The MathWorks, Inc, 2010. Simulink Control Design 3 User's Guide, Version 3.1
4. The MathWorks, Inc, 2012. System Identification Toolbox User's Guide, Version 8.0.
5. Trần Đình Quốc Khôi, 2010. Nhận dạng mô hình hộp xám tuyến tính. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, số 3 (38).2010, trang 82 - 87.