

# MÁY ĐO HÀM SỐ TRUYỀN BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÁP ỨNG BƯỚC

Nguyễn Văn Sơn

Trường Đại học Đà Lạt

## TÓM TẮT

*Đo được hàm số truyền của đối tượng có ý nghĩa thực tiễn. Máy đo hàm số truyền cần thiết cho những người làm công việc thiết kế bộ điều khiển. Thiết kế máy đo hàm số truyền bằng phương pháp đáp ứng bước khá đơn giản, nội dung của phương pháp này gồm 2 phần: 1. Thu nhận dữ liệu đáp ứng bước của đối tượng; 2. Dùng phần mềm Matlab để xấp xỉ hàm các số liệu thu nhận ở dạng các hàm e mũ và tìm ra các hệ số của hàm truyền bậc một hoặc bậc hai. Máy đo hàm số truyền được chế tạo dùng để đo hàm truyền máy phát điện công suất nhỏ và trung bình. Đo hàm truyền các mạch điện tử để đánh giá độ chính xác phép đo. Giới hạn của phương pháp đáp ứng bước là chỉ đo được hàm truyền dạng đường cong bão hòa. May mắn, các đối tượng trên thực tế đa số có dạng đáp ứng bước này.*

**Từ khóa:** đáp ứng bước, hàm số truyền

\*

## 1. GIỚI THIỆU

Lí thuyết điều khiển tự động giải quyết một vấn đề chính là điều khiển một hoặc vài thông số vật lí của đối tượng. Bài toán điều khiển được giải quyết khi biết mô hình toán của đối tượng, mô hình toán thường dùng là hàm số truyền và hệ phương trình biến trạng thái. Hàm số truyền và hệ phương trình biến trạng thái có thể biến đổi lẫn nhau, nghĩa là biết hàm truyền có thể suy ra hệ phương trình biến trạng thái và ngược lại. Biết hàm truyền là cái gốc để giải bài toán điều khiển, do đó đo được hàm truyền của đối tượng có ý nghĩa thực tiễn. Các phương pháp điều khiển cổ điển đều phải biết hàm truyền, tuy nhiên lí thuyết điều khiển hiện đại còn cho phép điều khiển các đối tượng không xác định rõ hàm truyền như phương pháp điều khiển fuzzy, mạng neural... Các phương pháp đo hàm truyền gồm: Phương pháp giản đồ Bode; Phương pháp đáp ứng bước; Phương pháp FFT. Trong báo cáo này chúng tôi trình bày phương pháp đáp ứng bước, tổng quát nội dung phương pháp này gồm hai bước:

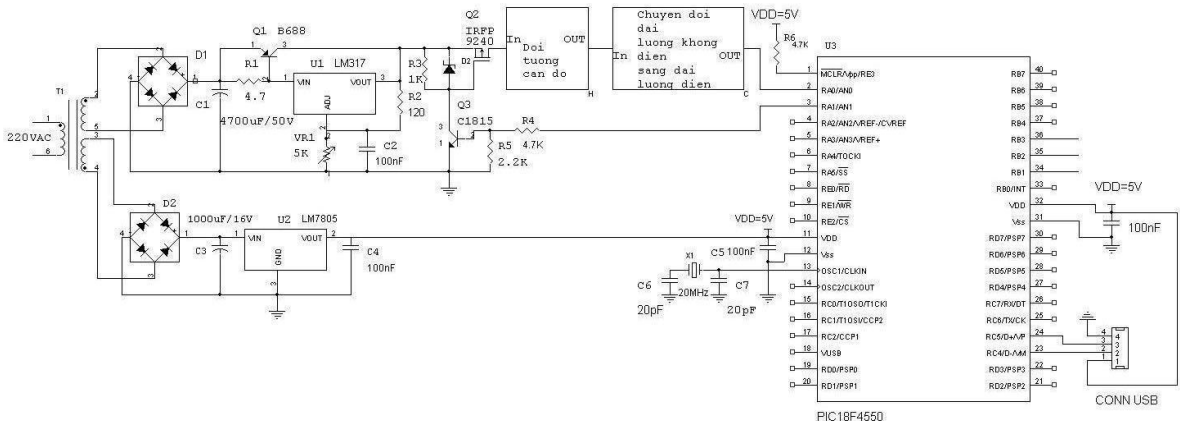
- Thu thập dữ liệu đáp ứng bước của đối tượng.
- Dùng phần mềm Matlab để xấp xỉ hàm các số liệu thu thập ở dạng các hàm e mũ và dùng phép tính Laplace để tìm ra các hệ số của hàm truyền bậc một hoặc bậc hai.

## 2. NỘI DUNG

### 2.1 Phần cứng

Trung tâm của phần cứng là U3 vi điều khiển PIC18F4550, vi điều khiển này có các chức năng: giao tiếp với máy tính qua cổng USB (pin 23, 24); biến đổi AD điện áp đáp ứng bước (pin 2); điều khiển cấp điện áp bước cho đối tượng (pin 3). Khi có tín hiệu

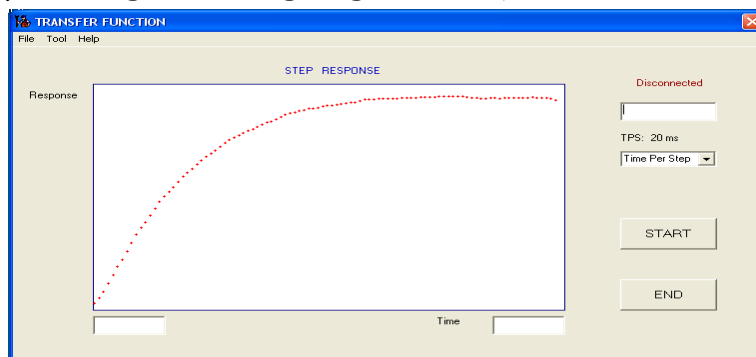
bắt đầu (start) bên máy tính gửi qua vi điều khiển, vi điều khiển điều khiển cấp điện áp bước cho đối tượng. Điện áp đáp ứng bước được biến đổi AD ở pin 2 và dữ liệu truyền qua máy tính bằng cổng USB. Trong phần cứng còn có 2 khối nguồn nuôi: nguồn 5V và nguồn nuôi điện áp thay đổi được. Nguồn 5V cấp nguồn cho vi điều khiển, nguồn 5V này có thể lấy từ máy vi tính qua dây USB. Nguồn nuôi điện áp thay đổi được xây dựng trên U1 LM317, điện áp này được thiết kế thay đổi từ 1.5V đến 40V. Tăng khả năng cung cấp dòng nhờ transistor Q1, dòng tối đa thiết kế là 5A để có thể cấp điện áp bước cho cuộn dây kích thích máy phát điện công suất nhỏ và vừa. MOSFET Q2 có chức năng của công tắc cung cấp điện áp bước cho đối tượng cần đo. Đối với các thông số là các đại lượng không điện như nhiệt độ, vận tốc ... cần phải có bộ chuyển đổi đại lượng không điện sang đại lượng điện, được biểu thị bằng khối C trong sơ đồ. Cũng cần có khối chỉnh lưu để đổi điện áp xoay chiều thành một chiều trong trường hợp đối tượng là máy phát điện, cũng cần khối khuếch đại hay bộ giảm để tạo dải điện áp thích hợp cho bộ biến đổi AD trong vi điều khiển PIC.



**Hình 1:** Sơ đồ phần cứng máy đo hàm truyền

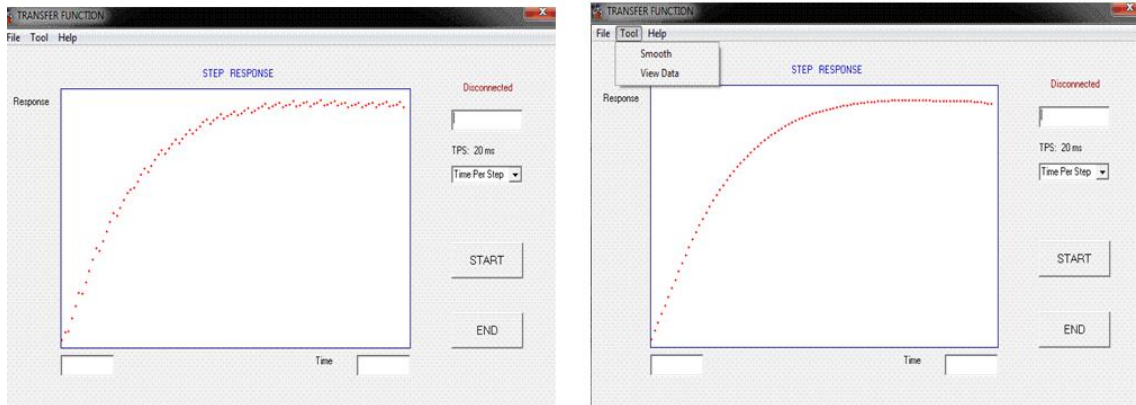
## 2.2. Giao diện điều khiển và thu nhận dữ liệu

Giao diện điều khiển và thu nhận dữ liệu được viết bằng VB6, ngoài chức năng chính là điều khiển và thu nhận còn có các công cụ khác như làm tròn số liệu, lưu số liệu thành file và mở file số liệu đã lưu, vẽ đường cong đáp ứng bước. Trước khi thu nhận dữ liệu chọn khoảng cách thời gian giữa 2 số liệu.



**Hình 2:** Giao diện điều khiển và thu nhận dữ liệu

Thuật toán làm trơn số liệu được sử dụng là lấy trung bình của số 3 điểm.

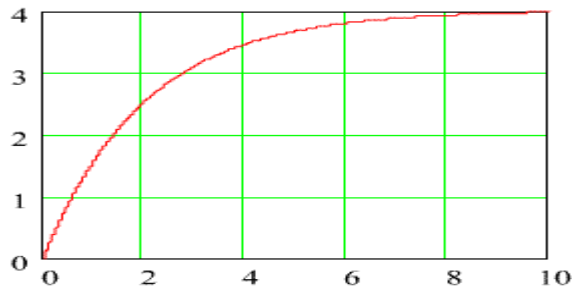


**Hình 3:** Đáp ứng bước trước và sau khi làm trơn.

## 2.3. Thuật toán đo hàm truyền bằng phương pháp đáp ứng bước

### 2.3.1. Đối với hàm truyền bậc một

Hàm truyền  $H(S)$  có dạng:  $H(S) = \frac{k}{S + a}$  (1)



**Hình 4:** Đáp ứng bước của hàm truyền bậc một

Dùng Matlab để xấp xỉ đáp ứng bước ở dạng biểu thức:  $v_o(t) = A + Be^{C.t}$  (2)

Lấy biến đổi Laplace (2), ta được:

$$V_o(S) = \frac{A}{S} + \frac{B}{S - C} \quad (3)$$

Tín hiệu lối vào là hàm bước:  $v_i(t) = V.1(t)$  (4)

Biến đổi Laplace (4), ta được:  $V_I(S) = \frac{V}{S}$  (5)

Hàm truyền  $H(S)$ :

$$H(S) = \frac{V_o(S)}{V_I(S)} = \frac{S(A + B) - AC}{V(S - C)} \quad (6)$$

Đồng nhất (1) và (6) ta được:

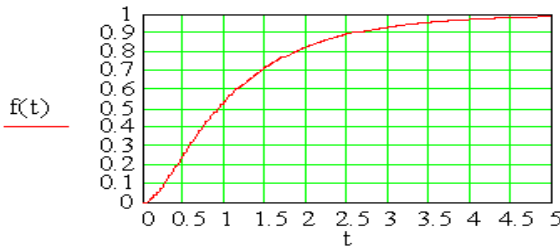
$$A = -B$$

$$k = -AC/V \quad (7)$$

$$a = -C$$

Biết được các hệ số A, B, C ta biết được hàm truyền.

### 2.3.2. Đối với hàm truyền bậc hai



**Hình 5:** Đáp ứng bước hàm truyền bậc hai, đường cong có điểm uốn tại vị trí xuất phát

$$H(S) = \frac{k}{(S+a)(S+b)} \quad (8)$$

Dùng Matlab để xấp xỉ đáp ứng bước ở dạng biểu thức (9):

$$v_o(t) = A + Be^{Ct} + De^{Et} \quad (9)$$

Lấy biến đổi Laplace (9), ta được:

$$V_o(S) = \frac{A}{S} + \frac{B}{S-C} + \frac{D}{S-E} \quad (10)$$

Tín hiệu lối vào là hàm bước:

$$v_i(t) = V \cdot 1(t) \quad (11)$$

Biến đổi Laplace (11), ta được:

$$V_i(S) = \frac{V}{S} \quad (12)$$

Hàm truyền H(S):

$$H(S) = \frac{V_o(S)}{V_i(S)} = \frac{S^2(A+B+D) - S(AE+AC+BE+DC) - ACE}{V(S-C)(S-E)} \quad (13)$$

Đồng nhất (8) và (13) ta được:

$$k = -ACD/V$$

$$a = -C \quad (14)$$

$$b = -E$$

Biết được các hệ số A, B, C, D, E ta biết được hàm truyền bậc hai.

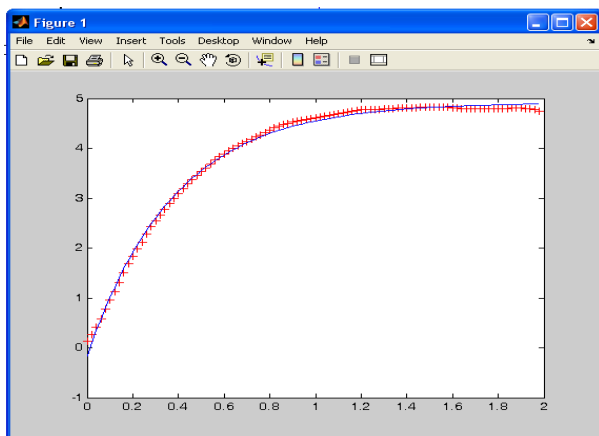
Viết file Script của Matlab để xấp xỉ hàm và vẽ đồ thị đáp ứng bước của số liệu thu nhận và đồ thị do hàm xấp xỉ để có thể đánh giá độ chính xác xấp xỉ một cách trực quan.

Nội dung file script cho hàm truyền bậc một	Nội dung file script cho hàm truyền bậc hai
<pre>% hamtruyen1.m data; Time=Time*0.001; Response; plot(Time,Response,'+r')</pre>	<pre>% hamtruyen2.m data; Time=Time*0.001; Response; X0=[1 1 -30 1 -40]';</pre>

```
hold on
X0=[0 0 -1 ]';
options = optimset('Largescale','off');
x=lsqnonlin(@fit_simp1,X0,[],[],options,Time,
Response);
a=-x(3)
K=-x(1)*x(3)/V
yy=x(1) + x(2)*exp(x(3)*Time);
plot(Time,yy)
hold off
```

```
options = optimset('Largescale','off');
x=lsqnonlin(@fit_simp,X0,[],[],options,Time,
Response);
a=-x(3)
b=-x(5)
K=x(1)*(-x(3))*(-x(5))/V
% Plot the original and experimental data
Anew          =          x(1)          +
x(2)*exp(x(3)*Time)+x(4)*exp(x(5)*Time);
plot(Time,Response,'+r',Time,Anew,'y')
hold off
```

Sau khi thu nhận dữ liệu bằng phần mềm viết bằng VB6 đã giới thiệu ở trên, dữ liệu được lưu thành file data.m và cất ở thư mục C: \Matlab\Work. Chạy file script hamtruyen1.m (hoặc hamtruyen2.m) cho ra kết quả: đồ thị ở hình 7 và các hệ số của hàm truyền tại cửa sổ lệnh của Matlab.



**Hình 7:** Đường + màu đỏ là đồ thị đáp ứng bước từ số liệu thu nhận và đường liền nét màu xanh là đường cong xấp xỉ hàm.

```
>> hamtruyen1
Optimization terminated: search direction less than TolX.

a =

    2.6236

K =

    12.9023

>>
```

## 2.4. Các kết quả

Máy đo hàm truyền được chế tạo đã đo thử hàm truyền của máy phát điện công

suất nhỏ và vừa. Ngoài ra máy còn có thể dùng L, C bằng cách đo hàm truyền mạch RL, RC biết giá trị R, suy ra giá trị L, C,

với các kết quả đo được L, C so sánh với trị số của linh kiện sai số không quá 5 %. Đo hàm truyền của các mạch điện tử cho thấy các hệ số do tính toán và đo được sai lệch không quá 10 %.

### 3. KẾT LUẬN

Thiết kế một máy đo hàm truyền đáp ứng cho mọi đối tượng là không thể, với máy đo hàm truyền bằng phương pháp đáp ứng bước đơn giản về phần cứng và giải

thuật nên rất dễ sửa đổi phần cứng để phù hợp với một lớp đối tượng nào đó. Máy có thể dùng cho thực tập môn điều khiển thiết bị, qui trình từ khâu khảo sát hàm truyền đối tượng đến khâu thiết kế và thi công bộ điều khiển. Giới hạn của phương pháp đáp ứng bước đã trình bày là chỉ đo được hàm truyền dạng đường cong bão hòa bậc một và bậc hai. May mắn, các đối tượng trên thực tế đa số có dạng đáp ứng bước này.

\*

## TRANSFER FUNCTION TESTER BY MEANS OF STEP RESPONSE

Son Nguyen Van

University of Dalat

### ABSTRACT

*Measuring transfer function has practical significance. Transfer function Tester is necessary for controller designers. Designing transfer function tester by means of step response is quite simple, the content of this method consists of two parts: 1. Acquisiting step response's data of the system. 2. Using Matlab software to approximate the function of the obtained data in the form of exponential function and find the first or second order factors of transfer function. Transfer function tester has been manufactured for measuring small and medium capacity transfer function generator. Transfer function tester was used to measure electronic circuits to evaluate the accuracy of measurements. Limitations of the method of step response is only measure transfer function whose shape is curve saturation. Fortunately, in fact most of the objects have their step response in these shapes.*

**Keywords:** *step response, tranfer function*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://www.facstaff.bucknell.edu/mastascu/econtrolhtml/Ident/Ident1.html>
- [2] PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet.
- [3] Goodwin, Graham (2001), *Control System Design*, Prentice Hall, ISBN 0-13-958653-9.
- [4] Andrei, Neculai (2005), *Modern Control Theory - A historical Perspective*.
- [5] Robert F. Stengel (1994), *Optimal Control and Estimation*, Dover Publications, ISBN 0-486-68200-5, ISBN 978-0-486-68200-6.