

PHỤ LỤC 1

PHẦN A: ỨNG DỤNG MATLAB PHÂN TÍCH CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

I. MỤC ĐÍCH :

Matlab là một trong những phần mềm thông dụng nhất dùng để phân tích, thiết kế và mô phỏng các hệ thống điều khiển tự động. Trong bài thí nghiệm này, sinh viên sử dụng các lệnh của Matlab để phân tích hệ thống như xét tính ổn định của hệ thống, đặc tính quá độ, sai số xác lập...

II. CHUẨN BỊ :

Để thực hiện các yêu cầu trong bài thí nghiệm này, sinh viên cần phải chuẩn bị kỹ trước các lệnh cơ bản của Matlab. Khi khởi động chương trình Matlab 6.5, cửa sổ **Command Window** xuất hiện với dấu nhắc lệnh ">>". Để thực hiện các lệnh, sinh viên sẽ gõ lệnh từ bàn phím theo sau dấu nhắc này.

Sinh viên cần tham khảo phần phụ lục ở chương 2 (trang 85) trong sách *Lý thuyết điều khiển tự động* (tác giả Nguyễn Thị Phương Hà – Huỳnh Thái Hoàng) để hiểu rõ các lệnh cơ bản về nhân chia đa thức, biểu diễn hàm truyền hệ thống và kết nối các khối trong hệ thống.

Ngoài ra, để phân tích đặc tính của hệ thống, sinh viên cần phải hiểu kỹ các lệnh sau:

- **bode(G)** : vẽ biểu đồ Bode biên độ và pha của hệ thống có hàm truyền G
- **nyquist(G)** : vẽ biểu đồ Nyquist hệ thống có hàm truyền G
- **rlocus(G)** : vẽ QĐNS hệ thống hồi tiếp âm đơn vị có hàm truyền vòng hở G
- **step(G)** : vẽ đáp ứng nấc của hệ thống có hàm truyền G
- **hold on** : giữ hình vẽ hiện tại trong cửa sổ **Figure**. Lệnh này hữu ích khi ta cần vẽ nhiều biểu đồ trong cùng một cửa sổ **Figure**. Sau khi vẽ xong biểu đồ thứ nhất, ta gõ lệnh **hold on** để giữ lại hình vẽ sau đó vẽ tiếp các biểu đồ khác. Các biểu đồ lúc sau sẽ vẽ đè lên biểu đồ thứ nhất trong cùng một cửa sổ **Figure** này. Nếu không muốn giữ hình nữa, ta gõ lệnh **hold off**.
- **grid on** : kẻ lưới trên cửa sổ **Figure**. Nếu không muốn kẻ lưới, ta gõ lệnh **grid off**.
- **plot(X,Y)** : vẽ đồ thị vector Y theo vector X

Ví dụ : Vẽ đồ thị $y = x^2$ với $x = -10 \div 10$

```
>> X = -10:0.1:10;           % tạo vector X từ -10 ÷ 10 với khoảng cách 0.1
>> Y = X.*X;                 % tính y = x*x
>> plot(X,Y);                 % vẽ đồ thị y = x*x
```

- **subplot(m,n,p)** : chia Figure thành (m×n) cửa sổ con và thao tác trên cửa sổ con thứ p.

Ví dụ : Chia Figure thành 2 cửa sổ con, sau đó vẽ Y lên cửa sổ thứ 1 và Z lên cửa sổ thứ 2

```
>> subplot(2,1,1), subplot(Y); % vẽ Y lên cửa sổ thứ 1
>> subplot(2,1,2), subplot(Z); % vẽ Z lên cửa sổ thứ 2
```

Chú ý: sinh viên nên tham khảo phần Help của Matlab để nắm rõ chức năng và cú pháp của một <lệnh> bằng cách gõ vào dòng lệnh : **help <lệnh>**

III. THÍ NGHIỆM :

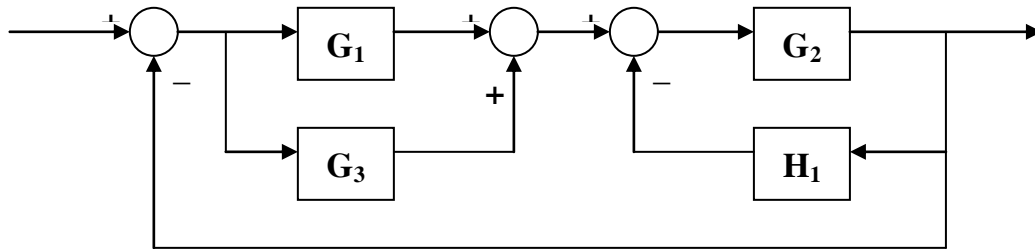
III.1. Tìm hàm truyền tương đương của hệ thống:

▪ Mục đích:

Giúp sinh viên làm quen với các lệnh cơ bản để kết nối các khối trong một hệ thống.

▪ Thí nghiệm:

Bằng cách sử dụng các lệnh cơ bản **conv**, **tf**, **series**, **parallel**, **feedback** ở phần phụ lục chương 2 (trang 85) trong sách *Lý thuyết điều khiển tự động*, tìm biểu thức hàm truyền tương đương $G(s)$ của hệ thống sau :



$$G1 = \frac{s+1}{(s+3)(s+5)}, \quad G2 = \frac{s}{s^2+2s+8}, \quad G3 = \frac{1}{s}, \quad H1 = s+2$$

▪ Hướng dẫn:

Bước đầu tiên nhập hàm truyền cho các khối $G1, G2, \dots$ dùng lệnh **tf**. Sau đó, tùy theo cấu trúc các khối mắc nối tiếp, song song hay hồi tiếp mà ta gõ các lệnh **series**, **parallel** hay **feedback** tương ứng để thực hiện việc kết nối các khối với nhau. Trong báo cáo, chỉ rõ trình tự việc thực hiện các lệnh này.

Ví dụ :

```
>> G1 = tf([1 1],conv([1 3],[1 5]))    % nhập hàm truyền G1
>> G2 = tf([1 0],[1 2 8])             % nhập hàm truyền G2
>> G3 = tf(1,[1 0])                   % nhập hàm truyền G3
>> H1 = tf([1 2],1)                   % nhập hàm truyền H1
>> G13 = parallel(G1,G3)               % tính hàm truyền tương đương của G1, G3
```

Tiếp tục tính tương tự cho các khối còn lại.

III.2. Khảo sát hệ thống dùng biểu đồ Bode:

▪ Mục đích:

Từ biểu đồ Bode của hệ hở $G(s)$, ta tìm được tần số cắt biên, độ dự trữ pha, tần số cắt pha, độ dự trữ biên của hệ thống hở. Dựa vào kết quả tìm được để xét tính ổn định của hệ thống hồi tiếp âm đơn vị với hàm truyền vòng hở là $G(s)$.

▪ Thí nghiệm:

Khảo sát hệ thống phản hồi âm đơn vị có hàm truyền vòng hở:

$$G(s) = \frac{K}{(s+0.2)(s^2+8s+20)}$$

- Với $K = 10$, vẽ biểu đồ Bode biên độ và pha hệ thống trên trong khoảng tần số (0.1, 100).
- Dựa vào biểu đồ Bode, tìm tần số cắt biên, độ dự trữ pha, tần số cắt pha, độ dự trữ biên của hệ thống. Lưu biểu đồ Bode thành file *.bmp để chèn vào file word phục

vụ viết báo cáo. Chú ý phải chỉ rõ các giá trị tìm được lên biểu đồ Bode trong file *.bmp.

- c. Hệ thống trên có ổn định không, giải thích.
- d. Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống trên với đầu vào hàm nấc đơn vị trong khoảng thời gian $t = 0 \div 10s$ để minh họa kết luận ở câu c. Lưu hình vẽ đáp ứng này để viết báo cáo.
- e. Với $K = 400$, thực hiện lại các yêu cầu ở câu a \rightarrow d.

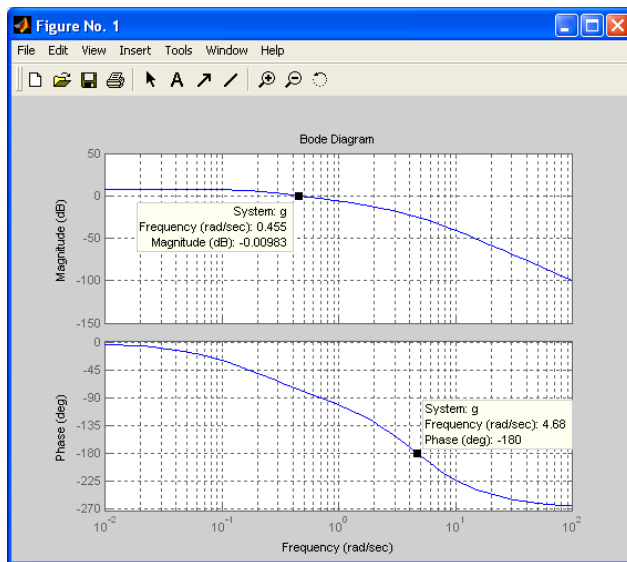
▪ Hướng dẫn:

Để vẽ biểu đồ Bode của G trong khoảng tần số (a,b) ta nhập lệnh **bode(G,{a,b})**. Gõ lệnh **grid on** để kẻ lưới hình vẽ.

Ví dụ : Nhập lệnh vẽ biểu đồ Bode của $G(s)$ khi $K=10$ như sau:

```
>> TS = 10 % nhập tu so cua G(s)
>> MS = conv([1 0.2],[1 8 20]) % nhập mau so cua G(s)
>> G = tf(TS,MS) % nhập ham truyền G(s)
>> bode(G,{0.1,100}) % vẽ biểu đồ Bode của G(s) trong khoảng (0.1,100)
>> grid on % kẻ lưới
```

Khi cần xác định điểm nào trên biểu đồ Bode ta chỉ việc nhấp chuột vào vị trí đó. Lúc đó, giá trị biên độ hay góc pha sẽ hiển thị ra như hình vẽ:



- Để chèn chú thích lên hình vẽ ta vào menu **Insert/ Text** sau đó gõ ký tự vào vị trí cần chú thích.
- Để lưu hình vẽ ta vào menu **File/ Export**. Một cửa sổ **Export** hiện ra. Trong mục **Save as type** ta chọn mục **Bitmap files (*.bmp)**. Lúc này, ta lưu file dưới dạng file *.bmp. Ngoài ra ta cũng có thể lưu dưới dạng file *.jpg hay *.wmf.

Để vẽ đáp ứng nấc của hệ thống kín trong khoảng thời gian $(0, T)$ ta nhập lệnh **step(Gk,T)**, trong đó Gk là hàm truyền vòng kín. Vì hàm truyền $G(s)$ ở trên là hàm truyền vòng hở nên trước tiên ta phải tính hàm truyền vòng kín bằng lệnh **Gk = feedback(G,1)** sau đó mới nhập lệnh **step(Gk,T)**. Tiến hành lưu hình vẽ giống như ở cửa sổ của biểu đồ Bode.

III.3. Khảo sát hệ thống dùng biểu đồ Nyquist:

▪ Mục đích:

Từ biểu đồ Nyquist của hệ hở $G(s)$, ta tìm độ dự trữ biên, độ dự trữ pha của hệ thống vòng kín hồi tiếp âm đơn vị. Dựa vào kết quả tìm được để xét tính ổn định của hệ thống kín.

▪ Thí nghiệm:

Khảo sát hệ thống phản hồi âm đơn vị có hàm truyền vòng hở như ở phần **III.2**:

$$G(s) = \frac{K}{(s+0.2)(s^2+8s+20)}$$

- Với $K = 10$, vẽ biểu đồ Nyquist của hệ thống.
- Dựa vào biểu đồ Nyquist, tìm độ dự trữ pha, độ dự trữ biên của hệ thống. So sánh với kết quả ở phần III.2. Lưu biểu đồ **Nyquist** thành file *.bmp và chỉ rõ các giá trị tìm được ở trên lên biểu đồ Nyquist.
- Hệ thống trên có ổn định không. Giải thích. So sánh với kết quả ở phần III.2.
- Với $K = 400$, thực hiện lại các yêu cầu ở câu a \rightarrow c.

III.4. Khảo sát hệ thống dùng phương pháp QĐNS:

▪ Mục đích:

Khảo sát đặc tính của hệ thống tuyến tính có hệ số khuếch đại K thay đổi, tìm giá trị giới hạn K_{gh} của K để hệ thống ổn định.

▪ Thí nghiệm:

Hệ thống hồi tiếp âm đơn vị có hàm truyền vòng hở:

$$G(s) = \frac{K}{(s+3)(s^2+8s+20)}, \quad K \geq 0$$

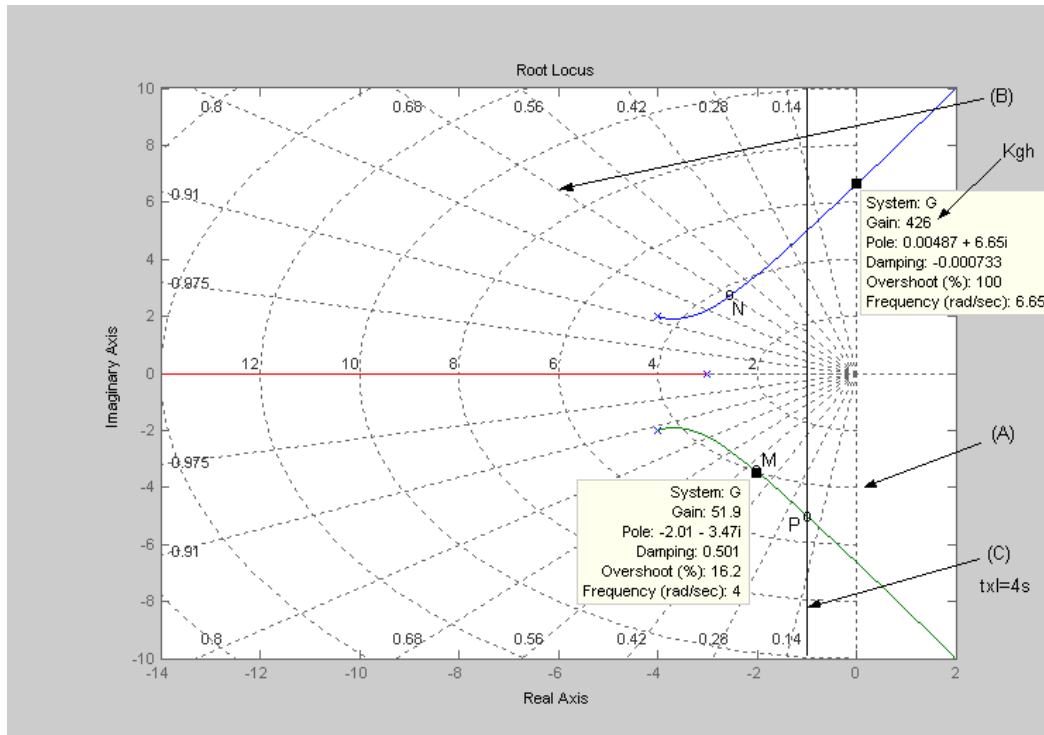
- Vẽ QĐNS của hệ thống. Dựa vào QĐNS, tìm K_{gh} của hệ thống, chỉ rõ giá trị này trên QĐNS. Lưu QĐNS này thành file *.bmp để viết báo cáo.
- Tìm K để hệ thống có tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 4$.
- Tìm K để hệ thống có hệ số tắt $\xi = 0.7$.
- Tìm K để hệ thống có độ vọt lố POT = 25%
- Tìm K để hệ thống có thời gian xác lập (tiêu chuẩn 2%) $t_{xl} = 4s$

▪ Hướng dẫn:

Khi nhập hàm truyền cho G ta không nhập tham số K trong lệnh **tf**. Dùng lệnh **grid on** để kẻ lưới:

```
>> TS = 1                                % nhập tu so cua G(s) khong chua K
>> MS = conv([1 3],[1 8 20])             % nhập mau so cua G(s)
>> G = tf(TS,MS)                         % nhập hàm truyền G(s)
>> rlocus(G)                             % vẽ quỹ đạo nghiệm số
>> grid on                               % kẻ lưới
```

Để tìm K_{gh} ta nhấp chuột vào vị trí cắt nhau giữa QĐNS với trục ảo. Lúc này, giá trị K sẽ hiển thị lên như trên hình vẽ sau:



- Gain : giá trị độ lợi K tại vị trí nhấp chuột (giá trị K cần tìm).
- Pole : cực của hệ thống vòng kín tương ứng với giá trị K
- Damping : hệ số tắt ξ
- Overshoot : độ vọt lố
- Frequency : tần số dao động tự nhiên ω_n
- (A) : vòng tròn các điểm có cùng tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 4$
- (B) : đường thẳng các điểm có cùng hệ số tắt $\xi = 0.68$
- (C) : đường thẳng các điểm có cùng $t_{xl} = \frac{4}{\xi\omega_n} = 4 \Rightarrow \xi\omega_n = 1$

Muốn tìm K để hệ thống có tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 4$, ta nhấp chuột vào vị trí giao điểm của QĐNS với vòng tròn $\omega_n = 4$ (vòng tròn (A)). Chọn giao điểm gần trục ảo (giao điểm M) để giá trị K này làm hệ thống có tính dao động.

Để hệ thống có $\xi = 0.7$ ta nhấp chuột tại vị trí giao điểm (N) của QĐNS với đường thẳng $\xi = 0.7$ (đường thẳng (B)). Ta có thể chọn gần đúng đường thẳng $\xi = 0.68$ như ở trên hình vẽ.

$$\text{Tương tự cho } POT = \exp\left(-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right) = 25\% \Rightarrow \xi = 0.4$$

Với $t_{xl} = \frac{4}{\xi\omega_n} = 4s \Rightarrow \xi\omega_n = 1$. Do đó muốn tìm K để hệ thống có $t_{xl} = 4$ ta nhấp chuột vào vị trí giao điểm (P) của QĐNS với đường thẳng $\xi\omega_n = 1$ (đường thẳng (C)).

III.5. Đánh giá chất lượng của hệ thống:

▪ Mục đích:

Khảo sát đặc tính quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc để tìm độ vọt lố và sai số xác lập của hệ thống.

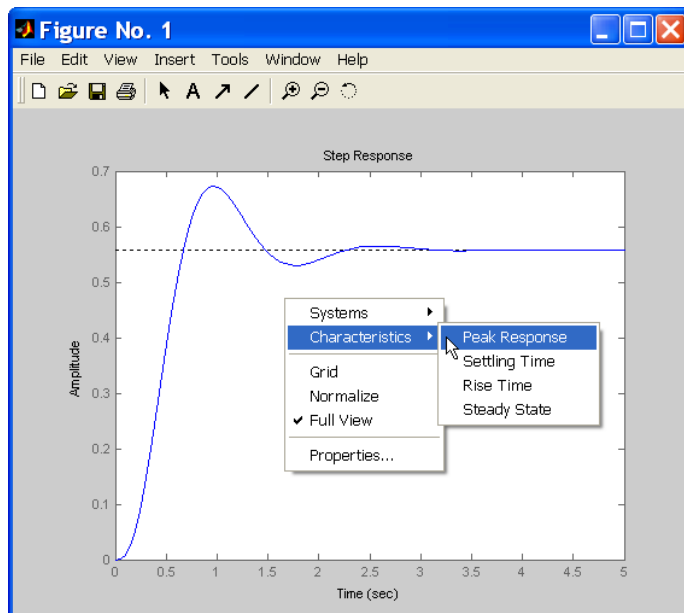
▪ Thí nghiệm:

Với hệ thống như ở phần III.4 :

- Với giá trị $K = K_{gh}$ tìm được ở trên, vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín với đầu vào hàm nấc đơn vị. Kiểm chứng lại đáp ứng ngõ ra có dao động không?
- Với giá trị K tìm được ở câu d. phần III.4, vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín với đầu vào hàm nấc đơn vị trong khoảng thời gian $t = 0 \div 5s$. Từ hình vẽ, tìm độ vọt lố và sai số xác lập của hệ thống. Kiểm chứng lại hệ thống có $POT = 25\%$ không? Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.
- Với giá trị K tìm được ở câu e. phần III.4, vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín với đầu vào hàm nấc đơn vị trong khoảng thời gian $t = 0 \div 5s$. Từ hình vẽ, tìm độ vọt lố và sai số xác lập của hệ thống. Kiểm chứng lại hệ thống có $t_{xl} = 4s$ không? Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.
- Vẽ 2 đáp ứng quá độ ở câu b. và c. trên cùng 1 hình vẽ. Chú thích trên hình vẽ đáp ứng nào là tương ứng với K đó. Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.

▪ Hướng dẫn:

Hàm truyền ở phần III.4 là hàm truyền vòng hở nên trước tiên ta phải chuyển sang hàm truyền vòng kín bằng lệnh **Gk = feedback(426*G,1)** (với $K = K_{gh} = 426$). Để vẽ đáp ứng nấc trong khoảng thời gian $(0, T)$ ta nhập lệnh **step(Gk,T)**.



Đáp ứng quá độ hiển thị như hình vẽ kế bên. Để hiển thị các chú thích về độ vọt lố, thời gian xác lập ta nhấp chuột phải. Một menu hiện ra với:

- Peak Response : tìm POT.
- Settling Time : tìm t_{xl} .
- Rise Time : tìm thời gian lên.

Có thể chọn Grid để dễ dàng cho việc tính toán các giá trị.

Sau khi vẽ xong hình thứ nhất, sử dụng lệnh **hold on** để giữ hình, sau đó nếu tiếp tục vẽ hình thì hình lần sau sẽ không xóa mất hình vẽ thứ nhất.

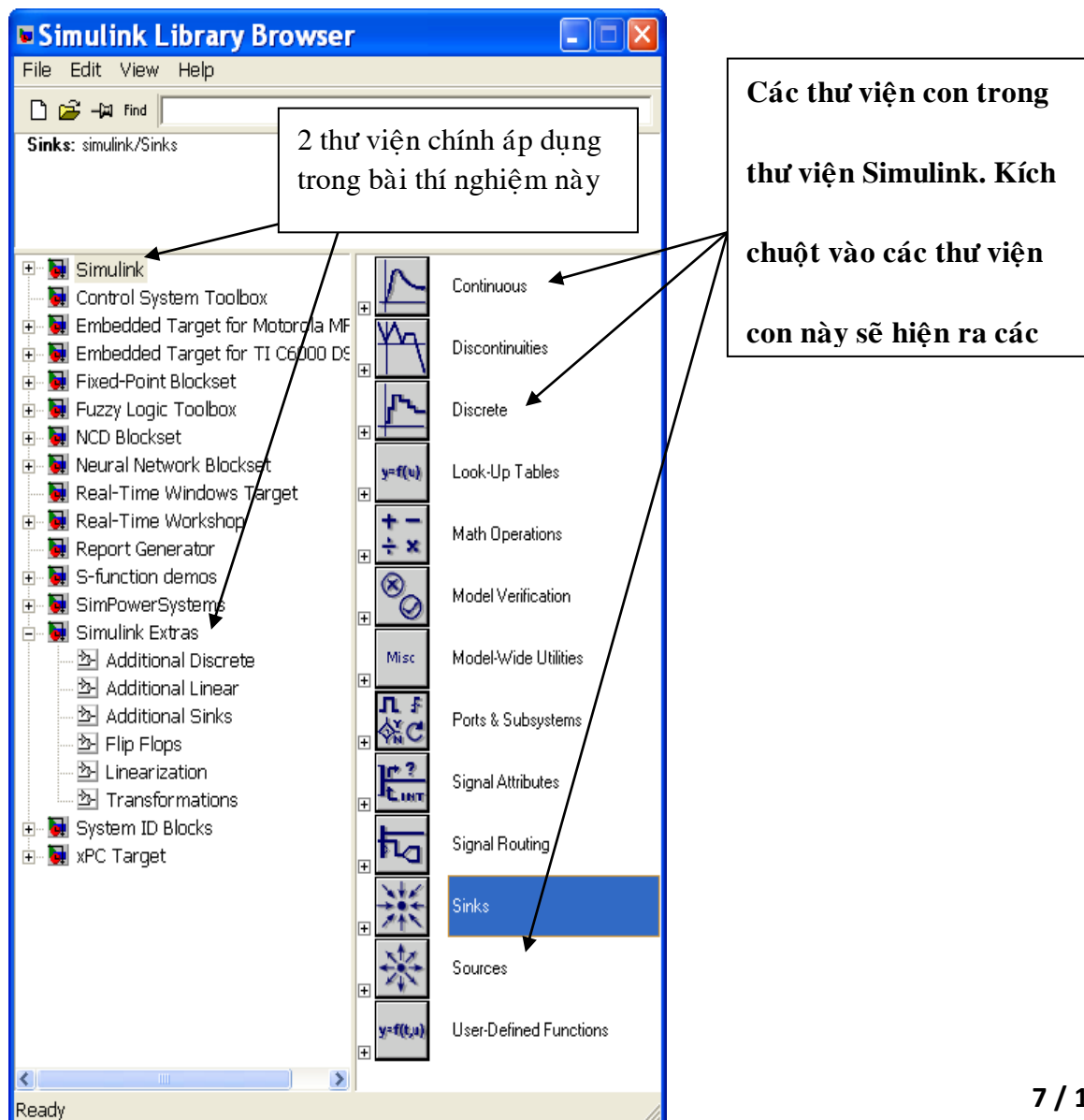
PHẦN B: ỨNG DỤNG SIMULINK MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG

I. MỤC ĐÍCH :

SIMULINK là một công cụ rất mạnh của Matlab để xây dựng các mô hình một cách trực quan và dễ hiểu. Để mô tả hay xây dựng hệ thống ta chỉ cần liên kết các khối có sẵn trong thư viện của SIMULINK lại với nhau. Sau đó, tiến hành mô phỏng hệ thống để xem xét ảnh hưởng của bộ điều khiển đến đáp ứng quá độ của hệ thống và đánh giá chất lượng hệ thống.



II. CHUẨN BỊ :

Để thực hiện các yêu cầu trong bài thí nghiệm này, sinh viên cần phải chuẩn bị kỹ và hiểu rõ các khối cơ bản cần thiết trong thư viện của SIMULINK. Sau khi khởi động Matlab 6.5, ta gõ lệnh **simulink** hoặc nhấn vào nút simulink trên thanh công cụ thì cửa sổ SIMULINK hiện ra:






II.1. Các khối được sử dụng trong bài thí nghiệm:



a. Các khối nguồn – tín hiệu vào (source):

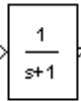

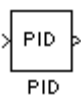
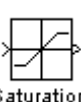
 Step	<p>Khối Step (ở thư viện Simulink \ Sources) có chức năng xuất ra tín hiệu hàm nấc. Double click vào khối này để cài đặt các thông số:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Step time : khoảng thời gian ngõ ra chuyển sang mức Final value kể từ lúc bắt đầu mô phỏng. Cài đặt giá trị này bằng 0. • Initial value : Giá trị ban đầu. Cài đặt bằng 0. • Final value : Giá trị lúc sau. Cài đặt theo giá trị ta muốn tác động tới hệ thống. Nếu là hàm nấc đơn vị thì giá trị này bằng 1. • Sample time : thời gian lấy mẫu. Cài đặt bằng 0.
 Signal Generator	<p>Khối Signal Generator (ở thư viện Simulink \ Sources) là bộ phát tín hiệu xuất ra các tín hiệu sóng sin, sóng vuông, sóng răng cưa và ngẫu nhiên (cài đặt các dạng sóng này trong mục Wave form).</p>

b. Các khối tải – thiết bị khảo sát ngõ ra (sink):

 Mux	<p>Khối Mux (ở thư viện Simulink \ Signals Routing) là bộ ghép kênh nhiều ngõ vào 1 ngõ ra, từ ngõ ra này ta đưa vào Scope để xem nhiều tín hiệu trên cùng một cửa sổ. Double click vào khối này để thay đổi số kênh đầu vào (trong mục Number of inputs)</p>
 Scope	<p>Khối Scope (ở thư viện Simulink \ Sinks) là cửa sổ xem các tín hiệu theo thời gian, tỉ lệ xích của các trục được điều chỉnh tự động để quan sát tín hiệu một cách đầy đủ.</p>
 XY Graph	<p>Khối XY Graph dùng để xem tương quan 2 tín hiệu trong hệ thống (quan sát mặt phẳng pha).</p>

c. Các khối xử lý – khối động học :

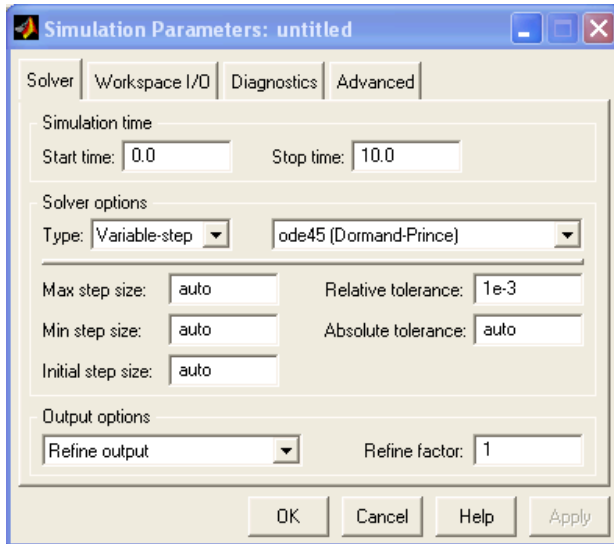
 Sum	<p>Khối Sum (ở thư viện Simulink \ Math Operations) là bộ tổng (cộng hay trừ) các tín hiệu, thường dùng để lấy hiệu số của tín hiệu đặt với tín hiệu phản hồi. Double click để thay đổi dấu của bộ tổng.</p>
 Gain	<p>Khối Gain (ở thư viện Simulink \ Math Operations) là bộ tỉ lệ. Tín hiệu sau khi qua khối này sẽ được nhân với giá trị Gain. Double click để thay đổi giá trị độ lợi Gain.</p>

 <p>Transfer Fcn</p>	<p>Khối Transfer Fcn (ở thư viện Simulink \ Continuous) là hàm truyền của hệ tuyến tính. Double click để thay đổi bậc và các hệ số của hàm truyền. Cài đặt các thông số:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Numerator : các hệ số của đa thức tử số ▪ Denominator : các hệ số của đa thức mẫu số
 <p>Relay</p>	<p>Khối Relay (ở thư viện Simulink \ Discontinuities) là bộ điều khiển rơle 2 vị trí có trễ (còn gọi là bộ điều khiển ON-OFF). Các thông số :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Switch on point : nếu tín hiệu đầu vào lớn hơn giá trị này thì ngõ ra của khối Relay lên mức 'on' ▪ Switch off point : nếu tín hiệu đầu vào nhỏ hơn giá trị này thì ngõ ra của khối Relay xuống mức 'off' ▪ Output when on : giá trị của ngõ ra khi ở mức 'on' ▪ Output when off : giá trị của ngõ ra khi ở mức 'off' <p>Nếu tín hiệu đầu vào nằm trong khoảng (Switch on point, Switch off point) thì giá trị ngõ ra giữ nguyên không đổi.</p>
 <p>PID Controller</p>	<p>Khối PID controller (ở thư viện Simulink Extras \ Additional Linear) là bộ điều khiển PID với hàm truyền</p> $PID(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$ <ul style="list-style-type: none"> ▪ K_p : hệ số tỉ lệ (proportional term) ▪ K_I : hệ số tích phân (integral term) ▪ K_D : hệ số vi phân (derivative term)
 <p>Saturation</p>	<p>Khối Saturation (ở thư viện Simulink \ Discontinuities) là một khâu bão hòa. Các thông số cài đặt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Upper limit : giới hạn trên. Nếu giá trị đầu vào lớn hơn Upper limit thì ngõ ra luôn bằng giá trị Upper limit ▪ Lower limit : giới hạn dưới. Nếu giá trị đầu vào nhỏ hơn Lower limit thì ngõ ra luôn bằng giá trị Lower limit <p>Khâu bão hoà dùng để thể hiện giới hạn biên độ của các tín hiệu trong thực tế như : áp ra cực đại của bộ điều khiển đặt vào đối tượng, áp nguồn...</p>

II.2. Các bước tiến hành để xây dựng một ứng dụng mới trong SIMULINK:

- Sau khi khởi động Matlab, gõ lệnh **simulink** hoặc nhấn vào nút simulink trên thanh công cụ thì cửa sổ SIMULINK hiện ra (như ở hình vẽ Trang 1)
- Trong cửa sổ SIMULINK, vào menu **File / New** để mở cửa sổ cho một ứng dụng mới. Kích chuột vào các thư viện đã giới thiệu ở mục **II.1** để chọn khối cần tìm. Kích chuột trái vào khối này, sau đó kéo và thả vào cửa sổ ứng dụng vừa mới tạo ra. Double click vào khối này để cài đặt và thay đổi các thông số.
- Có thể nhân số lượng các khối bằng cách dùng chức năng **Copy** và **Paste**. Kích chuột trái nối các ngõ vào / ra của các khối để hình thành sơ đồ hệ thống.

- Có thể dời một hoặc nhiều khối từ vị trí này đến vị trí khác bằng cách nhấp chuột để chọn các khối đó và kéo đến vị trí mới. Dùng phím **Delete** để xóa các phần không cần thiết hay bị sai khi chọn.
- Có thể viết chú thích trong cửa sổ ứng dụng bằng cách double click vào một vị trí trống và gõ câu chú thích vào. Vào menu **Format / Font** để thay đổi kiểu chữ.
- Như vậy, mô hình hệ thống đã xây dựng xong. Bây giờ tiến hành mô phỏng hệ thống bằng cách vào menu **Simulation / Simulation Parameters** để cài đặt các thông số mô phỏng. Cửa sổ **Simulation Parameters** hiện ra như sau:



- Start time : thời điểm bắt đầu mô phỏng. Mặc định chọn bằng 0.
- Stop time : thời điểm kết thúc mô phỏng. Giá trị này chọn theo đặc tính của hệ thống. Nếu hệ thống có thời hằng lớn thì giá trị **Stop time** cũng phải lớn để quan sát hết thời gian quá độ của hệ thống.
- Các thông số còn lại chọn mặc định như ở hình vẽ bên.

- Chạy mô phỏng bằng cách vào menu **Simulation / Start**. Khi thời gian mô phỏng bằng giá trị **Stop time** thì quá trình mô phỏng dừng lại. Trong quá trình mô phỏng, nếu ta muốn dừng nửa chừng thì vào menu **Simulation / Stop**.

III. THÍ NGHIỆM:

III.1. Khảo sát mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ:

III.1.a. Khảo sát hệ hở, nhận dạng hệ thống theo mô hình Ziegler-Nichols:

▪ Mục đích:

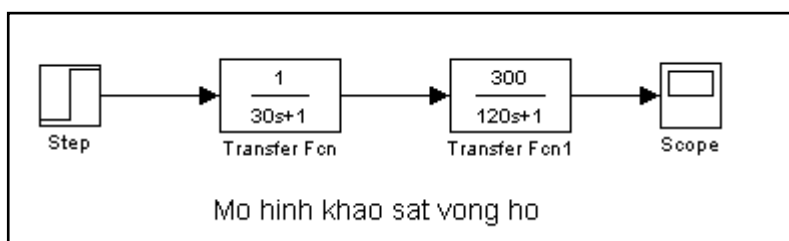
Đặc trưng của lò nhiệt là khâu quán tính nhiệt. Từ khi bắt đầu cung cấp năng lượng đầu vào cho lò nhiệt, nhiệt độ của lò bắt đầu tăng lên từ từ. Để nhiệt độ lò đạt tới giá trị nhiệt độ cần nung thì thường phải mất một khoảng thời gian khá dài. Đây chính là đặc tính quán tính của lò nhiệt. Khi tuyến tính hoá mô hình lò nhiệt, ta xem hàm truyền của lò nhiệt như là một khâu quán tính bậc 2 hoặc như là một khâu quán tính bậc nhất nối tiếp với khâu trễ. Trong bài thí nghiệm này ta xem mô hình lò nhiệt như là một khâu quán tính bậc 2.

Trong phần này, sinh viên sẽ khảo sát khâu quán tính bậc 2 cho trước. Dùng phương pháp Ziegler-Nichols nhận dạng hệ thống sau đó xây dựng lại hàm truyền. So sánh giá trị các thông số trong hàm truyền vừa tìm được với khâu quán tính bậc 2 cho trước này.

Sinh viên tham khảo ở **Bài thí nghiệm 5** để hiểu rõ phương pháp Ziegler-Nichols.

▪ Thí nghiệm:

Dùng SIMULINK xây dựng mô hình hệ thống lò nhiệt vòng hở như sau:



Step : là tín hiệu hàm nấc thể hiện phần trăm công suất cung cấp cho lò nhiệt.

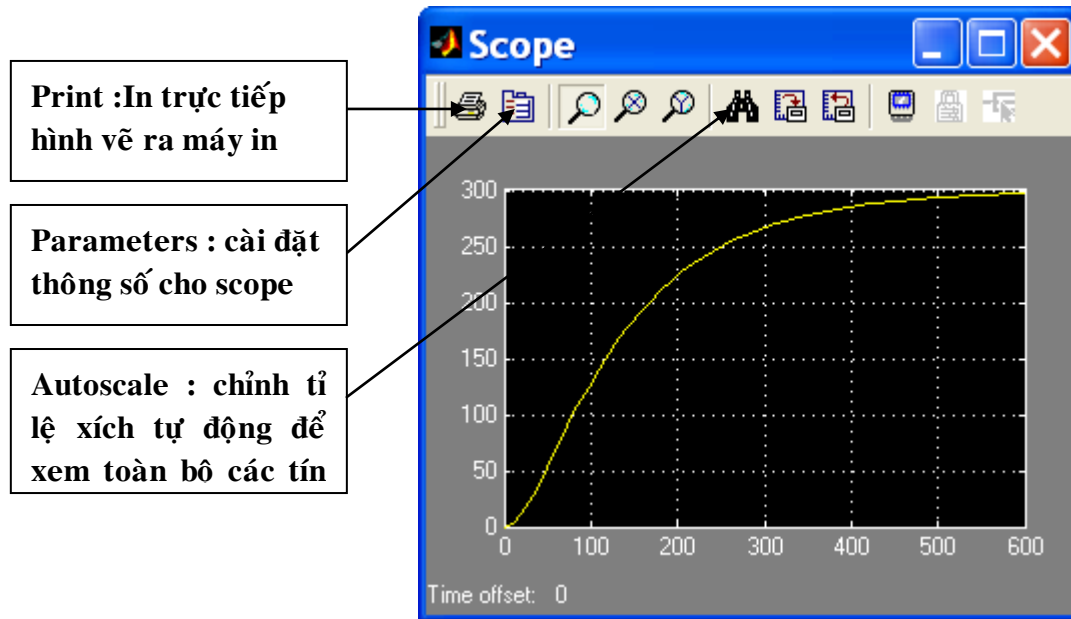
Giá trị của hàm nấc từ 0÷1 tương ứng công suất cung cấp 0%÷100%

Transfer Fcn – Transfer Fcn1 : mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.

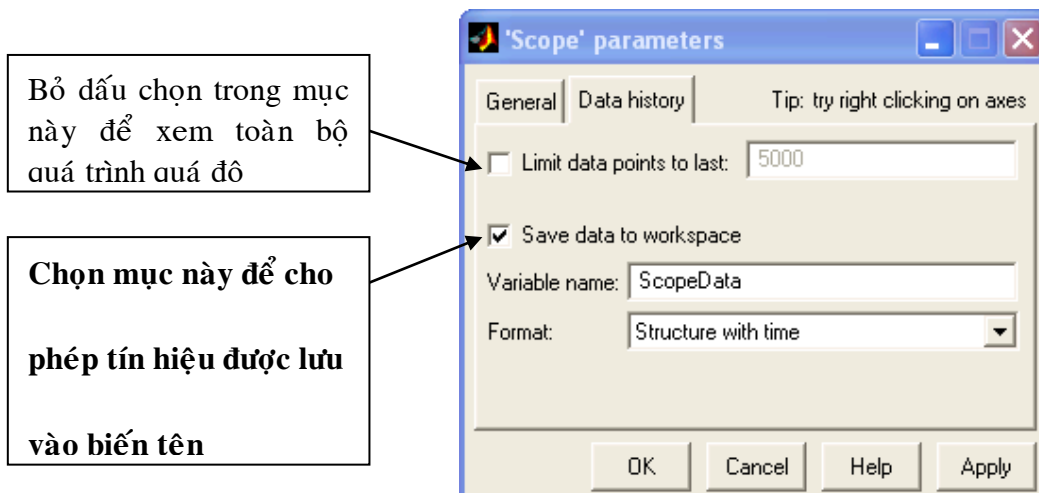
- Chỉnh giá trị của hàm nấc bằng 1 để công suất cung cấp cho lò là 100% (Step time = 0, Initial time = 0, Final time = 1). Chỉnh thời gian mô phỏng **Stop time** = 600s. Mô phỏng và vẽ quá trình quá độ của hệ thống trên.
- Trên hình vẽ ở câu trên, vẽ tiếp tuyến tại điểm uốn để tính thông số L và T theo như hướng dẫn trong **Bài thí nghiệm 5**. Chỉ rõ các giá trị này trên hình vẽ. So sánh giá trị L, T vừa tìm được với giá trị của mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.

▪ **Hướng dẫn:**

Sau khi chạy xong mô phỏng, để xem quá trình quá độ của tín hiệu ta double click vào khối **Scope**. Cửa sổ Scope hiện ra như sau:



Vì cửa sổ Scope chỉ có thể xem đáp ứng hoặc in trực tiếp ra máy in nhưng không lưu hình vẽ thành file *.bmp được nên ta phải chuyển **Scope** này sang cửa sổ **Figure** để lưu. Thực hiện điều này bằng cách nhấp chuột vào ô **Parameters**. Cửa sổ **Parameters** hiện ra, nhấp chuột vào trang **Data history** và tiến hành cài đặt các thông số như hình bên dưới:

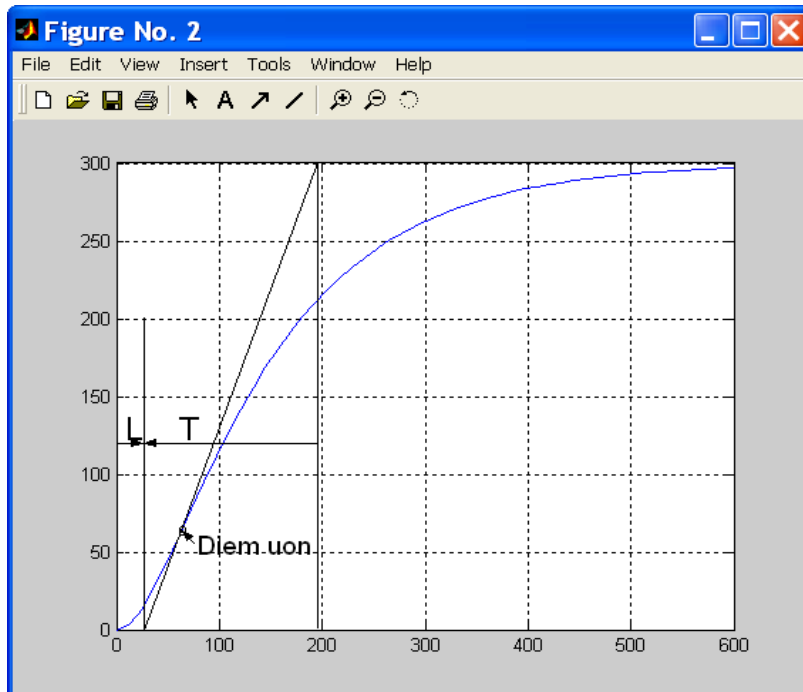


Tiến hành chạy mô phỏng lại để tín hiệu lưu vào biến ScopeData. Chú ý nếu sau khi khai báo mà không tiến hành chạy mô phỏng lại thì tín hiệu sẽ không lưu vào biến ScopeData mặc dù trên cửa sổ Scope vẫn có hình vẽ.

Sau đó, vào cửa sổ **Command Window** nhập lệnh sau:

```
>> plot(ScopeData.time, ScopeData.signals.values)    %vẽ đáp ứng
>> grid on                                           %kẻ lưới
```

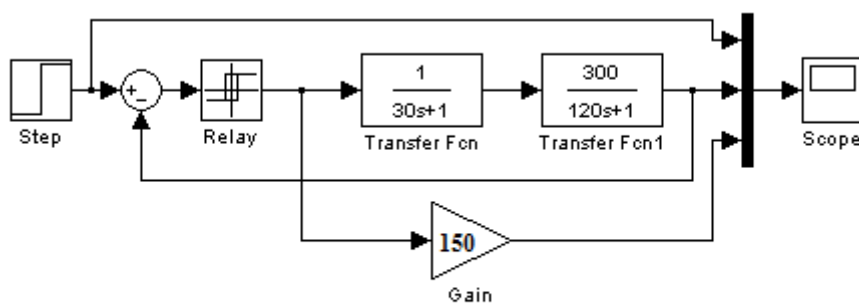
Lúc này cửa sổ **Figure** hiện ra với hình vẽ giống như hình vẽ ở cửa sổ **Scope**. Vào menu **Insert/ Line, Insert/ Text** để tiến hành kẻ tiếp tuyến và chú thích cho hình vẽ. Kết quả cuối cùng như hình bên dưới :



Vào menu [File]→[Export] để lưu thành file *.bmp như ở **Bài thí nghiệm 1**.

III.1.b. Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ ON-OFF:

- **Mục đích:**
Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ ON-OFF, xét ảnh hưởng của khâu trễ có trễ.
- **Thí nghiệm:**
Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ ON-OFF như sau:



Mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ ON-OFF

Trong đó:

- Tín hiệu đặt đầu vào hàm bậc u(t) = 100 (nhiệt độ đặt 100°C)
- Khối **Relay** là bộ điều khiển ON-OFF.
- Giá trị độ lợi ở khối Gain = 150 dùng để khuếch đại tín hiệu ngõ ra khối **Relay** để quan sát cho rõ. Lưu ý rằng giá trị này không làm thay đổi cấu trúc của hệ thống mà chỉ hỗ trợ việc quan sát tín hiệu.

- a. Chính thời gian mô phỏng **Stop time** = 600s để quan sát được 5 chu kỳ điều khiển. Khảo sát quá trình quá độ của hệ thống với các giá trị của khâu **Relay** theo bảng sau:

Vùng trễ (Switch on /off point)	Ngõ ra cao (Output when on)	Ngõ ra thấp (Output when off)
+1 / -1	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+5 / -5	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+10 / -10	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+20 / -20	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)

- b. Tính sai số ngõ ra so với tín hiệu đặt và thời gian đóng ngắt ứng với các trường hợp của khâu **Relay** ở câu **a** theo bảng sau:

Vùng trễ	$\Delta e1$	$-\Delta e2$	Chu kỳ đóng ngắt (s)
+1 / -1			
+5 / -5			
+10 / -10			
+20 / -20			

Nhận xét sự ảnh hưởng của vùng trễ đến sai số ngõ ra và chu kỳ đóng ngắt của khâu **Relay** (khoảng thời gian ngõ ra khâu **Relay** thay đổi 1 chu kỳ).

- c. Lưu quá trình quá độ của trường hợp vùng trễ (+5 / -5) để viết báo cáo. Trên hình vẽ chỉ rõ 2 sai số $+\Delta e1$ / $-\Delta e2$ quanh giá trị đặt và chu kỳ đóng ngắt.
- d. Để sai số của ngõ ra xấp xỉ bằng 0 thì ta thay đổi giá trị vùng trễ bằng bao nhiêu? Chu kỳ đóng ngắt lúc này thay đổi như thế nào? Trong thực tế, ta thực hiện bộ điều khiển ON-OFF như vậy có được không? Tại sao? Vùng trễ lựa chọn bằng bao nhiêu là hợp lý. Hãy giải thích sự lựa chọn này.

▪ **Hướng dẫn:**

Khi điều khiển ON-OFF, ngõ ra của hệ thống có dạng dao động quanh giá trị đặt, sai số của nó được đánh giá qua biên độ của sai lệch nhiệt độ: $\Delta e = \text{Đặt} - \text{Phản hồi}$ khi hệ thống có dao động ổn định. Báo cáo hai giá trị sai lệch dương $+\Delta e_1$ (lớn hơn) và âm $-\Delta e_2$ (nhỏ hơn) so với tín hiệu đặt.

Giá trị vùng trễ phải lựa chọn sao cho dung hòa sai số ngõ ra và chu kỳ đóng ngắt. Nếu vùng trễ nhỏ thì sai số ngõ ra nhỏ nhưng chu kỳ đóng ngắt sẽ tăng lên làm giảm tuổi thọ bộ điều khiển ON-OFF.

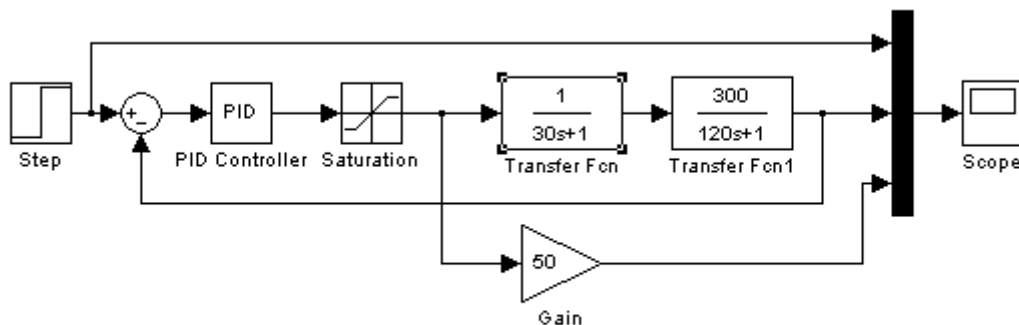
III.1.c. Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ dùng phương pháp Ziegler-Nichols (điều khiển PID):

▪ **Mục đích:**

Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ dùng bộ điều khiển PID, các thông số của bộ PID được tính theo phương pháp Ziegler-Nichols. Từ đó so sánh chất lượng của hệ thống ở 2 bộ điều khiển PID với bộ điều khiển ON-OFF.

▪ **Thí nghiệm:**

Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ PID như sau:



Mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ PID

Trong đó:

- Tín hiệu đặt đầu vào hàm nấc $u(t) = 100$ (tượng trưng nhiệt độ đặt 100°C)
- Khâu bảo hòa **Saturation** có giới hạn là **upper limit** = 1, **lower limit** = 0 (tượng trưng ngõ ra bộ điều khiển có công suất cung cấp từ 0% đến 100%).
- Bộ điều khiển PID có các thông số cần tính toán.
- **Transfer Fcn – Transfer Fcn1** : mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.

- a. Tính giá trị các thông số K_P , K_I , K_D của khâu PID theo phương pháp Ziegler-Nichols từ thông số L và T tìm được ở phần **III.1.a**.
- b. Chạy mô phỏng và lưu đáp ứng của các tín hiệu ở Scope để viết báo cáo. Có thể chọn lại **Stop time** cho phù hợp. Trong hình vẽ phải chú thích rõ tên các tín hiệu.
- c. Nhận xét về chất lượng ngõ ra ở 2 phương pháp điều khiển PID và ON-OFF.

▪ **Hướng dẫn:**

Cách tính các thông số K_P , K_I , K_D của khâu PID theo phương pháp Ziegler-Nichols như sau:

$$PID(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

Với:

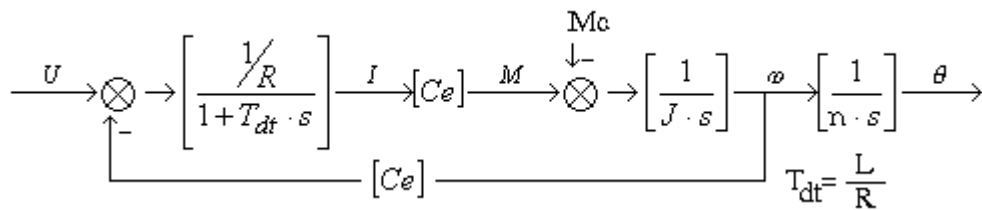
$$K_p = \frac{1.2T}{LK} \quad K_I = \frac{K_p}{2L}, \quad K_D = 0.5K_p L$$

Trong đó L, T, K là các giá trị đã tìm được ở phần **III.1.a**. Chú ý, giá trị K đã cho trước ở mô hình hàm truyền lò nhiệt K = 300.

III.2. Khảo sát mô hình điều khiển tốc độ, vị trí động cơ DC:

Trong phần này, sinh viên tìm hiểu cách xây dựng mô hình động cơ từ hàm truyền mô tả động cơ DC. Sau đó, khảo sát mô hình điều khiển tốc độ và vị trí động cơ DC với bộ điều khiển PID.

Sinh viên tham khảo **Bài thí nghiệm 4** để biết rõ phương trình mô tả động cơ DC. Từ phương trình mô tả động cơ, ta có sơ đồ khối biểu diễn mô hình động cơ DC như sau:



Trong đó:

- Phần ứng : $R = 1\Omega$, $L = 0.03H \Rightarrow T_{dt} = 0.03s$.
- C_e : hằng số điện từ, $C_e = 0.2 \text{ V.s / rad}$
- M : Momen động cơ, M_c : momen cản
- U : giá trị điện áp đặt vào động cơ
- J : momen quán tính của các phần chuyển động, $J = 0.02 \text{ kgm/s}^2$
- ω : tốc độ quay của động cơ (rad /s)
- θ : vị trí góc quay của động cơ (rad)
- n : tỉ số truyền, trong khảo sát: $n = 10$.

Với điều kiện không tải thì $M_c = 0$, thu gọn sơ đồ khối trở thành :

$$\rightarrow \left[\frac{333.4}{(s+31.2)(s+2.14)} \right] \xrightarrow{\omega} \left[\frac{1}{10s} \right] \xrightarrow{\theta}$$

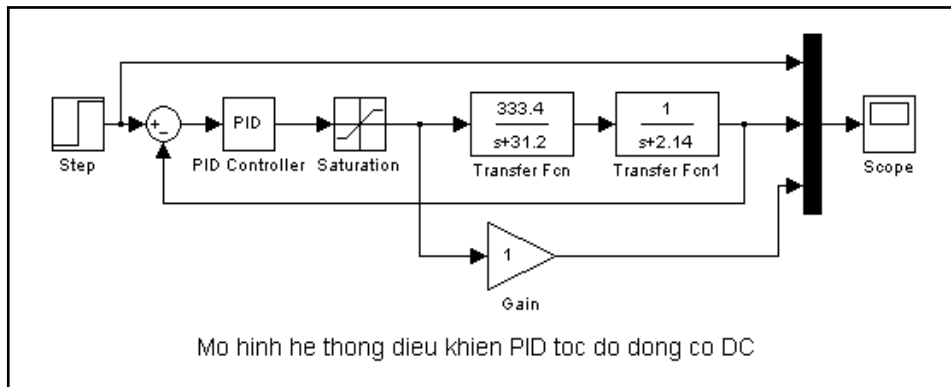
III.2.a. Khảo sát mô hình điều khiển tốc độ động cơ DC:

▪ Mục đích:

Trong phần này, sinh viên sẽ xây dựng mô hình điều khiển tốc độ động cơ DC dùng bộ điều khiển PID có tính đến sự bảo hòa của bộ điều khiển. Khảo sát ảnh hưởng của bộ điều khiển PID đến chất lượng đáp ứng ngõ ra với tín hiệu đầu vào là hàm bậc.

▪ **Thí nghiệm:**

Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển PID tốc độ động cơ DC như sau:



Trong đó:

- Tín hiệu đặt đầu vào hàm nấc $u(t) = 100$ (tương trưng tốc độ đặt 100)
 - Khâu bảo hòa **Saturation** có giới hạn là $+30 / -30$ (tương trưng điện áp cung cấp cho phần ứng động cơ từ $-30V$ đến $+30V$)
 - **Transfer Fcn – Transfer Fcn1** thể hiện mô hình tốc độ động cơ DC.
- a. Chỉnh thời gian mô phỏng **Stop time** = 10s. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển P ($K_I = 0, K_D = 0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_P	1	10	20	50	100
POT					
e_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_P thay đổi. Giải thích.

- b. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PI ($K_P = 2, K_D = 0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_I	0.1	0.5	0.8	1	2
POT					
e_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_I thay đổi. Giải thích. So sánh chất lượng của bộ điều khiển PI với bộ điều khiển P.

- c. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PID ($K_P = 2, K_I = 2$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_D	0.1	0.2	0.5	1	2
POT					
e_{xl}					

t_{xl}					
----------	--	--	--	--	--

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_D thay đổi. Giải thích. So sánh chất lượng của bộ điều khiển PID với bộ điều khiển P, PI.

d. Nhận xét ảnh hưởng của các khâu P, I, D lên chất lượng của hệ thống.

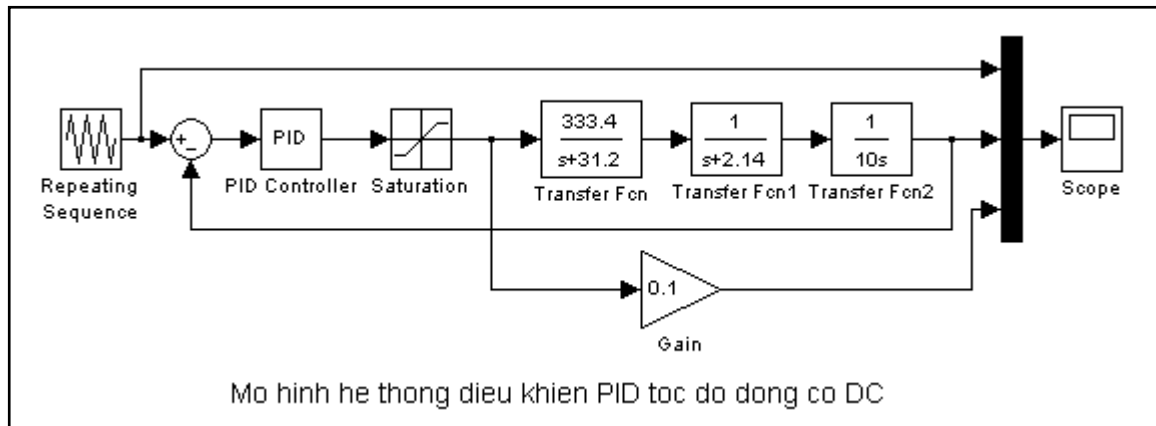
III.2.b. Khảo sát mô hình điều khiển vị trí động cơ DC :

▪ Mục đích:

Trong phần này, sinh viên sẽ xây dựng mô hình điều khiển vị trí động cơ DC dùng bộ điều khiển PID có tính đến sự bão hòa của bộ điều khiển. Khảo sát ảnh hưởng của bộ điều khiển PID đến đáp ứng ngõ ra với tín hiệu đầu vào là hàm dcos.

▪ Thí nghiệm:

Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển PID vị trí độ động cơ DC như sau:



Trong đó:

- Tín hiệu đặt đầu vào hàm dcos có biên độ = 10, tần số 0.1Hz (tương trưng vị trí đặt thay đổi theo dạng sóng tam giác)
- Khâu bão hòa **Saturation** có giới hạn là +30 / -30
- **Transfer Fcn – Transfer Fcn1 – Transfer Fcn2** thể hiện mô hình vị trí động cơ DC.

a. Chính thời gian mô phỏng **Stop time** = 50s. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển P ($K_I = 0$, $K_D = 0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_P	1	10	20	50	100
POT					
e_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_P thay đổi. Giải thích.

- b. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PI ($K_P = 2$, $K_D = 0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_I	0.1	0.5	0.8	1	2
POT					
e_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_I thay đổi. Giải thích. So sánh chất lượng của bộ điều khiển PI với bộ điều khiển P.

- c. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PID ($K_P = 2$, $K_I = 1$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_D	0.1	0.2	0.5	0.8	1
POT					
e_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_D thay đổi. Giải thích. So sánh chất lượng của bộ điều khiển PID với bộ điều khiển P, PI.

- d. Nhận xét ảnh hưởng của các khâu P, I, D lên chất lượng của hệ thống.

▪ Hướng dẫn:

Khối **Repeating Sequence** (ở thư viện **Simulink \ Sources**) là khối phát tín hiệu lặp lại. Tùy theo giá trị lập trình mà nó có thể phát ra tín hiệu xung vuông, tam giác hay răng cưa với biên độ và tần số thay đổi được. Double-click vào khối **Repeating Sequence** để cài đặt xung tam giác biên độ bằng 10, tần số 0.1Hz như sau:

