

BÀI THÍ NGHIỆM 2

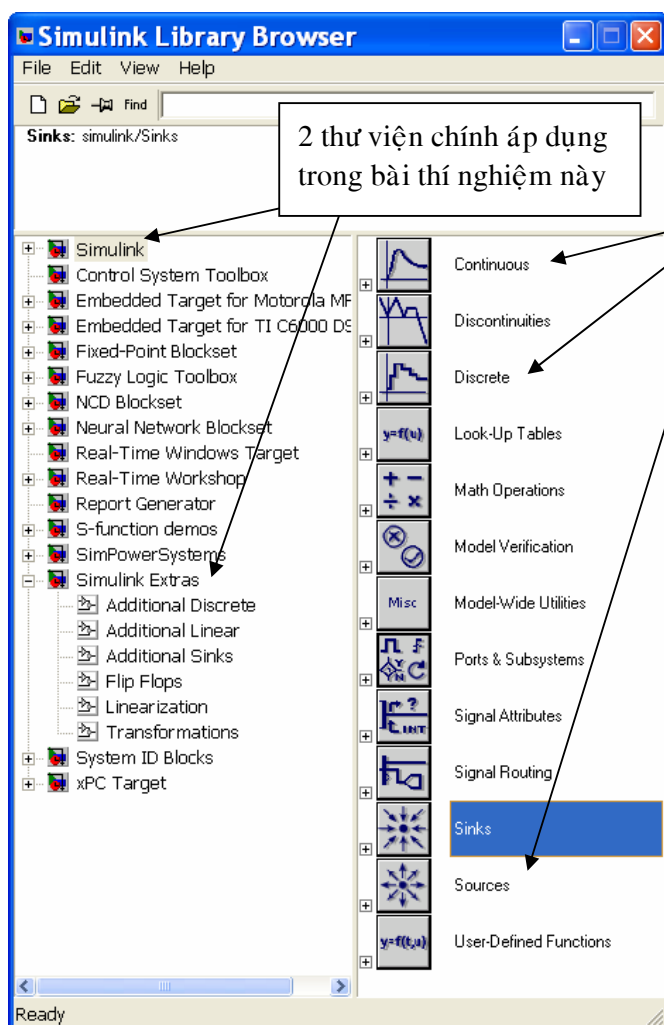
ỨNG DỤNG SIMULINK MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG

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>

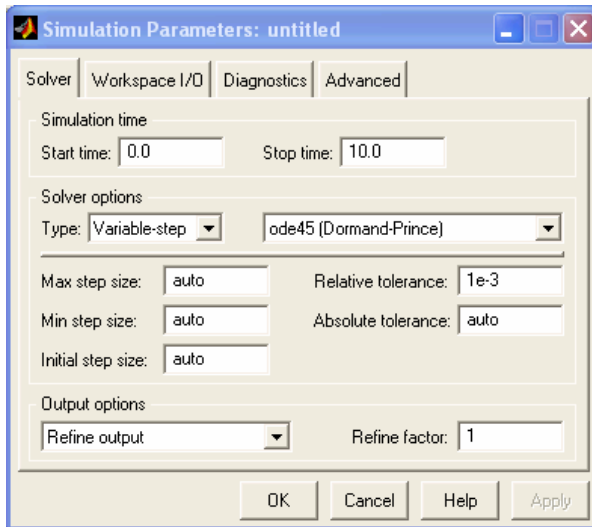
c. Các khối xử lý – khối động học :

 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>
 Transfer Fcn	<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 $PID(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$</p> <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 kế 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:

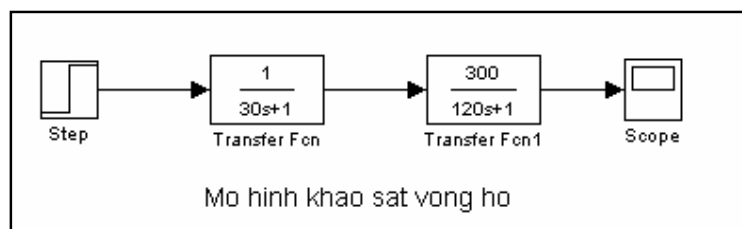
Đặc trưng của lò nhiệt là khâu quán tính nhiệt. Từ khi bắt đầu cung cấp năng lượng đầu vào cho lò nhiệt, nhiệt độ của lò bắt đầu tăng lên từ từ. Để nhiệt độ lò đạt tới giá trị nhiệt độ cần nung thì thường phải mất một khoảng thời gian khá dài. Đây chính là đặc tính quán tính của lò nhiệt. Khi tuyến tính 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.

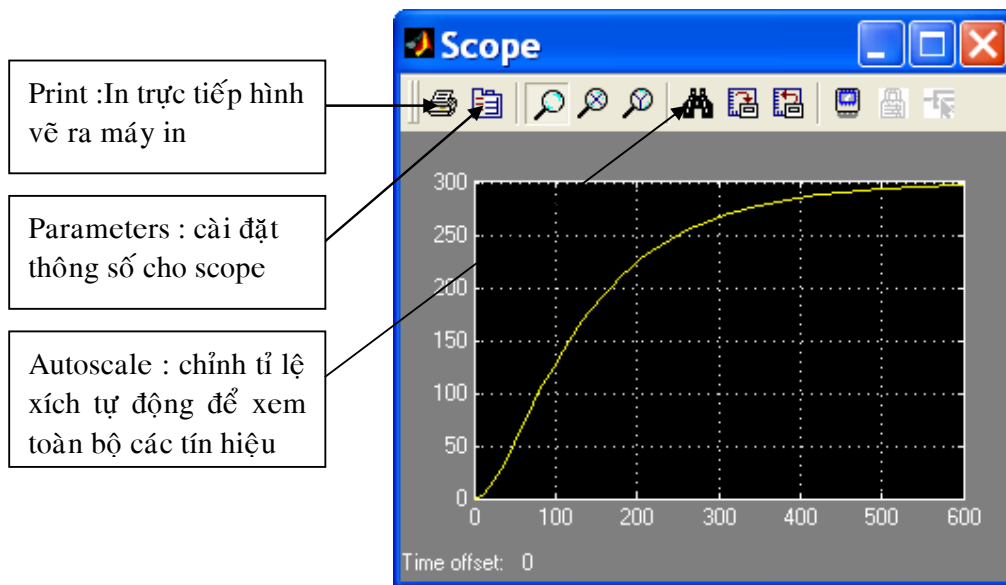
Giá trị của hàm nấc từ 0÷1 tương ứng công suất cung cấp 0%÷100%

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

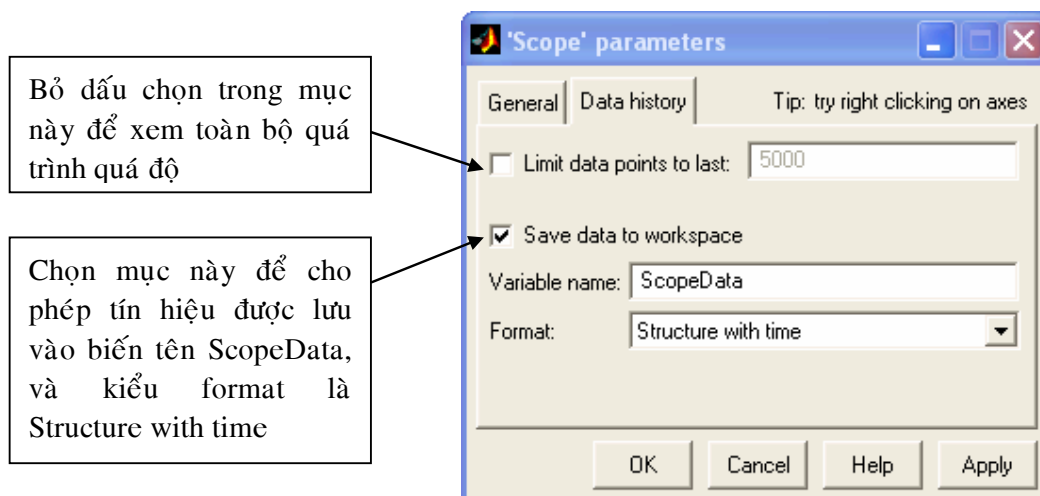
- Chỉnh giá trị của hàm nấc bằng 1 để công suất cung cấp cho lò là 100% (Step time = 0, Initial time = 0, Final time = 1). Chỉnh thời gian mô phỏng **Stop time** = 600s. Mô phỏng và vẽ quá trình quá độ của hệ thống trên.
- Trên hình vẽ ở câu trên, vẽ tiếp tuyến tại điểm uốn để tính thông số L và T theo 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:

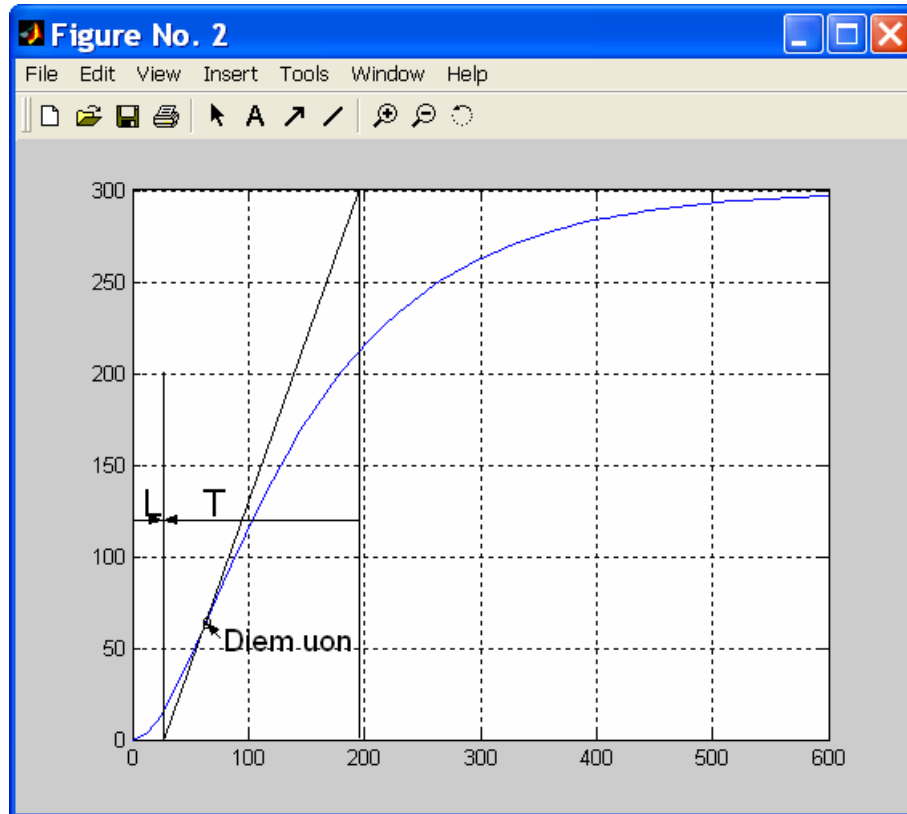


Tiến hành chạy mô phỏng lại để tín hiệu lưu vào biến ScopeData. Chú ý nếu sau khi khai báo mà không tiến hành chạy mô phỏng lại thì tín hiệu sẽ không lưu vào biến ScopeData mặc dù trên cửa sổ Scope vẫn có hình vẽ.

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

```
>> plot(ScopeData.time, ScopeData.signals.values)    %ve dap ung  
>> grid on                                           %ke luoi
```

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**.

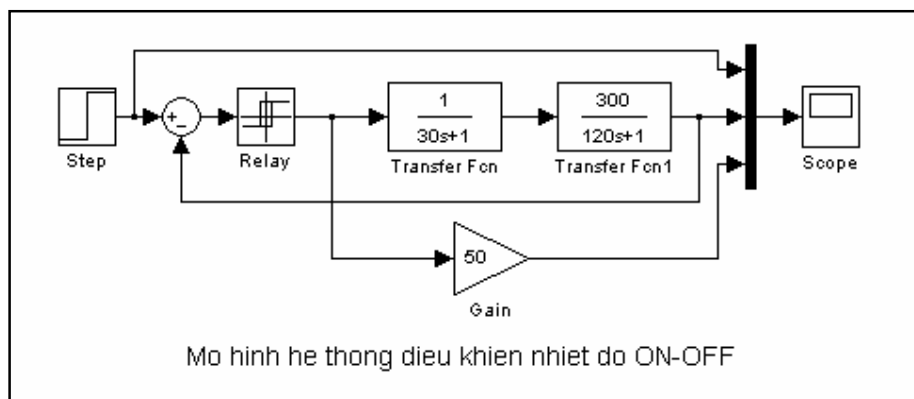
III.1.b. Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ ON-OFF:

- **Mục đích:**

Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ ON-OFF, xét ảnh hưởng của khâu rơle có trễ.

- **Thí nghiệm:**

Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ ON-OFF như sau:



Trong đó:

- Tín hiệu đặt đầu vào hàm nấc $u(t) = 100$ (nhiệt độ đặt 100°C)
- Khối **Relay** là bộ điều khiển ON-OFF.
- Giá trị độ lợi ở khối Gain = 50 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. Chỉnh 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 $+\Delta e1$ (lớn hơn) và âm $-\Delta e2$ (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.

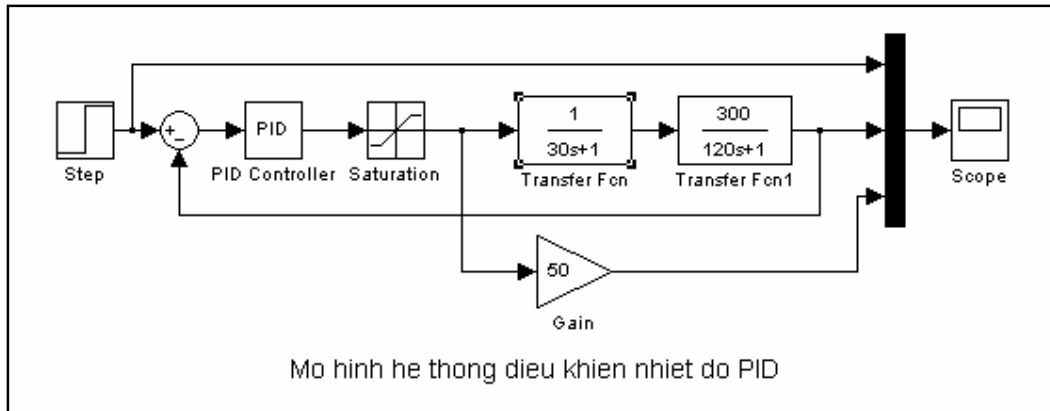
III.1.c. Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ dùng phương pháp Ziegler-Nichols (điều khiển PID):

▪ 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:



Trong đó:

- Tín hiệu đặt đầu vào hàm nấc $u(t) = 100$ (tương trưng nhiệt độ đặt 100°C)
 - Khâu bảo hòa **Saturation** có giới hạn là **upper limit** = 1, **lower limit** = 0 (tương 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:

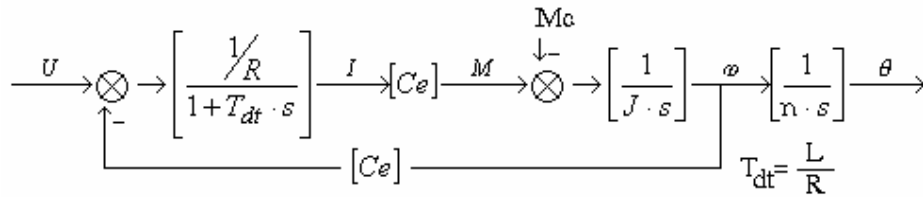
$$K_P = \frac{1.2T}{LK}, \quad K_I = \frac{K_P}{2L}, \quad K_D = 0.5K_P L$$

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.

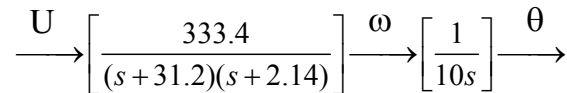
Sinh viên tham khảo **Bài thí nghiệm 4** để biết rõ phương trình mô tả động cơ DC. Từ phương trình mô tả động cơ, ta có sơ đồ khối biểu diễn mô hình động cơ DC như sau:



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 :



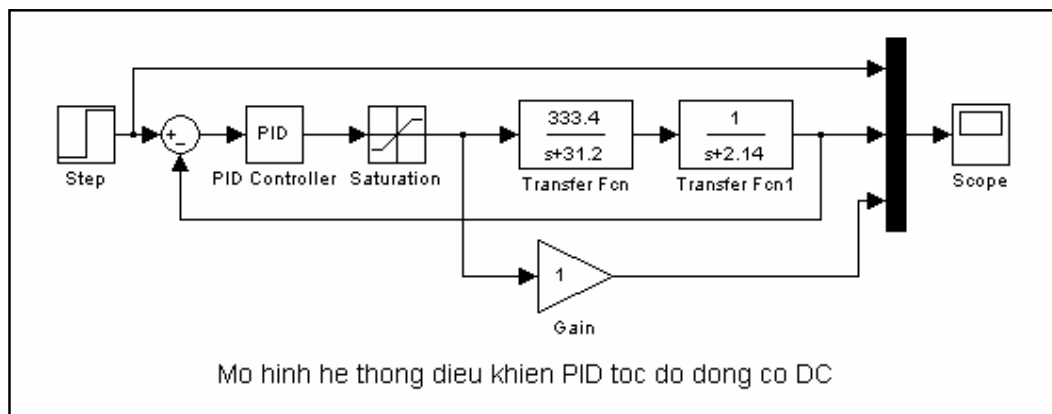
III.2.a. Khảo sát mô hình điều khiển tốc độ động cơ DC:

▪ 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 bão 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 nấc.

▪ 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. Chính 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.

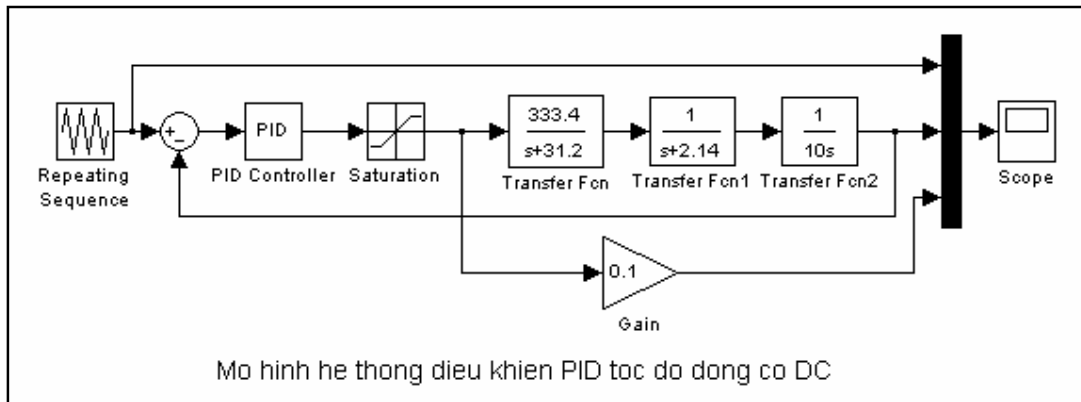
III.2.b. Khảo sát mô hình điều khiển vị trí động cơ DC :

▪ 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 bảo 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 dốc.

▪ Thí nghiệm:

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



Trong đó:

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

- a. Chỉn 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_{kl}					
----------	--	--	--	--	--

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:

