

BÀI THÍ NGHIỆM 3 : ỨNG DỤNG SIMULINK MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

I- MỤC ĐÍCH :

Làm quen với SIMULINK là một công cụ (tool) trực quan của phần mềm MatLAB dùng để mô phỏng hệ thống điều khiển tự động. Trong bài thí nghiệm, SV sẽ lần lượt khảo sát mô hình các hệ thống tự động (HT TĐ) quen thuộc: Hệ thống (HT) điều khiển nhiệt độ lò điện, HT điều khiển tốc độ và vị trí sử dụng động cơ một chiều. Các mô hình đã được xây dựng sẵn, SV cần phải thay đổi đặc tính HT hay thông số khảo sát theo hướng dẫn để tìm ra thông số tối ưu của bộ hiệu chỉnh hay đánh giá được tính chất của HT TĐ như trong bài thí nghiệm này.

II- GIỚI THIỆU SIMULINK :

Không như các công cụ khác của MatLAB là tập hợp những hàm tính toán làm sẵn để người dùng gọi đến trong chương trình tính toán của mình, SIMULINK gồm những khối trong cửa sổ đồ họa được định nghĩa bằng những ngõ vào/ra và quan hệ của chúng trong miền thời gian, tương ứng với các phần tử cơ bản trong hệ thống tự động. Người dùng có thể kéo thả (drag & drop) các khối này giữa các cửa sổ, dùng chuột nối các ngõ vào/ra để tạo thành mô hình của hệ thống cần khảo sát. Như vậy SIMULINK mô tả hệ thống dưới dạng sơ đồ khối trong khi MatLAB sử dụng mô hình toán học.

Nhưng nếu sơ đồ khối là khởi đầu của nhiều phương pháp khảo sát hệ thống khác nhau, SIMULINK chỉ cho phép ta *mô phỏng hệ thống (xem đáp ứng của hệ thống) theo thời gian* với đầu vào được chọn và *phân tích một số đặc tính liên quan* – vì công cụ được sử dụng cho việc khảo sát là các phương pháp số để giải phương trình vi phân như EULER, RUNGE – KUTTA, GEAR, ADAMS ... Sơ đồ khối mô tả hệ thống sẽ được chuyển thành hệ phương trình vi phân và giải chúng khi ta ấn vào menu **Simulation / Start**. Cũng vì vậy mà SIMULINK có thể mô phỏng hệ thống bất kỳ: tuyến tính, phi tuyến, liên tục, gián đoạn và hỗn hợp, nó được ứng dụng vào việc kiểm tra các tính toán thiết kế gần đúng hay thiết kế hệ thống theo phương pháp thử và sai. Để quan sát tốt đáp ứng của hệ thống, người sử dụng luôn phải thay đổi tỉ lệ của các tín hiệu và đặt lại trục của đồ thị.

II.1. Các khối của SIMULINK được dùng trong bài thí nghiệm :

a. Khối nguồn – tín hiệu vào (source):

 Step input1	Ngõ vào hàm nấc đơn vị.
 Signal generator	Bộ phát tín hiệu, có thể cung cấp các dạng sin, vuông, tam giác hay gãy khúc (đa giác) có chu kỳ...

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

 Mux	Bộ ghép kênh nhiều ngõ vào, dùng để xem nhiều tín hiệu trên cùng cửa sổ (trên hình vẽ là 3).
--	--

 Auto-Scale Graph	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 đầy đủ. Thông số quan trọng là chu kỳ lấy mẫu S (Sample time), quyết định độ mịn của đồ thị. Nhưng khi tăng S thì số điểm đo N (Storage Points) cũng phải tăng lên khi thời gian thí nghiệm T (Stoptime) của menu Simulation/Parameters lớn, điều kiện cần có là $S * N \geq T$
 XY Graph	Cửa sổ xem tín hiệu XY, xem tương quan hai tín hiệu trong hệ thống (quan sát mặt phẳng pha)

c. Khối xử lý – các khối động học:

 Sum	Bộ cộng (hay trừ) các tín hiệu, thường dùng để lấy hiệu số tín hiệu đặt và phản hồi.
 Relay	Bộ điều khiển rơ le hai vị trí có trễ hay ON - OFF (mạch so sánh Smit tri-gơ)
 PID Controller	Bộ điều khiển PID, hàm truyền: $\frac{y}{x} = K + \frac{K_I}{s} + K_d \cdot s$
 Transfer Fcn	Hàm truyền của hệ tuyến tính: (đang đặt ở dạng quán tính bậc nhất ở Transfer Fcn - có thể nâng bậc đa thức như ở Transfer Fcn1) hay ghép nối tiếp để tạo ra quán tính bậc cao.
 Saturation	Khâu bảo hoà: Thể hiện giới hạn biên độ của các tín hiệu trong thực tế như: - áp nguồn của bộ điều khiển - áp ra cực đại của bộ biến đổi
 Gain	Bộ tỉ lệ, có thể dùng MENU Style/Orientation để định lại chiều tín hiệu (các khối khác của simulink cũng có đặc tính tương tự)

SIMULINK còn có rất nhiều khối khác tương ứng với các phần tử của hệ thống điều khiển tự động không được kể ra ở đây, có thể dùng lệnh *simulink* từ dấu nhắc của MatLAB để mở cửa sổ thư viện của SIMULINK.

Để thay đổi thông số của một khối chỉ cần nhấn đôi (double click) vào hình vẽ khối.

II.2. Menu của cửa sổ SIMULINK:

Một ứng dụng với SIMULINK được đặt trong một cửa sổ của SIMULINK, có **menu** như hình sau:



Hình 1.: Menu của cửa sổ SIMULINK

Cửa sổ này được mở từ dấu nhắc của MatLAB khi gọi một **m file** của SIMULINK hay dùng menu **File / New** của một cửa sổ SIMULINK.

Một số tác vụ quan trọng của menu này là:

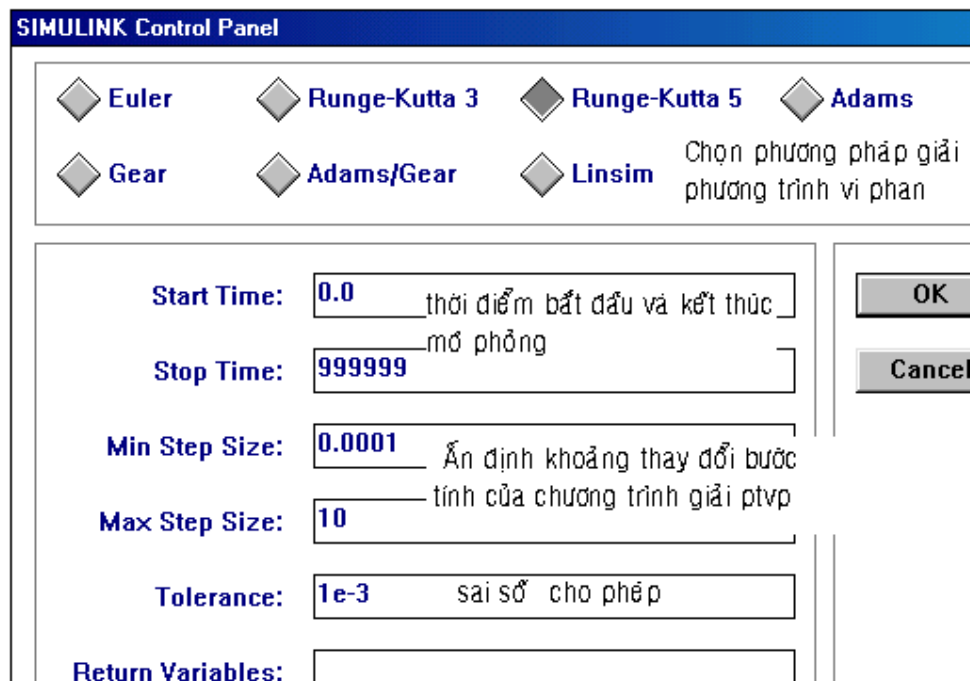
- **File / New**, **File / save**, **File / Save as**, **File / Print** ... quen thuộc của Windows

- **Clipboard / copy**: chép nội dung cửa sổ SIMULINK để dán vào các ứng dụng khác như một đối tượng ảnh thông qua clipboard của Windows.

- **Edit**: menu cắt dán bên trong cửa sổ SIMULINK, dùng cho biên tập nội dung của ứng dụng. Được phép sử dụng các phím nóng của Windows.

- **Options**: Các thao tác đặc biệt với các khối của SIMULINK, đáng chú ý là MASK và UNMASK là hai lệnh dùng để xem bên trong một khối của SIMULINK. Nhấn kép chuột vào một đối tượng đã được UNMASK sẽ thấy bên trong đối tượng này ở dạng sơ đồ khối, nếu không (khi khối đã bị MASKed) ta sẽ nhận được hộp thoại biên tập các thuộc tính chính.

- **Simulation**: Gồm các lệnh điều khiển quá trình mô phỏng (thí nghiệm trên máy tính) như **Start, pause, stop, continue** ... và hộp thoại **Parameters** để thay đổi thuộc tính của việc mô phỏng như hình sau:



Hình 2. Menu thay đổi thông số mô phỏng

- **Style** là menu thay đổi các thuộc tính trình bày như màu, loại của phông chữ, màu nền ... của các khối được chọn (selected - bằng cách bấm chuột vào) hay màu window. Trong đó quan trọng nhất là phông chữ của các câu chú thích, vốn mặc định là phông tiếng Anh.

II.3. Các bước để xây dựng một ứng dụng mới:

- i. Đầu tiên, từ dấu nhắc của MatLAB gọi một ứng dụng của SIMULINK – thường là ứng dụng đang khảo sát, hay thư viện SIMULINK (gõ *simulink*). Trong thí nghiệm này là gọi *tnTools* (thư viện các công cụ cần thiết cho bài thí nghiệm).
- ii. Dùng menu **File / New** để mở cửa sổ cho ứng dụng mới. Bấm chuột trái vào các khối cần thiết để chọn, kéo và thả vào cửa sổ mới này. Có thể nhân số lượng các khối bằng cách: chọn (bấm chuột trái và kéo thành hình chữ nhật bao các đối tượng này), sau đó dùng menu **Edit/Copy** và **Edit/Paste** (hay các phím tắt của **copy, paste**) trong nội bộ cửa sổ. Nhấn chuột trái nối các ngõ vào/ra của các khối để hình thành sơ đồ. Như vậy thao tác xây dựng ứng dụng giống như vẽ sơ đồ điện của Electronic WorkBench.

- iii. Có thể dời hình đã vẽ bằng cách bấm chuột để chọn và kéo đến vị trí mới. Có thể dùng phím **Delete** để xóa các phần không cần thiết hay bị sai sau khi chọn.
- iv. Có thể viết các chú thích cho ứng dụng bằng cách bấm chuột vào một chỗ trống, gõ câu chú thích, sau đó kéo đến vị trí mong muốn như bước iii. và dùng **menu Style** để thay đổi thuộc tính.
- v. Bấm chuột đôi vào các khối để thay đổi thông số cho thích hợp. Vào **menu Simulation / parameters** chọn thông số thích hợp cho quá trình mô phỏng.
- vi. Như vậy ứng dụng đã được xây dựng xong, có thể vào **menu Simulation/Start** để chạy chương trình mô phỏng, xem các kết quả và chỉnh lại các thông số (quay lại các bước từ iii. đến v.) để nhận được kết quả mong muốn.
- vii. Khi các tín hiệu trong **Auto Scale Graph** có biên độ chênh lệch nhiều làm không thể quan sát được tín hiệu có biên độ bé, cần dùng phần tử **Gain** để chỉnh biên độ các tín hiệu trước khi đưa vào bộ **Mux** (ghép kênh) và **Auto Scale Graph** để quan sát.

III- NỘI DUNG THÍ NGHIỆM :

Công việc của bài thí nghiệm là dùng SIMULINK để xây dựng, khảo sát đáp ứng theo thời gian của hai hệ thống sau với các đầu vào khác nhau:

- Khảo sát mô hình HT ổn định nhiệt độ: điều khiển ON – OFF và tuyến tính.
- Khảo sát hệ thống điều khiển vị trí với hiệu chỉnh PD và PID, có và không có vòng tốc độ.

Khi điều khiển tuyến tính, có tính đến sự bảo hoà của các bộ điều khiển để phù hợp với HT thực.

III.0 Khởi động MatLAB và SIMULINK:

- Bấm chuột phải vào **icon MatLAB** trên desktop để khởi động MatLAB.
- Chọn cửa sổ **Command windows**, từ dấu nhắc “>>” của MatLAB gọi **tntools** là cửa sổ chứa các khối cần thiết của bài thí nghiệm để bắt đầu.

A. KHẢO SÁT HỆ THỐNG ỔN ĐỊNH NHIỆT ĐỘ: (Xem phần lý thuyết bài 5 - Khảo sát HT điều khiển nhiệt) Gồm các nội dung:

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

a.Mục đích: Khảo sát khâu quán tính bậc hai, dùng để so sánh với mô hình Ziegler-Nichols (xem bài 5).

Đặc trưng của lò nhiệt các loại là quán tính nhiệt. Từ khi bắt đầu cung cấp năng lượng đầu vào đến khi nhiệt độ chỗ cần nung đạt giá trị xác lập thường mất thời gian khá dài. Khi tuyến tính hóa, người ta thường xem lò nhiệt là khâu quán tính bậc hai hay bậc nhất nối tiếp khâu trễ. Ziegler và Nichols đưa ra một phương pháp để xây dựng hàm truyền lò từ thực nghiệm (xem bài 5).

Công việc của phần này là sử dụng phương pháp Ziegler và Nichols để nhận dạng một hệ thống được mô tả bằng một hàm truyền bậc hai quán tính, so sánh các thông số tìm được với các thông số gốc của hệ thống. Sau đó khảo sát hệ thống vòng kín với các thông số hiệu chỉnh được tính theo phương pháp này.

b.Thí nghiệm: Dùng SIMULINK vẽ quá trình quá độ đầu vào hàm nấc của khâu quán

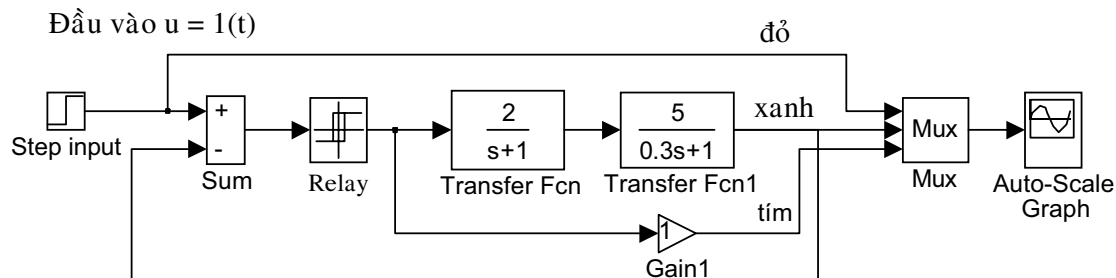
tính bậc hai có thời hằng T_1 và T_2 , so sánh với các thông số L và T của mô hình Ziegler – Nichols:

- từ dấu nhắc “>>” của MatLAB gọi **ndhh** để mở cửa sổ thí nghiệm.
- Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng, quan sát kết quả trên cửa sổ graphic, có thể vào menu **simulation / parameters** chỉnh thông số mô phỏng như thời gian khảo sát (**Stop time**), sai số (**tolerance**) sao cho nhận được đồ thị đầy đủ của quá trình quá độ.
- In quá trình quá độ: bằng menu **file / print** của cửa sổ đồ thị.
- Trên hình vẽ QTQĐ nhận được, vẽ tiếp tuyến tại điểm uốn để tính thông số L và T – theo hướng dẫn trong phần lý thuyết bài 5, phần II.1. Báo cáo kết quả trong mục II.1.b.

III.2 Khảo sát mô hình hệ thống ổn định nhiệt, điều khiển ON – OFF :

a.Mục đích: Khảo sát HT ổn định nhiệt độ điều khiển ON – OFF, xét ảnh hưởng của đặc tính rơ le có trễ. (Xem phần giới thiệu HT ở bài 5)

Mô hình được khảo sát tương tự với HT ổn định nhiệt độ của bài 5 (nhưng với thông số khác). Sơ đồ khối như sau:



Trong đó: - lò nhiệt được biểu diễn bằng hai khâu quán tính nối tiếp Transfer Fcn,

- **Sum** lấy hiệu số tín hiệu đặt và phản hồi.
- **Relay** là khâu rơ le có trễ (Smit trigơ).
- **Mux** là bộ ghép kênh, cho phép cửa sổ đồ thị **Auto – scale Graph** xem được nhiều tín hiệu, Khối Gain1 tỉ lệ tín hiệu ngõ ra Relay để dễ quan sát trên cùng đồ thị.

b.Thí nghiệm:

- đóng các cửa sổ khảo sát hệ thống hở **ndhh** ở mục trên, không **save**.
- từ dấu nhắc “>>” của MatLAB gọi **ndonoff** để mở cửa sổ thí nghiệm mới.
- Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng với thông số bộ điều khiển như trong bảng 1 của phần báo cáo, ghi nhận sai số nhiệt độ. Nên nhớ là để thay đổi thông số một khối của SIMULINK chỉ cần nhấn đôi chuột lên nó.

Cách tính sai số: 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, ghi như sau: $+\Delta e_1 / -\Delta e_2$.

- Dùng menu **file / print** của cửa sổ đồ thị để in quá trình quá độ của **một** trường hợp (chọn trong bốn trường hợp được khảo sát) để báo cáo.

III.3. HT điều khiển nhiệt độ hiệu chỉnh Ziegler Nichols (điều khiển PID):

a.Mục đích: Sử dụng hiệu chỉnh Zigler Nichols cho HT điều khiển nhiệt độ đang khảo sát.

b.Thí nghiệm:

- Tính giá trị của bộ hiệu chỉnh PID theo Ziegler – Nichols từ thông số L và T của câu III.1 (báo cáo ở mục II.1).

Bộ hiệu chỉnh có hàm truyền $PID = K_p + K_i/s + K_d.s$

trong đó $K_p = (1.2 * T) / L$; $K_i = K_p / (2 * L)$; $K_d = 0.5 * K_p * L$

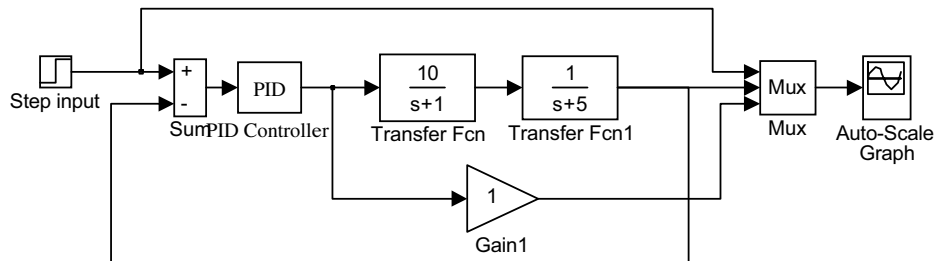
- Thay đổi bộ điều khiển từ ON – OFF sang PID :

+ Bấm chuột trái vào khối rơ le có trễ (điều khiển ON – OFF) trong cửa sổ **ndonoff** để chọn, ấn phím **delete** để bỏ.

+ Bấm chuột trái vào khối PID trong cửa sổ **ntools** để chọn và kéo qua cửa sổ thí nghiệm điều khiển nhiệt **ndonoff** (chỗ đặt đầu tiên cần nằm ngoài phần chung – overlap - với cửa sổ **ntools**), thả chuột ra để làm thao tác **copy**.

+ Tiếp tục bấm chuột trái vào khối PID, **move** đến sơ đồ khối, ở vị trí bộ hiệu chỉnh.

+ Bấm chuột trái vào các chỗ IN hay OUT của khối PID, kéo đến các chỗ IN hay OUT của các khối khác để nối kết tín hiệu, kết quả được sơ đồ SIMULINK như sau:.



Lưu ý trên các dây nối i không được còn các ký hiệu mũi tên không tô, đó là các đầu dây chưa được nối. Khi đó trên giản đồ thời gian sẽ có tín hiệu bằng không.

+ Bấm chuột trái 2 cái (double click) vào khối PID, đặt các thông số K_i (Integral), K_p (Proportional), K_d (Derivative) đã tính được.

+ Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng. Cần chỉnh hệ số **Gain1** để tỉ lệ lại tín hiệu ngõ ra PID sao cho các biên độ tín hiệu quan sát trên Auto-Scale Graph hợp lý. Có thể phải chọn lại **stop time** (trong menu **parameters**) hay **Sample time** (của khối Auto-Scale Graph) để đồ thị QTQĐ có thông số rõ ràng.

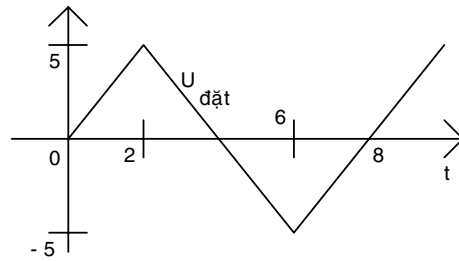
- Dùng menu **file / print** của cửa sổ đồ thị để in quá trình quá độ hệ thống và báo cáo.

B. KHẢO SÁT MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ:

Xem phần lý thuyết bài 4 - Khảo sát HT điều khiển tốc độ và vị trí, để biết rõ hơn về hàm truyền động cơ và truyền động điện.

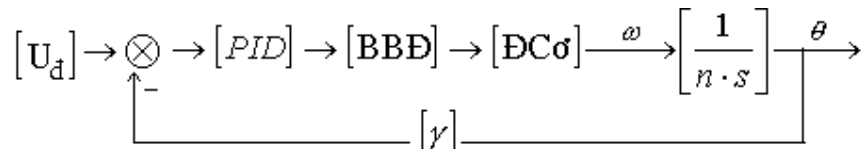
Hệ thống được khảo sát với tín hiệu đặt là hàm nấc và sóng tam giác, cho phép đánh giá chất lượng động học hệ thống với đầu vào hàm nấc và dốc.

Hình vẽ bên cho ta tín hiệu đặt cho thí nghiệm đầu vào hàm dốc: Vị trí đặt theo thời gian có dạng tam giác, dao động quanh hai điểm $+5 / -5$. Tín hiệu đặt này yêu cầu động cơ di chuyển theo chiều thuận với tốc độ không đổi đến khi ngỏ ra vị trí bằng 5 radians, nghĩa là vị trí đặt tăng tuyến tính – hàm dốc. Sau đó quay ngược lại cũng với tốc độ không đổi đến -5 radians tương ứng giảm tuyến tính. Kế tiếp là đảo chiều lại, chạy như đoạn đầu tiên và cứ thế.



III.4. HT điều khiển dùng một khâu hiệu chỉnh PID vị trí:

- Khảo sát mô hình tuyến tính có sơ đồ khối sau:

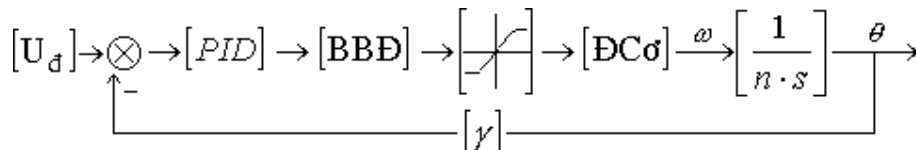


Trong đó: U_d : tín hiệu đặt; PID : bộ hiệu chỉnh PID; BBĐ : bộ biến đổi cung cấp điện áp thay đổi được cho động cơ một chiều kích từ độc lập ĐCƠ; ω , θ : tốc độ trục động cơ và vị trí của tải, quan hệ qua hệ số giảm tốc n ; γ : hệ số phản hồi vị trí.

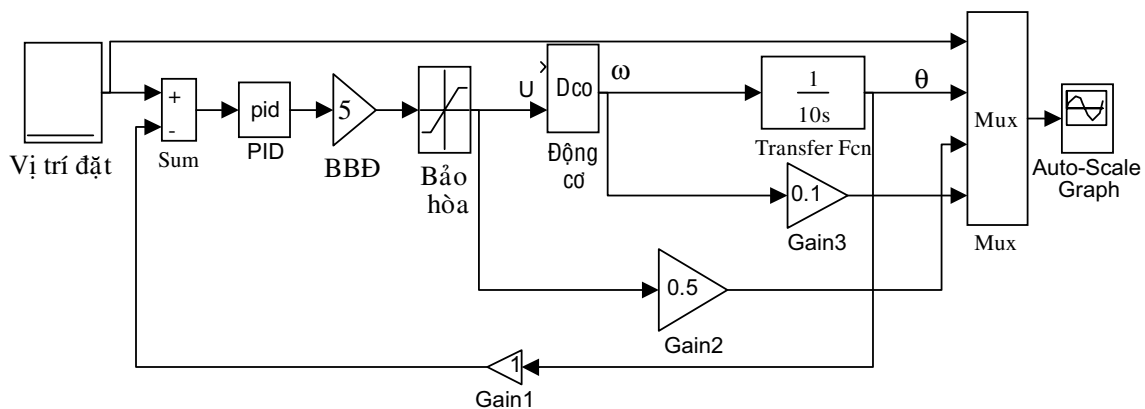
Để ý, khi điều khiển vị trí với đầu vào hàm nấc, tốc độ ω của động cơ sẽ giảm về zero trong trạng thái xác lập, khi mà trục động cơ đã di chuyển đến vị trí mới. Với đầu vào hàm dốc, tốc độ động cơ sẽ là không đổi khi xác lập để có ngỏ ra vị trí tăng (giảm) tuyến tính.

a. Khảo sát HT điều khiển vị trí hiệu chỉnh PD có tính đến sự bảo hòa của bộ biến đổi BBĐ với các ngõ vào khác nhau:

- Khi xét đến sự bảo hòa của bộ điều khiển (khi điện áp đặt vào động cơ bị giới hạn) hệ thống có sơ đồ khối như sau:



Tương ứng với sơ đồ hình sau của SIMULINK :



Trong đó : - Gain1: khối phản hồi vị trí

- Gain2, Gain3: Tỷ lệ các tín hiệu để tiện quan sát trên cùng đồ thị.
- Bộ Biến Đổi cung cấp công suất cho động cơ có mô hình là bộ khuếch đại (ở đây có giá trị $K_{BD} = 5$)

Thí nghiệm:

- Từ dấu nhắc “>>” của MatLAB, gọi **vt** để nạp sơ đồ HT điều khiển vị trí như hình vẽ ở mục III.2.a của phần lý thuyết.

- Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng hệ thống đặt sẵn.

- Dùng menu **file / print** của cửa sổ đồ thị in quá trình quá độ hệ thống có khâu bảo hòa để báo cáo.

- Bấm chuột để **chọn** rồi ấn phím **Delete** để bỏ khâu bảo hòa. Dùng chuột nối mạch để có hệ thống điều khiển tuyến tính, dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng. Cần chỉnh hệ số suy giảm của Gain2 và Gain3 để dễ quan sát, **không in kết quả** chỉ ghi nhận xét theo yêu cầu của phần báo cáo (mục II.4.a).

b. Khảo sát hệ thống khi hiệu chỉnh PD và PID với đầu vào hàm dốc:

- Đóng **vt** và các cửa sổ liên quan đến **vt**, không **save**. Từ dấu nhắc >> của MatLAB gọi **vt** trở lại để có lại hệ thống gốc (có khâu bảo hòa) để thí nghiệm tiếp tục.

- Bấm chuột 2 lần vào khối **Vị trí đặt** để chỉnh lại dạng tín hiệu đặt từ hàm nấc sang tam giác cho thí nghiệm bằng cách vào các thông số polyline như hình bên (để ý các khoảng trống giữa các số).

- Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng hệ thống khi hiệu chỉnh PD.

- Dùng menu **file / print** của cửa sổ đồ thị in quá trình quá độ phục vụ cho báo cáo.

- Ghi nhận sai số điều khiển với tín hiệu vào hàm dốc, so sánh với tính toán lý thuyết:

- Bấm chuột 2 lần vào khối **PID** để mở hộp thoại chỉnh thông số, đổi thành hiệu chỉnh PID:

K_i (Integral) = 48.83 K_p (Proportional) = 29 K_d (Derivative) = 2.913

- Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng hệ thống khi hiệu chỉnh PID.

- Dùng menu **file / print** của cửa sổ đồ thị in quá trình quá độ hệ thống khi hiệu chỉnh PID phục vụ cho báo cáo.

Time values:

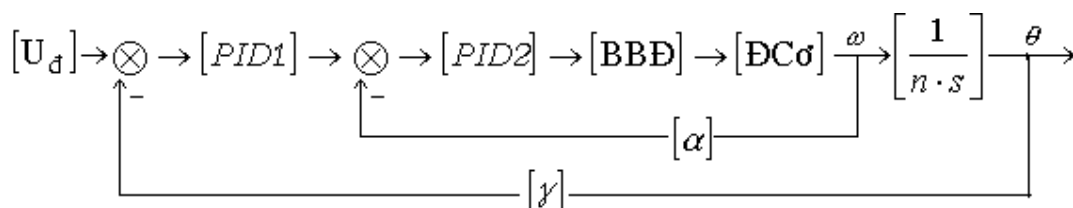
[0 2 6 8]

Output values:

[0 5 -5 0]

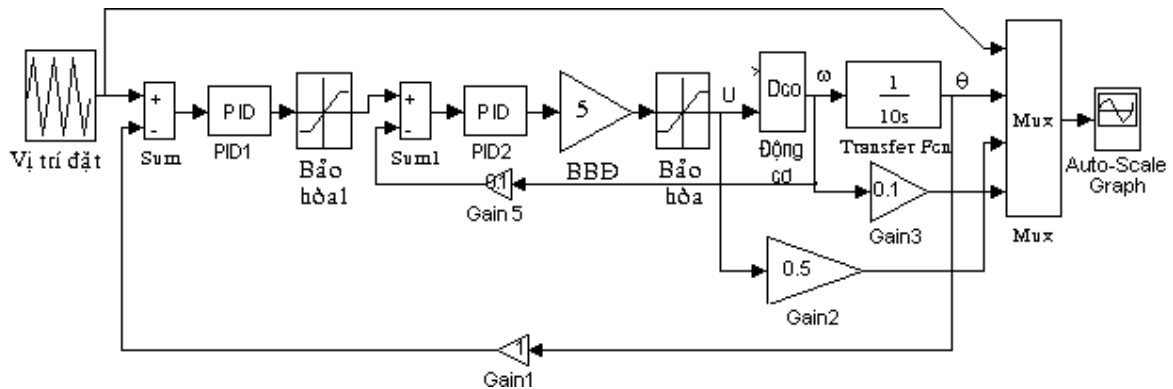
III.5. HT điều khiển dùng hai hiệu chỉnh PID vị trí và tốc độ:

a. Mục đích: Khảo sát HT điều khiển vị trí hiệu chỉnh PID với ngõ vào hàm dốc có



phản hồi tốc độ (hình trên), so sánh với hệ thống không có phản hồi tốc độ (Xem phần lý thuyết ở phụ lục cuối bài). Trong đó, BBD và bộ hiệu chỉnh vòng vị trí PID1 bị bão hòa (giới hạn biên độ), α : hệ số phản hồi tốc độ.

Tương ứng sơ đồ SIMULINK như hình sau:



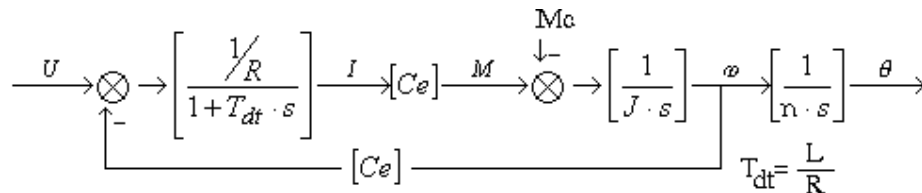
b. Thí nghiệm và báo cáo:

- Từ dấu nhắc “ >> ” của MatLAB, gọi **vt1** để nạp sơ đồ HT điều khiển vị trí như hình vẽ ở mục III.2.b của phần lý thuyết.
- Dùng menu **simulation / start** để chạy mô phỏng hệ thống, chỉnh lại các hệ số tỉ lệ Gain nếu cần.
- So sánh QTQĐ nhận được và kết quả khảo sát phần III.3.b , khi chỉ có một vòng hiệu chỉnh PID vị trí, ghi nhận xét (**không in đồ thị QTQĐ**).

IV- PHỤ LỤC: TÍNH TOÁN HIỆU CHỈNH PID HT ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ

IV.1. Thành lập hàm truyền động cơ một chiều kích từ nam châm vĩ nh cửu (xem bài 4)

Sơ đồ khối của động cơ trong hệ thống điều khiển vị trí:



Trong đó: - Phần ứng : điện trở $R = 1$ ohm, tự cảm $L = 0.03$ henry $\Rightarrow T_{dt} = 0.03$ sec.

- tốc độ xác lập $\omega = 100$ rad/sec ở $I = 4$ A, $U = 24$ V

$\Rightarrow C_e = (24 - 1 \cdot 4) / 100 = 0.2$ V.sec/rad

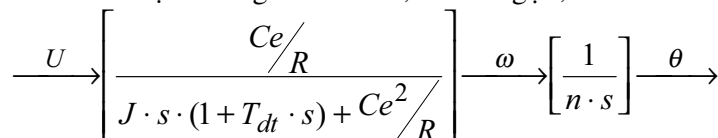
- M : Momen động cơ, M_c : momen cản

- J : momen quán tính của các phần chuyển động, $J = 0.02$ kgm/sec²

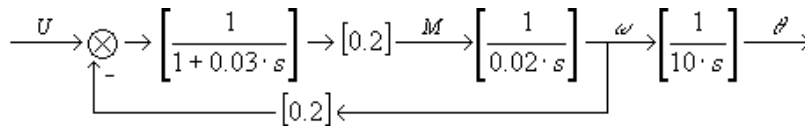
- ω : tốc độ (rad /sec), θ : vị trí (rad),

- n : tỉ số truyền, trong khảo sát: $n = 10$.

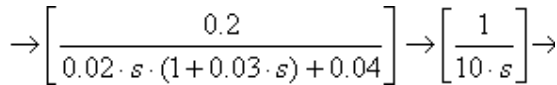
Với điều kiện không tải $M_c = 0$, khi thu gọn, sơ đồ khối trở thành :



Thế số vào có được sơ đồ khối (có trị số):

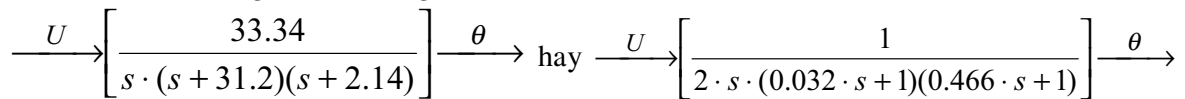


Thu gọn lại:



Giải phương trình đặc trưng, HT có 3 cực:
 $s_1 = -31.1963, s_2 = -2.1370, s_3 = 0$

Biến đổi về dạng tích các tổng:

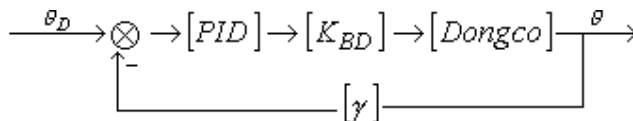


IV.2. Hàm truyền bộ biến đổi :

Một cách gần đúng, bộ biến đổi có hàm truyền là một khâu trễ hay quán tính bậc nhất khi lấy thừa số bậc 1 của khai triển hàm mũ : $H(s) = K_{BD} \cdot e^{T_{BD}s} = \frac{K_{BD}}{(1 + T_{BD} \cdot s)}$, K_{BD} là tỉ số ngõ ra/ ngõ vào bộ biến đổi tính bằng V / V; T_{BD} là chu kỳ điều rộng xung khi bộ biến đổi là bộ điều khiển xung điện áp một chiều hay chu kỳ kích SCR của bộ chỉnh lưu điều khiển pha. Trong bài thí nghiệm, $T_{BD} = 0.001$ sec và $K_{BD} = 5$. Thời hằng này rất bé đối với các thời hằng còn lại nên bị bỏ qua, bộ biến đổi xem như bộ khuếch đại công suất, $K_{BD} = 5$.

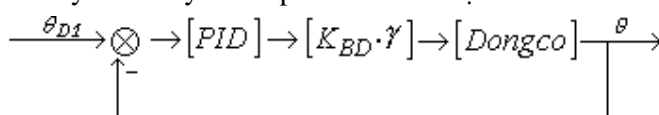
IV.3. Hệ thống điều khiển vị trí 1 – sơ đồ một vòng phản hồi PID :

Sơ đồ khối hệ thống ĐK vị trí có dạng sau khi ta phản hồi vị trí ngõ ra:



với hệ số phản hồi vị trí ra điện áp $\gamma = 1 \text{ V/rad}$, θ_D : là vị trí đặt tính bằng volt.

hay khi chuyển về phản hồi đơn vị :



$\theta_{D1} = \theta_D / \gamma$ là tín hiệu đặt vị trí đã quy đổi ra rad.

PID là hàm truyền hiệu chỉnh, có thể viết dưới hai dạng, dạng tích số thích hợp cho thiết kế trong khi dạng tổng số giúp thực hiện dễ dàng hơn:

$$PID(s) = \frac{(T_a \cdot s + 1)(T_b \cdot s + 1)}{T_i \cdot s} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d \cdot s$$

$$K_d = T_a \cdot T_b / T_i \quad K_i = 1/T_i \quad K_p = (T_a + T_b) / T_i$$

a. *Hiệu chỉnh PD:*

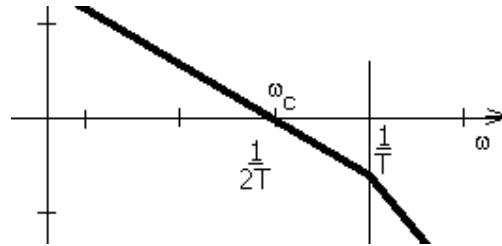
Bộ hiệu chỉnh PD có dạng như sau khi cho $K_i = 0$:

$$PID(s) = \frac{(T_a \cdot s + 1)}{T_i} = K_p + K_d \cdot s \text{ với } K_p = 1/T_i, K_d = T_a/T_i.$$

được thiết kế theo phương pháp khử cực – zero để chuyển hệ thống đã hiệu chỉnh về dạng tối ưu modul là hệ thống phản hồi âm đơn vị, có hàm truyền hệ hở và biểu đồ Bode có dạng vô sai bậc một như sau :

$$W_h(s) = \frac{1}{2 \cdot T \cdot s \cdot (T \cdot s + 1)}$$

HT có dự trữ pha 65° , dự trữ biên là vô cùng. Quá trình quá độ có dạng bậc hai tối hạn, vọt lố POT = 4.3% , thời gian lên 4.7T và thời gian quá độ là 7 T.



Hệ thống có một khâu tích phân nên sai số xác lập bằng không với đầu vào hàm nấc và sai số hằng với đầu vào hàm dốc.

Hàm truyền hở HT điều khiển vị trí viết lại :

$$W = \frac{T_a \cdot s + 1}{T_i \cdot s} \cdot 5 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2 \cdot s \cdot (0.032 \cdot s + 1)(0.466 \cdot s + 1)} \text{ đồng nhất với hàm truyền}$$

tối ưu modul $W \equiv \frac{1}{2 \cdot 0.032 \cdot s \cdot (0.032 \cdot s + 1)}$ với thời hằng cơ bản T = 0.032 sec.

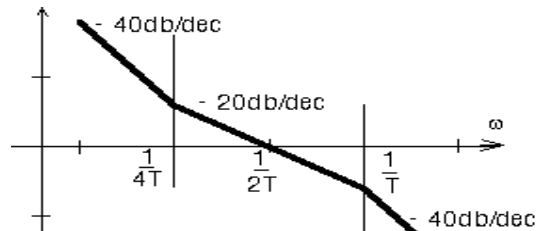
suy ra : $T_a = 0.466$; $T_i = 0.16$. Hay $K_d = 2.913$ $K_p = 6.25$.

b. Hiệu chỉnh PID:

Bộ hiệu chỉnh PID được thiết kế theo phương pháp khử cực – zero để chuyển về dạng tối ưu đối xứng là hệ thống phản hồi âm đơn vị, hàm truyền hệ hở và biểu đồ Bode có dạng vô sai bậc hai như sau :

$$W_h(s) = \frac{(4 \cdot T \cdot s + 1)}{8 \cdot T^2 \cdot s^2 \cdot (T \cdot s + 1)}$$

HT có dự trữ pha 36° , dự trữ biên vô cùng, vọt lố POT = 43% , thời gian lên là 3 T, thời gian quá độ là 14.6 T .



Hệ thống có hai khâu tích phân nên sai số xác lập bằng không với đầu vào hàm nấc và hàm dốc, không có sai số theo tải.

Hàm truyền hở HT điều khiển vị trí viết lại :

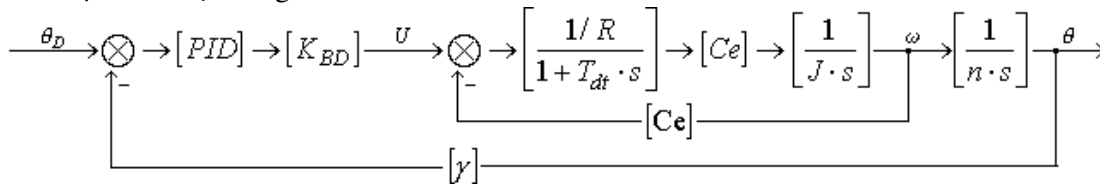
$$W = \frac{(T_a \cdot s + 1)(T_b \cdot s + 1)}{T_i \cdot s} \cdot 5 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2 \cdot s \cdot (0.032 \cdot s + 1)(0.466 \cdot s + 1)} \text{ đồng nhất với hàm truyền}$$

tối ưu đối xứng $W \equiv \frac{(4 \cdot 0.032 \cdot s + 1)}{8 \cdot (0.032)^2 \cdot s^2 \cdot (0.032 \cdot s + 1)}$, thời hằng cơ bản T = 0.032 sec.

suy ra : $T_b = 0.466$; $T_a = 0.128$; $T_i = 0.02048$.

Hay $K_d = 2.913$ $K_i = 48.83$ $K_p = 29$.

Tóm lại ta có hệ thống:



với:

Hiệu chỉnh PID: - Trường hợp a: $K_d = 2.913$ $K_p = 6.25$ cho ra hệ thống tối ưu môđun
 - Trường hợp b: $K_d = 2.913$ $K_i = 48.83$ $K_p = 29$ cho ra hệ thống tối ưu đối xứng.

Hệ số khuếch đại BBĐ: $K_{BD} = 5$ (V/V). Hằng số máy phát tốc: $\gamma = 1$ (V.sec / rad)

Phần ứng: điện trở $R = 1$ (ohm), tự cảm $L = 0.03$ henry $\Rightarrow T_{dt} = 0.03$ sec.

Hằng số động cơ $C_e = 0.2$ (V.sec/rad)

Momen quán tính của các phần chuyển động: $J = 0.02$ kgm/sec²

Tỉ số truyền: $n = 10$.

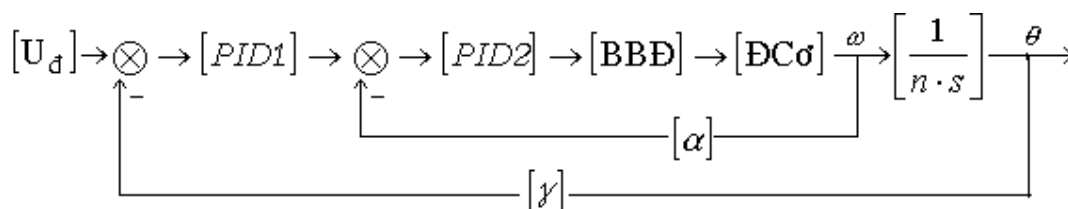
IV.4. Hệ thống điều khiển vị trí 2: sơ đồ hai vòng phản hồi tốc độ và vị trí.

Về nguyên tắc, ta không cần phản hồi tốc độ khi điều khiển vị trí. Tuy nhiên, có thể hình dung là khi sai lệch vị trí lớn sẽ dẫn đến điện áp đặt vào động cơ lớn làm tăng tốc độ quay. Điều này có thể không tốt đối với một số loại tải. Muốn kiểm soát cả đặc tính tốc độ của hệ thống, người ta dùng hai vòng điều khiển tốc độ và vị trí với hai bộ hiệu chỉnh độc lập. Phương pháp này còn gọi là điều khiển nhiều vòng hay điều khiển tọa độ.

Phương pháp hiệu chỉnh là thực hiện lần lượt tính toán vòng tốc độ rồi vị trí. Ở vòng tốc độ chọn kết quả hiệu chỉnh là không hay ít vọt lố. Các bộ hiệu chỉnh không nhất thiết là đầy đủ PID, ở đây chọn PI.

Cũng có thể hình dung tác dụng của phản hồi tốc độ là cải thiện đặc tính quá độ khi để ý tốc độ là đạo hàm của vị trí.

Thông số hệ thống giống như mục IV.3



Các hệ số phản hồi: tốc độ $\alpha = 0.1$; vị trí $\gamma = 1$;

Hiệu chỉnh PI:

PID1: $T_{a1} = 0.256$; $T_{i1} = 0.033$ hay $K_{i1} = 27.5$; $K_{p1} = 9.81$

PID2: $T_{a2} = 0.466$; $T_{i2} = 0.16$ hay $K_{i2} = 6.25$; $K_{p2} = 2.91$

Hiệu chỉnh này cho ta đặc tính HT có dạng tối ưu đối xứng theo tính toán.