

BÀI THÍ NGHIỆM 1

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 :

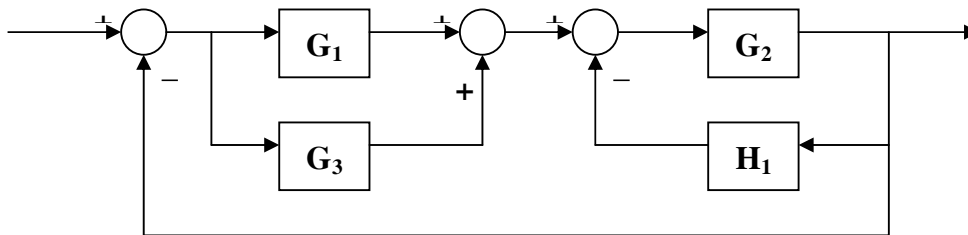
III.1. Tìm hàm truyền tương đương của hệ thống:

- **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 $G1, G2...$ 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.

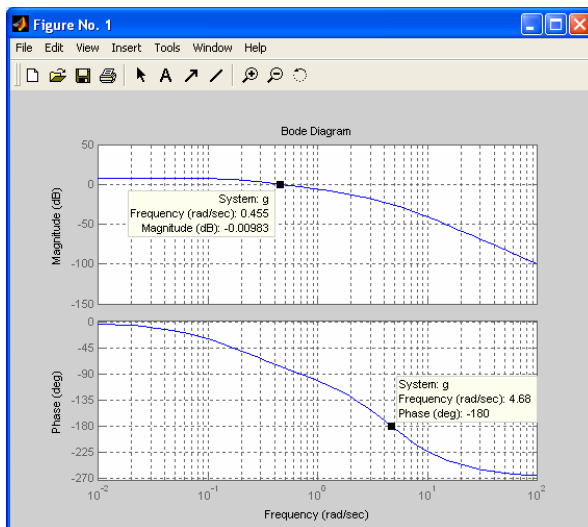
▪ Hướng dẫn:

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**:

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

- a. 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:

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

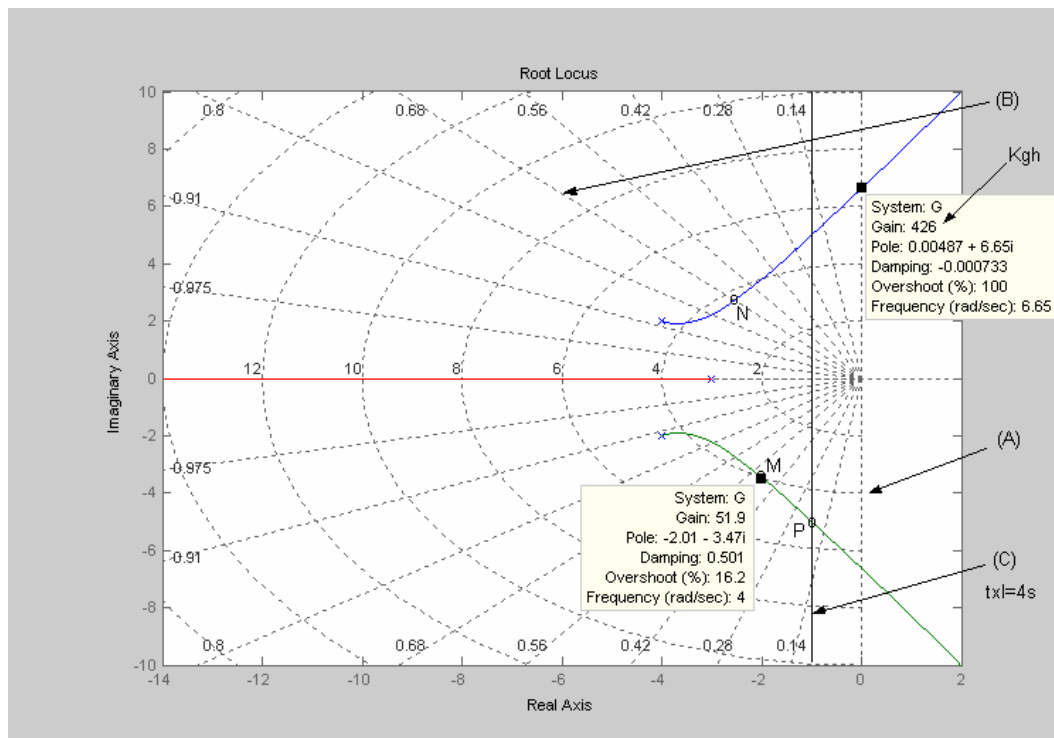
- Vẽ QĐNS của hệ thống. Dựa vào QĐNS, tìm K_{gh} của hệ thống, chỉ rõ giá trị này trên QĐNS. Lưu QĐNS này thành file *.bmp để viết báo cáo.
- Tìm K để hệ thống có tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 4$.
- Tìm K để hệ thống có hệ số tắt $\xi = 0.7$.
- Tìm K để hệ thống có độ vọt lố POT = 25%
- Tìm K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

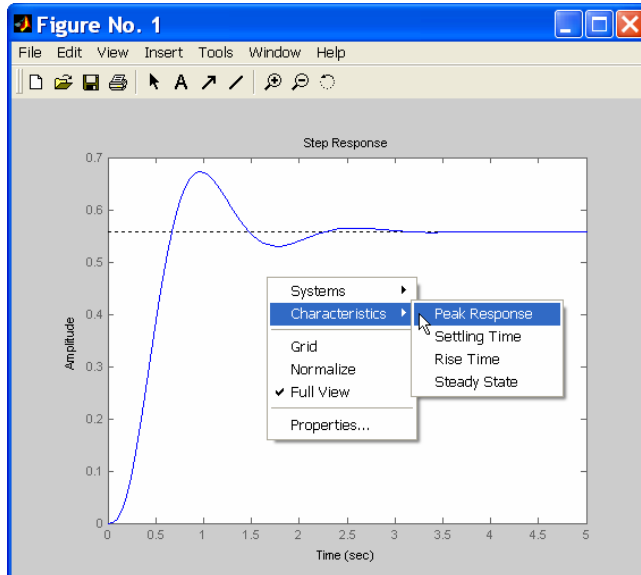
▪ Thí nghiệm:

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(70*G,1)** (với $K = 70$). 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.