VIỆN ĐIỆN Bm ĐKTĐ	ĐỀ THI CUỐI KỲ 20191 Học phần: **Lý thuyết điều khiển tự động I** Mã học phần: **EE3280** Đề thi số: **01** Thời gian làm bài: **90 phút**	**Cán bộ phụ trách học phần** Trịnh Hoàng Minh	**BCN bộ môn duyệt** Nguyễn Thu Hà

Họ tên SV:……………………………….Số hiệu SV:……………………..… Lớp:………………...

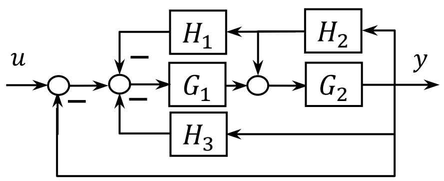
Bài 1 (5 điểm): Cho hệ có sơ đồ khối ở Hình 1.

a. (2đ) Hãy xác định hàm truyền tương đương $G(s)$ của hệ.

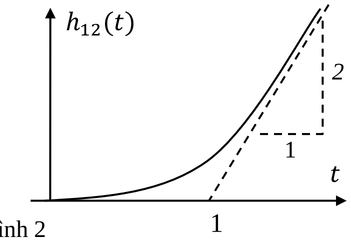
b. (1đ) Cho $H_1 = \frac{s+2}{s^2+2s+1}$, $H_2 = 0$, $H_3 = \frac{s^4+s^3+4s^2-(k/20+1)s}{(s+2)^2}$, $G_1 = G_2 = \frac{s+2}{s+1}$, trong đó k là STT trong danh sách thi. Xác định tính ổn định của hệ.

c. (1đ) Biết rằng $H_2 = H_3 = 0$, H_1 là tùy ý và G_1G_2 là khâu tích phân quán tính bậc nhất có đường đặc tính quá độ $h_{12}(t)$ cho ở hình 2. Hãy xác định hàm quá độ $h(t)$ của hệ kín. Hệ có độ quá điều chỉnh Δh_{max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ bằng bao nhiêu? Tìm sai lệch tĩnh của hệ khi bị kích thích bằng tín hiệu $u(t) = 1(t)$ ở đầu vào.

d. (1đ) Biết rằng $H_2 = H_3 = 0$, H_1 là tùy ý, G_1 là bộ điều khiển PI và G_2 là khâu tích phân quán tính bậc nhất có đường đặc tính quá độ $h_{12}(t)$ cho ở Hình 2. Hãy xác định các tham số của G_1 theo phương pháp tối ưu đối xứng (cho $a = 2$).



Hình 1



Hình 2

Bài 2 (5 điểm): Cho đối tượng điều khiển có mô hình:

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -4 & -1 & -3 \end{pmatrix}\underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}\underline{u};\ y = x_1, \text{ trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

a. (2đ) Hãy kiểm tra tính ổn định, tính điều khiển được và tính quan sát được của đối tượng.

b. (1.5đ) Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái R để hệ kín nhận các giá trị cho trước $s_1 = -3,\ s_2 = -3,\ s_3 = -3$ làm điểm cực.

c. (1đ) Hãy vẽ sơ đồ khối và xác định hàm truyền hệ kín thu được, gồm đối tượng đã cho và bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được. Từ đó chỉ ra rằng bộ điều khiển phản hồi trạng thái đó đã không làm thay đổi được bậc tương đối của đối tượng.

d. (0.5đ) Cho hệ tuyến tính với mô hình $\frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\underline{x} + \underline{u}, \underline{x}(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}, \underline{u}(t) = \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix}$. Tìm tín hiệu điều khiển $\underline{u}(t)$ đưa $\underline{x}(t)$ về gốc tọa độ sau 1s (tức là $\underline{x}(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$).

Lưu ý: Sinh viên được sử dụng tài liệu chuẩn bị trên 2 tờ A4. Nộp đề cùng bài làm.

VIỆN ĐIỆN Bm ĐKTĐ	ĐỀ THI CUỐI KỲ 20191 Học phần: **Lý thuyết điều khiển tự động I** Mã học phần: **EE3280** Đề thi số: **02** Thời gian làm bài: **90 phút**	**Cán bộ phụ trách học phần** Trịnh Hoàng Minh	**BCN bộ môn duyệt** Nguyễn Thu Hà

Họ tên SV:………………………………….Số hiệu SV:……………………… Lớp:………………....

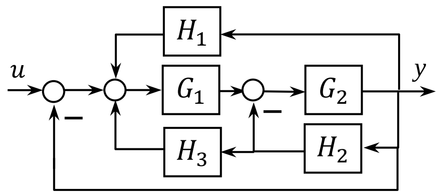
Bài 1 (5 điểm): Cho hệ có sơ đồ khối ở Hình 1.

a. (2đ) Hãy xác định hàm truyền tương đương $G(s)$ của hệ.

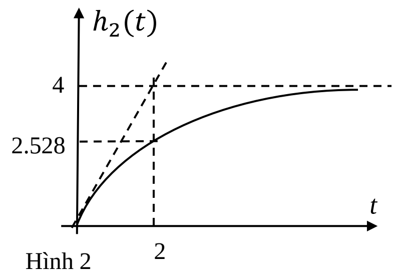
b. (1đ) Cho $H_1 = 1$, $H_2 = 1$, $H_3 = -k/3$, $G_1 = \frac{1}{s(s+2)}$ và $G_2 = \frac{1}{2(s^2+4s+4)}$, trong đó k là STT trong danh sách thi. Xác định tính ổn định của hệ.

c. (1đ) Biết rằng $H_1 = H_2 = 0$, H_3 là tùy ý, $G_1 = \frac{1}{s}$ và G_2 là khâu quán tính bậc nhất có đường đặc tính quá độ $h_2(t)$ cho ở hình 2. Hãy xác định hàm quá độ $h(t)$ của hệ kín. Hệ có độ quá điều chỉnh Δh_{max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ bằng bao nhiêu? Tìm sai lệch tĩnh của hệ khi bị kích thích bằng tín hiệu $u(t) = 1(t)$ ở đầu vào.

d. (1đ) Biết rằng $H_1 = H_2 = 0$, H_3 là tùy ý, G_1 là bộ điều khiển tích phân I và G_2 là khâu quán tính bậc nhất có đường đặc tính quá độ $h_2(t)$ cho ở Hình 2. Hãy xác định các tham số của G_1 theo phương pháp tối ưu độ lớn.



Hình 1



Hình 2

Bài 2 (5 điểm): Cho đối tượng điều khiển có mô hình:

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} -1 & -4 & -2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}\underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}\underline{u};\ y = x_1 + x_2, \text{ trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

a. (2đ) Hãy kiểm tra tính ổn định, tính điều khiển được và tính quan sát được của đối tượng.

b. (1.5đ) Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái R để hệ kín nhận các giá trị cho trước $s_1 = -1,\ s_2 = -4,\ s_3 = -5$ làm điểm cực.

c. (1đ) Hãy vẽ sơ đồ khối và xác định hàm truyền hệ kín thu được, gồm đối tượng đã cho và bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được. Từ đó chỉ ra rằng bộ điều khiển phản hồi trạng thái đó đã không làm thay đổi bậc tương đối của đối tượng.

d. (0.5đ) Cho hệ tuyến tính với mô hình $\frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}\underline{x} + \underline{u}, \underline{x}(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \underline{u}(t) = \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix}$. Tìm tín hiệu điều khiển $\underline{u}(t)$ đưa $\underline{x}(t)$ về gốc tọa độ sau 1s (tức là $\underline{x}(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$).

Lưu ý: Sinh viên được sử dụng tài liệu chuẩn bị trên 2 tờ A4. Nộp đề cùng bài làm.

Đáp án Đề 1

Bài 1:

a. Hàm truyền tương đương của hệ: $G = \frac{G_1G_2}{1-H_2G_2+G_1G_2(H_1H_2+H_3+1)}$

b. Với điều kiện đã cho thì

$$G(s) = \frac{(s+2)^2}{(s+1)^2+(s+2)^2\left(1+\frac{s^4+s^3+4s^2-(k/20+1)s}{(s+2)^2}\right)} = \frac{(s+2)^2}{s^4+s^3+6s^2+(5-k/20)s+5}$$

Đa thức đặc tính: $A(s) = s^4+s^3+6s^2+(5-k/20)s+5$. Đặt $x = k/20$, ta có bảng Routh:

1	6	5
1	$5-x$	
$1+x$	5	
$-(x)(x-4)/(x+1)$	0	
1		

Suy ra điều kiện ổn định: $0 < \mathrm{x} < 4 \Leftrightarrow 0 < k < 80$.

c. Ta có: $G_1G_2 = \frac{2}{s(s+1)} \Rightarrow G(s) = \frac{G_1G_2}{1+G_1G_2} = \frac{2}{s^2+s+2}$. Từ đó suy ra:

$$H(s) = \frac{G(s)}{s} = \frac{2}{s\left(\left(s+\frac{1}{2}\right)^2+\frac{7}{4}\right)} = \frac{1}{s} - \frac{\left(s+\frac{1}{2}\right)+\frac{1}{2}}{\left(s+\frac{1}{2}\right)^2+\frac{7}{4}} \Rightarrow h(t)$$

$$\Rightarrow h(t) = 1(t) - e^{-\frac{t}{2}}\left(\cos\left(\frac{\sqrt{7}}{2}t\right) + \frac{1}{\sqrt{7}}\sin\left(\frac{\sqrt{7}}{2}t\right)\right)1(t)$$

$$k = 1, T = \frac{1}{\sqrt{2}}, D = \frac{\sqrt{2}}{4} \Rightarrow e_\infty = k-1 = 0.$$

$$\Delta h_{\max} = k\exp\left(-\frac{\pi D}{\sqrt{1-D^2}}\right) = e^{-\frac{\pi}{\sqrt{7}}} = 0.305, T_{5\%} = \frac{3T}{D} = 6.$$

d. Với $G_2 = \frac{2}{s(s+1)} \Rightarrow k = 2, T_1 = 1$. Từ đó ta chọn bộ điều khiển PI theo phương pháp tối ưu đối xứng với: $a = 2, k_p = \left(kT_1\sqrt{2}\right)^{-1} = 0.3536, T = aT_1 = 2$.

Bài 2:

a. Hàm truyền của hệ: $G(s) = \frac{s}{1+4s+3s^2+s^3}$. Từ đó suy ra hệ ổn định do các nghiệm của đa thức đặc tính của hệ đều nằm bên trái trục ảo. Ta có:

$$r(B, AB, A^2B) = r\left(\begin{bmatrix}0 & 1 & -3\\ 0 & 0 & 1\\ 1 & -3 & 5\end{bmatrix}\right) = 3, r\left(\begin{bmatrix}C\\ CA\\ CA^2\end{bmatrix}\right) = r\left(\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ -4 & -1 & -3\end{bmatrix}\right) = 3$$

nên hệ điều khiển được và quan sát được theo tiêu chuẩn Kalman.

b. Hệ không ở dạng chuẩn ĐK nên thiết kế theo pp Ackermann ta có:

$$\underline{\eta}^T = [0 \quad 1 \quad 0] \Rightarrow M = \begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix} = M^{-1} \Rightarrow MAM^{-1} = \begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ -4 & -1 & -3\end{bmatrix}$$

Đa thức đặc tính mong muốn: $p_d(s) = s^3+9s^2+27s+27$.

Suy ra bộ ĐK cần tìm: $R = [\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \tilde{a}_2]M + \underline{\eta}^TA^3 = [23 \quad 26 \quad 6]$.

c. Hàm truyền của hệ kín: $G_k(s) = \frac{s}{27+27s+9s^2+s^3}$. Bậc tương đối của hệ kín và hệ ban đầu đều là $r = 3-1 = 2$. Có thể tính r từ công thức: $CA^iB = 0, i = 1, \dots, r-2;\ CA^{r-1}B \neq 0$.

d. Nghiệm của pt trạng thái: $x_i(t) = e^tx_i(0) + e^t\int_0^1 e^{-\tau}u_i(\tau)d\tau$, với $i = 1,2$. Tại $t = 1$, ta cần có $0 = x_i(1) = ex_i(0) + e\int_0^1 e^{-\tau}u_i(\tau)d\tau \Rightarrow -x_i(0) = \int_0^1 e^{-\tau}u_i(\tau)d\tau$. Chọn $u_i(t) = -e^{-t}\left(\int_0^1 e^{-2\tau'}d\tau'\right)^{-1}x_i(0)$ thỏa mãn đề bài.

Đáp án Đề 2

Bài 1:

a. Hàm truyền tương đương của hệ: $G = \frac{G_1G_2}{1+H_2G_2-G_1G_2(H_3H_2+H_1-1)}$

b. Với điều kiện đã cho thì

$$G(s) = \frac{\frac{1}{2s(s+2)^3}}{1+\frac{1}{2(s+2)^2}+\frac{k/3}{2s(s+2)^3}} = \frac{1}{2s(s+2)^3+s(s+2)+k/3}$$

Đa thức đặc tính: $A(s) = 2s(s+2)^3+s(s+2)+k/3 = 2s^4+12s^3+25s^2+18s+k/3$.

Lập bảng Routh:

2	25	$k/3$
12	18	
22	$k/3$	
$18-2k/11$	0	
$k/3$		

Suy ra điều kiện ổn định: $0 < k < 99$.

c. Ta có: $G_2 = \frac{4}{(2s+1)} \Rightarrow G(s) = \frac{G_1G_2}{1+G_1G_2} = \frac{2}{s^2+\frac{s}{2}+2} = \frac{1}{\frac{1}{2}s^2+\frac{s}{4}+1}$. Từ đó suy ra:

$$H(s) = \frac{G(s)}{s} = \frac{2}{s\left(\left(s+\frac{1}{4}\right)^2+\frac{31}{16}\right)} = \frac{1}{s} - \frac{\left(s+\frac{1}{4}\right)+\frac{1}{4}}{\left(s+\frac{1}{4}\right)^2+\frac{31}{16}}$$

$$\Rightarrow h(t) = 1(t) - e^{-\frac{t}{4}}\left(\cos\left(\frac{\sqrt{31}}{4}t\right) + \frac{1}{\sqrt{31}}\sin\left(\frac{\sqrt{31}}{4}t\right)\right)1(t)$$

$$k = 1, T = \frac{1}{\sqrt{2}}, D = \frac{\sqrt{2}}{8} \Rightarrow e_\infty = k-1 = 0;$$

$$\Delta h_{\max} = k\exp\left(-\frac{\pi D}{\sqrt{1-D^2}}\right) = 0.5688, T_{5\%} = \frac{3T}{D} = 12.$$

d. Với $G_2 = \frac{4}{(2s+1)} \Rightarrow k = 4, T = 2$. Từ đó ta chọn bộ điều khiển tích phân I theo phương pháp tối ưu độ lớn với tham số $T_R = \frac{T_I}{k_p} = 2kT = 16$.

Bài 2:

a. Hàm truyền của hệ: $G(s) = \frac{s+s^2}{2+4s+s^2+s^3}$. Từ đó suy ra hệ ổn định do các nghiệm của đa thức đặc tính của hệ đều nằm bên trái trục ảo. Ta có

$$r(B, AB, A^2B) = r\left(\begin{bmatrix}1 & -1 & -3\\ 0 & 1 & -1\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\right) = 3, r\left(\begin{bmatrix}C\\ CA\\ CA^2\end{bmatrix}\right) = r\left(\begin{bmatrix}1 & 1 & 0\\ 0 & -4 & -2\\ -4 & -2 & 0\end{bmatrix}\right) = 3$$

nên hệ điều khiển được và quan sát được theo tiêu chuẩn Kalman.

b. Hệ không ở dạng chuẩn ĐK nên thiết kế theo pp Ackermann ta có:

$$\underline{\eta}^T = [0 \quad 0 \quad 1] \Rightarrow M = \begin{bmatrix}0 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 0\\ 1 & 0 & 0\end{bmatrix} = M^{-1} \Rightarrow MAM^{-1} = \begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ -2 & -4 & -1\end{bmatrix}$$

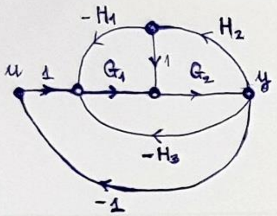
Đa thức đặc tính mong muốn: $p_d(s) = s^3+10s^2+29s+20$.

Suy ra bộ ĐK cần tìm: $R = [\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \tilde{a}_2]M + \underline{\eta}^TA^3 = [9 \quad 25 \quad 18]$.

c. Hàm truyền của hệ kín: $G_k(s) = \frac{s+s^2}{20+29s+10s^2+s^3}$. Bậc tương đối của hệ kín và hệ ban đầu đều là $r = 3-1 = 2$. Có thể tính r từ công thức: $CA^iB = 0, i = 1, \dots, r-2;\ CA^{r-1}B \neq 0$.

d. Nghiệm của pt trạng thái: $x_i(t) = e^{-t}x_i(0) + e^{-t}\int_0^1 e^{\tau}u_i(\tau)d\tau$, với $i = 1,2$. Tại $t = 1$, ta có $0 = x_i(1) = e^{-1}x_i(0) + e^{-1}\int_0^1 e^{\tau}u_i(\tau)d\tau \Rightarrow -x_i(0) = \int_0^1 e^{\tau}u_i(\tau)d\tau$. Chọn $u_i(t) = -e^{t}\left(\int_0^1 e^{2\tau'}d\tau'\right)^{-1}x_i(0)$ thỏa mãn đề bài.

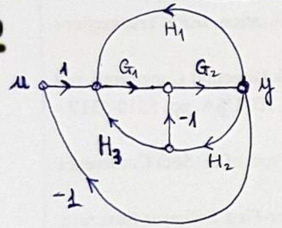
1



$$P_1 = G_1 G_2$$
$$L_1 = G_2 H_2$$
$$L_2 = -G_1 G_2 H_1 H_2$$
$$L_3 = -G_1 G_2 H_3$$
$$L_4 = -G_1 G_2$$

$$\Delta = 1 - L_1 - L_2 - L_3 - L_4$$
$$= 1 - G_2H_2 + G_1G_2H_1H_2 + G_1G_2H_3 + G_1G_2$$
$$\Delta_1 = 1$$
$$G = \frac{P_1 \Delta_1}{\Delta} = \frac{G_1 G_2}{1 - G_2H_2 + G_1G_2(H_1H_2 + H_3 + 1)}$$

2



$$P_1 = G_1 G_2$$
$$L_1 = G_1 G_2 H_1$$
$$L_2 = -G_2 H_2$$
$$L_3 = G_1 G_2 H_2 H_3$$
$$L_4 = -G_1 G_2$$

$$\Delta = 1 - L_1 - L_2 - L_3 - L_4$$
$$= 1 - G_1G_2H_1 + G_2H_2 - G_1G_2H_2H_3 + G_1G_2$$
$$\Delta_1 = 1$$
$$G = \frac{P_1 \Delta_1}{\Delta} = \frac{G_1 G_2}{1 + G_2H_2 + G_1G_2 - G_1G_2H_1 - G_1G_2H_2H_3}$$