TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN

Họ tên SV: Hoàng Phương Liên MSSV: 20162354

Học phần: Lý thuyết điều khiển tự động 1 Mã HP:

Bài thi [ ] giữa kỳ [x] cuối kỳ 2 Năm học: 2017 - 2018 Ngày thi: 16/6/2018

Điểm của bài thi	Chữ ký của (các) cán bộ chấm thi	Chữ ký của cán bộ coi thi
9 5 + 4		

Đề 1: Tờ 1/2

Bài 2:

a) $$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \underline{u} \quad , y = ax_1 + a_3$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} a & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$sI - A = s\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s-1 & 0 & -1 \\ 0 & s-2 & -1 \\ 0 & -1 & s-1 \end{pmatrix}$$

0,5

$$\det(sI - A) = (s-1)^2(s-2) - (s-1) = (s-1)\left((s-1)(s-2)-1\right) = (s-1)(s^2-3s+1)$$

Ta có $\det(sI-A)$ có ít nhất 1 nghiệm nằm bên phải trục ảo là $s = 1$

$\Rightarrow$ Hệ không ổn định

- Kiểm tra tính điều khiển được

$$P_C = \begin{pmatrix} B & AB & A^2B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

0,5

$\det(P_c) = 2 \neq 0 \rightarrow \text{rank}(P_c) = 3 \Rightarrow$ hệ điều khiển được

b) $$P_0 = \begin{pmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 & 1 \\ a & 1 & a+1 \\ a & a+3 & 2a+2 \end{pmatrix}$$

Hệ quan sát được $\Leftrightarrow \det(P_0) \neq 0$

$\Leftrightarrow \quad -a^3 + \cancel{2a} - a^2 + a \neq 0$

$\Leftrightarrow \begin{cases} a \neq 0 \\ a^2 + a - 1 \neq 0 \end{cases}$

$\Leftrightarrow \begin{cases} a \neq 0 \\ a \neq \dfrac{-1 \pm \sqrt{5}}{2} \end{cases}$

1

c, Với $a = 1 \Rightarrow C = (1 \ 0 \ 1)$

- Bộ điều khiển phản hồi trạng thái là $u = w - R\underline{x}$ với $R = (r_1 \ r_2 \ r_3)$ cần xác định để $(A - BR)$ nhận các giá trị riêng trong khoảng $(-3; 0)$

Ta lựa chọn một giá trị riêng là -2.

Sử dụng phương pháp Ackermann : (Hệ điều khiển được)

Ta có $P_C^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{3}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{3}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$

Đa thức đặc tính mong muốn của hệ kín là

$A_m(s) = (s+2)^3 = s^3 + 6s^2 + 12s + 8$

$\Rightarrow \phi(A) = A^3 + 6A^2 + 12A + 8I$

$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}^3 + 6\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}^2 + 12\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} + 8\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 1 & 4 & 4 \\ 0 & 13 & 8 \\ 0 & 8 & 5 \end{pmatrix} + 6\begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 5 & 3 \\ 0 & 3 & 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 12 & 0 & 12 \\ 0 & 24 & 12 \\ 0 & 12 & 12 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 8 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 8 \end{pmatrix}$

$= \begin{pmatrix} 27 & 10 & 28 \\ 0 & 75 & 38 \\ 0 & 38 & 37 \end{pmatrix}$

→ Bộ điều khiển phản hồi trạng thái

$R = (0 \ 0 \ 1)\begin{pmatrix} 27 & 10 & 28 \\ 0 & 75 & 38 \\ \ldots \end{pmatrix}$

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{-1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{3}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{-3}{2} \\ \frac{-1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 27 & 10 & 28 \\ 0 & 75 & 38 \\ 0 & 38 & 37 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{-1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 27 & 10 & 28 \\ 0 & 75 & 38 \\ 0 & 38 & 37 \end{pmatrix}$$

1 $$= \begin{pmatrix} \frac{-27}{2} & \frac{103}{2} & \frac{47}{2} \end{pmatrix}$$

- Thiết kế khâu quan sát

Ta có hệ quan sát được

Khâu quan sát có nhiệm vụ tìm $\tilde{x}$ là nghiệm của phương trình

$$\frac{d\tilde{x}}{dt} = A\tilde{x} + Bu + L(y - C\tilde{x})$$

Xác định L để $(A - LC)$ nhận các giá trị riêng nhỏ hơn -3 để nhanh hơn e^{-3t}

Ta lấy $s = -4$

Áp dụng phương pháp Ackermann

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P_0^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 4 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} 4 & -4 & 1 \\ 2 & -3 & 1 \\ -3 & 4 & -1 \end{pmatrix}$$

$$A_m^{QS}(s) = (s+4)^3 = s^3 + 12s^2 + 48s + 64.$$

$$\Rightarrow \Phi(A) = A^3 + 12A^2 + 48A + 64I$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}^3 + 12 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}^2 + 48 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} + 64 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

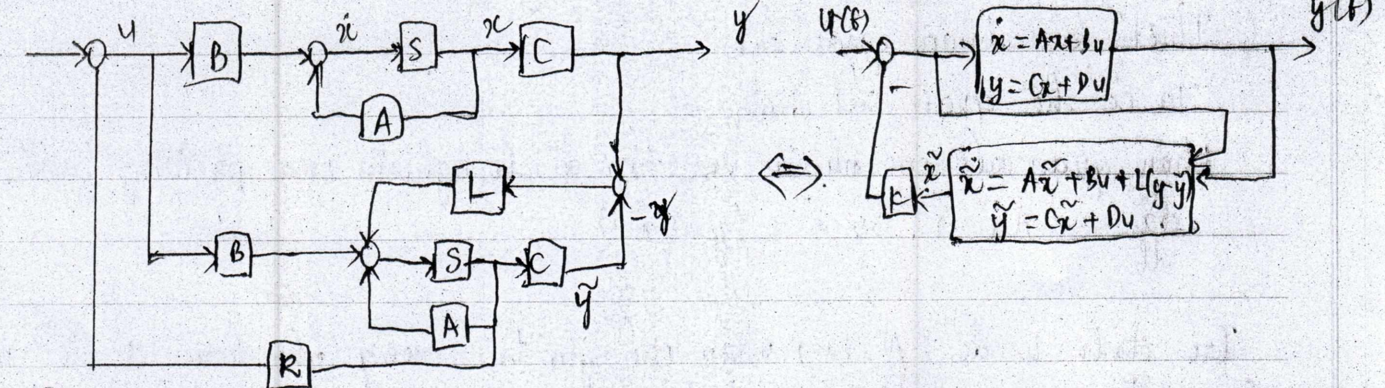
$$= \begin{pmatrix} 1 & 4 & 4 \\ 0 & 13 & 8 \\ 0 & 8 & 5 \end{pmatrix} + 12 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 5 & 3 \\ 0 & 3 & 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 48 & 0 & 48 \\ 0 & 96 & 48 \\ 0 & 48 & 48 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 64 & 0 & 0 \\ 0 & 64 & 0 \\ 0 & 0 & 64 \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow L = \begin{pmatrix} 125 & 16 & 76 \\ 0 & 233 & 92 \\ 0 & 92 & 141 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 4 & -4 & 1 \\ 2 & -3 & 1 \\ -3 & 4 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 304 & -244 & 65 \\ 190 & -331 & 141 \\ -239 & 288 & -49 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 65 \\ 141 \\ -49 \end{pmatrix}$$

1

d,



0,5

$$\dot{\tilde{x}} = A\tilde{x} + Bu + L(y - \tilde{y})$$
$$\tilde{y} = C\tilde{x} + Du$$

Hệ kín không điều khiển được do luôn có $\tilde{x}$ hội tụ về x

e, Đối tượng được mô tả xác định như sau

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \underline{u}_1 + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix} \underline{u}_2$$

Xét hệ con với $\underline{u}_2 = 0$

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \underline{u}_1$$

Ta thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái cho hệ con có dạng

0,5 $$\underline{u}_1 = \underline{w}_1 - R_1 \underline{x} \quad \text{với} \quad R_1 = \begin{pmatrix} -\frac{27}{2} & \frac{103}{2} & \frac{47}{2} \end{pmatrix}$$

→ Bộ điều khiển phản hồi trạng thái cho toàn hệ là

$$R = \begin{pmatrix} -\frac{27}{2} & \frac{103}{2} & \frac{47}{2} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN

Họ tên SV: Hoàng Phương Liên .... MSSV: 20162354

Học phần: .... Mã HP: ....

Bài thi [ ] giữa kỳ [ ] cuối kỳ .... Năm học: .... Ngày thi: ....

Điểm của bài thi	Chữ ký của (các) cán bộ chấm thi	Chữ ký của cán bộ coi thi

Tờ 2/2

Bài 1:

b, Đối tượng có hàm truyền $G(s) = \frac{k}{s(T_2 s + 1)^2}$

Sử dụng phương pháp tối ưu đối xứng $(\alpha = 4)$

$$T_I = T_1 + 4T_2, \quad k_p = \frac{T_I}{8kT_2^2}, \quad T_D = \frac{4T_1T_2}{T_I}, \quad T = 4T_2$$

với $k = 0,5$; $T_2 = 2 = T_1$

$\rightarrow T_I = 10$, $k_p = \frac{5}{8}$, $T_D = 1,6$, $T = 8$

Độ dự trữ ổn định của hệ kín không phụ thuộc $R_2(s)$

Khi đối tượng là tích phân quán tính bậc hai

$$G(s) = \frac{k}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$$

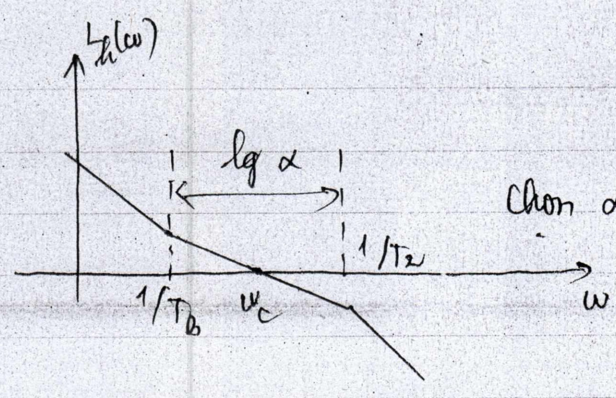
thì mục đích của phương pháp này là tạo ra hệ hở có hàm truyền

$$G_h(s) = R_1(s)G(s) = k_p\left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right) \cdot \frac{k}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$$

$$= \frac{k_p(1+T_A s)(1+T_B s)}{T_I s} \cdot \frac{k}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)} = \frac{k \cdot k_p(1+T_B s)}{T_I s^2(1+T_2 s)}$$

Nếu chọn $T_A = T_1$ trong đó $T_A + T_B = T_I$, $T_A T_B = T_I T_D$, $T_B = 4T_2 > T_2$

tức để hệ hở có đồ thị Bode sau



Chọn $\alpha = 4$

Tại giao điểm của đồ thị Nyquist với đường tròn đơn vị có $\omega_c = \dfrac{1}{\sqrt{T_B T_2}}$

Áp dụng $T_B = 8$; $T_1 = T_2 = 2$ được $\omega_c = \dfrac{1}{2}$

Độ dự trữ ổn định của hệ là:

$$\Delta\varphi = -\pi - \varphi_c = -\pi - \arg G_h(j\omega_c)$$
$$= \arctan(\omega_c T_2) - \arctan(\omega_c T_B)$$
$$= \arctan \frac{1}{2} - \arctan 2$$
$$= -36{,}87^\circ$$

2

a) $G_h(s) = R_1(s) \cdot G(s) = \dfrac{k_1 k}{s(1+T_2 s)^2} = \dfrac{0{,}5k_1}{s(1+2s)^2}$

$$= \frac{0{,}5k_1}{s(4s^2+4s+1)}$$

Xét $G_0(s) = \dfrac{0{,}5}{s(4s^2+4s+1)} = \dfrac{0{,}5}{4s^3+4s^2+s}$

Hệ có $n^0 + n^+ = 1$ $\qquad A = s(4s^2+4s+1)$

$n^0 = 1$ do A có 1 nghiệm bằng 0 → có 1 điểm nằm trên trục ảo

$n^+ = 0$ do không có nghiệm dương bên phải trục ảo

- Vẽ đồ thị Nyquist

$$G_0(j\omega) = G_0(s)\Big|_{s=j\omega}$$

$$= \frac{0{,}5}{j\omega(4(j\omega)^2 + 4j\omega + 1)} = \frac{0{,}5}{4(j\omega)^3 + 4(j\omega)^2 + j\omega}$$

$$= \frac{0{,}5}{-4j\omega^3 - 4\omega^2 + j\omega} = \frac{0{,}5}{-4\omega^2 + (\omega - 4\omega^3)j}$$

$$= \frac{0{,}5\,[-4\omega^2 - j(\omega - 4\omega^3)]}{\ldots}$$

$$Re\{G_0\} = \frac{-1}{8\cancel{\omega}^2} \cdot \frac{-2\omega^2}{(16\omega^4) + (\omega - 4\omega^3)^2}$$

$$Im\{G_0\} = \frac{-0{,}5(\omega - 4\omega^3)}{16\omega^4 + (\omega - 4\omega^3)^2}$$

$\omega = 0 \rightarrow Re\{G_0\} = 0$

$\qquad\qquad Im\{G_0\} = 0$

$\omega = \infty \Rightarrow Re\{G_0\} = 0$

$\qquad\qquad Im\{G_0\} = 0$

Giao điểm với trục hoành

Cho $Im\{G_0\} = 0 \Rightarrow \omega - 4\omega^3 = 0$

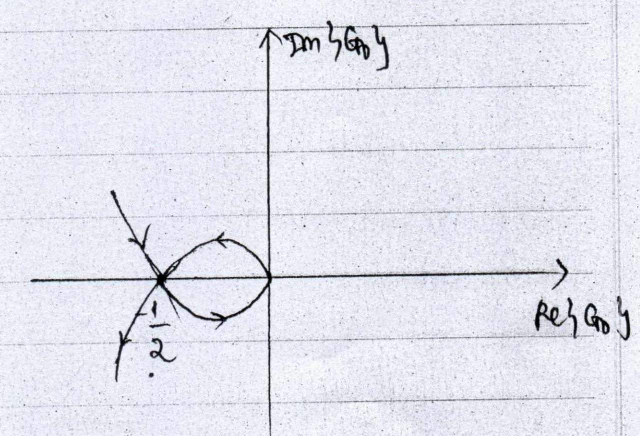
$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \omega = 0 \\ \omega = \frac{1}{2} \end{array}\right. \rightarrow Re\{G_0\} = \frac{-8}{16} = \frac{-1}{2}$

Giao điểm với trục tung

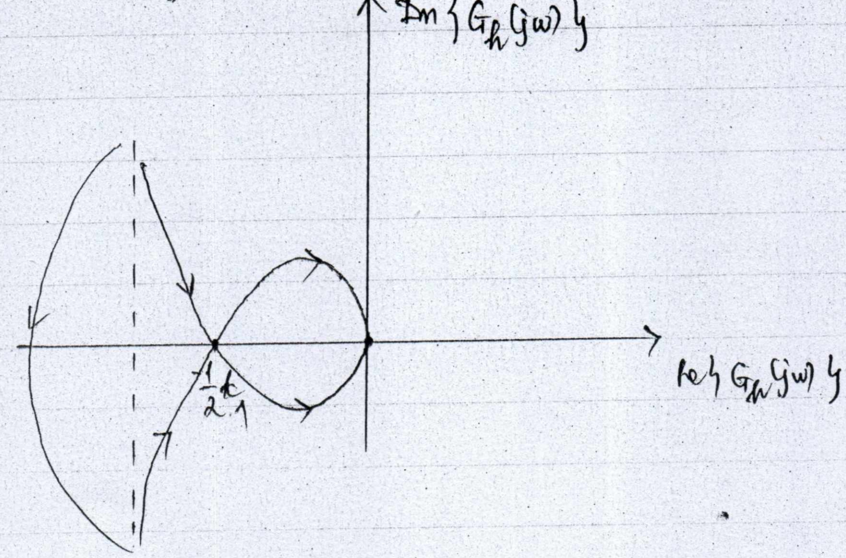
Cho $Re\{G_0\} = 0 \Rightarrow \omega = 0$

Lập bảng xét dấu:

ω	0		$\frac{1}{2}$		∞
$Re\{G_0\}$	0	−	$\frac{-1}{2}$	+	0
$Im\{G_0\}$	0	+	0	−	0



Ta có đồ thị Nyquist:



1,5 Hệ ổn định khi đường bao đi qua điểm $-1+j0$ đúng $n^0 + n^+ = 1$ lần

Do hệ ổn định nên tồn tại giới hạn

$$e_{ss} = \lim_{t \to \infty} (u(t) - y(t))$$

$$= \lim_{s \to 0} s(U(s) - Y(s)) = \lim_{s \to 0} sU(s)\left(1 - \frac{k_1 k_2 G(s)}{1 + k_1 G(s)}\right)$$

Lại có $u(t) = a \cdot 1(t)$ và $\lim_{s \to 0} G(s) = +\infty$

$$\Rightarrow \lim_{t \to \infty} (u(t) - y(t)) = \lim_{s \to 0} s \cdot \frac{a}{s} (1 - k_2)$$

0,5

$$= a(1 - k_2)$$

Để $e_{ss} = 0 \Rightarrow a(1 - k_2) = 0$

$$\Rightarrow k_2 = 1$$