


Giảng viên ra đề: (Chữ ký và Họ tên)	06/12/2021	Người phê duyệt: (Chữ ký, Chức vụ và Họ tên)	/12/2021
Nguyễn Tấn Tiến		Trưởng bộ môn - PGS. TS. Nguyễn Quốc Chí	

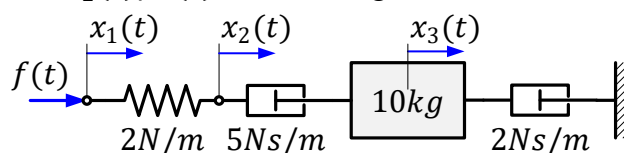
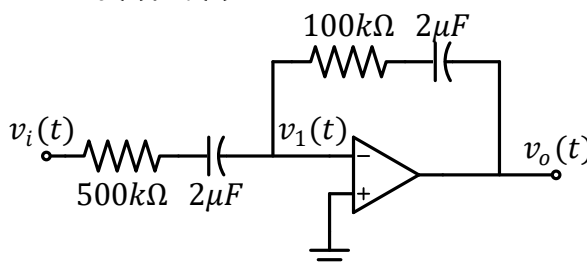
(phần phía trên cần che đi khi in sao đề thi)

 TRƯỜNG ĐH BÁCH KHOA – ĐHQG-HCM KHOA CƠ KHÍ BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ	ĐÁP ÁN		Học kỳ/năm học	1	2021-2022
			Ngày thi	21/12/2021	
	Môn học	Động lực học và Điều khiển			
	Mã môn học	ME3011			
	Thời lượng	60 phút	Mã đề		
Ghi chú: - Được sử dụng tài liệu - Được sử dụng viết chì để vẽ hình					

1. Câu 1 (3.0đ)

(L.O.1, L.O.2)

Sinh viên chọn một trong hai câu sau

a. Tìm hàm truyền đạt $G(s) = X_2(s)/F(s)$ của hệ thống với các số liệu như trên hình vẽb. Xác định hàm truyền đạt $G(s) = V_o(s)/V_i(s)$ của mạch điện sau**Giải**

a. Phương trình động lực học các khối nặng

$$m_1: 0\ddot{x}_1 + 2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) = f \quad (0,5\text{đ})$$

$$m_2: 0\ddot{x}_2 + 5(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + 2(x_2 - x_1) = 0 \quad (0,5\text{đ})$$

$$m_3: 10\ddot{x}_3 + 2\dot{x}_3 + 5(\dot{x}_3 - \dot{x}_2) = 0 \quad (0,5\text{đ})$$

$$\text{Sắp xếp lại} \quad 2X_1 - 2X_2 = F$$

$$-2X_1 + (5s + 2)X_2 - 5sX_3 = 0$$

$$-5sX_2 + (10s^2 + 7s)X_3 = 0$$

$$\text{Loại } X_1 \quad 5sX_2 - 5sX_3 = F$$

$$-5sX_2 + (10s^2 + 7s)X_3 = 0$$

$$X_3 = \frac{1}{10s^2 + 7s} F \quad (0,5\text{đ})$$

$$X_2 = \frac{F + 5sX_3}{5s} = \frac{1 + \frac{5}{10s+7}}{5s} F = \frac{10s + 7}{10s(5s + 1)} F \quad (0,5\text{đ})$$

Vậy, hàm truyền đạt của hệ thống là

$$G = \frac{X_2}{F} = \frac{10s + 7}{10s(5s + 1)} \quad (0,5\text{đ})$$

b. Xác định hàm truyền đạt $G(s) = V_o(s)/V_i(s)$ của mạch điện

Ta có trở kháng đầu vào

$$Z_1 = 5 \times 10^5 + \frac{1}{2 \times 10^{-6}s} = 5 \times 10^5 + \frac{5 \times 10^5}{s} = 5 \times 10^5 \times \frac{s + 1}{s} \quad (1,0\text{đ})$$

và trở kháng hồi tiếp

$$Z_2 = 10^5 + \frac{1}{2 \times 10^{-6}s} = 10^5 + \frac{5 \times 10^5}{s} = 10^5 \times \frac{s+5}{s} \quad (1,0đ)$$

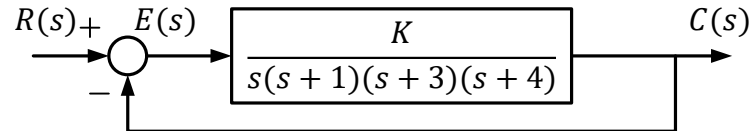
Do đó, hàm truyền đạt của hệ thống là

$$G = \frac{V_0}{V_i} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{10^5 \times \frac{s+5}{s}}{5 \times 10^5 \times \frac{s+1}{s}} = -\frac{1}{5} \frac{s+5}{s+1} \quad (1,0đ)$$

2. Câu 2 (3.0đ)

(L.O.3)

Cho hệ thống có sơ đồ khối sau



Xác định điều kiện của K để hệ thống ổn định và vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $K = 0 \rightarrow \infty$

Giải

Xác định số cực và số zero

(0,5đ)

Phương trình đặc tính

$$1 + G(s) = 0 \rightarrow 1 + \frac{K}{s(s+1)(s+3)(s+4)} = 0$$

Số cực: $n = 4$ ($p_1 = -4$, $p_2 = -3$, $p_3 = -1$, $p_4 = 0$)

Số zero: $m = 0$ (không có zero)

\rightarrow QĐNS có bốn nhánh xuất phát từ các cực khi $K = 0$ và đi ra ∞ khi $\rightarrow \infty$

Xác định đường tiệm cận

(0,5đ)

Góc giữa tiệm cận và trục thực

$$\alpha = \frac{(2l+1)\pi}{n-m} = \frac{(2l+1)\pi}{4-0} \rightarrow \alpha = \pm \frac{\pi}{4}, \alpha = \pm \frac{3\pi}{4}$$

Giao điểm giữa các tiệm cận và trục thực

$$OA = \frac{\sum \text{cực} - \sum \text{zero}}{n-m} = \frac{[(-4) + (-3) + (-1) + (0)] - 0}{4-0} = -2$$

Xác định điểm tách nhập

(0,5đ)

Điểm tách nhập trên trục thực nếu có được xác định từ phương trình đặc trưng

$$K = -s^4 - 8s^3 - 19s^2 - 12s \rightarrow \frac{dK}{ds} = -4s^3 - 24s^2 - 38s - 12$$

$$\frac{dK}{ds} = 0 \rightarrow s = [-3.5811, -2, -0.4189] \rightarrow s = \begin{cases} -3.5811 \\ -0.4189 \end{cases}$$

Giao điểm của QĐNS với trục ảo

(0,5đ)

Giao điểm của QĐNS với trục ảo được xác định từ tiêu chuẩn Routh với phương trình đặc trưng

$$s^4 + 8s^3 + 19s^2 + 12s + K = 0$$

Lập bảng Routh

s^4	1	19	K
s^3	8	12	
s^2	$\frac{35}{2}$	K	
s^1	$\frac{420 - 16K}{35}$	0	
s^0	K		

Điều kiện để hệ thống ổn định

(0,5đ)

$$\begin{cases} \frac{420 - 16K}{35} > 0 \\ K > 0 \end{cases} \Leftrightarrow 0 < K < \frac{105}{4}$$

Suy ra, $K_{gh} = 26,25$. Thay giá trị tới hạn vào phương trình đặc trưng, ta có

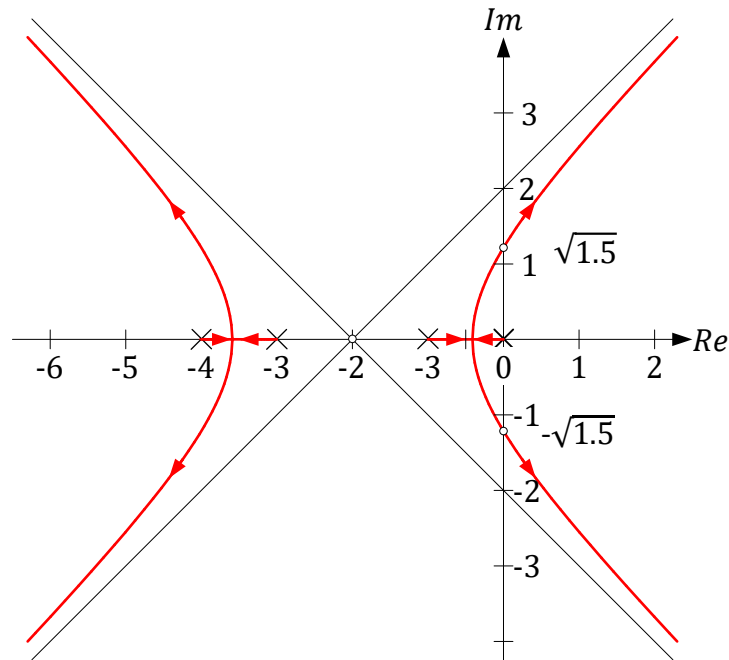
$$s^4 + 8s^3 + 19s^2 + 12s + 26,25 = 0$$

$$\rightarrow (s - \sqrt{1,5}j)(s + \sqrt{1,5}j)(s + 4 - \sqrt{1,5}j)(s + 4 + \sqrt{1,5}j) = 0$$

Do đó, giao điểm của QĐNS với trục ảo là $s = \pm\sqrt{1,5}j = \pm 1,2247j$

Từ các số liệu trên ta có QĐNS như hình vẽ

(0,5đ)



3. Câu 3 (4đ)

(L.O.6)

Sinh viên chọn một trong hai câu sau

a. Cho hệ thống

$$\dot{x} = Ax + Bu = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -7 & -9 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = Cx = [4 \quad 1]x$$

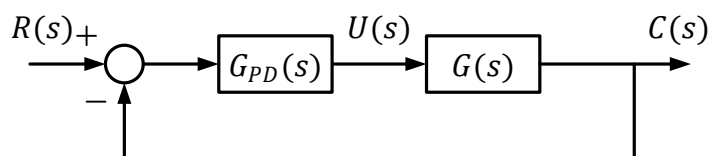
i. Xét tính điều khiển được của hệ thống

ii. Thiết kế bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái đảm bảo hệ hồi tiếp đơn vị có độ vọt lố $OS\% = 10\%$ và thời gian lên đỉnh $T_p = 2s$

Ghi chú $\zeta = -\frac{\ln(OS\%)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(OS\%)}}$

$$\omega_n = \frac{\pi}{T_p \sqrt{1 - \zeta^2}}$$

b. Thiết kế bộ điều khiển PD cho hệ thống sao cho hệ kín có: (1) cặp nghiệm phức với hệ số suy giảm $\zeta = 0,5$; và (2) hệ số vận tốc $k_V = \lim_{s \rightarrow 0} sG_C(s)G(s) = 1000$



với $G(s) = \frac{1000}{s(s+10)}$

Giải

a. Thiết kế bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái đảm bảo hệ hồi tiếp đơn vị có độ vọt lố $OS\% = 10\%$ và thời gian lên đỉnh $T_p = 2s$

i. Tính điều khiển được

Ma trận điều khiển được

$$C = [B \quad AB] = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -7 & -9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -9 \end{bmatrix}$$

Hạng của ma trận C

(0,5đ)

- $|C| = -1 \neq 0 \rightarrow \text{rank}(C) = 2$, hệ điều khiển được
 ii. Thiết kế bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái

Hệ mong muốn có

$$\zeta = -\frac{\ln(\%OS)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%OS)}} = -\frac{\ln(0.1)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(0.1)}} = 0,591 \quad (0,5\text{đ})$$

$$\omega_n = \frac{\pi}{T_p \sqrt{1 - \zeta^2}} = \frac{\pi}{2\sqrt{1 - 0,591^2}} = 1,948 \text{ rad/s} \quad (0,5\text{đ})$$

Do đó phương trình bậc hai có đáp ứng theo yêu cầu 10%OS, $T_p = 2s$ có dạng

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = s^2 + 2,3s + 3,79 = 0 \quad (*) \quad (0,5\text{đ})$$

Phương trình đặc tính của hệ kín

$$s^2 + (9 + k_2)s + (7 + k_1) = 0 \quad (**) \quad (0,5\text{đ})$$

So sánh hai phương trình

$$\begin{cases} 9 + k_2 = 2,3 \\ 7 + k_1 = 3,79 \end{cases} \quad (0,5\text{đ})$$

$$\rightarrow K = [k_1 \quad k_2] = [-3,21 \quad -6,70] \quad (0,5\text{đ})$$

- b. Thiết kế bộ điều khiển PD

Hàm truyền của bộ điều khiển PD

$$G_C(s) = k_P + k_D s \quad (0,5\text{đ})$$

Hệ số vận tốc của hệ thống sau khi hiệu chỉnh

$$k_V = \lim_{s \rightarrow 0} s G_C(s) G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s(k_P + k_D s) \frac{1000}{s(s+10)} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1000(k_D s + k_P)}{s^2 + 10} = 100k_P$$

$$\rightarrow k_P = 10 \quad (0,5\text{đ})$$

Phương trình đặc tính của hệ sau khi hiệu chỉnh là

$$1 + G_C(s)G(s) = 0 \quad (0,5\text{đ})$$

$$\rightarrow 1 + (k_P + k_D s) \frac{1000}{s(s+10)} = 0$$

$$\rightarrow s^2 + 10(1 + 100k_D)s + 1000k_P = 0$$

$$\rightarrow s^2 + 10(1 + 100k_D)s + 10000 = 0 \quad (*) \quad (0,5\text{đ})$$

Hệ thống có cặp nghiệm phức với $\xi = 0,5$ nên phương trình đặc tính của hệ sau khi hiệu chỉnh phải có dạng

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0$$

$$\rightarrow s^2 + \omega_n s + \omega_n^2 = 0 \quad (**) \quad (0,5\text{đ})$$

Cân bằng hệ số giữa (*) và (**), ta có

$$\begin{cases} 10(1 + 100k_D) = \omega_n \\ 10000 = \omega_n^2 \end{cases} \quad (0,5\text{đ})$$

$$\rightarrow \begin{cases} \omega_n = 100 \\ k_D = 0,09 \end{cases} \quad (0,5\text{đ})$$

Vậy hàm truyền của khâu hiệu chỉnh PD là

$$G_C(s) = 10 + 0,09s \quad (0,5\text{đ})$$