

**Đáp án 01:** Đề thi giữa kỳ môn Lý thuyết điều khiển tự động I

**Câu 1:**

- *Xác định  $K$  và  $T$  để cho hệ kín ổn định.*

Hàm truyền của hệ kín là:

$$G_K(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)} = \frac{K(Ts-1)}{Ts+1+K(Ts-1)} = \frac{K(Ts-1)}{T(1+K)s+1-K}$$

Điểm cực của hệ kín là:  $s_1 = \frac{K-1}{T(1+K)}$  **(0.5 điểm)**

Để hệ ổn định thì  $s_1 < 0$ .

Nếu  $T > 0$  thì  $\frac{K-1}{K+1} < 0$

$$\Rightarrow -1 < K < 1$$

Nếu  $T < 0$  thì  $\frac{K-1}{K+1} > 0$

$$\Rightarrow K > 1 \text{ hoặc } K < -1$$

Điều kiện để hệ ổn định là:  $T > 0$  và  $-1 < K < 1$  hoặc  $T < 0$  và  $\begin{cases} K > 1 \\ K < -1 \end{cases}$

**(0.5 điểm)**

- *Vẽ đồ thị đặc tính tần số biên độ lô ga rút và đặc tính tần số pha lô ga rút với  $K$  và  $T$  tìm được ở trên.*

Đặc tính tần số biên độ pha của hệ hở là:  $G(j\omega) = K \frac{j\omega T - 1}{j\omega T + 1}$  **(0.5 điểm)**

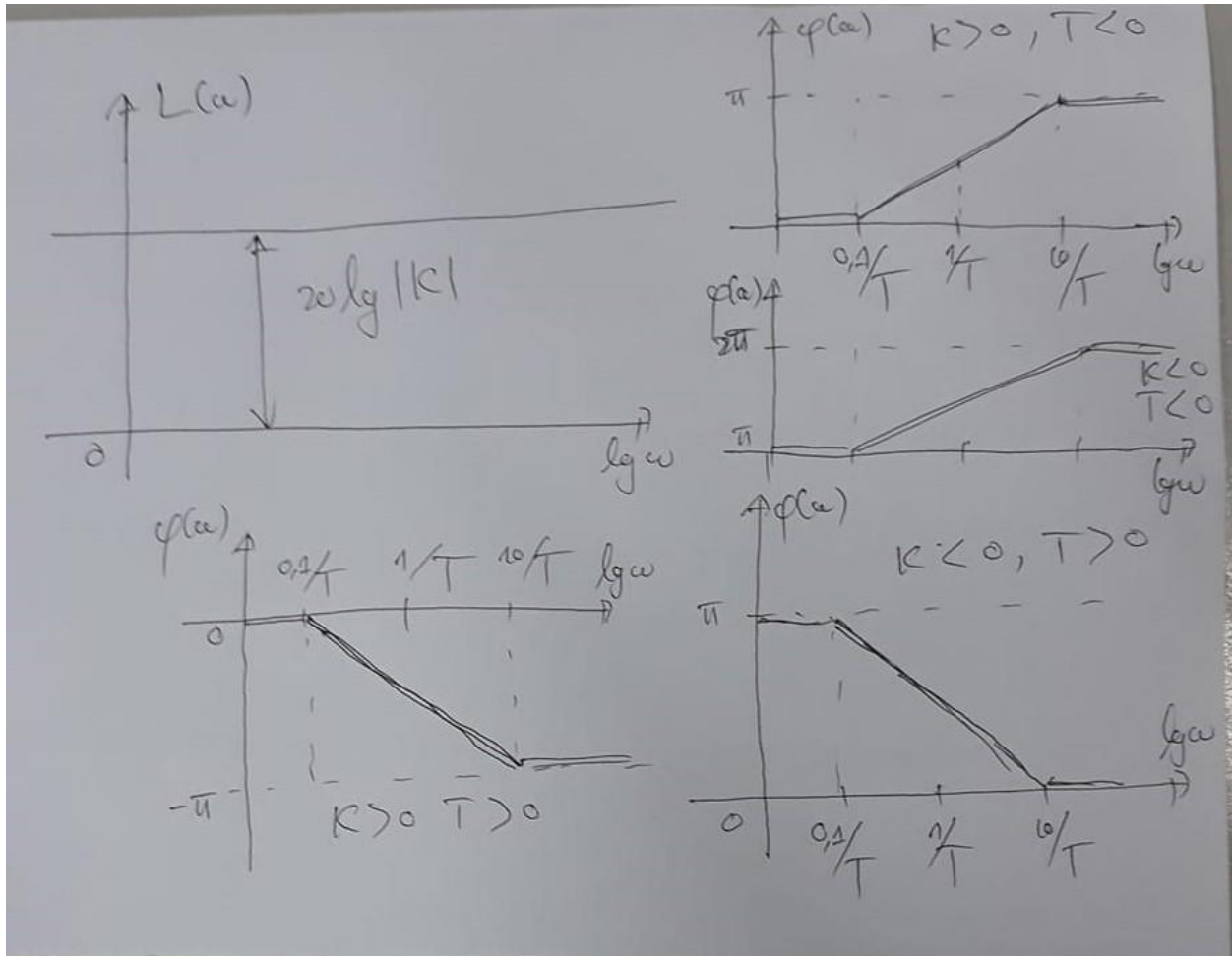
Đặc tính tần số biên độ Lô ga rút là:  $L(\omega) = 20\lg|G(j\omega)| = 20\lg|K|$  **(0.5 điểm)**

Đặc tính tần số pha là:  $\varphi(\omega) = a \tan \frac{T\omega}{-1} - a \tan \frac{T\omega}{1} + a \tan \frac{0}{K}$  **(0.5 điểm)**

$$= -2a \tan(T\omega) + a \tan \frac{0}{K}$$

$$a \tan \frac{0}{K} = \begin{cases} 0 & \text{khi } K > 0 \\ \pi & \text{khi } K < 0 \end{cases}$$

Đồ thị được vẽ như hình sau:  $\varphi(\omega)$  có bốn trường hợp tùy vào dấu của K và T. (0.5 điểm)



- Sử dụng tiêu chuẩn ổn định Nyquist xét ổn định cho hệ kín

Dựa vào  $L(\omega)$  và  $\varphi(\omega)$  ta thấy  $|G(j\omega)| = |k|$  và  $\varphi(\omega)$  biến thiên từ 0 đến  $2\pi$  hoặc ngược lại khi có  $\omega$  biến thiên từ  $-\infty$  đến  $\infty$ . Do đó đồ thị Nyquist có dạng đường tròn có tâm tại gốc tọa độ có bán kính là  $|K|$ .

Khi  $T > 0$  điểm cực của hệ hở là  $s_0 = -\frac{1}{T} < 0$ . Hệ kín ổn định khi đường đặc tính tần số của hệ hở không bao điểm  $(-1 + j_0)$ . Suy ra,  $|K| < 1$ . **(0.5 điểm)**

Khi  $T < 0$  điểm cực của hệ hở là  $s_0 = -\frac{1}{T} > 0$ , do đó hệ hở không ổn định. Hệ kín ổn định khi đường đặc tính tần số Nyquist bao điểm  $-1 + j_0$  theo chiều ngược chiều kim đồng hồ. Suy ra  $|K| > 1$ . **(0.5 điểm)**

## Câu 2:

- **Xác định  $K_h$  sao cho hệ kín có độ quá điều chỉnh bằng 4%**

Hàm truyền của vòng phản hồi bên trong là:  $G_1(s) = \frac{\frac{10}{s+1}}{1 + K_h \frac{10}{s+1}} = \frac{10}{s+1+10K_h}$

Hàm truyền của hệ kín là:  $G(s) = \frac{G_1(s) \frac{1}{s}}{1 + G_1(s) \frac{1}{s}} = \frac{10}{s^2 + (1+10K_h)s + 10} = \frac{1}{\frac{s^2}{10} + \frac{(1+10K_h)s}{10} + 1}$  **(0.5 điểm)**

Suy ra,  $k = 1, T = \frac{1}{\sqrt{10}}$  và  $D = \frac{1+10K_h}{2\sqrt{10}}$ .

Để cho hệ có độ quá điều chỉnh là 4% thì  $D = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\ln^2 \frac{\Delta h}{k}}}} = 0.7156$ .

Suy ra  $K_h = \frac{2\sqrt{10}D-1}{10} = 0.3526$ . **(0.5 điểm)**

- **Tính thời gian xác lập  $T_{2\%}$  với  $K_h$  tìm được trên.**

$$T_{2\%} = \frac{4T}{D} = 1.7675 \text{ (1 điểm)}$$

- **Tính sai lệch tĩnh  $e(\infty)$ , với  $e = r - c$ .**

$$E(s) = \frac{1}{1 + G_1(s)} \frac{1}{s} = \frac{1}{1 + \frac{10}{s+1+10K_h}} \frac{1}{s}$$

$$e(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = 0 \text{ (1 điểm)}$$

- *Tìm hàm quá độ của hệ kín*

$$h(t) = k \left( 1 - \frac{e^{-\frac{D}{T}t}}{\sqrt{1-D^2}} \sin \left( \frac{\sqrt{1-D^2}}{T} t + \arccos(D) \right) \right)$$

$$h(t) = 1 - 1.4317e^{-2,2631t} \sin(2,2087t + 0.7732) \text{ (1 điểm)}$$

**Câu 3:**

$$a_0 = 1 ; a_1 = 2 ; a_2 = K - 3 ; a_3 = 4 ; a_4 = 5$$

$$s^4 \quad a_0 \quad a_2 \quad a_4$$

$$s^3 \quad a_1 \quad a_3$$

$$s^2 \quad b_1 \quad b_2$$

$$s^1 \quad c_1$$

$$s^0 \quad d_1$$

$$b_1 = \frac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1} = \frac{2(k-3) - 1 \cdot 4}{2} = K - 5$$

$$b_2 = \frac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1} = \frac{2 \cdot 5 - 0 \cdot 1}{2} = 5$$

$$c_1 = \frac{b_1 a_3 - a_1 b_2}{b_1} = \frac{4(K-5) - 2 \cdot 5}{K-5} = \frac{4K-30}{K-5}$$

$$d_1 = \frac{c_1 b_2 - 0 \cdot b_1}{c_1} = b_2 = 5$$

Để hệ ổn định thì  $b_1 > 0$  và  $c_1 > 0$

Suy ra  $K > \frac{15}{2}$  **(2 điểm)**