

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA CƠ KHÍ  
BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ



---

BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN  
ĐỘNG LỰC HỌC ĐIỀU KHIỂN

---

GVHD: PGS. TS. VÕ TƯỜNG QUÂN

SINH VIÊN THỰC HIỆN:

Họ và tên	MSSV
Dương Quang Duy	2210497

TP.HCM, Ngày 20 tháng 4 năm 2025

# Mục lục

<b>1</b>	<b>Khảo sát tính ổn định của hệ thống</b>	<b>2</b>
1.1	Biểu đồ Bode . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển</b>	<b>4</b>
2.1	Các tiêu chuẩn về xác lập . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển</b>	<b>5</b>
3.1	Các tiêu chuẩn về xác lập . . . . .	5

# Chương 1

## Khảo sát tính ổn định của hệ thống

Ta có hàm truyền đã tìm được ở trên là:

$$G(s) = \frac{4.85}{s^2 + 53.51}$$

Hệ vòng kín với phản hồi là:

$$T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)}$$

Phương trình đặc tính:

$$\begin{aligned} 1 + G(s) &= 0 \\ \Leftrightarrow 1 + \frac{4.85}{s^2 + 53.51} &= 0 \\ \Leftrightarrow s^2 + 58.36 &= 0 \end{aligned}$$

$\Leftarrow$  Hệ không ổn định do hệ số của  $s^1$  là 0.

### 1.1 Biểu đồ Bode

$$G(s) = \frac{4.85}{s^2 + 53.51}$$

Phân tích:

- 1 khâu khuếch đại:  $K = 4.85$ .
- 1 khâu dao động bậc 2.

Tần số cộng hưởng:

$$\omega_n = \sqrt{53.51} = 7.315(\text{rad/s})$$

Đặc tính tần số:

$$G_1(j\omega) = \frac{4.85}{-\omega^2 + 53.51}$$

Biên độ:

$$M(\omega) = |G(j\omega)| = \frac{4.85}{|-\omega^2 + 53.51|}$$

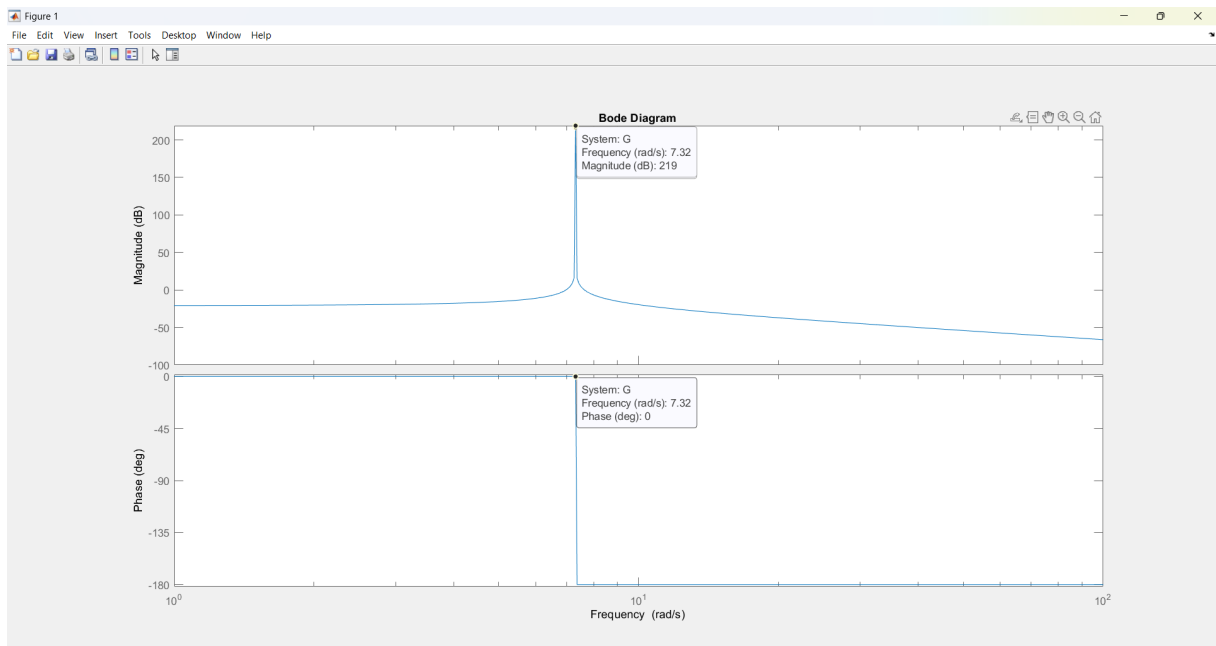
$$\Rightarrow L(\omega) = 20\log(M(\omega)) = 20\log(4.85) - 20\log(|-\omega^2 + 53.51|)$$

- Khi  $0 < \omega < 7.315$ : biên độ tăng từ  $-20.85\text{dB}$  đến  $+\infty$
- Với  $\omega > 7.315$ :

$$\begin{aligned}
 20\log(4.85) - 20\log(|-\omega^2 + 53.51|) &\approx 20\log(4.85) - 20\log(\omega^2) \\
 &= 20\log(4.85) - 40\log(\omega) \\
 \Rightarrow \text{Độ dốc giảm: } -40\text{dB/decade} \\
 \Rightarrow \text{Với } \omega > 7.315 : \text{ biên độ giảm từ } +\infty \text{ về } -\infty
 \end{aligned}$$

**Pha:**

$$\angle G(j\omega) = \begin{cases} 0 & ; \quad \omega < 7,315 \\ -180^\circ & ; \quad \omega > 7,315 \\ \text{Pha nhảy từ } 0 \text{ xuống } -180^\circ \text{ tại } \omega = 7.315 \end{cases}$$



**Nhận xét:**

- Hệ thống vòng hở:  $G(s)$  có các cực trên trục ảo  $s = \pm j7.315$  nên hệ thống ổn định biên. Đồ thị Bode cho thấy biên độ đạt đỉnh tại  $\omega = 7.315$  và pha nhảy xuống là  $-180^\circ$ . Điều này xác nhận hệ thống dao động không suy giảm.
- Từ đồ thị ta có thể thấy độ dư trữ pha  $G_M < 0\text{dB}$  nên đã vi phạm tiêu chuẩn ổn định của biểu đồ Bode  $\Rightarrow$  Hệ chưa ổn định.

## Chương 2

# Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển

$$G(s) = \frac{4.85}{s^2 + 53.51}$$

### 2.1 Các tiêu chuẩn về xác lập

Hàm truyền vòng kín:

$$T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)} = \frac{4.85}{s^2 + 58.36}$$

Xét với đầu vào bậc (step input,  $R(s) = \frac{1}{s}$ ), sai số xác lập được tính bằng:

$$e_{xl} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s \cdot R(s)}{1 + G(s)} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + k_p} \approx 0,92$$

Với  $k_p$  là hệ số vị trí,  $k_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s) \approx 0.09$

## Chương 3

# Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển

$$G(s) = \frac{4.85}{s^2 + 53.51}$$

### 3.1 Các tiêu chuẩn về xác lập

Hàm truyền vòng kín:

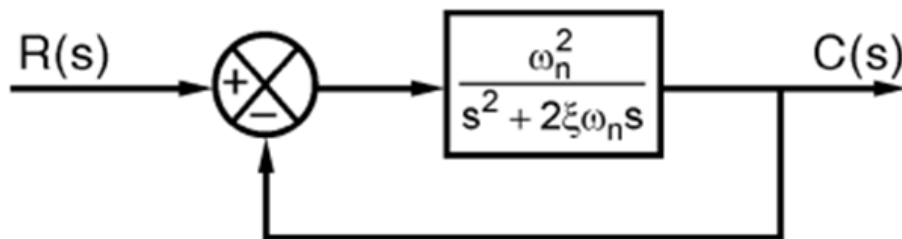
$$T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)} = \frac{4.85}{s^2 + 58.36}$$

Xét với đầu vào bậc (step input,  $R(s) = \frac{1}{s}$ ), sai số xác lập được tính bằng:

$$e_{xl} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s \cdot R(s)}{1 + G(s)} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + k_p} \approx 0,92$$

Với  $k_p$  là hệ số vị trí,  $k_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s) \approx 0.09$

Khảo sát hệ thống là bậc 2



Hàm truyền hệ dao động bậc 2:

$$G_2(s) = \frac{K\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}$$

Đáp ứng quá độ:

$$C(s) = R(s) \cdot G_2(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{K\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}$$

⇒ Laplace ngược:

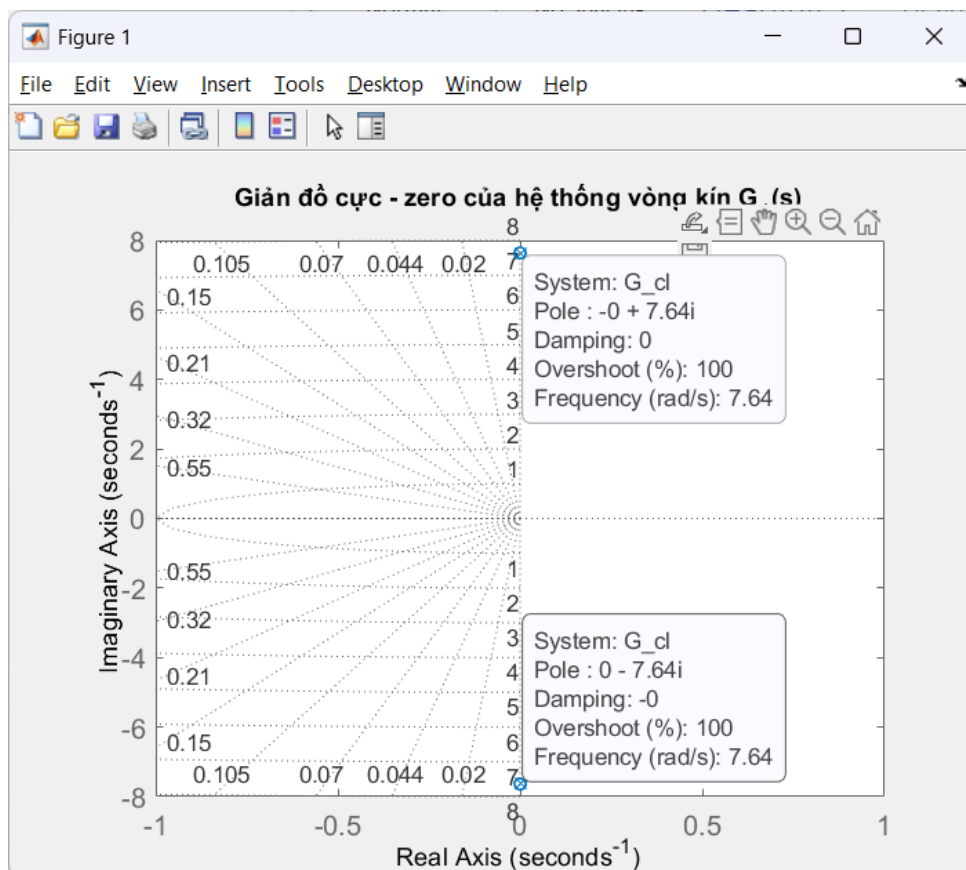
$$c(t) = K \left\{ 1 - \frac{e^{-\zeta \omega_n t}}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \cdot \sin[(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}) \cdot t + \theta] \right\}$$

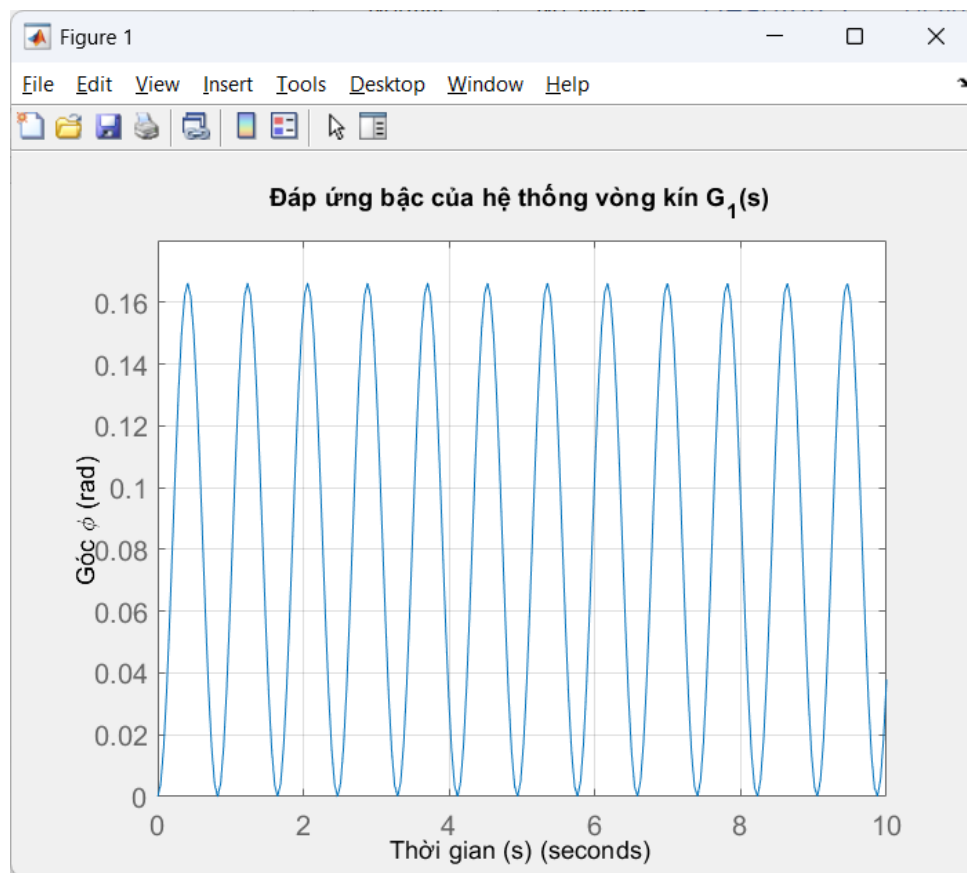
Qua đó ta thấy hệ dao động không giảm chấn với  $\zeta = 0$ .  
Hệ dao động bậc 2 có 2 cặp cực phức:  $p_{1,2} = \pm j 7,639$

### Từ đó xác định các thông số cơ bản

- Tần số tự nhiên:  $\omega_n = 7,639$
- Hệ số giảm chấn:  $\zeta = 0$
- Thời gian đạt đỉnh:  $T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} = 0,411s$
- Độ vọt lố:  $POT = e^{\frac{-\zeta \pi}{1 - \zeta^2}} \cdot 100 = 100\%$
- Thời gian xác lập: Với tiêu chuẩn 2%  $\Rightarrow T_p = \frac{4}{\zeta \omega_n} \rightarrow \infty$
- Đáp ứng quá độ:  $C(s) = R(s) \cdot T(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{4,85}{s^2 + 58,36}$

$$\Rightarrow c(t) = \frac{4,85}{7,639^2} \left[ 1 - \sin\left(7,639 \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) \right] = 0,083 - 0,083 \cos(7,639 \cdot t)$$





**Nhận xét:** Đáp ứng quá độ của khâu dao động bậc 2 có dạng dao động với biên độ giảm dần. Do  $\zeta = 0$ , đáp ứng của hệ là dao động không suy giảm với tần số tự nhiên  $\omega_n = 7.639$ .