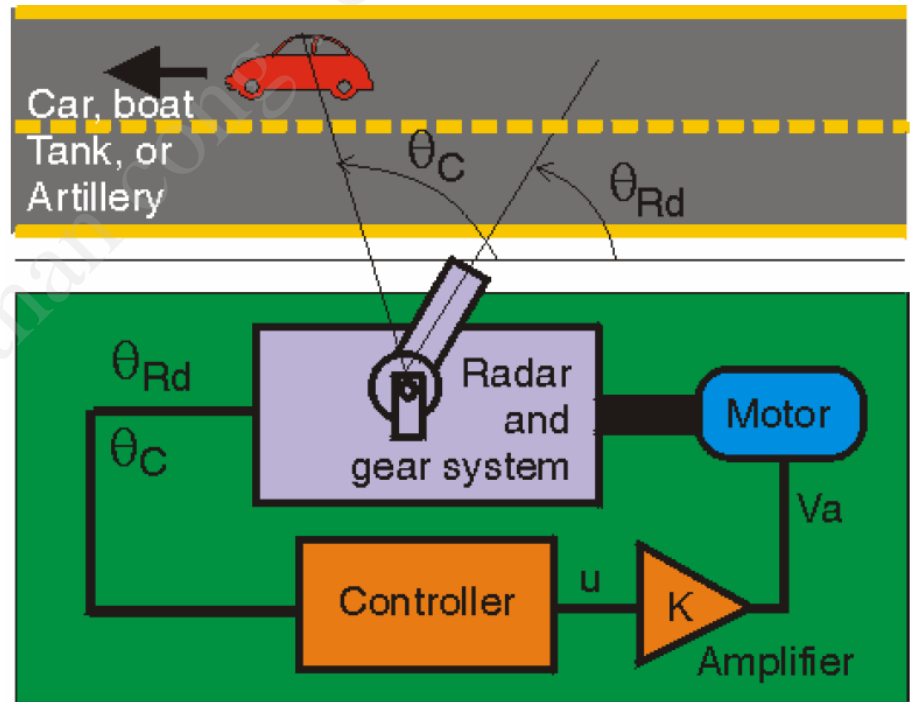


Lý thuyết Điều khiển tự động 1

*Đặc tính tần
Logarith*

Đồ thị Bode



ThS. Đỗ Tú Anh

Bộ môn Điều khiển tự động

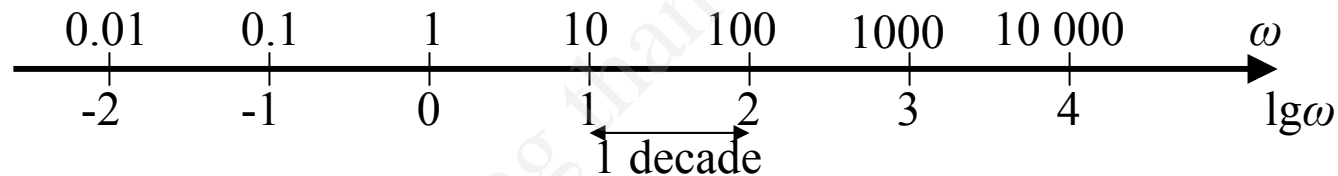
Khoa Điện, Trường ĐHBK HN

Đồ thị Bode

Nhược điểm của việc sử dụng đường đặc tính tần biên-pha

Phạm vi của tần số biến đổi quá lớn

→ Logarith hóa trục tần số



Nhược điểm của thang đo logarith: vạch chia không đều trong phạm vi một decade

Ưu điểm của thang đo logarith: đồ thị minh họa được đầy đủ tính chất của hệ thống ở cả dải tần số lớn và dải tần số bé.

Đồ thị Bode (tiếp)

Định nghĩa

Là cách biểu diễn $G(j\omega)$ thành hai đồ thị riêng biệt theo ω cho

- 1) biên độ, hay giá trị logarith của $|G(j\omega)|$ là

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg |G(j\omega)|, \text{ có đơn vị là Dezibel (dB),}$$

- 2) và pha, hay giá trị góc $\varphi(\omega) = \arg G(j\omega)$ có đơn vị là Grad.

Chú ý

$$G(s) = k \frac{(1 + T_1' s)(1 + T_2' s) \cdots (1 + T_m' s)}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s) \cdots (1 + T_n s)}, \quad \Rightarrow \quad G(j\omega) = k \frac{(1 + T_1' j\omega)(1 + T_2' j\omega) \cdots (1 + T_m' j\omega)}{(1 + T_1 j\omega)(1 + T_2 j\omega) \cdots (1 + T_n j\omega)}$$

$$\Rightarrow L(\omega) = 20 \left[\sum_{k=1}^m \lg |1 + T_k' j\omega| - \sum_{k=1}^n \lg |1 + T_k j\omega| \right]$$

$$\Rightarrow L(\omega) = 20 \cdot \lg k + \sum_{k=1}^m L_k'(\omega) - \sum_{k=1}^n L_k(\omega),$$

trong đó

$$L_k'(\omega) = 20 \lg |1 + T_k' j\omega| \quad \text{và} \quad L_k(\omega) = 20 \lg |1 + T_k j\omega|$$

Đồ thị Bode của một khâu phức tạp có thể được thực hiện bằng cách cộng trừ các đồ thị thành phần

Đồ thị Bode của khâu khuếch đại

Hàm truyền đạt

$$G(s) = k$$

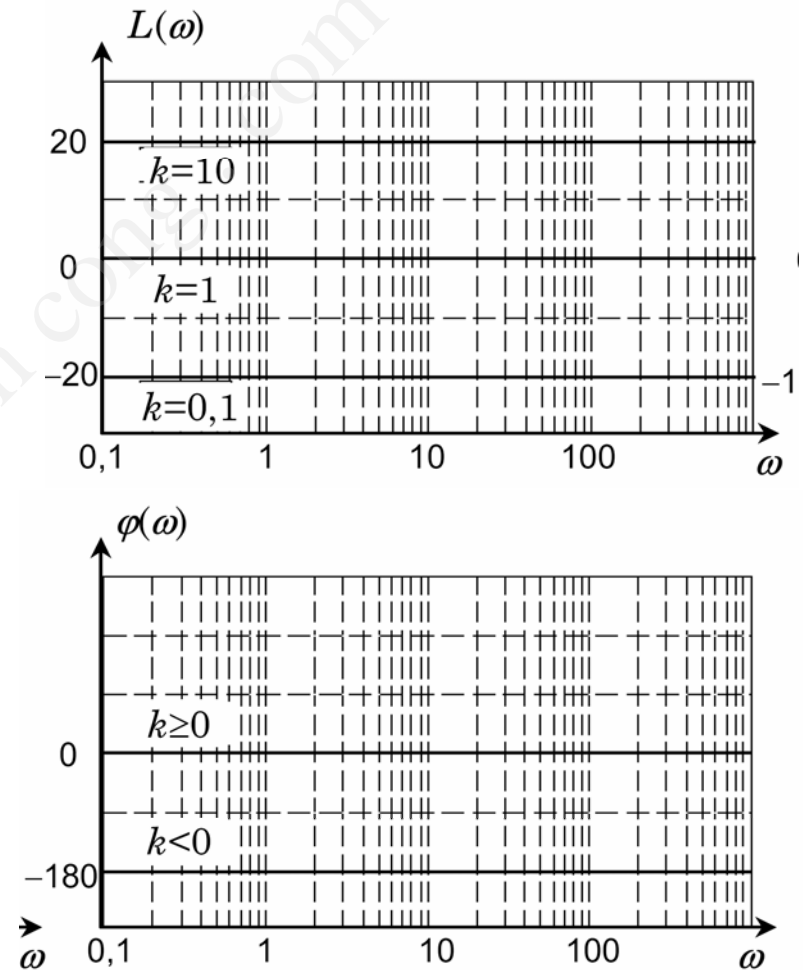
Hàm đặc tính tần

$$G(j\omega) = k.$$

Đồ thị Bode

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg |k|$$

$$\varphi(\omega) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } k \geq 0 \\ -180 & \text{nếu } k < 0 \end{cases}$$



Đồ thị Bode của khâu tích phân

Hàm truyền đạt

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

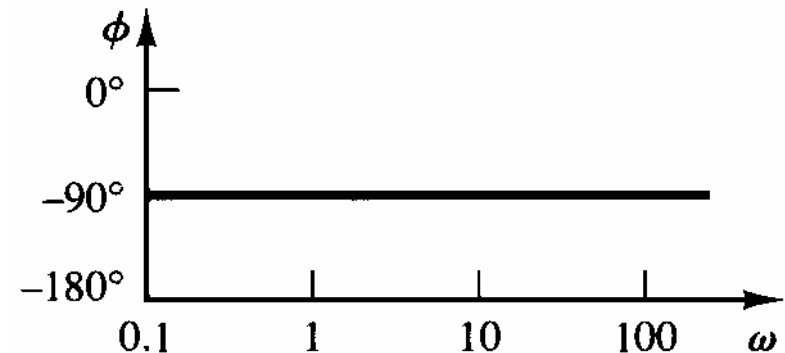
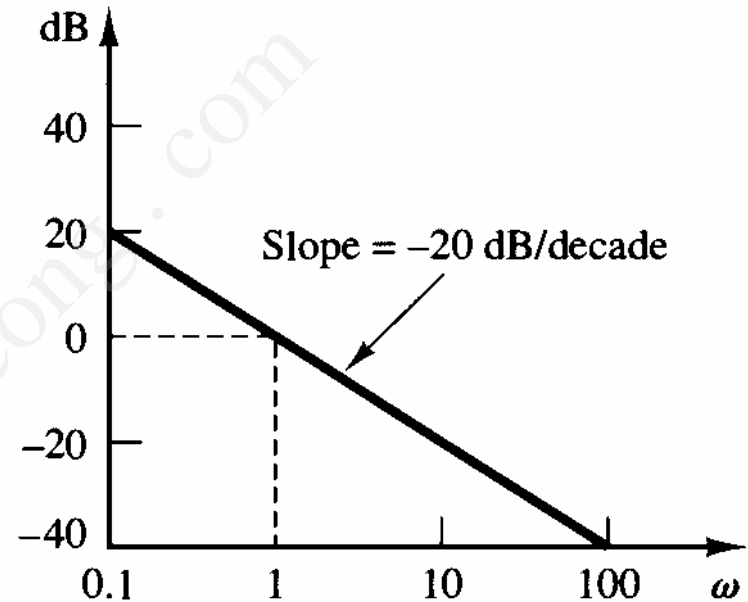
Hàm đặc tính tần

$$G(j\omega) = \frac{1}{j\omega} = -\frac{j}{\omega}$$

Đồ thị Bode

$$L(\omega) = -20 \lg \omega$$

$$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$$



Đồ thị Bode của khâu vi phân

Hàm truyền đạt

$$G(s) = s$$

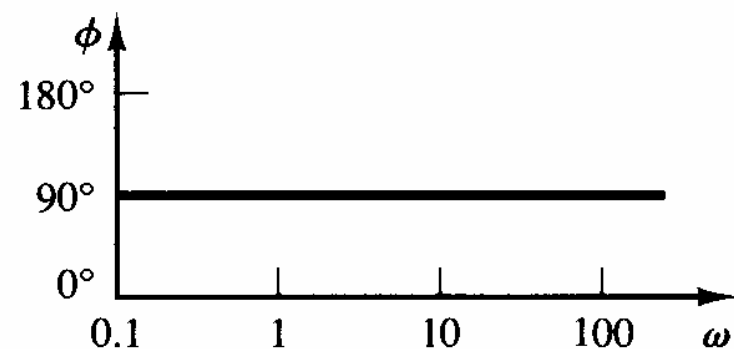
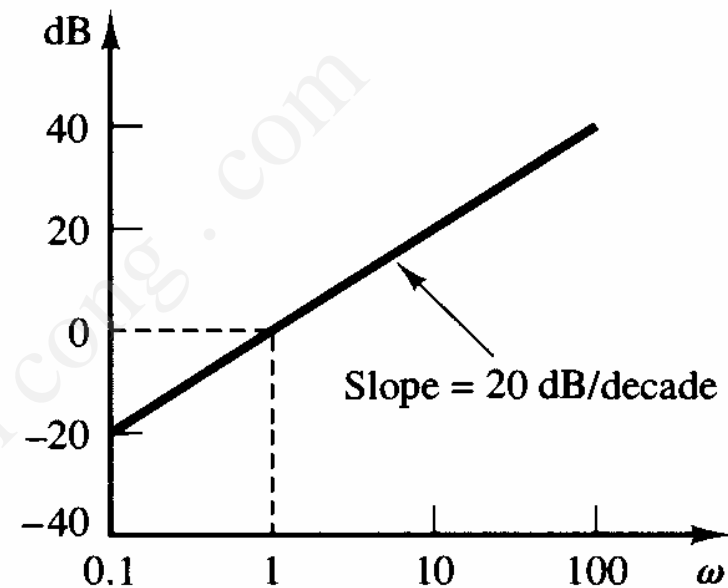
Hàm đặc tính tần

$$G(j\omega) = j\omega$$

Đồ thị Bode

$$L(\omega) = 20 \lg \omega$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}$$



Đồ thị Bode của khâu quán tính bậc nhất

$$G(s) = \frac{1}{1 + Ts} \quad G(j\omega) = \frac{1}{1 + Tj\omega} = \frac{1}{1 + (T\omega)^2} - j \cdot \frac{T\omega}{1 + (T\omega)^2}$$

Nên $L(\omega) = -10 \cdot \lg(1 + T^2 \omega^2)$

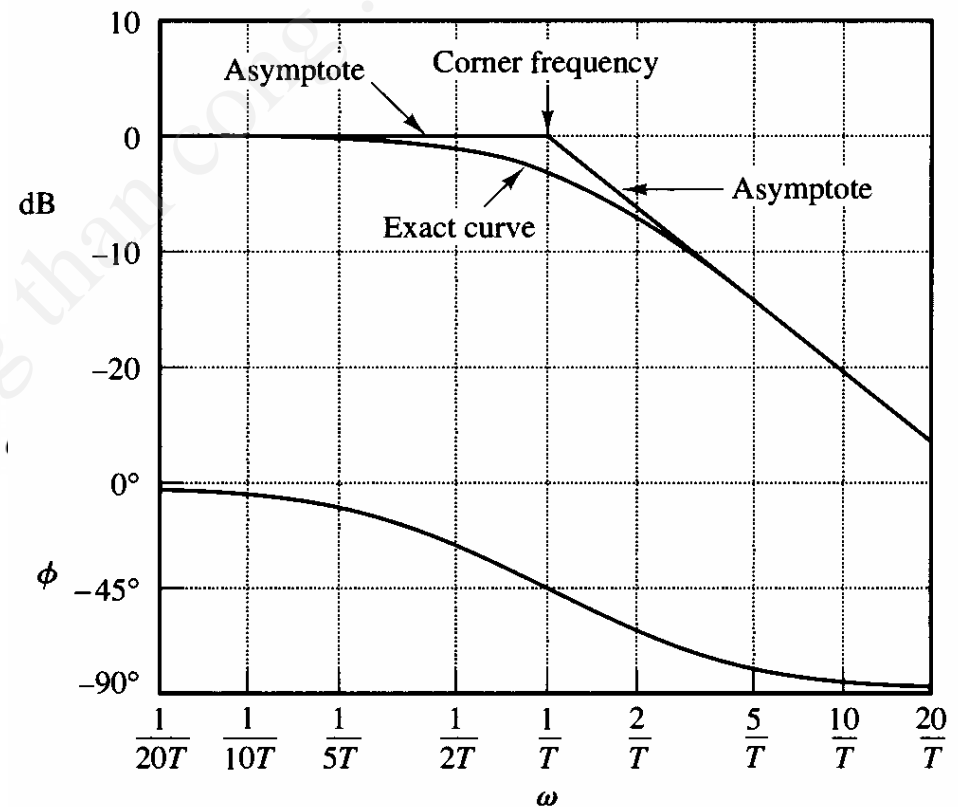
và $\phi(\omega) = -\arctan T\omega$

Các đường tiệm cận

$$L(\omega) = \begin{cases} 0 & \text{khi } \omega \rightarrow 0 \\ -20(\lg \omega + \lg T) & \text{khi } \omega \rightarrow \infty \end{cases}$$

Tại điểm tần số gãy

$$L(\omega_G) = -10 \cdot \lg(2) \approx -3\text{dB}.$$



Đồ thị Bode của khâu dao động bậc hai

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

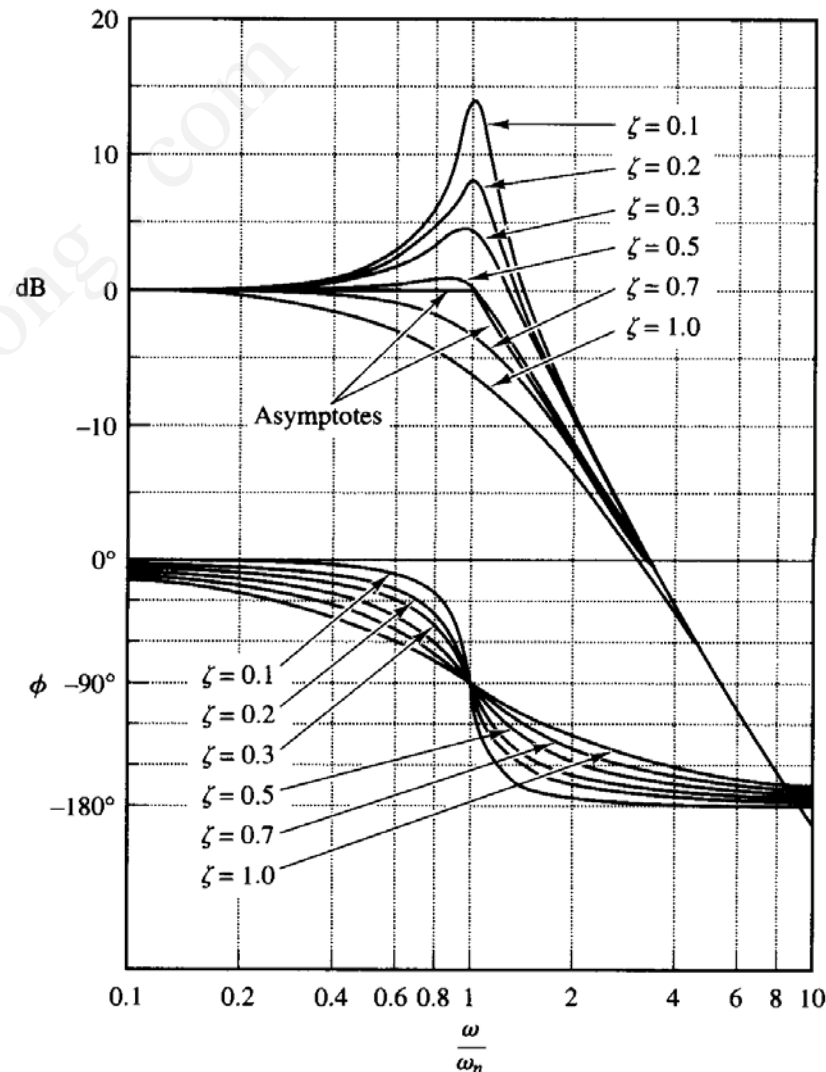
$$G(j\omega) = \frac{1}{1 + 2\zeta\left(j\frac{\omega}{\omega_n}\right) + \left(j\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

$$L(\omega) = -20 \lg \sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

$$\varphi = -\arctg \left[\frac{2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \right]$$

$$t \rightarrow 0: L(\omega) = 0$$

$$t \rightarrow \infty: L(\omega) = -20 \log \frac{\omega^2}{\omega_n^2} = -40 \log \frac{\omega}{\omega_n} \text{ dB}$$



Đồ thị Bode của khâu bất kỳ

Ví dụ

Xét hệ có hàm đặc tính tần

$$G(j\omega) = \frac{10(j\omega + 3)}{(j\omega)(j\omega + 2)[(j\omega)^2 + j\omega + 2]}$$

$$G(j\omega) = \frac{7.5\left(\frac{j\omega}{3} + 1\right)}{(j\omega)\left(\frac{j\omega}{2} + 1\right)\left[\frac{(j\omega)^2}{2} + \frac{j\omega}{2} + 1\right]}$$

Hàm truyền này có các thành phần là

$$7.5, \quad (j\omega)^{-1}, \quad 1 + j\frac{\omega}{3}, \quad \left(1 + j\frac{\omega}{2}\right)^{-1}, \quad \left[1 + j\frac{\omega}{2} + \frac{(j\omega)^2}{2}\right]^{-1}$$

Tần số gãy của các thành phần thứ ba, thứ tư, thứ năm lần lượt là $\omega=3$, $\omega=2$ và $\omega=\sqrt{2}$. Thành phần cuối cùng có hệ số tắt dần là 0.3536

Đồ thị Bode của khâu bất kỳ (tiếp)

