

Especificaciones de respuesta transitoria

Biomecatrónica 2025-1



Especificaciones de respuesta

La respuesta transitoria de un sistema de control práctico muestra con frecuencia oscilaciones amortiguadas antes de alcanzar el estado estacionario

En muchos casos prácticos, las características de desempeño deseadas del sistema de control se especifican en términos de cantidades en el dominio del tiempo

Sistemas subamortiguados

El sistema subamortiguado de segundo orden, un modelo común para problemas físicos, muestra un comportamiento único que debe detallarse

Es necesaria una descripción detallada de la respuesta subamortiguada tanto para el análisis como para el diseño

Respuesta al escalón

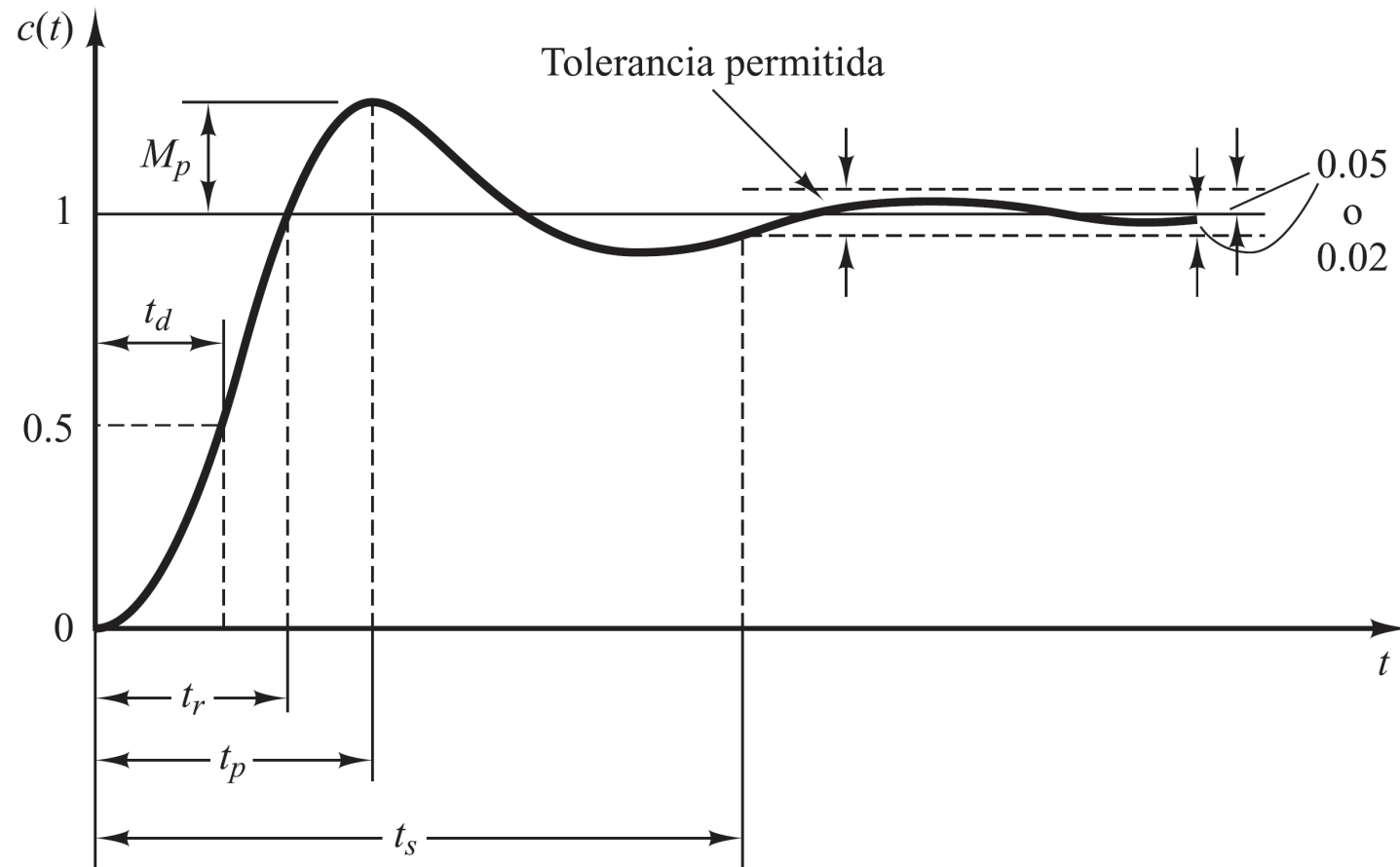
La expresión de $c(t)$ se puede hallar de forma genérica a partir de la expansión en fracciones parciales

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)} = \frac{1}{s} + \frac{(s + \zeta\omega_n) + \frac{\zeta}{\sqrt{1 - \zeta^2}}\omega_n\sqrt{1 - \zeta^2}}{(s + \zeta\omega_n)^2 + \omega_n^2(1 - \zeta^2)}$$

Respuesta al escalón

$$\begin{aligned} c(t) &= 1 - e^{-\zeta\omega_n t} \left(\cos \omega_d t + \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin \omega_d t \right) \\ &= 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin \left(\omega_d t + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} \right) \end{aligned}$$

Respuesta al escalón



Medidas de desempeño

Para describir el comportamiento dinámico de un sistema de segundo orden subamortiguado se usan las cuatro medidas de desempeño mostradas en la gráfica anterior

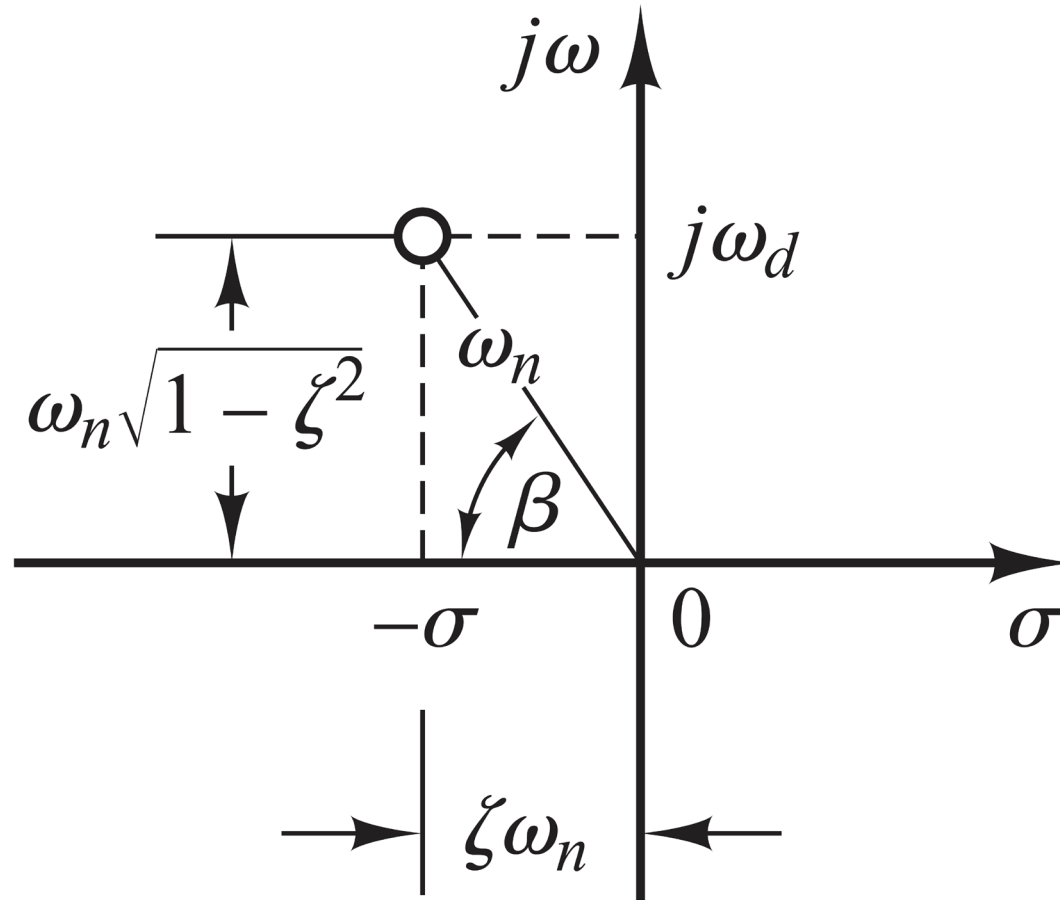
$$t_p = \frac{\pi}{\omega_d}$$

$$M_p = \exp\left(-\frac{\sigma\pi}{\omega_d}\right)$$

$$t_s = -\frac{\ln\left(\epsilon\sqrt{1-\zeta^2}\right)}{\sigma} \approx \frac{4}{\sigma} \quad (2\%)$$
$$\approx \frac{3}{\sigma} \quad (5\%)$$

$$\zeta = \frac{-\ln(M_p)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(M_p)}}$$

Tiempo de subida t_r



$$t_r = \frac{\pi - \beta}{\omega_d}$$

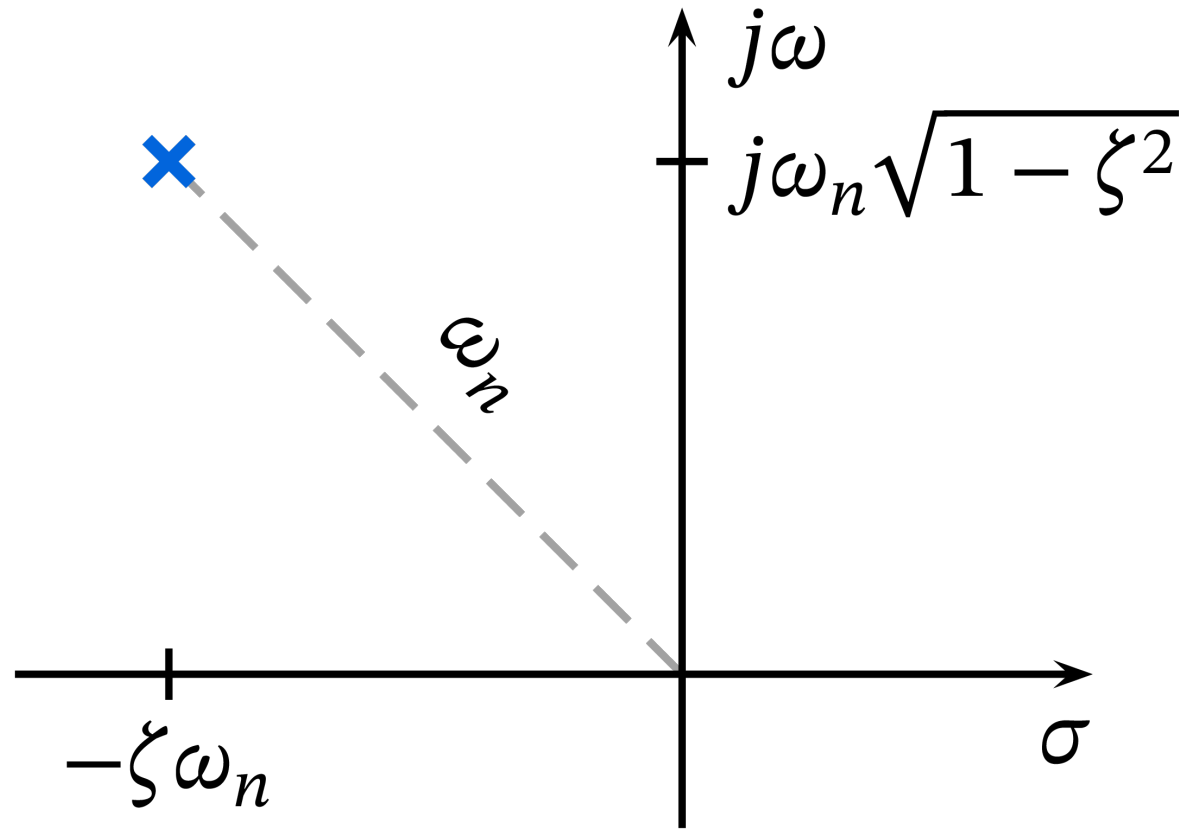
Ejemplo 1

Calcule las medidas de desempeño para los sistemas mostrados a continuación

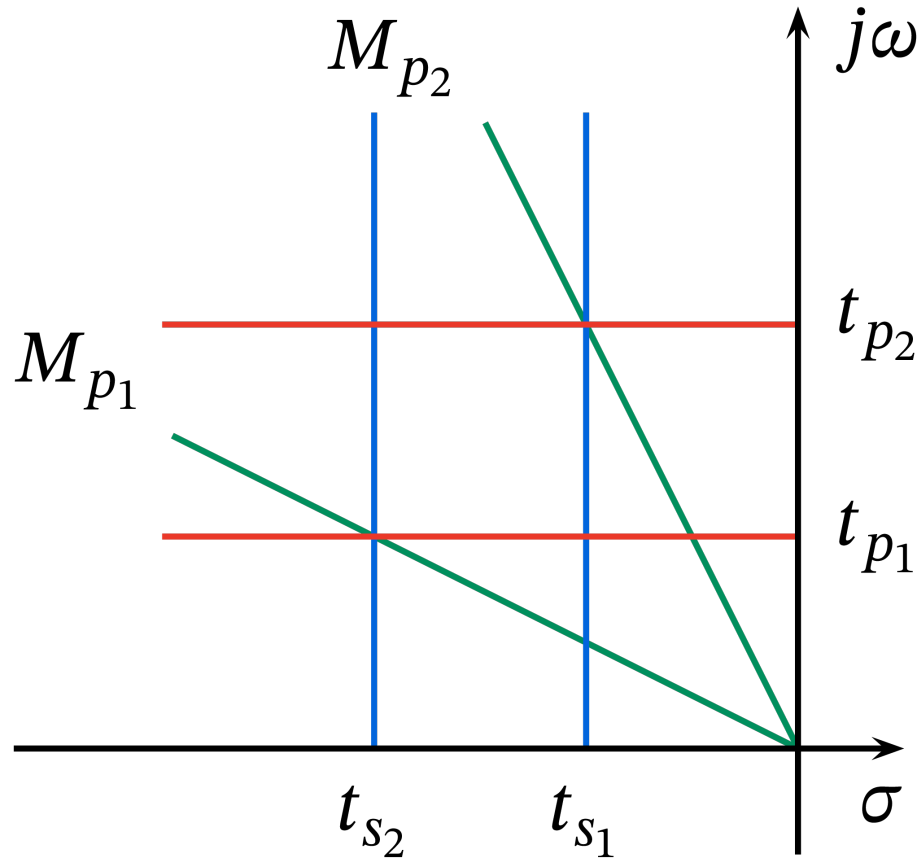
$$G_1(s) = \frac{100}{s^2 + 15s + 100}$$

$$G_2(s) = \frac{25}{s^2 + 6s + 25}$$

Relación medidas – ubicación de polos

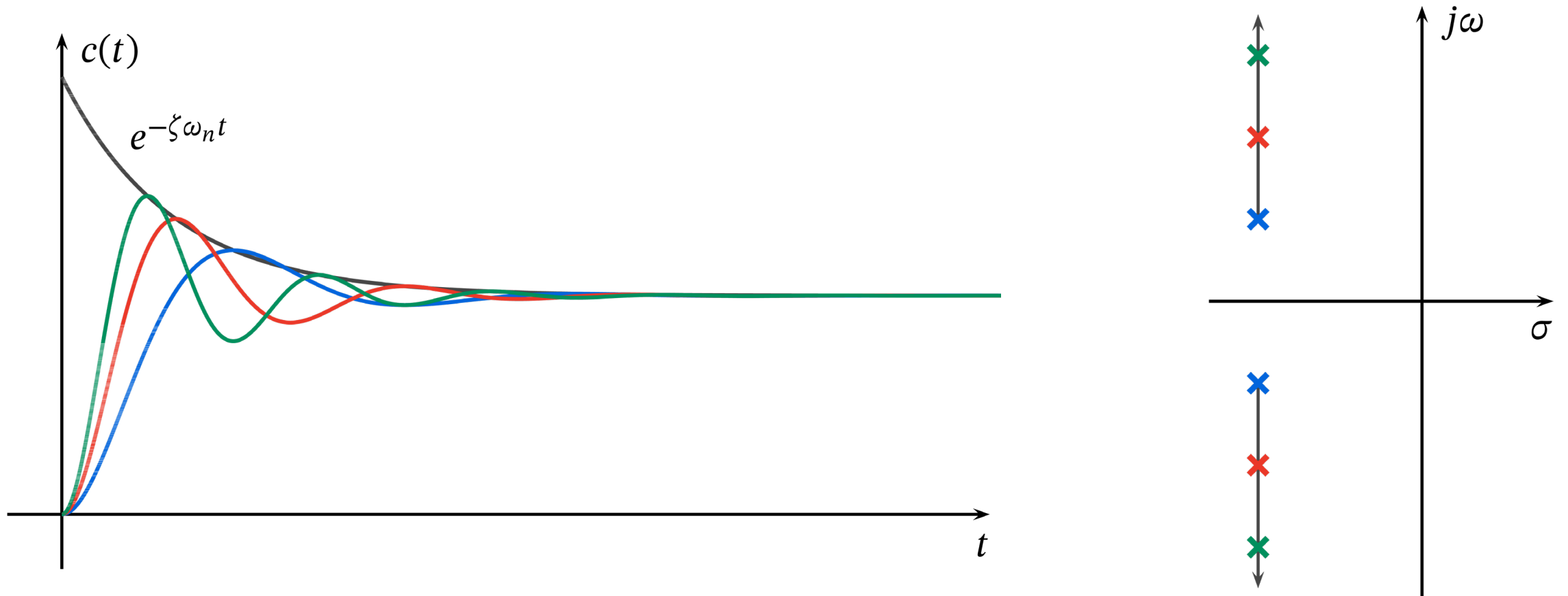


Relación medidas – ubicación de polos

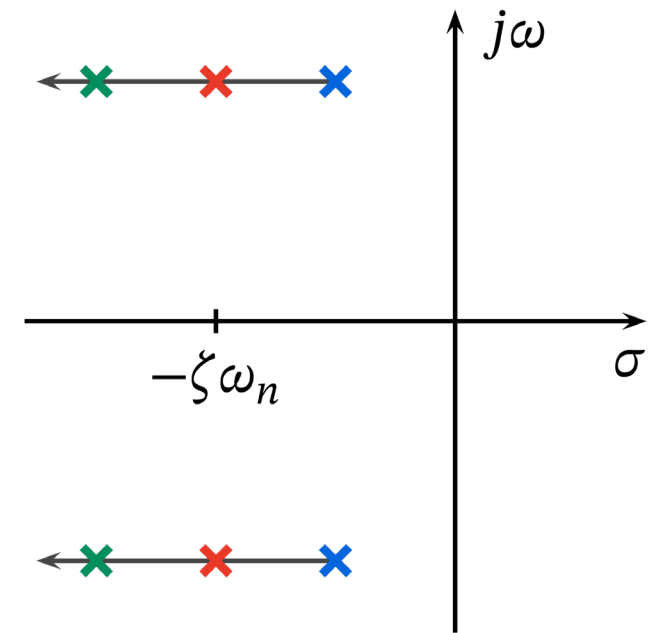
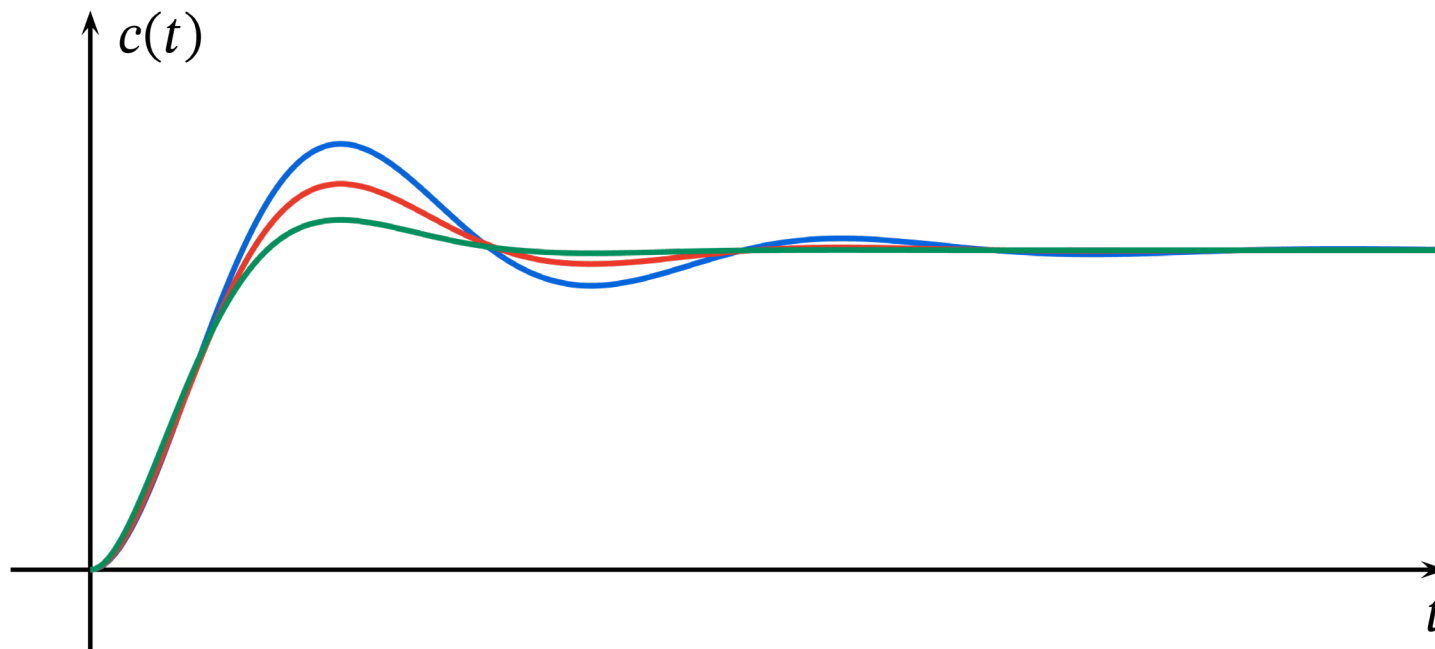


$$\begin{aligned} t_{s1} &> t_{s2} \\ t_{p1} &> t_{p2} \\ M_{p1} &< M_{p2} \end{aligned}$$

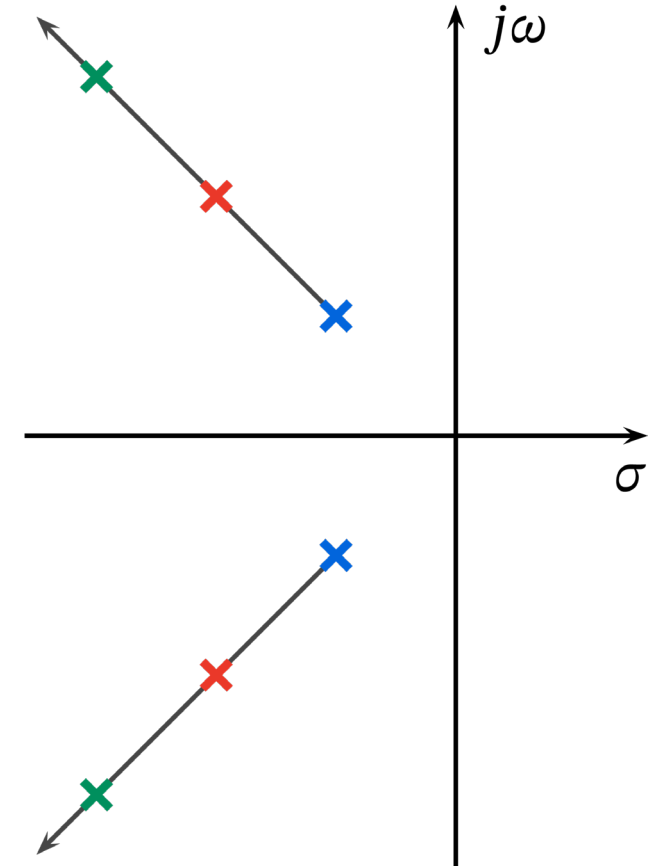
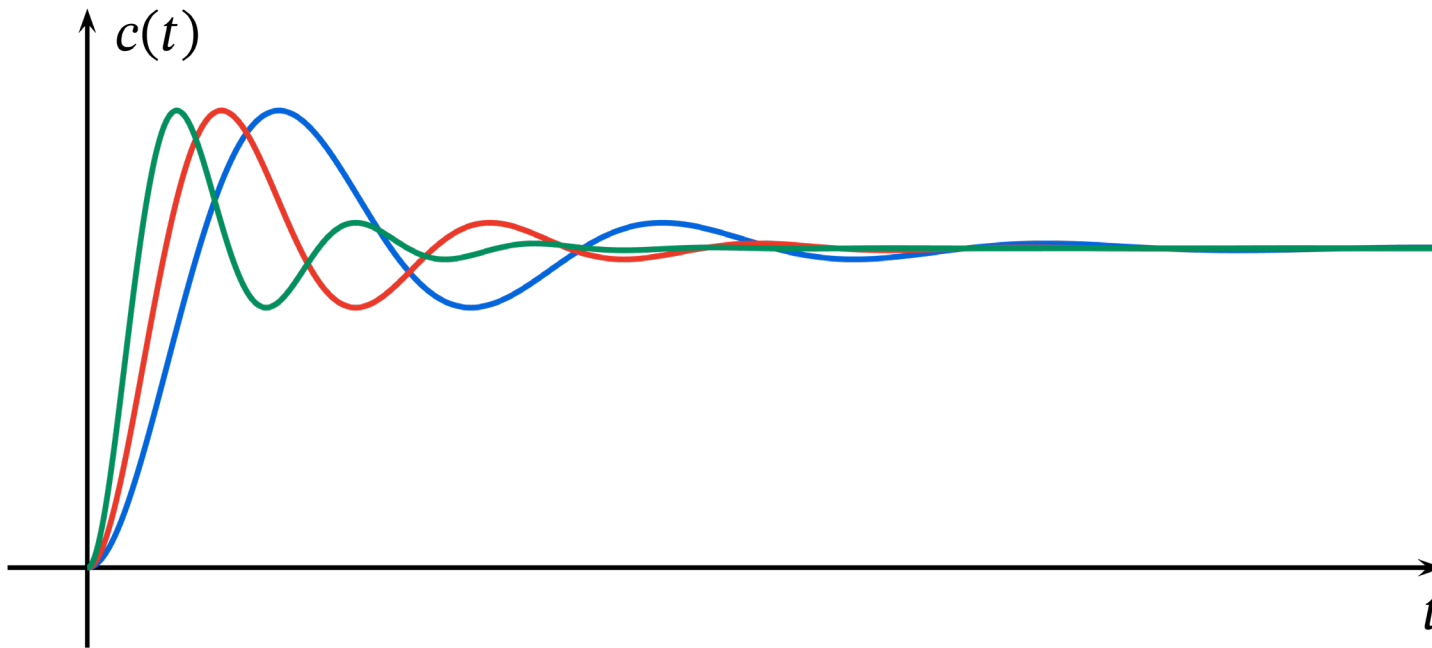
Tiempo de estabilización



Tiempo de pico



Porcentaje de sobreimpulso



Ejemplo 2

Para el sistema de la figura, determine los valores de la ganancia K y la constante de realimentación de velocidad K_h para que el máximo sobreimpulso en la respuesta escalón unitario sea 20 % y el tiempo pico sea 1 s. Suponga que $J = 1 \text{ kgm}^2$ y que $B = 1 \text{ Nmrad}^{-1}\text{s}^{-1}$

