Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias Químicas e Ingenierías

Sistemas de control

Sistemas de 2do Orden

Alumnos: Lopez Valencia Luis Angel

Grupo: 552

Maestro: LIZETTE ARAIZA MEDRANO

Conceptos y Fórmulas

El modelo prototipo es un sistema de segundo orden. Si bien son raros los sistemas de control de segundo orden, su análisis ayuda a formar una base para el diseño y análisis de sistemas de orden más alto cuya representación puede aproximarse mediante sistemas de segundo orden.

Disponiendo del diagrama de bloques con realimentación unitaria, la función de transferencia a lazo cerrado Gce(s) nos permite calcular el valor de los parámetros ωn y ζ. Con estos términos, podremos evaluar el desempeño del sistema en su respuesta transitoria a la entrada escalón unitario, mediante las siguientes fórmulas , aplicables sobre todo al sistema subamortiguado ($0<\zeta<1$):

Para evaluar estos conceptos, lo más práctico es representar el sistema en términos del modelo prototipo, el cual se ilustra mediante un diagrama de bloques en la Figura 5-6:

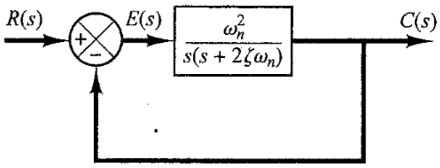

Figure 5–6
Second-order system.

La representación prototipo muestra claramente dos funciones fundamentales para los cálculos: la Función de Transferencia Directa $G_{(s)}$ y la Función de Transferencia a Lazo Cerrado $C_{(s)}/R_{(s)}=G_{ce(s)}$, que en la Figura 5-6 son:

$$G_{(s)} = \frac{\omega_n^2}{s(s+2\varsigma\omega_n)}$$

$$G_{ce(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\varsigma\omega_n s + \omega_n^2}$$

Estas funciones definen dos parámetros de uso muy extendido cuando se dan especificaciones de diseño de un sistema de control:

$$\omega_n: frecuencia\ natural$$

$$\varsigma: factor\ de\ amortiguamiento\ relativo$$

Sobrepaso máximo (Mp): Es el valor pico máximo de la curva de respuesta medida a partir de la unidad. Según otra bibliografía, es también la cantidad en que la forma de la curva de salida sobrepasa el valor final de la salida, expresada en porcentaje.

- Sobrepaso máximo (M_p), o por sus siglas en Inglés %OS (Over-Shooting):

$$\boxed{\%OS = e^{-(\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2})} \times 100}$$

$$M_p = e^{-(\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2})}X100$$

también podemos utilizar:

$$M_p = \frac{y(t_{(p)}) - y(\infty)}{y(\infty)}$$

donde $y(t_{(p)})$ es el valor de la salida en el tiempo de máximo sobrepaso, mientras $y(\infty)$ es el valor de la salida en estado estable, cuando desaparece la respuesta transitoria.

Es muy útil contar además con la expresión para el factor de amortiguamiento relativo ζ en función del sobrepaso M_p:

$$\zeta = \frac{-\ln(\%M_p/100)}{\sqrt{\pi^2 + (\ln(\%M_p/100))^2}}$$

Tiempo de retardo (Td): Es el tiempo requerido para que la respuesta del sistema alcance la mitad del valor final por primera vez.

- Tiempo de retardo (T_d)

$$t_d \cong \frac{1 + 0.7\varsigma}{\omega_n} \quad para\ 0 < \varsigma < 1.0$$

Tiempo de asentamiento (Ts): Es el tiempo requerido para que las oscilaciones amortiguadas transitorias alcancen y permanezcan dentro del ±2% o del ±5% del valor final o valor en estado estable.

- Tiempo de asentamiento (T_s)

$$T_s = \frac{4}{\varsigma\omega_n} \quad criterio\ del\ 2\%$$

$$T_s = \frac{3}{\varsigma\omega_n} \quad criterio\ del\ 5\%$$

Tiempo de levantamiento (Tr): Es el tiempo requerido para que la respuesta del sistema pase del 10% al 90% del valor final. En otras palabras, para que vaya de 0.1 del valor final al 0.9 del valor final.

- Tiempo de levantamiento (T_r)

El tiempo de levantamiento no se puede expresar en función del factor de amortiguamiento relativo ζ. Ya que T_r es el tiempo requerido para que la respuesta del sistema pase del 10% al 90% del valor final, la manera más práctica de hallar el valor de T_r es utilizando la gráfica para la salida $C_{(t)}$ del sistema a una entrada escalón, generada por la computadora ***(step()*** en Matlab**),** y restar, para un valor determinado del factor de amortiguamiento relativo ζ, los tiempos para los cuáles $C_{(t)}=0.9$ y $C_{(t)}=0.1$ (se da un ejemplo más adelante).

También se puede utilizar la siguiente relación para la cual es necesario contar con los componentes real e imaginario de la raíz que se corresponde con los valores dados de ω_n y ζ (Figura 5-9):

$$t_r = \frac{1}{\omega_d}\tan^{-1}\left(\frac{\omega_d}{-\sigma}\right) = \frac{\pi - \beta}{\omega_d}$$

donde ω_d es la frecuencia natural amortiguada:

$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}.$$

y β está definida por la Figura 5-9:

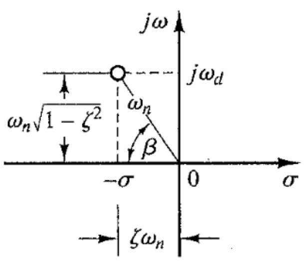

Figure 5–9
Definition of the angle β.

Tiempo pico (Tp ó Tmáx): Es el tiempo requerido para que la respuesta del sistema alcance el pico del levantamiento máximo.

- Tiempo pico (T_p)

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\varsigma^2}}$$

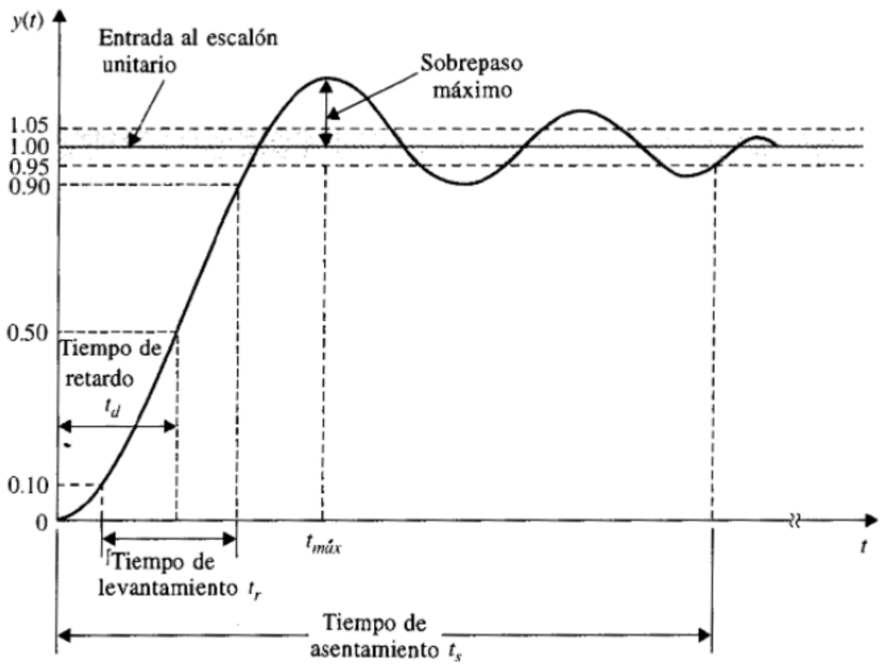

Figura 7-11 Respuesta típica al escalón unitario de un sistema de control.

Cibergrafias

- Respuesta transitoria de un sistema de control. (2018, 9 marzo). dademuch. Recuperado 1 de mayo de 2022, de https://dademuch.com/2018/03/09/respuesta-transitoria-de-un-sistema-de-control/#:~:text=Tiempo%20de%20asentamiento%20(Ts)%3A%20es%20el%20tiempo%20requerido,al%2090%25%20del%20valor%20final.
- Blanco, D. B. (s. f.). T9 análisis temporal 2o orden. senales-y-sistemas. Recuperado 1 de mayo de 2022, de https://ocw.uc3m.es/ingenieria-de-sistemas-y-automatica/senales-y-sistemas/temas/t9-ana301lisis-temporal-2o-orden.pdf
- CASTAÑO GIRALDO, S. A. C. G. (s. f.). Sistemas de segundo orden. Controlautomaticoeducacion. Recuperado 1 de mayo de 2022, de https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/sistemas-de-segundo-orden/