

## PROBLEMAS

**B-4-1.** Un termómetro requiere de un minuto para alcanzar el 98% del valor final de la respuesta a una entrada escalón. Suponiendo que el termómetro es un sistema de primer orden, encuentre la constante de tiempo.

Si el termómetro se coloca en un baño, cuya temperatura cambia en forma lineal a una velocidad de  $10^\circ/\text{min}$ , ¿cuánto error muestra el termómetro?

**B-4-2.** Considere el sistema de la figura 4-53. Un servomotor de cd controlado por armadura, maneja una carga formada por el momento de inercia  $J_L$ . El par que desarrolla el motor es  $T$ . El desplazamiento angular del rotor del motor y del elemento de carga son  $\theta_m$  y  $\theta$ , respectivamente. La relación de engranes es  $n = \theta/\theta_m$ . Obtenga la función de transferencia  $\Theta(s)/E_i(s)$ .

**B-4-3.** Considere el sistema de la figura 4-54(a). El factor de amortiguamiento relativo de este sistema es 0.158 y la frecuencia natural no amortiguada es de 3.16 rad/seg. Para mejorar la estabilidad relativa, se emplea una reali-

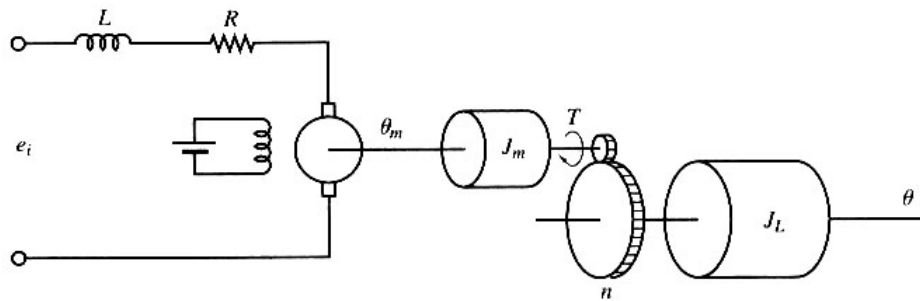
mentación de tacómetro. La figura 4-54(b) muestra tal sistema de realimentación de tacómetro.

Determine el valor de  $K_h$  para que el factor de amortiguamiento relativo del sistema sea 0.5. Dibuje curvas de respuesta escalón unitario tanto del sistema original como del sistema de realimentación de tacómetro. También dibuje las curvas de error contra el tiempo para la respuesta rampa unitaria de ambos sistemas.

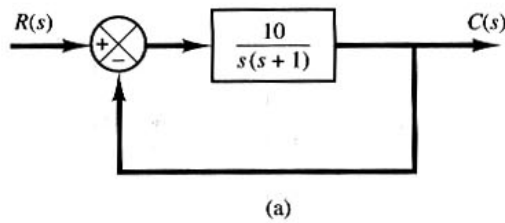
**B-4-4.** Obtenga la respuesta escalón unitario de un sistema realimentado unitariamente, cuya función de transferencia en lazo abierto es

$$G(s) = \frac{4}{s(s + 5)}$$

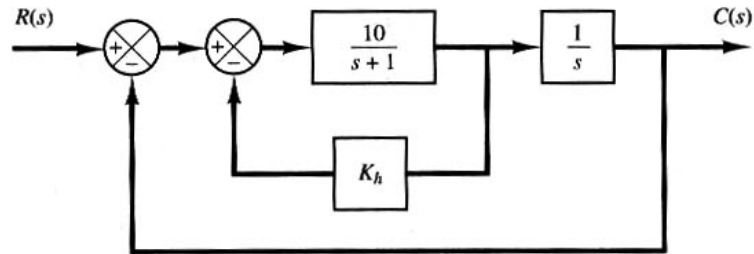
**B-4-5.** Considere la respuesta escalón unitario de un sistema de control realimentado unitariamente cuya función de transferencia en lazo abierto es



**Figura 4-53**  
Sistema servomotor de cd controlado por armadura.



(a)



(b)

**Figura 4-54**

(a) Sistema de control;  
 (b) sistema de control con  
 realimentación de  
 tacómetro.

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

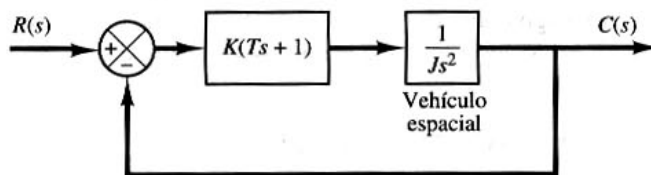
Obtenga el tiempo de levantamiento, el tiempo pico, el sobrepaso máximo y el tiempo de asentamiento.

**B-4-6.** Considere el sistema en lazo cerrado obtenido mediante

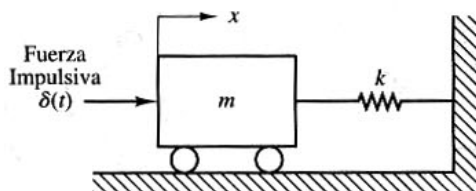
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Determine los valores de  $\zeta$  y  $\omega_n$  para que el sistema responda a una entrada escalón con un sobrepaso de aproximadamente 5% y con un tiempo de asentamiento de 2 seg. (Use el criterio del 2%.)

**B-4-7.** La figura 4-55 es un diagrama de bloques de un sistema de control de posición de un vehículo espacial.

**Figura 4-55**

Sistema de control de la posición de un vehículo espacial.

**Figura 4-56**  
Sistema mecánico.

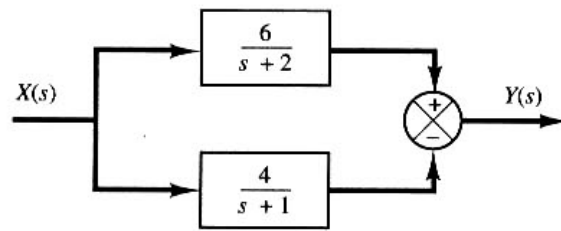
Suponiendo que la constante de tiempo  $T$  del controlador es de 3 seg y que la razón entre el par y la inercia  $K/J$  es de  $\frac{2}{3}$  rad<sup>2</sup>/seg<sup>2</sup>, encuentre el factor de amortiguamiento relativo del sistema.

**B-4-8.** Considere el sistema de la figura 4-56. Inicialmente el sistema está en reposo. Suponga que el carro se pone en movimiento mediante una fuerza de impulso unitario. ¿Puede detenerse mediante otra fuerza de impulso equivalente?

**B-4-9.** Obtenga la respuesta impulso unitario y la respuesta escalón unitario de un sistema realimentado unitariamente cuya función de transferencia en lazo abierto sea

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

**B-4-10.** Considere el sistema de la figura 4-57. Demuestre que la función de transferencia  $Y(s)/X(s)$  tiene un cero en



**Figura 4-57**  
Sistema con un cero en el semiplano derecho del plano  $s$ .

el semiplano derecho del plano  $s$ . A continuación obtenga  $y(t)$  cuando  $x(t)$  sea escalón unitario. Grafique  $y(t)$  contra  $t$ .

**B-4-11.** Se sabe que un sistema oscilatorio tiene la siguiente función de transferencia:

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

Suponga que existe un registro de una oscilación amortiguada, tal como aparece en la figura 4-58. Determine el factor de amortiguamiento relativo  $\zeta$  del sistema a partir de la gráfica.

**B-4-12.** Remitiéndonos al sistema de la figura 4-59, determine los valores de  $K$  y  $k$  tales que el sistema tenga un factor de amortiguamiento relativo  $\zeta$  de 0.7 y una frecuencia

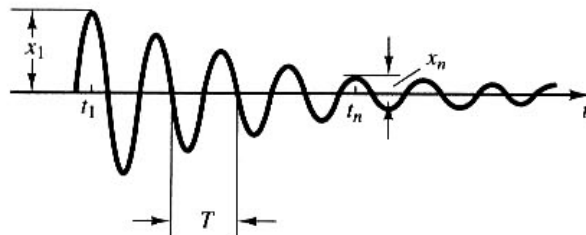
natural no amortiguada  $\omega_n$  de 4 rad/seg.

**B-4-13.** Considere el sistema de la figura 4-60. Determine el valor de  $k$  de modo que el factor de amortiguamiento relativo  $\zeta$  sea 0.5. Después obtenga el tiempo de levantamiento  $t_r$ , el tiempo pico  $t_p$ , el sobrepaso máximo  $M_r$  y el tiempo de asentamiento  $t_s$ , en la respuesta escalón unitario.

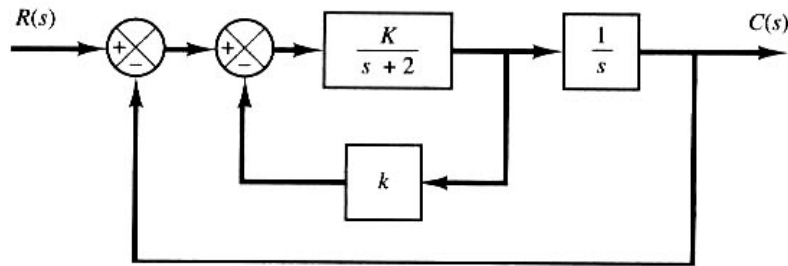
**B-4-14.** Use MATLAB para obtener la respuesta escalón unitario, la respuesta rampa unitaria y la respuesta impulso unitario del sistema siguiente:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{10}{s^2 + 2s + 10}$$

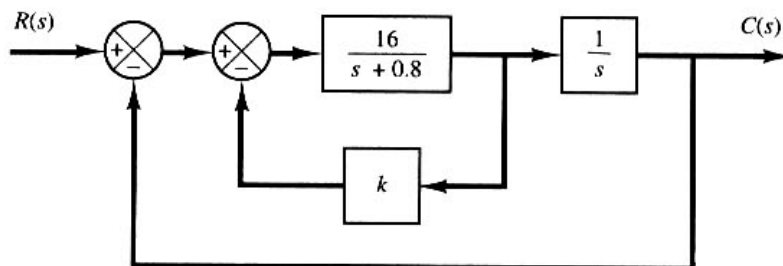
en donde  $R(s)$  y  $C(s)$  son transformadas de Laplace de la entrada  $R(t)$  y la salida  $c(t)$ , respectivamente.



**Figura 4-58**  
Oscilación amortiguada.



**Figura 4-59**  
Sistema en lazo cerrado.



**Figura 4-60**  
Diagrama de bloques de un sistema.

**B-4-15.** Con MATLAB, obtenga la respuesta escalón unitario, rampa unitaria e impulso unitario del sistema siguiente:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -0.5 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

en donde  $u$  es la entrada y  $y$  es la salida.

**B-4-16.** Considere el mismo problema analizado en el ejercicio A-4-16. Se pretende usar marcas distintas para curvas diferentes (tales como 'o', 'x', '--', '-', ':'). Modifique el programa MATLAB 4-14 para este propósito.