

4-1. Escriba las ecuaciones de fuerza de los sistemas lineales de traslación que se muestran en la Fig. 4P-1.

- (a) Dibuje los diagramas de estado empleando el número mínimo de integradores. Escriba las ecuaciones de estado a partir de los diagramas de estado.
- (b) Defina las variables de estado como sigue:
- (i)  $x_1 = y_2, x_2 = dy_2/dt, x_3 = y_1, y x_4 = dy_1/dt$
  - (ii)  $x_1 = y_2, x_2 = y_1, y x_3 = dy_1/dt$
  - (iii)  $x_1 = y_1, x_2 = y_2, y x_3 = dy_2/dt$

Escriba las ecuaciones de estado y dibuje el diagrama de estado con estas variables de estado. Encuentre las funciones de transferencia  $Y_1(s)/F(s)$  y  $Y_2(s)/F(s)$ .

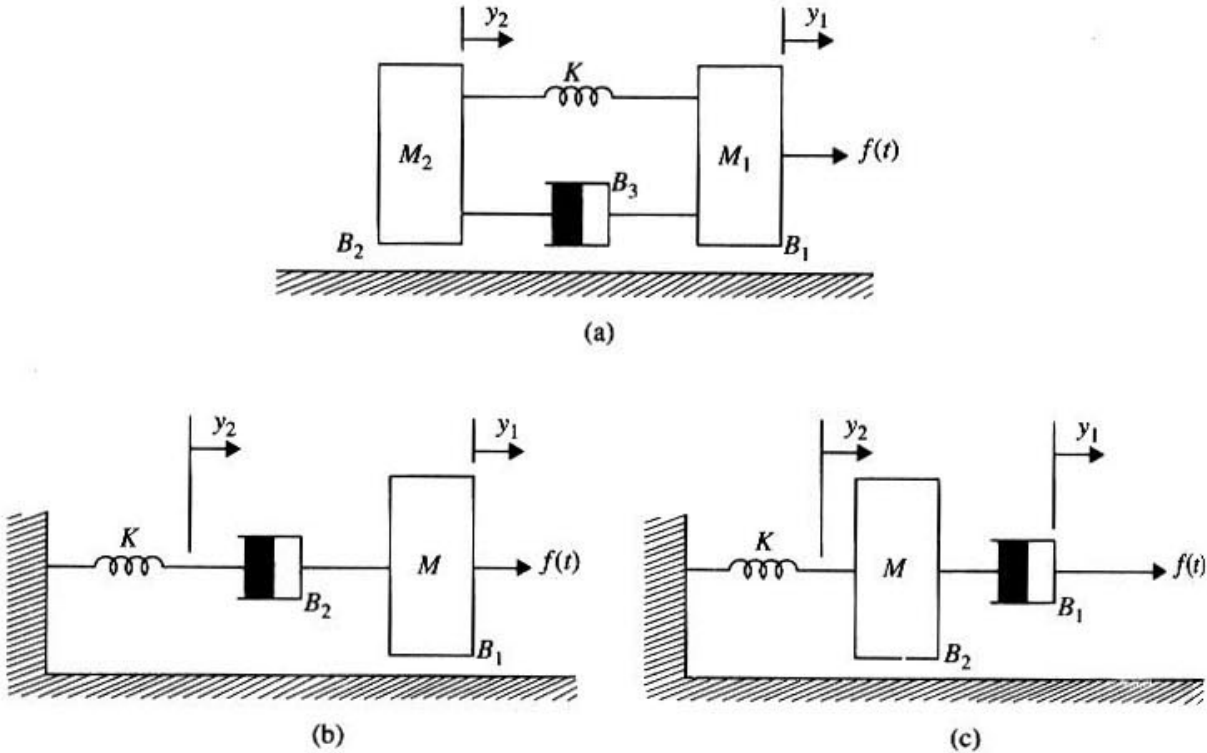


Figura 4P-1

- 4-2. Escriba las ecuaciones de fuerza de los sistemas lineales de traslación mostrados en la Fig. 4P-2. Dibuje el diagrama de estado empleando el número mínimo de integradores. Escriba las ecuaciones de estado a partir del diagrama de estado. Encuentre las funciones de transferencia  $Y_1(s)/F(s)$  y  $Y_2(s)/F(s)$ . Para las funciones de transferencia haga que  $Mg = 0$ .
- 4-3. Escriba las ecuaciones de par de los sistemas de rotación mostrados en la Fig. 4P-3. Dibuje los diagramas de estado empleando el número mínimo de integradores. Escriba las ecuaciones de estado a partir de los diagramas de estado. Encuentre la función de transferencia  $\Theta(s)/T(t)$ .

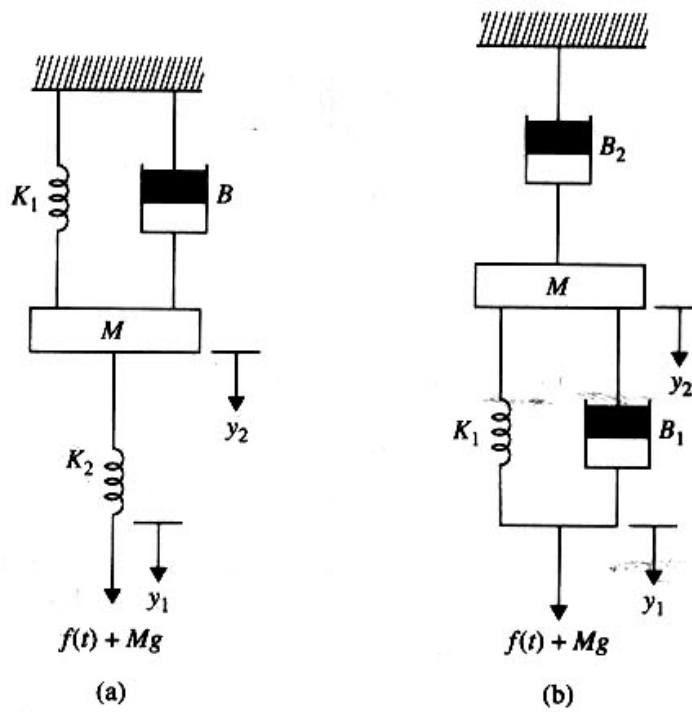


Figura 4P-2

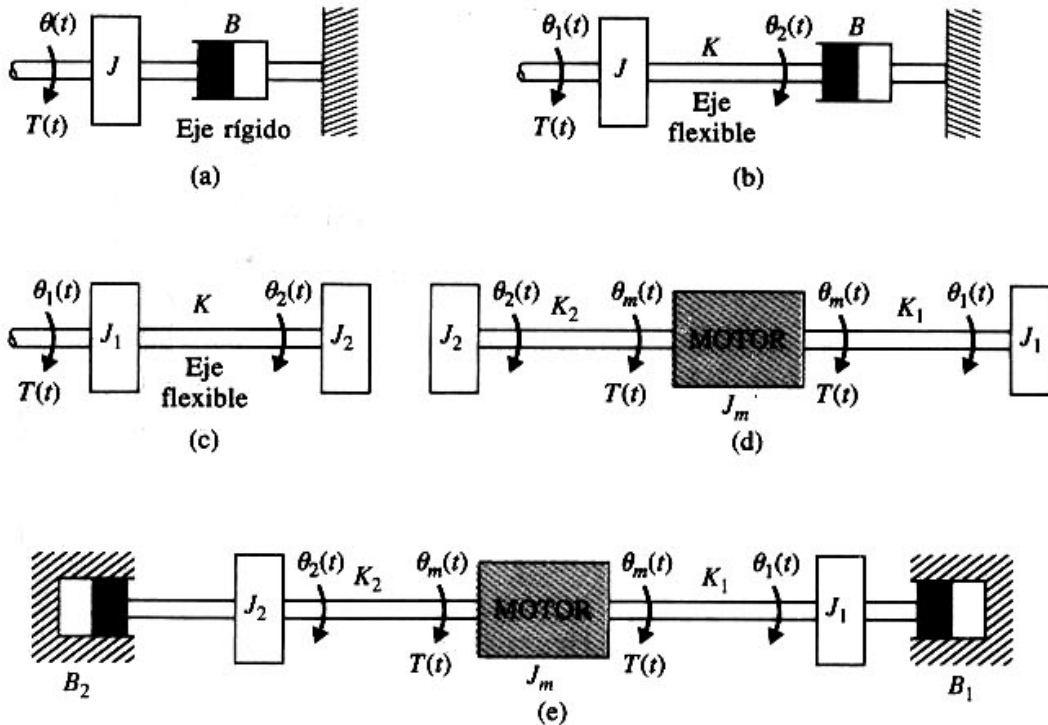


Figura 4P-3

para el sistema de la Fig. 4P-3(a). Encuentre las funciones de transferencia  $\Theta_1(s)/T(s)$  y  $\Theta_2(s)/T(s)$  para los sistemas de las partes (b), (c), (d) y (e).

- 4-4. Un sistema de control en lazo abierto de un motor se presenta en la Fig. 4P-4. El potenciómetro tiene un intervalo máximo de 10 vueltas ( $20\pi$  rad). Encuentre las funciones de transferencia

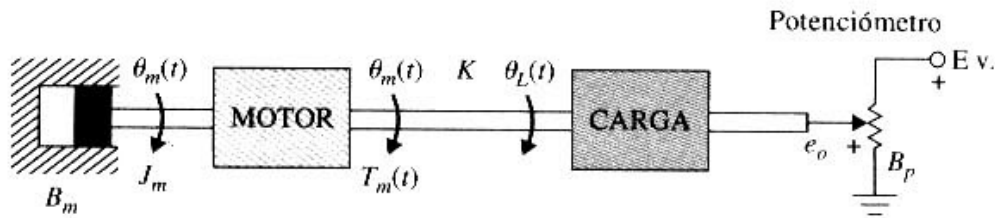


Figura 4P-4

$E_o(s)/T_m(s)$ . Se definen los siguientes parámetros y variables:  $\theta_m(t)$  es el desplazamiento del motor,  $\theta_L(t)$  es el desplazamiento de la carga,  $T_m(t)$  es el par del motor,  $J_m$  es la inercia del motor,  $B_m$  es el coeficiente de fricción viscosa del motor,  $B_p$  es el coeficiente de fricción viscosa del potenciómetro,  $e_o(t)$  es el voltaje de salida, y  $K$  es la constante del resorte torsional.

- 4-5. Escriba las ecuaciones del par del sistema de tren de engranes que se muestra en la Fig. 4P-5. Los momentos de inercia de los engranes son  $J_1$ ,  $J_2$ , y  $J_3$ .  $T_m(t)$  es el par aplicado;  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ , y  $N_4$  son los números de dientes de los engranes. Suponga que los ejes son rígidos.
- Suponga que  $J_1$ ,  $J_2$ , y  $J_3$  son despreciables. Escriba las ecuaciones de par del sistema. Encuentre la inercia total que el motor ve.
  - Repita la parte (a) con los momentos de inercia  $J_1$ ,  $J_2$ , y  $J_3$ .

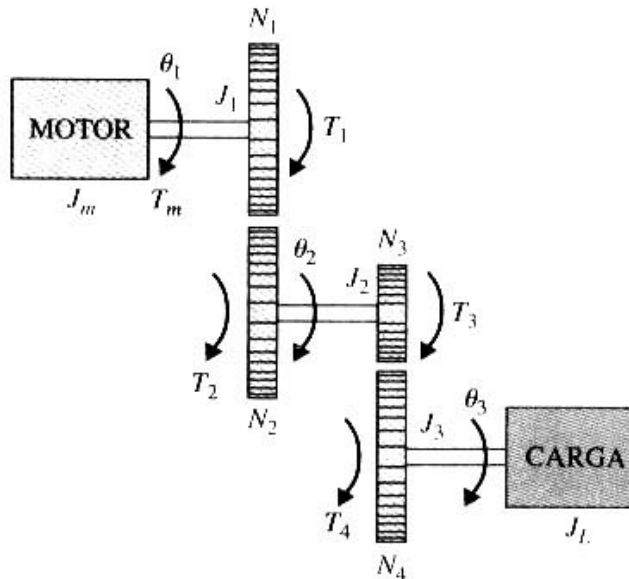


Figura 4P-5

- 4-6. Un vehículo que jala un remolque mediante un acoplamiento resorte-amortiguador se muestra en la Fig. 4P-6. Se definen los siguientes parámetros y variables:  $M$  es la masa del remolque,  $K_h$  la constante del resorte del acoplamiento,  $B_h$  es el coeficiente de fricción de amortiguación del acoplamiento,  $B_r$  es el coeficiente de fricción viscosa del remolque,  $y_1(t)$  es el desplazamiento del vehículo remolcador,  $y_2(t)$  es el desplazamiento del remolque, y  $f(t)$  es la fuerza del vehículo remolcador.
- Escriba la ecuación diferencial del sistema.
  - Escriba las ecuaciones de estado definiendo las siguientes variables de estado:  $x_1(t) = y_1(t) - y_2(t)$  y  $x_2(t) = dy_2(t)/dt$ .

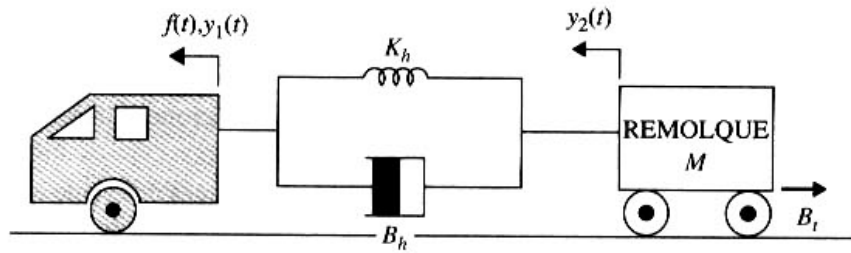


Figura 4P-6

4-7. La Fig. 4P-7 muestra un sistema de motor-carga acoplado a través de un tren de engranes con una relación de engranes  $n = N_1/N_2$ . El par del motor es  $T_m(t)$ , y  $T_L(t)$  representa el par de carga.

- Encuentre la relación de engranes óptima  $n^*$  tal que la aceleración de la carga  $\alpha_L = d\theta_L/dt$  sea máxima.
- Repita la parte (a) cuando el par de carga es cero.

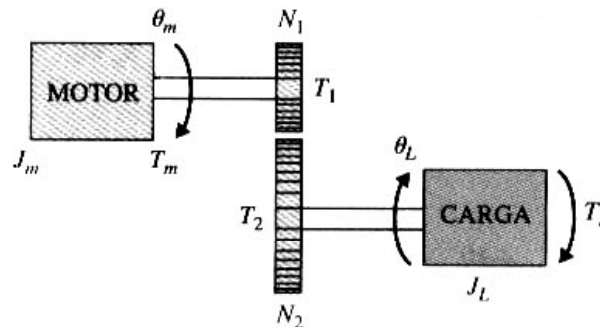


Figura 4P-7

4-8. La Fig. 4P-8 muestra el diagrama simplificado de un sistema de control de una rueda de impresión de un procesador de textos. La rueda de impresión está controlada por un motor de cd a través de bandas y poleas. Suponga que las bandas son rígidas. Se definen los siguientes parámetros y variables:  $T_m(t)$  es el par del motor,  $\theta_m(t)$  es el desplazamiento del motor,  $y(t)$  es el desplazamiento lineal de la rueda de impresión,  $J_m$  es la inercia del motor,  $B_m$  es el coeficiente de fricción viscosa del motor,  $r$  es el radio de la polea, y  $M$  es la masa de la rueda de impresión.

- Escriba la ecuación diferencial del sistema.
- Encuentre la función de transferencia  $Y(s)/T_m(s)$ .

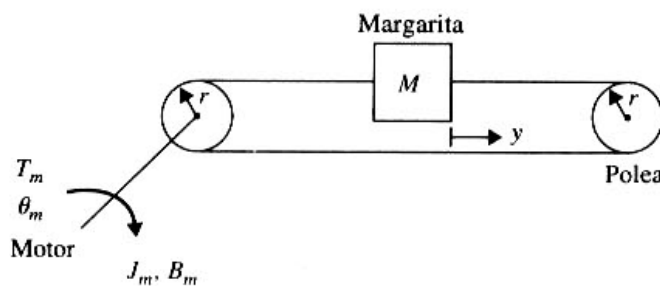


Figura 4P-8