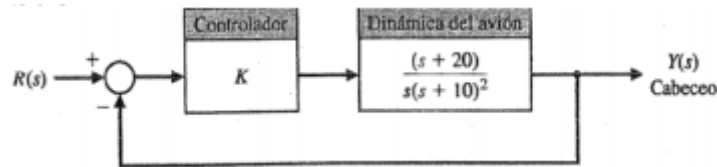


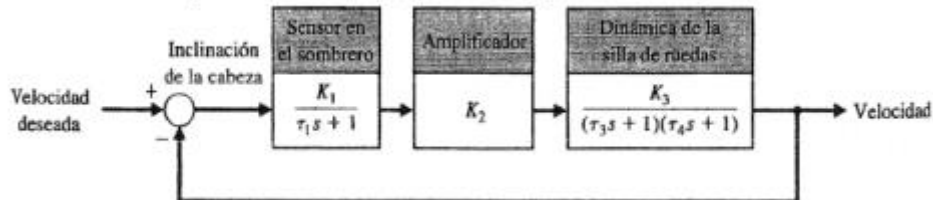


**Ejercicios Propuestos: Métodos para el estudio de la estabilidad**

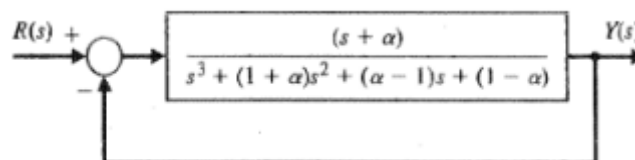
1. Los ingenieros de diseño trabajan en el desarrollo de aviones de combate pequeños rápidos y de despegue vertical, que sean invisibles a los radares (aviones clandestinos). En la figura se muestra el concepto de avión que emplea toberas de chorro de giro rápido para la dirección de la nave. El diagrama de bloques que representa el sistema de control de la dirección se muestra a continuación. Utilizando el criterio de Routh-Hurwitz determine la ganancia máxima del sistema para una operación estable.



2. Se diseña un sistema de control de velocidad para una silla de ruedas. Se desea que una persona cuadripléjica, cuyo único movimiento posible es el de la cabeza, pueda conducir una silla de ruedas motorizada. En la figura se muestra el sistema propuesto que utiliza sensores de velocidad montados en engranajes de cabecera. Los sensores proporcionan una salida proporcional a la magnitud del movimiento de la cabeza. Hay un sensor montado a intervalos de 90°, de forma que puede dirigirse hacia adelante, hacia la izquierda, hacia la derecha o hacia atrás. Los valores típicos para las constantes de tiempo son:  $\tau_1=0.5\text{seg}$ ,  $\tau_3=1\text{seg}$  y  $\tau_4=0.25\text{seg}$

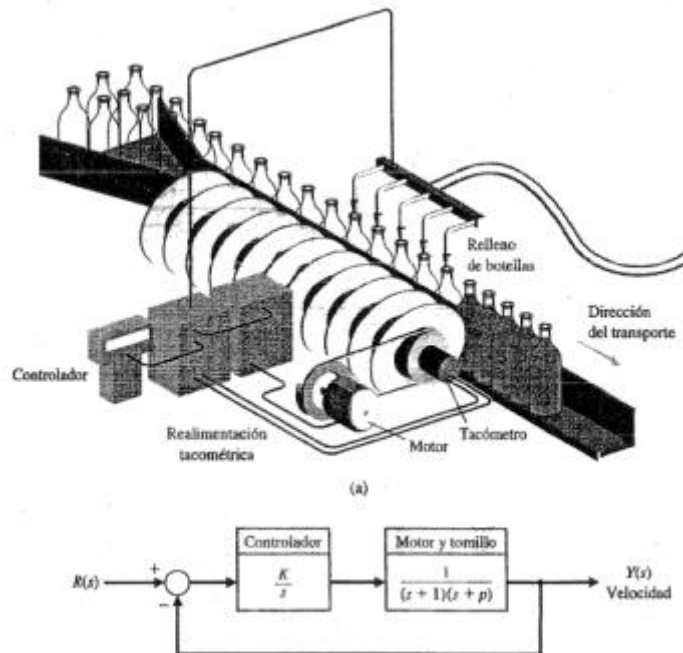


- 2.1. Determine la ganancia límite  $K=K_1K_2K_3$  para tener un sistema estable.
  - 2.2. Utilizando una ganancia  $K$  igual a un tercio del valor límite, determine si el tiempo de asentamiento (dentro del 2% del valor final del sistema) es menor a 4seg.
3. El diagrama de bloques muestra un sistema de control. Se requiere el sistema sea estable y que el error en estado estacionario para una entrada escalón unitario sea menor o igual que el 5%.

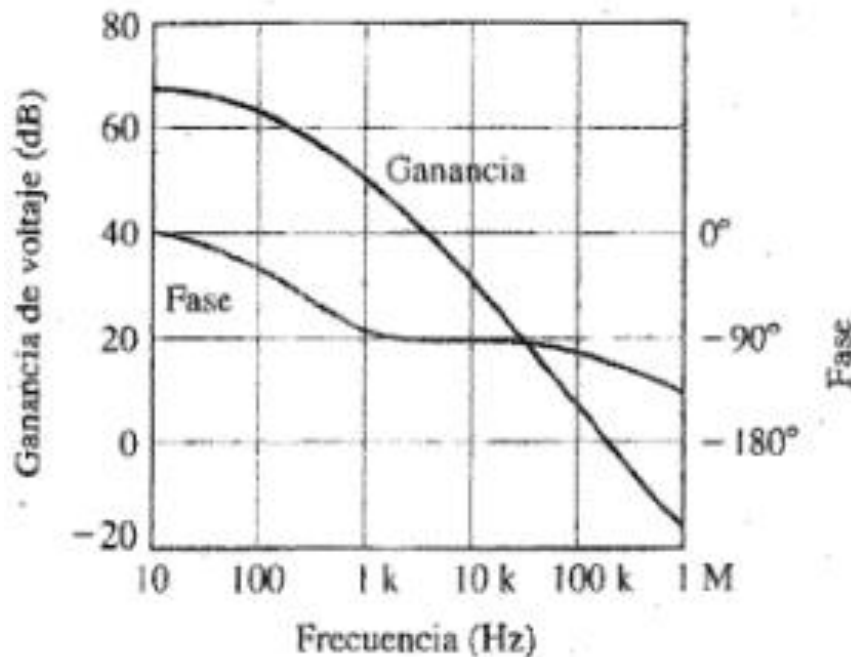


- 3.1. Determine el valor de  $\alpha$  que satisfaga el error solicitado.
  - 3.2. Determine el valor de  $\alpha$  que satisfaga el requisito de estabilidad.
  - 3.3. Seleccione un  $\alpha$  que reúna ambos requisitos.
4. Una línea de llenado de botellas utiliza un mecanismo de tornillo de alimentación, tal como se muestra en la figura. La realimentación tacométrica se utiliza para mantener

un control de velocidad preciso. Determine y dibuje el intervalo de  $K$  y  $p$  que permite un funcionamiento estable.



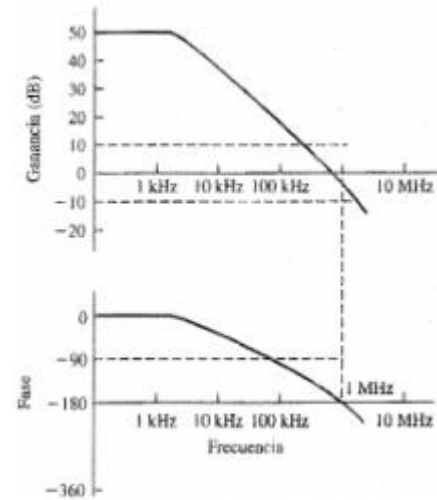
5. Para regular el voltaje de salida de un suministro de energía, se dispone de un lazo integrado para utilizar como sistema de realimentación. En la figura se muestra el diagrama de Bode de la función de transferencia requerida de lazo,  $GH(j\omega)$ . Estimar los márgenes de ganancia y de fase del regulador





6. Un lazo digital integrado CMOS se puede representar por medio del diagrama de Bode que se muestra en la figura.

- 6.1. Determinar los márgenes de ganancia y fase del circuito.
- 6.2. Calcular cuanto sería necesario disminuir la ganancia del sistema (dB) para obtener un margen de fase de  $60^\circ$



7. Un sistema tiene una función de transferencia en lazo abierto  $G(s) = \frac{K(s+100)}{s(s+10)(s+40)}$ . Cuando  $K=500$ , el sistema es inestable. Si la ganancia se reduce a 50, demostrar que el pico de resonancia es de 3.5dB y hallar el MF del sistema.

8. Dibujar los diagramas polares de las siguientes funciones de transferencia de lazo  $GH(s)$  y, utilizando el criterio de Nyquist, determinar si el sistema es estable.

8.1.  $GH(s) = \frac{K}{s(s^2+s+6)}$

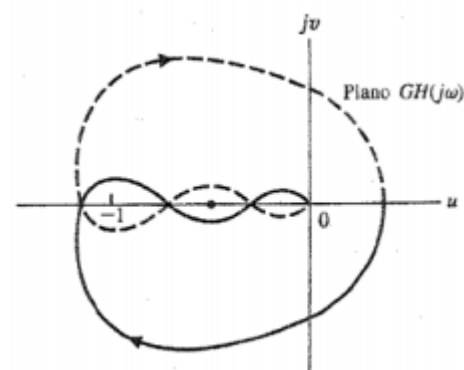
8.2.  $GH(s) = \frac{K(s+1)}{s^2(s+6)}$

8.3.  $GH(s) = \frac{K(s^2+2s+5)}{s^3+s^2}$

8.4.  $GH(s) = \frac{K(s+3)}{s^2-3s}$

9. En la figura se muestra el diagrama polar de un sistema condicionalmente estable para una ganancia específica  $K$ .

- 9.1. Determinar si el sistema es estable y calcular el número de raíces (si existen) en la parte derecha del plano  $s$ . El sistema no tiene polos de  $GH(s)$  en la parte derecha del plano  $s$ .
- 9.2. Determinar si el sistema es estable si el punto  $-1$  yace sobre el eje en la parte donde se encuentra el punto resaltado.



10. Suponiendo un sistema de control con la estructura K-G-1...

10.1. Construya la respuesta en frecuencia logarítmica para  $G(s) = \frac{32}{s(s+2)^2}$

10.2. Para sistemas de bajo orden suele ocurrir que el margen de fase (MF) resulta aproximadamente relacionado con el factor de amortiguamiento a lazo cerrado por la expresión:  $MF = 100^* \xi$ . Esto es bajo la suposición de que a lazo cerrado aparecerá como dominante un par de polos complejos conjugados.



SP% del 15%. Para la  $G(s)$  indicada, estime cuándo debe valer  $K$  para obtener a lazo cerrado un SP% del 15%.

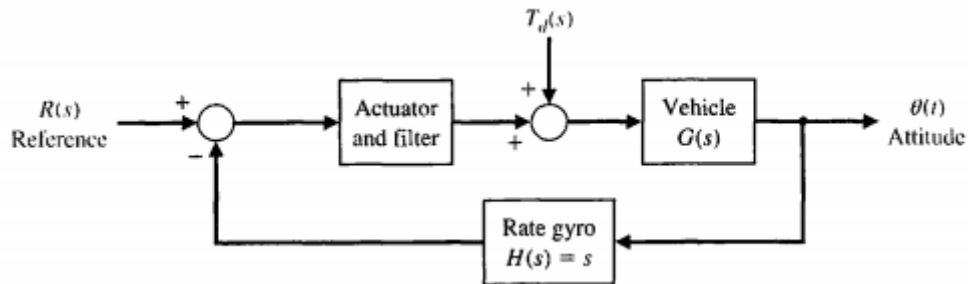
- 10.3. Sobre una gráfica del lugar de las raíces muestre la situación de los polos de lazo cerrado correspondientes.
- 10.4. Verifique mediante la respuesta al escalón de lazo cerrado, la estimación hecha para el factor de amortiguamiento. (Comparar el  $\xi$  de diseño vs. el  $\xi$  asociado al sobrepico de la respuesta en el tiempo).

11. Un aeroplano de despegue vertical es un vehículo inherentemente inestable y requiere un sistema automático de estabilización. A 40 nudos, la dinámica del vehículo se representa aproximadamente por la función de transferencia:

$$G(s) = \frac{10}{(s^2 + 0.36)}$$

El actuador y el filtro se representan por la función de transferencia:

$$G_1(s) = \frac{K_1(s + 7)}{(s + 3)}$$



- 11.1. Obtener el diagram de Bode de la función de transferencia de lazo cerrado  $G_1(s)G(s)H(s)$  cuando la ganancia es  $K_1=2$ .
- 11.2. Determinar los márgenes de ganancia y de fase y marcarlos en el diagrama en frecuencia de forma polar. Aplicar el criterio de Nyquist para indicar la estabilidad del sistema y observar el margen de ganancia.
- 11.3. Determinar el error en estado estacionario introducido por un viento perturbador de  $T(s)=1/s$ .
- 11.4. Determinar la amplitud máxima del pico de resonancia de la respuesta en frecuencia de lazo cerrado, así como la frecuencia de resonancia.
- 11.5. Determinar el ancho de banda del sistema a lazo cerrado.
- 11.6. Calcular la relación de amortiguamiento del sistema a partir de  $M_p$  y el margen de fase.