

6.302 Sistemas de retroalimentación

Otoño 2002
Boletín de problemas 9

Fecha de distribución: 4 de noviembre de 2002
Fecha de entrega: lunes, 18 de noviembre de 2002

Problema 1. Series de errores.

Considere las siguientes funciones de transferencia de cuatro bucles:

$$L_1(s) = \frac{10^6}{s} \quad L_2(s) = \frac{10^6}{s+1} \quad L_3(s) = \frac{10^{10}(10^{-4}s+1)}{s^2} \quad L_4(s) = \frac{10^6(10^{-4}s+1)}{(10^{-2}s+1)^2}$$

- Para cada función de transferencia de bucle, trace un diagrama de Bode asintótico.
- Para cada función de transferencia de bucle, halle la ganancia DC del bucle abierto, la frecuencia de cruce ω_c y el margen de fase ϕ_M .
- Si suponemos que las funciones de transferencia de bucle anteriores describen circuitos de amplificador operacional con retroalimentación unitaria, halle la función de transferencia de error para cada una de las funciones de transferencia de bucle.
- Halle el error de régimen permanente para una entrada escalón de 1 V para cada función de transferencia de bucle.
- Mediante una división sintética, halle los tres primeros coeficientes de error de las series de errores e_0 , e_1 y e_2 , para cada una de las funciones de transferencia de bucle.
- Para una entrada rampa unitaria, el error de régimen permanente aumenta de la forma siguiente:

$$e_{ss} = e_0 t + e_1$$

Halle el error de régimen permanente e_{ss} para una entrada rampa con una pendiente de 1 V/ μ s para cada función de transferencia. Comente la magnitud relativa y la capacidad de medición de estos errores.

- Utilice MATLAB para simular (con `lsim`) la respuesta de error real de cada función de transferencia de bucle para la rampa anterior. Demuestre y comente el transiente rápido frente al transiente bajo.

Proyecto 9 de computadora: bucle menor “Episodio I: El motor fantasma”.

Sería conveniente que utilizase Octave, MATLAB o un software similar para completar este proyecto de computadora, que posiblemente le será útil a la hora de guardar su trabajo como referencia para futuros proyectos. Le rogamos entregue las copias impresas claramente etiquetadas. El objetivo de este proyecto es investigar la compensación de bucle menor utilizando como ejemplo un motor DC.

A menos que se indique lo contrario, utilice los siguientes parámetros de motor: $J = 3 \times 10^{-5}$ kg-m², $R_m = 8 \Omega$, $L_m = 5$ mH, $K_t = 0,025$ N-m/A, $K_e = 0,025$ V-s/rad.

- La amortiguación como bucle menor.

En una disposición controlada por tensión, la amortiguación se puede considerar como un bucle menor.

- (a) Rescriba el diagrama de bloques del motor DC en la forma de bucle menor e identifique G_1 , G_2 , H_1 y H_2 . Puede que le resulte más fácil fijar $H_2 = 1$, pero para ello debe realizar las manipulaciones de bloques necesarias.
- (b) Trace el diagrama de Bode de la cadena de acción para G_1G_2 y, sobre el mismo eje, trace G_1/H_1 para los valores de $B = 10^{-5}$; 10^{-4} ; 10^{-3} , 0,01 y 0,1.
- (c) Para los mismos valores, trace, las respuestas a escalón del sistema de bucle cerrado.
- (d) Con $B = 10^{-5}$, trace el diagrama de Bode para G_1/H_2 y, sobre el mismo eje, trace G_1G_2 para los valores de $J = 3 \times 10^{-4}$; 3×10^{-5} y 3×10^{-6} .
- (e) Trace las tres respuestas a escalón correspondientes sobre el mismo gráfico.
- (f) Repita los apartados 1d y 1e con $B = 1$.

2. Controlador de posición de motor DC.

A continuación, diseñará un controlador de posición con un control de velocidad de bucle menor para su motor virtual. La retroalimentación se suministra a través de un potenciómetro y un tacómetro para el que $K_p = 1$ V/rad y $K_{tac} = 0,033$ V-s/rad, respectivamente.

- (a) Halle los valores adecuados para G_1 y G_2 .
- (b) Cierre el bucle y cree la respuesta a escalón de bucle cerrado.
- (c) Ahora se coloca un compensador $H_{min}(s)$ en serie con el tacómetro. Usted tendrá que diseñar una función para $H_{min}(s)$ que tenga como resultado un error de régimen permanente cero para un escalón, y no más de 0,3 voltios para una rampa.
 - i. Utilice

$$H_{min} = \frac{K_{tach}}{s}$$

- ii. Estudie los diagramas de Bode de bucle menor y diseñe $H_{min}(s)$ para mejorar el margen de fase del cruce.
- (d) Compare las especificaciones de los tres sistemas en una tabla. Asegúrese de incluir la siguiente información en la tabla:
 - i. Error para un escalón unitario.
 - ii. Error para un escalón unitario.
 - iii. Tiempo de subida.
 - iv. 2% tiempo de asentamiento.
 - v. Sobrecarga de pico.