

6.302 Sistemas de retroalimentación

Otoño 2002
Boletín de problemas 5

Fecha de distribución: 7 de octubre de 2002
Fecha de entrega: lunes, 21 de octubre de 2002

Problema 1. Nyquist experimental.

Como se ha mencionado en clase y en los apuntes, una ventaja del criterio de Nyquist sobre la prueba de Routh o el lugar de las raíces es que no es necesaria una función de transferencia racional para estudiar la estabilidad. Esto puede ser muy útil cuando, dados unos datos de respuesta en frecuencia para un sistema de bucle abierto $L(s)$, usted quiera aprender sobre cuestiones relacionadas con la estabilidad que puedan surgir al cerrar un bucle de retroalimentación alrededor de $L(s)$. En la Figura 1 se le proporciona dicho conjunto de datos. Con la ayuda de este diagrama, dibuje el lugar de Nyquist para $L(s)$ suponiendo que está utilizando una retroalimentación unitaria.

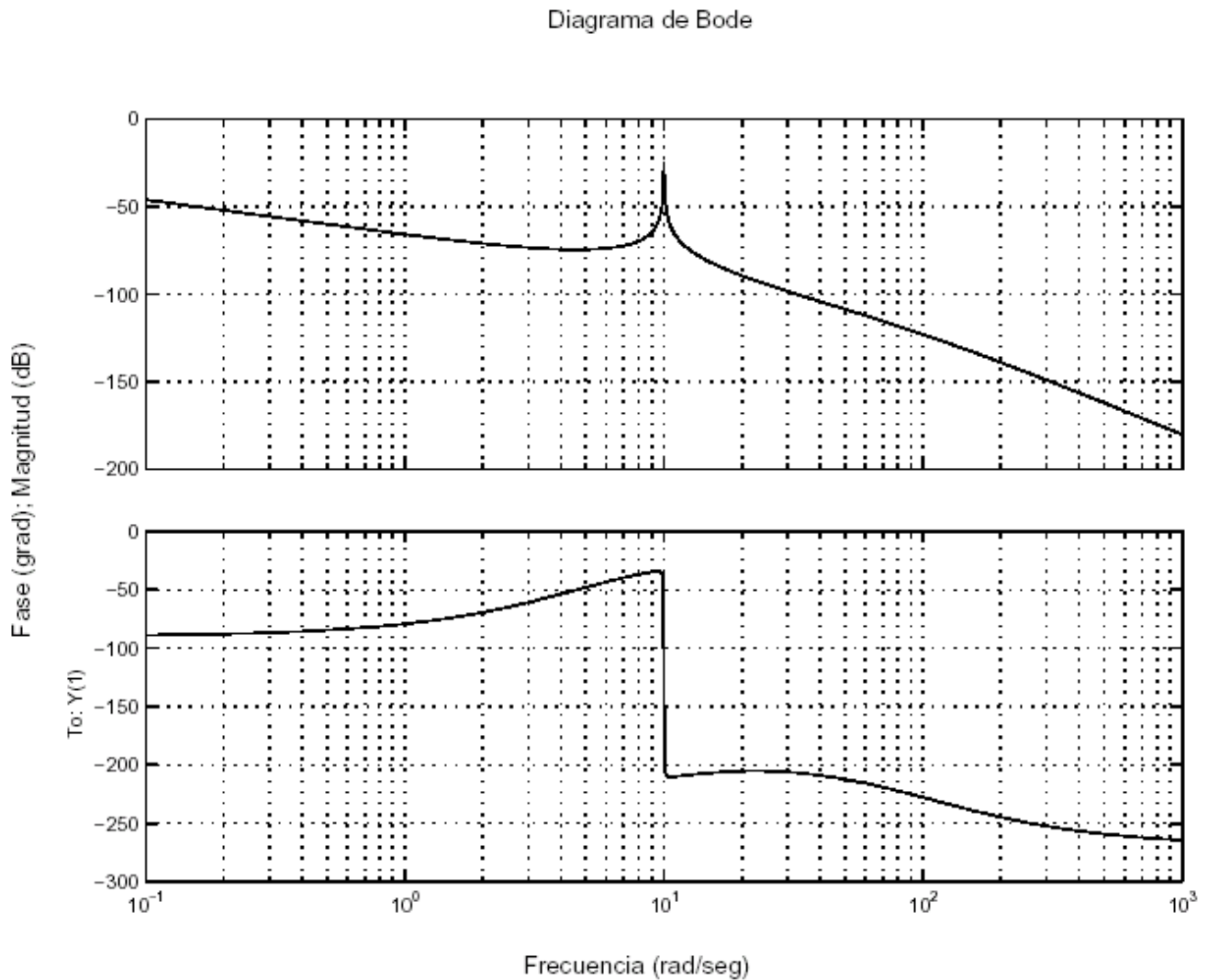


Figura 1. Respuesta en frecuencia de $L(s)$.

Problema 2. Relación de las características del bucle abierto con las del bucle cerrado.

1. Para un sistema de retroalimentación unitaria, sabemos que:

$$L(s) = \frac{0,25s}{(s + 1)(0,01s + 1)^3}$$

Utilizando métodos asintóticos aproximados, halle la curva de magnitud del bucle cerrado del diagrama de Bode para $\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$.

2. Repita la primera parte para:

$$L(s) = \frac{K(s + 1)}{s^2(0,2s + 1)(0,01s + 1)}$$

donde $K = 50$ dB.

Proyecto 5 de computadora: Nyquist.

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.

1. Realice diagramas de Nyquist para las funciones de transferencia siguientes. Suponga que $K = 1$, a menos que se indique lo contrario. Realice una tabla con el rango de K para el que es estable cada sistema.

$$L_1(s) = \frac{K}{s + 1}$$

$$L_2(s) = \frac{K}{(s + 1)^2}$$

$$L_3(s) = \frac{K}{(s + 1)^3}$$

- (a) Marque en el diagrama el número de cercos que se dan en cada región. ¿Concuerdan estos números con el diagrama del lugar de las raíces?
- (b) ¿Para qué valor positivo de ganancia de K será inestable el sistema? Este valor se conoce como margen de ganancia.
- (c) Realice un diagrama con este valor de K en el mismo eje. Haga lo mismo para el valor negativo de K para el que el sistema se vuelve inestable.
- (d) Mediante el dibujo de un círculo unitario alrededor del origen (en la computadora o en una hoja de papel utilizando un compás), halle el ángulo entre el eje real y el primer punto de intersección del círculo unitario en el diagrama. Este ángulo se conoce como margen de fase.

$$L_4(s) = \frac{K}{(s^2 + 2s + 2)}$$

Si se comparan L_4 y L_2 , ¿cuántas veces debería ser la ganancia de L_2 mayor que la de L_4 para que las ubicaciones de los polos de los sistemas sean idénticas? ¿Cómo se refleja esto en el rango de K para el que ambos sistemas son estables?

$$L_5(s) = \frac{K}{s(s^2 + 2s + 2)}$$

$$L_6(s) = \frac{K(s + 2)}{s(s^2 + 4s + 8)(s + 100)}$$

Observe que, a pesar de que no puede rodear el punto $-1/K$ mediante el aumento de la ganancia positiva, no es necesario añadir una fase elevada para provocar un cerco. ¿Cuál es el margen de fase?

$$L_7(s) = \frac{K(s - 1)^2}{(s + 1)^3 * (s + 100)^2}$$

Los programas de computadora a menudo dibujan a escala los diagramas para incluir el punto -1 , por lo que suele ser necesario que el usuario haga un zoom alrededor del origen para acercar la imagen.

$$L_8(s) = \frac{K(s - 1)}{(s + 2)^2(s + 5)}$$

Dibuje el siguiente diagrama de Nyquist a mano y, a continuación, realice un diagrama en la computadora.

$$L_9(s) = \frac{K}{s^2 + 1}$$

Compruebe siempre dos veces los diagramas de Nyquist que ha realizado en la computadora en el caso de que haya polos en el eje $j\omega$.

2. Cómo compensar el integrador triple.

Aviso: la función de transferencia del bucle abierto era:

$$L(s) = K \frac{(s + 2)^2}{(s + 100)^2} \frac{1}{s^3}$$

- (a) Le enseña el sistema ($K = 2,5 \times 10^5$) a su supervisor UROP (*programa de oportunidades de investigación para estudiantes universitarios*) y éste reduce la ganancia del sistema únicamente para hallar que el sistema se vuelve inestable. Trace la respuesta a escalón del sistema de bucle cerrado con ganancia $K = 1000$.

- (b) Su supervisor le sugiere que realice el diagrama de Nyquist para investigar y le pide que presente lo siguiente:
- i. Un diagrama de Nyquist con la escala adecuada.
 - ii. Los diagramas que sean necesarios para demostrar el rango de K para el que el sistema es estable. (Será necesario que haga zoom para acercar la imagen).
 - iii. Un dibujo sobre cartón del diagrama de Nyquist en el que se muestren todas las características, incluyendo cualquier parte que haya omitido el software. Coloque etiquetas a los límites y al número de cercos de cada región.