

## 6.302 Sistemas de retroalimentación

Otoño 2002  
Boletín de problemas 7

Fecha de distribución: 28 de octubre de 2002  
Fecha de entrega: lunes, 4 de noviembre de 2002

### Problema 1. Práctica sobre compensación.

En la Figura 1 se muestra un sistema de retroalimentación compensado en serie.

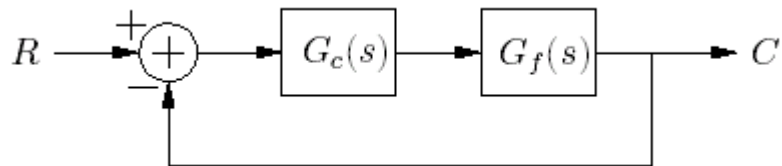


Figura 1. Sistema que ha de compensarse.

La función de transferencia de la planta,  $G_f(s)$ , puede ser cualquiera de los siguientes:

a.

$$G_f(s) = \frac{10^2}{(s+1)(10^{-2}s+1)}$$

b.

$$G_f(s) = \frac{\sqrt{10} \times 10^6}{s^2(10^{-5}s+1)}$$

c.

$$G_f(s) = e^{-s}$$

d.

$$G_f(s) = \frac{1}{s(10^{-6}s+1)}$$

e.

$$G_f(s) = \frac{\sqrt{10} \times 10^4}{(0,1s+1)(0,1s-1)(10^{-5}s+1)}$$

f.

$$G_f(s) = 10^4 \frac{s^2}{(s+1)^3}$$

Para cada una de estas funciones de transferencia de planta, tiene que seleccionar la “mejor” función de transferencia del compensador de entre las opciones que se indican a continuación. Al igual que ocurre con todas las cuestiones de diseño, lo “mejor” implica a menudo tener que hallar una solución intermedia entre consideraciones que rivalizan. Sería conveniente que considerase los criterios siguientes:

- La necesidad de un margen de fase entre 30° y 90°.
- El ancho de banda más extenso que sea consistente con este rango de margen de fase.
- Una ganancia elevada de bucle abierto a frecuencias por debajo del cruce.
- Las posibles funciones de transferencia del compensador se indican a continuación.

1.

$$G_c(s) = \frac{1}{s}$$

2.

$$G_c(s) = 7 \times 10^7 \left( \frac{10^{-7}s + 1}{10^{-8}s + 1} \right)$$

3.

$$G_c(s) = 10\sqrt{2} \left( \frac{0,1s + 1}{s + 1} \right)$$

4.

$$G_c(s) = 100$$

5.

$$G_c(s) = \frac{10^{-3}s + 1}{10^{-4}s + 1}$$

6.

$$G_c(s) = 10 \left( \frac{10s + 1}{1000s + 1} \right)$$

7.

$$G_c(s) = \frac{10}{s^2}$$

Algunas de estas funciones de transferencia pueden resultar más satisfactorias para más de una planta, mientras que otras es posible que no lleguen a utilizarse.

Asegúrese de indicar su elección del mejor compensador para cada planta. Además, especifique la frecuencia o las frecuencias en las que la transmisión del bucle es unitaria y facilite el margen de fase a estas frecuencias.

**Problema 2.** Compensación introductoria de bucle menor.

En la Figura 2 se muestra un sistema con compensación de bucle menor.

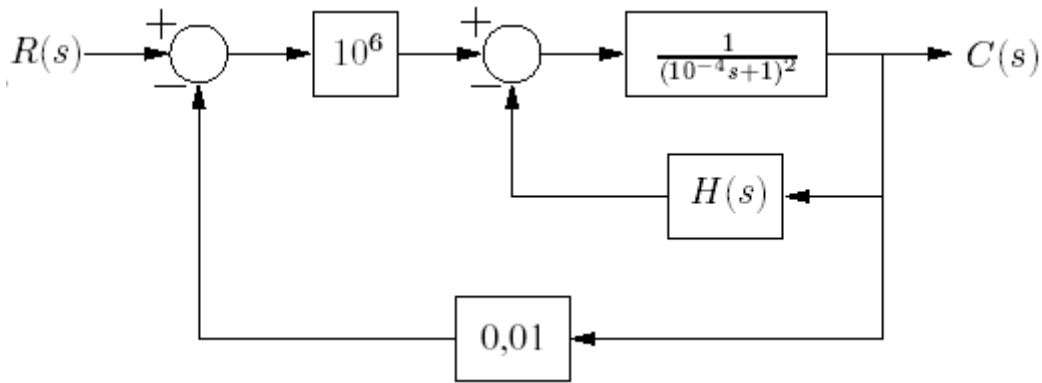


Figura 2. Sistema de bucle menor.

Diseñe  $H(s)$  mediante métodos asintóticos aproximados, tal como se indica en los apuntes de clase, de forma que el sistema cruce casi  $10^6$  radianes/seg con al menos  $45^\circ$  de margen de fase. Respalde la elección de su diseño con los diagramas de Bode adecuados.

**Proyecto 7 de computadora:** compensación I.

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 diseñar compensadores para distintos sistemas.

1. Compensación de la magnitud al alcanzar el nivel máximo.

En el proyecto anterior estudió un sistema que demostraba un margen de ganancia bajo, a pesar de tener un margen de fase decente. La planta es:

$$G_p(s) = \frac{\omega_n^3}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n + \omega_n^2)},$$

con un valor de  $\omega_n = 1000$  rps y de  $\zeta = 0,1$ . A continuación, diseñará el compensador para este sistema,  $G_c(s)$ . El sistema debe tener un margen de ganancia  $g.m. \geq 5$  y un margen de fase  $\phi_M \geq 45^\circ$ .

Puede compensar el sistema con cualquiera de los cuatro compensadores:

(a) Ganancia constante,

$$G_c = K$$

(b) Polo dominante,

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

(c) Retardo,

$$G_c(s) = K \frac{\tau s + 1}{\alpha \tau s + 1}$$

(d) Adelanto,

$$G_c(s) = K \frac{\alpha\tau s + 1}{\tau s + 1}$$

Para cada compensador:

- i. Determine si se puede o no utilizar para cumplir las especificaciones.
- ii. Proporcione la función de transferencia del compensador o una breve explicación de por qué no se puede utilizar dicho compensador ( $\leq 10$  palabras).  
En el caso de los compensadores que pueden utilizarse:
- iii. Realice un diagrama de Bode del sistema compensado de bucle abierto  $L(s) = G_c(s)G_p(s)$  y marque los márgenes de fase y de ganancia.
- iv. Trace la respuesta a escalón unitario.
- v. Evalúe el compensador que ha diseñado y comente brevemente las ventajas y desventajas principales (no se extienda más de un par de puntos clave).

2. Compensación de polos de orden superior.

Supongamos que compra una remesa de chips de amplificador que tienen una respuesta en frecuencia que se pueden aproximar de la siguiente forma:

$$G_p(s) = \frac{10^6}{\tau_p s + 1}.$$

A pesar de que la ganancia está bien regulada, el ancho de banda depende enormemente de la temperatura y se averigua que  $\tau_p$  puede variar entre  $10^{-7}$  y  $10^{-6}$ .

(a) Mediante la compensación de polo dominante,

$$G_c = \frac{K}{\tau_c s + 1},$$

diseñe un compensador que reduzca el efecto de esta variación en  $\tau_p$ . La ganancia DC de la cadena de acción debe mantenerse a  $10^6$ .

(b) Para cada uno de los casos que se indican a continuación, cree dos diagramas sobre los mismos ejes que reflejen el funcionamiento del sistema compensado en los dos extremos de  $\tau_p$ .

- i. Diagrama de Bode.
- ii. Respuesta a escalón unitario.
- iii. Error para una rampa unitaria.