PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Examen

IEE2613 – CONTROL AUTOMÁTICO (S2-2024)

Profesor: Alejandro Maass **Fecha:** 02/12/2024 (13:30–15:45)

Formulario

- Funciones de sensibilidad de un lazo cerrado de **un grado de libertad**

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = T_o(s) = \frac{G_o(s)C(s)}{1+G_o(s)C(s)} \qquad S_o(s) + T_o(s) = 1$$

$$\frac{Y(s)}{D_o(s)} = S_o(s) = \frac{1}{1+G_o(s)C(s)} \qquad S_{io}(s) = S_o(s)G_o(s) = \frac{T_o(s)}{C(s)}$$

$$\frac{Y(s)}{D_i(s)} = S_{io}(s) = \frac{G_o(s)}{1+G_o(s)C(s)} \qquad S_{uo}(s) = S_o(s)C(s) = \frac{T_o(s)}{G_o(s)}$$

$$\frac{U(s)}{R(s)} = S_{uo}(s) = \frac{C(s)}{1+G_o(s)C(s)}$$

- Polinomio de lazo cerrado: $A_{cl}(s) = \text{num}\{1 + G_o(s)C(s)\}$ (sin cancelaciones inestables)
- Orden del controlador en el esquema de asignación de polos: $n-1+r$, donde r representa las restricciones impuestas sobre el controlador
- Fórmulas de interés de una respuesta temporal de 2do orden

$s = -\psi\omega_n \pm j\omega_d$	Polos
$0 < \psi < 1$	Factor de amortiguamiento
ω_n	Frecuencia natural
$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\psi^2}$	Frecuencia natural amortiguada
$T_d = 2\pi/\omega_d$	Periodo oscilación
$y(t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{1-\psi^2}} e^{-\psi\omega_n t}\sin(\omega_d t + \beta)$	Respuesta a escalón
$\beta = \arccos(\psi)$	Desfase
$t_r = \frac{\pi-\beta}{\omega_d}$	Tiempo de subida
$M_p = e^{-\pi\psi/\sqrt{1-\psi^2}}$	Overshoot
$t_p = \pi/\omega_d$	Tiempo en el que ocurre M_p

- Transformadas de Laplace y Z de interés

$f(t)$	$\mathcal{L}\{\cdot\}$	$\mathcal{Z}\{\cdot\}$
1	$\frac{1}{s}$	$\frac{z}{z-1}$
t	$\frac{1}{s^2}$	$\frac{\Delta z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$
$\sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$	$\frac{z\sin(\omega\Delta)}{z^2-2z\cos(\omega\Delta)+1}$

Escaneado con CamScanner

Preguntas

P1 (25pts) Considere una planta con modelo nominal dado por $G_o(s) = \frac{2}{s-2}$. Diseñe un controlador, usando el método de asignación de polos, que tenga en consideración lo siguiente:

- La referencia contiene señales tipo escalón y tipo rampa
- El overshoot de la respuesta a escalón unitario del lazo cerrado debe ser menor que 0.1
- Los modos del sistema deben decaer más rápido que e^{-4t}

Basta que deje planteada la ecuación diofantina, no tiene que resolverla!

P2 (30pts) Considere una planta descrita por la función de transferencia

$$G(s) = \underbrace{\frac{(-0.5s+1)}{(s+1)(s+3)}}_{G_o(s)} e^{-0.1s}$$

Se sabe además que

- Existen perturbaciones de salida tipo escalón
- Se desea buen seguimiento para referencias en la banda desde 0 hasta 8 rad/s
- Un experto en control automático le indica que el ancho de banda de lazo cerrado **no puede** superar los 2 rad/s para evitar un undershoot muy grande

En base a la información disponible, responda lo siguiente:

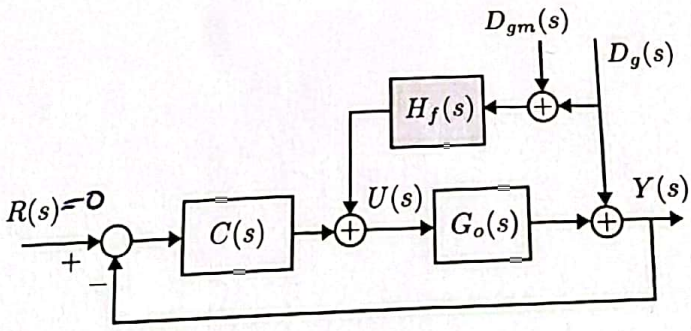
(a) Diseñe un controlador adecuado para la planta nominal $G_o(s)$, es decir, despreciando el retardo. Use todos los grados de libertad que estime necesarios y especifique cómo diseñaría cada bloque. **(Basta que deje planteada la ecuación diofantina, no tiene que resolverla!)**

(b) Si no se desprecia el retardo, se puede probar que la magnitud del error de modelado entre G_o y G está dada por

$$|G_\Delta(j\omega)| = \sqrt{2(1-\cos(0.1\omega))}$$

¿Qué ancho de banda tendría que tener el lazo cerrado (con la planta real $G(s)$) para garantizar estabilidad robusta? (Suponga que nos interesan valores solo en el rango $[0, 10\pi]$)

P3 (25pts) Considere la siguiente arquitectura de dos grados de libertad con prealimentación de perturbación



$\frac{5}{(s+3)}$

donde la planta tiene modelo

$$G_o(s) = \frac{5}{(s+1)(s+3)}$$

Se sabe además que

Escaneado con CamScanner

- La perturbación D_g es de tipo escalón
- La perturbación D_g se mide con un ruido de medición D_{gm} con energía considerable para frecuencias mayores a 4 rad/s
- La referencia R es de tipo sinusoidal de frecuencia 2 rad/s

En base a la información disponible, diseñe los bloques $C(s)$ y $H_f(s)$ adecuadamente. **(Basta que deje planteada cualquier ecuación diofantina, no tiene que resolverla!)**

P4 (20pts) Considere la planta con modelo de tiempo discreto

$$G(z) = \frac{0.2}{z - 1.2}$$

Diseñe un controlador discreto $C(z)$, usando asignación de polos, que logre seguimiento perfecto en estado estacionario a referencias constantes, y que mitigue perturbaciones de salida de frecuencia 0.5 rad/s. Además, los modos dominantes deben decaer más rápidos que e^{-t}. Considere un periodo de muestreo de $\Delta = 0.1$ segundos.
Basta que deje planteada la ecuación diofantina, no tiene que resolverla!

Escaneado con CamScanner