



Examen de Sistemas Automáticos Parcial 2

Ej. 1 Ej. 2 Ej. 3 Ej. 4 Total

--	--	--	--	--

Apellidos, Nombre:

Sección:

Fecha: 28 de agosto de 2012

Atención: El enunciado consta de tres ejercicios prácticos y un test de respuesta múltiple. Elija y resuelva **únicamente dos** de los tres ejercicios prácticos, además del test. **Indique aquí claramente** qué dos ejercicios ha resuelto: ---- y ----
De lo contrario se corregirán únicamente los dos primeros.

1. (3.5 puntos, 30 minutos)

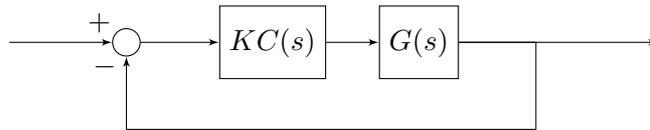


Figura 1: Un sistema realimentado con controlador y planta.

Sea un sistema como el de la Figura 1 con

$$G(s) = \frac{(s + 21)}{(s + 23)(s + 2)(s + 5)} \quad (1)$$

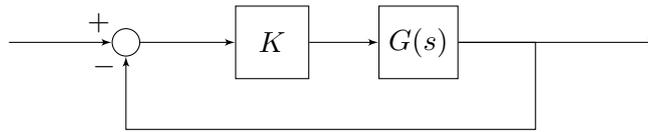
Se desea que el sistema controlado tenga una frecuencia amortiguada $\omega_d = 20 \text{ rad/s}$, una sobreoscilación del 53,3 % y un error **nulo** ante una entrada de tipo escalón unitario.

Se pide:

- A partir de los requisitos, encontrar la pareja de polos dominantes que tiene que tener el sistema (redondee al valor con partes reales e imaginarias ambas enteras más próximo). **(1 punto)**
- Diseñar, con el método del lugar de las raíces, el controlador de tal forma que su función de transferencia $C(s)$ tenga un único polo y un único cero **(1.5 puntos)**
- Calcular el valor de K que hace que el sistema controlado cumpla con los requisitos. **(0.5 puntos)**
- Calcular el error del sistema controlado ante una entrada de tipo rampa de pendiente unitaria. **(0.5 puntos)**

2. (3.5 puntos, 30 minutos)

Una cocina de inducción tiene como función de transferencia $G(s) = \frac{100(s + 3)}{s^2(s + 30)}$. Restricciones en el diseño únicamente nos permiten modificar la ganancia con que la intensidad recorre los inductores de la cocina:



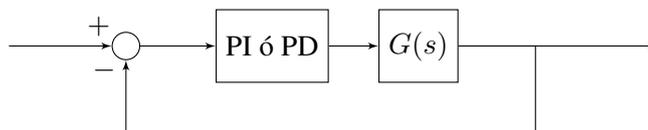
Debido a la crisis, la empresa encargada del diseño de las cocinas ha tenido que vender todos sus ordenadores, por lo que deberá efectuarse todo el análisis manualmente:

- Dibuje el **diagrama de Bode** asintótico de $G(s)$ para $\omega \in [10^{-1} \dots 10^3]$ rad/s. (2 puntos)
- Indique aproximadamente cuál es la frecuencia crítica y el margen de fase del sistema. (0.5 puntos)
- A la vista del diagrama, ¿Cuál es el porcentaje de sobreoscilación mínimo que se puede obtener en la salida frente a una entrada de tipo escalón variando la ganancia K ? (0.5 puntos)
- Calcule el valor de K que, obteniendo dicho porcentaje de sobreoscilación, maximiza la frecuencia crítica del sistema. (0.5 puntos)

3. (3.5 puntos, 30 minutos)

La antena de seguimiento de objetivos de cierta batería de misiles tiene como función de transferencia

$$G(s) = \frac{(s + 2)}{(s + 1)(s + 10)}$$



Tras los últimos recortes se dispone únicamente de un controlador PI y otro PD, y sólo puede utilizarse uno de ellos. Las especificaciones de los controladores nos dicen que su ganancia sólo puede ajustarse en un rango $\mu_r \in (0,1 \dots 10)$. Es imperativo que el error ante un objetivo estacionario sea nulo, mientras que para uno en movimiento a velocidad constante se desea que sea de 0,1 unidades.

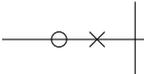
- Justifique cuál de ambos controladores debe utilizarse para garantizar tal comportamiento. (0.5 puntos)
- Con el objetivo de simplificar la dinámica del sistema, el cero del controlador debe cancelar uno de los polos del sistema. A la vista de las limitaciones del material disponible, indique qué polo puede cancelarse y, en consecuencia, la ganancia del controlador. (1 punto)
- Indique las constantes K_p, K_i, K_d del PI ó PD resultante. (0.5 puntos)
- Calcule analíticamente la frecuencia crítica del sistema controlado resultante. (0.75 puntos)
- Se desea que el sistema responda con una sobreoscilación del 10% a lo sumo. Averigüe analíticamente si el diseño obtenido satisface este requisito. (0.75 puntos)

4. (3 puntos, -0.15 cada error, 30 minutos) Responda marcando todas las respuestas que considere correctas.

1. Si cancelamos un polo en el semiplano positivo:

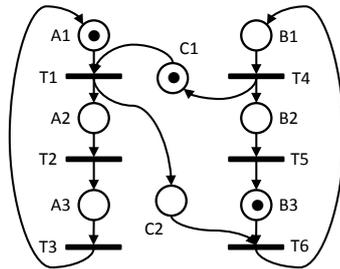
a) <input type="checkbox"/> Garantizamos que ese polo ya no causará inestabilidad	c) <input type="checkbox"/> Necesitamos otro polo para compensar en el semiplano negativo
b) <input type="checkbox"/> Se incrementa el tipo del sistema	d) <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores
2. Un controlador PID:

a) <input type="checkbox"/> Proporciona dos polos y un cero que podemos posicionar a voluntad	c) <input type="checkbox"/> Puede describirse con tres constantes proporcional, integral y derivativa
b) <input type="checkbox"/> Es raro encontrarlo en la industria	d) <input type="checkbox"/> Toma su nombre de las iniciales de su inventor

3. El lugar de las raíces  corresponde a un compensador de tipo:

- | | |
|---|---|
| a) <input type="checkbox"/> Red de retardo | c) <input type="checkbox"/> PID |
| b) <input type="checkbox"/> Red de anticipo | d) <input type="checkbox"/> Ziegler-Nichols |

4. En la red siguiente:



- | | |
|---|---|
| a) <input type="checkbox"/> T6 está sensibilizada | c) <input type="checkbox"/> El número de marcas es siempre constante |
| b) <input type="checkbox"/> La secuencia de disparos T1-T2-T3 es válida | d) <input type="checkbox"/> C1 y C2 nunca pueden estar marcados simultáneamente |
5. El margen de fase en un diagrama de Bode:

a) <input type="checkbox"/> Se mide en $\omega = 1rad/s$	c) <input type="checkbox"/> Es mayor cuanto más negativa es la fase
b) <input type="checkbox"/> Es inversamente proporcional al margen de amplitud	d) <input type="checkbox"/> Tiene relación con la sobreoscilación del sistema
 6. Dado un sistema cuya FdT es desconocida:

a) <input type="checkbox"/> No existen tales sistemas	c) <input type="checkbox"/> Podemos obtener su diagrama de Bode de forma empírica
b) <input type="checkbox"/> Es imposible controlarlo	d) <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores
 7. Al disminuir la ganancia:

a) <input type="checkbox"/> El diagrama de Bode de fase se mueve hacia arriba	c) <input type="checkbox"/> El diagrama de Bode de fase se mueve hacia abajo
b) <input type="checkbox"/> El diagrama de Bode de amplitud se mueve hacia arriba	d) <input type="checkbox"/> El diagrama de Bode de amplitud se mueve hacia abajo
 8. En una red de Petri, una flecha puede conectar directamente dos lugares:

a) <input type="checkbox"/> Si la transición no es muy importante en el modelo	c) <input type="checkbox"/> Si dos transiciones están unidas a su vez sin un lugar intermedio
b) <input type="checkbox"/> Nunca	d) <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores
 9. Dados dos sistemas con margen de fase M_{F1} y M_{F2} tal que $M_{F1} < M_{F2}$:

a) <input type="checkbox"/> La sobreoscilación del primer sistema es siempre mayor que la del segundo	c) <input type="checkbox"/> La sobreoscilación del primer sistema es siempre menor que la del segundo
b) <input type="checkbox"/> El tiempo de respuesta del primer sistema es siempre mayor que la del segundo	d) <input type="checkbox"/> El tiempo de respuesta del primer sistema es siempre menor que la del segundo
 10. Un cero en el origen:

a) <input type="checkbox"/> Hace que el sistema sea incontrolable	c) <input type="checkbox"/> Incrementa el diagrama de fase en 90°
b) <input type="checkbox"/> Elimina el error ante una entrada escalón	d) <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores

Transformada de Laplace

$$\mathcal{L}[t^n] = \frac{n!}{s^{n+1}} \quad \mathcal{L}[\sin \omega t] = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \quad \mathcal{L}[\cos \omega t] = \frac{s}{s^2 + \omega^2} \quad \mathcal{L}[f(t-T)] = e^{-sT} F(s)$$

$$\mathcal{L}[e^{-at} f(t)] = F(s+a) \quad \mathcal{L}\left[\int_{0-}^t f(\tau) d\tau\right] = \frac{F(s)}{s} \quad \mathcal{L}\left[\frac{d^n f}{dt^n}\right] = s^n F(s) - \sum_{k=1}^n s^{n-k} f^{(k-1)}(0-)$$

Sistemas de 2º orden básico

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_d} \quad \%SO = 100 \times e^{-\pi \zeta \omega_n / \omega_d}$$

$$T_{s98\%} \approx \frac{4}{\zeta \omega_n} \quad T_r = \frac{1}{\omega_d} \tan^{-1} \frac{\omega_d}{\zeta \omega_n} \quad \zeta = \frac{-\ln(\%SO/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%SO/100)}}$$

Sistemas realimentados

$$e_{\text{escalón}}(\infty) = \frac{1}{1 + K_p} \quad e_{\text{rampa}}(\infty) = \frac{1}{K_v} \quad e_{\text{parábola}}(\infty) = \frac{1}{K_a}$$

Lugar de las raíces

$$\sigma_a = \frac{\sum \text{polos} - \sum \text{ceros}}{\#\text{polos} - \#\text{ceros}} \quad \theta_a = \frac{180(2k+1)}{\#\text{polos} - \#\text{ceros}}$$

$$\angle_{\text{salida/llegada}} = 180 - \sum \angle_{\text{sing. del mismo tipo}} + \sum \angle_{\text{sing. distinto tipo}}$$

Diagramas de Bode

$$M_F = \arctan\left(\frac{2\zeta}{\sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4}-2\zeta^2}}\right) \approx 100\zeta \quad \omega_c = \omega_n \sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4}-2\zeta^2} \quad \omega_r = \omega_n \sqrt{1-2\zeta^2}$$

$$M_P = \frac{1}{2\zeta \sqrt{1-2\zeta^2}} \quad \omega_{\text{BW}} = \omega_n \sqrt{1-2\zeta^2 + \sqrt{4\zeta^4 - 4\zeta^2 + 2}}$$

$$|G(j\omega_c)| = 1 = 0\text{dB}$$

$$M_F = 180 + \angle G(j\omega_c)$$

$$G_{\text{PID}}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Tablas de Ziegler-Nichols

Primer método				Segundo método			
Tipo	K_p	T_i	T_d	Tipo	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	0	P	$0,5K_{cr}$	∞	0
PI	$0,9 \cdot T/L$	$L/0,3$	0	PI	$0,45K_{cr}$	$0,83T_{cr}$	0
PID	$1,2 \cdot T/L$	$2L$	$0,5L$	PID	$0,6K_{cr}$	$0,5T_{cr}$	$0,125T_{cr}$

