

Nombre y apellido, legajo: _____

1. Cuestionario conceptual. Marcar la opción más correcta.

- 10%** (a) La salida $y(t)$ en el sistema de la Figura 1 tenderá asintóticamente al valor 3 si el controlador $K(s)$ estabiliza internamente el lazo y además
- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> tiene ancho de banda $[0, \omega_c]$ donde $\omega_c > 20\text{rad/s}$. | <input type="checkbox"/> incluye el término s en su denominador.
<input type="checkbox"/> incluye el término $s(s^2+9)(s^2+100)$ en su denominador.
<input type="checkbox"/> incluye el término $\frac{3s}{(s^2+9)(s^2+100)}$. |
| <input type="checkbox"/> incluye el término $s(s^2+9)(s^2+100)$ en su numerador. | |

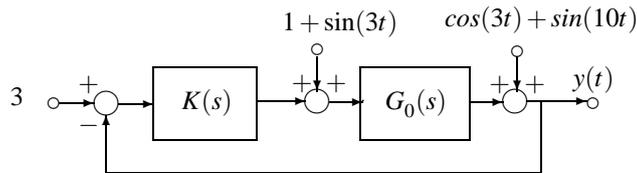


Figura 1: Sistema de control de un grado de libertad

- 10%** (b) Un lazo de control como el de la Figura 1, será internamente estable para una planta $G_0(s)$ propia y estable si y sólo si
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> la función $\frac{K(s)G_0(s)}{1+K(s)G_0(s)}$ es estable. | <input type="checkbox"/> $K(s) = \frac{Q(s)}{1-Q(s)G_0(s)}$, con $Q(s)$ igual a la inversa de $G_0(s)$ filtrada.
<input type="checkbox"/> $K(s)$ es bipropia y estable. |
| <input type="checkbox"/> $K(s)$ es la inversa de $G_0(s)$. | |
| <input type="checkbox"/> $K(s) = \frac{Q(s)}{1-Q(s)G_0(s)}$, con $Q(s)$ propia y estable. | |

- 15%** (c) Un lazo de control como el de la Figura 1 con $G_0(s) = \frac{1}{s-p}$, $p > 0$, será internamente estable para

$$K(s) = \frac{Q(s)}{1-Q(s)G_0(s)}, \quad \text{con} \quad Q(s) = \frac{k(s-p)(\beta s + 1)}{\alpha_2 s^2 + \alpha_1 s + 1}, \quad \alpha_2 > 0, \alpha_1 > 0,$$

si cualquier cancelación polo-cero inestable resultante en $K(s)$ se realiza analíticamente, y además

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> $k = -p^{-1}$ para cualquier valor de β . | <input type="checkbox"/> $k = -1$ y $\beta > 0$.
<input type="checkbox"/> $k = 1$ y $\beta = \alpha_2 p + \alpha_1$.
<input type="checkbox"/> $k = 1$ y $\beta = \alpha_2 - \alpha_1 p$. |
| <input type="checkbox"/> $k > 0$ y $\beta > 0$. | |
| <input type="checkbox"/> $k = 1$ y $\beta = (p - \alpha_1)/\alpha_2$. | |

2. Problema de diseño. La Figura 2 muestra el diagrama de instrumentación P&I y un detalle del sistema de control de presión de gas de sello en un horno de reducción directa de mineral de hierro. El gas de sello es un gas inerte que se inyecta en los extremos del horno a una presión constante P para que el proceso de reducción se realice en forma eficiente.

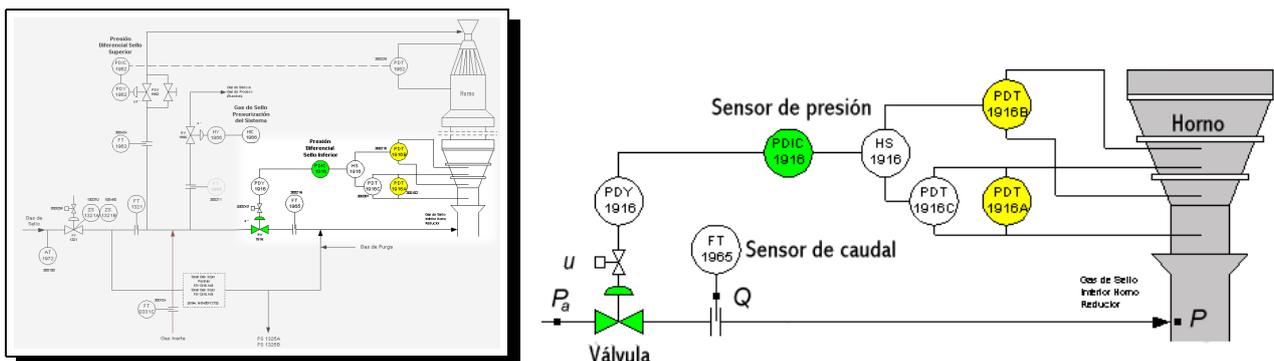


Figura 2: Diagrama P&I y detalle del control de presión de gas de sello de un horno de reducción directa

Se desea diseñar un sistema de control en cascada, actuando sobre la válvula, para regular la presión P rechazando perturbaciones ΔP_a en la presión P_a de alimentación de gas (ver detalle a la derecha en la Figura 2). Se dispone de una medición del caudal Q a la salida de la válvula para implementar el lazo interno (secundario) del control en cascada.

La Figura 3 muestra el modelo nominal de la planta en un diagrama de bloques, donde se explicitan las dinámicas de la válvula y el horno, la limitación de actuación de la válvula, y una perturbación ΔP_a que representa las variaciones en la presión P_a de alimentación de gas. Los valores de los parámetros son

$$\begin{aligned} k_1 &= 1500, & \tau_2 &= 0,1, & u_{\text{máx}} &= 0,85, \\ \tau_1 &= 1, & & & u_{\text{mín}} &= 0,15. \end{aligned}$$

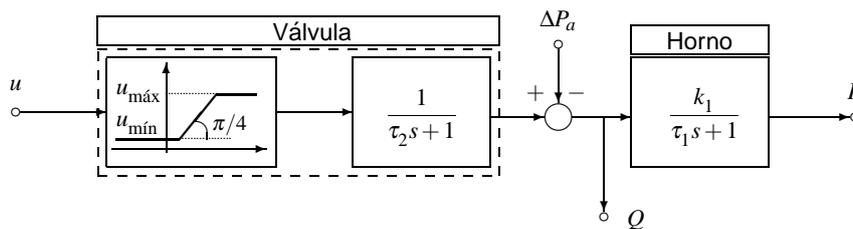


Figura 3: Diagrama de bloques del sistema

- 30% (a) *Asumiendo momentáneamente que no hay limitaciones de actuación*, diseñar un control en cascada para regular la presión P a un valor de referencia P_{ref} . Utilizar la medición de caudal Q para implementar un regulador de caudal en el lazo interno (secundario) del controlador en cascada. Las especificaciones de desempeño deseado son:

Lazo interno (secundario)

- Controlador bipropio.
- Rechazo asintótico exacto de perturbaciones ΔP_a constantes.
- Tiempo de establecimiento de $Q(t)$, $t_e \leq 2s$.

Lazo externo (primario)

- Regulación asintótica exacta de $P(t)$ a un valor de referencia constante P_{ref} .
- Sobrevalor $P_{\text{sob}} \leq 10\%$.
- Tiempo de establecimiento de $P(t)$, $t_e \leq 2s$.

- 15% (b) Implementar el control en cascada del punto (a) en un diagrama SIMULINK y simularlo para una referencia constante $P_{\text{ref}} = 1000$, y un *pulso* de perturbación $\Delta P_a(t)$ — utilizar para este último el bloque SIMULINK `Pulse generator` con los parámetros

- período: 10s
- ciclo de trabajo: 10%
- amplitud: 0,25
- comienzo en: $t = 5s$.

Salvar, para entregar, el diagrama SIMULINK en el archivo [Apellido]2B.mdl.

- 20% (c) Incorporar ahora las limitaciones en actuación de la válvula al diagrama SIMULINK del punto (b). ¿Qué características de desempeño presentan degradación significativa?

Reimplementar el *controlador interno (secundario)* para incluir compensación *anti-windup*. ¿Qué mejoras en desempeño se observan respecto a la implementación no compensada? **Salvar, para entregar**, el diagrama SIMULINK con el controlador reimplementado en el archivo [Apellido]2C.mdl.