

Nombre y apellido, legajo: _____

1. **Problema de diseño.** La Figura 1 muestra un esquema del proceso final de enfriamiento y bobinado en un tren de laminación de chapa en caliente. Antes de ser bobinada, la chapa debe ser enfriada a un valor de temperatura de referencia y_{ref} especificado. La regulación de la temperatura final de bobinado $y(t)$ se realiza controlando el caudal $q(t)$ de agua del banco de enfriamiento mediante una válvula y utilizando la medición de $y(t)$ provista por un pirómetro óptico.

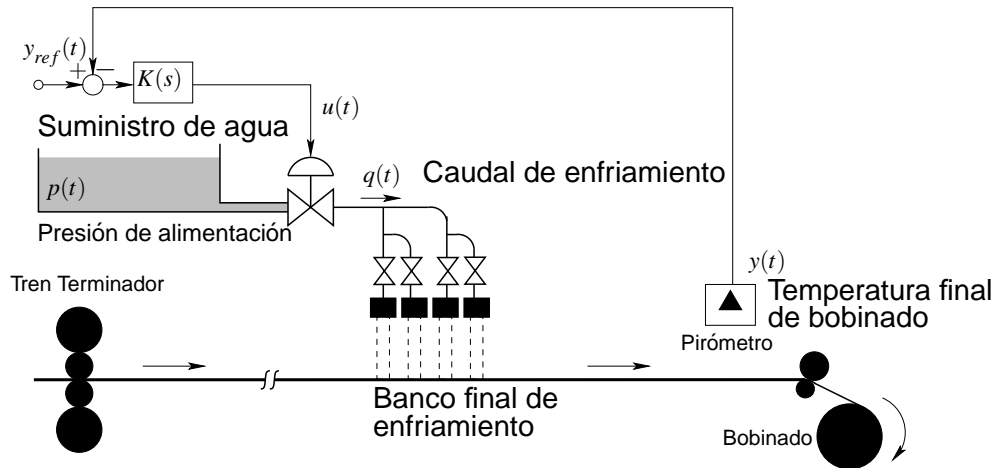


Figura 1: Control de temperatura de bobinado

La Figura 2 muestra un modelo nominal de la planta representado en diagrama de bloques.

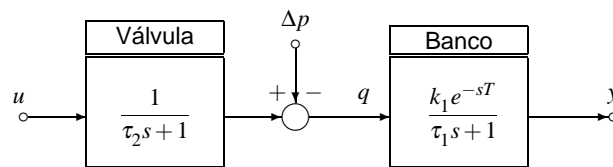


Figura 2: Diagrama de bloques del sistema

Se desea diseñar un sistema de control para regular la temperatura de bobinado $y(t)$ rechazando perturbaciones $\Delta p(t)$ en la presión de suministro de agua $p(t)$. Los valores de los parámetros del modelo nominal son

$$k_1 = 150, \quad \tau_2 = 2, \\ \tau_1 = 1, \quad T = 5.$$

30 % (a) Diseñar un controlador $K(s)$ para regular la temperatura $y(t)$ a un valor de referencia y_{ref} cumpliendo con las siguientes especificaciones de desempeño:

- (I) Controlador bipropio.
- (II) Rechazo asintótico exacto de perturbaciones Δp constantes.
- (III) Sobrevalor $y_{sob} \leq 5\%$.
- (IV) Tiempo de establecimiento $t_e \leq 2s$.

10 % (b) Implementar el sistema de control del punto (a) en un diagrama SIMULINK y simularlo para una referencia constante $y_{ref} = 600$, y un *pulso* de perturbación $\Delta p(t)$ — utilizar para este último el bloque SIMULINK Pulse generator con los parámetros

- período: 10s
- ciclo de trabajo: 10%
- amplitud: 2
- comienzo en: $t = 5s$.

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

15% (c) Asumiendo que se puede medir la perturbación $\Delta p(t)$, implementar un lazo de inyección de perturbación para mejorar su rechazo en el sistema de control diseñado en el punto (a). Implementar y simular en SIMULINK y **salvar, para entregar**, el diagrama SIMULINK en el archivo [Apellido]2C.mdl. ¿Qué mejoras se observan respecto de las propiedades de rechazo de perturbaciones del sistema de control anterior?

15% (d) Suponiendo ahora que la válvula presenta limitaciones de actuación

$$\text{sat}\{u(t)\} = \begin{cases} 5 & \text{si } u(t) \geq 5 \\ u(t) & \text{si } 0 \leq u(t) \leq 5 \\ 0 & \text{si } u(t) \leq 0, \end{cases}$$

reimplementar el controlador $K(s)$ diseñado en el punto (a) de forma de incorporar compensación *antiwindup*. Implementar y simular en SIMULINK y **salvar, para entregar**, el diagrama SIMULINK en el archivo [Apellido]2D.mdl. ¿Qué mejoras se aprecian respecto del controlador sin compensación *antiwindup* cuando se incorpora la saturación de la válvula?

2. Cuestionario conceptual. Marcar la opción más correcta y justificar la elección.

15% (a) Un lazo de control como el de la Figura 3, donde $Q(s)$ es estable y propia, **no** puede ser internamente estable si

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> la planta es de fase no mínima. | <input type="checkbox"/> hay errores de modelado en $G_0(s)$.
<input type="checkbox"/> $Q(s)$ es de fase no mínima.
<input type="checkbox"/> la planta es estrictamente propia. |
| <input type="checkbox"/> la planta incluye un retardo puro. | |
| <input type="checkbox"/> la planta tiene un polo inestable. | |

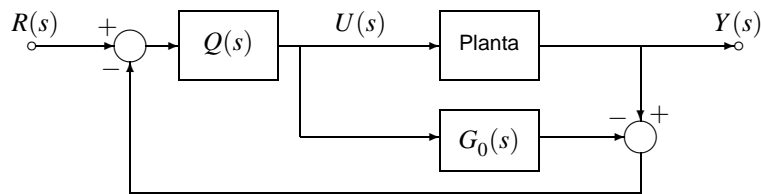


Figura 3: Sistema de control en estructura Q

15% (b) Un lazo de control como el de la Figura 4, donde

$$G_0(s) = \frac{1}{s(\tau s + 1)}, \quad K(s) = \frac{Q(s)}{1 - Q(s)G_0(s)}, \quad \text{y} \quad Q(s) = \frac{s(\tau s + 1)(\beta s + 1)}{\alpha_3 s^3 + \alpha_2 s^2 + \alpha_1 s + 1}, \quad \alpha_3 > 0, \alpha_2 > 0, \alpha_1 > 0,$$

será internamente estable y rechazará perturbaciones constantes de entrada d_i , si cualquier cancelación polo-cero inestable resultante en $K(s)$ se realiza analíticamente, y

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> $\beta > 0$. | <input type="checkbox"/> $\beta = 0$.
<input type="checkbox"/> $\beta = \alpha_3/\tau$. |
| <input type="checkbox"/> $\beta = \alpha_1$. | |

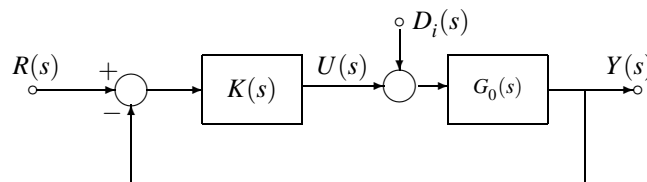


Figura 4: Sistema de control en estructura K