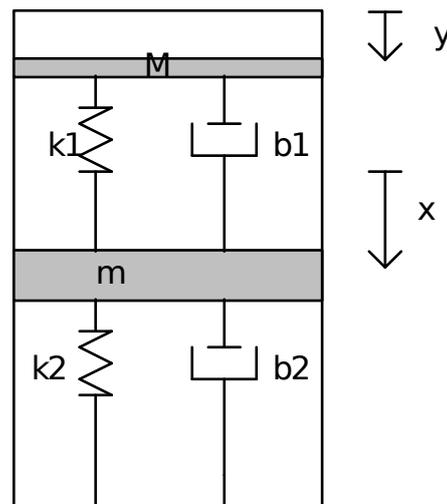


Carrera: INGENIERÍA ELÉCTRICA
Materia: CONTROL
Asignaturas: INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE CONTROL
SISTEMAS Y CONTROL
Plan: 97
Fecha: 22/12/2020

Instituto de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Sistemas y Control
PERÍODO: DICIEMBRE 2020



Problema 1

El sistema de la figura es un modelo simplificado de la amortiguación de un automóvil. El mismo está compuesto de dos masas (M) y (m) vinculadas entre sí y al piso mediante resortes y amortiguadores. Si $x(t)$ e $y(t)$ son las posiciones de dichas masas medidas respecto de sus posiciones de equilibrio, y $y(t)$ está impuesta exteriormente, se pide:

A)

1. Hallar las ecuaciones dinámicas del sistema.
2. Deducir la transferencia $X(s)/Y(s)$. Hallar una representación en variables de estado. Dibujar un diagrama de bloques tomando como entrada y y como salida x , minimizando el número de estados.

B)

En adelante será $b_1 = b_2 = a$, $k_1 = k_2 = 2a$, $m > 0$, en unidades compatibles.

(a constante)

1. Dibujar el lugar geométrico de los polos del sistema tomando m como parámetro (justificar).
2. Determinar en función de a el rango de m para en el que no hay respuesta oscilatoria al escalón.

C)

En adelante m será igual a la mitad del máximo valor que verifica la condición anterior.

Carrera: INGENIERÍA ELÉCTRICA
Materia: CONTROL
Asignaturas: INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE CONTROL
SISTEMAS Y CONTROL
Plan: 97
Fecha: 22/12/2020

Instituto de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Sistemas y Control
PERÍODO: DICIEMBRE 2020

1. Hallar la respuesta al escalón unitario del sistema considerando condiciones iniciales nulas.

D)

1. Calcular la transferencia $X(z)/U(z)$ del sistema de la **figura 2**. El período de muestreo T será **0.1** veces la menor constante de tiempo del sistema.
2. Hallar la respuesta al escalón unitario de este sistema.
3. Comparar con la obtenida en **c)** para los instantes T , $5T$ y $10T$.

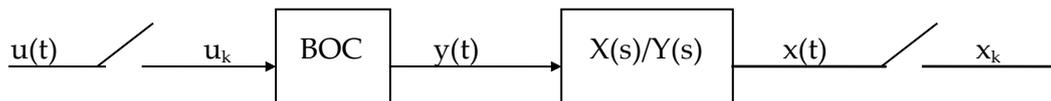


Fig. 2

Problema 2

En la Figura 1 se representa una de las etapas de limpieza CIP (clean-in-place) utilizada en una línea de producción de una planta industrial del sector lechero. Durante esta etapa, se hace fluir un caudal Q [L/s] de soda cáustica caliente por el tanque de proceso, de volumen V_2 [L], inundándolo completamente. La soda cáustica es una solución de hidróxido de sodio disuelto en agua que es comúnmente utilizada como agente de limpieza.

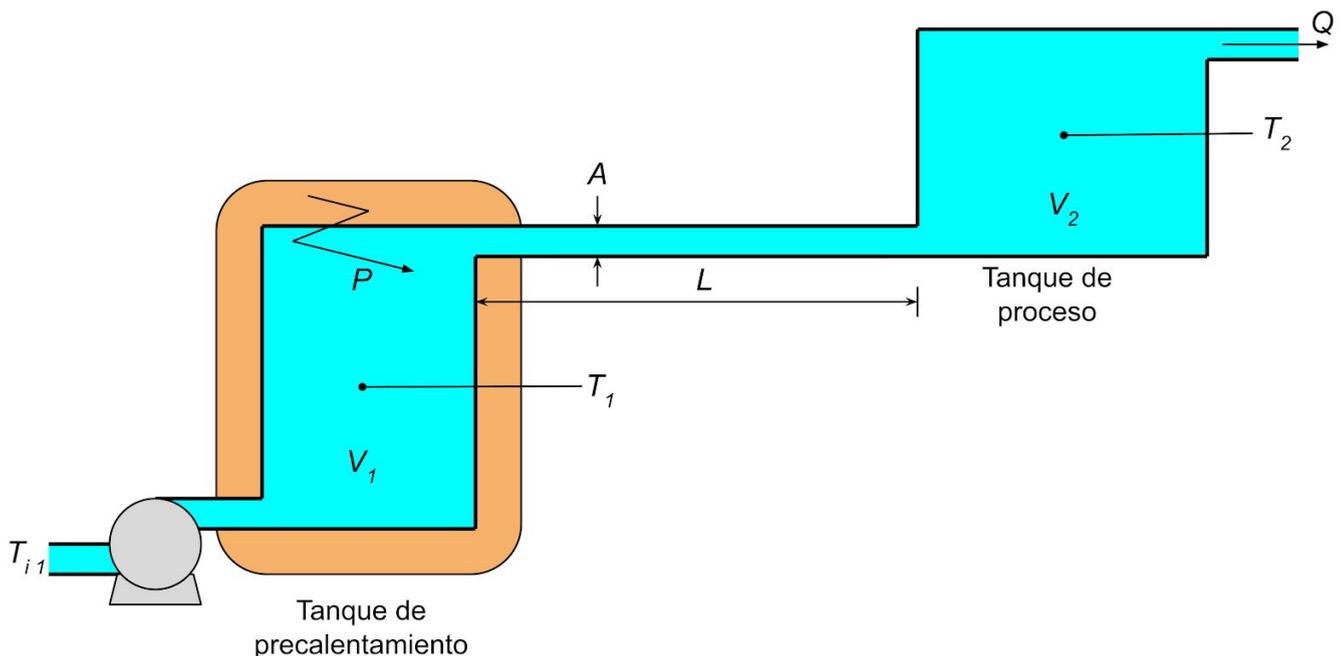


Figura 1

Para que la limpieza sea efectiva, la solución es precalentada en otro tanque (tanque de precalentamiento), de volumen V_1 [L], que cuenta con un encamisado de inyección de vapor. La potencia térmica entregada al tanque P [cal/s] es regulable, pero se suele ajustar manualmente siempre al mismo valor, independientemente de la temperatura de ingreso T_{i1} [°C] de la soda cáustica.

Sean T_1 y T_2 las temperaturas de la solución medidas en el tanque de precalentamiento y en el tanque de proceso, respectivamente.

Se asume que:

- El caño que comunica los dos tanque es de sección A y largo L .
- El caudal Q es constante y conocido.
- La soda cáustica se comporta como un líquido incompresible.
- Son despreciables todas las pérdidas de calor desde los tanques, y el caño que los comunica, hacia el ambiente.
- Dentro de cada tanque la temperatura de la soda cáustica es homogénea.
- La capacidad calorífica específica c [cal/(kg °C)] y la densidad ρ [kg/L] de la soda cáustica son conocidas.

1. Considere el sistema de salidas T_1 y T_2 , y entradas T_{i1} y P . Halle las ecuaciones que rigen la dinámica del sistema modelando el caño comunicante como un retardo puro.
2. Halle la matriz de transferencia del sistema e identifique todas las ganancias y constantes de tiempo de interés.

Actualmente la planta industrial se encuentra en un proceso de certificación de la calidad que le exige adecuar el proceso de limpieza a un estándar que, entre otras condiciones, exige que la temperatura de la soda cáustica se mantenga próxima a un valor de referencia durante el intervalo de tiempo que debe durar la limpieza del tanque de proceso.

Como primera aproximación para atender esta condición, se estudia un sistema de control automático como el que se representa en la Figura 2, donde $C(s)$ es la función de transferencia de un controlador a diseñar y T_r es la señal de referencia.

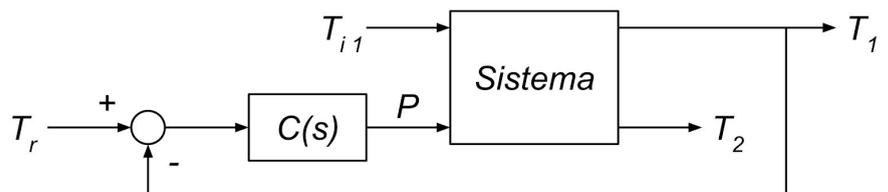


Figura 2

3. Determine $C(s)$, lo más sencilla posible, de forma tal que el sistema de control cumpla con los siguientes requerimientos:
 - error en régimen estacionario nulo ante perturbaciones en forma de escalón en T_{i1} ,
 - respuesta con sobretiro menor o igual a 20 % ante una entrada en forma de escalón en la referencia.
 - margen de fase mayor o igual que 60° .

Entre todas las soluciones posibles, elija aquella que minimice el tiempo de levantamiento ante un escalón en la referencia. Justifique detalladamente.

Un colega observa que, si lo que se requiere es controlar la temperatura en el tanque de proceso, lo más razonable sería sensar T_2 , como se representa en la Figura 3.

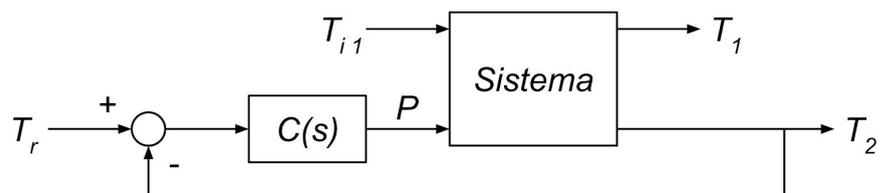


Figura 3

4. Analice la propuesta de su colega manteniendo el controlador diseñado en el punto 4. ¿Es factible? ¿bajo qué condiciones? Justifique detalladamente.

Para esta parte se asume que $V_2 \ll V_1$.

Finalmente, como no es físicamente posible medir la temperatura en las proximidades del tanque de proceso y además el estándar promueve el uso de tecnología digital, se estudia otra variante del sistema de control en tiempo discreto, con período de muestreo h , como se muestra en la Figura 4, donde el bloque MOC es un mantenedor de orden cero sincronizado con los muestreadores y $C(z)$ es la función de transferencia del controlador.

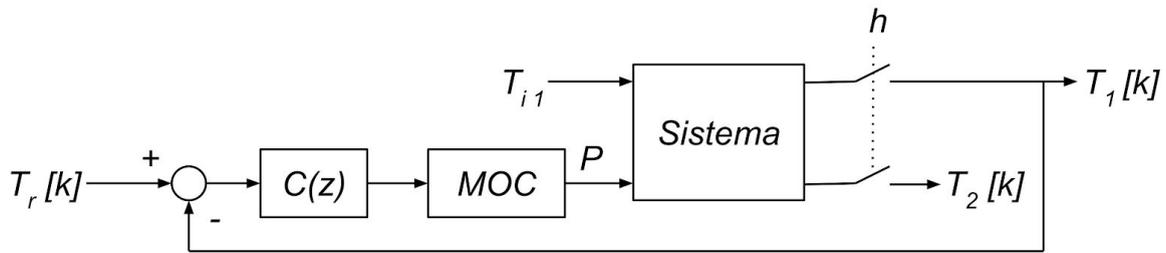


Figura 4

5. Asumiendo que la entrada T_{i1} es nula, determine $C(z)$ de manera tal que ante una señal de entrada como la de la Figura 5, la salida sea como se representa en la Figura 6. Justifique.

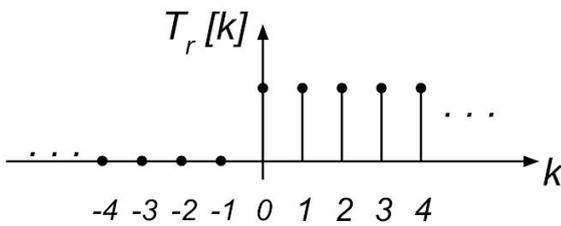


Figura 5

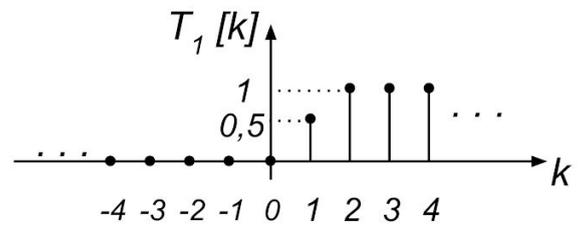


Figura 6