Escuela de Ingeniería Eléctrica
Sistemas de Control - Grupo #1
Tarea5

Royer Méndez Ramírez, A43333

7 de julio de 2021

1. Mi numero de carné es: ***A43333***. Suponga que desea controlar el proceso personalizado $P_{(s)} = P_{ps5(s)}$

$$P_{ps5(s)} = \frac{2{,}5 \cdot 3}{(3s+1)^5} = \frac{7{,}5}{(243s^5 + 405s^4 + 270s^3 + 90s^2 + 15s + 1)} \tag{1}$$

1.1. Diseñe un sistema de control IMC para los siguientes casos, considerando que se requiere utilizar una $T_f = \frac{p+q+m+n}{5} = \frac{12}{5} = 2{,}40$ para el adecuado funcionamiento del sistema:

- **A) Suponiendo que se dispone de un modelo de segundo orden más tiempo muerto (SOMTM), para representar al proceso controlado.**

Aplicando el método de *Half Rule* al proceso $P_{ps5(s)}$ se obtuvo el siguiente modelo de SOMTM:

$$P_{m(s)} = \frac{7{,}5}{(3s+1)(4{,}5s+1)} \cdot e^{-7{,}5s} = \frac{7{,}5}{13{,}5s^2 + 7{,}5s + 1} \cdot e^{-7{,}5s} \tag{2}$$

*El modelo no sera completamente invertible ya que $P_{m(s)}$ tiene tiempo muerto.

El procedimiento para encontrar el sistema de control IMC viene dado a continuación:
Se intentara hacerlo lo mas perfecto posible:

$$P_{m(s)} = P_{m-(s)} + P_{m+(s)}$$

En donde $P_{m-(s)}$ es la parte invertible

$$P_{m-(s)} = \frac{7{,}5}{(3s+1)(4{,}5s+1)}$$

y $P_{m+(s)}$ es la parte no invertible

$$P_{m+(s)} = e^{-7{,}5s}$$

Se define el controlador IMC como:

$$C'_{(s)} = C_{IMC(s)} = P^{-1}_{m-(s)} \cdot G_{f(s)} \tag{3}$$

en donde

$$G_{f(s)} = \frac{1}{(2{,}40s+1)^2} \tag{4}$$

Por lo tanto

$$C'_{(s)} = C_{IMC(s)} = \frac{(3s+1)(4{,}5s+1)}{(7{,}5)(2{,}40s+1)^2} = \frac{13{,}5s^2+7{,}5s+1}{43{,}20s^2+36s+7{,}5} \tag{5}$$

Con los datos presentados se puede modelar la función de transferencia en Matlab para ver su comportamiento.

- **B) Suponiendo que se dispone de un modelo de primer orden más tiempo muerto (POMTM), para representar al proceso controlado.**

Aplicando el método de *Half Rule* al proceso $P_{ps5(s)}$ se obtuvo el siguiente modelo de POMTM:

$$P_{m(s)} = \frac{7{,}5}{(4{,}5s+1)} \cdot e^{-10{,}5s} \tag{6}$$

El procedimiento para encontrar el sistema de control IMC viene dado a continuación:
Similar al procedimiento en la sección A):
*El modelo no sera completamente invertible ya que $P_{(s)}$ tiene tiempo muerto.
Se intentara hacerlo lo mas perfecto posible:

$$P_{m(s)} = P_{m-(s)} + P_{m+(s)} \tag{7}$$

En donde $P_{m-(s)}$ es la parte invertible

$$P_{m-(s)} = \frac{7{,}5}{(4{,}5s+1)} \tag{8}$$

y $P_{m+(s)}$ es la parte no invertible

$$P_{m+(s)} = e^{-10{,}5s} \tag{9}$$

Se define el controlador IMC como:

$$C'_{(s)} = C_{IMC(s)} = P^{-1}_{m-(s)} \cdot G_{f(s)} \tag{10}$$

en donde

$$G_{f(s)} = \frac{1}{(2{,}40s + 1)} \tag{11}$$

Por lo tanto

$$C'_{(s)} = C_{IMC(s)} = \frac{(4{,}5s + 1)}{7{,}5} \cdot \frac{1}{(2{,}40s + 1)} = \frac{4{,}5s + 1}{18s + 7{,}5} \tag{12}$$

Con los datos presentados se puede modelar la función de transferencia en Matlab para ver su comportamiento.

1.2. Obtenga con MATLAB y en una sola figura, la respuesta del sistema de control a un cambio del 15 % en el valor deseado, seguido de un cambio del 5 % en la perturbación, realizado una vez se estabilice la respuesta del servo control, para cada uno de los sistemas de control diseñados anteriormente. Los instantes de tiempo en los que se deban aplicarse las entradas deberán ser los mismos para todos los sistemas. Además, para la prueba realizada, muestre en una figura adicional la evolución del esfuerzo de control para todos los sistemas diseñados.

La Figura 1 muestra el comportamiento de la salida del sistema de SOMTM ante un cambio del 15 % en el valor deseado a los 5 segundos del tiempo inicial y una perturbación del 5 % después de transcurridos 80 segundos del tiempo inicial. Seguidamente la Figura 2 muestra la evolución del esfuerzo de control para el mismo sistema.

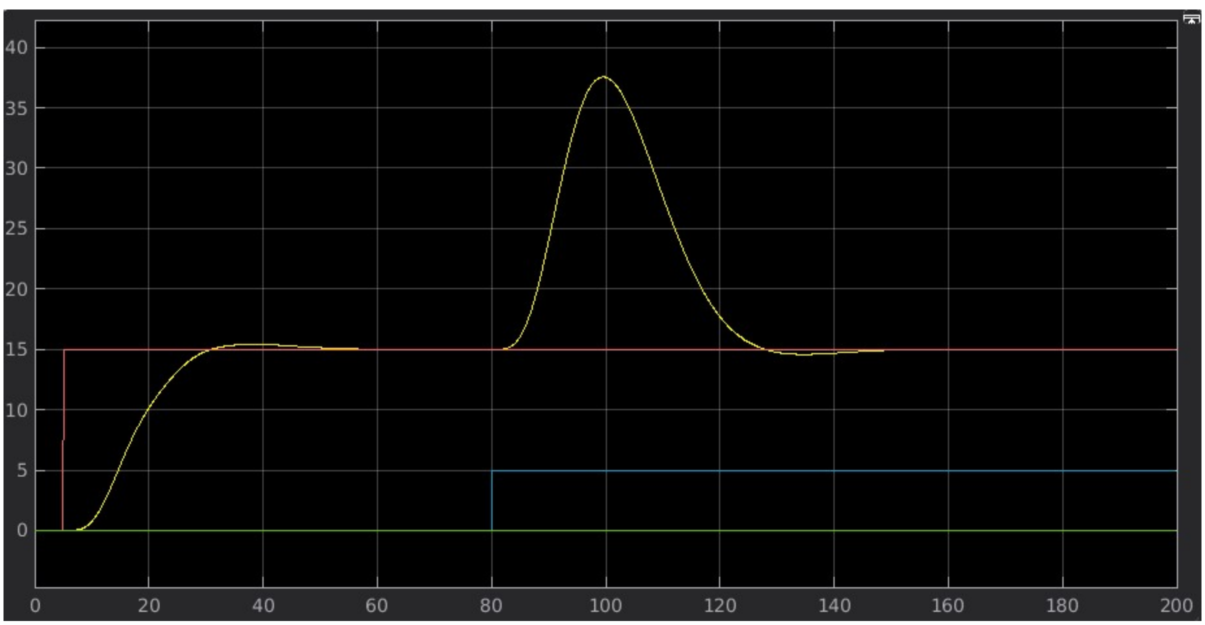

Figura 1: Comportamiento de $y_{(s)}$ de un sistema de SOMTM ante variaciones en $r_{(s)}$ y en $d_{(s)}$.

Creación propia mediante el sistema de simulación Simulink de Matlab

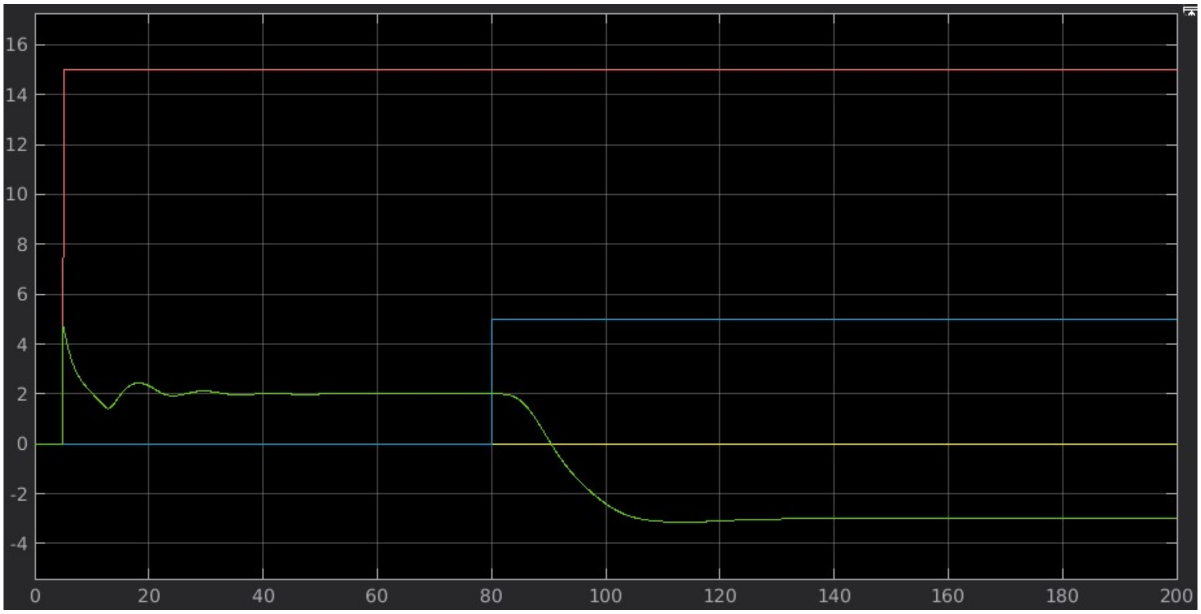

Figura 2: Esfuerzo de control del sistema de SOMTM ante las mismas variaciones.
Creación propia mediante el sistema de simulación Simulink de Matlab

La Figura 3 muestra el comportamiento de la salida del sistema de POMTM ante un cambio del 15 % en el valor deseado a los 5 segundos del tiempo inicial y una perturbación del 5 % después de transcurridos 80 segundos del tiempo inicial. Seguidamente la Figura 4 muestra la evolución del esfuerzo de control para el mismo sistema.

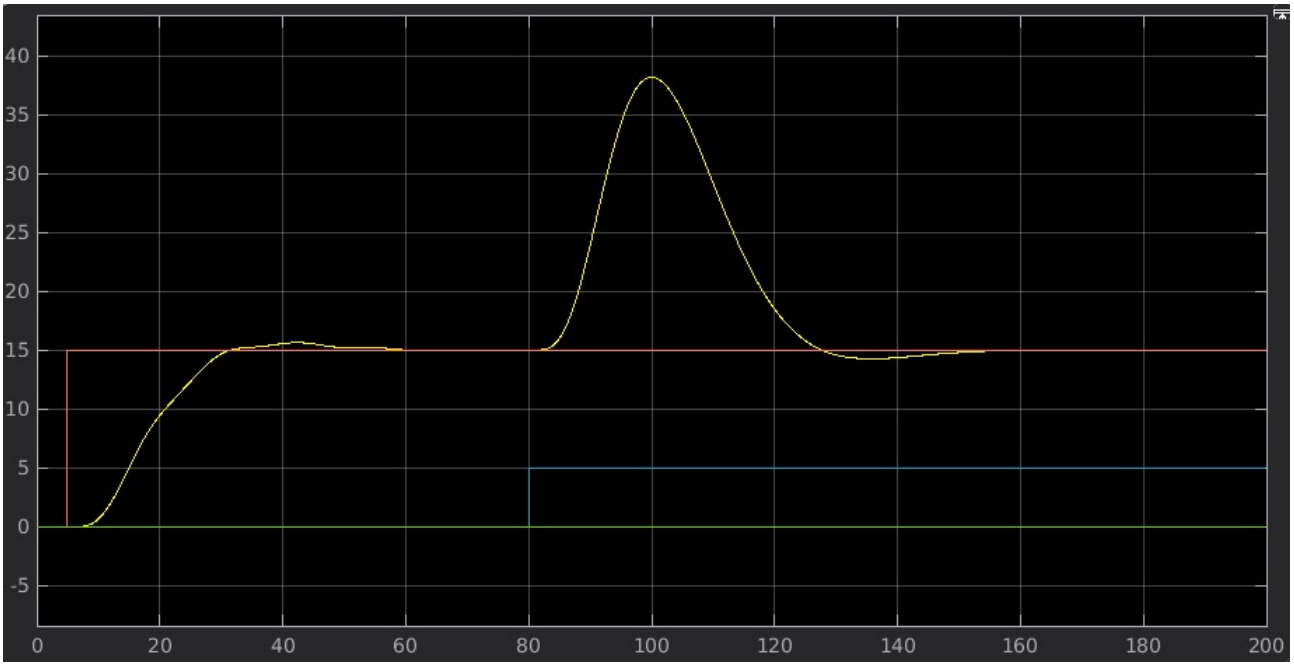

Figura 3: Comportamiento de $y_{(s)}$ de un sistema de POMTM ante variaciones en $r_{(s)}$ y en $d_{(s)}$.

Creación propia mediante el sistema de simulación Simulink de Matlab

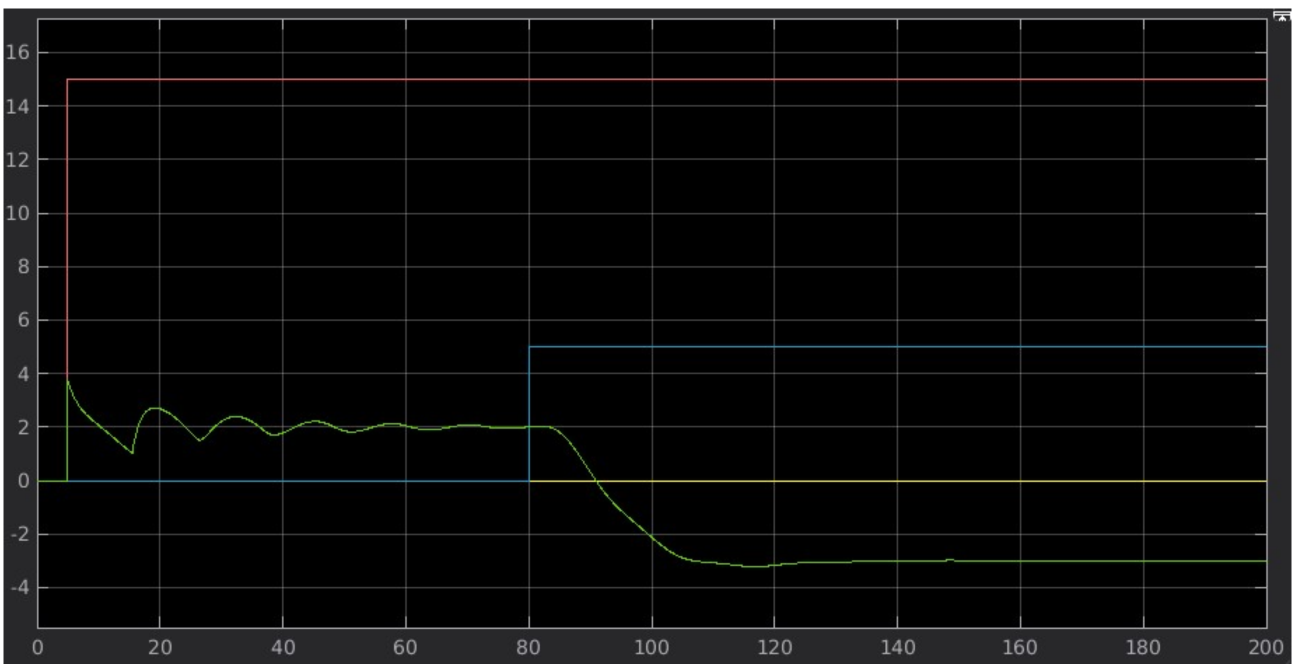

Figura 4: Esfuerzo de control del sistema de POMTM ante las mismas variaciones.

Creación propia mediante el sistema de simulación Simulink de Matlab

1.3. Comente acerca de las diferencias entre las respuestas e indique cuál controlador requiere un mayor esfuerzo de control y cuál controlador es el más rápido.

Con mirar el comportamiento de las gráficas se puede ver que la respuesta de SOMTM es más estable que la respuesta de POMTM, se puede ver que no le cuesta casi trabajo estabilizarse, mientras que la respuesta de POMTM sufre mayores fluctuaciones al intentar estabilizarse. Los comportamientos del esfuerzo de control de ambos sistemas corroboran lo antes mencionado, al ver el comportamiento del esfuerzo de control para el sistema de POMTM se puede notar como le lleva mayor trabajo poder estabilizar la señal de salida ante los cambios ocurridos.

También se puede ver mediante las gráficas de la salida que ambos controladores tienen casi velocidades cercanas, sin embargo el controlador mas rápido es el de SOMTM.