

Práctica: Sintonización de Reguladores PID

Ingeniería de Sistemas y Automática

8 de marzo de 2021

1. Objetivos

En la primera práctica de la asignatura se observó el efecto de las distintas acciones de control sobre un sistema, utilizando los módulos del simulador de prácticas. Esta práctica pretende demostrar cómo el diseño basado en un modelo matemático del sistema da los resultados esperados en el sistema real. Una vez identificada la planta se calcularán las acciones de control del regulador PID de acuerdo a los procedimientos descritos en las clases teóricas y seminarios. Estos valores se ajustarán en el módulo PID y se comparará la respuesta simulada con la real. No se hará un análisis exhaustivo del sistema diseñado, buscando el mejor controlador posible ya que el objetivo, como se ha dicho, es demostrar que si ese análisis se hiciera, como en la práctica 2, el sistema real respondería en base a lo calculado.

2. Fundamentos necesarios que deben estudiarse o repasarse

- Identificación de sistemas de primer y segundo orden.
- Sintonización de las acciones de control por métodos clásicos.
- Manejo de Sisotool.
- Repaso de lo realizado en la práctica 1.

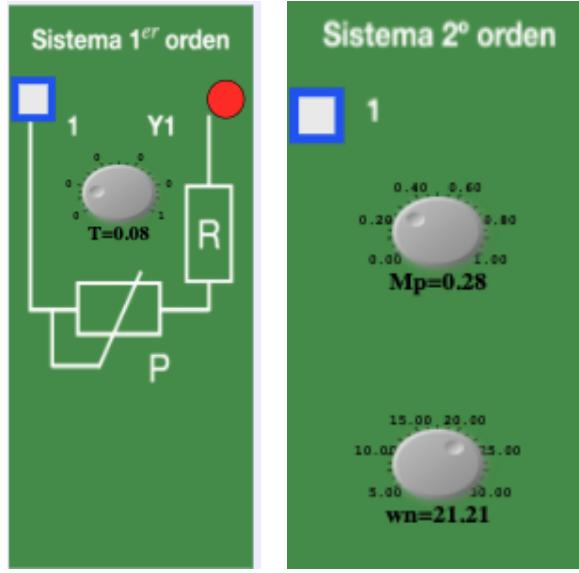
Para preparar la práctica debe plantearse cómo se solucionarían las distintas cuestiones tanto en papel como con el ordenador.

3. Identificación de la planta

3.1. Configuración de la planta

El sistema a controlar será un sistema de tercer orden que obtendremos al conectar en serie los módulos de primer orden y de segundo orden. Con el objeto de tener una respuesta similar en todos los equipos, ajustaremos los módulos como se indica a continuación:

- El módulo de primer orden lo configuraremos con el potenciómetro dentro de la primera división, tal como se puede ver en la figura 1(a).
- El sistema de segundo orden lo configuraremos con la sobreoscilación (M_p) entre el 20 y el 30 %, y la frecuencia de oscilación natural entre 20 y 25 rad/s, como puede verse en la figura 1(b).

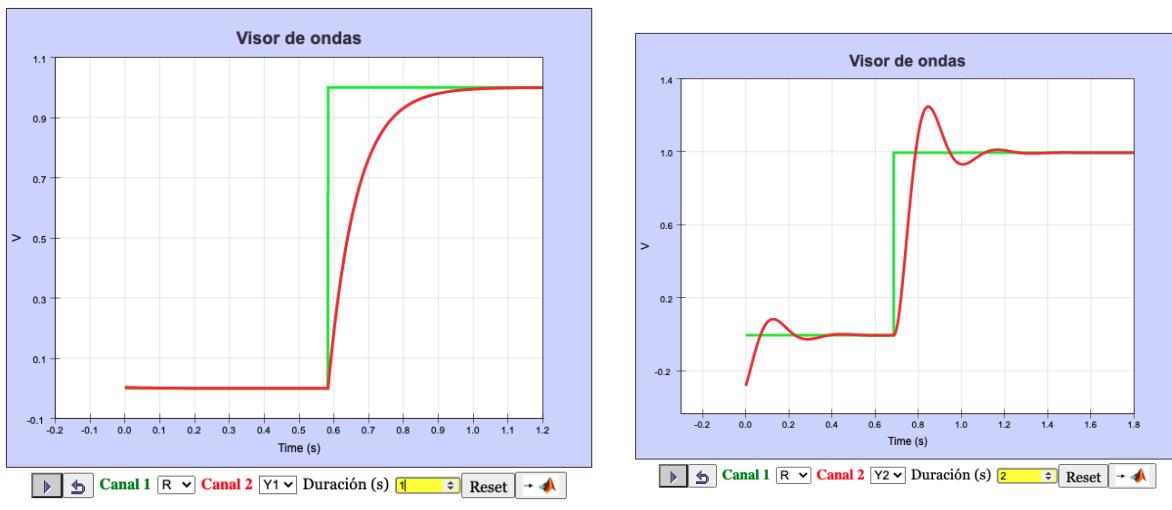


(a) Módulo de primer orden (b) Módulo de segundo orden

Figura 1: Configuración de la planta

3.2. Identificación

Para que la identificación resulte sencilla, obtendremos por separado la función de transferencia de los sistemas de primer y segundo orden. Para ello, introduciremos una entrada escalón (u ondas cuadradas) al sistema y analizaremos la respuesta obtenida. Una vez identificadas las plantas, simularemos la respuesta en Matlab para comprobar la coincidencia de ambas. A modo de ejemplo, la Figura 2 recoge la respuesta ante entrada tipo escalón para ambos módulos.



(a) Respuesta del módulo de primer orden

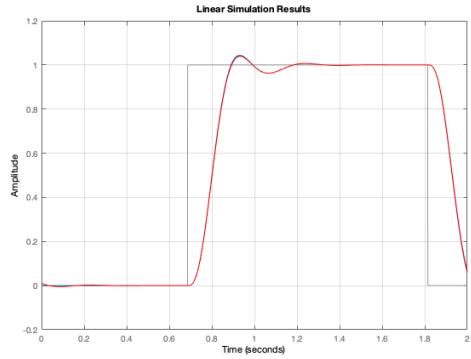
(b) Respuesta del módulo de segundo orden

Figura 2: Respuesta a entrada escalón de los módulos de primer y segundo orden por separado

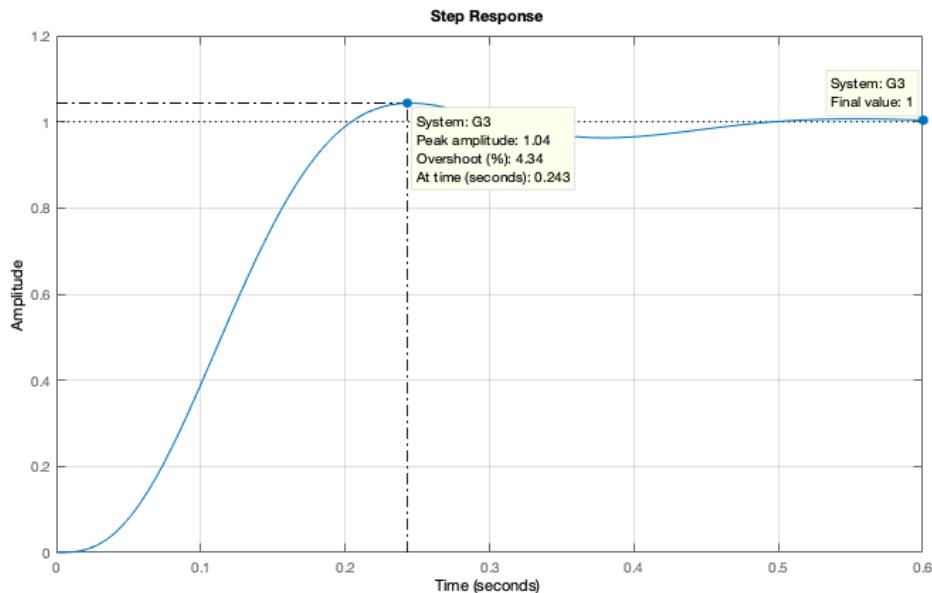
A parte de que la simulación de cada módulo independiente debe coincidir con la respuesta real, si la identificación ha sido correcta, al conectar los dos bloques en serie ($G(s) = G_1(s)G_2(s)$), debe coincidir también la respuesta simulada con la real, como puede verse en la Figura 3. *Identifique las funciones de transferencia del sistema de tercer orden resultante en su preparación previa de la práctica, utilizando el simulador de la práctica.*



(a) Respuesta real de la planta



(b) Respuesta simulada de la planta



(c) Respuesta simulada con step de la planta

Figura 3: Respuesta a entrada escalón de la planta de tercer orden

4. Control proporcional

4.1. Diseño del regulador

Dibuje el lugar de las raíces del sistema realimentado. ¿Qué respuestas nos podemos encontrar a medida que variemos la ganancia del regulador proporcional? Compruébelo experimentalmente.

Utilizando sisotool diseñe un regulador proporcional para que la respuesta en cadena cerrada tenga una sobreoscilación menor o igual al 50 % con el mínimo error posible en régimen permanente.

4.2. Ajuste del regulador proporcional en el módulo PID del simulador

Siga el siguiente procedimiento para exportar el valor de K_p al simulador:

1. Copie el valor de la ganancia del regulador dentro del editor del regulador dentro de *sisotool*.
2. Introduzca ese valor en el potenciómetro K_p del módulo PID. Para tener mayor precisión haga clic sin soltar y aleje el puntero del ratón del potenciómetro antes de girar.

Cierre ahora el lazo de control y compruebe la respuesta del sistema real comparándola con la simulada. Analice también la acción de control.

5. Control proporcional integral

5.1. Diseño del regulador

Diseñe un controlador proporcional integral para cumplir con el mismo criterio de sobreoscilación del caso anterior, pero anulando el error. Para situar el cero del regulador PI, cancele el polo menos significativo de la planta.

5.2. Ajuste de la ganancia integral en el módulo PID

1. Introduzca en *sisotool* la especificación de sobreoscilación indicada.
2. Introduzca en el editor del regulador el polo real y el integrador del regulador PI: $D(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$
3. Configure la ganancia y la posición del cero en el lugar de las raíces para cumplir con las especificaciones indicadas.
4. Copie los valores de la ganancia del regulador y la constante de tiempo T_i del regulador diseñado en *sisotool*.
5. Con estos valores configure el modulo PID. Tenga en cuenta que los valores introducidos en los potenciómetros son las constantes de tiempo T_i y la ganancia K_p . Véase el archivo “Descripción del simulador de equipos de prácticas” para más detalle de la función de transferencia del módulo PID.

Cierre ahora el lazo de control y compruebe la respuesta del sistema real comparándola con la simulada. Analice también la acción de control.

6. Control proporcional diferencial

6.1. Diseño del regulador

Diseñe un regulador proporcional diferencial que cumpla con el mismo criterio de sobreoscilación de los casos anteriores, y que reduzca en un 30% el tiempo de establecimiento obtenido mediante el regulador proporcional. El regulador PD simulado tiene la siguiente función de transferencia $D(s) = k_p \frac{T_d s + 1}{\tau s + 1}$. La constante de tiempo del polo τ el módulo PID de práctica es fija y de un valor aproximado de 1 ms.

6.2. Ajuste de la ganancia diferencial en el módulo PID

1. Introduzca en *sisotool* la especificación de tiempo de establecimiento indicado.
2. Introduzca en el editor del regulador el polo real y el cero real del regulador PD.
3. Configure la ganancia y la posición del cero en el lugar de las raíces para cumplir con las especificaciones indicadas.
4. Copie los valores de la ganancia del regulador y la constante de tiempo T_d dentro del editor de *sisotool*.
5. Con estos valores configure el modulo PID. Tenga en cuenta que los valores introducidos en los potenciómetros son las constantes de tiempo T_d y la ganancia K_p . Véase el archivo “Descripción del simulador de equipos de prácticas” para más detalle de la función de transferencia del módulo PID.

Cierre ahora el lazo de control y compruebe la respuesta del sistema real comparándola con la obtenida en Matlab. Analice también la acción de control.