

### 3º INGENIERÍA INDUSTRIAL

# AUTÓMATAS Y SISTEMAS DE CONTROL

## PRÁCTICA SISTEMAS DE CONTROL

### CONTROL EN SIMULACIÓN DE UN MOTOR DE CC MEDIANTE PID

#### OBJETIVOS

- Desarrollar el tema de diseño de reguladores PID en un marco de simulación con aplicación práctica.
- Mostrar la necesidad de realizar la simulación del regulador diseñado como fase previa al experimento real.
- Controlar en simulación tanto en posición como en velocidad un servomotor convenientemente identificado para la posterior implementación práctica de dicho sistema de control.

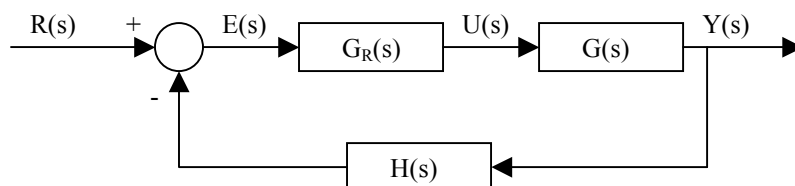
#### 1. INTRODUCCIÓN

En la presente práctica se pretende realizar el control en simulación de un servomotor real mediante el uso de reguladores PID. La simulación se realizará en el entorno Matlab/Simulink. Para ello, lo único que se debe disponer es de la función de transferencia del sistema a regular, en este caso el servomotor. Obviamente es deseable haber realizado la correspondiente práctica de identificación del servomotor ya que aunque todos son iguales, la función de transferencia puede variar de unos otros en virtud de una serie de circunstancias. En cualquier caso, si no se ha identificado el sistema, una función de transferencia prácticamente válida para todos los servos es la siguiente:

$$G(s) = \frac{\dot{\theta}(s)}{U(s)} = \frac{28}{s + 10}$$

donde  $\theta(s)$  denota la posición angular del eje del servomotor y  $U(s)$  la entrada de control aplicada al mismo (tensión). Por tanto, la anterior función de transferencia proporciona la relación entre la velocidad angular del eje del servomotor respecto de su entrada de control.

Como se ha comentado, lo que se pretende es controlar dicho servomotor, es decir, que la salida de éste cumpla unas determinadas especificaciones tanto dinámicas como estáticas. Para ello utilizaremos un esquema de control con realimentación negativa como el que se propone en la siguiente figura:



Donde  $R(s)$  denota la referencia que deseamos que siga la salida del sistema,  $E(s)$  el error entre la salida del sistema y la referencia,  $U(s)$  la entrada de control al servomotor, e  $Y(s)$  la señal de salida del servomotor. Por otra parte,  $G(s)$  es la función de transferencia del servomotor (que si utilizamos la propuesta anteriormente, provoca que la salida sea la velocidad del eje),  $H(s)$  es la función de transferencia del sensor (que en este caso suponemos la unidad), y  $G_R(s)$  la función de transferencia del regulador calculado.

El control del servomotor se realizará tanto en velocidad como en posición (debiendo hallar posteriormente la función de transferencia que nos proporciona la relación  $\theta(s)/U(s)$ ). Analicemos cada una de estas tareas.

## 2. CONTROL EN VELOCIDAD

Lo que se pretende en este caso es controlar la velocidad angular del eje del servomotor, es decir, que la velocidad del eje siga una determinada referencia.

Para ello las tareas a realizar son:

- a) Construir el esquema Simulink para simular el comportamiento del sistema en bucle abierto, observando que se verifiquen las propiedades tanto dinámicas como estáticas que se desprenden del análisis de su función de transferencia en bucle abierto (ganancia en régimen permanente, valor final, constante de tiempo y tiempo de establecimiento)

Para realizar esta simulación y todas las siguientes se utilizarán los siguientes parámetros:

- Entrada al sistema: escalón unitario
  - Tiempo de simulación: 2 segundos
  - Max. step size y Min. step size de 0.01
  - Las señales a almacenar (visualizar) deben ser la de salida del sistema y la acción de control proporcionada.
- b) Construir el esquema Simulink que simule el comportamiento del sistema en bucle cerrado realimentado negativa y unitariamente. Comprobar, al igual que en el punto anterior, que la respuesta obtenida cumple las propiedades tanto dinámicas como estáticas que se desprenden del análisis de la función de transferencia en bucle cerrado.

En vista de los resultados obtenidos:

- ¿Son aceptables las prestaciones dinámicas que se obtienen en bucle cerrado?
  - ¿Existe error en régimen permanente?
  - Si existe, ¿a que puede ser debido?
  - Si existe, obtener la constante de error  $K_p$  y el error de posición  $e_p$  contrastando los resultados con la respuesta obtenida en simulación.
- c) Suponiendo que las prestaciones dinámicas sean aceptables, y en el caso de que exista error en régimen permanente, es necesario diseñar un regulador que elimine dicho error sin modificar las prestaciones dinámicas. Para ello se pide:
    - Diseñar el regulador más simple que **elimine** el error en régimen permanente.
      - ¿Qué tipo de inconvenientes presenta el regulador diseñado?
      - Simular el sistema en bucle cerrado incluyendo el regulador diseñado y comentar la respuesta obtenida. ¿Es la que se esperaba?

- Diseñar un regulador de forma que el error en régimen permanente sea inferior o igual al 5% ( $e_p \leq 5\%$ ).
- ¿Cual de los dos reguladores funciona mejor? Justifica la respuesta.

### **3. CONTROL EN POSICIÓN**

En este caso se trata de realizar el control del eje del servomotor en posición, es decir, que dicho eje se sitúe en una determinada posición dada por la señal de referencia  $R(s)$ .

En este caso, las tareas a realizar son:

- a) Obtener la función de transferencia  $G(s) = \frac{\theta(s)}{U(s)}$ .
- b) En vista de la función de transferencia obtenida, ¿presentará el sistema error en régimen permanente? Justifica la respuesta.
- c) Simular mediante el esquema Simulink correspondiente la evolución de la respuesta del sistema en bucle cerrado.
  - ¿Presenta la salida error en régimen permanente?
  - Calcular el tiempo de establecimiento. ¿Son aceptables las prestaciones dinámicas en este caso?
- d) Asumiendo que las prestaciones dinámicas no son aceptables, calcular el regulador necesario que aporte las siguientes prestaciones a la salida:
  - Tiempo de establecimiento menor o igual a 0.2 segundos ( $t_e \leq 0.2$  seg.)
  - Sobreoscilación máxima menor o igual al 20% ( $\delta \leq 0.2$ )
- e) Simular el sistema en bucle cerrado con el regulador obtenido en el punto anterior y representar las señal de salida y la acción de control. A la vista de los resultados:
  - ¿Cumple la respuesta las especificaciones dinámicas propuestas?
  - Sabiendo que el actuador del servomotor sólo acepta tensiones entre  $-10$  y  $10$  voltios, ¿se obtiene una buena acción de control?
- f) Suponiendo que la acción de control obtenida no es buena, se tendría que diseñar un regulador que proporcione acciones de control más reducidas. Para ello se deben proponer unas especificaciones dinámicas más suaves.

Se pide diseñar un regulador para unas especificaciones dinámicas menos exigentes (por ejemplo  $t_e \leq 0.5$  seg. y  $\delta \leq 0.5$ ).

Una vez realizada la simulación con este último regulador y a la vista de los resultados:

- ¿Se obtiene una acción de control aceptable?
- En el caso de que no sea así, y para comprobar el comportamiento real del sistema ante una acción de control de esa magnitud, se debe introducir un bloque saturador a la entrada del servomotor (normalmente los actuadores llevan un mecanismo de protección que consiste en saturar la señal de entrada al máximo y mínimo permitido por el sistema, en este caso, la acción de control se saturaría entre  $-10$  y  $10$  voltios).



Una vez simulado el sistema con el saturador, se debe visualizar la respuesta del sistema y la acción de control saturada. ¿Se obtienen resultados aceptables?

### **4. TRABAJO A PRESENTAR**

Se debe presentar una memoria de la practica realizada que contenga la respuesta justificada a todas las preguntas realizadas, cálculos de los reguladores diseñados, gráficas de las respuestas obtenidas así como cualquier aspecto de la práctica que se quiera hacer notar.