

Práctica 1: demo sistema de control realimentado

Ingeniería de Sistemas y Automática

1 de marzo de 2023

1. Objetivos

Esta práctica tiene varios objetivos. En primer lugar sirve como repaso de conceptos vistos en la asignatura de Automatización y Control relativos al análisis de la respuesta de sistemas dinámicos y de los conceptos relacionados con las ventajas de los sistemas realimentados. El objetivo principal es conocer de forma intuitiva el efecto de las acciones de control proporcional, integral y diferencial, que se estudiarán de forma rigurosa durante el curso.

2. Desarrollo de la práctica.

En primer lugar debe leer el documento «Descripción del aeropéndulo». Durante la práctica el/la profesor/a responsable realizará una demostración con el sistema aeropéndulo. Durante dicha demostración, el profesor, con la ayuda de una interfaz web interactiva, comandará el sistema configurando en él controladores: P, PI, PD y PID. Se observarán las respuestas del sistema realimentado ante entradas tipo escalón y se explicará las ventajas y desventajas de cada uno de estos reguladores.

Al final de este documento se encuentra una batería de posibles preguntas que un alumno/a que haya prestado atención a la demostración tendría que ser capaz de contestar correctamente. Estas cuestiones o similares pueden ser preguntadas en el examen de prácticas.

2.1. Conceptos a repasar

- Frecuencia de oscilación natural (ω_n), frecuencia amortiguada (ω_d), constante de amortiguamiento (ξ), factor de decrecimiento (σ).
- Respuesta de sistemas realimentados: tiempo de establecimiento (t_s), constante de tiempo (τ), sobreoscilación (M_p).
- Errores: error de posición.
- Fenómeno wind-up.
- Linealización de sistemas entorno a un punto de trabajo.

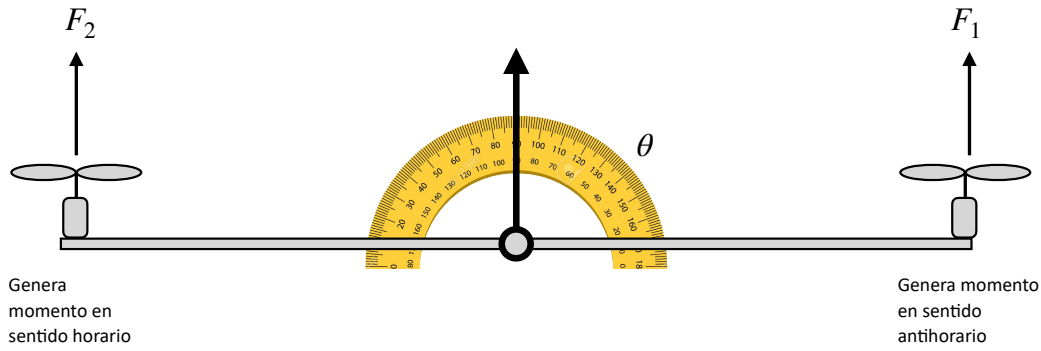
3. Sistema aeropéndulo

Tal y como se explica en la figura 1, el sistema a controlar se modela mediante la una función de transferencia del tipo:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+p)}$$

donde tenemos un polo en el origen y un polo real. En esta aproximación el polo p_m correspondiente a la constante de tiempo del motor se desprecia en esta aproximación. Durante la identificación del sistema se observó que dicha constante es lo suficientemente pequeña como para despreciarla (el polo está muy alejado del eje imaginario). Tomando esta función de transferencia como referencia se ha identificado experimentalmente los parámetros p y K .

Nótese que a lo largo del desarrollo se han realizado simplificaciones del modelo para evitar las no-linealidades y tratar el sistema como un lineal. En el sistema real dichas no-linealidades provocan que el comportamiento del sistema real se desvíe ligeramente de nuestro modelo.



<p>MOTOR</p> $\dot{\omega} = -\frac{b_m}{T_m}\dot{\omega} + \frac{1}{T_m}\omega_{ref}$ $F_m = K_a\omega^2$ <p style="text-align: center;">↓</p> $F_m \approx K_a\omega$ $G_m(s) = \frac{F(s)}{W_{ref}} = \frac{K_m}{s + p_m}$	<p>Según las curvas de empuje del motor podemos asumir es lineal</p>	<p>SISTEMA MECÁNICO DE ROTACIÓN</p> $J_p\ddot{\theta} = -b_p\dot{\theta} + l_p F \quad (F = F_1 - F_2)$ <p style="text-align: center;">↓</p> $\theta(s)s^2 = -\frac{b_p}{J_p}s\theta(s) + \frac{l_p}{J_p}W_{ref}(s)G_m(s)$ <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="background-color: #e6f2ff; padding: 10px; border: 1px solid #add8e6;"> $G(s) = \frac{\theta(s)}{W_{ref}(s)} = \frac{K}{s(s + p_{mec})(s + p_m)}$ </div>
--	--	---

Figura 1: Ecuaciones diferenciales del aeropéndulo.

4. Control realimentado mediante un regulador PID digital

El sistema previamente mencionado será la planta $G(s)$ que intentaremos controlar. Para ello utilizaremos un regulador digital tipo PID implementado en un microcontrolador. Dicho PID es de la forma:

$$PID(s) = \frac{W_{ref}(s)}{E(s)} = K_p(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$$

El regulador implementado se puede configurar como P, PI, PD o PID utilizando una interfaz web interactiva. La salida del regulador será la velocidad de giro de cada uno de los motores.

$$w_{m1}(t) = w_0(t) + w_{ref}(t)$$

$$w_{m2}(t) = w_0(t) - w_{ref}(t)$$

5. Cuestiones a responder

1. Dibuje el esquema de un sistema de control realimentado para el sistema del aeropéndulo. Identifique cada uno de los bloques con los instrumentos físicos donde se implementan.
2. ¿Qué ventajas presenta la realimentación sobre este sistema?
3. ¿Es estable este sistema en cadena abierta?
4. ¿Tiene el sistema realimentado con un regulador P error en régimen permanente para una entrada escalón? En caso negativo, ¿por qué no?
5. ¿Qué ocurre al aumentar la ganancia K_p en el regulador P?
6. Si se introduce una perturbación al sistema cuando éste está realimentado con un regulador proporcional, ¿cómo responde ante dicha perturbación?
7. ¿Qué ventajas aporta el regulador PI?

8. ¿Qué inconvenientes se observa al subir mucho la K_i ?
9. ¿Cómo responde el sistema realimentado con un regulador PI ante una perturbación? ¿Y si la perturbación desaparece repentinamente?
10. ¿Qué efectos no deseados se observan cuando el sistema realimentado es un PD con ganancia diferencial (K_d) alta?
11. ¿Qué ventajas puede aportar la ganancia diferencial?