Práctica 2

Análisis mediante Funciones de Sensibilidad de un Sistema de Control

Sistemas Automáticos, EPSIG

Marzo 2007

1. Requisitos previos

Los requisitos enumerados a continuación son imprescindibles para el adecuado seguimiento de la práctica. Todos ellos han debido ser vistos en Análisis Dinámico de Sistemas (2º curso del plan de 2001 de Ingeniería Industrial) o en asignaturas de primer ciclo universitario.

1. Saber calcular los parámetros básicos de una senoide en una gráfica (amplitud, fase, frecuencia, pulsación, periodo, etc.).
2. Saber interpretar un diagrama de Bode.
3. Saber calcular la función de transferencia entre dos puntos de un diagrama de bloques.
4. Saber operar con números complejos.
5. Conocer el principio de superposición.

2. Trabajo previo

En las explicaciones y el desarrollo de la práctica se dará por supuesto:

1. Que el alumno ha hecho la prepráctica.
2. Que el alumno ha leído el tema 4 de *Feedback Control of Dynamic Systems, Franklin et al.*

3. Objetivos

A lo largo de esta práctica el alumno deberá aprender a:

1. Representar en matlab las funciones de sensibilidad de un sistema dado.
2. Interpretar las funciones de sensibilidad para el análisis y comparación del comportamiento de varios sistemas de control en cuanto a seguimiento de referencias, efecto de perturbaciones, estabilidad relativa y acción de control.
3. Calcular numéricamente, a partir de las funciones de transferencia de planta y controlador, mediante evaluación de las funciones de sensibilidad en $s = j\omega$, la sensibilidad del sistema ante señales de tipo escalón o senoidal aplicadas en distintos puntos del lazo, por ejemplo,
   - atenuación para perturbaciones de carga senoidales de una frecuencia dada,
   - error de seguimiento de referencias de tipo escalón,
   - acción de control para referencias senoidales de una frecuencia dada,
   - etc.
4. Calcular los mismos valores gráficamente, a partir de los Bodes de las funciones de sensibilidad.
5. Simular el comportamiento del sistema de control ante referencias y perturbaciones (de tipo escalón y senoidal) representando gráficamente las principales variables del sistema (entrada, salida, perturbación, acción de control y señal de error, principalmente)

4. Lecturas

- *Lectura obligada*: Tema 4 de *Feedback Control of Dynamic Systems, Franklin et al.*
- *Lectura recomendada*: Diapositivas del tema Funciones de Sensibilidad.
- *Lectura recomendada*: Control System Design (cap. 5) K.J. Aström.

5. Introducción

En la práctica se trabajará con los modelos matemáticos simplificados de un motor de CC. A continuación se describen brevemente los modelos del motor en cadena abierta así como en lazo cerrado de posición y de velocidad.

Modelo del motor (cadena abierta). La relación entre tensión de inducido $u_i(t)$ y la velocidad en el motor $\omega(t)$ puede aproximarse mediante la función de transferencia de primer orden

$$G_\omega(s) = \frac{A}{\tau s + 1}$$

La posición es la integral de la velocidad, con lo que la función de transferencia entre la tensión de inducido y la posición es

$$G_\theta(s) = \frac{A}{\tau s + 1} \cdot \frac{1}{s}$$

También puede modelarse el par de carga $d(t)$ aplicado sobre el motor como una tensión equivalente que se resta a la tensión de inducido, tal como se muestra en la figura 1, donde K_d es una constante que relaciona el par con la tensión equivalente. El diagrama de bloques simplificado del motor, quedaría como sigue:

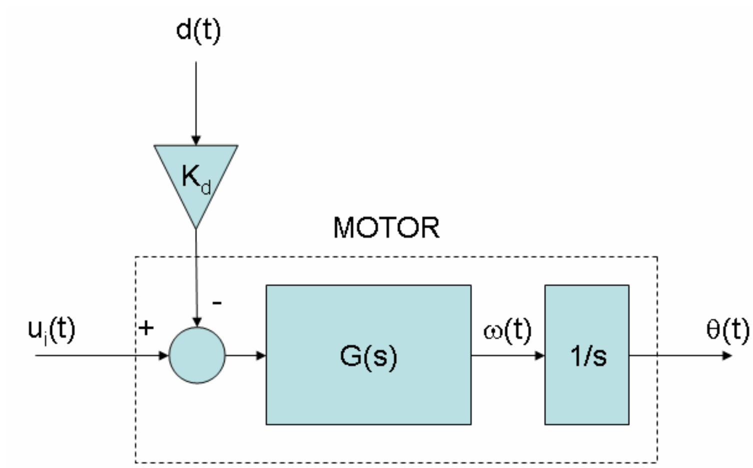

Figura 1: Diagrama de bloques del motor.

Control de posición. Realimentando la posición mediante un sensor (por ejemplo, los equipos de prácticas emplean como sensor de posición un potenciómetro en un divisor resistivo) puede conseguirse de forma sencilla un control de posición:

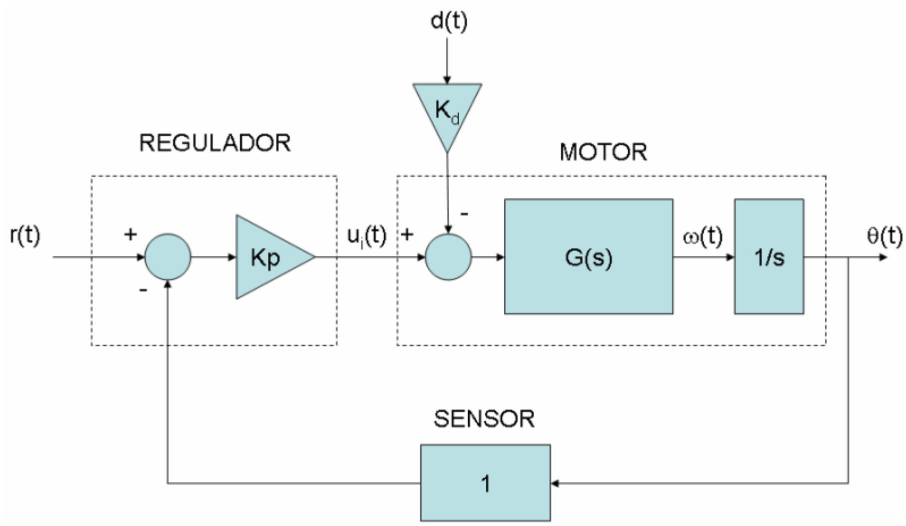

Figura 2: Diagrama de bloques del control de posición.

6. Enunciado

Partiendo de los parámetros determinados experimentalmente

$$A \approx 1\,\frac{\text{rad/s}}{V}$$
$$\tau \approx 0{,}150\,\text{seg}$$

y suponiendo que en el control de posición descrito anteriormente, en lugar del control proporcional (K_p) se emplea un controlador genérico de tipo PID

$$D(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Realizar las siguientes tareas utilizando Matlab:

1. Trazar las funciones de sensibilidad para los siguientes casos:

	K_p	K_i	K_d	
Caso 1:	1	0	0	(control P)
Caso 2:	5	0	0	(control P)
Caso 3:	10	0	0	(control P)
Caso 4:	1.5	1.5	0	(control PI)
Caso 5:	5	0	5	(control PD)

   Comparar los 5 casos a partir de las gráficas obtenidas, ordenándolos de menor a mayor en cuanto a:

   - Error de seguimiento para referencias de tipo escalón
   - Efecto en la salida de un par de carga constante
   - Error de seguimiento para referencias senoidales $r(t) = \cos(2 \cdot t)$
   - Efecto en la salida ante par de carga senoidal $d(t) = \cos(2 \cdot t)$
   - Ancho de banda
   - Estabilidad relativa

2. Simular el sistema para los casos 2,4,5 en los siguientes casos:

   - Ante una referencia $r(t) = 1$, representando la referencia $r(t)$, la salida $\theta(t)$ y el error $e(t) = r(t) - \theta(t)$
   - Ante una referencia $r(t) = \cos(2t)$, representando la referencia $r(t)$, la salida $\theta(t)$ y el error $e(t) = r(t) - \theta(t)$

- Ante un par de carga $d(t) = 1$, representando el par de carga $r(t)$ y la salida $\theta(t)$
- Ante un par de carga $d(t) = \cos(2t)$, representando el par de carga $r(t)$ y la salida $\theta(t)$

Cotejar los resultados con las conclusiones obtenidas a partir de las funciones de sensibilidad.

3. Evaluar numéricamente la magnitud del error de seguimiento de referencias para los casos 2,4,5 ante referencias senoidales $r(t) = \cos(2t)$. Los resultados deben coincidir con los obtenidos mediante los procedimientos utilizados en los puntos anteriores.