



Control de Sistemas: Tarea 4

Instrucciones

- Responda las siguientes preguntas tratadas en clases utilizando los apuntes del curso, notas tomadas en clases u otras referencias que ud. desee investigar (cite toda fuente externa).
- Esta tarea es *individual*.
- Entregue sus respuestas en forma ordenada en formato digital además todos sus códigos en Python en un archivo comprimido a través de Canvas (**Tarea4_APELLIDO_NOMBRE.zip**). Incluir un archivo **README.txt** con una breve explicación de cada código o archivo entregado.
- Para las simulaciones numéricas puede apoyarse en el uso de Python.
- Se encuentra disponible un foro para responder a sus consultas. Utilícelo para compartirlas con sus compañeros.
- El acto de entregar la tarea con su nombre se entiende como una declaración de autoría total de la tarea. Esto significa que ud. no copió el trabajo de sus compañeros ni recibió ayuda indebida. También significa que ud. conoce y respeta el Código de Honor de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Cualquier acto de deshonesto o de fraude que sea detectado será sancionado con la reprobación automática del curso, a lo que se sumarán las acciones correspondientes que establece la universidad ante este tipo de comportamiento.
- Entrega: A través de Canvas a más tardar el día miércoles 11 de mayo a las 23:59 hrs.

1. [20 pts] Ejemplos de sistemas de control:

Detallar dos sistemas de control realimentados interesantes. Para cada sistema, identificar la salida correspondiente (variable controlada), el mecanismo de detección (sensor), la variable manipulada (entrada), y una idea del tipo de control utilizado. En cada caso identifique en detalle con un diagrama la conexión de la planta, el sensor y el control, además de las unidades de cada variable de entrada y salida.

2. [40 pts] Simulación y Control Brazo Robótico Simple:

2.1. Modelamiento:

Para un simple brazo robótico (representando un dedo de un manipulador robótico) mostrado en la Fig. 1, demostrar que la relación que representa el comportamiento del sistema en el tiempo puede ser modelada por la siguiente ecuación diferencial:

$$I\ddot{\theta}(t) + b\dot{\theta}(t) + mgl \sin(\theta(t)) = \tau(t),$$

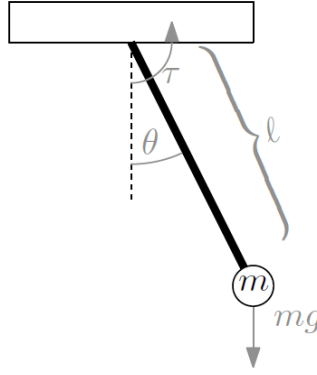


Figura 1: Manipulador robótico.

donde I es la inercia de una masa puntual $m = 0,1Kg$ y conectada con una barra de masa despreciable de largo $l = 0,1m$, con un coeficiente de fricción dinámico rotacional $b = 2 \cdot 10^{-3} \frac{N \cdot m}{rad/s}$ y considerando la fuerza de gravedad ($g = 9,81m/s^2$). Considerar la entrada del sistema como el torque aplicado al brazo ($\tau(t)$) y la salida como la posición angular de la barra ($\theta(t)$).

2.2. Características en el tiempo del sistema lineal:

Asumir que el sistema va a operar para ángulos pequeños con lo que puede ser aproximado por $\sin(\theta(t)) \approx \theta(t)$ con lo que podemos aproximar el brazo como un sistema de segundo orden. Determinar el factor de amortiguación ζ y frecuencia natural ω_n del sistema. Para una entrada en escalón ($\tau = 0,01N \cdot m$), encontrar el tiempo de subida, el porcentaje de sobre-oscilación, el tiempo de establecimiento y el valor en régimen permanente.

2.3. Simular respuesta al escalón del sistema:

Utilizando Python simular el sistema no lineal original del brazo robótico simple y encontrar la respuesta en el tiempo de la posición angular ($\theta(t)$) para una entrada en escalón ($\tau = 0,01N \cdot m$). Encontrar el tiempo de subida, el porcentaje de sobre-oscilación, el tiempo de establecimiento y el valor en régimen permanente. Comparar los resultados con los valores teóricos encontrados previamente. Explicar las diferencias. Entregar el código utilizado con comentarios.

2.4. Simular Control Proporcional (P), Proporcional-Derivativo (PD) y Bang-Bang:

Utilizando Python simular el sistema brazo robótico simple con tres controladores: Proporcional, Proporcional-Derivativo y Bang-Bang. Encontrar la respuesta en el tiempo de la posición angular ($\theta(t)$) para una entrada en escalón en la referencia de $\theta_{ref} = \pi/18$ en cada caso. Ajustar la ganancias de cada controlador hasta que el tiempo de establecimiento sea menor que $500ms$, con un porcentaje de sobre-oscilación menor que 5% y sin error permanente (indicar si no es posible cumplir alguna condición en cada controlador). Encontrar el tiempo de subida, el porcentaje de sobre-oscilación, el tiempo de establecimiento y el error en régimen permanente (error entre la referencia y la salida cuando $t \rightarrow +\infty$). Entregar el código utilizado con comentarios.