



IE0431: Sistemas de Control
I-2021

TAREA 4

Cuando se trata de sistemas, a menudo empleamos compensadores como una forma de alterar su comportamiento dinámico. Los **compensadores de adelanto**, también llamadas redes de compensación de adelanto de fase, se utilizan en los controles para **mejorar la respuesta transitoria de un sistema dinámico reduciendo el sobrepaso y disminuyendo el tiempo pico (es decir, aumentando el tiempo de respuesta del sistema)**. Lo hacen **aumentando el margen de fase y la frecuencia de cruce de un sistema**, respectivamente. Sin embargo, uno de los principales beneficios de un compensador de adelanto es que **mejora la estabilidad general del sistema**. Tenga en cuenta que es posible que un compensador de adelanto no siempre le proporcione el comportamiento deseado, por lo que no es raro combinarlo con otros tipos de compensadores, como un compensador de atraso, para lograr una respuesta específica del sistema.

En esta tarea explorará el control de compensación mediante el diseño de un compensador adelanto para un tiempo pico, un porcentaje de sobrepaso y un error de estado estable determinados.

Debe diseñar e implementar un compensador de adelanto similar al que se muestra en la Figura 1 para controlar la velocidad angular del QUBE-Servo 2. Esta es una plataforma experimental de un motor DC para realizar el control de la velocidad angular. La aplicación móvil de Qlabs puede descargarla de: App Store and Google Play. Se trata de la misma aplicación de la tarea 2, en esta ocasión debe registrarse con su correo institucional.

El diseño se realizará en Matlab y se implementará en la aplicación de Qlabs.

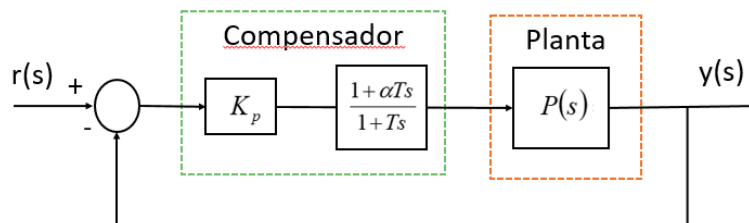



Figura 1: Sistema de control realimentado simple.

I Parte diseño:

Su controlador debe satisfacer los siguientes criterios de diseño:

- Error permanente a una entrada tipo escalón unitario $e_{pro} = 0$ (recuerde de la presentación agregar un integrador)
- Tiempo al pico $t_p \leq 0,175$ s
- Frecuencia de cruce de ganancia $\omega_g \geq 15$ rad/s
- Porcentaje de sobrepaso $M_p \leq 35\%$
- Margen de fase ≥ 40 grados

El QUBE-Servo 2 tiene la siguiente función de transferencia de tensión a velocidad:


	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p align="center">IE0431: Sistemas de Control I-2021</p>		

$$P(s) = \frac{22.5}{0.165s + 1}$$

1. Mediante *Sisotool* encuentre el diagrama de Bode de la planta combinado con el integrador, es decir, $G_0 = \frac{P(s)}{s}$. Indique los márgenes de estabilidad relativa y frecuencia de cruce de ganancia. Muestre la figura del Bode. Muestre la respuesta temporal indicando el porcentaje de sobrepaso, tiempo al pico y valor en régimen permanente. 10 pts
2. Diseñe la ganancia del controlador K_p para obtener la frecuencia de cruce de ganancia mínima deseada (15 rad/s). Indique el valor resultante de K_p lineal y en decibels. Pista: Puede aumentar la ganancia en *sisotool* poco a poco, o usando el comando *margin(G₀)* puede obtener la magnitud en dB donde se obtiene una frecuencia de 15 rad/s y convertirla a lineal para ingresarla en *sisotool*. 10 pts
3. Muestre el diagrama de Bode del sistema $G_1 = \frac{K_p P(s)}{s}$. Indique el margen de fase obtenido. ¿Cómo cambió la respuesta temporal? Explique. 10 pts
4. Determine el margen de fase adicional que se requiere para cumplir con el margen de fase deseado. 10 pts
5. Calcule el valor de α . 5 pts
6. Determine la frecuencia donde el sistema no compensado alcanza $-10 \log_{10} \alpha$. Indique el valor de la ganancia y frecuencia ω_m en el diagrama de Bode y muestre la figura. 10 pts
7. Calcule el valor de la constante de tiempo T . 5 pts
8. Indique la función de transferencia del controlador. 5 pts
9. Muestre el diagrama de Bode del sistema compensado e indique los márgenes y frecuencia de cruce de ganancia logradas. 10 pts
10. Muestre la respuesta temporal, indique el tiempo a pico, el porcentaje de sobrepaso, el valor de la salida en estado estable y el e_{pro} . Explique si su diseño cumple con los requerimientos. 10 pts
11. ¿Qué efecto tiene el ajuste del valor de K_p en la respuesta temporal? Explique qué comportamiento tiene su incremento en los índices de desempeño. 5pts

II Parte Implementación usando la aplicación Qlabs

12. Abra la aplicación móvil de Qlabs y elija la opción *Lead control* en Qube-Servo 2-DC motor. Navegue a la página 2 e implemente su compensador de adelanto usando los controles deslizantes k_c , T y α . Haga clic en el botón Inicio para iniciar la simulación. Observe el comportamiento del servo y la respuesta temporal del modelo y cómo responden ambos a con su compensador de adelanto. **Muestre una imagen con la captura de la pantalla donde se observen la gráfica y**

	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p align="center">IE0431: Sistemas de Control I-2021</p>		

los parámetros del controlador. ¿La respuesta del sistema coincide con los requerimientos de desempeño (M_p , t_p , e_{pro})? Explique. 10 pts

Indicaciones finales:

La resolución de los ejercicios realizarse de **forma algebraica, siguiendo el procedimiento seguido en la clase**, agregando las figuras de los diagramas de Bode y respuestas temporales para hacer el análisis respectivo usando los comandos *sisotool* y *margin*.

El despeje de todos los parámetros debe realizarse algebraicamente. Puede utilizar un editor de ecuaciones, *LaTeX*, matemática simbólica en Matlab o *Mathematica* o escritura a mano para agregar el respectivo desarrollo algebraico. En caso de presentar el desarrollo a mano deberá ser con letra legible, escaneado o fotografiado con buena resolución y escrito de forma muy ordenada para poder ser calificado sin inconvenientes, incorporando la imagen respectiva en la sección correspondiente del pdf presentado como solución. En el caso de que se reciba un desarrollo ilegible o desordenado se asignará automáticamente una calificación de **cero** en la parte correspondiente.

La solución de la tarea se debe presentar en un documento en pdf.

Fecha límite de entrega: lunes 28 de junio de 2021 a las 6 p.m. **No se aceptan tareas tarde.**

Debe indicar en un comentario en la primera línea del archivo .m: Nombre, Carné y Grupo Matriculado.

Las tareas son individuales.