Entrega del informe: 29/09/2023

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS Nº 2

Sistemas de control en lazo cerrado: Análisis de régimen estacionario y transitorio, rechazo de perturbaciones y estabilidad con controladores clásicos lineales.

Objetivos:

- Obtener el modelo que caracteriza a la planta a través de la función de transferencia para cada uno de los sistemas físicos especificados.
- Reconocer e interpretar los diferentes parámetros de la respuesta transitoria en sistemas dinámicos, a fin de evaluar su desempeño en régimen transitorio y permanente.
- Comprender los efectos y mejoras introducidas por los controladores lineales P, PI, PD, PID y PI-D, comparando la operación a lazo cerrado, con y sin compensación.
- Establecer los errores de posición, de velocidad y de aceleración para diferentes sistemas.
- Simular mediante Matlab o PSIM las diferentes respuestas y evaluar el desempeño del sistema.

Ejercicio Nº 1:

Considerar un modelo mecánico rotacional, donde los elementos son una inercia de J = 0,12 N·m·s^2/rad y una fricción viscosa b = 0,09 N·m·s/rad; seleccionar como entrada al torque $T(s)$ y como salida la posición angular $\Theta(s)$. Obtenga la función de transferencia $G_p(s) = \dfrac{\Theta(s)}{T(s)}$.

Colocar el sistema en lazo cerrado sin compensador. Realizar un diagrama de bloques para esquematizar el problema con un controlador $G_c(s) = 1$.

a. Obtener los **errores de posición, velocidad y aceleración**, aclarando qué **tipo de sistema** es la FTLA. Obtener la respuesta al escalón unitario, la rampa unitaria y la cuadrática del sistema en LC y verificar los errores calculados.
b. Realizar un análisis de la planta en LC con variaciones paramétricas:
   1 – Producir cambios de carga J de 0,12; 0,5; 0,75; 1 y 1,5 N m s^2/rad y obtener la respuesta al escalón **en un mismo gráfico**, además obtener el diagrama de polos y ceros (**también en un solo gráfico**) y generar una tabla para comparar los valores de t_p, t_s, M_p, t_r y e_{ssp}.
   2 – Luego, realizar cambios en la fricción (b) manteniendo constante a J = 0,12 N·m·s^2/rad. Obtener para b igual a 0,01; 0,1; 0,5; 0,6928 y 1,05 N m s/rad los gráficos y la tabla como se menciona en el punto anterior.
   3 – Evaluar que sucede en cada caso con la respuesta en lazo cerrado y con los parámetros

característicos de un sistema de 2do orden (ω_n, σ, ξ). A la FT de la planta del sistema rotacional se la puede definir como $G_p(s) = \dfrac{\omega_n^2}{s(s + 2\xi\omega_n)}$.

c. Incorporar un controlador al sistema original (J = 0,12 N·m·s²/rad y b = 0,09 N·m·s/rad) y realizar variaciones de los parámetros del mismo; para todos los casos expresar los controladores y la planta en la **forma zpk**.

1 – Incluir un compensador proporcional y obtener la **respuesta al escalón, acción de control** y el **diagrama de polos y ceros** variando K_p en 0,2; 0,5; 1; 2,5 y 5.

2 – Evaluar la necesidad de incluir una acción integral al sistema de control en LC.

3 – Ahora, colocar un controlador del tipo derivativo $G_c(s) = K_p T_d s$ con K_p = 1 y evaluar, como en el punto anterior, cómo responde el sistema con T_d igual a 0,5; 1 y 2 s.

4 – Finalmente emplear un controlador PD expresado como $G_c(s) = K_p(1 + T_d s)$. Modificar únicamente T_d a 0,5; 1 y 1,5 con K_p igual a 1. Evaluar como los casos anteriores.

<u>Nota:</u> Las gráficas indicadas en este ejercicio, las pueden obtener utilizando tanto Matlab como PSIM o algún software alternativo que ya estén utilizando. Independientemente del software que utilicen, se les insta a que presenten gráficos con buena calidad; una representación clara; de manera ordenada y las leyendas correspondientes. Se les pide por favor que no coloquen los '*tooltips*' de los parámetros de desempeño de las respuestas en los gráficos, sino que los indiquen en una tabla o en el texto principal, para no afectar la información que suministra el gráfico.

<u>Ejercicio Nº 2:</u>

Se posee un proceso definido como $G_p(s) = \dfrac{1}{(s+2)(s+0,045)}$, al cual se quiere operar en lazo cerrado. El esquema en lazo cerrado se presenta en la Figura 1.

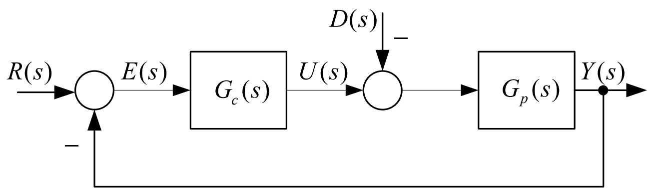

Figura 1.

a. Encontrar la función de transferencia reducida de primer orden que represente con buena aproximación la dinámica de la planta original $G_p(s)$. Trazar en un mismo gráfico, las respuestas al escalón de ambas plantas, identificándolas correctamente.

b. Conectar en lazo cerrado la FT $G_p(s)$ según el gráfico de Figura 1 y obtener la respuesta al escalón unitario para $G_c(s)$ = 1 y $D(s)$ = 0. Analizar el desempeño transitorio y de régimen estacionario en base a la comparación con la respuesta al escalón unitario obtenida en el punto a y expresar las conclusiones que correspondan.

c. Analizar si se puede llevar a cero el error de posición (aplicando la teoría de errores de estado estacionario vista en clase), primero con un controlador proporcional $G_P(s) = K_c = 10$ y segundo con un controlador derivativo $G_c(s) = K_d(s + z_{PD}),\ y\ K_d = K_c$. Diseñar el controlador derivativo por cancelación polo-cero y utilizar el valor de ganancia K_c del controlador proporcional. Trazar las respuestas al escalón unitario para ambos controladores. Analizar el desempeño transitorio y de régimen estacionario en base a la comparación con la respuesta al escalón unitario obtenida en el punto b y expresar las conclusiones que correspondan.

d. Se propone diseñar un controlador que ofrezca una respuesta aceptable (en lo posible sobreamortiguada o críticamente amortiguada) y que además elimine el error en régimen permanente cuando la entrada de referencia es un escalón unitario. Diseñar el cero mediante una cancelación polo-cero con la planta y definir la ganancia K_c de este controlador para obtener un sobrepaso nulo; indicar de qué tipo de controlador se trata. Trazar las respuestas al escalón unitario para este controlador conjuntamente con la misma respuesta al escalón obtenida en el punto b. Analizar el desempeño transitorio y de régimen estacionario en base a la comparación entre ambas respuestas y expresar las conclusiones que correspondan. Trazar en otro gráfico la respuesta del error de posición y de la acción de control; indica los valores máximos y mínimos de cada variable.

e. Ahora, ¿qué sucede si se aplica una perturbación $D(s)$ al sistema en lazo cerrado? Obtener la respuesta al escalón unitario con PSIM de $Y(s)$ respecto a $R(s)$ utilizando el controlador del punto d con una ganancia $K_c = 2$ y aplicar, cuando el sistema se encuentra en régimen permanente, una perturbación en escalón de valor 0,05 y evaluar el desempeño transitorio y permanente del sistema en LC (**Considerar el signo '–' indicado en la Figura 1**). Para esta simulación, realizar una simulación con tiempo total igual a 80 s y aplicar la perturbación a los 20 s. Medir el sobrepaso negativo de caída de la variable controlada y expresarlo en valor porcentual; medir el tiempo de asentamiento luego de la perturbación para el criterio del 2% y comparar ambas magnitudes con el sobrepaso inicial y el tiempo de asentamiento luego de aplicar el escalón.

f. Obtener la función de transferencia de la perturbación, o sea, $G_w(s)\big|_{R(s)=0} = \dfrac{Y_w(s)}{D(s)}$ y trazar la respuesta al escalón unitario considerando el compensador del punto e. Trazar luego las respuestas en frecuencia de lazo cerrado para $D(s) = 0$ y de $G_w(s)$ considerando también el compensador del punto e. Examinar todos estos resultados (en el tiempo y en frecuencia) analizando las similitudes entre ambas respuestas y expresar las conclusiones que correspondan.