SISTEMAS DE CONTROL 1 **Ejercicios Propuestos n° 3**

I. Respuesta en frecuencia a lazo abierto y cerrado. Constantes de error.

a). Para las plantas indicadas...

i. $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1{,}4)}$ ii. $G(s) = \dfrac{7}{s(s+5)(s+1{,}4)}$ iii. $G(s) = \dfrac{1000}{s(s^2+100s+6100)}$

iv. $G(s) = \dfrac{1}{10}\dfrac{s+20}{s(s+2)}$ v. $G(s) = \dfrac{20(s+1)}{s(s+7)(s+2)}$ vi. $G(s) = \dfrac{4(s+14)}{s(s^2+10s+29)}$

vii. $G(s) = \dfrac{7}{s^2(s+1{,}4)}$ viii. $G(s) = \dfrac{(s+2)}{s^2(s+4)}$ ix. $G(s) = \dfrac{50}{s(s+4)(s^2+2s+10)}$

1). Calcular y graficar las correspondientes respuestas en frecuencia en forma polar, y "de Bode. Construya "a mano", verifique con Matlab.

2) Ídem al apartado 1, para las funciones de transferencia de lazo cerrado, si G(s) es la ganancia de lazo de un sistema con realimentación unitaria.

3) Encuentre valores característicos de la respuesta en frecuencia a lazo abierto y cerrado para cada una de las G(s). (ωc, ω_{AB}; Mp, ωp).

4) Calcule Kp, Kv, y Ka; luego, indique sobre las gráficas de Bode.

5) Observe la relación entre ωc (de lazo abierto) y ω_{AB} (de lazo abierto). Para visualizar esta relación Ud. puede confeccionar una gráfica con los valores medidos.

6) Experimentando con la respuesta al escalón a lazo cerrado, observe la relación entre ω_{AB} y la velocidad de dicha respuesta. (Medir el tiempo de crecimiento y graficar en función de Wab).

7) ¿Si se incrementan las ganancias de lazo en un factor igual a 5?... ¿Qué sucede con Kp, Kv, y Ka?

8) Sin saber ningún detalle extra acerca de la planta... ¿Qué ventaja tiene a priori usar un valor elevado para K? ¿Conoce alguna posible desventaja de un K grande? (estructura K,G,H)

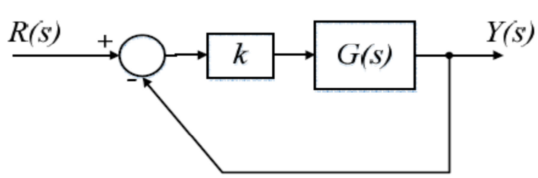
II. Lugar de las raíces

1). Dadas las siguientes funciones de transferencia G(s), grafique el lugar geométrico de las raíces para los sistemas de lazo unitario como el mostrado en la figura siguiente. Para construir el LGR use las reglas prácticas de construcción. Puede verificar con el Matlab. (Función útil: rlocus)

a. $G(s) = \dfrac{15}{(s+1)(s+3)(s+5)}$

b. $G(s) = \dfrac{(s+2)(s+6)}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$

c. $G(s) = \dfrac{(s+2)(s+4)}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$



d. $G(s) = \dfrac{1}{s^2+3s+1}$

e. $G(s) = \dfrac{s^2+2s+12}{s(s^2+2s+10)}$

f. $G(s) = \dfrac{s+2}{s(s+10)(s^2+2s+2)}$

Además, para cada caso:
i). Encontrar analíticamente el origen de asíntotas.

ii). Calcular el ángulo de las asíntotas.

iii). Calcular según corresponda los puntos de salida o entrada al eje real (puede usar una computadora para calcular las raíces).

2) Para el sistema del ejercicio 1.a. grafique el lugar geométrico de las raíces para los siguientes casos:

a. Agregue a G(s) un polo en s=-30 y afecte la constante de G por un factor de 10.

b. Agregue a G(s) en cero en s=-30 y afecte la constante de G por un factor de 1/10.

c. En el sistema del ejercicio 1-d agregue un cero en s=-5 y un factor de ganancia igual a 5. Dibuje el LR y luego, haga cada una de las siguientes modificaciones:

i. Agregue a G(s) un polo en s=-10.
ii. Agregue a G(s) un polo en s=-20.

d. De acuerdo a los resultados obtenidos... ¿Qué puede concluir con respecto al efecto sobre el lugar de las raíces que tienen los polos alejados del origen?

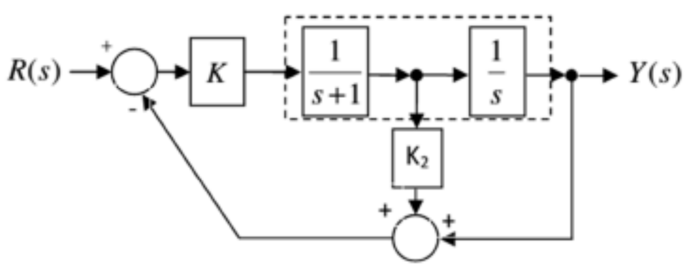
e. En los puntos alejados del origen... ¿De qué depende la forma del lugar de las raíces? (Relacionar con la regla de las asíntotas).

f. ¿Qué sucedería con la forma del lugar de las raíces si en vez de agregar polos, agregase a la lagancia de lazo ceros alejados del origen?

3) La ecuación característica de un sistema tiene dos polos en s=-1 y un cero en s=-2. Hay un tercer polo sobre el eje real localizado en algún sitio a la izquierda del cero. Varios lugares geométricos de raíces diferentes son posibles, dependiendo de la localización exacta del tercer polo. Los casos extremos ocurren cuando el polo se localiza en -∞ ó en s=-2. Dibuje los lugares geométricos posibles.

4) En el siguiente sistema realimentado, la planta corresponde a un motor de CC controlado por campo. Para el mismo se optó por emplear un modelo simplificado de segundo orden.

Se quiere lograr un sistema de control de posición. Se utiliza realimentación unitaria de la salida (que junto con el integrador de la planta provee error nulo al escalón). Para poder modificar otras característica de comportamiento se decidió usar también realimentación de velocidad con amplificación K2.



a. Considerando K=1, encuentre el lugar de las raíces para K2 positivo y variable.

b. Con K=1, se quiere que la respuesta el escalón presente amortiguamiento crítico para evitar sobre-picos; a partir del LGR obtenido, encuentre el valor de K2 necesario.

c. Dibuje el LGR para K2 variable negativo.

5). Al sistema de la fig.1 se le agregó un cero en S=-α, obteniendo el de la fig. 2:

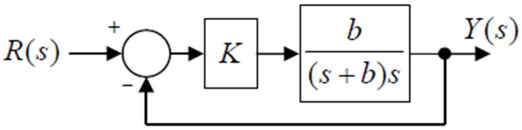


Fig.1

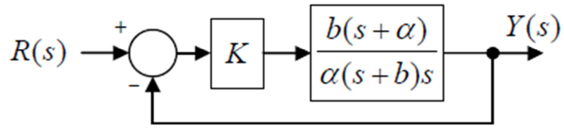
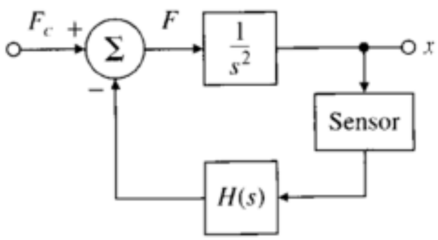


Fig.2

Para b=1 y r(t) un escalón unitario, diseñar mediante el lugar de las raíces, los valores de α y K aproximados de forma que la respuesta presente un sobre-pico de 4,3% y un tiempo de establecimiento de 1,7seg (en los cálculos utilice las fórmulas para un par complejo de polos, considerando el efecto de la presencia del cero). Calcule y grafique y(t).

6). Considere el sistema de posicionamiento de un cohete como el mostrado en la figura:



a. Demuestre que si el sensor que toma la medición de x tiene una función de transferencia unitaria, el sistema puede estabilizarse mediante el uso del bloque...

$$H(s) = K\frac{s+2}{s+4}$$

b. Asuma que la función de transferencia del sensor es modelada por un polo simple con una constante de tiempo de 0,1 seg y una ganancia unitaria. Utilizando el método del LGR, encuentre el valor de la ganancia K que proporcionará el máximo coeficiente de amortiguamiento.

c. Encuentre la función de transferencia de lazo cerrado, utilizando el sensor del apartado

d. Todos los ceros de lazo cerrado... aparecen en el LGR? Explique.

III. Sensibilidad

1) Considere un sistema con la configuración mostrada en la Figura III.1, donde D es la ganancia constante del controlador y G corresponde a la planta. Los valores nominales para estas ganancias son D=5 y G=7. Suponga que una perturbación constante W es adicionada a la señal de control "u" antes de que la señal entre a la planta.

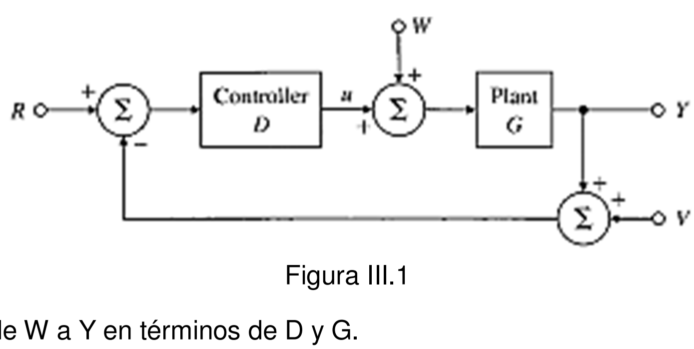


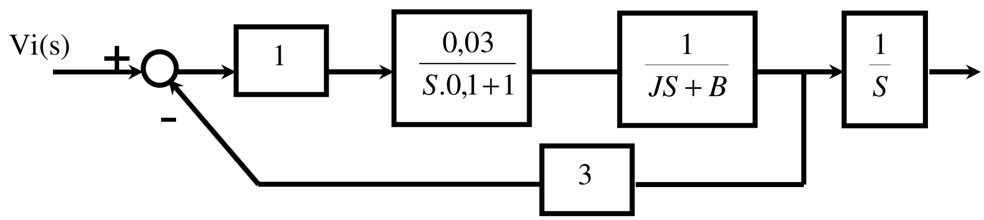
Figura III.1

a). Calcule la ganancia de W a Y en términos de D y G.

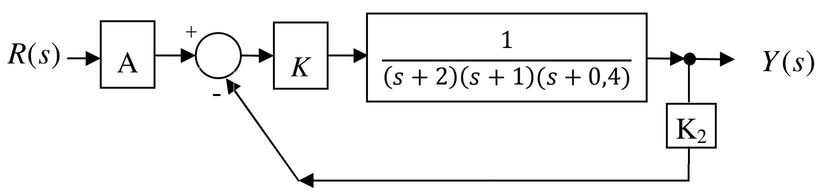
b). Suponga que el diseñador sabe que un incremento por un factor de 6 en la ganancia de lazo DG puede ser tolerado antes de que el sistema salga de especificaciones. ¿Dónde debe colocar la ganancia extra si el objetivo es minimizar el error R-Y debido a la perturbación w? Por ejemplo, cualquiera D o G puede ser incrementada por un factor de 6, o D puede ser doblada y G triplicada. ¿Cuál es la mejor opción?

2) Se tiene $G_{(s=0)}$=5+1%/°C.
Se desea compensar la influencia de la temperatura en la función de transferencia final.
Justifique con cuál H opina que se obtendrá un mejor resultado
i)H=3-0.1%/°C ii)H=3+0.1%/°C iii)H=3-1%/°C iii)H=3+1%/°C

3) El esquema en bloques corresponde aproximadamente a un ventilador de techo de 100Watts, girando a 10Rps. El parámetro B=0,028 corresponde principalmente al rozamiento viscoso entre las aspas y el aire. (J es el momento de inercia, =0,14). Debido a la acumulación de polvo la masa de las aspas aumenta con el tiempo, lo que provoca un incremento del momento de inercia del 2 por mil a lo largo de un año. Estime el cambio relativo de la aceleración angular máxima en el instante de arranque después de 3 años. Sugerencia: desprecie la dinámica del bloque eléctrico. (Note que se solicita encontrar la variación relativa de una función de transferencia, a partir de una variación de la planta).



4) En el esquema siguiente, la planta presenta una variabilidad de ±20% frente a distintos factores.



La referencia "R"(que incluye la ganancia "A"), se genera digitalmente en el rango variable [4;16] con una exactitud de aprox. 0,1%. El amplificador electrónico "K" puede construirse con una exactitud del 1%. Para el sensor K2 se dispone de 2 tipos: uno con ganancia K2a=10±0,2 y un costo de \$300 y otro con ganancia K2b=5±0,05 y un costo de \$900. (T(s)=Y(s)/R(s)).

a) Se requiere una ganancia en bajas frecuencias,$T_{(0)}$, igual a 1±4%...¿qué valores de A, K, y K2 usaría?

b)¿Podría conseguir T0=1±2%?

c) ¿Se podría conseguir T0=1±1%, comprando un sensor con K2c=10±0,05 de \$2500?

Sugerencia: usando los criterios de Routh-Hurwitz o del lugar de las raíces, asegúrese de que el sistema resulte estable.