

Ejercicios Propuestos n° 4

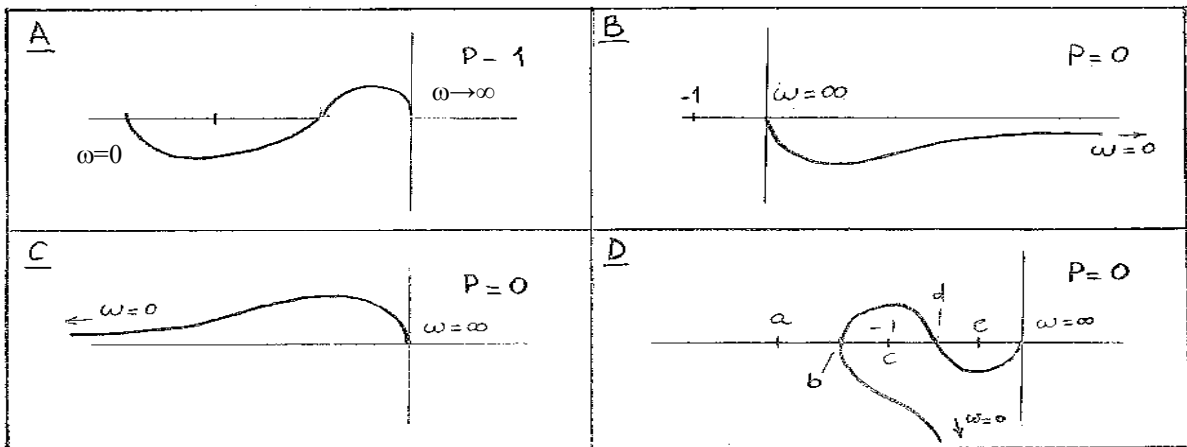
1. RESPUESTA EN FRECUENCIA A LAZO ABIERTO Y CERRADO, CONSTANTES DE ERROR.

OBJETIVOS: observar cómo influyen algunas características de la respuesta en frecuencia a lazo abierto sobre los parámetros de desempeño cuando se cierra el lazo de control.

1.a) Ver problemas del apartado 1 del T.P. n°3.

1.b) Los siguientes son diagramas polares de respuesta en frecuencia a lazo abierto de distintos sistemas que se desean controlar. Para cada caso:

- i. Dibuje la configuración de polos y ceros correspondiente en el plano S.
- ii. Aplique el criterio de Nyquist para determinar la estabilidad del sistema a lazo cerrado.
- iii. Verifique lo encontrado en el ítem ii, mediante la técnica del lugar de las raíces.
- iv. Indique para cada caso: cuáles errores (de posición, velocidad o aceleración) serán finitos o infinitos al cerrar el lazo.
- v. Para el diagrama D: indique cómo calcular el margen de ganancia según sea que el punto (-1,0) se encuentre en las posición a, c ó e.



2. MÉTODO DEL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES

OBJETIVOS: practicar con las reglas para la construcción del lugar geométrico de las raíces, e interpretar características a lazo cerrado a partir del diagrama. Observar el efecto de polos o ceros agregados en lazo abierto sobre la ubicación de los polos a lazo cerrado.

2.a) 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)

$$1. \quad G(s) = \frac{15}{(s+1)(s+3)(s+5)}$$

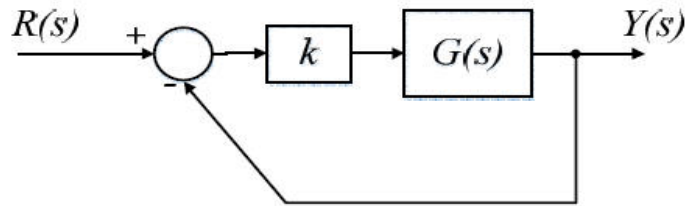
$$2. \quad G(s) = \frac{(s+2)(s+6)}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$$

$$3. \quad G(s) = \frac{(s+2)(s+4)}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$$

$$4. \quad G(s) = \frac{1}{s^2+3s+1}$$

$$5. \quad G(s) = \frac{s^2+2s+12}{s(s^2+2s+10)}$$

$$6. \quad G(s) = \frac{s+2}{s(s+10)(s^2+2s+2)}$$



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

- i. Agregue a $G(s)$ un polo en $s=-30$ y afecte la constante de G por un factor de 10.
- ii. Agregue a $G(s)$ un cero en $s=-30$ y afecte la constante de G por un factor de $1/10$.
- iii. En el sistema del ejercicio 2.a.4:
 - 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 por separado:
 1. Agregue a $G(s)$ un polo en $s=-10$.
 2. Agregue a $G(s)$ un polo en $s=-20$.
- iv. 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 para valores bajos y para valores elevados de K ?

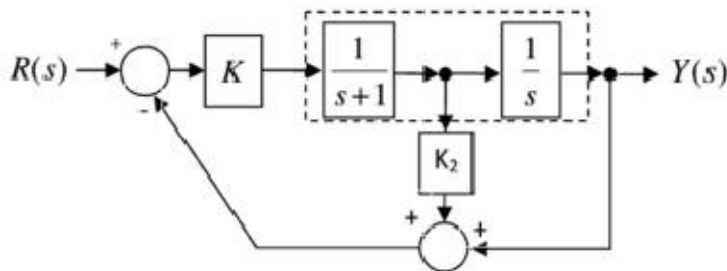
¿Qué sucedería con la forma del lugar de las raíces si en vez de agregar polos, agregase a la ganancia de lazo ceros alejados del origen?

Relacione estos fenómenos con el concepto de dominancia, y la técnica de reducción del orden para los modelos de funciones de transferencia que presentan polos y ceros alejados del origen.
- v. En los puntos alejados del origen...¿De qué depende la forma del lugar de las raíces? (Relacionar con la regla de las asíntotas).

2.c) 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 $-\infty$ ó en $s=-2$. Dibuje los lugares geométricos posibles.

2.d) 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 características de comportamiento se decidió usar también realimentación de velocidad con amplificación K_2 .



i. Considerando $K=1$, encuentre el lugar de las raíces para K_2 positivo y variable.

ii. Con $K=1$, se quiere que la respuesta al escalón presente amortiguamiento crítico para evitar sobre-picos; a partir del LGR obtenido, encuentre el valor de K_2 necesario.

iii. Dibuje el LGR para K_2 variable negativo.

2.e) Al sistema de la fig.1 se le agregó un cero en $S=-\alpha$, obteniendo el de la fig. 2:

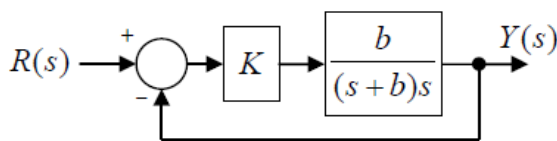


Fig.1

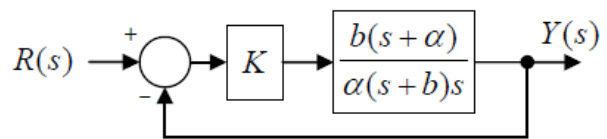
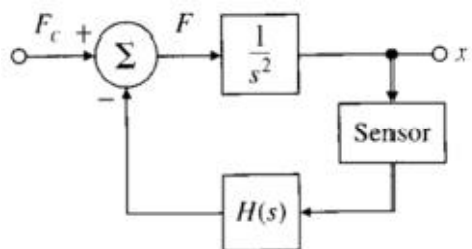


Fig.2

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 $y(t)$.

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



i. 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...

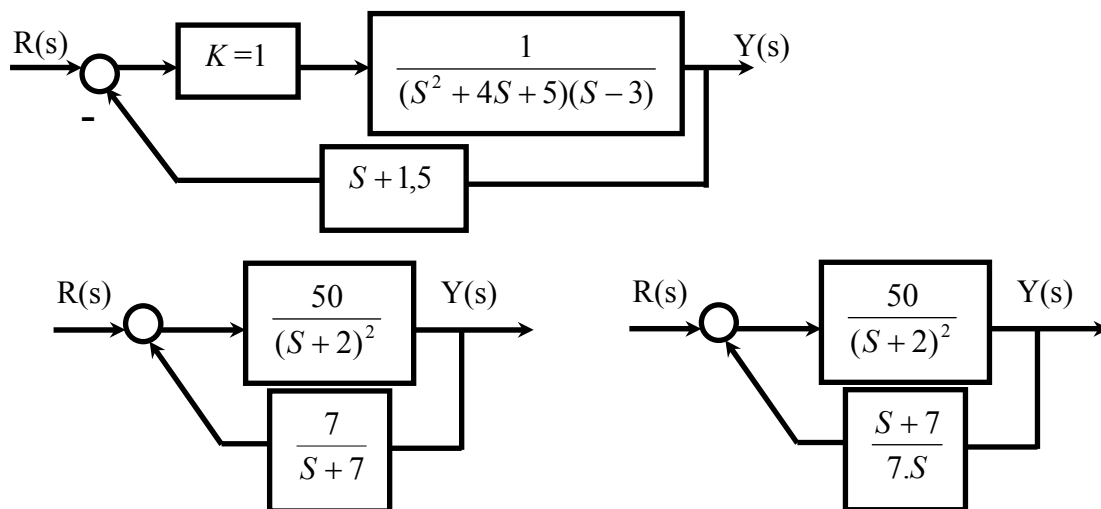
$$H(s) = K \frac{s + 2}{s + 4}$$

ii. 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.

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

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

2.g) Estudiar la estabilidad del sistema por el método del Lugar de las Raíces



i. Si tuviese la posibilidad de modificar la ganancia en el camino directo agregando un amplificador K_2 ¿Dentro de qué rango de valores trabajaría?

ii. Repita para el primer diagrama, pero suponiendo que el polo de lazo abierto en $S=3$ ahora se encuentra en $S=0,3$.

iii. Repita para el primer diagrama, pero con polos complejos conjugados de lazo abierto en $S=-2 \pm 3j$ y el polo real en $S=3$.

2.h) Se tiene una ganancia de lazo con exceso polos-ceros igual a 2, con todos los polos de lazo abierto en el SPI. ¿Cuándo se tendrá un sistema estable a lazo cerrado y cuando no?

(Suponer una ganancia elevada. Explique en función de las asíntotas del LGR, y la posición de los ceros)

2.i) Ídem al problema 2.f.iv del T.P. n°3.

2.j) Ídem al problema 2.g del T.P. n°3.

3. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD.

3.a) Las raíces de un polinomio pueden obtenerse fácilmente mediante el uso de computadoras digitales; por lo que de inmediato se sabe si las mismas están en el SPD o SPI del plano complejo.

El método de Routh-Hurwitz NO es capaz de hacer eso; entonces... ¿Cuál es la utilidad del mismo?

3.b) Considerando las plantas:

$$1. G(s) = \frac{3}{S(S+1)(S+3)}$$

$$2. G(s) = 0,4 \frac{S-1}{(S+1)^2}$$

Aplice el criterio de Nyquist para:

- Determinar el intervalo de valores de K para los cuales se tendrá un sistema de lazo cerrado estable.
- Determinar el número de raíces en el semiplano derecho para aquellos valores de K para los que el sistema obtenido resulte inestable.

3.c) Comente acerca de la estabilidad este sistema según se modifiquen (una por vez) las variables K, K₁ y K₂. (Puede justificar sus comentarios usando el lugar de las raíces, el criterio de Routh-Hurwitz, o cualquier otro argumento afín a la teoría de control que haya aprendido).

