

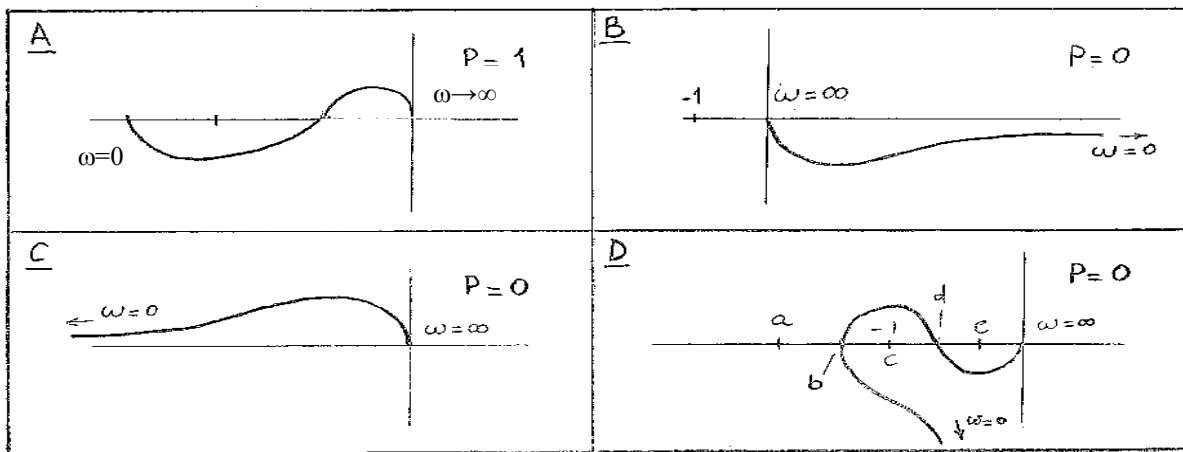
SISTEMAS DE CONTROL 1

Ejercicios Propuestos nº 4

(14-11-2020)

1. MÉTODOS PARA ESTUDIAR LA ESTABILIDAD

- 1.a) Los siguientes son diagramas polares de respuesta en frecuencia a lazo abierto de distintos sistemas que se desean controlar. Para cada caso:
- Dibuje la configuración de polos y ceros correspondiente en el plano S.
 - Aplique el criterio de Nyquist para determinar la estabilidad del sistema a lazo cerrado.
 - Verifique lo encontrado en el ítem ii, mediante la técnica del lugar de las raíces.
 - Indique para cada caso: cuáles errores (de posición, velocidad o aceleración) serán finitos o infinitos al cerrar el lazo.
 - 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.



- 1.b) Utilizando el criterio de Nyquist indique las zonas de estabilidad de las siguientes funciones de camino directo cuando se cierra el lazo de control. (Se supone realimentación unitaria, y en el camino directo una ganancia "K" variable).

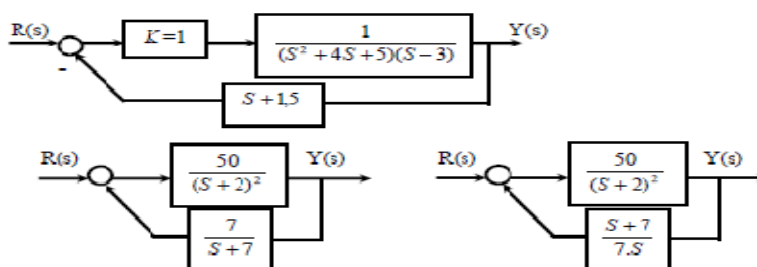
i. $Fa = \frac{s^2+2s+5}{s^3+s^2}$

ii. $Fb = \frac{s+3}{s^2-3s}$

- 1.c) Estudie la estabilidad de los sistemas indicados en el apartado anterior empleando el método de Routh-Hurwitz y el de Nyquist. Comente, comparando con lo mostrado por los LGR correspondientes.

- 1.d) Estudie la estabilidad de los sistemas indicados en el apartado 4.g de los "Ejercicios propuestos 3" empleando el método de Routh-Hurwitz y el de Nyquist. Comente, comparando con lo mostrado por los LGR correspondientes.

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



1.e) Suponiendo un sistema de control con la estructura K-G-1...

i. Construya la respuesta en frecuencia logarítmica para: $G(s) = \frac{32}{S(S+2)^2}$

ii. Para sistemas de bajo orden suele ocurrir que el margen de fase (Mf) resulta aproximadamente relacionado con el factor de amortiguamiento a lazo cerrado por la expresión: $Mf = 100 \cdot \xi$. Esto es bajo la suposición de que a lazo cerrado aparecerá como dominante un par de polos complejos conjugados.

Sp% del 15%. Para la G(s) indicada, estime cuándo debe valer K para obtener a lazo cerrado un Sp% del 15%.

iii. Sobre una gráfica del lugar de las raíces muestre la situación de los polos de lazo cerrado correspondientes.

iv. Verifique mediante la respuesta al escalón de lazo cerrado, la estimación hecha para el factor de amortiguamiento. (Comparar el ξ de diseño vs. el ξ asociado al sobrepico de la respuesta en el tiempo).

1.f) Se tiene la siguiente planta a lazo abierto: $G(s) = \frac{160}{(s-2)[(s+18)^2+4]}$

Para lograr un sistema de comportamiento aceptable se usará realimentación unitaria y un amplificador rápido (A) en el camino directo. Se desea que a lazo cerrado la respuesta al escalón presente un sobre-pico de alrededor del 15%.

Usando el método del Lugar de las Raíces:

i. Encuentre la posición aproximada de los polos a lazo cerrado que producirán la respuesta deseada.

ii. El amplificador "A"... ¿qué ganancia deberá tener para obtener ese resultado?

iii. Si emplea un amplificador de ganancia ajustable por si eventualmente se desea modificar la respuesta temporal... ¿Cuál sería el rango de ganancias con que construiría el amplificador?

2. RESPUESTA EN EL TIEMPO

Reproduzca las gráficas 7.30 a 7.33, y 7.35 del libro "Sistemas de control automático" de B. Kuo. Muestre el código Matlab.

3. COMPENSADORES

3.a) i. Indique cómo están distribuidos los polos y ceros de un compensador de ATRASO con respecto a los de la planta que se debe controlar.

ii. Ídem para el compensador de ADELANTO.

3.b) Teniendo cuenta la disposición de polos y ceros de un controlador PI...

i. Deduzca si el mismo tendrá un comportamiento similar a un compensador de atraso, o más similar a uno de adelanto.

ii. Indique cuál será el efecto a lazo cerrado del controlador, sobre velocidad, exactitud y estabilidad.

iii. Ídem al anterior, estudiando un compensador PD.

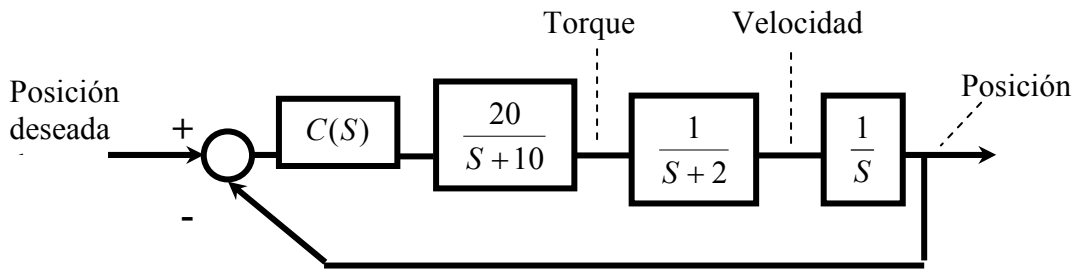
iv. Considerando todo lo anterior... ¿Qué puede decir para un controlador PID?

3.c) La planta de un sistema de control tiene la función de transferencia: $G = \frac{1}{(S+1)(S+2)}$

Se desea lograr a lazo cerrado: $\sigma_p\%$ de aprox. 5%; tiempo de establecimiento al 5%, igual a 1 segundo y; error al escalón menor al 25%.

- i.. Encuentre una FT modelo que cumpla con las especificaciones.
- ii.. Encuentre un controlador PD ideal apropiado para cumplir con las especificaciones indicadas.
(Indique la posición del cero y la ganancia necesaria)
- iii. Escriba la FT resultante y, explique cómo resulta alterada la respuesta en el tiempo, debido a la inclusión del cero perteneciente al controlador PD.

3.d) Un sistema de control de posición emplea un motor eléctrico, que junto con la carga y la realimentación muestra una estructura como la siguiente.



Se quiere que la respuesta al escalón muestre un sobre-pico de entre 5 y 10%, con tiempo de establecimiento al 2% menor que 2 segundos y, error de posición menor al 1%.

- i.. Se pretende decidir si usar como controlador "C(S)":
 - 1) un amplificador relativamente rápido, $C(S)=K$.
 - 2) un compensador por atraso, ó
 - 3) un compensador por adelanto.

Usando el lugar de las raíces justifique cuáles de los 3 compensadores mencionados se podría usar (o cuáles no) para cumplir con las especificaciones deseadas.

- ii. Encuentre una solución cualitativa al problema, basándose en la modificación de la respuesta en frecuencia de $GH(j\omega)$. Haga una primera estimación de los parámetros del controlador a utilizar.

Nota 1: Recuerde que con un par complejo dominante, resulta estimativamente $M_f = 100 \cdot \xi$. $tr = (\pi - \phi) / \omega_d$; $tr \approx 2,2 / \omega_{ab}$; $\omega_{ab} \approx 1.5 \omega_c$

- iii.. Volviendo a la estructura de control del problema anterior, un supuesto "Experto" propuso emplear como compensador, $C(s)$, alguna de las siguientes funciones de transferencia:

$$C1(s) = k \frac{s+3}{s-3} \qquad C2(s) = k \frac{s+0,2}{s-0,1} \text{ (con } k>0\text{)}$$

1. Usando el método de Nyquist, indique si es posible o no el empleo de esta función $C(s)$ para solucionar el problema. En caso negativo, indique qué especificaciones se podrían cumplir y cuáles no.
2. Mediante el lugar de las raíces contraste el resultado del apartado 3.i.

3.e) Frente a un sistema de control realimentado que presenta un comportamiento indeseable a lazo cerrado, responda en que situaciones ocurrirá que...

- i. Es posible usar un compensador de polo dominante.

- ii. NO es posible usar un compensador de adelanto.
- iii. Es posible usar un controlador PID.
- iv. NO es posible usar un PID.

3.f) Se quiere controlar la velocidad de un motor mediante el uso de un PLL. A partir de una medición de respuesta al escalón resultó un modelo simplificado para el motor, que incluye sólo un polo simple "lento" en $S=-2$. El polo "rápido" se supuso a una frecuencia bastante más elevada, pero indeterminada.

Tomando en cuenta lo dicho para el motor, se obtuvo una expresión **simplificada** para la ganancia de lazo del PLL: $G_l(s) = \frac{50}{s \cdot (s/2+1)}$

Por otro lado, una medición de la respuesta en frecuencia, permitió estimar un margen de fase **negativo** de alrededor de 5° en la frecuencia de cruce de la G_l , adjudicable al efecto del polo rápido del motor. Por lo tanto, si se cerrase el lazo sin más, se esperaría una operación insatisfactoria del PLL debido a la aparición de polos en el SPD.

Si se pretende lograr un comportamiento estable para el PLL...

- i. Explique cómo usaría para tal fin un compensador de adelanto.
- ii. Encuentre la función de transferencia de una red de atraso apropiada para estabilizar el sistema con un margen de fase de alrededor de 40° . (Ref.: cap. 15.3 "Sistemas de Control en Ingeniería", Lewis-Yang).

