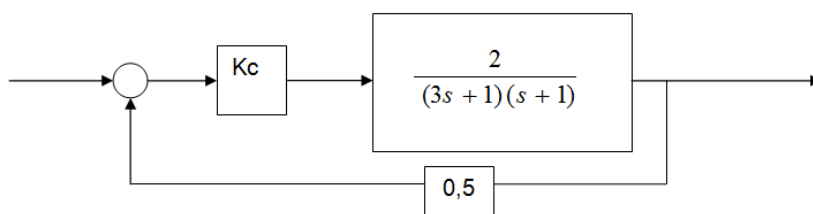


Diagrama de Nyquist y Bode.

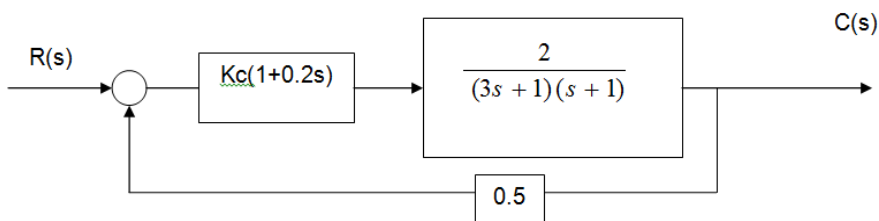
Ejercitación.

1. Dado el siguiente diagrama de bloques, y siendo K_c la ganancia del controlador proporcional, graficar los Diagramas de Nyquist y Bode, establecer Margen de fase y de ganancia



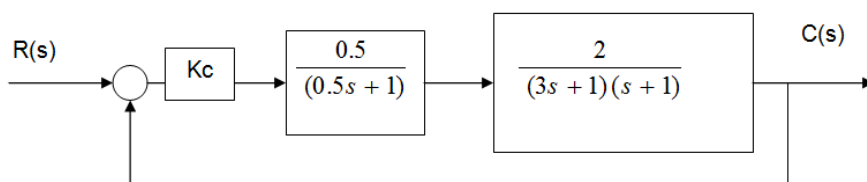
La ecuación característica es: $1 + \frac{K_c}{(3s + 1)(s + 1)} = 0$

2. Hallar el lugar de las raíces para el mismo proceso anterior con controlador PD.



Ecuación característica: $1 + \frac{K_c(1 + 0.2s)}{(3s + 1)(s + 1)} = 0$

3. Ídem ejemplo 1, pero agregando un retardo de fase



Ecuación característica: $1 + \frac{K_c}{(3s + 1)(s + 1)(0.5s + 1)} = 0$

4. Graficar los diagramas de Nyquist y Bode para las siguientes funciones:

$$Gp(s) = \frac{e^{-0.5s}}{(1+s)(1+0.5s)(1+0.1s)}$$

- a) con controlador proporcional
 b) con controlador PID, donde $\tau_i = 1$ $\tau_d = 0.5$

$$G_c(s) = k_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right)$$

Indicar: asíntotas, márgenes de fase y ganancia, frecuencias de corte. Sacar conclusiones.

5. Para la siguiente Función de transferencia de 3° orden:

$$Gp(s) = \frac{5 * e^{-2*s}}{((3 * s + 1) * (s + 1) * (0,5 * s + 1))}$$

1-Graficar la respuesta con y sin tiempo muerto para entradas:

- escalón unitario
- rampa unitaria
- seno (wt) (para w=0.1; 0.5 y 1)

2- Escribir la función de transferencia de lazo abierto y graficar los Diagramas de Bode, Nyquist y Lugar de Raíces para:

- a- Función G(s) determinar: asíntotas, K, constantes de tiempo, margen de ganancia y de fase, Wu y Tu, Kcu (gráficamente y aplicando Método de Sustitución Directa), ajustes óptimos de Ziegler-Nichols
 b- Función G(s) con controlador P (mostrar solo G(s), solo Gc(s) y G(s)*Gc(s))
 c- Función G(s) con controlador P+I (mostrar solo G(s), solo Gc(s) y G(s)*Gc(s))
 d- Función G(s) con controlador P+D (mostrar solo G(s), solo Gc(s) y G(s)*Gc(s))
 e- Función G(s) con controlador P+I+D (mostrar solo G(s), solo Gc(s) y G(s)*Gc(s))

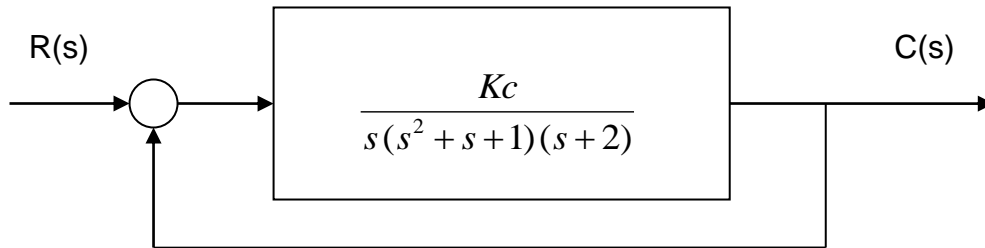
Presentar conclusiones: como varia Tu, análisis de estabilidad y velocidad de respuesta

3- Respuesta temporal a lazo cerrado de cada uno de los casos del punto 2. Compararlas y revisar las conclusiones obtenidas en punto 2.

Criterio de Routh- Metodo de sustitución directa.

Ejercitación.

1. Para el siguiente lazo de control aplicar Criterio de Routh y Método de Sustitución Directa para determinar el rango de los valores de K_c que generan una respuesta estable.



$$C(s)/R(s) = \frac{K}{s(s^2 + s + 1)(s + 2) + K}$$

Ecuación característica: $s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 2s + K = 0$

s^4	1	3	K
s^3	3	2	0
s^2	$7/3$	K	
s	$2 - 9/7K$		
s^0			

Para que haya estabilidad K debe ser positiva, y como deben ser positivos los coeficientes de la primera columna $14/9 > K > 0$ cuando $K = 14/9$, el sistema se vuelve oscilatorio y matemáticamente la oscilación se mantiene en amplitud constante.

2. Determinar el rango de K en el cual hay estabilidad en un sistema de control de realimentación unitaria cuya función de transferencia de lazo abierto es:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$$

3. ¿Los siguientes sistemas son estables?

a) $G(s) = \frac{10(s+1)}{s(s-1)(s+5)}$ $H(s) = 1$

b) $G(s) = \frac{10}{s(s-1)(2s+3)}$ $H(s) = 1$

c) Ec. Característica: $s^3 + 2s^2 + s + 2 = 0$

d) Ec. Característica: $(s-1)^2(s+2) = 0$

e) Ec. Característica: $s^5 + 2s^4 + 24s^3 + 48s^2 - 25s - 50 = 0$

Ejercicios optativos

4. Los siguientes polinomios son los denominadores de las funciones de transferencia de distintos sistemas. ¿Cuáles pueden ser estables, inestables o críticamente estables? Analice aplicando Routh y Método de Sustitución Directa

a) $s^4 + 3s^3 + 2s + 3 = 0$

b) $s^3 + 2s^2 + 3s + 1 = 0$

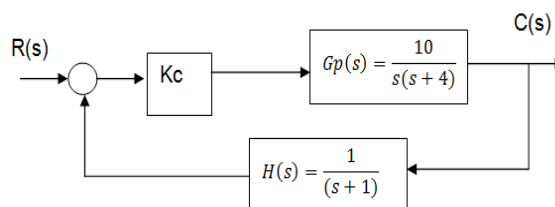
c) $s^5 - 4s^4 + 3s^3 + 2s^2 + 5s + 2 = 0$

d) $s^5 + s^4 + 5s^3 + 2s^2 + 3s + 2 = 0$

e) $s^5 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$

f) $s^3 + 4s^2 + 8s + K = 0$

5. Para el sistema que describe la siguiente figura, ¿Qué intervalo de valores de K dará como resultado estabilidad?



6. En base al arreglo de Routh, determinar cuál es el intervalo de valores de Kc (ganancia del controlador proporcional) dentro del cual el sistema es estable. Aplicar Método de Sustitución Directa para corroborar los valores obtenidos

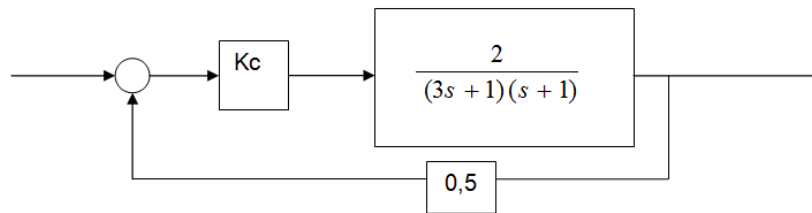
a) $G(s) = \frac{(2s+1)}{s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 1}$ $H(s) = 1$

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

Lugar de las raíces.

Ejercitación.

1. Dado el siguiente diagrama de bloques, y siendo K_c la ganancia del controlador proporcional:



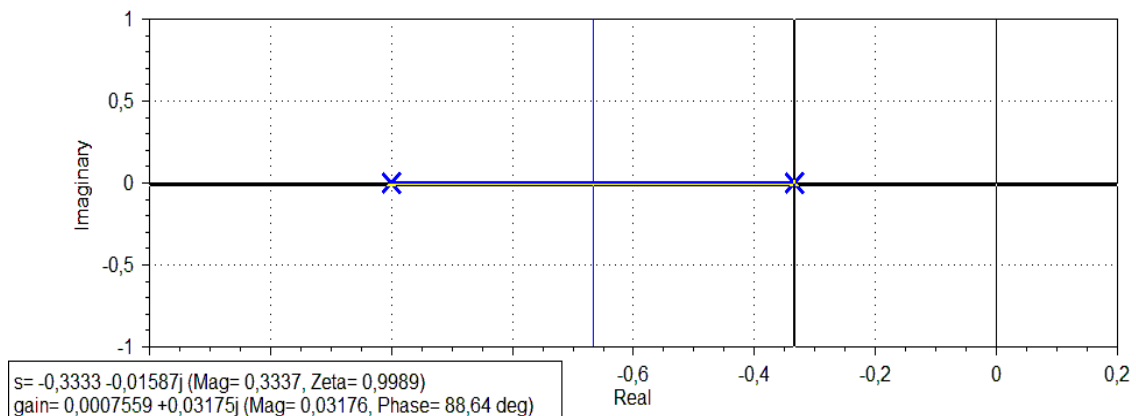
La ecuación característica es:

$$1 + \frac{K_c}{(3s + 1)(s + 1)} = 0$$

La FTLA = $\frac{K_c}{(3s + 1)(s + 1)}$ (Hay dos polos y ninguno en cero)

$$3s^2 + 4s + (1 + K_c) = 0$$

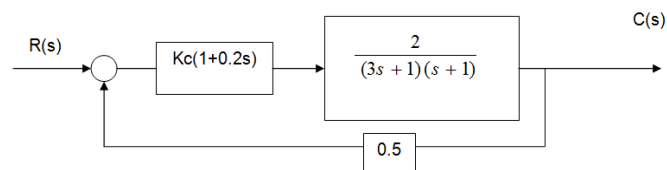
$$r_1, r_2 = -\frac{2}{3} \pm \frac{1}{3} \sqrt{1 - 3K_c} \longrightarrow \begin{cases} p_1 = -1/3 \\ p_2 = -1 \end{cases}$$



Se puede apreciar que:

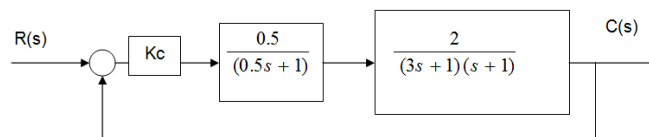
- Nunca se vuelve inestable, no importa cual sea el valor de K_c . La respuesta subamortiguada se reconoce porque las raíces de la ecuación característica se aleja del eje real al aumentar K_c .
- Cuando $K_c = 0$, los lugares de raíz se originan en los polos de la FTLA = $-1/3$ y -1
- La cantidad de lugares de raíz es igual al número de polos de la FTLA ($n=2$)
- Cuando K_c se incrementa, los lugares de raíz tienden a infinito.

2. Hallar el lugar de las raíces para el mismo proceso anterior con controlador PD.



$$\text{Ecuación característica: } 1 + \frac{K_c(1 + 0.2s)}{(3s + 1)(s + 1)} = 0$$

3. Ídem ejemplo 1, pero agregando un retardo de fase



$$\text{Ecuación característica: } 1 + \frac{K_c}{(3s + 1)(s + 1)(0.5s + 1)} = 0$$

4. Hallar el lugar geométrico de las raíces de:

$$a) G(s) = \frac{5}{(s^2 + 2s + 1)(3s + 1)}$$

- $G(s) = e^{-0.5s}$
 - con controlador proporcional (K_c)
 - con controlador PD [$K_c(1+0.1s)$]



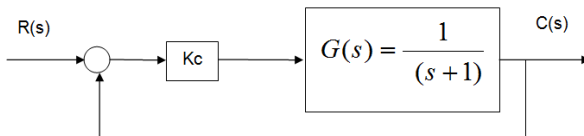
Ejercicios optativos

5. Para los siguientes sistemas:

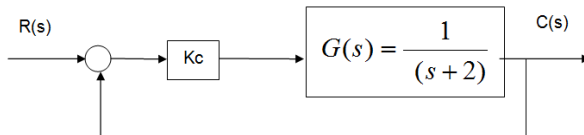
5.1) Graficar el Lugar Geométrico de las Raíces

5.2) Obtener la respuesta a lazo cerrado para una entrada escalón y entrada impulso cuando va variando el valor de K_c

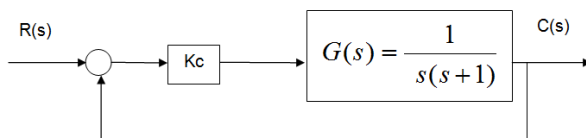
a)



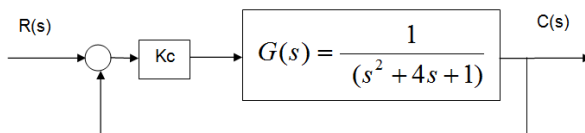
b)



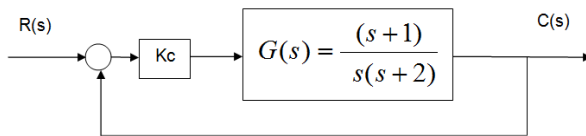
c)



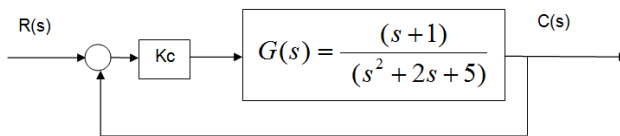
d)



e)



f)



g)
$$G(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)(s+3)}$$

h)
$$G(s) = \frac{(s+1)}{(s+2+3j)(s+2-3j)} = \frac{(s+1)}{(s^2+4s+13)}$$

i) Para $G(s) = \frac{1}{s(s+6)}$, ¿Cuál es la ganancia cuando hay amortiguamiento crítico y cuando el factor de amortiguación relativo es 0,6?

j) Graficar los lugares geométricos de las raíces para las siguientes funciones de transferencia de lazo abierto y determinar el valor de la ganancia K_c para obtener respuestas críticamente amortiguadas:

j1)
$$G(s) = \frac{1}{(s+3)}$$

j2)
$$G(s) = \frac{1}{(s^2+4s+3)}$$

j3)
$$G(s) = \frac{1}{(s^2+8s+10)}$$

j4)
$$G(s) = \frac{1}{(s^2+s+4)}$$

k) Dado un sistema cuya Función de Transferencia en lazo abierto es:

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)(s^2+9s+25)}$$
, se afecta por el aporte de un controlador derivativo

con Función de Transferencia: $G_{pd}(s) = (s+2)$, ¿cuál es el efecto sobre la estabilidad del sistema?



l) Para $G(s) = \frac{1}{s(s+6)(s+4)}$,

- L1) ¿Cuál es la ganancia cuando hay amortiguamiento crítico?
- L2) ¿ y cuando el factor de amortiguación relativo es 0,3?
- L3) ¿Cuál es el Kcu?

Criterio de ajuste de controladores.

Ejercitación.

1. Un proceso autorregulado tiene igual retraso que tiempo muerto. Seleccione un controlador para optimizar la respuesta al cambio de set- point. Explique su elección.

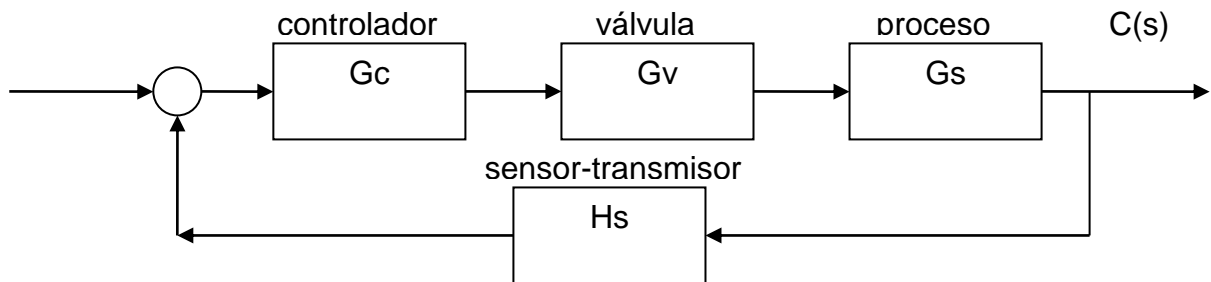
2. Dado un sistema de intercambio de calor, consistente en:

Un intercambiador, cuya ganancia $K = 50 \text{ C (kg/s)}$ y $\tau = 30 \text{ seg}$

Un sensor-transmisor, calibrado en un rango de 50-150 C y $\tau = 10 \text{ seg}$ (tener en cuenta que 100% rango= 16 mA en señal eléctrica y 12 psi para señal neumática).

Una válvula de control que para 100% de apertura eroga 1.6 kg/s y $\tau = 3 \text{ seg}$.

Un controlador de ganancia K_c .



- a. Aplicar Routh y calcular ganancia y frecuencia última.
- b. Utilizando la curva de reacción determine los parámetros tiempo muerto y constante de tiempo capacitiva, para estimar un modelo y calcular los ajustes óptimos de un controlador PID utilizando fórmulas para Método de Dahlin y IAE (integral del valor absoluto del error) para cambios en el set point.

