escuela técnica superior de ingeniería diseño industrial
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y DISEÑO INDSUTRIAL

Departamento Electrónica, Automática e Informática Industrial

APELLIDOS

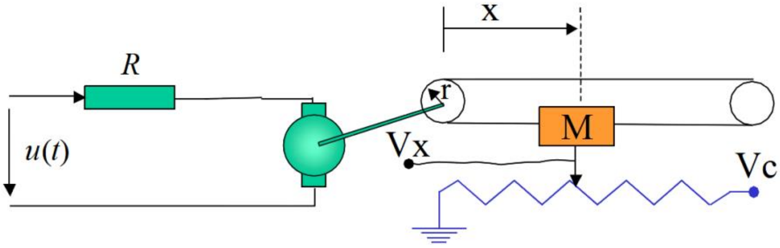
NOMBRE   Nº Mat.

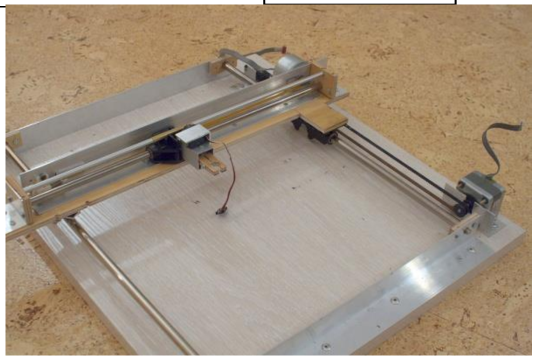
Calificación

ASIGNATURA: REGULACIÓN AUTOMÁTICA

CURSO 3º   GRUPO   Julio 2015

1. Problema (5 puntos -60 minutos)





La figura muestra el control del eje X de un plotter. Consta de un motor eléctrico de corriente continua controlado por inducido que arrastra una polea de radio r y masa despreciable por medio de la cual, mediante una correa inextensible, se arrastra el soporte de la cabeza de impresión cuya masa es M.

El soporte lleva unido el cursor de un potenciómetro lineal, uno de cuyos extremos está conectado a una tensión constante Vc y el otro a 0V. La tensión en el cursor es por tanto proporcional, con constante α a la posición x del cabezal.

Los parámetros del sistema y del sensor son los siguientes:

Vc=10V	M=0.3 Kg.	r=0.01 m.	α=50 V/m.
Ke= 0.09 V·s/rad.	Ki= 0.1 N·m/A.	R= 5 Ω.	f=0.0002 N·m·s/rad.
Jm=10^{-5} Kg·m^2.			

En donde f es el coeficiente de rozamiento viscoso del eje del motor. J_m es la inercia del eje del motor sin tener en cuenta la carga. K_e es la constante eléctrica del motor y K_i la de par del motor.

Se pide:

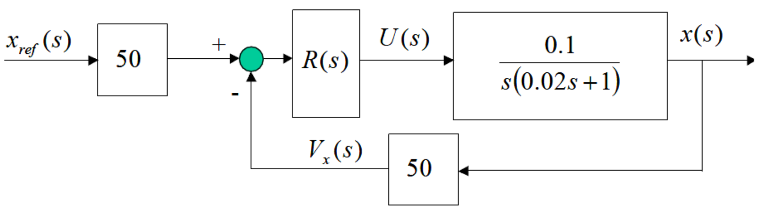
1.- Obtener el diagrama de bloques del sistema en el que aparezcan de forma explícita las siguientes señales:

U(s) : tensión de entrada del motor	I(s) : intensidad del inducido
M_m(s): par eléctrico del motor	θ(s): posición del eje del motor
X(s): posición del cabezal	M_r(s): par debido a la carga externa (el cabezal) que debe vencer el motor

2.- Demostrar que la función de transferencia que relaciona la tensión de entrada con la posición del cabezal es:

$$\frac{x(s)}{U(s)} = \frac{0.1}{s(0.02s+1)}$$

3.- El sistema de control utilizado para controlar la posición del cabezal viene dado por el siguiente diagrama de bloques, siendo R(s) la función de transferencia de un regulador:



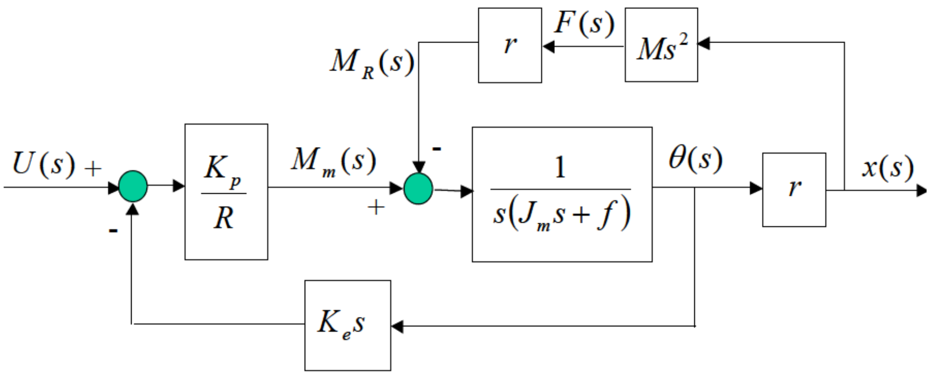
Estudiar el comportamiento en régimen permanente del sistema de control si la ganancia estática de R(s) es de 2

4.- Mediante el Lugar de las raíces, estudiar el comportamiento dinámico del sistema de control y dar los valores más significativos en función de Kc siendo R(s)=Kc

5.- Caracterizar la respuesta del sistema ante una entrada en escalón en la referencia para un valor de R(s)=10

<u>Apartados 1 y 2</u>

$$U(t) = Ri(t) + K_e\dot{\theta}(t)$$
$$M_m(t) = K_i i(t)$$
$$M_m(t) = M_r(t) + J_m\ddot{\theta}(t) + f\dot{\theta}(t)$$
$$M_r(t) = rM\ddot{x}(t)$$



La simplificación de bloques es inmediata si la rama de realimentación de la parte superior la anteponemos al bloque r llegándose a la función de transferencia dada por el enunciado:

$$\frac{x(s)}{U(s)} = \frac{0.1}{s(0.02s + 1)}$$

3. Se nos pide analizar el comportamiento en régimen permanente del sistema realimentado, y por tanto de los errores. Atendiendo a la definición de error (deseado-obtenido) es fácil ver que el diagrama de bloques se simplifica si el comparador lo situamos en la entrada. En ese caso pasa a ser una realimentación unitaria de un sistema de TIPO I. Por tanto:

$$e_p = 0; e_a = \infty$$
$$K_v = \lim_{s\to 0} sG(s) = \lim_{s\to 0} s\frac{50 \cdot 2 \cdot 0,1}{s(0,02s + 1)} = 10$$
$$e_v = \frac{1}{K_v} = 0.1$$

4. El lugar de las raíces es igual que el de la Peltier del laboratorio. Es un sistema de segundo orden con un polo en cero y otro en -50. Al carecer de ceros, el sistema es simétrico, situándose el punto de dispersión y el centroide en el medio de ambos polos : -25. Se observa que este punto se da cuando la ganancia del regulador es de 2.5

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y DISEÑO INDSUTRIAL

Departamento Electrónica, Automática e Informática Industrial

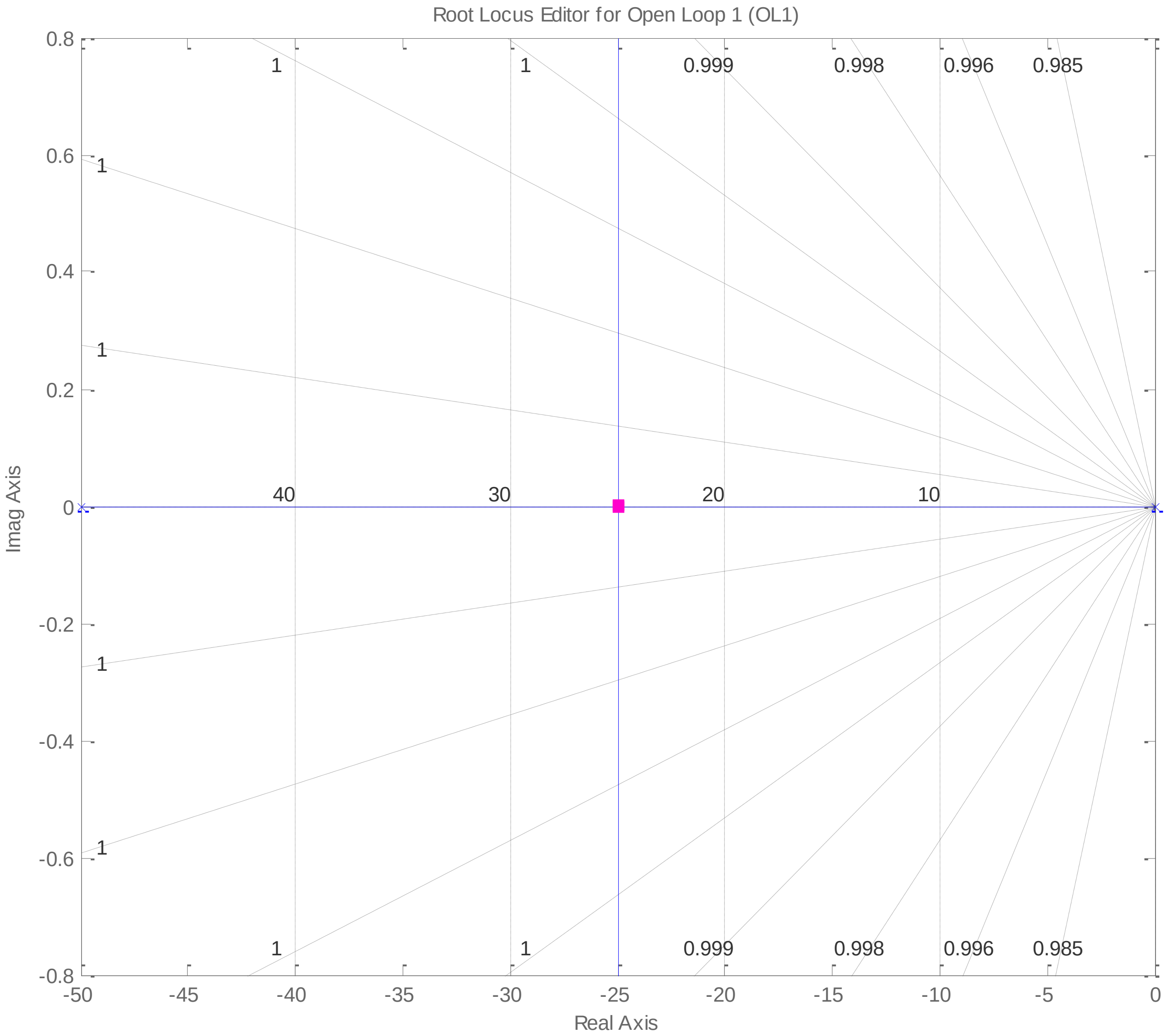
APELLIDOS

NOMBRE Nº Mat.

Calificación

ASIGNATURA: REGULACIÓN AUTOMÁTICA

CURSO 3º GRUPO Julio 2015



5.

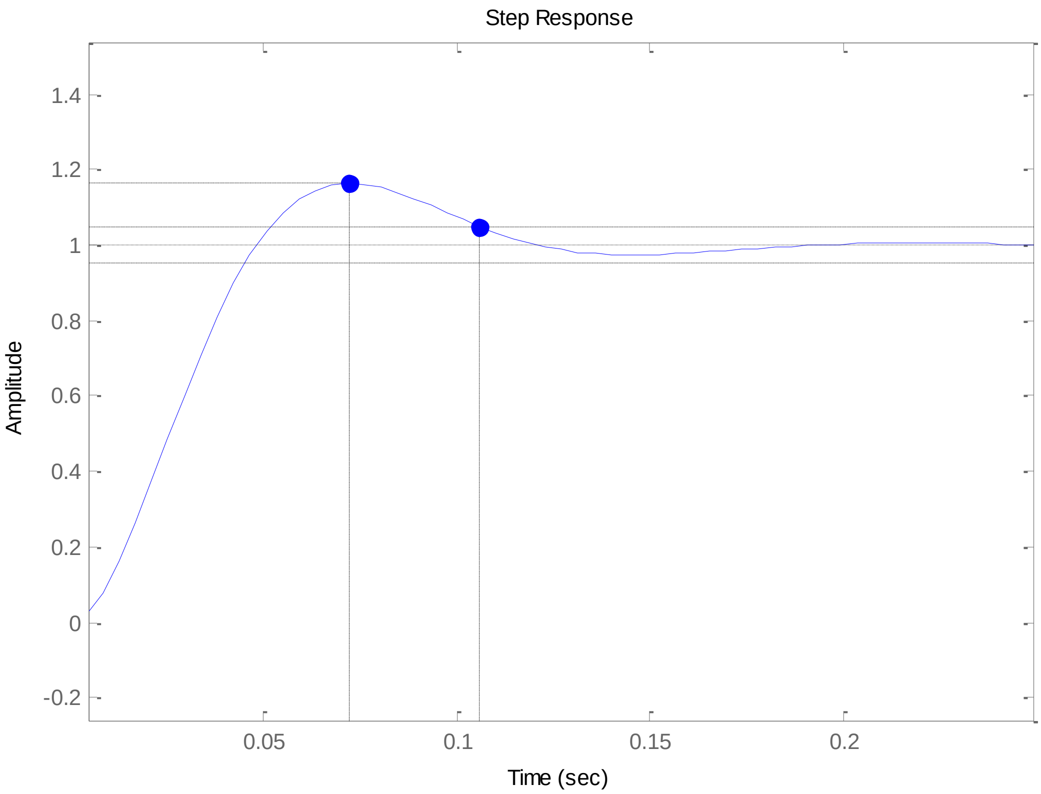
$$G(s) = \frac{2500}{s(s+50)} \xrightarrow{yields} M(s) = \frac{2500}{s^2 + 50s + 2500}$$

$$s = -25 \pm j25\sqrt{3}$$

$$t_s = \frac{\pi}{\sigma} = \frac{\pi}{25}$$

$$M_p = e^{-\frac{\pi}{\tan\theta}} = 0{,}16$$

Al ser de tipo I el valor final si es estable- que lo es- es 1.



Step Response
Amplitude
Time (sec)
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
0.05
0.1
0.15
0.2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y DISEÑO INDSUTRIAL

Departamento Electrónica, Automática e Informática Industrial

APELLIDOS

NOMBRE

Nº Mat.

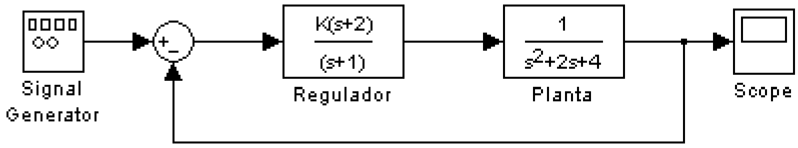
Calificación

ASIGNATURA: REGULACIÓN AUTOMÁTICA

CURSO 3º GRUPO Julio 2015

2. Problema (5 puntos -60 minutos)

El control remoto de un vehículo tiene el diagrama de bloques de la figura. Se trata de ajustar el valor K del regulador de adelanto de fase. Se pide:

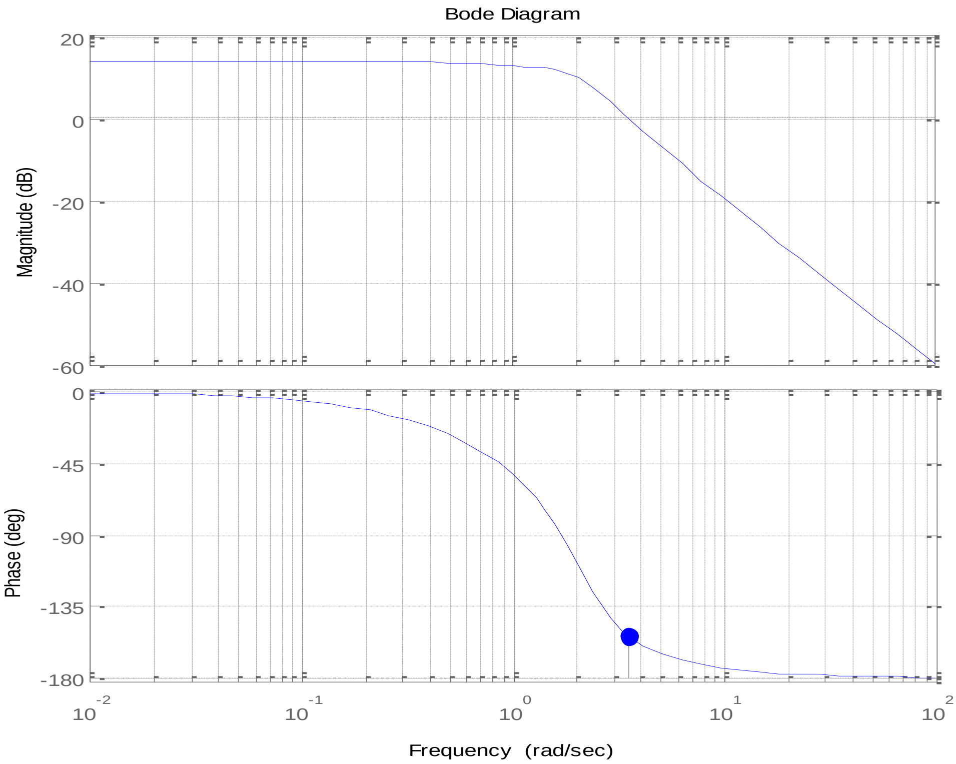


1. Determinar el margen de fase para tres valores de K: 5, 10 y 20, sabiendo que las frecuencias de cruce de ganancia son 2.6, 3.5 y 4.8 [rad/s] respectivamente (1 punto).

$$\gamma = 180 + arctg\frac{\omega_g}{2} - arctg\omega_g - arctg\frac{\frac{\omega_g}{2}}{1-\left(\frac{\omega_g}{2}\right)^2}$$

   Luego para K=1 y con $\omega_g = 2.6\, rad/s$ entonces $\gamma = 45.5°$, K=10 y con $\omega_g = 3.5\, rad/s$ entonces $\gamma = 26.5°$ y K=20 y con $\omega_g = 4.8\, rad/s$ entonces $\gamma = 15.9°$,

2. Dibujar el diagrama de Bode de la cadena abierta para K con valor 10, conociendo que la frecuencia de cruce de fase tiende a infinito (1 punto).



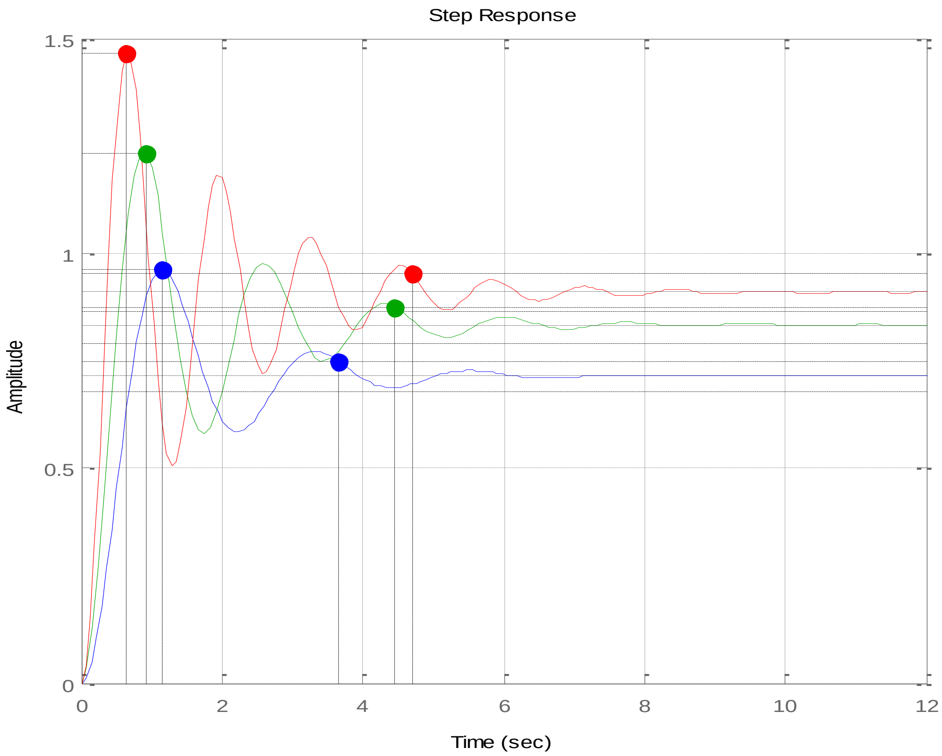
3. Estimar los valores más significativos de la respuesta en cadena cerrada ante una entrada en escalón, utilizando la información de la cadena abierta para K: 5, 10 y 20. Dibujar

aproximadamente la señal de salida ante la entrada en escalón con los tres valores de K (2.5 puntos).

Si K=5, entonces $\omega_{n,cc} \approx 2.6\frac{rad}{s}, \xi_{cc} \approx 0.45$, luego $\sigma_{cc} = 1.18, \theta_{cc} = 62.92°$. Con las siguientes estimaciones de la respuesta al escalón unitario: $t_s = 2.66\ s, t_p = 1.52s, t_r = 0.99s, M_p = 20.08\%, e_P = 0.2857$.

Si K=10, entonces $\omega_{n,cc} \approx 3.5\frac{rad}{s}, \xi_{cc} \approx 0.265$, luego $\sigma_{cc} = 0.913, \theta_{cc} = 74.62°$. Con las siguientes estimaciones de la respuesta al escalón unitario: $t_s = 3.43\ s, t_p = 0.96s, t_r = 0.57s, M_p = 42.16\%, e_P = 0.1667$.

Si K=5, entonces $\omega_{n,cc} \approx 4.8\frac{rad}{s}, \xi_{cc} \approx 0.159$, luego $\sigma_{cc} = 0.76, \theta_{cc} = 80.85°$. Con las siguientes estimaciones de la respuesta al escalón unitario: $t_s = 4.11\ s, t_p = 0.67s, t_r = 0.37s, M_p = 60.29\%, e_P = 0.0909$.



4. Razonar cuál sería el valor de K más adecuado de los tres propuestos (0.5 puntos).
   La mejor solución es K=10 como compromiso entre estabilidad, error en el régimen permanente y respuesta del régimen transitorio.