

**Problema 1 (5 puntos - 60 minutos)**

Una de las articulaciones del robot está controlado por un motor de cc. El par ejercido por el motor,  $T(t)$ , produce un desplazamiento angular de la articulación,  $\alpha$ :

$$T(t) = 0.25 \frac{d^2 \alpha(t)}{dt^2} + 0.5 \frac{d\alpha(t)}{dt}$$

El par mecánico es controlado por un regulador cuya dinámica es:

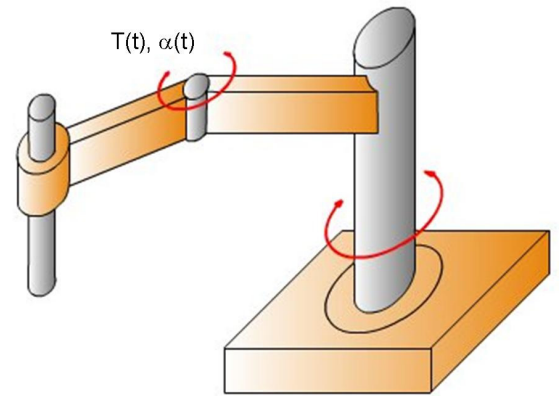
$$18 \cdot T(t) + \frac{dT(t)}{dt} = 160 \cdot e(t) + 40 \frac{de(t)}{dt}$$

La planta está en lazo cerrado bajo la acción del controlador, siendo por tanto:

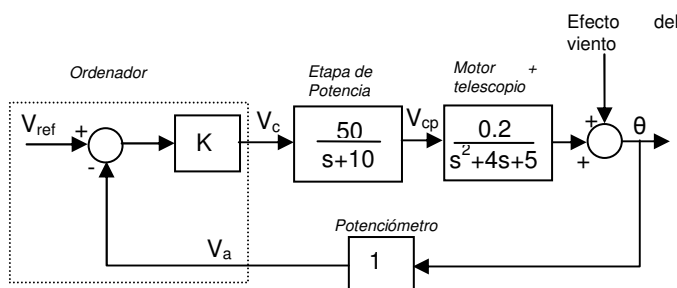
$$e(t) = \alpha_r(t) - \alpha(t)$$

Se pide:

1. Diagrama a bloques y función de transferencia total,  $\frac{\alpha(s)}{\alpha_r(s)}$  (2 puntos).
2. Calcular el error del régimen permanente para las tres señales de test unitaria (2 puntos).
3. Respuesta temporal al escalón unitario empleando el equivalente reducido, sabiendo que el sistema tiene los siguientes polos en cadena cerrada:  $-5.5$  y  $-7.25 \pm j8$  (2 puntos).
4. Dibujar el diagrama de Bode de la cadena abierta (2 puntos).
5. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia (2 puntos).

**Problema 2 (5 puntos - 50 minutos)**

Se ha diseñado un sencillo control de orientación de un telescopio de aficionado, el cual se conecta a un ordenador, de forma que es posible cancelar el efecto de rotación de la tierra en el seguimiento de las estrellas. El ordenador genera una señal de tensión ( $V_c$ ) que es la entrada del sistema de potencia que permite actuar sobre el motor por medio de la tensión ( $V_{cp}$ ). El telescopio está sometido a distintas perturbaciones entre las cuales, destaca el viento, por lo que el microcontrolador dispone de una medida ( $V_a$ ) de la orientación actual de la estructura dada por un potenciómetro solidario al eje. Puesto que se desea aplicar el sistema sobre telescopios de dimensiones y configuraciones diversas, la ganancia  $K$  del control proporcional, es ajustable mediante un mando externo. Asumiendo muchas simplificaciones, y considerando uno solo de los ejes, al final todo el sistema puede modelarse mediante el siguiente diagrama de bloques continuo:



Se pide:

- 1.- Obtener el valor de la ganancia  $K$  que logra que el sistema tenga un error en régimen permanente inferior al 20%. ¿Con qué velocidad seguiría el sistema, una vez alcanzado el régimen permanente, una referencia de la forma  $V_{ref}(t)=2t$ ? (2 puntos)
- 2.- Razonar mediante el uso del lugar de las raíces el efecto que tendrá la modificación del valor de  $K$  sobre el tiempo de establecimiento, la sobreoscilación, el régimen permanente y la estabilidad. ¿Cuál es el valor máximo admisible de  $K$  para que el sistema sea estable? (4 puntos)
- 3.- Dado que el viento puede provocar efectos resonantes, es necesario estudiar el comportamiento en frecuencia del sistema Motor + Estructura. Dibujar el diagrama de Bode, el polar y calcular los valores más significativos de los mismos. ¿Hay alguna frecuencia a la que tienda a oscilar el sistema? (4 puntos)

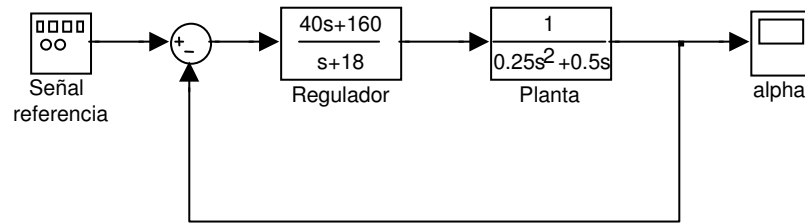
**Publicación de las notas: 29-06-2010**

**Revisión: 30-06-2010**



**Resolución del examen****Primer ejercicio**

1. Diagrama de bloques y FDT del conjunto:



$$\frac{\alpha_r(s)}{\alpha(s)} = \frac{160(s+4)}{s^3 + 20s^2 + 196s + 640}$$

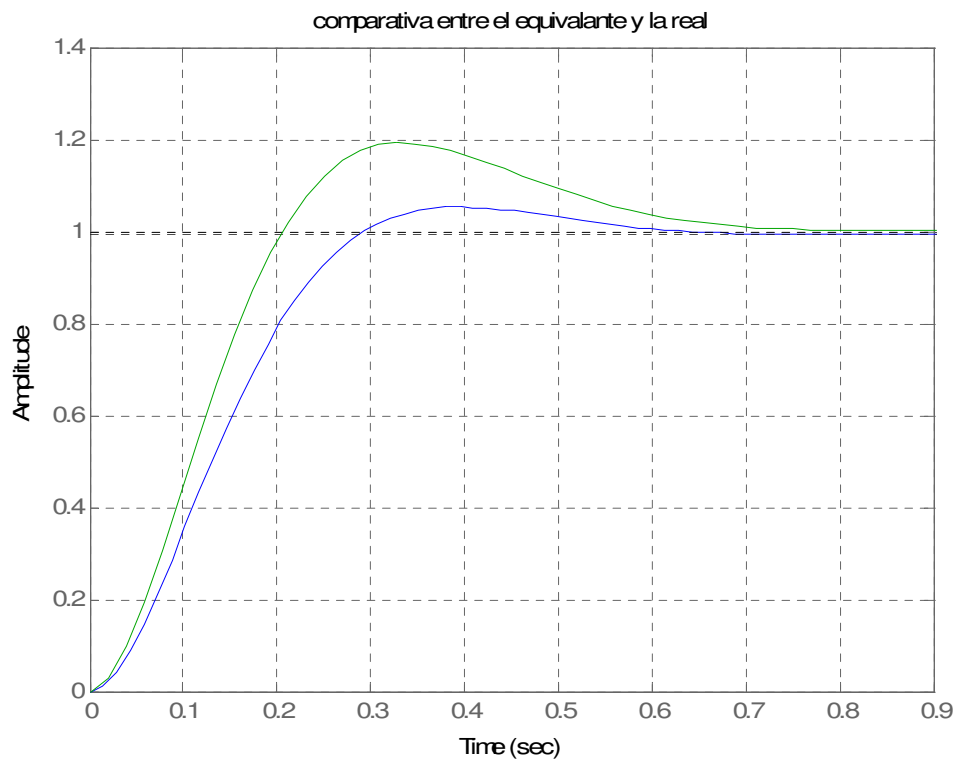
2. Errores en el régimen permanente ante la señal de test

$$e_p = 0 \quad e_v = \frac{9}{160} \quad e_a = \infty$$

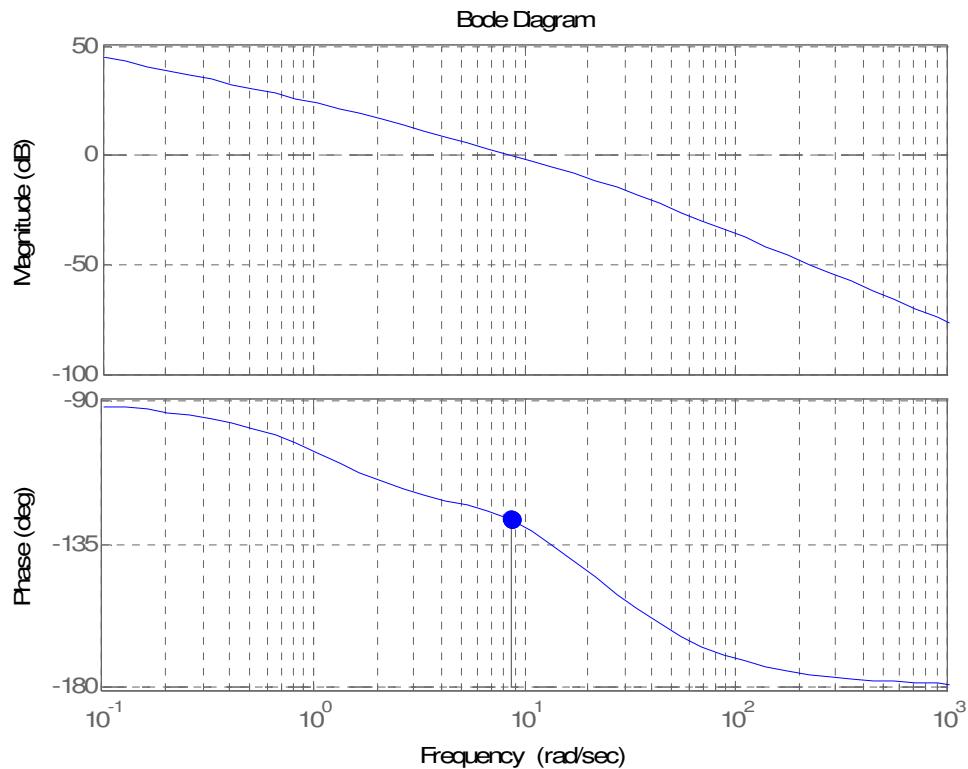
3. Respuesta temporal del equivalente reducido

$$\frac{\alpha_r(s)}{\alpha(s)} \approx \frac{116}{(s+7.25)^2 + 8^2}$$

$$t_p = 0.43s \quad t_p = 0.4s \quad M_p = 5.8\% \quad t_r = 0.3s$$



## 4. Bode de la cadena abierta



## 5. Margen de fase y de ganancia

Como la frecuencia de cruce de fase tiende a infinito, el margen de ganancia es infinito. Para el margen de fase habrá de calcular la frecuencia de cruce de ganancia

$$\left| \frac{160 \left( 1 + j\omega_g \frac{1}{4} \right)}{j\omega_g \left( 1 + j\omega_g \frac{1}{2} \right) \left( 1 + j\omega_g \frac{1}{18} \right)} \right| = 1 \quad \omega_g = 8.61 [\text{rad} / \text{s}]$$

Luego el margen de fase será:

$$\gamma = 180 + \arctg\left(\omega_g \frac{1}{4}\right) - 90 - \arctg\left(\omega_g \frac{1}{2}\right) - \arctg\left(\omega_g \frac{1}{18}\right) = 52.6^\circ$$

