Problema 1 (5 puntos - 60 minutos)

El sistema de la figure representa un mecanismo elevador de posicionamiento vertical que desplaza un elemento movil con masa ***m(t)*** variable (perturbación del sistema). La altura de la carga, ***x(t)***, queda fijada por la tensión de mando, $\boldsymbol{u_m(t)}$. Determinar:

1. Demostrar que la linealización del balance del par mecánico queda como:

$$k_p \Delta i(t) = J_r \Delta\dot{\omega}_m(t) + B_r \Delta\omega_m(t) + \left[m \cdot r^2\right]_0 \Delta\dot{\omega}_m(t) + \left[r \cdot g\right] \Delta m(t)$$

2. Obtener el diagrama de bloque sabiendo que el sistema se encuentra en equilibrio con una carga de masa 0.3 kg a una altura de 0.5 m.

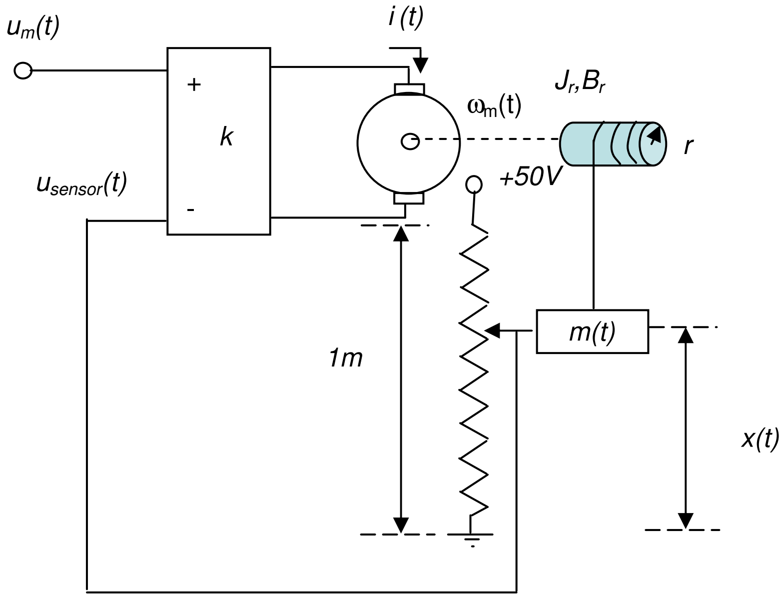
3. Obtener la función de transferencia entre la altura de la carga y la señal de mando, $\dfrac{\Delta x(s)}{\Delta u_m(s)}$.

4. Determinar el valor del regulador proporcional, k, para que el sistema tenga una sobreoscilación del 4% ante el escalón.

5. Representar la evolución del elevador ante un incremento en escalón de 2V a la señal de mando.

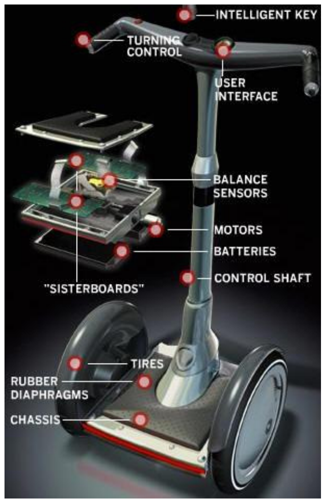
DATOS: Motor corriente continua: $R_i = 5\ \Omega$, $L_i \approx 0H$, $k_p = 0.1 Nm/A$, $k_b = 0.09\ Vs/rad$

Rodillo: $J_r = 10^{-5} kg\ m^2$, $B_r = 0.2 \cdot 10^{-3}$ Nms/rad, r = 0.01m $g \approx 10\ m/s^2$



Problema 2 (5 puntos - 60 minutos)

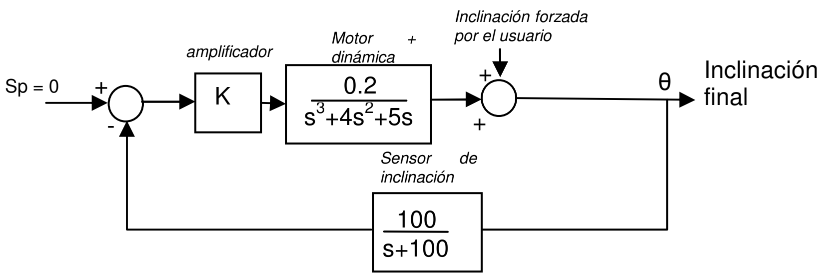
El Segway® Personal Transporter (PT) ha sido diseñado para modificar el transporte urbano de forma que se reduzca al máximo el peso del vehículo incluyendo una gran maniobrabilidad y de esta forma minimizar el consumo.



Desde el punto de vista del control es especialmente interesante el hecho de que este pequeño vehículo se mantiene en equilibrio el sólo gracias a unos sensores giroscópicos y unos acelerómetros que le permiten conocer su inclinación en cada momento.

Cuando el sistema detecta que se está inclinando actúa sobre las ruedas de forma que se endereza. Si por el contrario el conductor fuerza desplazando su centro de gravedad a que el sistema se incline, el efecto final resultante es que el sistema avanza con el sentido y la velocidad proporcional a ese desplazamiento. El resultado es que su conducción es intuitiva.

En este ejercicio nos centraremos en el sistema de mantenimiento del equilibrio. Un diagrama de bloques simplificado es el siguiente:



Se pide: Considerando que el usuario desea mantenerse quieto (perturbación nula):

1.- Estudiar la precisión en función de K con la que el sistema sería capaz de adoptar una referencia Sp fija, si se quisiera programar un punto de equilibrio distinto de cero. **(2 puntos)**

2.- Dibujar los diagramas de Bode y Polar para un valor de K=1. ¿Hasta cuánto podría valer aproximadamente K de forma que se asegure la estabilidad? **(3 puntos)**

3.- Dibujar el lugar de las raices del sistema, considerando despreciable la dinámica asociada al sensor de inclinación (f.d.t del sensor=1), obteniendo los valores más significativos.**(4 puntos)**

4.- Discutir el efecto que tendrá K sobre el comportamiento dinámico del sistema y razonar el valor que usted escogería. **(1 punto)**

Publicación de las notas: 24/06/09 **Revisión: 30/06/09**

Resolución
Problema 1

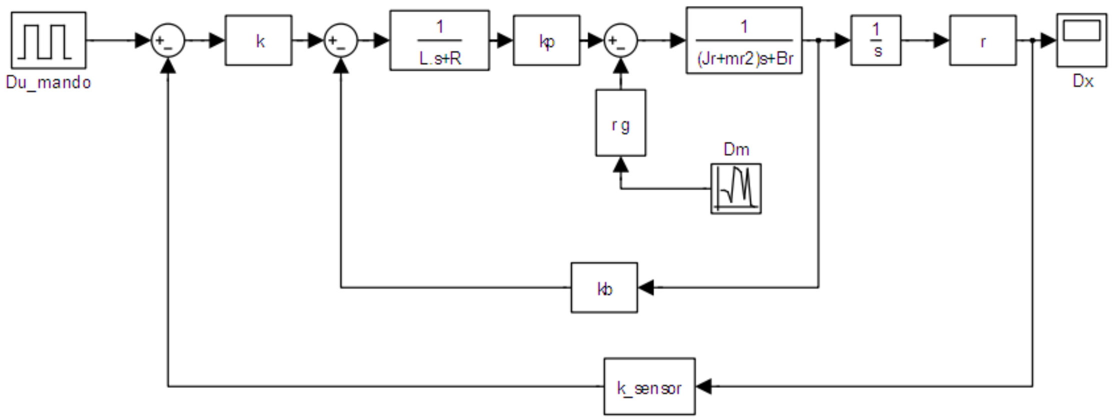
1. El balance del par mecánico estará determinado por el siguiente conjunto de ecuaciones algebro-diferenciales:

$$T_m(t) = k_p i(t)$$

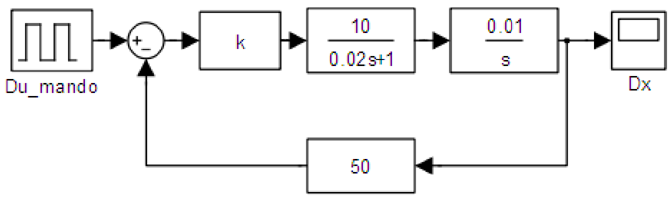
$$T_m(t) = J_r \dot{\omega}_m(t) + B_r \omega_m(t) + m(t) \cdot r^2 \dot{\omega}_m(t)$$

Debido a la no linealidad de la dinámica habrá que linealizarlo alrededor de un punto de reposo.

2.

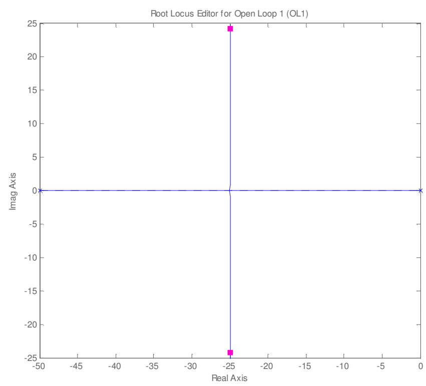


3.



$$\frac{\Delta x(s)}{\Delta u_m(s)} = \frac{5k}{s^2 + 50s + 250k}$$

4. Habrá que fijar los polos dominantes y posteriormente calcular el valor de k. Se empleará la técnica del trazado directo del lugar de las raíces. La función de transferencia de la cadena abierta es: $\frac{250k}{s(s+50)}$. Si la sobre-oscilación es de 4%, el ángulo de apertura de los polos dominantes es de 0.77 [rad]. Como la constante de amortiguamiento es de 25, la frecuencia de oscilación es de 24.25 [rad/s]. Los polos dominantes son -25±j24.25. Aplicando el criterio del módulo se calcula el valor de k:



$$\left| \left[\frac{250k}{s(s+50)} \right]_{s=-25\pm j24.25} \right| = 1$$

El valor de k es igual a 4.85.

5.