Control Automático (FIMCP-03905): Examen 02

Año: 2016-2017 **Término:** II **Instructor:** Luis I. Reyes Castro **Paralelo:** 02

COMPROMISO DE HONOR

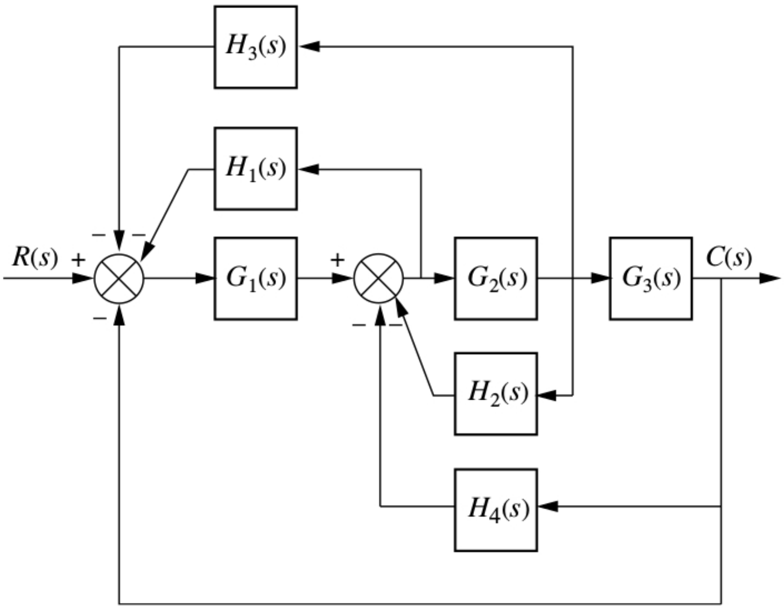
Yo, ____ al firmar este compromiso, reconozco que el presente examen está diseñado para ser resuelto de manera individual, que puedo usar un lápiz o pluma y una calculadora científica, que solo puedo comunicarme con la persona responsable de la recepción del examen, y que cualquier instrumento de comunicación que hubiere traído debo apagarlo. También estoy conciente que no debo consultar libros, notas, ni materiales didácticos adicionales a los que el instructor entregue durante el examen o autorice a utilizar. Finalmente, me comprometo a desarrollar y presentar mis respuestas de manera clara y ordenada.

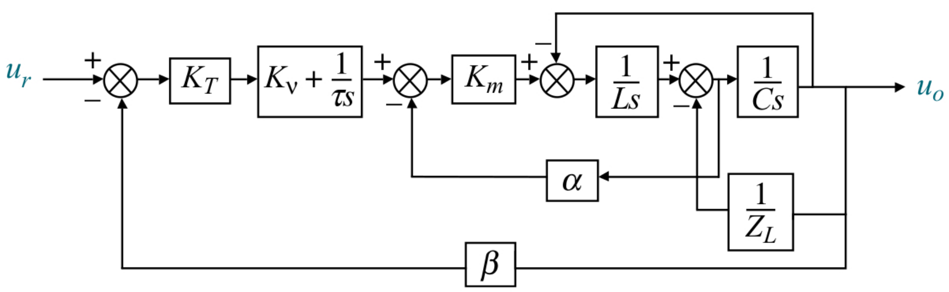
Firmo al pie del presente compromiso como constancia de haberlo leído y aceptado.

Firma: ____ Número de matrícula: ____________________________

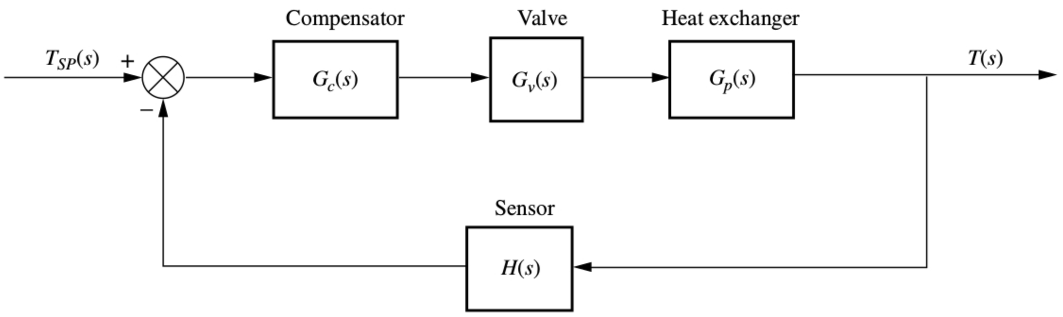
Instrucciones: Cada uno de los siguientes cuatro problemas tiene un peso de 10 puntos.

Problema 2.1. Encuentre la función de transferencia para cada uno los sistemas mostrados en la figura de abajo.





Problema 2.2. Considere el sistema de control de temperatura de un intercambiador de calor que se muestra en la figura de abajo. Suponga que:



- El intercambiador de calor y el sensor fueron estudiados mediante modelos termodinámicos. En particular:
  - Para el intercambiador de calor la señal de entrada es la apertura de la válvula $a(t)$ y la señal de salida es la temperatura del intercambiador $T(t)$. Estas señales están relacionadas por la ecuación diferencial:

$$\dot{T}(t) = -0.02\,T(t) + 1.4\,a(t)$$

  - Para el sensor la señal de entrada es la temperatura del intercambiador de calor $T(t)$ y la salida es la temperatura indicada por el sensor $T_{sensor}(t)$. Estas señales están relacionadas por la ecuación diferencial:

$$\dot{T}_{sensor}(t) = \left(\frac{1}{12}\right)\left(T(t) - T_{sensor}(t)\right)$$

- El compensador toma como señal de entrada el error de temperatura $e(t) = T_{SP}(t) - T_{sensor}(t)$ y produce como señal de salida un voltage $v(t)$ que alimenta a la válvula.
- La válvula fue estudiada experimentalmente. Dicha válvula toma como señal de entrada el voltage $v(t)$ provisto por el compensador y produce como señal de salida su apertura $a(t)$. Se estimó su función de transferencia como:

$$G_v(s) = \frac{A(s)}{V(s)} = \frac{0.02}{4s+1}$$

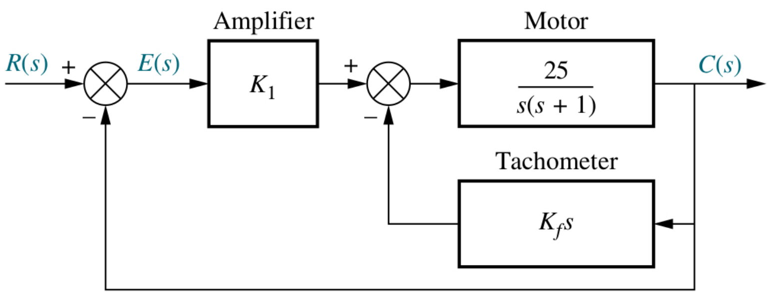
Con esto en mente:

a. Encuentre la función de transferencia del intercambiador de calor, denotada $G_p(s)$, y del sensor, denotada $H(s)$. Recuerde que:

$$G_p(s) = \frac{T(s)}{A(s)} \qquad\qquad H(s) = \frac{T_{sensor}(s)}{T(s)}$$

b. Suponiendo que el controlador es proporcional, *i.e.*, que $G_c(s) = K$, encuentre el valor de la ganancia K para que el sistema tenga un factor de amortiguamiento $\zeta = 0.7$.

c. Encuentre el error en estado estable para este sistema cuando la ganancia K toma el valor que usted calculó anteriormente.

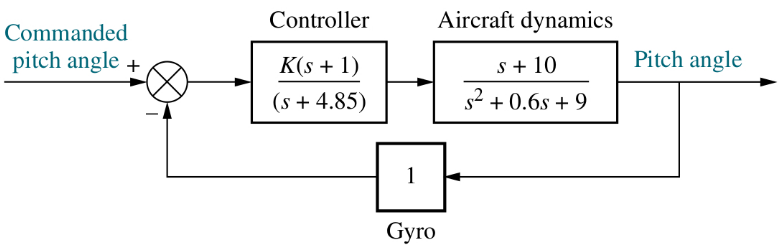


Problema 2.3. Considere el sistema de control de posición angular mostrado en la figura de arriba. Con esto en mente:

a. Encuentre valores para las ganancias K_1 y K_f de tal manera que las métricas de respuesta en el tiempo del sistema en circuito cerrado sean:
   - Porcentaje de sobrepaso del 25%.
   - Tiempo de asentamiento de 0.2 segundos.

b. Calcule el error en estado estable del sistema en circuito cerrado para una entrada escalón $r(t) = u(t)$ y para una entrada rampa $r(t) = t\,u(t)$.

Problema 2.4. Considere el sistema de control de cabeceo de un vehículo aéreo no-tripulado mostrado en la figura de abajo.



Con esto en mente:

a. Asumiendo la forma del controlador mostrada en la figura, bosqueje el lugar geométrico de las raíces *(root locus)*.

b. De acuerdo a su bosquejo anterior, determine la veracidad o falsedad de cada uno de las siguientes proposiciones.
   - Existe al menos un valor de la ganancia K tal que si K es inferior a ese valor entonces el sistema es estable.
   - Existe al menos un valor de la ganancia K tal que si K es superior a ese valor entonces el sistema es estable.
   - Existe al menos un valor de la ganancia K tal que si K es superior a ese valor entonces el sistema es inestable.
   - El sistema es estable para todos los valores de la ganancia K.
   - Existe un valor de la ganancia K para el cual todos los polos son complejos.
   - Existe un valor de la ganancia K para el cual todos los polos son reales.

c. Ahora suponga que usted reemplaza el controlador anterior por un controlador PD (*i.e.,* proporcional-derivada) cuya función de transferencia es:

$$G_{controlador}(s) \;=\; K\,(\,s + 5.7\,)$$

Bosqueje el lugar geométrico de las raíces para esta nueva configuración del sistema y utilice el bosquejo para responder a las mismas preguntas del literal (b).

d. Luego suponga que usted reemplaza el controlador anterior por un controlador cuya función de transferencia es:

$$G_{controlador}(s) \;=\; \frac{K}{s^2 + 8s + 20}$$

Bosqueje el lugar geométrico de las raíces para esta nueva configuración del sistema y utilice el bosquejo para responder a las mismas preguntas del literal (b).

e. Finalmente, supongamos que el sistema de control que usted está diseñando es para un avión de juguete. El juguete debe ser económico, *i.e.,* barato, por lo que su jefe le ordenó escoger el controlador más sencillo de entre los tres controladores considerados, dónde “más sencillo” se define en términos del número de polos y ceros del controlador. Con esto en mente, cuál controlador escogería para el juguete que está diseñando?