Universidad Nacional de Ingeniería P.A. 2012-2

Facultad de Ingeniería Mecánica 16/10/12

DAIA

**EXAMEN PARCIAL CONTROL MODERNO Y ÓPTIMO - MT227**

**Se permite el uso de una hoja de Formulario.**

**Problema 1**

Se desea diseñar un control de velocidad  para un helicóptero de masa *m* en el campo gravitatorio de la Tierra. La acción de control del sistema es dada por el par motor , que se aplica sobre el rotor. El rotor tiene una inercia J y la rotación de éste producirá un momento aerodinámico contrario , en el que ω es la velocidad del rotor. El giro del rotor finalmente genera un empuje hacia arriba . Además de la fuerza de la gravedad y la fuerza de empuje generada por la resistencia del aire, existe una fuerza que contrarresta el movimiento del helicóptero la cual se puede definir como  y esta descrita en la Fig.1 para el ascenso ().

Fig. 1 Modelo de control de altura de un Helicóptero

1. **(2ptos)**Determine las ecuaciones de movimiento para el rotor y el helicóptero.
2. **(1pto)**Describa el sistema en la forma espacio de estado no lineal 

con entrada, salida y vector de estado dados por: 

1. **(1pto)** Alinear alrededor del punto de reposo. Presente las Matrices (A,B,C,D).

**Nota**: 

1. (**1pto**) Determine los valores propios y analice la estabilidad del sistema.



**Problema 2**

1. **(2 ptos)** Determinar los valores de los parámetros del sistema dada la Fig. 2. La figura muestra la respuesta impulsiva del sistema lineal invariante en el tiempo de 1er orden:

**Fig.2 Respuesta impulsiva sistema de 1er orden**

donde . **Dato***:*

b) Considerar el sistema:

que describe la dinámica de la inclinación vertical de una bicicleta en movimiento y donde la entrada es el ángulo de la dirección.

**Fig.3 Vistas esquemáticas de una bicicleta**

b.1) **(1 pto)** ¿Puede el conductor evitar que la bicicleta se incline únicamente rotando el timón?

b.2) **(1 pto)** ¿Será necesaria la intervención de un conductor para evitar que la bicicleta se incline?

**Problema 3**

Los trenes de levitación magnética (Fig. 4) circulan suspendidos en el aire, sin contacto físico con el suelo. El objetivo es alcanzar grandes velocidades con un consumo bajo de energía, ya que el único rozamiento es el aerodinámico. La levitación magnética se consigue gracias a unas bobinas que producen una fuerza de levitación que se puede aproximar según la ecuación . El peso del tren se opone a esta fuerza. El conjunto total de estas fuerzas determinan el movimiento vertical del tren. Para poder ajustar el nivel de levitación a un valor de referencia, xr, se diseña un sistema de control.

La dinámica es no lineal debido a la fuerza de levitación. Linealizando alrededor del punto de reposo definido, el conjunto de ecuaciones algebro-diferenciales, en incrementos, quedará:

**Fig. 4 Tren de Levitación**

Punto de reposo:  g=10m/s2

1. **(1 pto)** Determine el modelo espacio estado para el sistema alineado en el punto de reposo, considere la intensidad de corriente como entrada, *i*(t), y como salida la distancia de levitación *x*(t).¿ Es posible que el modelo lineal trabaje sin un sistema de control en lazo cerrado?. Justifique.
2. **(2 ptos)**¿Es completamente controlable el sistema? Asuma que puede medir exactamente todos los estados. Diseñe el controlador por realimentación de todos los estados y formule la ley de control para seguir la referencia . El controlador debe garantizar error cero en estado estacionario para entradas del tipo escalón en la referencia . Se desea que en lazo cerrado presente la siguientes características:,y que sea críticamente amortiguado (=1).
3. **(2 ptos)** Considerando una perturbación constante ***d*** a la salida como en la Fig.5, determine la ley de control que usaría, para lo cual la matriz de retroalimentación será calculada considerando un tercer polo en lazo cerrado en s=-6.



**Fig. 5 Sistema de control con perturbación a la salida**

**Problema 4**

En la industria los calderos proveen de vapor a turbinas y otros procesos. Este problema presenta un caldero que alimenta a un tanque donde se acumula el vapor hasta aumentar su presión. El objetivo es controlar la presión en el tanque mediante la regulación del flujo de combustible hacia el caldero. Así, la presión en el tanque debe mantener un valor (referencia) aún existiendo demanda de vapor (disturbios).

El modelo linealizado del caldero es descrito por:

, ,

El modelo del tanque es básicamente un integrador:

, ,

El volumen del caldero es *V* = 800 m3, del tanque *VH* = 100 m3; *T* = 10 s, *Ks* = 10 ton/hr, *K* =40 ton/(hr.bar).

1. **(2 ptos)** Presentar el diagrama de bloques del sistema indicando las variables correspondientes a la referencia, disturbios, actuación y señales medidas; incluir los bloques caldero, tanque, compensador.
2. **(1 pto)** Demostrar que la planta (caldero + tanque) es como detallado a continuación:

donde *ud* es la demanda de vapor y *uf* es el flujo de combustible.

1. **(1 pto)** Para la ganancia del controlador por realimentación de estados , calcular la ganancia por alimentación directa para seguimiento de referencias constantes *kr*.
2. **(2 ptos)** Calcular la ganancia del observador de orden completo; asumir que los polos del observador son tres veces más rápidos que los del sistema controlado. Presentar el compensador en la forma de función de transferencia. ¿Consigue el compensador eliminar el efecto de una demanda constante?

**Las Profesoras.**

**Solución del Examen Parcial**

**Problema 1**

**a)**

El momento angular del rotor:

****

Impulso del helicóptero:



b)

 

c)

Punto de operación: 

Sistema linealizado:

+  

 

1. Análisis de estabilidad

Det(SI-A)= 0

S1= s2=  es estable.

**Problema 2**



**Problema 3**

****

 **🡺**

**Haciendo** ,, 

=

****

**Polos s1=0 + 14.1421i s2=0 - 14.1421i**

**Es inestable. Por lo que se recomienda un sistema de control en lazo cerrado.**

1. **Co=[ B AB]=**  Tiene rango 2 , por lo tanto es completamente controlable.

 Polos deseados: 

 Δdes(s)=

 Δdes(A)=

 K=[0 1]\*Co-1Δdes(A)= =[-460 20]

 Nr= 1/G(0)=-(C(A-B\*k)-1B)-1 =40

****

**Ka = -340 35 240**

**Ley de control u= -[-340 35]**  **-240e**

**Problema 4**

****