

Control Automático II**Control del ángulo de elevación de un avión**

El sistema de ecuaciones

$$(1) \quad \begin{aligned} \dot{\alpha} + 0.313\alpha - \dot{\theta} - 0.232\delta &= 0 \\ \ddot{\theta} + 0.788\alpha + 0.426\dot{\theta} - 1.151\delta &= 0 \end{aligned}$$

es un modelo simplificado del movimiento de un avión linealizado alrededor de un punto de operación. La variable α representa el ángulo de ataque del avión, θ es su ángulo de elevación con respecto a la horizontal, y δ es la inclinación del alerón elevador (variable de control). Los valores numéricos en (1) corresponden a un avión comercial Boeing (<http://www.engin.umich.edu/group/ctm/>).

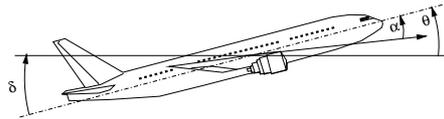


Figura 1: Control de ángulo de elevación

Especificaciones de Diseño. Se desea diseñar un controlador por realimentación para que la salida — el ángulo de elevación $\theta(t)$ — tenga una respuesta al escalón con un sobrevalor menor al 10%, un tiempo de crecimiento menor a 2 segundos, un tiempo de establecimiento menor a 10 segundos, y un error estático menor al 2%. Por ejemplo: si la entrada es un escalón de 0.2 rad (11 grados), entonces el ángulo de elevación no debe exceder 0.22 rad, alcanza 0.2 rad en menos de 2 segundos y entra en régimen estacionario en menos de 10 segundos con un valor entre 0.196 y 0.204 rad.

- Sobrevalor: menor que 10%
- Tiempo de crecimiento: menor a 2 segundos
- Tiempo de establecimiento: menor a 10 segundos
- Error estático: menor que 2%

Sistema a lazo abierto

- 8%** 1. Escribir el modelo en espacio de estados del sistema en la forma

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx + Du, \end{aligned}$$

y analizar su estabilidad a lazo abierto.

- 8%** 2. Analizar las propiedades de controlabilidad y observabilidad del sistema.

- 5%** 3. Obtener la función transferencia entre la entrada de control δ y el ángulo de elevación θ .

- 5%** 4. Simular la respuesta del sistema a lazo abierto a un escalón en δ de 0.2 rad.

Diseño por realimentación de estados

- 20%** 5. Diseñar la ganancia de realimentación de estados K de la Figura 2 para que la salida del sistema θ satisfaga las especificaciones de diseño para un escalón en la referencia r . (Una vez que K se ha ajustado para una respuesta dinámica satisfactoria, utilizar la ganancia N para compensar el error estático.)

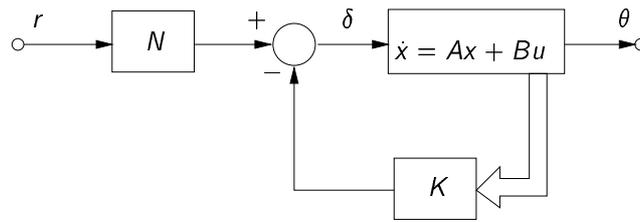


Figura 2: Esquema de realimentación de estados

Diseño con acción integral

- 20% 6. Modificar el diseño de la Figura 2 como sea necesario para incorporar acción integral en la regulación de θ . Recalcular las ganancias de realimentación para cumplir con las especificaciones de diseño.

Diseño por realimentación de salida

- 20% 7. Suponer ahora que θ es la única variable medible del sistema. Diseñar un observador de estados para convertir el diseño del punto anterior en un controlador dinámico por realimentación de salida.
- 10% 8. Obtener la función transferencia del controlador dinámico por realimentación de salida del punto anterior. Implementarlo en SIMULINK y simular la respuesta del sistema a lazo cerrado a un escalón en la referencia de 0.2 rad.