

Ingeniería de Control

Práctica 1

Considera el globo aerostático representado en la Figura 1. El sistema, sujeto a la fuerza de gravedad, se acciona mediante un quemador que, calentando el aire del interior del globo, permite que éste aumente de volumen y se eleve verticalmente.

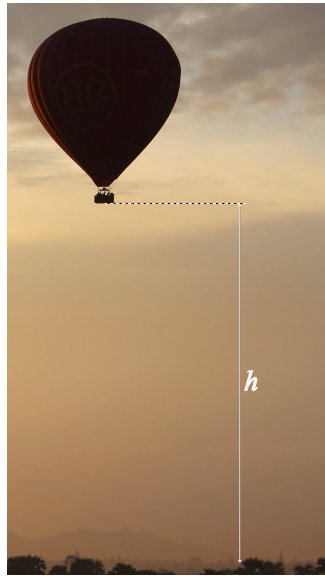


Figure 1: Globo aerostático.

Las ecuaciones que describen la dinámica del movimiento vertical del globo aerostático son las siguientes:

$$\begin{aligned} m\ddot{h} + b\dot{h} &= -mg + Vg\rho_a \left(1 - \frac{T_a}{T}\right), \\ c\dot{T} + k(T - T_a) &= q, \end{aligned}$$

donde

- h representa la posición vertical del globo,
- T es la temperatura del aire en el interior del globo,
- $q \geq 0$ es la potencia térmica suministrada por el quemador.

Además, $m = 500$ [kg] representa la masa del globo, $V = 2000$ [m³] es el volumen de aire contenido en el globo, $b = 20$ [N s/m] es el coeficiente de rozamiento viscoso equivalente, $T_a = 298$ [K] es la temperatura de la atmósfera, $\rho_a = 1.184$ [kg/m³] es la densidad del aire a la temperatura T_a y presión 1 [atm], $c = 718$ [J/K] es la capacidad térmica del aire, $k = 2.5$ [W/K] es el coeficiente de intercambio térmico entre el globo y la atmósfera, y $g = 9.81$ [m/s²] es la aceleración de gravedad.

Se quiere realizar una maniobra de desplazamiento vertical del globo con las siguientes especificaciones:

- Altitud inicial: 5 [m]. Altitud final: 15 [m].
 - Velocidad inicial: 0 [m/s]. Velocidad final: 0 [m/s].
 - Duración de la maniobra: menos de 60 [s].
 - La variable de control q no puede tomar valores negativos.
- 1) Calcula la representación en el espacio de estados del sistema, suponiendo que $u = q$ sea la única variable de control y $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)^T = (h, \dot{h}, T)^T$, donde q está expresada en [W], h está expresada en [m], \dot{h} en [m/s] y T en [K]. (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en el fichero `state_space.m`)
 - 2) Calcula todos los estados de equilibrio del sistema y explica el resultado obtenido. (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en el fichero `equilibrium.m`)
 - 3) Linealiza el sistema en torno al punto operativo que corresponde a $\bar{\mathbf{x}} = (5, 0, 377.76445)^T$, $\bar{u} = 199.41113$. (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en el fichero `linearization.m`)
 - 4) ¿Es el sistema linealizado controlable? (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en el fichero `controllability.m`)
 - 5) ¿Es el sistema linealizado observable mediante la salida $y = x_1$? ¿Es el sistema linealizado observable mediante la salida $y = x_3$? (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en el fichero `observability.m`)
 - 6) Utilizando el método de asignación de autovalores, diseña un controlador por realimentación del estado para realizar la maniobra. Indica los autovalores que se han asignado al sistema controlado y muestra el comportamiento del sistema controlado representando gráficamente las variables de estado y de control pertinentes, y mediante una animación gráfica. (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en la carpeta `state_feedback_place`)
 - 7) Utilizando el método LQR, diseña un controlador por realimentación del estado para realizar la maniobra. Indica los autovalores que se han asignado al sistema controlado y muestra el comportamiento del sistema controlado representando gráficamente las variables de estado y de control pertinentes, y mediante una animación gráfica. (Contesta en el informe y sube el código Matlab a Aula Virtual en la carpeta `state_feedback_lqr`)

Justifica todas las respuestas.