

CONTROL AVANZADO DE SISTEMAS

PROBLEMA 4 TEMA 4 (CONTROL INTELIGENTE)

Se desea diseñar un controlador para el sistema de levitación magnética de la figura 1. El objetivo es controlar la *posición* de un imán suspendido sobre el electroimán, suponiendo que el imán sólo puede moverse verticalmente.

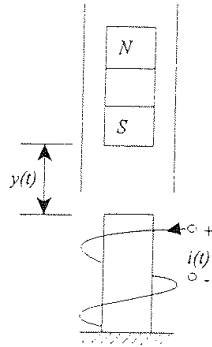


Figura 1

La ecuación de movimiento del sistema, linealizada en torno al punto de trabajo, viene dada por:

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = -g + \frac{\alpha}{m} \cdot i(t) - \frac{\beta}{m} \cdot \frac{dy(t)}{dt}$$

donde $y(t)$ es la distancia entre el imán y el electroimán, $i(t)$ es la corriente aplicada al electroimán, m es la masa del imán, g es la constante de gravedad, β es el coeficiente de fricción viscosa del medio en el que se mueve el imán y α es una constante de fuerza de campo que viene determinada por la fuerza del imán y el número de vueltas de cable sobre el electroimán.

Se pide:

- Obtener la matriz de estado del sistema y estudiar su estabilidad para $\alpha = 15$, $\beta = 12$, $m = 3$, $g = 9.8$. ¿Cuál debe ser el valor de la intensidad $i(t)$ que debe circular por el electroimán para que el imán se mantenga en una posición fija en régimen permanente?
- Se ha diseñado un esquema de control como el mostrado en la figura 2, donde y_d es la referencia (distancia deseada del imán al electroimán). El error de realimentación se calcula como $e(t) = y(t) - y_d$ y el controlador tiene como entradas el error y su derivada. Si se usan las funciones de pertenencia de la figura 3, obtener una matriz de reglas válida para dicho controlador (obsérvese que al aumentar la intensidad, aumenta $y(t)$).

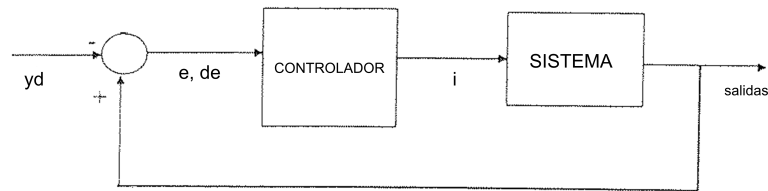


Figura 2

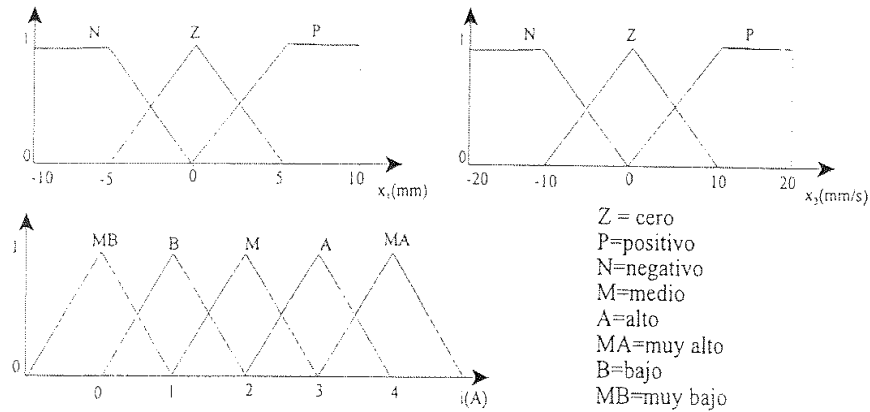


Figura 3

(c) Usando las reglas del apartado anterior y suponiendo que se diseña el controlador por mínimo, es decir:

- Inferencia basada en reglas individuales con combinación por unión.
- Implicación mínimo, $\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$.
- Mínimo para todas las t -normas y máximo para todas las s -normas.
- Borrosificador singleton.
- Desborrosificación por centro medio.

(c.1) Determinar las condiciones que debe cumplir el controlador de forma que el sistema global en bucle cerrado sea estable ($I_1 > 0, I_2 > 0$).

(c.2) Suponiendo que se añade en el esquema de control una ganancia K en la salida del controlador (figura 4), calcular el margen de valores de K para que el sistema global en bucle cerrado sea estable. Nota: linealizar el controlador en el entorno $[-1, 1]$ para sus dos variables de entrada.

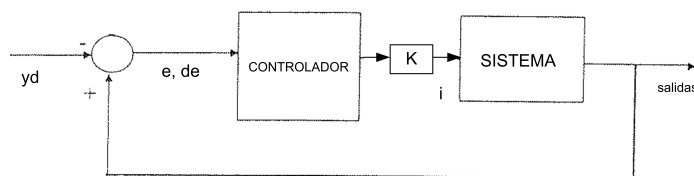


Figura 4