

CONTROL AVANZADO DE SISTEMAS

PROBLEMA 3 TEMA 4 (CONTROL INTELIGENTE)

Se desea controlar la temperatura de salida del sistema térmico mostrado en la figura 1. A continuación se describe el sistema y un controlador diseñado para el mismo.

Descripción del sistema. El sistema está formado por un depósito que contiene líquido y un elemento de control de la temperatura. Dicho elemento es capaz de refrigerar o calentar el líquido contenido en el depósito. La entrada al depósito es el flujo de líquido que se encuentra a una temperatura T_e (*temperatura de entrada*). El líquido es calentado o enfriado en el depósito y a la salida tendrá una temperatura T_s (*temperatura de salida*).

La variable que se desea controlar es la diferencia entre la temperatura de entrada y la de salida ($T = T_s - T_e$), usando la señal de control $u(t)$ que actúa sobre el elemento calentador/refrigerador. La temperatura de salida deseada respecto a la de entrada es T_d (es decir, el objetivo de control es que $T = T_d$).

El modelo linealizado de este sistema viene dado por la ecuación:

$$\frac{d^2T(t)}{dt^2} = -2\frac{dT(t)}{dt} + u(t)$$

donde $u(t)$ es la señal de control (entrada al sistema). Puede observarse que si $u(t) > 0$, la temperatura de salida aumenta y si $u(t) < 0$ disminuye.

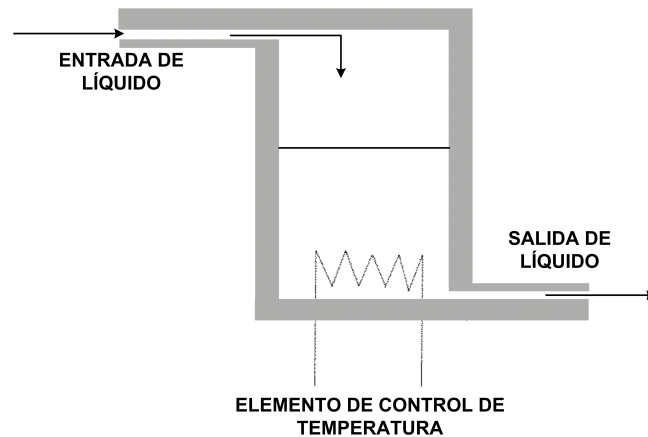


Figura 1

Descripción del controlador. Para controlar este sistema se ha diseñado un controlador borroso usando el esquema mostrado en la figura 2.

Como se observa en la figura, las entradas al controlador son el error (e) y su derivada ($\dot{e}$), y tiene una salida que es posteriormente multiplicada por una ganancia K , obteniendo la señal de control $u(t)$. En la figura 3 se muestran las funciones de pertenencia usadas en este controlador y en la tabla siguiente las reglas diseñadas (en forma canónica).

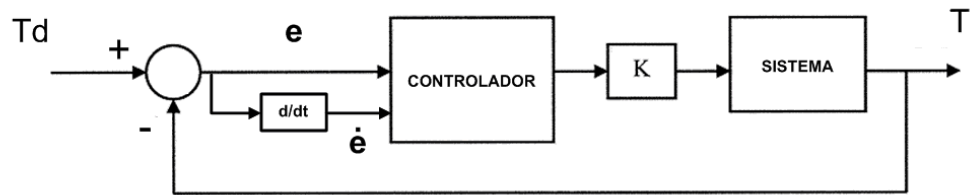


Figura 2

		error (e)						
		NG	NM	NP	Z	PP	PM	PG
cambio del error ($\dot{e}$)	N	$R1 : NG$	$R2 : NG$	$R3 : NM$	$R4 : NP$	$R5 : Z$	$R6 : PP$	$R7 : PM$
	Z	$R8 : NG$	$R9 : NM$	$R10 : NP$	$R11 : Z$	$R12 : PP$	$R13 : PM$	$R14 : PG$
	P	$R15 : NM$	$R16 : NP$	$R17 : Z$	$R18 : PP$	$R19 : PM$	$R20 : PG$	$R21 : PG$

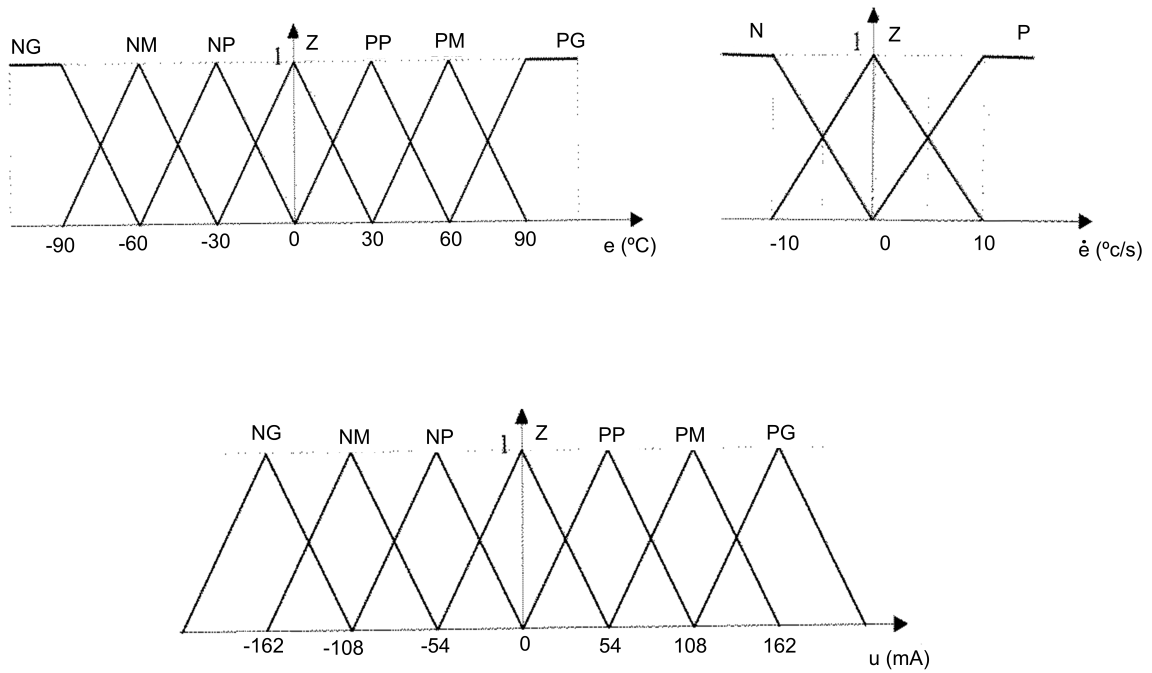


Figura 3

El controlador diseñado tiene las características siguientes:

- Inferencia basada en reglas individuales con combinación por unión.
- Implicación producto,

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y).$$

- Producto para todas las t -normas y máximo para todas las s -normas.
- Borrosificador singleton.
- Desborrosificación por centro medio.

Se pide:

- (a) Calcular la función de pertenencia $\mu_{B'}(y)$ de la salida de este controlador.
- (b) Calcular el margen de valores de K tales que el sistema en bucle cerrado con el controlador sea estable (es decir, tales que los índices de estabilidad I_1 e I_2 sean positivos).

NOTA: Para realizar los cálculos, linealizar el sistema en torno al origen considerando los intervalos $[-15, 15]$ para el error e y $[-5, 5]$ para la derivada del error $\dot{e}$. Suponer además que la referencia T_d no varía con el tiempo: $\frac{dT_d}{dt} = 0$.

- (c) Justificar brevemente cómo se han obtenido las reglas $R1$, $R11$ y $R20$ de la tabla.