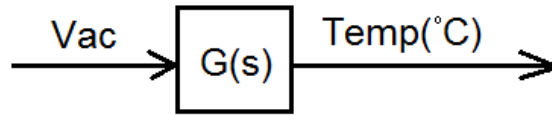


24-09-14

Control Industrial

Ejemplo:

Horno Eléctrico + Control Proporcional



Entrada: Tensión alterna (Vac)

Salida: Temperatura (°C)

Función de transferencia para la planta, modelada como sistema de primer orden:

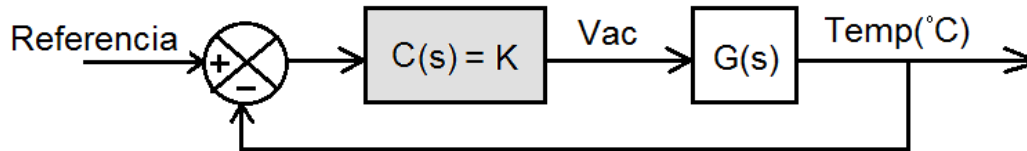
$$G(s) = \frac{13.64}{250s + 1}$$

Objetivo:

Mejorar la respuesta: Controlar la temperatura mediante una referencia, con un **error estacionario del 10% o menor**

Lograr una respuesta más rápida de temperatura, caracterizada por una **constante de tiempo de 20 segundos o menor**

Esquema de control: Sistema de control de lazo cerrado – realimentación negativa



El **Compensador C(s)** es un elemento de ganancia constante ($K= 0.1, 2, \dots$) y su función de transferencia es K

Su entrada es la diferencia entre la temperatura del ambiente y la deseada (referencia)

Su salida es una diferencia de potencial (Vac) que alimenta al horno. Esa tensión es proporcional a la diferencia que el compensador tiene en su entrada

Dado este esquema de control, la respuesta a lazo cerrado del sistema completo está caracterizada por la nueva función de transferencia:

$$\frac{T(s)}{R(s)} = \frac{C(s)G(s)}{1 + C(s)G(s)}$$

Reemplazando los valores de $C(s)$ y $G(s)$ en esta expresión:

$$\frac{T(s)}{R(s)} = \frac{K \frac{13.64}{250s + 1}}{1 + K \frac{13.64}{250s + 1}} = \frac{13.64 K}{250s + 1 + 13.64 K}$$

Llevando esta transferencia a una forma similar a la de la planta original

$$G(s) = \frac{A}{Bs + 1}$$

$$\frac{T(s)}{R(s)} = \frac{\frac{13.64 K}{1 + 13.64 K}}{\frac{250}{1 + 13.64 K} s + 1}$$

Esto quiere decir que tanto la constante de tiempo del sistema como su ganancia estacionaria se verán afectadas por el valor de K. Cuanto mayor sea K:

- el valor estacionario en respuesta a un escalón unitario, $\frac{13.64 K}{1+13.64 K}$ se acercará a 1
- la constante de tiempo $\frac{250}{1+13.64 K}$ será menor

. La estructura del compensador determina cómo impactará su implementación en el sistema de lazo cerrado

. Los valores específicos que asuma el compensador determinarán las propiedades definitivas del sistema realimentado

Obtener el valor de K que garantiza

un error estacionario menor o igual al 10%: esto quiere decir que, cuando la referencia sea un escalón de altura 1, la salida debe alcanzar un valor estacionario de 0.9 o superior (usar teorema del valor final sobre la función de transferencia, cuando la entrada es un escalón de altura 1)

$$\frac{13.64 K}{1 + 13.64 K} \geq 0.9; \quad K \geq 0.6598$$

una constante de tiempo menor o igual a 20 segundos:

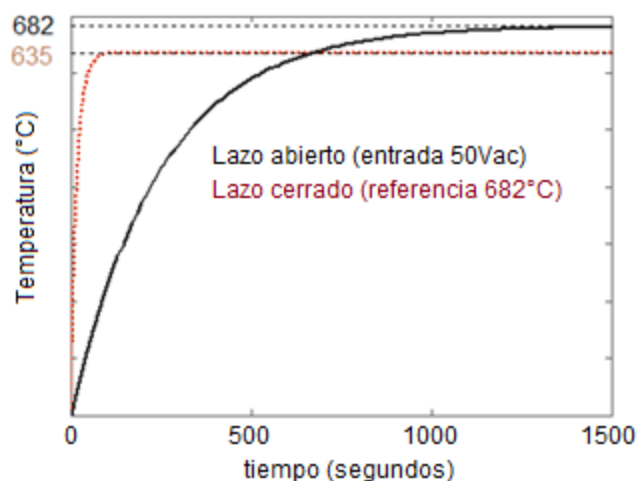
$$\frac{250}{1 + 13.64 K} \leq 20; \quad K \geq 0.8431$$

El valor de K que cumple con estos requisitos es $K \geq 0.8431$

Por ejemplo, con un valor de $K=1$, se tiene una constante de tiempo de 17.08 segundos, y una ganancia estacionaria de 0.9317 -Esto equivale a un error estacionario de 0.0683 respecto de la entrada (6.83%)-. Este esquema de compensación cumple con los requisitos propuestos para el sistema, y tiene la función de transferencia completa de lazo cerrado (reemplazando $K=1$):

$$\frac{T(s)}{R(s)} = \frac{0.9317}{17.08 s + 1}$$

Respuesta frente a entradas escalón equivalentes - Planta original y sistema realimentado compensado (el sistema a lazo abierto maneja diferentes unidades que a lazo cerrado)



Considerando este esquema de control (compensador - ganancia fija $C(s)=K$)

- *Es posible obtener cualquier tiempo de respuesta que se desee (por ejemplo, una constante de tiempo < 1 segundo)?*
- *Es posible obtener un error estacionario nulo en el control de la temperatura?*