

ACTIVIDADES

A. SIMULACIONES

A.1. Simule el modelo de la Fig.1 para observar las respuestas transitorias de la señal de salida " T_i " y de la potencia de calefacción " P_w " frente a cambios pequeños en el set-point " R "(por ejemplo desde 20 a 22°C), y de 5 a 40 grados C en la " T_{amb} ".

¿Cuál de las dos variables entrada (Temp. De set-point ó T_{amb}) tiene un efecto más intenso sobre la temperatura de salida T_i ?

A partir de las respuestas en el tiempo, estime la constante de tiempo principal del sistema realimentado (entre el set point y T_i) y compárelo con la constante de tiempo de la planta sin realimentar. Mida el tiempo de crecimiento en cada caso.

Además ¿Cuál es la constante de tiempo principal en la función de transferencia entre la variable de perturbación y la de salida a lazo cerrado?

A.2. Repita la simulación pero ahora realizando cambios bruscos en el set-point " R ", por ejemplo desde 20 hasta 90°C. Tome nota de la máxima potencia " P_w " necesaria para lograr el funcionamiento observado. ¿Cambian las constantes de tiempo para uno y otro caso?

A.3. Repita para $K=100$

A.4. Modifique el diagrama de bloques en Simulink incluyendo un elemento de saturación para la variable " u " (de entrada al actuador), de manera que no pueda salir de su rango válido (0-10V). Repita el experimento A.2; la estimación de las constantes de tiempo resultantes, la potencia máxima involucrada, y el tiempo de crecimiento.

Comente lo que observe, concentrándose en cómo resultan modificadas las formas de onda de los transitorios de las respuestas y los tiempos característicos cuando se limita la potencia máxima con que se calienta la cámara.

B. CUESTIONES TEÓRICAS Y DEL MODELO

B.1. Funciones de transferencia

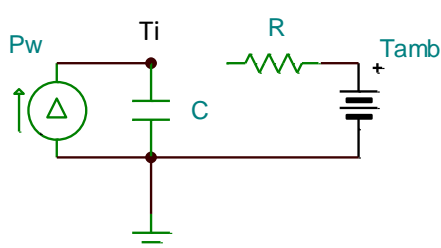


Figura 2. Circuito eléctrico análogo del modelo térmico de la cámara.

Consiste en una fuente de corriente de valor numérico igual a la potencia térmica inyectada en la cámara de secado; una fuente de tensión con valor numérico igual a la temperatura ambiental externa a la cámara; componentes R y C con valores numéricos iguales a la resistencia y a la capacidad calórica de la cámara de secado.

Observando el circuito eléctrico análogo de la cámara de secado (Fig.2) y los datos experimentales mencionados en la descripción del sistema... Resuelva:

a. Funciones de transferencia a lazo abierto:

A partir del diagrama eléctrico equivalente, compruebe las funciones de transferencia (G_p) de la planta, y la correspondiente a la perturbación (G_d) mostrada

en la Fig. 3, e inserto en la Fig.1. ¿Qué valores aproximados poseen los componentes del circuito eléctrico análogo, R y C?

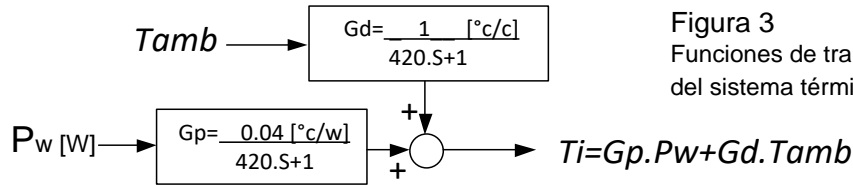


Figura 3
Funciones de transferencia del sistema térmico

b. Teniendo en cuenta el intervalo de variación de la temperatura exterior... ¿Cuál es la potencia necesaria del calentador para cumplir con la especificación de T_i ? Compruebe si la función de transferencia para el calentador mostrada en la Fig. 1, $C=270[w/v]$, es apropiada para cumplir con la especificación de T_i deseada.

c. Funciones de transferencia a lazo cerrado:

A partir del diagrama de bloques de la Fig. 1 y, **suponiendo $A=H$** , encuentre la expresión matemática de la variable de salida " T_i " como función de las señales de referencia " R " y de perturbación " T_{amb} ". Para esto es necesario encontrar las dos funciones de transferencia involucradas: una que va desde la señal de referencia hasta " T_i ": $M(s)$; y la otra que va desde " T_{amb} " hasta " T_i ": $G_{d2}(s)$.

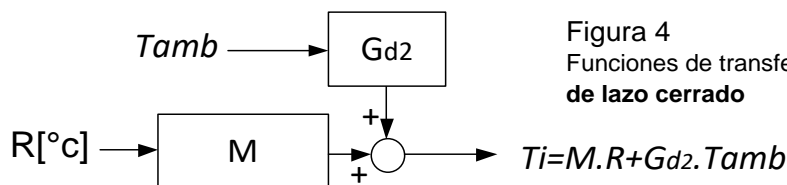


Figura 4
Funciones de transferencia de lazo cerrado

d. A la vista las funciones de transferencia halladas en el ítem anterior... ¿Cuál diría que es el efecto de la realimentación negativa sobre la ubicación de los polos y constantes de tiempo del sistema entre la señal de entrada R y variable de salida T_i ? (Estos efectos son visibles también en las simulaciones propuestas en el ítem "A. SIMULACIONES")

B.2. Exactitud y Error logrados con la realimentación "negativa"

a. Considerando que K y C son parámetros a fijar en el diagrama de bloques de la Fig. 1, y que $A=H$. Modifique el diagrama para poner en evidencia la variable "error entrada-salida" $e=R-T_i$.

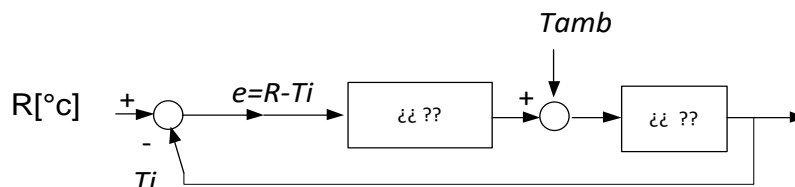


Figura 5
Modificación del diagrama de bloques para la poner en evidencia la variable "error"

b. Reduzca el diagrama de bloques, para obtener en forma paramétrica la variable de error " $E(s)$ " como función del señal de referencia " R " y de la " T_{amb} " y de las funciones de transferencia pertinentes: $A(s)$ y $B(s)$ según se muestra en la fig. 6.

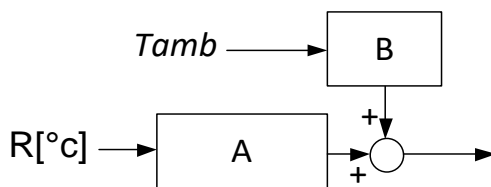


Figura 6
Funciones de transferencia
relacionadas con el error
a lazo cerrado
 $e=A.R+B.Tamb$

Luego, encuentre en forma paramétrica el valor final del error, para una señal de entrada escalón. (o "error de estado estacionario: e_{ss} ")

Notas: * Uno de los objetivos del sistema de control es que e_{ss} cumpla con la especificación dada para "delta-T".

* De manera similar al ítem B.1.c, aquí es necesario encontrar 2 funciones de transferencia, $A(s)$ y $B(s)$; y utilizar el teorema del valor final (antes o después de la reducción del diagrama).

c. Use para la amplificación "K" los valores de 100 y 200, y calcule el error obtenido en cada caso. Suponiendo que se trabaje con el valor nominal del set-point y el valor medio de la $Tamb$.

d. Dibuje en el plano S la posición de los polos de la función de transferencia entrada-salida para los 2 valores de K empleados. Compare con la posición original del polo del sistema (G_p) estando a lazo abierto.

e. Tomando en consideración las funciones de transferencia encontradas y de las simulaciones realizadas para los casos de lazo abierto y lazo cerrado trate de explicar ¿Cómo se modifica el aporte que cada una de las variables de entrada tiene sobre el error de estado estacionario, cuando se introduce realimentación negativa?

f. Si se quisiese disminuir el delta-T a $\pm 1^\circ\text{C}$... ¿Qué cambios introduciría en el lazo de control?

B.3. Saturación

- ¿Cuál es la justificación del empleo del bloque de saturación introducido en el ítem A.4?
- ¿Cómo afecta la saturación del sistema a las constantes de tiempo y los tiempos de crecimiento?
- Cuando se produce la saturación el sistema deja de comportarse linealmente... ¿Opina Ud. que sigue siendo un sistema realimentado o "a lazo cerrado"?
- ¿Cuál es el tamaño máximo de un escalón en el set-point para no perder el comportamiento lineal del sistema de control?