

Control de campo de colectores solares
distribuidos ACUREX.

Tesis de Doctorado : Manuel Berenguel
Universidad de Sevilla, 1995.

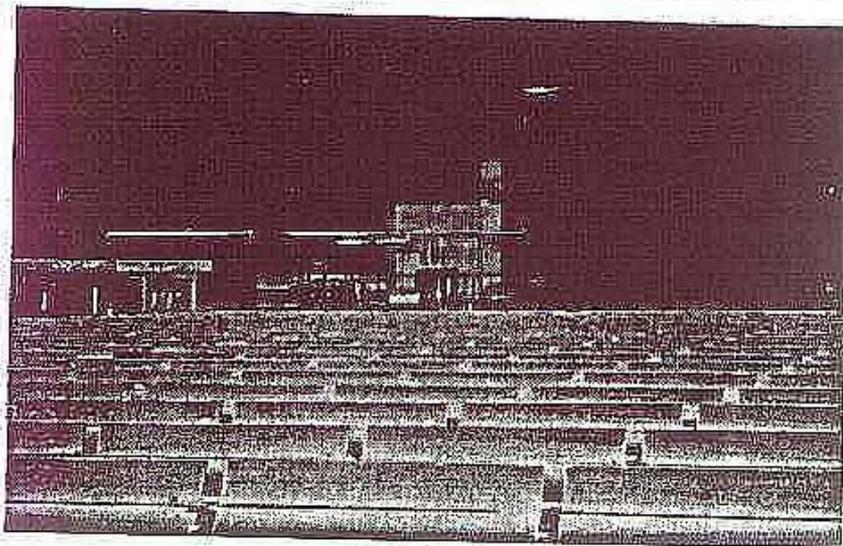


Figura 2.2: Campo de colectores solares distribuidos ACUREX

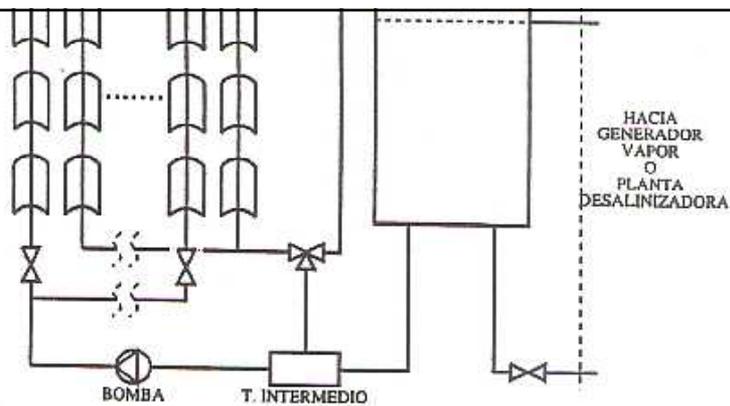


Figura 2.3: Diagrama esquemático del campo de colectores solares distribuidos

La planta está sometida a perturbaciones en la energía de entrada, que pueden ser lentas, debidas a variaciones de la radiación solar a la largo de un día claro, variación de la reflectividad de los espejos por acumulación de polvo, etc., o bien bruscas, causadas fundamentalmente por la aparición de nubes y por variaciones en la temperatura de entrada al campo en la puesta en marcha del sistema de conversión de potencia. Todas estas perturbaciones obligan a variar el flujo de control, lo que a su vez provoca que el tiempo de residencia del fluido en el campo sea variable.

De lo expuesto, se desprende que el proceso a controlar es un sistema fuertemente no lineal con retardo variable en el tiempo, y por tanto, desde el punto de vista del control, en el caso en que se considere un modelo lineal, será un proceso con parámetros variables y retardo también variable.

Las variables fundamentales que influyen en la temperatura de salida aparecen en la figura 3.1.

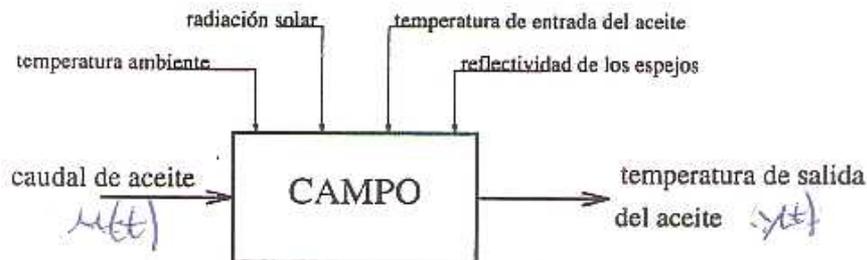


Figura 3.1: Variables que influyen sobre la temperatura de salida del aceite

La función de transferencia en el dominio del tiempo del controlador PID puede escribirse:

$$G_{pid}(s) = K_{pid} \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

donde K_{pid} es la constante proporcional del controlador, T_i el tiempo integral y T_d el tiempo derivativo.

Para pasar al dominio discreto se utiliza la aproximación de Euler para el término integral y la rectangular hacia detrás ("backward-Euler") para el derivativo [2], con un tiempo de muestreo T y un valor del parámetro de diseño $N = 5$.

$$u_k(z) = K_{pid} \left(1 + \frac{T}{T_i(z-1)} + \left(\frac{T_d}{T + \frac{T_d}{N}} \right) \left(\frac{z-1}{z - \frac{T_d}{(NT+T_d)}} \right) \right) e_k(z) \quad \text{PID discreto}$$

Para calcular los parámetros característicos (ganancia del controlador, tiempo integral y derivativo) se han utilizado las reglas de Ziegler-Nichols en bucle abierto, dado que el sistema presenta una respuesta a escalón en bucle abierto del tipo sobreamortiguada. Dicho cálculo consiste en aproximar la función de transferencia del sistema por la de un sistema de primer orden, con un retardo puro τ_d (ver figura 3.6), y después aplicar una regla heurística para determinar los parámetros del controlador. Si el sistema a controlar no presenta claramente un retardo puro, se considera el mismo igual al tiempo que tarda el sistema en alcanzar el 5% de su valor de régimen permanente.

El procedimiento es el siguiente:

1. Tomar el sistema en bucle abierto y estudiar la respuesta temporal al escalón. De esta forma determinar una aproximación al comportamiento de primer orden calculando:

τ_d : Retardo del sistema.

τ : Constante de tiempo del sistema (tiempo que tarda en alcanzar el 63% del valor de régimen permanente).

K : Ganancia estática del sistema (cociente entre el valor de la salida y de la entrada en régimen permanente).

2. Con estos datos se puede aproximar la función de transferencia del sistema de la siguiente forma: $G(s) = \frac{K}{(1 + s\tau)} e^{-s\tau_d}$

3. Aplicar la regla heurística (tabla 3.1) según el tipo de controlador que se vaya a utilizar en la compensación: Como se observa, la aplicación de la regla da como

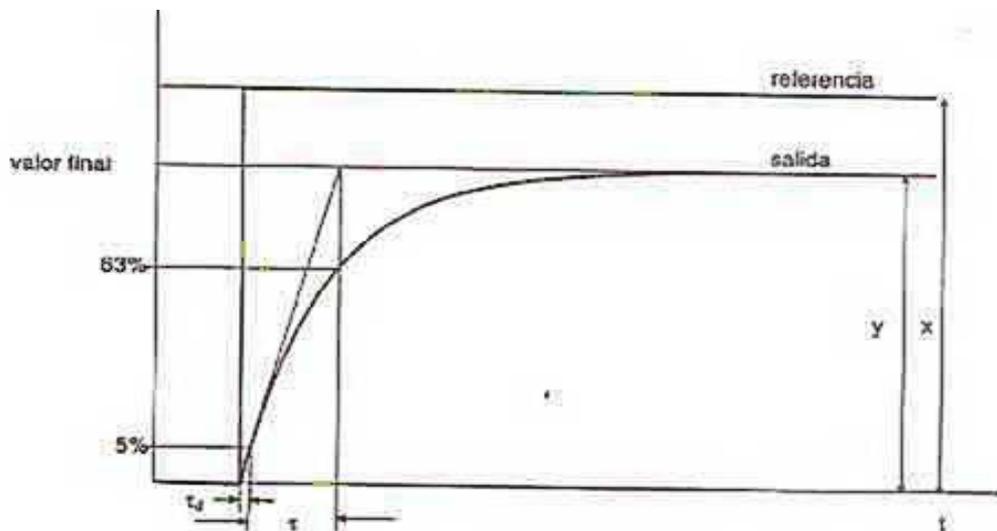
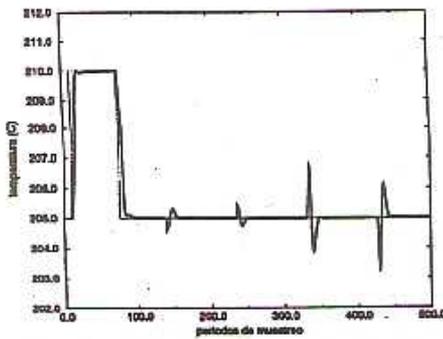


Figura 3.6: Caracterización de la respuesta temporal de un sistema de primer orden

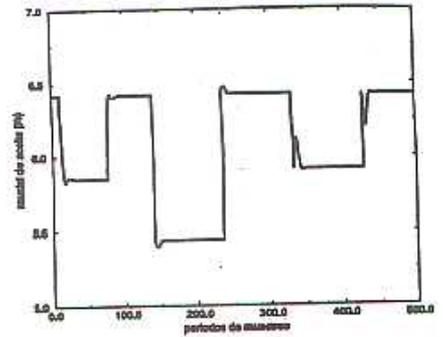
CONTROLADOR	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{\tau}{K \cdot \tau_d}$	-	-
PI	$\frac{0.9\tau}{K \cdot \tau_d}$	$3\tau_d$	-
PID	$\frac{1.2\tau}{K \cdot \tau_d}$	$2\tau_d$	$0.5\tau_d$

Tabla 3.1: Reglas heurísticas de Ziegler-Nichols en bucle abierto

CONTROLADOR PI FIJO. ZONA DE CAUDAL MEDIO (PUNTO DE DISEÑO)

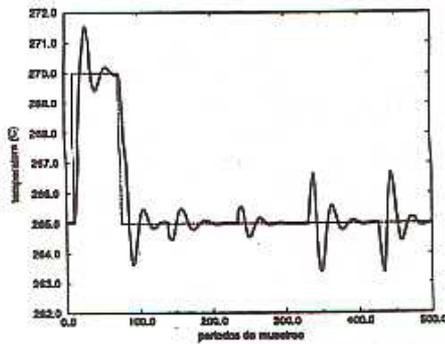


temp. de referencia y salida ($^{\circ}\text{C}$)

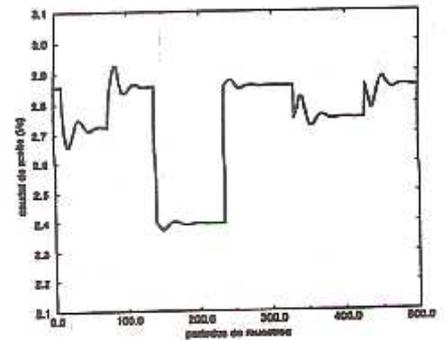


caudal de aceite (l/s)

CONTROLADOR PI FIJO. ZONA DE CAUDAL BAJO

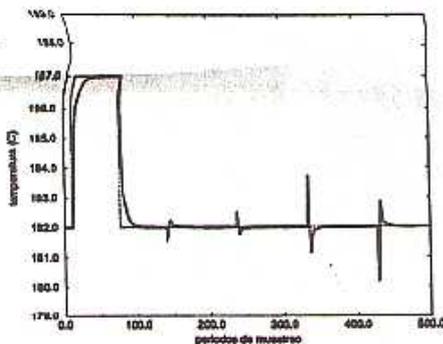


temp. de referencia y salida ($^{\circ}\text{C}$)

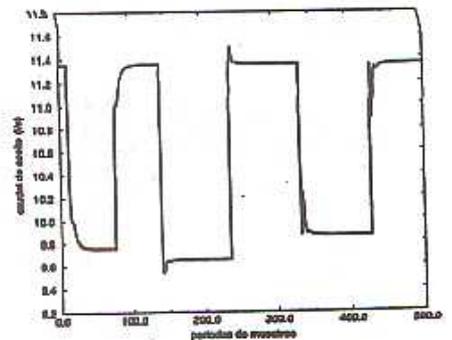


caudal de aceite (l/s)

CONTROLADOR PI FIJO. ZONA DE CAUDAL ALTO



temp. de referencia y salida ($^{\circ}\text{C}$)



caudal de aceite (l/s)

Figura 7.4: Simulación con controlador PI de parámetros constantes