

Práctica 5

PID. Descripción y reglas heurísticas de Sintonización

1. Introducción

El objetivo de esta práctica es que el alumno se familiarice y profundice en el conocimiento de la estructura de control PID, profusamente usada en el mundo industrial.

Para ello se empleara el software de simulación de sistemas dinámicos SIMULINK® asociado al paquete de computación técnica MATLAB®.

La descripción de la práctica y los puntos a tratar en la misma se recogen en los siguientes apartados.

2. El sistema a controlar

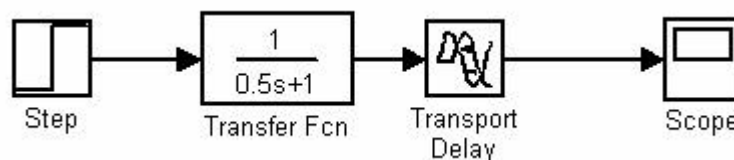
Para comenzar abordaremos el problema del control de un sistema simple de primer orden con retardo, definido por la función de transferencia.

$$G(s) = \frac{k}{1 + ts} e^{-sL}$$

donde k representa la ganancia estática del sistema, t es su constante de tiempo y L es el retardo del mismo.

Este tipo de sistemas, a pesar de su sencillez, modelan bastante bien una amplia clase de sistemas dinámicos que involucran generalmente fenómenos de transporte de materia como sucede en muchos procesos químicos, térmicos y muchos otros muy comunes en la industria de procesos.

Comenzaremos viendo la respuesta de este sistema a lazo abierto ante una entrada en escalón, y para ello construiremos el siguiente sistema en SIMULINK



para un sistema con los siguiente parámetros: $k = 2$, $t = 0.5$ s y $L=0.8$ s.

En la simulación observaremos la respuesta esperada, es decir la respuesta de un sistema de primer orden con un retardo de 0.8 segundos respecto a la entrada en escalón marcada.

3. Controlador PID

El controlador PID es una estructura de control en la que la señal de control del proceso se expresa en función del error, $e(t)=y_{ref}(t) - y(t)$, según la expresión estandar:

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \int_0^t K_i e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

donde K_p , K_i y K_d corresponden respectivamente a las constantes Proporcional, Integral y Derivativa del controlador.

La expresión anterior puede igualmente expresarse como la siguiente función de transferencia del controlador PID

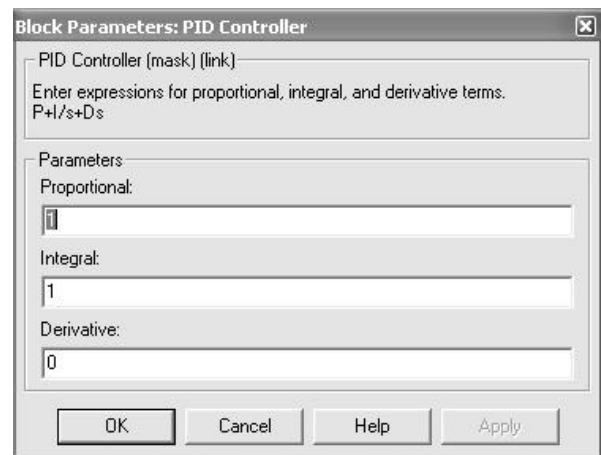
$$K(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s \right)$$

Esta función de transferencia puede implementarse en SIMULINK de dos modos distintos:

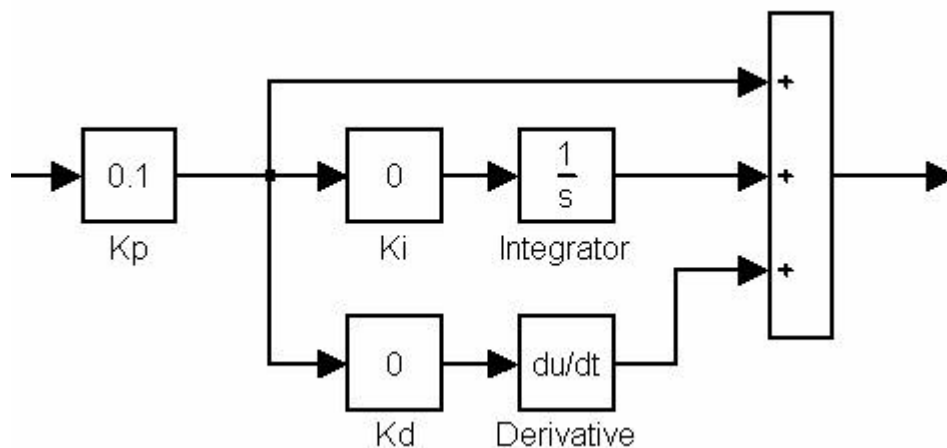
- 1) Empleando el bloque PID que proporciona el software para este controlador

que puede encontrarse en *Simulink Extras -> Additional Linear*

Pulsando dos veces sobre este bloque obtenemos la ventana de diálogo donde podemos introducir los parámetros del controlador arriba indicados



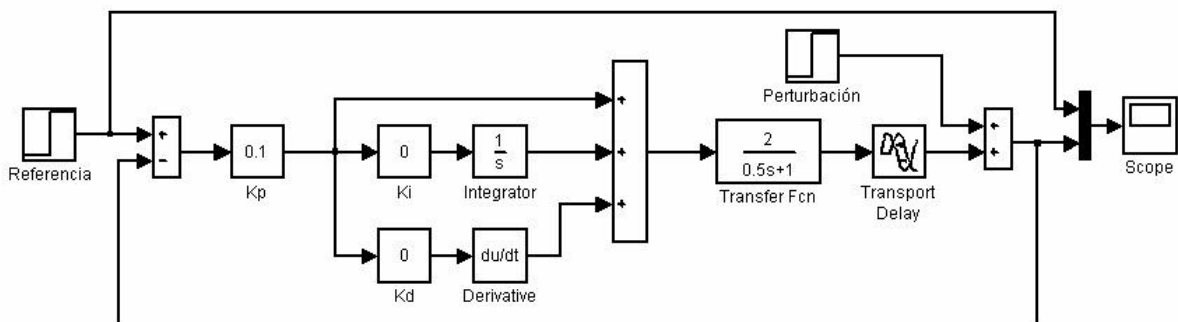
- 2) También es posible construir la estructura del PID partiendo de bloques elementales de SIMULINK del siguiente modo



Esta segunda estructura será la que emplearemos en lo sucesivo en la práctica.

4. Control a lazo cerrado.

Para comprobar la influencia del controlador PID en el sistema propuesto construiremos la siguiente estructura de control realimentada



Esta estructura representa un control PID clásico que incluye el controlador en la cadena directa del sistema.

5. Ajuste del PID. Reglas del Ziegler-Nichols.

Para un ajuste inicial del controlador anterior, emplearemos las conocidas reglas de Ziegler-Nichols.

a) Primer método de Ziegler-Nichols

Las características del sistema estudiado permite emplear el método de respuesta a escalón de Ziegler-Nichols que caracteriza un sistema mediante dos parámetros, L y T , obtenidos a partir de la respuesta a lazo abierto del mismo como representa la figura 1.

Según este procedimiento de sintonización los parámetros del controlador pueden obtenerse de acuerdo con las expresiones de la siguiente tabla.

Controlador	K_p	K_i	K_d
P	$\frac{T}{L}$	0	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{0.3}{L}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$\frac{1}{2L}$	$0.5L$

Tabla 1: Parámetros del PID según el método de respuesta a Escalón de Ziegler-Nichols

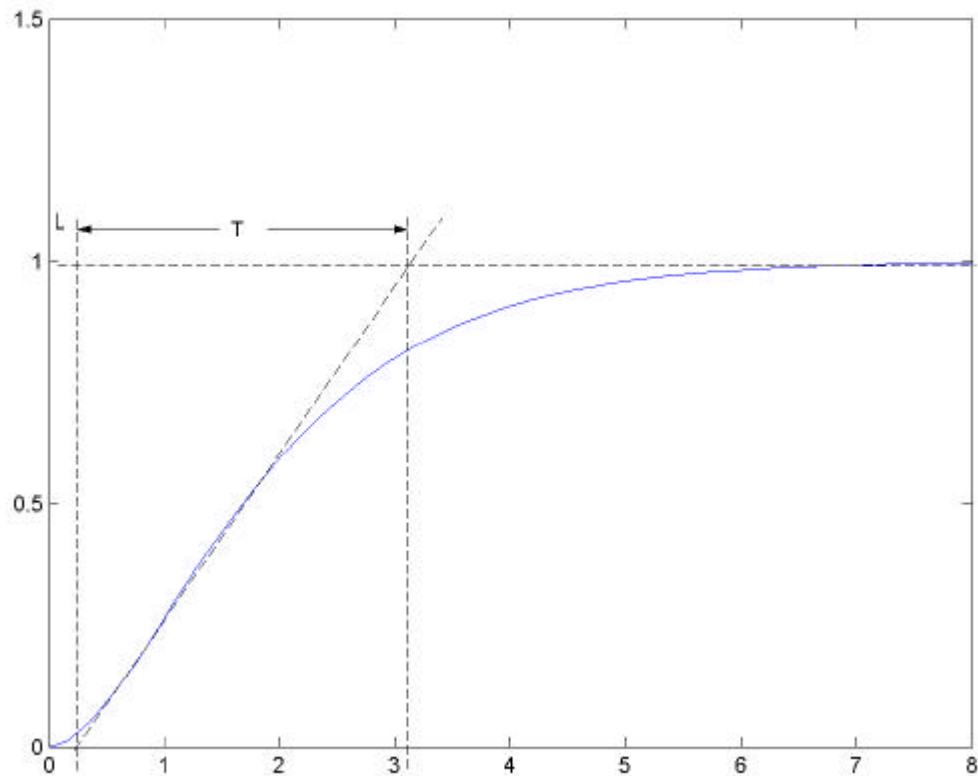


Figura 1

De este modo a partir de la respuesta a lazo abierto del sistema, calcularemos los controladores P, PI y PID apropiados para nuestro sistema.

Para cada uno de los tres controladores anteriores se pide:

- 1) Calcular la respuesta en el dominio temporal y caracterizar la respuesta según la ganancia estática a lazo cerrado (K_0), sobreoscilación (SO), tiempo de subida, (t_s), tiempo de establecimiento (t_e) y ratio de decaimiento (r_d).
- 2) Modificar los parámetros de cada controlador para un ajuste fino de la respuesta anotando la influencia del aumento o disminución de cada parámetro en la respuesta temporal.

b) Segundo método de Ziegler-Nichols

El segundo método de Ziegler-Nichols, o método de respuesta en frecuencia es un método alternativo de sintonización de PID's que puede describirse como sigue:

En primer lugar es necesario ajustar las ganancias integral y derivativa a cero, esto es $K_i = 0$ y $K_d = 0$.

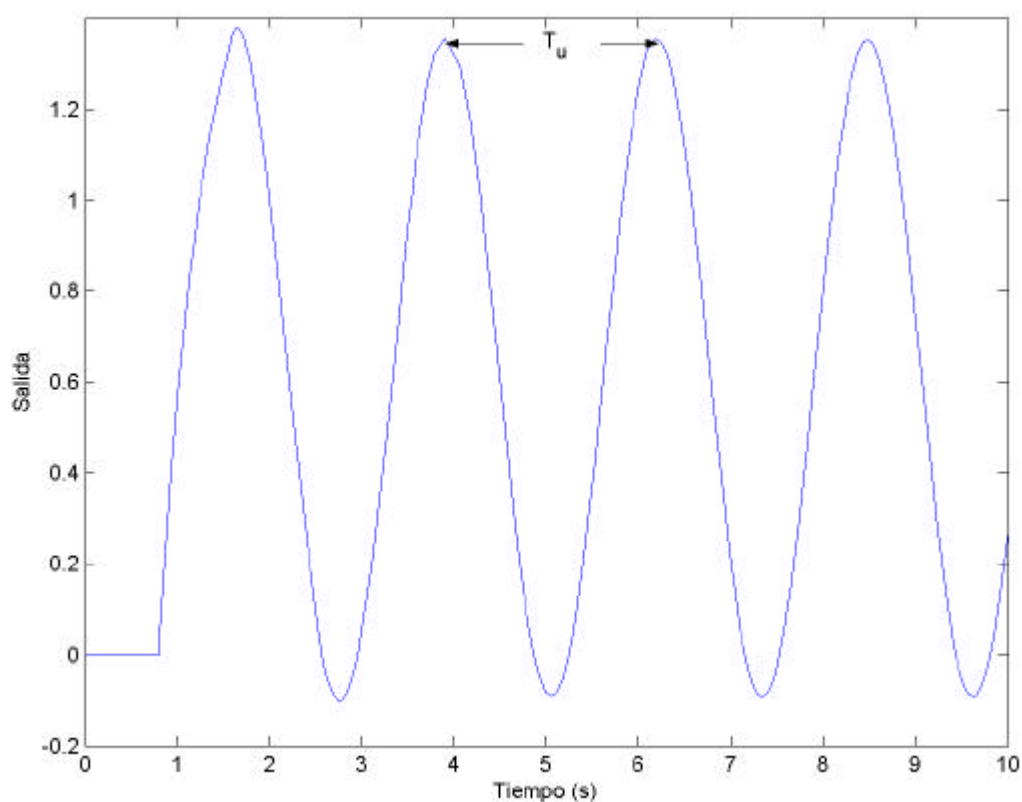
A continuación, partiendo de un valor bajo de la ganancia proporcional, K_p , vamos aumentando ésta gradualmente hasta conseguir un comportamiento oscilatorio mantenido en la respuesta del sistema tal como muestra la gráfica. A esta ganancia la llamaremos K_U .

El otro parámetro que nos hace falta es el periodo de oscilación del sistema para esta ganancia, que llamaremos T_U , y que se calcula como muestra la gráfica.

Con los valores de K_U y T_U entramos en la tabla 2 de Ziegler-Nichols y calculamos los parámetros correspondientes.

Controlador	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_U$	0	0
PI	$0.45K_U$	$\frac{1.2}{T_U}$	0
PID	$0.6K_U$	$\frac{2}{T_U}$	$0.125T_U$

Tabla 2: Parámetros del PID según el método de respuesta en frecuencia de Ziegler-Nichols



Para cada uno de los tres controladores, P, Pi y PID, se pide:

- 1) Calcular la respuesta en el dominio temporal y caracterizar la respuesta según la ganancia estática a lazo cerrado (K_0), sobreoscilación (SO), tiempo de subida, (t_s), tiempo de establecimiento (t_e) y ratio de decaimiento (r_d).