

	K	T	T _D		K	T	T _D	
P								
PI								
PID								

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Ingeniería Electrónica
LABORATORIO DE CONTROL: Práctica 8. Sintonía de Controladores 2

Profesor:

Alumno:

Grupo:

Fecha:

1. Objetivos de la práctica

- 1.1 Hallar los parámetros de controladores **Proporcional Integral, PI**, y **Proporcional Integral Derivativo, PID**, mediante el uso del modelo de **Primer Orden con Retardo de Tiempo**, modelo **PORTM**, del proceso a controlar y técnicas conocidas de sintonía.
- 1.2 Valorar la calidad de la respuesta del Sistema de Control, SC, con el uso de los diferentes controladores hallados para esta práctica

$$G(s) = \frac{1.34 e^{-0.2s}}{75.9s + 1}$$

2. Preinforme (hecho por cada estudiante, a mano y en hojas separadas de esta guía).

- 2.1 Estudie la teoría que se presenta en los documentos referenciados en la bibliografía y en la secciones 3 y 4 de esta guía

$$75.9 \cdot 0.15 \approx 11.4 > 5$$

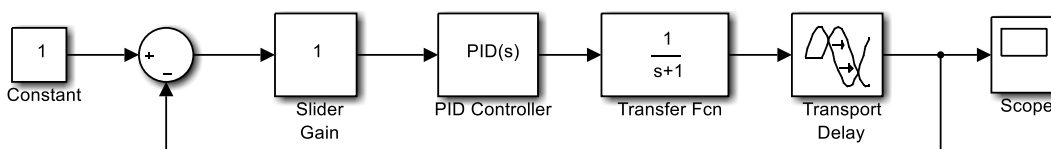
$$75.9 \cdot 0.2 \approx 15.2$$

- 2.2 Con base en el modelo PORT de **Ziegler-Nichols, ZN**, hallado en el proceso de identificación (modelos) para el sistema asignado en el laboratorio, elija los parámetros de dos controladores, uno PI y otro PID, según la regla de la ganancia última de sintonía de controladores de ZN, [1] a [5]. Para hacer lo pedido, monte en Simulink el programa de la figura 1, ajustado con los valores de ganancia constante de tiempo y tiempo muerto de su modelo (si el tiempo muerto de su modelo es menor a un 15% del valor de la constante de tiempo, aumentelo a esa proporción ó, incluso, hasta el 20%); inicialmente parametrize el controlador PID controller (Matlab R2013b) para que solo sea proporcional con ganancia unitaria y salida limitada entre 0 y 16; varíe la ganancia slider (puede usar también un bloque amplificador) hasta que la respuesta oscile armónicamente (no necesariamente de forma sinusoidal o de gran amplitud), y mida el valor de ganancia última (la ganancia que hace oscilar la respuesta del SC) y el período de la oscilación o período último. Si la ganancia última de la simulación es mayor que la hallada durante la práctica de sintonía, aumente el tiempo muerto de su modelo hasta el 20% del valor de la constante de tiempo del sistema y repita el procedimiento para hallar nuevos valores de ganancia y período últimos. Use tanto los valores hallados en la práctica como los hallados en esta simulación, para seleccionar parámetros de controladores PI y PID según el método de ZN. y con ellos puestos en el bloque PID controller con salida limitada haga las simulaciones correspondientes, usando su modelo original del sistema.

critico
s en
3 settling
time
sigu
oscilando
la consigna
oscilatoria

$$K_u = 8.29$$

$$T_u = 40$$



$$K_u = 10$$

$$P_u = 38$$

Figura 1. Sistema con tiempo muerto

- 2.3 Modifique el programa de la figura 1 cambiando el bloque *constant* por un bloque *step* y eliminando el bloque *slider gain*. Parametrize el controlador con los valores hallados en 2.2 y los hallados en durante la práctica, para tener dos controlador PI y luego para dos PID paralelo con *filter coefficient (N)* con valor

10; en ambos casos use para la ganancia integrativa el valor $I=1/T_i$ (T_i : constante de tiempo integrativa del controlador) y para la constante derivativa el valor $D=T_d$ (T_d : constante de tiempo derivativa del controlador). Mantenga acotada la salida entre 0 y 16 y use su modelo original del sistema

Para cada controlador, halle la respuesta del sistema ante entrada escalón, y tome nota del sobre nivel porcentual y tiempo de estabilización para ambas respuestas.

Lleve al laboratorio los valores hallados en 2.2 y 2.3

NOTA: Si al hacer la simulación la respuesta se hace oscilatoria, repita 2.2 para verificar cuidadosamente que sus mediciones son correctas y luego repita 2.3. Si la oscilación continúa, reduzca la ganancia proporcional del controlador a la mitad y duplique la acción integral y haga de nuevo las simulaciones. Lleve estos valores a la práctica

2. Introducción.

Los controladores PID se usan extensamente en el control de procesos, debido a su sencillez, eficiencia y facilidad de manejo; se dice que más del 90% de los controladores en uso son del tipo PID. Estos controladores tratan de reproducir el comportamiento intuitivo de un ser humano cuando actúa como controlador en un **Sistema de Control Retroalimentado, SCR**. Su **Función de Transferencia, FT**, se muestra en la ecuación (1)

$$PID(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (1)$$

Es obvio que la FT de la ecuación (1) es impropia, pero se fundamenta en la forma como el controlador se concibe, sumando tres acciones: Una proporcional, de ganancia K_c ; una integral, con constante de tiempo integrativa T_i , y otra derivativa, con constante de tiempo T_d . A este controlador se lo conoce como controlador ideal, no realizable por contener un elemento derivador puro, y tiene interés meramente académico, aunque se lo puede usar en diseños sencillos.

Un controlador práctico, de uso industrial, tiene la FT de las ecuaciones (2) y (3)

$$PID(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{\alpha T_d s + 1} \right) \quad (2)$$

$$PID(s) = K_c + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d s}{\alpha T_d s + 1} \quad (3)$$

En el controlador de (3), K_c es la ganancia del controlador, $K_i = 1/T_i$ es la constante de reposición (reset), $K_d = T_d$ es la constante de velocidad (rate), α es un parámetro con valor entre 0.05 y 0.16 y frecuentemente fijo; es común encontrar $\alpha = 0.1$. En Matlab $\alpha T_d = 1/N$, y por defecto $N = 100$. El polo en la acción derivativa hace realizable al controlador, pero la derivada es imperfecta.

Los controladores de (1), (2) y (3) claramente, suman las acciones proporcional, integral y derivativa de forma paralela y se los denomina controladores PID paralelo. Las reglas de sintonía clásicas se aplican al controlador PID paralelo.

Muchos fabricantes implementan algoritmos interactivos en sus controladores PID, conocidos como controladores PID serie, de acuerdo con la ecuación (4)

$$PID(s) = K_c \frac{T_D s + 1}{\alpha T_D s + 1} \frac{T_I s + 1}{T_I s} \quad (4)$$

A diferencia de los controladores de (1), (2) y (3), el controlador de (4) multiplica entre sí las acciones proporcional, integral y derivativa. ZN propusieron su procedimiento de sintonía para el controlador serie, pero se lo usa para la sintonía del controlador paralelo.

Si se requiere sintonizar un controlador serie (subíndice s) con base en los parámetros del controlador paralelo (subíndice p), entonces:

$$\begin{aligned} T_{Is} &= \frac{T_{ip}}{2} + \sqrt{\frac{T_{ip}^2}{4} - T_{ip} T_{dp}} \\ T_{Ds} &= \frac{T_{ip} T_{dp}}{T_{Is}} \\ K_{Cs} &= K_{cp} \frac{T_{Is}}{T_{ip}} \end{aligned} \quad (5)$$

3. Conceptos Teóricos Básicos.

Para el sistema con respuesta ΔY al escalón de valor ΔU , aplicado en $t=0$, como en la figura 2, se puede definir un modelo de primer orden con retardo de tiempo, modelo PORT, como el que se muestra en la ecuación (6)

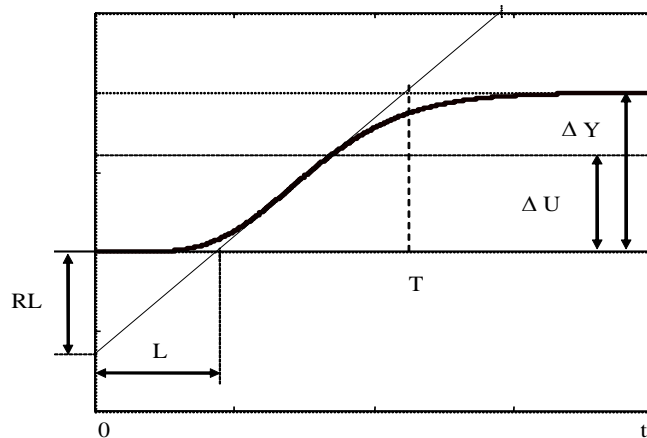


Figura 2.

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

$$K = \frac{\Delta Y}{\Delta U}$$
(6)

donde K es la ganancia, L es la constante de tiempo muerto y T la constante de tiempo equivalente del sistema. Para este modelo se pueden definir controladores PI y PID de acuerdo a las reglas de sintonía de Ziegler-Nichols, de Cohen-Coon y otras reglas [1], [2], [3], [4]. Muchas de las reglas de sintonía propuestas se apoyan en las de Ziegler y Nichols quienes, en realidad, no calcularon un modelo como el de (6), pero se les asocia con ese modelo. Ver [5]

4. Procedimiento

Se supone en esta práctica que el estudiante ha hecho previamente una sintonía experimental del controlador de su estación de trabajo y obtenido las respuestas del sistema a la entrada escalón; también debe haber hallado los valores experimentales de la ganancia (banda proporcional) última y período último y, posiblemente, parametrizado los controladores de la estación de trabajo con base en esos datos y observado las respuesta del sistema ante entrada escalón (ver guía de laboratorio Sintonía 1, práctica 7). Si no lo hizo, es la primera actividad que se debe realizar en esta práctica

Para práctica actual, use el proceso asignado en el laboratorio dentro de un sistema de control retroalimentado (modo automático en los controladores del laboratorio). Fije como señal de mando (de referencia, de set point o set value) un valor que corresponda aproximadamente al 50% del rango de uso del sistema asignado

- 4.1 Use los valores de los parámetros de los controladores usados en la preparación del preinforme, para actualizar los controladores PI y PID de su estación de trabajo y obtener las respuestas para entrada escalón. Tome nota del sobrenivel porcentual y tiempo de estabilización de cada respuesta y lleve esos datos a la tabla 1
- 4.2 Con base en los parámetros del modelo de primer orden usado durante la preparación del preinforme, obtenga valores para los controladores PI y PID de su estación de trabajo según Ziegler-Nichols. Halle la respuesta de su sistema ante entrada escalón y tome nota del sobrenivel porcentual y tiempo de estabilización de cada respuesta.
- 4.3 Repita 4.2 según Coen-Coon
- 4.4 Repita 4.2 según un criterio aportado por el profesor

Método de sintonía	Banda proporcional BP ó ganancia kp	Acción Integral Ti (Ki) [s (1/s)]	Acción Derivativa Td (Kd) [s]	Sobrenivel Porcentual SP [%]	Tiempo de estabilización Ts [s]
Ziegler-Nichols (preinforme) PI					

PID					
Ziegler-Nichols (Práctica) PI PID					
Coen-Coon PI PID					
PI otro PID otro					

Tabla 1

6. Conclusiones

7. Bibliografía

- [1] Tema 4-A, Métodos de sintonización de controladores PID,
<http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/>
- [2] Alfaro Ruiz, Víctor, "Actualización del método de sintonización de controladores de Ziegler-Nichols"
- [3] Tavakoli, S., Tavakoli, M. "Optimal tuning of PID controllers for first order plus time delay models using dimensional analysis"
- [4] Documento: "Regulación y Sintonía"
- [5] Ziegler J. G., Nichols N. B., "Optimum settings for automatic controllers", ASME, 1942, pp 759-764