Unidad Profesional en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas IPN

Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Control Clásico

Práctica 6. Reglas de Ziegler-Nichols

Adolfo Rojas Pacheco

Falcón Cortez Juan Daniel
Juárez Barrios Isaac Baruch
Mejia Pérez Juan Manuel

9 de diciembre del 2022

Reglas de Ziegler-Nichols.
Reglas de Ziegler-Nichols.

Los controladores PID son muy populares hoy en día. Es sabido que muchos sistemas de control industriales, utilizan el esquema PID o PID modificado. Véase la Figura 1.

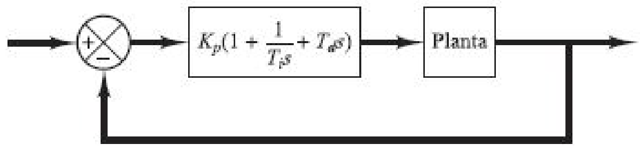


Figura 1: Controlador PID

Las reglas de Ziegler-Nichols se basan en el análisis de la respuesta al escalón y establecen dos métodos para obtener los parámetros necesarios para utilizarlos en el controlador PID y que este cumpla con los criterios de diseño. Figura 2.

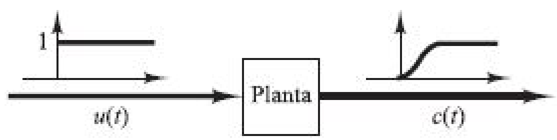


Figura 2: Respuesta del sistema al escalón unitario

Primer método.

Este es un método completamente gráfico y experimental. El método consiste en obtener una gráfica de la respuesta del sistema al escalón unitario. Una vez obtenida la gráfica, se procede a trazar una línea tangenta a la curva en el punto de inflexión de la misma. Dicha línea definirá dos parámetros importantes: L y T. Donde L representa el tiempo de retardo y T representa la constante de tiempo del sistema. Una restricción es que la resúesta del sistema debe ser una curva en forma de S. Véase la Figura 3.

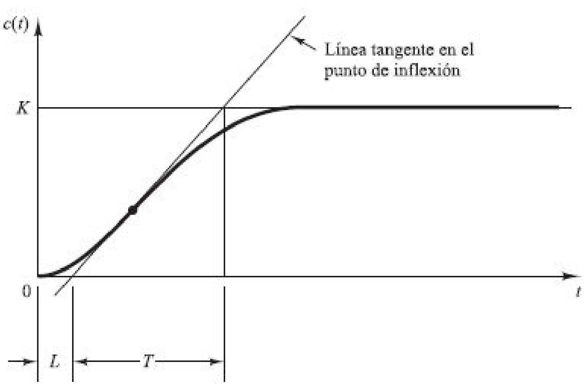


Figura 3: Respuesta en forma de S

Una vez obtenidos los parámetros L y T, se utiliza la tabla de la Figura 4 para determinar a K_p, T_i y T_d.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Figura 4: Tabla para obtener los parámetros del controlador PID con el primer método

Segundo método.

Cuando el primer método no es aplicable debido a su restricción, existe la posibilidad de utilizar el segundo método. Este método consiste en llevar a K_p a un valor crítico en donde la salida del sistema presente oscilaciones constantes, observe la Figura 5.

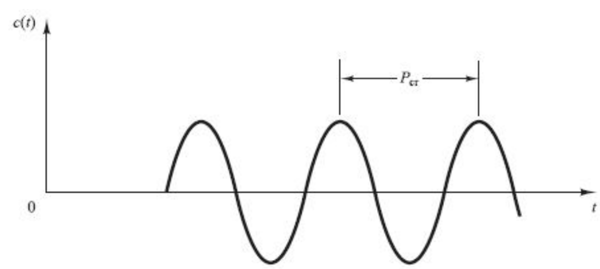


Figura 5: Respuesta deseada para utilizar el segundo método

Si ningún valor de K_p conduce a dicha respuesta, entonces el segundo método no puede ser utilizado. Los valores K_p, T_i y T_d, pueden ser determinados con las fórmulas que se muestran en la Figura 6. Donde P_{cr} representa el período de las oscilaciones en ms.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

Figura 6: Tabla para obtener los parámetros del controlador PID con el segundo método

Algo importante a recalcar en estos métodos, es que tienden a ser aplicados sólo en situaciones en las que conocer el modelo matemático de la planta es muy complejo. Si se llegase a obtener la función de transferencia de la planta, se podría utilizar el método de el lugar de la raíces (LGR) en su lugar. Método que es más preciso.

Desarrollo.

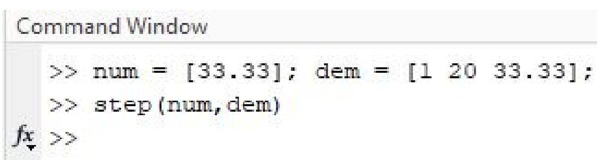
Ejercicios utilizando el primer método.

Ejercicio 1.

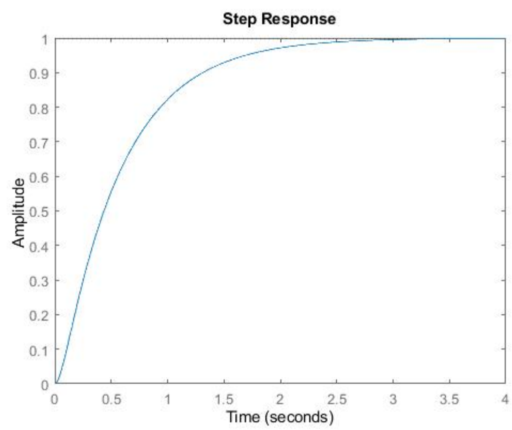
Obtener el controlador PI de la siguiente planta

$$H(s) = \frac{33{,}33}{s^2 + 20s + 33{,}33}$$

Para obtener el PI, primero se graficará la respuesta del sistema utilizando MATLAB. La Figura 7 muestra la respuesta al escalón obtenida y su script.



(a) Script



(b) Respuesta al escalón

Figura 7: Simulación de respuesta al escalón de la planta

Una vez obtenida su respuesta. Se utilizaron las herramientas de MATLAB para obtener los parámetros L y T en la gráfica. Véase la Figura 8.

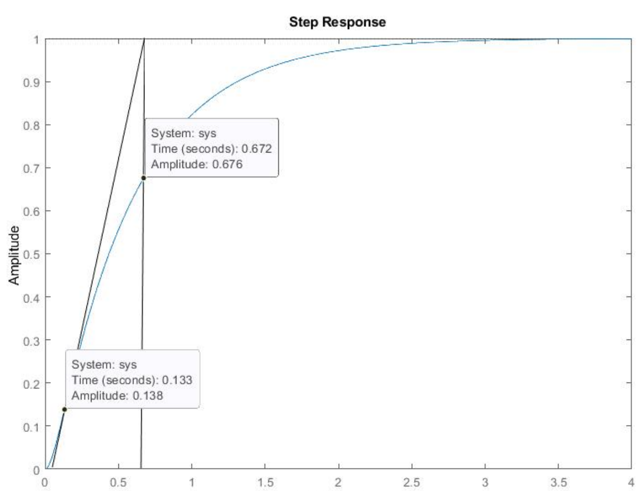


Figura 8: Obtenión de los parámetros L y T

Se obtuvo $T = 0{,}676$ y $L = 0{,}138$. Se utilizó la tabla de la Figura 4 para determinar los valores de K_p y T_i.

$$K_p = 0{,}9\frac{0{,}676}{0{,}138} = 4{,}4086$$

$$T_i = \frac{0{,}138}{0{,}3} = 0{,}46$$

Después, se aplicó la función obtenida al modelo. Véase la Figura 9.

$$4{,}4086(1 + \frac{1}{0{,}46})$$

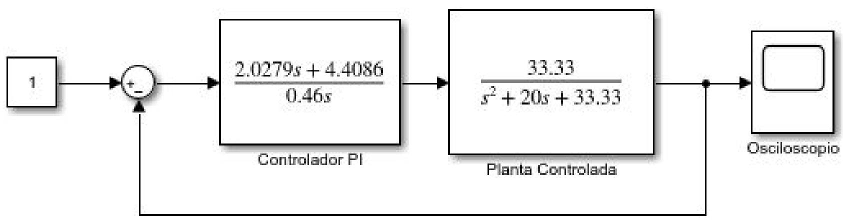


Figura 9: Modelo del sistema con el controlador aplicado

El modelo produce la respuesta que se muestra en la Figura 10.

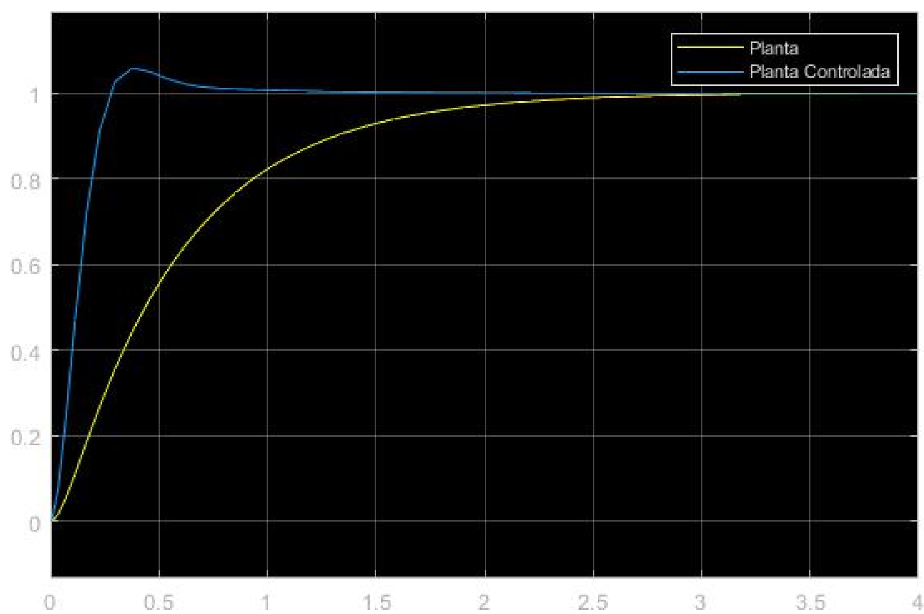


Figura 10: Respuesta del sistema controlado contra la respuesta de la planta sin el controlador

Ejercicio 2

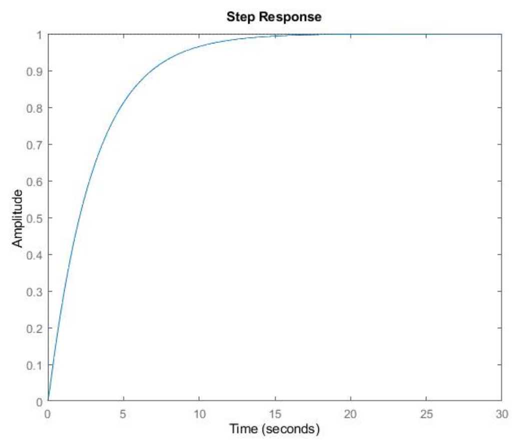
Obtener el controlador PI de la siguiente planta

$$H(s) = \frac{10}{s^2 + 30s + 10}$$

Para obtener el PI, primero se graficará la respuesta del sistema utilizando MATLAB. La Figura 11 muestra la respuesta al escalón obtenida y su script.

```
>> num = [10]; dem = [1 30 10];
>> step(num,dem)
```

(a) Script



(b) Respuesta al escalón

Figura 11: Simulación de respuesta al escalón de la planta

Una vez obtenida su respuesta. Se utilizaron las herramientas de MATLAB para obtener los parámetros L y T en la gráfica. Véase la Figura 12.

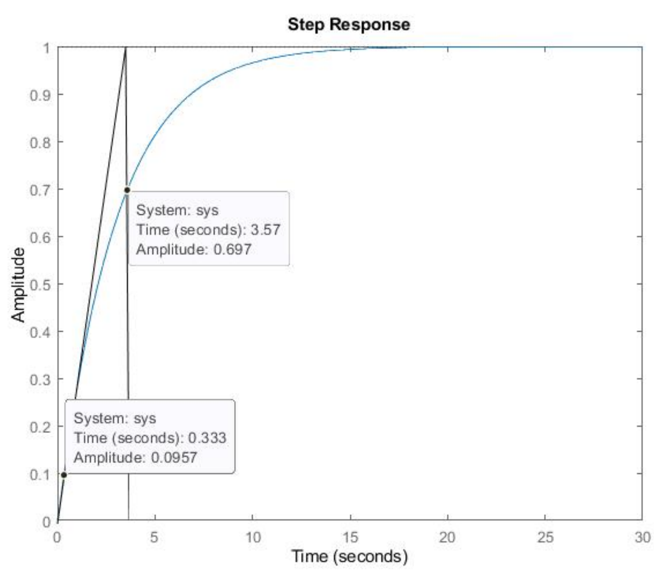


Figura 12: Obtenión de los parámetros L y T

Se obtuvo $T = 0{,}697$ y $L = 0{,}0957$. Se utilizó la tabla de la Figura 4 para determinar los valores de K_p y T_i.

$$K_p = 0{,}9\frac{0{,}697}{0{,}0957} = 6{,}5548$$

$$T_i = \frac{0{,}0957}{0{,}3} = 0{,}319$$

Después, se aplicó la función obtenida al modelo. Véase la Figura 13.

$$6{,}5548(1 + \frac{1}{0{,}319})$$

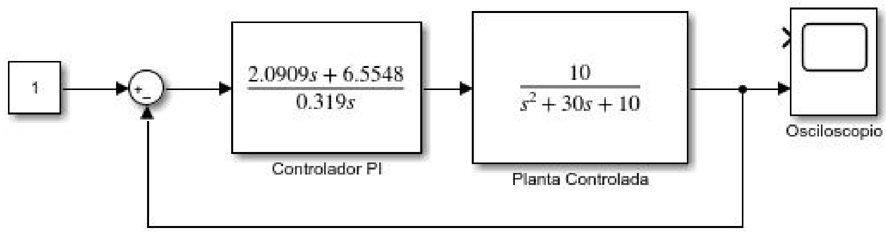


Figura 13: Modelo del sistema con el controlador aplicado

El modelo produce la respuesta que se muestra en la Figura 14.

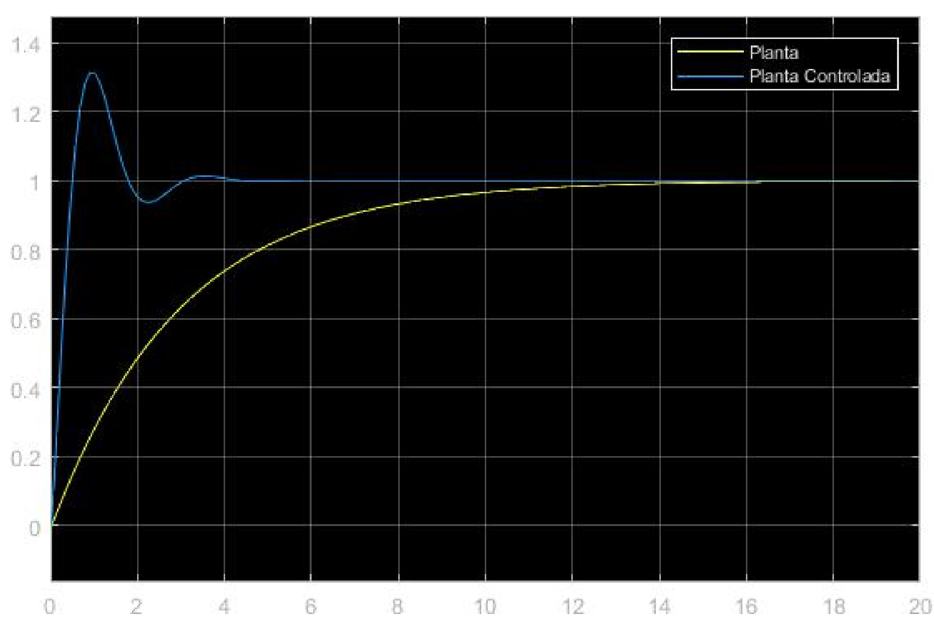


Figura 14: Respuesta del sistema controlado contra la respuesta de la planta sin el controlador

Ejercicios utilizando el segundo método.

Ejercicio 1.

Obtener el controlador para la siguiente planta

$$H(s) = \frac{K_c}{6s^3 + 11s^2 + 6s + 1}$$

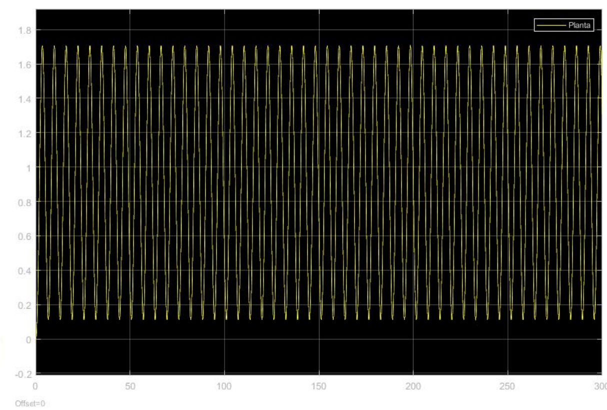
Función de transferencia en lazo cerrado.

$$H(s) = \frac{10}{6s^3 + 11s^2 + 6s + 1 + 10}$$

Dicha función produce la siguiente respuesta al impulso. Véase la Figura 15.

```
>> num = [10]; dem = [6 11 6 1 10];
>> step(num,dem)
```

(a) Script



(b) Respuesta al escalón

Figura 15: Simulación de respuesta al escalón de la planta

Observando la gráfica, se optiene $P_{ct} = 6{,}2$. Con el parámetro P_{ct} se obtienen los valores del PID.

$$K_p = 0{,}6K_{ct} = 0{,}6(10) = 6$$

$$T_i = 0{,}5P_{ct} = 0{,}5(6{,}2) = 3{,}1$$

$$T_d = 0{,}125P_{ct} = 0{,}125(6{,}2) = 0{,}775$$

Conclusiones.

Los filtros son muy utilizados en diversos campos. Los filtros realizados en esta práctica son muy básicos y es natural que su atenuación no sea tan efectiva como la de un filtro de 4 polos. Sin embargo, realizar estos filtros da la pauta para trabajar con otros más complejos, pues su principio es el mismo, sólo se suman unos componentes. Lo aprendido en esta práctica me será muy útil para unidades de aprendizaje posteriores, pues los filtros se ven en prácticamente cualquier aplicación de la electrónica.

Referencias

[1] K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderno* Pearson Educación, Madrid, Quinta Edición, 2010