Universidad Tecnológica de Santiago

UTESA

Control de un Circuito RC por medio de un PID

Por:

Gabriel Germoso 2-07-2250

Edwin Martínez 1-08-0232

A:

Ing. José Solis

Materia:

Control de Sistemas Automáticos

Santiago, R.D.

17/04/2011

Índice

Introducción

Los procesos industriales en la actualidad se han diversificado sobremanera y están requiriendo cada vez más que los procesos implementados en las fábricas tengan grandes niveles de precisión y estabilidad para lograr los niveles requeridos de calidad en los productos fabricados.

El control automático es la disciplina que ayuda a la industria en la consecución de los objetivos planteados anteriormente, los avances y desarrollos en esta área han permitido mejorar considerablemente el control de procesos industriales logrando notables mejoras en el desempeño de los sistemas, la productividad y han obligado a los ingenieros a estar a la vanguardia en estos conocimientos.

Las ventajas de un correcto control de procesos han sido percibidas por los empresarios, los que han realizado las inversiones necesarias para lograr, que hoy día, la mayoría de los sistemas industriales incorporen algún tipo de control automatizado que mejoran la respuesta de los equipos.

Desde los procesos que requieren de calentamiento de algún material, aplicación controlada de presión, flujos de líquidos, posicionamiento preciso, entre otros .Involucran sistemas de control que son parte imprescindible para el correcto funcionamiento de las maquinarias.

En el presente reporte se presentan los procedimientos necesarios para el diseño de un controlador automático de un sistema de Segundo orden. En nuestro caso específico se controla un circuito RC de Segundo orden que representa un proceso industrial con este tipo de respuesta.

Los objetivos de este trabajo, es demostrar los conocimientos adquiridos en la asignatura control de sistemas automáticos, mediante la resolución de un problema de aplicación real que nos permita cierta experiencia en el manejo de sistemas de control.

Objetivos

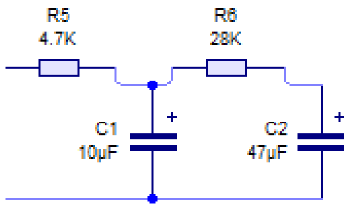
Diseñar, construir y poner en funcionamiento un controlador electrónico con amplificadores operacionales, que permitan reducir la respuesta temporal de un circuito RC de Segundo orden a un tiempo de establecimiento mucho menor que uno y con un sobrepaso no mayor al 20%

Proporcionar un mecanismo de ajuste que permita variar la respuesta del sistema de manera fácil.

Demostrar los efectos de un controlador PID sobre un sistema de Segundo orden subamortiguado.

Descripción del Sistema a Controlar

El sistema que se controlara es un circuito RC de Segundo orden similar al mostrado en la figura:



Circuito RC de la planta.

Este circuito tarda alrededor de 7 segundos para alcanzar el valor de estabilidad luego de aplicada una entrada de escalón entre sus terminales.

La respuesta del circuito es subamortiguada, presentado un suave incremento en el tiempo desde el valor cero hasta el valor de estabilidad del mismo.

La grafica de respuesta de este sistema puede ser visualizada más adelante en el análisis de la respuesta de la planta.

Modelado de La planta

El modelado de sistemas es una técnica imprescindible a la hora de diseñar un sistema de control, ya que nos permite conocer la respuesta de un sistema de manera general, sin necesidad de establecer valores a los componentes del sistema, esto nos da la facilidad de implementar el sistema con diferentes valores sin necesidad de buscar la función de transferencia en cada caso.

A continuación se presenta el procedimiento realizado para obtener el modelo del sistema que deseamos controlar:

Obtenemos las ecuaciones de la planta mediante la técnica de malla de kirchoff

$$e_i = V_{r1} + V_{c1}$$

$$0 = v_{c1} + V_{R2} + V_{c2}$$

$$e_0 = V_{c2}$$

Aplicamos las ecuaciones de voltaje para capacitores y resistencias

$$e_i = i_{(t)}R_1 + \frac{1}{c_1}\int_0^t (i_t - i_2)dt$$

$$\frac{1}{c_1}\int_0^t (i_2 - i_1)dt \ + i_2(t)R_2 + \frac{1}{c_2}\int_0^t i_2(t)dt$$

$$e_0 = \frac{1}{c_2}\int_0^t i_2(t)dt$$

Aplicamos Transformada de Laplace a cada ecuación

$$\mathcal{L}e_i = \mathcal{L}i_{(t)}\,R_1 + \mathcal{L}\frac{1}{c_1}\int_0^t \left(i_{(t)} - i_2\right)dt$$

1)

$$e_{i(s)} = R_1 I_{1(s)} + \frac{I_{1(s)}}{C_1 s} - \frac{I_{2(s)}}{C_1 s}$$

$$0 = \mathcal{L}\frac{1}{c_1}\int_0^t (i_2 - i_1)dt + \mathcal{L}\, i_{2(t)}R_2 + \mathcal{L}\frac{1}{c_2}\int_0^t i_{2(t)}dt$$

2)

$$0 = \frac{I_{2(s)}}{c_{1(s)}} - \frac{I_{1(s)}}{c_1 s} + I_{2(s)}R_2 + \frac{I_{2(s)}}{c_2 s}$$

$$e_o = \frac{1}{c_2}\int_0^t i_{2(t)}dt$$

3)

$$e_{o(s)} = \frac{I_{2(s)}}{c_2 s}$$

Despejo a I1 en la 2da ecuación

$$I_2\left(\frac{1}{c_1 s} + R_s + \frac{1}{c_2 s}\right) = \frac{I_1}{c_1 s}$$

4)

$$I_1 = c_1 s I_2\left(\frac{1}{c_1 s} + R_2 + \frac{1}{c_2 s}\right) = I_2 + R_2 I_2 c_1 s + \frac{I_2}{c_2}$$

Despejos a I1 en la 1era ecuación

$$E_i = I_1\left(R_1 + \frac{1}{c_1 s}\right) - \frac{I_2}{c_1 s}$$

$$I_1 = \frac{E_i + \frac{I_2}{c_1 s}}{R_1 + \frac{1}{c_1 s}} = \frac{\frac{E_i c_1 s + I_2}{c_1 s}}{\frac{R_1 c_1 s + 1}{c_1 s}} = \frac{E_i c_1 s + I_2}{R_1 c_1 S + 1}$$

Igualamos las ecuaciones 4 y 5 y desarrollamos

$$\frac{E_i c_1 s + I_2}{1 + R_1 c_1 s} = I_2 + R_2 I_2 C_1 s + \frac{I_2 c_1}{c_2}$$

$$E_i C_1 s + I_2 = I_2(1 + R_1 c_1 s) + (R_2 I_2 c_1 s)(1 + R_1 c_1 s) + \left(\frac{I_2 c_1}{c_2}\right)(1 + R_1 c_1 s)$$

$$E_i c_1 s = -I_2 + I_2 R_1 c_1 s + R_2 I_2 c_1 s + R_2 I_2 c_1^2 s^2 R_1 + \frac{I_2 c_1}{c_2} + \frac{I_2 R_1 c_1^2 s}{c_2}$$

$$E_i c_1 s = I_2(-1 + (1 + R_1 c_1 s) + R_2 c_1 s(1 + R_1 c_1 s) + \frac{c_1}{c_2}(1 + R_1 c_1 s)$$

6)

$$I_2 = \frac{E_i c_1 S}{1 + R_1 c_1 s + R_2 c_1 s(1 + R_1 c_1 s) + \frac{c_1}{c_2}(1 + R_1 c_1 s) - 1}$$

Igualamos las ecuaciones 3 y 6 y desarrollamos

$$c_2 s E_0 = \frac{E_i c_1 s}{R_1 C_1 s + R_2 C_1 s(1 + R_1 C_1 s) + \frac{c_1}{c_2}(1 + R_1 c_1 s)}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{c_1 s}{c_2 s(R_1 c_1 s + R_2 c_1 s(1 + R_1 c_1 s) + \frac{c_1}{c_2}(1 + R_1 C_1 s)}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{c_1}{c_2(R_1 c_1 s + R_2 c_2 s + R_1 R_2 c_1^2 s^2 + \frac{c_1}{c_2} + \frac{c_1^2 R_1 s}{c_2}}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{c_1}{c_1(R_! c_2 s + R_2 c_2 s + R_1 R_2 c_1 c_2 s^2 + 1 + R_1 c_1 s}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1}{R_1 c_1 R_2 c_2 s^2 + (R_1 c_1 + R_2 c_2 + R_1 c_2)s + 1}$$

Función de Transferencia del Sistema

Para encontrar la función de transferencia del sistema tomaremos los valores de nuestro circuito de planta y los sustituiremos en el modelo obtenido anteriormente. Esto nos proporcionara la ganancia en lazo abierto del sistema que controlaremos posteriormente.

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1}{R_1 c_1 R_2 c_2 s^2 + (R_1 c_1 + R_2 c_2 + R_1 c_2)s + 1}$$

$$\frac{E_o}{E_i} =$$

$$\frac{1}{(4700)(10 * 10^{-6})(28000)(47 * 10^{-6})s^2 + ((4700)(10 * 10^{-6}) + (28000)(47 * 10^{-6}) + (4700)(47 * 10^{-6})s + 1}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1}{0.062s^2 + 1.58s + 1}$$

El diagrama en bloques del sistema en lazo abierto es el siguiente:

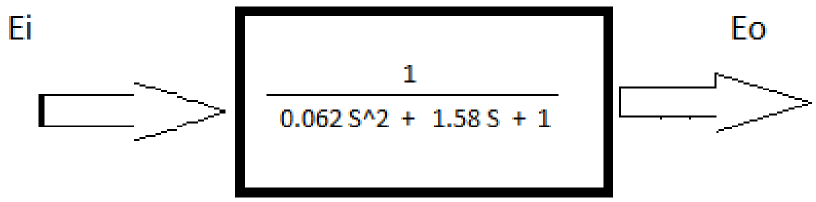


Diagrama en Bloques del Sistema a Controlar

Análisis de Estabilidad de la Planta

Antes de continuar con el diseño del controlador analizaremos la estabilidad de nuestra planta, para realizar esto aplicaremos el criterio de Routh a la ecuación característica del sistema, que no es más, que el denominador de la función de transferencia de este circuito.

$$0.062s^2 + 1.58s + 1$$

s^2	0.062	1
s^1	1.58	0
s^0	A1=1	

$$A1 = \frac{1.58 * 1 - 0.062 * 0}{1.58} = 1$$

El sistema es estable, ya que no tenemos ningún cambio de signo en la primera columna de la tabla de Routh.

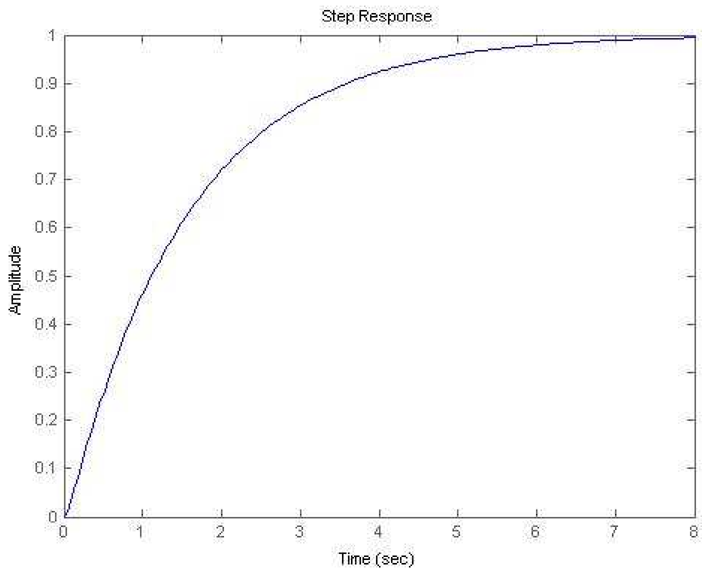
Análisis de la planta en Matlab

Para obtener la respuesta de la planta, se analizara la respuesta de la misma ante una entrada escalón, para lograr esto introduciremos al programa matlab los comandos necesarios para introducir la función de transferencia y obtener la grafica de respuesta del sistema para una entrada de escalón.

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1}{0.062s^2 + 1.58s + 1}$$

Se introdujeron los siguientes comandos en matlab y se obtuvo la grafica subsecuente.

```
>> num=[0,0,1]

num =

   0    0    1

>> den=[0.062,1.58,1]

den =

   0.0620    1.5800    1.0000

>> m=tf(num,den)

Transfer function:

        1

----------------------

0.062 s^2 + 1.58 s + 1

>> step (m)
```



Respuesta del sistema antes de agregar el control PID

Como podemos observar en la grafica, el sistema tiene una respuesta subamortiguada que alcanza el 98% del valor de estabilidad en 7 segundos. **Este tiempo es el que deseamos reducir para obtener una respuesta mucho más rápida del sistema, aunque esto implique un incremento no mayor al 20% del valor máximo que alcance la señal antes de llegar al valor de estabilidad.**

Descripción del Controlador a Utilizar

Para el control del sistema utilizaremos un controlador electrónico PID, este nos permite controlar la respuesta de la planta tomando una referencia de la salida y conjugando la señal de error, la derivada de esta y la integral de la señal de error. Este control nos permitirá controlar los parámetros de respuesta del circuito RC para lograr la respuesta que deseemos.

Este controlador divide su acción en tres partes:

-la etapa proporcional reduce el tiempo de elevación de la respuesta y reduce el error en estado estable sin eliminarlo completamente.

-la etapa derivativa incrementa la estabilidad del sistema reduciendo el sobrepico y mejorando la respuesta transistoria.

-la etapa integral elimina el error en estado estable pero puede empeorar la respuesta transistoria del sistema.

Cada acción del PID cumple funciones importantes en la mejora de la respuesta de un sistema y nos permite controlar las especificaciones del sistema, es por lo tanto, importante lograr un equilibrio entre las ganancias de cada factor del controlador para asegurar una buena respuesta del sistema.

En la figura que sigue se muestra el esquema electrónico del circuito PID que usaremos:

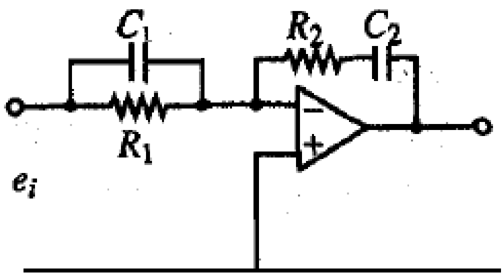


Diagrama Electrónico del Control PID a utilizar

El controlador PID recibe una señal de entrada igual a la diferencia entre la entrada de referencia y la realimentación de la salida del sistema, esto no se puede hacer directamente, por lo que agregamos a este circuito varios opams mas, uno como inversor de la salida para tener una realimentación negativa y otro para realizar la suma entre la señal de realimentación y la entrada de referencia, estos circuitos tendrán una ganancia igual a 1, por lo que obviaremos su presencia para los fines de cálculo de función de transferencia del PID. Igualmente se agrega un seguidor unitario inversor a la salida del PID, para evitar aplicar una salida negativa a la planta, este también tiene ganancia unitaria por lo que una vez más, obviaremos esta parte del circuito para los cálculos de la función de transferencia.

Función de Transferencia del Controlador PID

La función de transferencia de un controlador PID es la suma de las acciones proporcional, integral y derivativo, la función será la que sigue:

$$k_{pid} = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s$$

El diagrama de Bloques del sistema luego de la inclusión del PID será el siguiente:

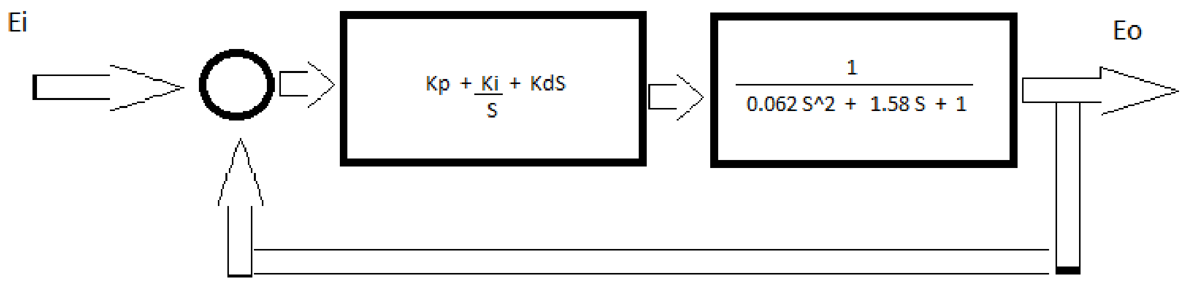


Diagrama de Bloques del Sistema Luego de Agregar el PID

Reducimos este diagrama para obtener la función de transferencia del sistema.

$$K_P + \frac{K_I}{S} + K_D S * \frac{1}{0.062s^2 + 1.58S + 1}$$

$$\frac{K_p s + K_i + K_d s^2}{s(0.062s^2 + 1.58s + 1)}$$

$$\frac{Ks^2 + K_p s + K_i}{0.062s^3 + 1.58s^2 + s}$$

Aplicamos la formula de reducción para sistemas con realimentación para obtener la función de transferencia del sistema.

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{\frac{Ks^2+K_ps+K_i}{0.062s^3+1.58s^2+s}}{1+\frac{ks^2+K_ps+K_i}{0.062s^3+1.58s^2+s}}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{K_ds^2+K_ps+K_i}{0.062s^3+1.58s^2+s} * \frac{0.062s^3+1.58s^2+s}{0.062s^3+1.58s^2+s+K_ds^2+K_ps+ki}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{K_ds^2+K_ps+k_i}{0.062s^3+(1.58+k_d)s^2+\left(1+K_p\right)s+k_i}$$

Con las ecuaciones de las ganancias de cada acción del PID (Pag. 269, Ingenieria de Control Moderna, K. Ogata) daremos valores a algunos parámetros y dejaremos un solo parámetro sin asignar para encontrar los valores de este parámetro que proporcionan estabilidad al sistema.

Asignaremos los siguientes valores a cada uno de los componentes del PID, como queremos reducir drásticamente el tiempo de subida o levantamiento daremos valores que den como resultado una ganancia integral grande (10,000) y a partir de ahí dejaremos las ganancias proporcional y derivativa en función de R2, para con esta ultima variar la respuesta.

R1=1kΩ

C2=0.1*10-6µf

R2=?

C1=100*10-6µf

$$K_p = \frac{R_1C_1+R_2C_2}{R_1C_2} = \frac{(1000)(100*10^{-6})+(R_20.1*10^{-6})}{1000(0.1*10^{-6})}$$

$$K_p = 1000+0.1*10^{-6}R_2$$

$$K_i = \frac{1}{R_1C_1} = \frac{1}{1000(0.1 * 10^{-6})} = 10000$$

$$K_d = R_2C_1 = 100 * 10^{-6}R_2$$

Sustituimos los valores de las constantes en la función de transferencia, reducimos y aplicamos el criterio de Routh para determinar el rango de estabilidad del sistema.

$$\frac{E_o}{E_i} =$$

$$\frac{100 * 10^{-6}R_2S^2 + (1000 + 0.1 * 10^{-6}R_2)s + 10000}{0.062s^3 + (1.58 + 100 * 10^{-6}R_2)s^2 + (1 + 1000 + 0.1 * 10^{-6}R_2)s + 10000}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{100 * 10^{-6}R_2s^2 + (1000 + 0.1 * 10^{-6}R_2)s + 10000}{0.062s^3 + (1.58 + 100 * 10^{-6}R_2)s^2 + (1 + 1000 + 0.1 * 10^{-6}R_2)s + 10000}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{100 * 10^{-6}R_2s^2 + (1000 + 0.1 * 10^{-6}R_2)s + 10000}{0.062s^3 + (1.58 + 100 * 10^{-6}R_2)s^2 + (1001 + 0.1 * 10^{-6}R_2) + 10000}$$

Aplicamos el criterio de Routh

s^3	0.062	1001+0.1*10-6R2
s^2	1.58+100*10-6R2	10000
s^1	A1	A2
s^0	B1	B2

$$A1 = \frac{(1.58 + 10^{-6}R_2)(1001 + 0.1 * 10^{-6}R_2) - 0.062(10000)}{1.58 + 10 * 10^{-6}R_2}$$

$$A1 = 1001 + 0.1 * 10^{-6}R_2 - \frac{620}{1.58 + 10 * 10^{-6}R_2}$$

$$A2 = 0$$

$$B1 = \frac{A1(10000) - (1.58 + 100 * 10^{-6}R_2)(A2)}{A1} = 10000$$

Resolvemos las inecuaciones resultantes para encontrar los rangos de R2 en los que el sistema es estable.

1)

$$1.58 + 100 * 10^{-6} R_2 > 0$$

$$100 * 10^{-6} R_2 > -1.58$$

$$R_2 > \frac{-1.58}{100 * 10\wedge - 6}$$

$$R_2 > -15800$$

2)

$$1001 + 0.1 * 10^{-6} R_2 - \frac{620}{1.58 + 10 * 10^{-6} R_2} > 0$$

$$\frac{(1001 + 0.1 * 10^{-6} R_2)(1.58 + 10 * 10^{-6} R_2) - 620}{1.58 * 10 * 10^{-6} R2} > 0$$

$$1581.51 + 10.01 * 10^{-3} R_2 + 1.58 * 10^{-7} R_2 + 1 + 10^{-12} R_2^2 - 620 > 1.58 + 10 * 10^{-6} R_2$$

$$1 * 10^{-12} R_2^2 + 10 * 10^{-3} R_2 + 960 > 0$$

Resolvemos la ecuación de 2do grado para obtener el rango de la inecuación.

$$x = \frac{-10 * 10^{-3} \pm \sqrt{(-10 * 10^{-3})^2 - 4(1 * 10^{-12})(960)}}{2 * 1 * 10^{-12}}$$

$$x = -5000000000 \pm 4999903999$$

$$x_1 = -5000000000 + 4999903999 = -96001$$

$$x_2 = -5000000000 - 4999903999 = -999990399$$

El sistema será inestable siempre cuando se cumplan las dos condiciones de manera simultánea, esto se cumple con el valor más cercano a cero, es decir, R2 mayor a -15800, pero como una resistencia no puede tener valores negativos la R2 debe ser cualquier valor positivo y el sistema será estable a diferentes respuestas transitorias.

Niveles de Sintonización del PID

Deseamos que el sistema nos proporcione un tiempo de levantamiento bien pequeño con un valor de sobrepaso no mayor al 20%, como vimos en la sección anterior cualquier valor de R2, resultara en un sistema estable, pero es muy probable que no tenga la respuesta que deseamos.

Para obtener el valor de R2 adecuado para el efecto deseado vamos a asignar valores a R2 y luego de buscar la función de transferencia del sistema lo graficaremos con matlab y lo compararemos con el valor de sobrepaso deseado(20%).

Si usamos un valor de R2 de 100Ω, obtendremos una función de transferencia como sigue:

$$K_p = \frac{R_1\,C_1 + R_2 C_2}{R_1 C_2} = \frac{1000(100 * 10^{-6}) + 100(0.1 * 10^{-6})}{1000(0.1 * 10^{-6})} = 1000.1$$

$$K_i = \frac{1}{R_1 C_2} = \frac{1}{(1000)(0.1 * 10^{-6})} = 100000$$

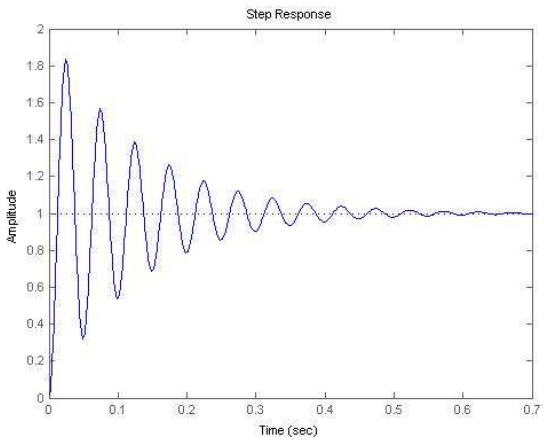
$$K_d = R_2 C_1 = 100 * 100 * 10^{-6} = 0.01$$

Con estos valores de sintonización tendremos una función de transferencia final del sistema de la siguiente forma:

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{K_d s^2 + K_p s + Ki}{0.062 s^3 + (1.58 + K_d) s^2 + \left(1 + K_p\right) s + k_i}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{0.01 s^2 + 1000.1 s + 100000}{0.062 s^3 + 1.59 + 1001.1 s + 100000}$$

Graficando esto en matlab obtenemos la siguiente respuesta:



Esta respuesta alcanza la estabilidad en un tiempo menor a un segundo como deseamos pero el sobrepaso es de un 80% lo que no cumple con lo deseado, deberemos encontrar un valor de R2 que nos proporcione un sobrepaso menor.

Respuesta del Sistema para una R2=1KΩ

La constante derivativa es la que nos ayuda a disminuir el sobrepaso y como es directamente proporcional a R2 aumentaremos esta para disminuir el sobrepaso.

En esta ocasión probaremos el sistema para un valor de R2 igual a 10KΩ.

como sigue:

$$K_p = \frac{R_1\,C_1 + R_2C_2}{R_1C_2} = \frac{1000(100 * 10^{-6}) + 10000(0.1 * 10^{-6})}{1000(0.1 * 10^{-6})} = 1010$$

$$K_i = \frac{1}{R_1C_2} = \frac{1}{(1000)(0.1 * 10^{-6})} = 100000$$

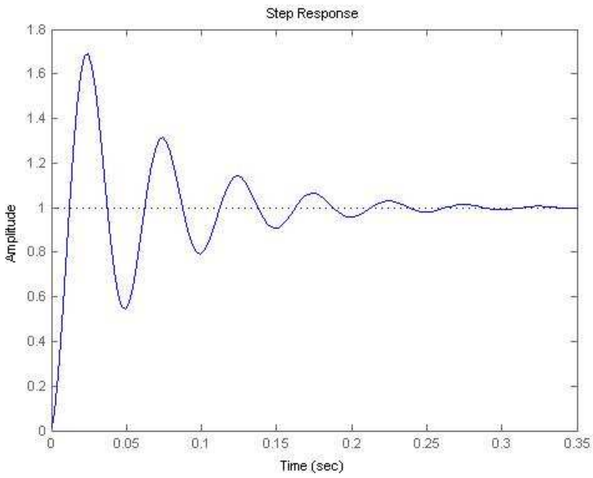
$$K_d = R_2C_1 = 10000 * 100 * 10^{-6} = 1$$

Con estos valores de sintonización tendremos una función de transferencia final del sistema de la siguiente forma:

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{K_d s^2 + K_p s + Ki}{0.062s^3 + (1.58 + K_d)s^2 + \left(1 + K_p\right)s + k_i}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{s^2 + 1010s + 100000}{0.062s^3 + 2.58 + 1011s + 100000}$$

Graficando esto en matlab obtenemos la siguiente respuesta:



Respuesta del sistema para una R2=10K

En este caso la respuesta mejoro el sobrepaso pero sigue siendo mayor al deseado, la reducción del sobrepaso fue de alrededor un 10% y continuamos con una buena cantidad de oscilaciones, por esta razón vamos a aumentar R2 a un valor mucho mas alto al tomado en esta prueba, es esta caso a 100KΩ para obtener un sobrepaso en los niveles deseados

Con un valor de R2=100k, el sistema obtenemos unos valores de ganancia para los factores del PID como sigue:

$$K_p = \frac{R_1\,C_1 + R_2C_2}{R_1C_2} = \frac{1000(100 * 10^{-6}) + 100000(0.1 * 10^{-6})}{1000(0.1 * 10^{-6})} = 1100$$

$$K_i = \frac{1}{R_1C_2} = \frac{1}{(1000)(0.1 * 10^{-6})} = 100000$$

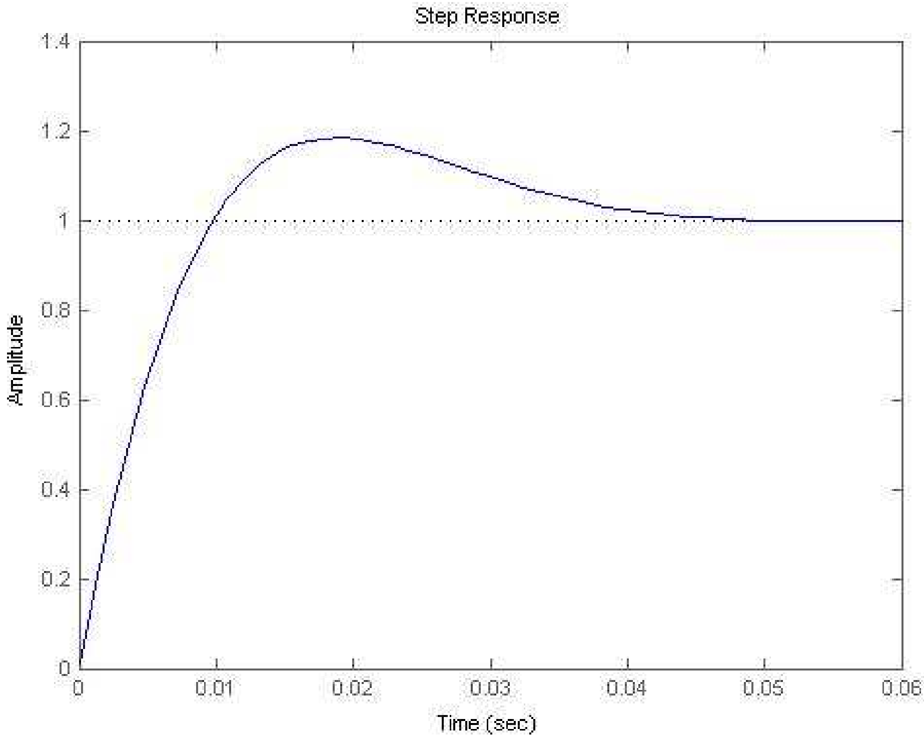
$$K_d = R_2C_1 = 100000 * 100 * 10^{-6} = 10$$

Con estos valores de sintonización tendremos una función de transferencia final del sistema de la siguiente forma:

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{K_d s^2 + K_p s + Ki}{0.062s^3 + (1.58 + K_d)s^2 + \left(1 + K_p\right)s + k_i}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{10s^2 + 1100s + 100000}{0.062s^3 + 11.58s^2 + 1101s + 100000}$$

Esta función de transferencia da como resultado una respuesta como la que podemos observar en la grafica de la respuesta a una entrada escalón unitario, realizada utilizando el programa matlab.



Respuesta del sistema para una R2=100k

En esta respuesta se puede observar claramente como el sistema mejora el sobrepaso al **nivel deseado de un 20%** y **no existen oscilaciones** hasta alcanzar el valor de estabilidad. Igualmente podemos comprobar un **tiempo de establecimiento** sumamente pequeño lo que nos ofrece una respuesta como fue **especificado en los objetivos.**

Justificación del uso de PID

Se ha colocado un controlador PID en el sistema mostrado inicialmente, para controlar eficazmente la respuesta del mismo y poder tener un rango de variación en la respuesta que nos permita lograr el objetivo planteado.

El uso de un PID nos asegura que el sistema se mantendrá estable en el rango establecido en el diseño y que la acción del sistema controlado se mantendrá dentro de los parámetros especificados.

Del mismo modo como vimos en el apartado anterior podemos mejorar el tiempo de repuesta del sistema con una perturbación mínima del funcionamiento, es posible incluso que podamos reducir el sobrepaso incluso a valores mucho menores mediante el ajuste de R2, pero en nuestro caso con un valor de 100k hemos logrado los objetivos planteados.

Conclusiones

Luego de construir el controlador PID para el sistema deseado hemos podido comprobar los siguientes puntos:

-Un sistema con una repuesta muy lenta puede ser mejorado por medio de la incorporación de un controlador para el sistema.

-La colocación de un controlador a un sistema nos proporciona una herramienta para controlar con mayor eficacia el sistema y hacer que se comporta de la forma que deseamos.

-Luego del diseño del controlador es sumamente fácil obtener variaciones de los parámetros de la señal.

-La incorporación de un control a un sistema puede inestabilizarlo, es necesario diseñar cuidadosamente, el controlador para mantener el sistema estable en el punto deseado.

-El conocimiento de la función de transferencia de un sistema es sumamente importante a la hora de solucionar cualquier problema en el sistema.

-La conversión de un sistema a lazo abierto, en un sistema en lazo cerrado mejora la respuesta del mismo a estímulos externos y le da mayor estabilidad, siempre y cuando el sistema cuente con un controlador adecuado para la realimentación que se producirá.

-El diseño de controladores tiene una gran importancia en la industria actual, ya que el buen desempeño de un sistema de control es de vital interés para una buena respuesta del sistema.

-Se logro mejorar la respuesta del sistema, con un sobrepaso no mayor al 20% tal como se planteo al inicio del proyecto, mediante la aplicación de las técnicas aprendida en el curso de controles automaticos.

Bibliografía

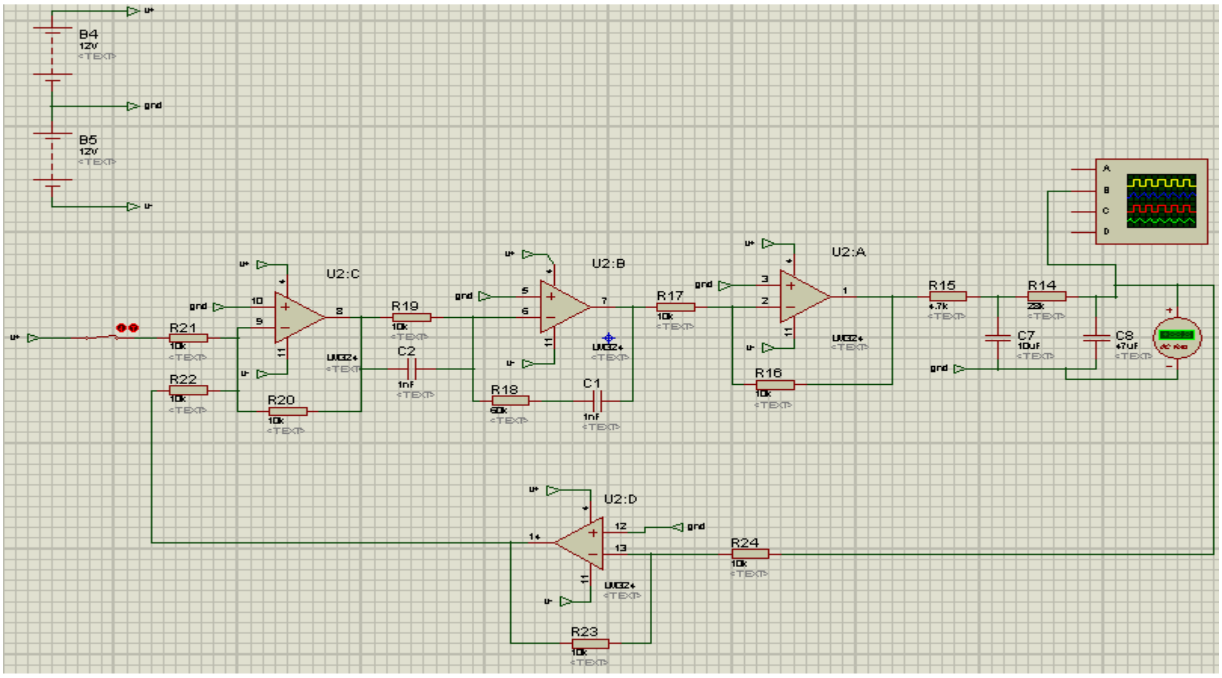
Kuo, Benjamin (1996) Sistemas de Control Automatico, Septima Edicion,Mexico, Prentice Hall Hispanoamerica

Ogata, k (1998) Ingeniería de Control Moderna, Tercera Edición, México, Pearson Education

Tutorial PID (1997) Disponible en: http://www.ib.cnea.gov.ar/~control2/Links/Tutorial_Matlab_esp/PID.html

Anexos

Diagrama general del sistema



Sistema Físico Construido