7.Control de posición de una masa con husillo de avance mediante LabVIEW

Mejia Silva Juan David, Morales Carlos Daniel
est.[juan.mejia1 y Carlos.morales4]@unimilitar.edu.co
Profesor: Leonardo Solaque

***Resumen*— En esta práctica de laboratorio se busca diseñar reguladores en tiempo continuo y en tiempo discreto para controlar la posición de un sistema masa con husillo de avance para después hacer implementación en LabVIEW .**

***Palabras clave*—reguladores, continuo, discreto, LabVIEW.**

I. INTRODUCCIÓN

EN la presente practica se mostrar el diseño de reguladores para un sistema trabajado en prácticas anteriores el cual es sistema masa con husillo, tanto en tiempo continuo como en tiempo discreto que permitan controlar la posición ante referencia escalón y rampa para después discretizarlos y hacer una implementación por medio del software de LabVIEW.

II. TRABAJO PREVIO

- ¿Cuántos métodos de discretización se encuentran en la literatura? Dar ejemplo de cada uno de ellos (por lo menos 4),aplicado a sistemas reales.

los métodos de discretización son una transformación de convergencia entre S y z , para esto existen diferentes tipos de tipos como lo son tustin,ZOH,FOH,matchet y muchas más que en la teoría vista en clase son las más comunes y las cuales se consideraron como método de estudio, a continuación una imagen que resume tres tipos de discretizaciones y algunas características de cada una

I	Transformaciones $s =$	polos y ceros en:	G.estática	Ventajas	Pero:
				sencillas y flexibles	
I.1	$\frac{z-1}{T_s}$	$z = 1 + T_s s$	igual	se evitan lazos algebraicos	inestable polos rápidos
I.2	$\frac{z-1}{T_s z}$	$z = \frac{1}{1 - T_s s}$	igual		
I.3	$\frac{2}{T_s}\frac{z-1}{z+1}$;	$z = \frac{2 + T_s s}{2 - T_s s}$	igual	integración trapezoidal	oscilaciones polos rápidos
I.4	$c\frac{z-1}{z+1}$; $c = \frac{\omega_e}{\mathrm{tg}\frac{\omega_e T_s}{2}}$	$z = \frac{c+s}{c-s}$	igual	ajusta una frecuencia elegida	oscilaciones polos rápidos

Como se aprecia en la Figura 1 cada uno de los métodos que se ven a continuación cumplen con un función en específico y tiene cada uno un reemplazo de S distinto, el primer método es el denominado euler en adelanto, el segundo euler en atraso, el tercero llamado tustin.

- ¿Cómo se selecciona el tiempo de muestreo? Presentar 2 métodos diferentes y sus ejemplos respectivos (sistemas reales)

El tiempo de muestreo tiene una regla muy importante al momento de realizar la selección del tiempo es la regla de NyQuist donde la frecuencia de muestreo fs debe ser dos veces mayor a la frecuencia máxima del sistema, también se tiene que tener en cuenta que el ancho de banda debe ser de 6 a 25 veces el tiempo de muestreo en lazo cerrado.

$$f_s = 2f_{max}$$

1. método de selección tiempo de muestreo sistemas primer orden.

$$\frac{t}{4} < tm < \tau(1)$$

Ejemplo: diseñado PID, Ess=0:

$$F(s) = \frac{3}{s+2}$$

llevando la función a su forma estándar para encontrar el valor de τ y posterior a ello los intervalos de tiempo de muestreo.

$$\tau = \frac{1}{2} = 0.5$$

el intervalo de tiempo de muestreo para el ejemplo debe ser reemplazando en la ecuación (1) y escogiendo tm = 0.25 que está dentro del rango

$$\frac{0.5}{4} < tm < 0.5 = 0.125 < tm < 0.5$$

2. Selección de tiempo de muestreo sistema de segundo orden para los sistemas de segundo orden ası como en primero orden, tiene un tiempo de muestreo que está dado por la multiplicación de la frecuencia natural de la ecuación que describe la forma de la ecuación de segundo orden wn por un tiempo de muestreo y un rango de tiempo de muestreo como se observa a continuación.

$$0.25 < wn * tm < 1.5$$

al ser una función de transferencia de segundo orden se tiene también un paramento importante para el cual los rangos de tiempo de muestreo estipulados se cumplen siempre y cuando

$$0.7 < \zeta < 1$$

Ejemplo:

$$F(s) = \frac{3}{s^2 + 4s + 4}$$

asumiendo un tsd = 2 y un = 0.8 realizando el cálculo que se hace para hallar la frecuencia natural de la planta se encuentra que wn = 2.63 entonces el tm es:

$$0.25 < 2tm < 1.5 = 0.125 < tm < 0.75$$

teniendo en cuenta los rangos en los que debe estar el tiempo de muestreo se escoge un tiempo de muestreo de 0.5 lo cual está dentro de los rangos que cumplen la regla, adicionalmente también se guiaran por el libro guía [1] que referencia una serie de tiempos de muestreo dependiendo el tipo de sistema a tener en cuenta para diseños a futuro.

Type of variable (or plant))	Sampling period (s)
Flow rate	1 – 3
Level	5 – 10
Pressure	1 – 5
Temperature	10 - 180
Distillation	10 - 180
Servo-mechanisms	0.001 - 0.05
Catalytic reactors	10 - 45
Cement plants	20 - 45
Dryers	20 – 45

- ¿Qué es una ecuación en diferencias? ¿Como se programa en un sistema de procesado tipo tarjetas de adquisición o microcontroladores?

Las ecuaciones en diferencia es una expresión del tipo:

$$G(n, f(n), f(n+1), f(n+2), \ldots, f(n+k)) = 0$$

Donde f es una función definida en Z.
El orden de una ecuación en diferencia está definido por

$$K = K_{MAX} - K_{MIN}$$

Se puede decir que la ecuación en diferencia de orden K es lineal si se puede expresar de la siguiente forma:

$$p0(n)\,f(n+k) + p1(n)\,f(n+k-1) + \ldots + pk(n) f(n) = g(n)$$

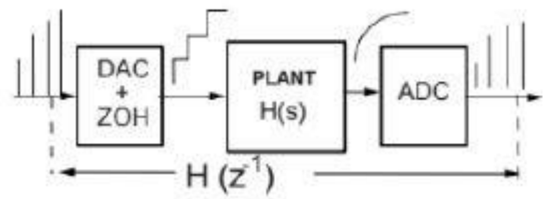
Para la implementación de una ecuación en diferencias en un microcontrolador se debe de tomar en cuenta que:

$$(n-1) = valoranterior\,(n+1) = valorsiguiente$$

Aunque el valor siguiente se puede estimar es preferible dejar la ecuación en terminar de Z^{-1}

- ¿Que es un retenedor de orden cero?

Un retenedor de datos se conoce como retenedor de orden cero, o sujetador generador de la señal de escalera, el circuito retenedor de orden cero suaviza la señal muestreada para producir la señal h(t), la cual es constante desde el último valor muestreado hasta que se pueda disponer de la siguiente muestra.



en ese orden de ideas lo que es un retenedor de orden cero es un método de muestreo el cual su tiempo de duración es mucho más rápido que el de la planta, lo cual en un sistema embebido es la forma de conversión de una señal continua discreta mediante un tren de pulsos.

III. Desarrollo de la práctica

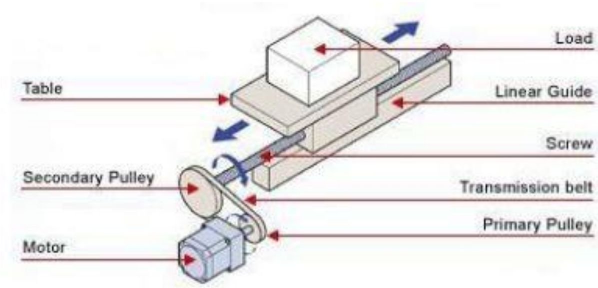


Figura1:diagrama del sistema

Planta

$$\frac{0.5}{s^3 + 2s^2 + 2s}$$

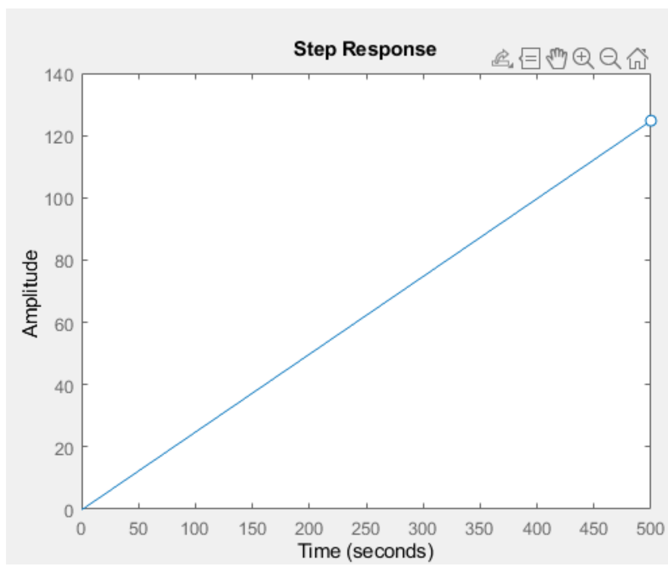


Figura2: comportamiento de la planta

Control continuo-discreto

Diseñamos un PID para el sistema

$$PID = Kds + Kp + \frac{Ki}{s}$$

Valor de las constantes para el PID son las siguientes:

$Kd_2 = 0.0608$ $Kd = -1.3527$ $Kp = 0.6040$
$Ki = 0.0506$

Teniendo los valores de las constantes del PID se procede hacer la discretización para el controlador.

$$\frac{Kd_2\, s^3 + Kd_1\, s^2 + Kp\, s + Ki}{s}$$

$$\frac{0.0608\, s^3 - 1.353\, s^2 + 0.604\, s + 0.05059}{s}$$

Ya remplazadas las constantes se discretiza el controlador para esto hacemos uso del comando c2d en Matlab para hacer la discretización de manera rápida.

$ts = 30s$ $tm = \frac{ts}{40}$

Se tiene el valor del tiempo de establecimiento para definir el tiempo de muestreo deseado con esto el control discretizado es el siguiente.

Control

$$\frac{-2.552z^3 + 2.971z^2 + 4.357z - 4.625}{z^3 + z^2 - z - 1}$$

Con esto pasamos a definir las ecuaciones en diferencia de la planta y del control en escalón para poder hacer la simulación correspondiente en LabVIEW.

Antes de obtener las ecuaciones en diferencia se procede a discretizar la planta utilizando el comando c2d de matlab obteniendo la siguiente función de transferencia en el dominio z:

Planta

$$\frac{0.01298z^3 + 0.03894z^2 + 0.03894z - 0.01298}{z^3 - 1.708z^2 + 0.9692z - 0.2615}$$

Ahora para la obtención de la ecuación se divide toda la función por la z de mayor orden para que nuestra función quede en términos de valores pasados.

Planta

$$\frac{0.01298 + 0.03894z^{-1} + 0.03894z^{-2} - 0.01298z^{-3}}{1 - 1.708z^{-1} + 0.9692z^{-2} - 0.2615z^{-3}}$$

Control

$$\frac{-2.552 + 2.971z^{-1} + 4.357z^{-2} - 4.625z^{-3}}{1 + z^{-1} - z^{-2} - z^{-3}}$$

Ya con esto se procede a obtener la ecuación en diferencia igualando la función anterior a U(z−1) / E(z−1):

Planta

$$\frac{U(z^{-1})}{E(z^{-1})} = \frac{0.01298 + 0.03894z^{-1} + 0.03894z^{-2} - 0.01298z^{-3}}{1 - 1.708z^{-1} + 0.9692z^{-2} - 0.2615z^{-3}}$$

Control

$$\frac{U(z^{-1})}{E(z^{-1})} = \frac{-2.552 + 2.971z^{-1} + 4.357z^{-2} - 4.625z^{-3}}{1 + z^{-1} - z^{-2} - z^{-3}}$$

Luego de esto se multiplica en cruz y se despeja U (z−1) que se convierte en U (n)

Planta

$$\begin{aligned} U(n) = {} & 0.01298\, E(n) - 0.03894\, E(n-1) \\ & + 0.03894E(n-2) - 0.01298E(n-3) \\ & + 1.708U(n-1) - 0.9692U(n-2) \\ & + 0.2615U(n-3) \end{aligned}$$

Control

$$\begin{aligned} U(n) = {} & -2.552E(n) + 2.971\, E(n-1) \\ & + 4.357E(n-2) - 4.625E(n-3) \\ & - U(n-1) + U(n-2) + U(n-3) \end{aligned}$$

Ya definidas las ecuaciones en diferencias se procede a hacer la simulación en LabVIEW

Planta LabVIEW

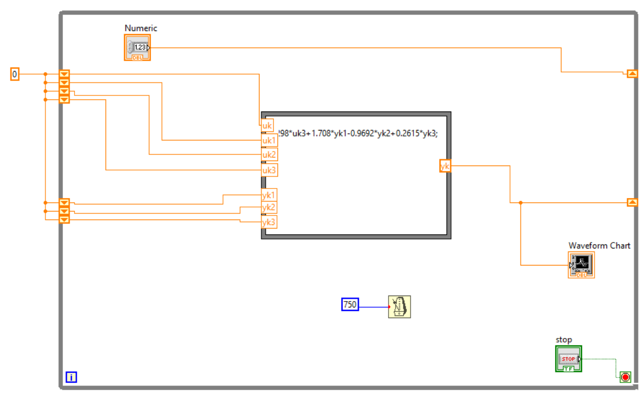


Figura3:Diseño de la planta LabVIEW

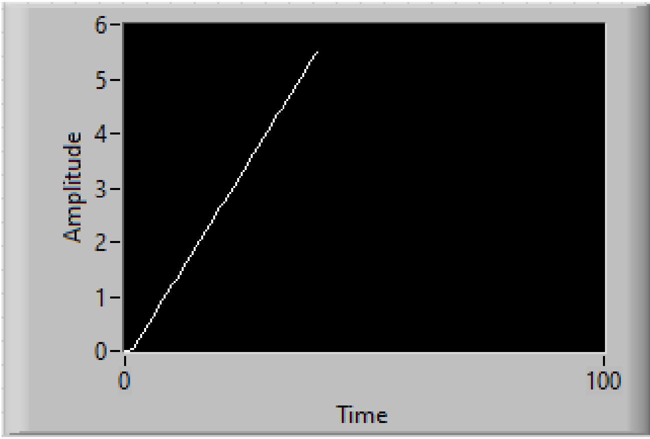


Figura4: respuesta de la planta LabVIEW

Planta con control LabVIEW

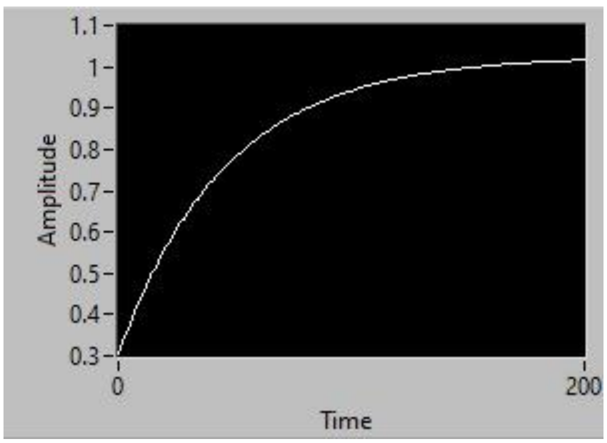


Figura4: Respuesta de la planta con control LabVIEW

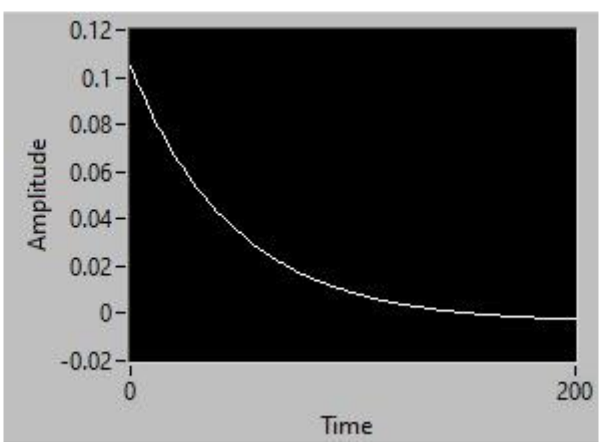


Figura5: Respuesta del control PID LabVIEW

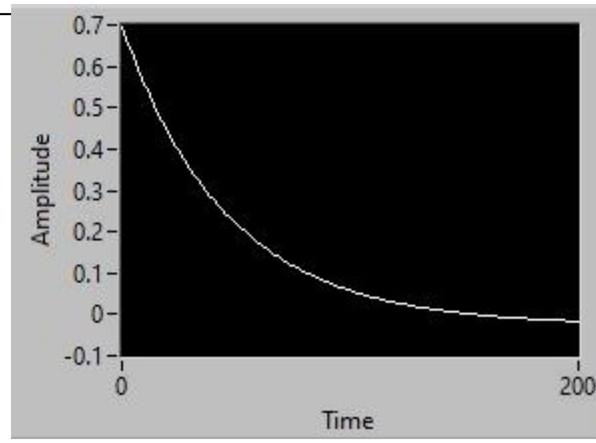


Figura6: Error del sistema LabVIEW

Como se puede apreciar el control funciona correctamente, pero también se demora bastante en estabilizarse.

Control discreto-discreto

En esta parte para hacer el calculo de los controles PID se toma la planta discretizada y se sacan los controles a partir de esta.

Escalón:

Primero se definen las condiciones del controlador:

$$ts = 3.8$$
$$zeta = 0.800$$
$$wn = 1.3158$$

Luego se procede a identificar la cantidad de constantes y la forma que tendrá el controlador para el caso de escalón se obtuvo la siguiente función:

$$PIDD^2 = \frac{r0 + r1z^{-1} + r2z^{-2} + r3z^{-3}}{(1 - z^{-1})(1 + s0z^{-1} + s1z^{-2})}$$

Ya con nuestro controlador definido se pasó a obtener el valor de las constantes, para esto se obtuvo el polinomio deseado dando los siguientes coeficientes del polinomio:

$$pd = 1, -1.994, 1.1841, -1.8945e^{-1}, 1.3056e^{-2}, -4.162e^{-4}, 5.0635e^{-6}$$

Ya con nuestro controlador definido se pasó a obtener los valores de BR y AS donde $\frac{B}{A}$ equivalen al numerador y denominador de mi planta discreta respectivamente y $\frac{R}{S}$ equivalen al numerador y denominador de mi controlador respectivamente entonces para obtener el valor de BR seria multiplicar el numerador de mi planta por el denominador de mi controlador y AS se obtiene de multiplicar el denominador con el numerador del controlador, ya con eso podemos calcular el polinomio característico de controlador y así hallar las siguientes constantes.

$$so = 1.2863$$
$$s1 = 2.6352e^{-1}$$

$$r0 = 5.49e^{3}$$
$$r1 = -1.34e^{4}$$
$$r2 = 1.09e^{4}$$
$$r3 = -2.9346e^{3}$$

-Rampa

Para rampa se utilizan las mismas condiciones del sistema y se obtiene la siguiente función que representa el controlador:

$$PII^{2}DD^{2} = \frac{r0 + r1z^{-1} + r2z^{-2} + r3z^{-3} + r4z^{-4}}{(1 - z^{-1})(1 + s0z^{-1} + s1z^{-2})}$$

Se obtienen las constantes del polinomio deseado:

$$pd = (1), (-2.044), (1.2838), (-2.486e^{-1}), (2.252e^{-2}), (-1.069e^{-3}), (5.0635e^{-5}), (-2.531e^{-7})$$

Se obtienen los valores de BR y AS se suman y se igualan al polinomio deseado y despejamos las constantes definidas anteriormente, obteniendo las siguientes constantes:

$$sor = 1.8014$$
$$s1r = 3.8745e^{-1}$$
$$r0r = 1.1120e^{-4}$$
$$r1r = -3.4602e^{-4}$$
$$r2r = 4.0169e^{-4}$$
$$r3r = -2.1423e^{4}$$
$$r3r = 4.3148e^{3}$$

IV. CONCLUSIONES

- A la hora de implementar esto en un microcontrolador se hace uso de las ecuaciones en diferencia definidas, pero además de eso se deben tener en cuenta otros parámetros como el voltaje máximo que alcanza el controlador.

REFERENCIAS

[1] Olguer Morales. Practica de laboratorio, instrumento musical, Bogota, Colombia, 2019.
[2] Keil. (15 de Julio de 2015). uVision Sofware de desarrollo. Obtenido de Keil tools by ARM