Instituto Tecnológico de Buenos Aires

22.85 Sistemas de Control

Trabajo Práctico de Laboratorio N^o 4

Controlador PID

Grupo 5:

Matías Larroque
Leg. 56597

Lucero Guadalupe Fernandez
Leg. 57485

Manuel Mollón
Leg. 58023

Ezequiel Vijande
Leg. 58057

Tomás Agustín González Orlando
Leg. 57090

Robin Bertrand
Leg. 61739

Profesor:

Victor Gustavo Nasini
Cristian Alejo Zujew

Entregado: 27 de Noviembre de 2019

Contents

1. Introducción

El objetivo de este Trabajo Practico es el de controlar la distancia de un carrito a un obstáculo mediante un PID (controlador proporcional, integral y derivativo) discreto. Este control se hace mediante un microcontrolador Arduino que muestrea la tensión analógica recibida del fototransistor al frente del carrito y devuelve la tensión necesaria para realizar la corrección.Este ultimo se hace gracias al control de un puente H por la salida que define la velocidad del carrito.

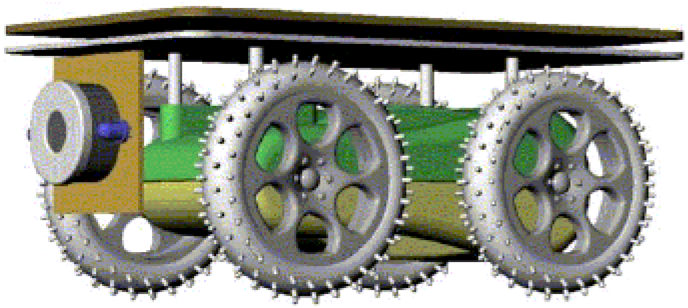

Figura 1: Foto del carrito

2. Definición del sistema

El sistema se define de la siguiente manera:

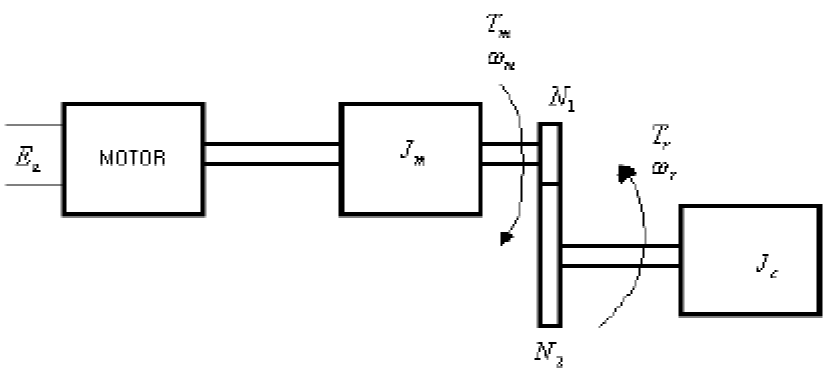

Figura 2: Esquema físico del carrito

Para poder controlar el sistema, debemos primero debemos encontrar su función transferencia. Por eso definimos las siguientes variables:

J_m: Inercia del rotor del motor.
J_c: Inercia del carrito.
ω_m: Velocidad angular del eje del motor.
ω_r: Velocidad angular de las ruedas del carrito.
T_m: Torque entregado por el motor.
T_r: Torque entregado por las ruedas.
r: Radio de las ruedas.
J_r: Inercia de la rueda.
M: Masa carrito (sin ruedas).

m: Masa de las ruedas.
M_t: Masa total del carrito.
NN_1N_2: Relación de multiplicación.
En esta parte, queremos expresar el desplazamiento lineal del carrito en función de Ea del motor.
La inercia equivalente sobre las ruedas del carrito es : $J_{eq} = J_c + N^2.J_m$ (1)
Torque de la rueda : $T_r = N.T_r = J_{eq}.\omega_r.s$ (2)
Ecuación eléctrica del motor : $E_a = I_aR_a + K_a.N.\omega_r$ (3)
Donde $I_a = \frac{Tm}{Km} = \frac{J_{eq}.\omega_r.s}{N.K_m}$ con (2), (4)
Al final en (3), obtenemos con (4) :
$E_a = \omega_r.\frac{R_a.J_{eq}}{N.K_m}.\left[s + \frac{K_bN^2.K_m}{R_a.J_{eq}}\right]$con $\omega_r = s.\theta_r$ y $Y = \theta_r.r$ tenemos :

$$\frac{Y(s)}{E_a(s)} = \frac{N.K_m.r}{R_a.J_{eq}.s\left[s + \frac{K_b.N^2.K_m}{R_a.J_{eq}}\right]}$$

Como se puede ver de la transferencia anterior, la planta es un sistema de segundo orden con un polo en el origen.

3. PID

Un controlador PID permite definir las características temporales deseadas para la respuesta del sistema a lazo cerrado así como también el error en régimen permanente.

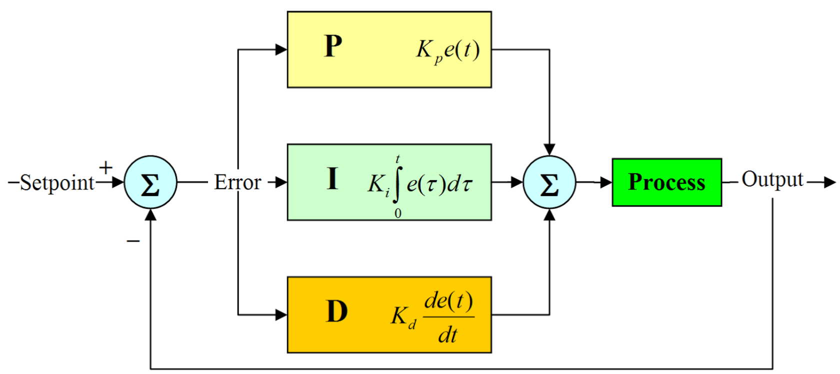

Figura 3: Esquema de un proceso controlado mediante PID

La ecuación integro-diferencial correspondiente al controlador PID es:

$$u(t) = K_pe(t) + K_i\int_{-\infty}^{t} e(\tau)d\tau + K_d\frac{de}{dt}(t) \tag{1}$$

Donde $e(t)$ es el error del proceso que es realimentado al controlador y $u(t)$ es la salida del controlador.En definitiva el controlador PID agrega dos ceros y un polo en el origen a la transferencia del sistema a lazo abierto. El polo en el origen agregado es debido al termino integral (K_i) y sirve para mejorar el error en régimen permanente del proceso al aumentar su orden.Asimismo este termino también agrega un cero, este se coloca lo suficientemente cerca del origen como para no afectar la fase del proceso.El termino derivativo (K_d) agrega un cero al proceso que sirve para cambiar el lugar de raíces del sistema para permitir tener la constelación de polos deseada, y así las características temporales deseadas.Finalmente, el termino proporcional (K_p) es la ganancia necesaria para mover los polos en el lugar de raíces con el fin de satisfacer la respuesta temporal deseada a lazo cerrado.

Para este trabajo practico se implemento el controlador por medio de un Arduino por lo que se utilizo la versión discreta de PID:

$$u(nT) = K_p e(nT) + K_i T \sum_{k=-\infty}^{n} e(kT) + K_d \frac{e(nT) - e(nT - T)}{T} \tag{2}$$

3.1. Ziegler-Nichols

Al no conocer los valores numéricos de las variables que definen la planta no se tienen las ubicaciones exactas de los polos y ceros por lo que no es posible calcular de forma teórica los valores óptimos de K_p, K_I y K_d. El método de Ziegler-Nichols consiste en un método heuristico para determinar los valores de dichas constantes sin saber la ubicación de los polos y ceros de la ganancia a lazo abierto de la planta.

El método es simple, en primer lugar se toman:

$$K_I = K_d = K_p = 0$$

Luego se va incrementando K_p hasta llegar a tener una oscilación constante en la respuesta del sistema.El valor de K_p para el que ocurre esto se denomina K_u y el periodo de la oscilación se denomina T_u.Con dichos valores medidos ya se tiene toda la información necesaria para elegir las constantes del sistema.Los valores para las constantes están dados en la siguiente tabla:

Constantes	K_p	K_I	K_d
Valores	$0{,}6K_u$	$1{,}2\frac{K_u}{T_u}$	$\frac{3K_uT_u}{40}$

Cuadro 1: Valores de las constantes de PID según Ziegler-Nichols

4. Implementación y resultados

5. Conclusión

A partir de la realización de este trabajo practico se pudo determinar que es posible controlar una planta de segundo orden cuya transferencia se desconoce, utilizando un controlador PID. Dicho control puede realizarse determinando las constantes necesarias mediante métodos heuristicos y empíricos como el de Ziegler-Nichols.Asimismo, un controlador PID es capaz de mejorar el error en régimen permanente de una planta así como también sus características temporales.