

# Práctica 4: Laboratorio de Principios de Mecatrónica

Rebeca Baños García, Leonardo García Osuna

**Resumen**—En esta práctica se aprendió a usar los comandos básicos de Simulink en Matlab para simular el control PID. Posteriormente, se generó el control PID pero esta vez utilizando amplificadores operacionales para hacer girar un motor enganchado a unos engranes y que este modificara la resistencia que necesitaba nuestro control.

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta práctica nos fue muy útil ya que aprendimos a implementar y sintonizar el control PID en una computadora y darnos una mejor idea de como funcionan estos y los valores adecuados que deben tener para que funcione correctamente y que se alcance una velocidad deseada en poco tiempo. Además de verlo funcionar en la computadora con el simulador, también hicimos los amplificadores operacionales físicos que nos ayudaron a tener más dominio en el uso de éstos y ver como modifican las señales de entrada para que funcionen adecuadamente como el control que deseamos.

## 2. MARCO TEÓRICO

- **Controlador PID:** Un controlador PID, Controlador Proporcional, Integral y Derivativo por sus siglas en inglés, es un mecanismo de control simultáneo por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado. El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el Derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control como la posición de una válvula de control o la potencia suministrada a un calentador.
- **Simulink:** Simulink es un entorno de programación visual, que funciona sobre el entorno de programación Matlab. Simulink viene a ser una herramienta de simulación de modelos o sistemas, con cierto grado de abstracción de los fenómenos físicos involucrados en los mismos. Se hace hincapié en el análisis de sucesos, a través de la concepción de sistemas (cajas negras que realizan alguna operación). Es ampliamente usado en ingeniería electrónica en temas relacionados con el procesamiento digital de señales

(DSP), involucrando temas específicos de ingeniería biomédica, telecomunicaciones, entre otros. También es muy utilizado en ingeniería de control y robótica.

- **Amplificadores Operacionales:** Un amplificador operacional, a menudo conocido op-amp por sus siglas en inglés, es un dispositivo amplificador electrónico de alta ganancia acoplado en corriente continua que tiene dos entradas y una salida. En esta configuración, la salida del dispositivo es, generalmente, de cientos de miles de veces mayor que la diferencia de potencial entre sus entradas.

## 3. DESARROLLO

Para la parte de Simulink en Matlab, primero contamos con el inicio del simulador dado por nuestro laboratorista. Abrimos Simulink y armamos en el diagrama el controlador PID que nos pedían en la práctica. Una vez con el controlador armado de manera correcta con los elementos proporcional, integral y derivativo, empezamos a calcular las constantes que van acompañados a cada uno de ellos, en este caso fueron  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$ , respectivamente. Obteniendo los primeros valores fuimos verificando las curvas resultantes en cuanto a la velocidad deseada y el tiempo que se tardaba en alcanzarla.

Para la parte de los amplificadores operacionales hicimos el cableado en la protoboard de los opamps necesarios para hacer el controlador PID. Escogimos de los opamps que se conectan de tal manera que puede haber 4 funcionalidades en cada uno para solo utilizar dos de ellos. Después conectamos el motor conectado a un engrane que a la vez movía otro engrane que modificaba el potenciómetro para obtener la resistencia necesaria para que se cumpliera el controlador PID.

## 4. RESULTADOS

Para la parte de Matlab los dimos cuenta de que al mover las  $K$  de cada elemento del controlador nuestra curva cambiaba y notamos que al disminuir la  $K_d$  y aumentar las  $K_i$  y  $K_p$  logramos que nuestra curva tuviera una mejor aproximación que la que tuvimos inicialmente. Los resultados de las  $K$  que obtuvimos para la mejor curva de resultado fueron:

- $K_p = 30$
- $K_i = 25$

- $K_d = 0.6$

La parte de los opamps fue la más complicada ya que al inicio conectamos todos los opamps correspondientes para que cada uno de ellos nos diera los elementos del controlador PID. Al conectarlo todo y probarlo no funcionaba nada de nuestro circuito, no logramos que girara el motor como queríamos, a lo que tuvimos que verificar cada amplificador para verificar que estaba haciendo la operación correcta. Primero verificamos el amplificador del elemento P que solamente amplifica la señal, para esto tuvimos que utilizar el generador de frecuencias y puntas de osciloscopio para checar que, en efecto, la señal mandada se amplificara. Al principio notamos que si modificaba la señal, pero además del ruido que había, también la atenuaba en lugar de amplificarla; para corregir este error tuvimos que cambiar las resistencias en nuestro cableado por una mayor. Después de probar el opamp con esta modificación la señal la amplificaba correctamente. Después verificamos que el opamp al que le correspondía la integral del controlador PID funcionara. Primero verificamos que estuviera bien conectado y que los capacitores que utilizamos fueran los correctos para que nos diera la integral de la señal que mandamos. En este amplificador, tuvimos que cambiar el capacitor ya que al usar electrolíticos no nos daba el resultado deseado, pero al cambiarlo por cerámicos logramos obtener la integral de la fuente que le envíamos. Luego verificamos el opamp que le corresponde el elemento de derivar al controlador PID, este último amplificador nos causó muchos problemas, ya que cambiamos varias veces los capacitores que usábamos usando así como las resistencias y nunca logramos que nos diera la derivada de la señal que le estábamos mandando. Este elemento del controlador es el que menos impacto tiene, por lo que tuvimos autorización de trabajar con lo que teníamos y con los amplificadores que si funcionaron. Finalmente verificamos que el opamp que se encargaba de sumar el resultado del amplificador proporcional, del integrador y del derivador. Este funcionó bien desde el inicio, por lo que nuestro cableado estaba bien. Tuvimos que verificar si necesitábamos un opamp que se encargara de invertir el valor de la suma, pero al notar que la repuesta del integrador, el proporcional y el derivador nos la daba inversa, el amplificador de la suma la invertía de nuevo, por lo que no fue necesario un tercer opamp que invirtiera el resultado. Por último conectamos el motor conectado a los engranes que modificaban el potenciómetro y así logramos que el motor girara hasta que el potenciómetro tuviera la resistencia deseada para el controlador PID. A pesar de lograr que se moviera el motor, tenía limitaciones en cuanto al rango de resistencias que le poníamos inicialmente al potenciómetro que deseábamos mover con el motor así como los potenciómetros conectados a cada uno de los amplificadores, ya que a veces el motor movía lo suficiente el potenciómetro hasta que llegara a un punto, pero después al mover el potenciómetro del sumador no logramos que el motor regresara el potenciómetro al valor anterior que hacía que funcionara todo el controlador PID.

## 5. CONCLUSIONES

- **Rebeca:** Ésta práctica fue algo desesperante en la parte del cableado de los opamps, ya que fue muy

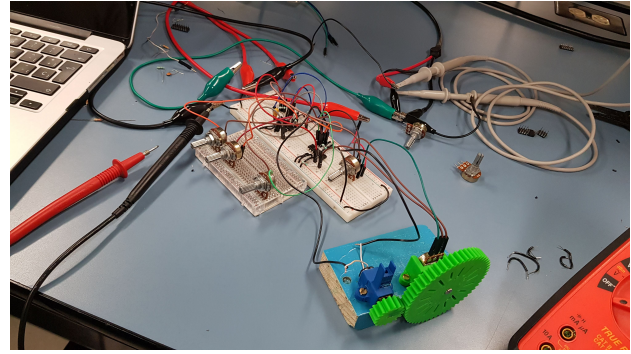


Figura 1. Parte Opamps

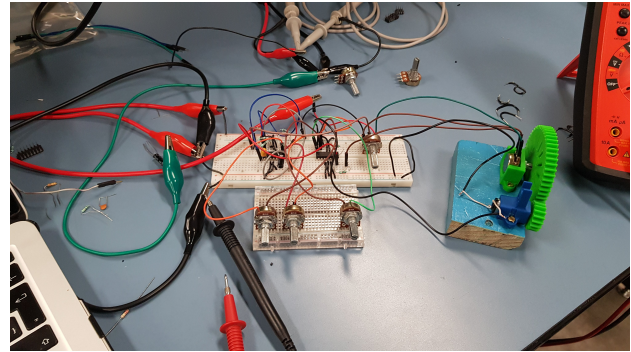


Figura 2. Parte Opamps

tedioso encontrar los errores de por qué no nos arrojaba los resultados correctos desde un inicio. A pesar de que fuera tedioso, logré comprender muy bien como es que el controlador PID ayuda a encontrar el error entre los valores deseados y los obtenidos. Con la parte del simulador ya había quedado claro, pero al armarlo parte por parte físicamente se logró comprender aún mejor.

- **Leonardo:** Los controladores PID se pueden aplicar en una variedad impresionante de sistemas físicos. Al entender cómo afectan las variables de dicho control al comportamiento de dicho sistema, podemos lograr que se aproxime lo más posible a una trayectoria o posición deseada. En esta práctica, en particular, considero que faltó un poco de orientación técnica sobre los valores de los semiconductores que utilizamos, ya que nuestro circuito funcionó pero sólo parcialmente, hubiera sido mucho más satisfactorio que después de las horas invertidas, funcionara completamente.

## 6. ROL O PAPEL

- **Rebeca:** Consultaba manuales necesarios, verificaba y armaba parte del cableado, anotaba resultados obtenidos en el simulador de Matlab.
- **Leonardo:** Realizaba cambios al simulador para obtener el resultado correcto, alabraba opamps y verificaba resultados de señales.

## 7. FUENTES CONSULTADAS

- **Controlador PID:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_PID](https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_PID)
- **Simulink:** <https://es.wikipedia.org/wiki/Simulink>