

# Práctica No.4 Motor DC y Control.

## Principios de Mecatrónica

Arcadio Alexis Calvillo Madrid 159702  
Arlet Díaz Méndez 154840

**Resumen**—Durante esta práctica se realizaron simulaciones de sistemas utilizando Matlab y el complemento Simulink. La simulación fue la implementación de los controles P, PI y PID y la sincronización de los mismos mediante el método Ziegler-Nichols. Además, se llevó a cabo la implementación de un control P, PI y PID con Op-amps para implementar un control analógico de posición. La simulación se realiza primero con el fin de comprender la funcionalidad de los controles y así implementarlos de manera física para controlar el motor DC.

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe muchos sistemas electromecánicos que funcionan principalmente con motores. Ejemplos de esto son máquinas de ensamblaje en cadenas de producción, automóviles y electrodomésticos. En muchos de estos casos los motores forman parte de sistemas embebidos, que son sistemas que funcionan para tareas específicas. En cualquier caso, el movimiento del motor debe ser controlado por eso en esta práctica se implementaron tres distintos tipos de controles.

Los objetivos planteados para esta práctica son la correcta simulación de sistemas usando Simulink y Matlab y la implementación con componentes electrónicos de los controles P, PI y PID para un control analógico de posición para un motor. Para el desarrollo de esta práctica se utilizaron circuitos integrados de amplificadores operacionales (OpAmps), un motor DC, un potenciómetro, engranes, el sistema computacional MatLab y el complemento Simulink.

Este documento tiene la siguiente organización: un Marco Teórico en el que se explican las tecnologías utilizadas, así como los conocimientos teóricos que las respaldan, un Desarrollo en el que se explica cómo contribuyen los componentes a la solución, una sección de Resultados en la que se habla de los valores obtenidos durante la práctica, luego se presentan las Conclusiones de la práctica, los Roles de cada integrante del equipo y las Referencias utilizadas durante el proceso.

### 2. MARCO TEÓRICO

**MatLab** es un entorno de cálculo técnico de altas prestaciones para cálculo numérico y visualización. Integra análisis numérico, cálculo matricial, procesamiento de señales y gráficos en un entorno fácil de usar, donde los problemas y

las soluciones son expresados como se escriben matemáticamente. El nombre MATLAB proviene de “MATrix LABoratory” (Laboratorio de Matrices). El sistema de cómputo numérico de MatLab se utiliza en el IDE MatLab mediante el lenguaje M. [1]

**Simulink** es una herramienta de simulación de modelos o sistemas, con cierto grado de abstracción de los fenómenos físicos involucrados en los mismos. Es un entorno de programación visual que funciona sobre el entorno de programación Matlab. [2]

**OpAmps** un amplificador operacional es un dispositivo amplificador electrónico de alta ganancia. Normalmente se modela como un dispositivo de dos puertos, con voltajes de entrada y salida referidos a tierra. La *ganancia de voltaje*  $A_v$  de un amplificador define el factor por el cual se cambia la tensión:

$$V_{out} = A_v V_{in}.$$

Normalmente se requiere un amplificador para mostrar linealidad de la amplitud, donde la ganancia sea constante para todas las frecuencias.

Para esta práctica se configuraron tres tipos de OpAmps: amplificador, sumador, diferenciador e integrador. [3] y [4]

**Motor DC** El motor de corriente continua (motor DC) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. Se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas. [5]

**Potenciómetro** Un potenciómetro es una resistencia variable. Los potenciómetros limitan el paso de la corriente eléctrica (Intensidad) provocando una caída de tensión en ellos al igual que en una resistencia, pero en este caso el valor de la corriente y la tensión en el potenciómetro las podemos variar solo con cambiar el valor de su resistencia. [6]

**Controlador PID** Un Controlador Proporcional, Integral y Derivativo es un mecanismo de control simultáneo por realimentación. 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.

**Método Ziegler-Nichols** Para el controlador PID es necesario establecer las constantes proporcional, integral y derivativa para la sintonización del controlador. El método Ziegler-Nichols establece la relación de estas constantes. La tabla de relación se encuentra en el documento de desarrollo de la práctica. [7]

### 3. DESARROLLO

Para alcanzar los objetivos de la práctica se llevaron a cabo tres actividades. Para empezar, se creó el modelo del controlador PID a través de Simulink. A prueba y error se fueron probando distintas ganancias para así poder establecer la ganancia más adecuada de forma que el sistema funcionara de forma adecuada. Para empezar, se utilizó un controlador P, después un PI y finalmente un PID. La ganancia encontrada en la simulación del controlador P se utilizó para calcular la ganancia de los otros dos controladores con sincronización a través del método Ziegler-Nichols.

La siguiente actividad realizada fue la implementación de una función en MatLab cuyo comportamiento era el mismo que el de la simulación en Simulink pero escrito en lenguaje M. Para esta función se utilizaron los mismos valores de las ganancias obtenidos en el ejercicio anterior, por lo que el comportamiento de las señales fue el mismo.

Por último, se trató de implementar un control de posición PID analógico. Este funcionaba bajo el mismo principio con el que se trabajó con *MatLab*, es decir, un proporcional más un integral y un derivativo con *OpAmps*.

### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante la práctica fueron satisfactorios. Sin embargo, fue necesario invertir más tiempo que el de la duración de las tres sesiones para lograr el funcionamiento de todos los ejercicios. En especial para la implementación del controlador analógico, pues la conexión de los OpAmps no nos dio los resultados esperados a la primera. No obstante al final se logró que el motor girara hasta la ranura de los engranes con el controlador.

Por otra parte, durante la simulación de MatLab y Simulink se obtuvieron los siguientes resultados cuando la señal tuvo un comportamiento periódico sostenido:

Para el controlador P se encontraron los valores  $K_u = 256$  y por lo tanto la ganancia  $K_p = 128$ . Se llegó a este número  $K_u$  ya que los valores con los que de estaba probando eran potencias de 2. Al llegar a este valor vimos que el comportamiento de la curva ya no tenía variaciones. El período de oscilación encontrado fue  $P_u = 22,6ms$ . A partir de estos valores se obtuvieron a través del método Ziegler-Nichols los siguientes valores para el control PI la ganancia  $K_p = 58,18$  y la ganancia  $K_i = 18,83$ . Finalmente, para el control PID el valor de las ganancias fue de  $K_p = 150,58$ ,  $K_i = 11,30$  y  $K_d = 2,83$ .

En las siguientes figuras se muestra el comportamiento de las señales mostrado por el osciloscopio. En la primera

vemos una señal que pasa de forma limpia por los OpAmps y en la segunda una señal con ruido. Cabe destacar que al principio de la señal se nota una fuerte oscilación debido a que  $K_u = 256$  fue un número arbitrariamente grande, y el comportamiento periódico sostenido se empezaba a encontrar a partir de valores como  $K_u = 150$  aproximadamente.

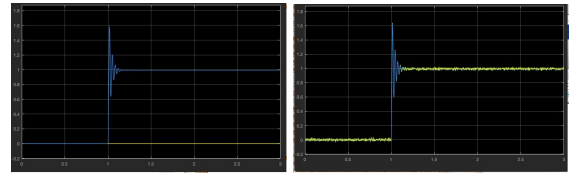


Fig 1: Control PID digital en Simulink

### 5. CONCLUSIONES

**Arlet:** El funcionamiento de los controladores P, PI y PID ilustran de una manera muy evidente como funcionan los OpAmps para el acondicionamiento de los señales. Durante la simulación fue muy fácil modelar el comportamiento que queríamos obtener. Por otro lado, al hacer la implementación del controlador analógico el proceso fue más complicado, pues teníamos que escoger las resistencias que produjeran ganancias similares a las de la simulación. Además, los componentes electrónicos no siempre funcionan de la manera ideal, por lo que la implementación analógica no funcionó exactamente igual que el modelo simulado.

**Alexis:** Para lograr hacer que un dispositivo funcione de la manera en que se espera es necesario hacer un control adecuado. Uno de las observaciones más importantes es que *no sabemos la función de transferencia de la planta* y sólo conocemos su comportamiento por lo que el diseño de un controlador analógico es mucho más sutil que el diseño digital.

### 6. ROL O PAPEL

**Arlet:** Implementación de la simulación en Simulink y la implementación de los tres distintos tipos de OpAmps.

**Alexis:** Implementación de la función de MatLab y el circuito de los controlador analógico

### 7. FUENTES CONSULTADAS

[1] Departamento de Informática de la Universidad de La Laguna. Introducción a MatLab. Descripción de Matlab. [En línea]. Disponible en: <http://nereida.dei.uc3m.es/pcgull/ihui01/cdrom/matlab/contenido/node2.html>

[2] Wikipedia. Simulink. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Simulink>

[3] Wikipedia. Amplificador Operacional. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)

[4] Romero, J. Principios de Mecatrónica. Acondicionamiento de señales. Clase 13-19. 2019.

[5] Motor DC. [En línea]. Disponible en: <http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/>

[6] Potenciometro. [En línea]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electronica/potenciometro.html>

[7] Benites, H. ANEXO 1: SINTONIZACION A TRAVÉS DEL METODO DE ZIEGLER-NICHOLS. [En línea]. Disponible en:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6185/BENITES\\_HUMBERTO\\_DISE](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6185/BENITES_HUMBERTO_DISE)