|  |  |
| --- | --- |
| **Asignatura:** Sistemas embebidos de control automático | **Nivel:** 7mo |
| **TEMA:** Diseño del controlador de voltaje de un sistema electromecánico. Motor DC | **Componente practico Nº:** 3 |
| Práctica de laboratorio | **Número de horas asignadas:** 2 |
| 1. **INTRODUCCIÓN:**   Dentro de la ingeniería de sistemas, un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Existen dos clases comunes de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo abierto la salida no interviene en la acción de control; mientras que en los de lazo cerrado si se va a requerir conocer la salida para ejercer el control del sistema. Un sistema de lazo cerrado es llamado también sistema de control con realimentación. | |
| 1. **OBJETIVO** **GENERAL:**  |  |  | | --- | --- | | * 1. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** | **Nivel\*** | | Diseñar controlador de voltaje de un sistema electromecánico (Motor DC). | A | | Validar el funcionamiento del controlador mediante las pruebas MIL, SIL, PIL, y HIL | M |   \*Alto(A), Medio (M), Bajo (B) | |
| 1. **DEFINICIONES:**   **Las pruebas que debe pasar el controlador son: MIL** (model in the loop)**.** Consiste en verificar el funcionamiento del controlador en el dominio de la simulación. El modelo de la planta debe considerar toda la dinámica del sistema. **SIL** (software in the loop). La validación se del sistema se realiza en el computador en donde se diseño el controlador, pero la función de transferencia del controlador es cambiada por el código (C/C++). **PIL** (processor in the loop). EL código del controlador se ejecuta en el computador embebido y el modelo de la planta en el computador en donde se diseño el sistema de control. HIL (hardware in the loop). Se conecta la planta real al computador embebido y se verifica el funcionamiento del controlador en tiempo real. En el computador se monitorea la dinámica del sistema. | |
| 1. **Prerrequisitos:**   Circuitos I, Modelado de sistemas dinámicos**,** Ingeniería de Control. | |
| 1. **Preguntas previas:**  * Describa el proceso de comunicación entre el modelo de la planta en Simulink y el código del controlado en Arduino. * ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los métodos de integración del rectángulo y del trapecio? * ¿Cómo se determina la velocidad de un motor DC mediante un encoder de cuadratura? | |
| 1. **MÉTODO/PROCEDIMIENTO**   Para el modelo del motor de la figura 1, mediante identificación de parámetros se obtuvo la siguiente función de transferencia.   |  |  | | --- | --- | |  |  |  |  |  | | --- | --- | | a) | Tabla  Descripción generada automáticamente  b) | | **Figura 1**. Motor de DC a) vista del motor. b) Parámetros del motor | |   El motor gira a una velocidad de 6200 RPM cuando se alimenta con un voltaje de 6V DC. Considerando la reducción, el motor gira a 170 RPM cuando la entrada de voltaje es de 5V. Las especificaciones del motor se indican en la figura 1.b) y en la dirección electrónica del vendedor del [motor](https://www.pololu.com/product/2280)  **Parte a** Controlador PI  Diseñe el sistema de control de velocidad del motor. Utilice los parámetros de diseño ts <= (0.12 + N\*(0.01)/27)s y Mp <= (20 - A\*2/27)%; N es número de la primera letra del primer nombre y A es el número de la primera letra del primer apellido (ejm. Guillermo Mosquea, N =23 ; A = 2). Realizar la simulación del funcionamiento del controlador en Simulink.   |  | | --- | | Diagrama  Descripción generada automáticamente | | **Figura 2**. Sistema eléctrico análogo al motor de la figura 1.a. |   Considere que el motor con la reducción se puede modelar con el diagrama mostrado en la figura 2. El motor DC se encuentra en la librería Rotational Actuators del paquete Electrical, el bloque GB en la librería Mechanism de Mechanical, y RS en Mechanical Sensors. Los parámetros del motor y del bloque GB se muestran a continuación.   |  |  | | --- | --- | | Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación  Descripción generada automáticamente | Imagen que contiene Tabla  Descripción generada automáticamente | | **Figura 3.** Configuración del bloque DC motor | |  |  | | --- | | Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación, Chat o mensaje de texto  Descripción generada automáticamente | | **Figura 4**. Configuración del bloque GB |   Con los resultados del modelado del diseño del sistema de control, implemente el controlador PI analógico similar al mostrado en la figura 5.   |  | | --- | | Diagrama  Descripción generada automáticamente | | **Figura 5**. Implementación del circuito de control analógico de un circuito eléctrico RRC |   En la siguiente tabla complete los nominales obtenidos para su controlador   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **N** | **Elemento** | **Nominal** | | 1 | Resistencia R1 |  | | 2 | Resistencia R2 |  | | 3 | Resistencia R4 |  | | 4 | Capacitor C |  |   En Simulink realice la simulación completa del sistema de control.  Capture los resultados de la simulación: el error de regulación, el voltaje luego del controlador, y la salida del motor (velocidad angular en RPM).  **Parte b** Control PI embebido  Realice la prueba MIL (2 puntos)  Realice la prueba SIL, implemente el código del controlado PI.  Realice la prueba PIL, implemente el código en Arduino y compare con los resultados del modelo matemático en Simulink. Utilice la comunicación serial.  Muestre los resultados de la comparación de cada una de las pruebas con el modelo matemático del sistema de control  **Parte c** Control On/Off  Reemplace el controlador PI por un regulador On/Off. Implemente el controlador On/Off mediante amplificadores operacionales.  Realice la simulación del controlador On/Off.  **Cuestionario.**  ¿Cuáles de las dos estrategias tienen el ts más rápido? Justificar.  ¿Cuál de las estrategias tiene el Mp menor? Justificar.  Indicaciones: Enviar la tarea en formato nombre\_apellido.pdf, utilice el formato de informe de actividad. | |
| 1. **EQUIPOS Y MATERIALES:**  * 1 motor DC con ecoder. * Fuente de 24 V * Puente H * Matlab/Simulink. * Tarjeta Arduino para la implementación del controlador embebido. | |
| 1. **CONDICIONES DE SEGURIDAD:**   Obligatoriamente tener la guía de práctica antes de conectar los materiales. Usar herramientas con mango aislado para evitar contactos mal deseados. Conocimientos previos sobre la práctica. Observar minuciosamente las conexiones y configuraciones de los circuitos propuestos. | |
| 1. **CUESTIONARIO DE INVESTIGACIÓN:**  * ¿Cuándo utilizar la estrategia On/Off y cuándo usar el controlador PID? * Describa las ventajes de cada estrategia, concetrese en el consumo de la energía para realizar cada una de las estrategias. * Cuál debe ser el sample\_time en la tarjeta Arduino para obtener los mismos resultados que en la prueba MIL | |
| **10. RESULTADOS DE APRENDIZAJE**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Resultados de aprendizaje de la carrera** | **Resultados de aprendizaje de la asignatura** | **Resultados de aprendizaje de la práctica** | **Nivel del aprendizaje de la práctica** | | Diseñar procesos y sistemas automáticos de manufactura, aplicando distintas herramientas de modelado y simulación buscando su eficiencia y eficacia. | Proponer alternativas aplicables al proyecto mecatrónico, según especificaciones y restricciones presentadas por el cliente (costo, tiempo, energías disponibles, espacio y demás consideradas) | Comparar diferentes estrategias de control | **M** | | Crear sistemas mecatrónicos autónomos, capaces de adquirir, procesar y actuar de acuerdo a estímulos externos cumpliendo los requerimientos de un producto o servicio. | Transformar problemas en objetivos de diseño para dar respuesta a la solución de problemas o situaciones concretas. | Verificar el funcionamiento del controlador | **A** |   \*Alto(A), Medio (M), Bajo (B) | |
| **11.- BIBLIOGRAFÍA:**   1. Petkov, P. H. (2018). Design of Embedded Robust Control Systems Using Matlab / Simulink (1ra ed.). Editorial The Institution of Engineering and Technology. 2. Cheng. S. C. (2019). Embedded mechatronics System Design for Uncertain Environments (1ra ed.). Editorial The Institution of Engineering and Technology. 3. Reyes, F. (2015). Arduino Aplicaciones en Robótica Mecatrónica e Ingenierías. (1ra ed.). Editorial Alfaomega. | |
| **12. RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **ASPECTOS A EVALUAR** | **Valor** | **100%** | **75%** | **50%** | **25%** | **0%** | | **Preparación previa a la actividad de Componente práctico experimental** | 2.5 | El estudiante o el grupo:  Responde eficientemente a las preguntas realizadas sobre el desarrollo del componente práctico.  Tiene el material indispensable para la realización de las actividades (descarga de algún software, conseguir materiales necesarios para la actividad, etc.). | El estudiante o el grupo:  responde eficientemente a las preguntas realizadas sobre el desarrollo del componente práctico.    Tiene parte del material indispensable para la realización de las actividades (no se ha descargado el software, no se ha conseguido todo el material necesario para la actividad, etc.). | El estudiante o el grupo:  Responde parcialmente las preguntas realizadas sobre el desarrollo del componente práctico.  Tiene parte del material indispensable para la realización de las actividades. (no se ha descargado el software, no se ha conseguido todo el material necesario para la actividad, etc.). | El estudiante o el grupo  responde parcialmente las preguntas y no ha conseguido el material indispensable para realizar las actividades | El estudiante o el grupo no responde las preguntas realizadas sobre el desarrollo del componente práctico.  No tiene el material para realizar las actividades | | **Desempeño del alumno en base a conocimientos demostrados** | 2.5 | El estudiante o el grupo:  realiza perfectamente las actividades.  Tiene seguridad en su desempeño.  Realiza los cálculos de manera adecuada  Demuestra su conocimiento para completar las actividades propuestas. | Realizan tres de los cuatro ítems | Realizan dos de los cuatro ítems | Realizan uno de los cuatro ítems | Los estudiantes no responden las preguntas que se realizan, no prenden la cámara o comparten pantalla por lo tanto no se evidencia que están trabajando en clase. | | **Resultados obtenidos de la práctica** | 2.5 | El equipo presenta:  La información en la hoja de resultados.  Todos los elementos requeridos  Los cálculos bien realizados  Los resultados obtenidos con las unidades correspondientes. | El equipo presenta tres de los cuatro ítems | El equipo presenta dos de los cuatro ítems | El equipo presenta uno de los cuatro ítems | El equipo envía la hoja de resultados fuera de tiempo | | **Comportamiento del equipo durante la práctica** | 2.5 | El equipo presenta:  Perfecto orden durante el desarrollo de las actividades.  Respeto hacia sus profesores y hacia sus compañeros.  Cuidado en el uso de herramienta, utensilios y materiales de trabajo.  Acata las instrucciones del profesor y de los reglamentos internos del entorno de aprendizaje | El equipo presenta tres de los cuatro ítems | El equipo presenta dos de los cuatro ítems | El equipo presenta uno de los cuatro ítems | El estudiante no asiste a la práctica | | |