
Índice de Contenidos

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 INTRODUCCION | 12 |
| 1.1 El problema (o la oportunidad) | 13 |
| 1.2 Objetivo General | 13 |
| 1.3 Objetivos específicos | 13 |
| 1.5 Alcances y limitaciones | 15 |
| Capítulo 2 MARCO TEORICO | 16 |
| 2.1 Inducción electromagnética | 17 |
| 2.2 Frenos dinamométricos | 17 |
| 2.2.1 Tipos de frenos | 17 |
| 2.2.2 Sistema adquisición de datos | 21 |
| Capítulo 3 MECANICA DEL FRENO ELECTRICO | 23 |
| 3.1 Generador eléctrico: | 24 |
| 3.2 Eje rotor | 25 |
| 3.3 Soporte voladizo de estator | 26 |
| 3.4 Flanche sujetador | 27 |
| 3.5 Sistema brazo medición de torque | 27 |
| 3.6 Acoplamiento de ejes | 28 |
| 3.7 Cálculos para escoger los rodamientos que soportan el rotor y estator del generador eléctrico. | 30 |
| Capítulo 4 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA DEL FRENO ELECTRICO..... | 34 |
| 4.1 Rectificador | 35 |
| 4.2 Convertidor Buck | 36 |
| 4.3 Medición de velocidad | 44 |
| 4.4 Medición de torque | 46 |
| 4.5 Sensor corriente | 52 |
| 4.6 Programación interfaz grafica, control y monitoreo | 53 |
| Capítulo 5 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO | 58 |
| 5.1 Resultados | 59 |
| 5.2 Conclusiones | 65 |
| 5.3 Trabajos futuros | 65 |
| Anexo A ESPECIFICACIONES RODAMIENTOS UTILISADOS | 68 |
| Anexo B PLANOS MECANICOS | 71 |

| | | |
|---------|---------------------------------|-----|
| Anexo C | CODIGO G PIEZAS MECANICAS | 76 |
| Anexo D | LABVIEW+ARDUINO | 88 |
| Anexo E | TARJETA PMD-1208LS | 104 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Imagen Freno de Prony (extraído de [3])..... | 18 |
| Figura 2.2 Freno Hidráulico utilizado en un banco de pruebas (extraído de [4])..... | 18 |
| Figura 2.3 Freno eléctrico en un banco de pruebas (extraído de [6])..... | 20 |
| Figura 3.1 Moto generador 1100 [W]..... | 24 |
| Figura 3.2 Diseño proyectado del freno | 25 |
| Figura 3.3 Eje rotor..... | 25 |
| Figura 3.4 Soporte voladizo estator | 26 |
| Figura 3.5 Flanche sujetador | 27 |
| Figura 3.6 Sistema brazo medición de torque | 28 |
| Figura 3.7 Ilustración medición de torque..... | 28 |
| Figura 3.8 Acoplamiento flexible de cadena | 29 |
| Figura 3.9 piezas mecánicas Freno Eléctrico | 29 |
| Figura 3.10 Estructura Freno Eléctrico..... | 30 |
| Figura 3.11 Diagrama de fuerza en corte y momento flector en MDSolids. Para obtener las fuerzas en corte que deben soportar los rodamientos. Actuando el peso del generador en su centro..... | 31 |
| Figura 3.12 Diagrama de fuerza en corte y momento flector en MDSolids. Para obtener las fuerzas en corte que deben soportar los rodamientos .Actuando el peso del generador como una fuerza distribuida | 32 |
| Figura 3.13 Diagrama de fuerza en corte y momento flector en MDSolids. Para obtener las fuerzas en corte que deben soportar los rodamientos .Actuando el peso del rotor como una fuerza distribuida | 33 |
| Figura 4.1 Esquemático rectificador..... | 35 |
| Figura 4.2 Board rectificador | 35 |
| Figura 4.3 Placa rectificador..... | 36 |
| Figura 4.4 Convertidor Buck. Obtenida de la simulación en PSIM | 36 |
| Figura 4.5 Gráfica del voltaje con un rizado del 4,8% | 40 |
| Figura 4.6 gráfica corriente de salida con un rizado del 4.3% | 40 |
| Figura 4.7 Resistencias de potencia..... | 41 |
| Figura 4.8 PWM ARDUINO..... | 42 |
| Figura 4.9 Esquemático circuito disparo con fibra óptica..... | 43 |
| Figura 4.10 Board realizado con Eagle 5.1 del circuito de disparo con fibra óptica..... | 43 |
| Figura 4.11 Placa circuito de disparo con fibra óptica | 44 |
| Figura 4.12 . Esquemático sensor de velocidad realizado en Eagle 5.1 | 45 |
| Figura 4.13 Board del sensor de velocidad realizado en Eagle 5.1 | 45 |
| Figura 4.14 Placa construida del sensor de velocidad..... | 45 |
| Figura 4.15 Instalación celda de carga | 46 |
| Figura 4.16 Celda de carga con comportamiento como viga en flexión y ubicación de la cinta extensométrica | 47 |
| Figura 4.17 Configuración puente de wheatstone de la cinta extensométrica en la celda de carga..... | 47 |
| Figura 4.18 Esquemático circuito amplificador señal celda de carga | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.19 Board circuito amplificador señal celda de carga | 48 |
| Figura 4.20 Placa circuito amplificador señal celda de carga | 49 |
| Figura 4.21 Esquemático fuente de 5 [V] regulable..... | 49 |
| Figura 4.22 Board fuente 5 [V] regulable..... | 50 |
| Figura 4.23 Placas fuentes 5 [V] regulables | 50 |
| Figura 4.24 Calibración celda de carga para medición de torque | 52 |
| Figura 4.25 Esquemático sensor corriente..... | 52 |
| Figura 4.26 Board sensor de corriente..... | 53 |
| Figura 4.27 Placa sensor de corriente..... | 53 |
| Figura 4.28 Interfaz hombre-Maquina..... | 55 |
| Figura 4.29 Programación valor duty cycle PWM..... | 56 |
| Figura 4.30 Lectura canal analógico del ARDUINO | 56 |
| Figura 4.31 Programación en diagrama de bloques del censado de velocidad | 57 |
| Figura 4.32 Programación completa del sistema..... | 57 |
| Figura 5.1 Imagen del producto final (freno Electrico)..... | 59 |
| Figura 5.2 Imagen del producto final (freno Electrico)..... | 59 |
| Figura 5.3 Imagen del producto final (Freno Electrico) | 60 |
| Figura 5.4 Interfaz grafica..... | 60 |
| Figura 5.5 Ubicación sensores electricos..... | 61 |
| Figura 5.6 Grafica Frenado v/s Torque. | 62 |
| Figura 5.7 Grafica Frenado v/s potencia mecánica..... | 62 |
| Figura 5.8 Grafica Frenado v/s Corriente 1..... | 63 |
| Figura 5.9 Grafica Frenado v/s Voltaje 2..... | 63 |
| Figura 5.10 Grafica Frenado v/s Corriente 2..... | 64 |

Glosario de Términos

Par: El par motor o torque es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

Código G: G-code es el nombre que habitualmente recibe el lenguaje de programación más usado en Control numérico (CNC)

Software: Es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados, que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.

Software Mdsolids: Programa educacional para el cálculo de vigas a flexión, estructuras de barras, torsión y propiedades de secciones.

Hardware: El término hardware se refiere a todas las partes tangibles de un sistema informático.

Rotor: El rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea ésta un motor o un generador eléctrico. Junto con su contraparte fija, el estator, forma el conjunto fundamental para la transmisión de potencia en motores y máquinas eléctricas en general.

Centroide: Centro de masa de un objeto con densidad uniforme.

Buck: Convertidor Buck (o reductor) es un convertidor de potencia dc-dc, que se obtiene a su salida un voltaje continuo menor que a su entrada.

Ciclo de trabajo: o duty cycle, en electrónica, el ciclo de trabajo, ciclo útil o régimen de trabajo es la fracción de tiempo donde la señal es positiva o se encuentra en estado activo.

Rizado: El rizado, algunas veces llamado fluctuación o ripple (del inglés), es la pequeña componente de alterna que queda tras rectificarse una señal a corriente continua.

IGBT: El transistor bipolar de puerta aislada (IGBT, del inglés Insulated Gate Bipolar Transistor) es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia.

PWM: La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

A: El amperio o ampere (símbolo A), es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Forma parte de las unidades básicas en el Sistema Internacional de Unidades y fue nombrado en honor al matemático y físico francés André-Marie Ampère.

V: El voltio, o volt (símbolo V), es la unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico, la fuerza electromotriz y la tensión eléctrica. Recibe su nombre en honor a Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la pila voltaica, la primera batería química.

W: El vatio (en inglés y también en español: watt)¹ es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W.

F: Se denomina faradio o farad (símbolo F), en honor a Michael Faraday, a la unidad de capacidad eléctrica del Sistema Internacional de Unidades (SI).

H: Un henrio o henry (símbolo H) es la unidad para la inductancia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades.

Hz: El hercio, hertzio o hertz (símbolo Hz), es la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades. Un hercio representa un ciclo por cada segundo, entendiendo ciclo como la repetición de un suceso.

kg: El kilogramo o quilogramo¹ (símbolo kg) es la unidad básica de masa del Sistema Internacional de Unidades (SI)

N: En física, un newton (símbolo: N) es la unidad de fuerza en el Sistema Internacional de Unidades. El newton se define como la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1 m/s^2 a un objeto de 1 kg de masa.