

Proyecto integrador Baler Belt

Johan E. Peña, Braham J. Garzón, David S. Verano, Juan D. Sanchez, y Brandon S. Ordoñez.

Resumen

Este documento describe el desarrollo de un sistema automatizado para una máquina embaladora de correas. Se investigaron y seleccionaron varios tipos de sensores y motores que garantizan un funcionamiento eficiente y preciso.

Entre los sensores utilizados se encuentran el Sensor de Proximidad Inductivo y el Sensor Ultrasónico, los cuales permiten detectar objetos y medir distancias de forma exacta. Estos sensores son esenciales para asegurar el correcto posicionamiento de las correas durante el proceso de embalaje.

En cuanto a los motores, se optó por Motores de Corriente Continua (DC), los cuales permiten un control suave y preciso de la velocidad, así como Servomotores, que destacan por su precisión en el control de movimientos. Estos motores son cruciales para gestionar el movimiento de las correas en el proceso de embalaje.

El proyecto también incluye el control de variables como la velocidad, la distancia y la fuerza aplicada al sistema, que se monitorean con sensores y motores seleccionados. La investigación concluyó que la combinación de estos componentes permite crear un sistema confiable y adaptable para el mercado de embaladoras de correas.

Este proyecto ofrece una solución innovadora que mejora los procesos de embalaje de la industria al mismo tiempo que optimiza los recursos y el tiempo.

Summary

This document describes the development of an automated system for a belt wrapping machine. Various types of sensors and motors were investigated and selected to ensure efficient and accurate operation.

Among the sensors used are the Inductive Proximity Sensor and the Ultrasonic Sensor, which allow the detection of objects and the accurate measurement of distances. These sensors are essential to ensure the correct positioning of the belts during the packaging process.

About the motors, Direct Current (DC) Motors were chosen, which allow for smooth and precise speed control, as well as Servo Motors, which stand out for their precision in controlling movements. These motors are crucial to manage the movement of the belts in the packaging process.

The project also includes the control of variables such as speed, distance and force applied to the system, which are monitored with selected sensors and motors. The research concluded that the combination of these components allows for the creation of a reliable and adaptable system for the belt wrapping market.

This project offers an innovative solution that improves the industry's packaging processes while optimizing resources and time.

Sensores y Motores en la Automatización de una Embaladora de Correas

Los sensores son dispositivos fundamentales en los sistemas automatizados porque apoyan la interacción entre el entorno físico y el sistema de control.

Actúan como interfaces que convierten diferentes tipos de señales físicas o químicas en datos que pueden ser interpretados por el sistema de control. Esto permite un monitoreo y ajuste preciso de variables ambientales como presencia, distancia, temperatura, presión, humedad y otros parámetros importantes. En un sistema automatizado, los sensores le permiten medir y detectar cambios en el entorno o el estado de los componentes del sistema. Por ejemplo, en la aplicación específica de las máquinas envasadoras con cinta, los sensores desempeñan un papel clave a la hora de mejorar la precisión y la eficiencia del proceso de envasado.

2. Detección de Presencia: Los sensores de proximidad son capaces de detectar la presencia de correas en diferentes puntos del sistema. Esta detección es esencial para asegurar que las correas estén correctamente posicionadas antes de iniciar el proceso de embalaje, evitando errores y garantizando un flujo de trabajo continuo y sin interrupciones.

3. Medición de Distancia: Los sensores de distancia, como los ultrasónicos o láser, permiten medir con precisión la distancia entre diferentes componentes del sistema, como entre las correas y los mecanismos de embalaje. Esta capacidad es vital para asegurar que las correas sean embaladas de manera uniforme y para ajustar el proceso en tiempo real según sea necesario, manteniendo la calidad y la consistencia del producto final.

4. Monitoreo de Condiciones Ambientales: Sensores de temperatura y humedad monitorean las condiciones ambientales en las que opera la embaladora. Estos sensores garantizan que el ambiente sea adecuado para el proceso de embalaje y que las correas y otros materiales no se vean afectados negativamente por cambios en las condiciones ambientales.

5. Control de Procesos: Los datos proporcionados por los sensores se envían al sistema de control automatizado, que utiliza esta información para tomar decisiones operativas en tiempo real. Esto permite ajustar parámetros del proceso, realizar correcciones automáticas y optimizar el funcionamiento

general del sistema, lo que resulta en una operación más eficiente y con

menor necesidad de intervención manual.

1.1. Sensor de Proximidad Inductivo

Un sensor de proximidad inductivo es un dispositivo que detecta la presencia de objetos metálicos sin necesidad de contacto físico, aprovechando los principios de inducción electromagnética. Estos sensores generan un campo electromagnético a través de una bobina, y cuando un objeto metálico entra en este campo, se induce una corriente en el objeto, alterando el campo magnético y, por lo tanto, activando el sensor.

El sensor de proximidad inductivo es especialmente útil en ambientes industriales debido a su alta durabilidad y resistencia a condiciones adversas como polvo, suciedad o vibraciones. En el contexto de la embaladora de correas, este sensor será

clave para detectar la presencia de correas metálicas, asegurando que las correas estén posicionadas correctamente antes del proceso de embalaje. Además, garantiza que no haya contacto físico con los componentes, lo cual reduce el desgaste del sensor y de las piezas.

Principio de funcionamiento:

1. El sensor genera un campo electromagnético a través de una bobina.
2. Cuando un objeto metálico entra en el rango del campo, se genera una corriente de Foucault en el objeto, lo que altera el campo electromagnético.
3. Esta alteración es detectada por el circuito del sensor, que activa la señal de salida.

Ventajas:

- Resistencia a condiciones adversas (polvo, humedad, etc.).
- Alta durabilidad.
- Rango de detección ajustable para objetos metálicos.

Aplicaciones en el proyecto:

- Detección de correas metálicas en las fases de colocación y ajuste.
- Verificación de la alineación de piezas metálicas en la máquina.

1.2. Sensor Ultrasónico

El sensor ultrasónico es un dispositivo que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia (generalmente por encima de 20 kHz) para medir distancias. Funciona emitiendo un pulso ultrasónico que se refleja en el objeto a medir, y el tiempo que tarda el pulso en regresar al sensor es proporcional a la distancia entre el sensor y el objeto.

Este sensor es muy adecuado para detectar objetos que no son metálicos o que están fuera del alcance de sensores inductivos o capacitivos. Además, los sensores ultrasónicos son muy precisos y no se ven afectados por las condiciones de iluminación ni por el color o material del objeto, lo que los hace extremadamente versátiles en aplicaciones industriales.

En el proyecto de la embaladora de correas, el sensor ultrasónico se utilizará para

Medir la distancia entre las correas y otros componentes, lo que permitirá ajustar el proceso de embalaje en función de la posición de los objetos. Este tipo de medición es fundamental para evitar errores en el proceso y garantizar que las correas estén bien alineadas y empaquetadas correctamente.

Principio de funcionamiento:

1. El sensor emite un pulso ultrasónico.
2. El pulso se refleja en el objeto.
3. El sensor mide el tiempo que tarda el pulso en regresar.

Ventajas:

- No es sensible al color o material del objeto.
- Medición precisa de distancias.
- Ideal para objetos que no son metálicos.

Aplicaciones en el proyecto:

- Medición de la distancia entre las correas y los mecanismos de sujeción.
- Detección de correas no metálicas y componentes no conductores.
- Control de espacios entre los componentes para evitar colisiones.

1.3. Otros Sensores Para Considerar

Sensor Óptico: Los sensores ópticos utilizan la luz para detectar la presencia de objetos. Están compuestos por un emisor y un receptor de luz, y cuando un objeto interrumpe el haz de luz, se genera una señal de detección. Son útiles para detectar objetos no metálicos o en aplicaciones donde el material de las correas es transparente o reflectante.

Sensor Capacitivo: Detectan cualquier tipo de material, ya sea metálico o no. Funcionan midiendo cambios en la capacitancia causada por la presencia de un objeto en su proximidad. Pueden complementar a los sensores inductivos para detectar correas de materiales no metálicos.

Sensores de Fuerza o Presión: Permiten detectar la presión o fuerza aplicada en una superficie, lo que puede ser útil para controlar la tensión de las correas o verificar que están correctamente sujetas en el proceso de embalaje.

2. Motores

Los motores son dispositivos que convierten la energía eléctrica en movimiento mecánico, y son fundamentales en sistemas de automatización para controlar el movimiento de componentes. Dependiendo de los requisitos de precisión, velocidad y fuerza, es posible elegir entre varios tipos de motores. A continuación, se detallan los principales tipos de motores aplicables al proyecto de la embaladora de correas.

2.1. Motor Paso a Paso

El motor paso a paso es un tipo de motor que se mueve en pasos discretos o "incrementos" predeterminados. A diferencia de los motores de corriente continua o alterna, donde el movimiento es continuo, los motores paso a paso permiten un control exacto del ángulo de rotación. Esto es especialmente útil en aplicaciones que requieren posicionamiento preciso, como es el caso de la embaladora de correas, donde es fundamental que las piezas se muevan de manera controlada para evitar errores en el empaquetado.

Principio de funcionamiento:

1. El rotor del motor está compuesto por imanes, mientras que el estator tiene bobinas que son energizadas en secuencia.
2. Al aplicar corriente a las bobinas en un orden específico, el rotor se mueve en pasos predeterminados.
3. El número de pasos por revolución es fijo, lo que permite un control preciso del movimiento.

Ventajas:

- Alta precisión en el posicionamiento.
- Control sin necesidad de un sistema de retroalimentación (feedback).
- Fácil integración con microcontroladores como Arduino.

Aplicaciones en el proyecto:

- Control preciso de las correas en el proceso de alineación.
- Movimientos precisos de los mecanismos de sujeción o liberación.

2.2. Motor de Corriente Continua (DC)

Los motores de corriente continua son sencillos de controlar y proporcionan un movimiento continuo. Funcionan aplicando una corriente eléctrica directa a las bobinas del motor, lo que genera un campo magnético que rota el rotor. La velocidad del motor se puede controlar variando la tensión de alimentación o utilizando técnicas de modulación por ancho de pulso (PWM).

Principio de funcionamiento:

1. La corriente eléctrica pasa a través de las bobinas en el rotor, generando un campo magnético.
2. El rotor gira debido a la interacción entre el campo magnético del rotor y el del estator.
3. La velocidad se controla variando la tensión o utilizando PWM.

Ventajas:

- Fácil de controlar.
- Disponible en una amplia gama de tamaños y potencias.
- Adecuado para aplicaciones de movimiento continuo.

Aplicaciones en el proyecto:

- Mover cintas transportadoras dentro de la embaladora.
- Controlar mecanismos de alimentación de correas.

2.3. Motor de Corriente Alterna (AC)

Los motores de corriente alterna son eficientes y duraderos, siendo una opción común en aplicaciones industriales.

Funcionan con corriente alterna, y aunque su control es más complejo que los motores de corriente continua son ideales para aplicaciones que requieren movimientos continuos y sin interrupciones.

Principio de funcionamiento:

1. La corriente alterna pasa a través del estator, creando un campo magnético giratorio.
2. El rotor sigue este campo magnético, generando el movimiento.
3. Los motores AC suelen utilizar variadores de frecuencia (VFD) para controlar la velocidad.

Ventajas:

- Alta eficiencia.
- Bajo mantenimiento.
- Larga vida útil.

Aplicaciones en el proyecto:

- Aplicaciones a gran escala de transporte continuo de correas.

2.4. Servomotor

El servomotor es un tipo de motor de precisión que incluye un sistema de retroalimentación para corregir errores en la posición. Estos motores permiten un control fino y preciso del ángulo de rotación y son muy utilizados en aplicaciones que requieren un alto nivel de precisión en el posicionamiento.

Principio de funcionamiento:

1. El motor gira en respuesta a una señal de control, que indica el ángulo deseado.
2. Un sistema de retroalimentación mide la posición actual y ajusta el movimiento para corregir cualquier error.

Ventajas:

- Control de alta precisión.
- Retroalimentación constante para corrección de errores.
- Ideal para aplicaciones de posicionamiento.

Aplicaciones en el proyecto:

- Control

ESTADO DEL ARTE MAGNITUDES FÍSICAS

Medición de Longitud

1. Definición: La longitud es una magnitud física fundamental que se refiere a la extensión de un objeto en una sola dimensión. Es una medida esencial en diversas disciplinas, incluyendo la física, la ingeniería y la construcción. La longitud se mide en unidades

Reemplazar esta línea con su número de documento de identificación (hacer doble clic aquí para editar) <

estándar como metros (m), centímetros (cm) y milímetros (mm), entre otras.

para inspección y control de calidad en la fabricación.

2. Métodos de Medición:

- **Instrumentos de Medición Directa:**
 - **Reglas y Cintas Métricas:** Son herramientas simples y comunes para medir la longitud. Una regla tiene una escala graduada y se usa para medir longitudes directamente, mientras que una cinta métrica es flexible, lo que permite medir objetos curvos o irregulares. La precisión de estas herramientas depende de la calidad de la escala y la habilidad del usuario.
 - **Calibradores (Pie de Rey):** Instrumentos que permiten mediciones precisas de dimensiones internas, externas y profundidades. Consisten en una escala y un calibrador deslizante. Son especialmente útiles para mediciones detalladas en ingeniería y manufactura.
- **Instrumentos de Medición Indirecta:**
 - **Micrómetros:** Utilizados para medir dimensiones pequeñas con alta precisión, como el grosor de una lámina o el diámetro de un alambre. Funcionan mediante un tornillo micrométrico que convierte la rotación en movimiento lineal muy preciso.
 - **Láseres de Medición:** Emplean tecnología láser para medir distancias con gran precisión. El tiempo que tarda un pulso láser en reflejarse de vuelta al sensor se usa para calcular la distancia. Este método es útil para medir grandes distancias o en ambientes donde otras herramientas serían imprácticas.
 - **Sistemas de Visión Artificial:** Utilizan cámaras y software de procesamiento de imágenes para medir dimensiones. Capturan imágenes del objeto y calculan su longitud basándose en algoritmos y modelos matemáticos. Son útiles

3. Unidades de Medida:

- **Sistema Internacional (SI):** La unidad base para la longitud es el metro (m).
- **Unidades Derivadas:** Se utilizan otras unidades como el centímetro (cm), milímetro (mm) y kilómetro (km) según la magnitud de la medida requerida. Las conversiones entre estas unidades se realizan multiplicando o dividiendo por factores de diez.

4. Consideraciones:

- **Exactitud y Precisión:** La exactitud se refiere a cuán cerca está la medición del valor real o verdadero, mientras que la precisión indica la reproducibilidad de la medición bajo condiciones constantes. Un instrumento puede ser preciso pero no exacto si está descalibrado.
- **Errores de Medición:** Los errores pueden surgir de varias fuentes, incluyendo la resolución limitada del instrumento, la técnica de medición del usuario, y factores ambientales como la temperatura y la humedad.

Medición del Campo Magnético

1. **Definición:** El campo magnético es una magnitud vectorial que describe la influencia que un imán o una carga en movimiento ejerce sobre otros objetos magnéticos o conductores eléctricos. Se mide en teslas (T) o gauss (G), y su análisis es crucial en aplicaciones que van desde motores eléctricos hasta sistemas de navegación.
2. **Métodos de Medición:**
 - **Sensores Basados en Efecto Hall:** Utilizan el efecto Hall, que genera una tensión en un conductor cuando está expuesto a un campo magnético perpendicular. La magnitud del campo magnético se determina midiendo

Reemplazar esta línea con su número de documento de identificación (hacer doble clic aquí para editar) <

esta tensión. Son ampliamente utilizados en aplicaciones electrónicas y de automoción.

- Fluxímetros: Miden el flujo magnético, que es el producto del campo magnético y el área de una superficie a través de la cual el campo pasa. Estos dispositivos son útiles en la medición de campos magnéticos en transformadores y generadores.
- Magnetómetros: Instrumentos especializados que pueden medir la intensidad y dirección del campo magnético. Existen varios tipos, incluyendo magnetómetros de inducción, superconductores y de resonancia, cada uno con diferentes aplicaciones y rangos de precisión.
- Sensores de Bobina: Emplea una bobina de alambre para detectar cambios en el campo magnético mediante inducción electromagnética. La señal inducida en la bobina se usa para determinar la magnitud del campo. Se utilizan en aplicaciones como la medición de campos en entornos industriales.

3. Unidades de Medida:

- Sistema Internacional (SI): La unidad de medida del campo magnético es el tesla (T).
- Otras Unidades: El gauss (G) es otra unidad utilizada, especialmente en contextos históricos y científicos. La conversión entre teslas y gauss es $1 \text{ T} = 10,000 \text{ G}$.

4. Consideraciones:

- Dirección y Magnitud: El campo magnético es una cantidad vectorial, lo que significa que tiene tanto magnitud como dirección. Las mediciones deben tener en cuenta ambos aspectos para una descripción completa del campo.
- Interferencias: La presencia de otros campos magnéticos y materiales ferromagnéticos puede afectar las mediciones. Es esencial calibrar los instrumentos y considerar las posibles interferencias para obtener resultados precisos.

y se expresa en candelas (cd), que es la unidad del Sistema Internacional.

2. Métodos de Medición:

- Fotómetros: Instrumentos que miden la intensidad luminosa directamente, capturando la luz que incide sobre un sensor. Los fotómetros pueden ser portátiles o de laboratorio, y se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde la evaluación de la iluminación en espacios interiores hasta estudios astronómicos.
- Células fotovoltaicas: Utilizan el efecto fotoeléctrico para convertir la luz en una señal eléctrica que puede ser medida. Son comunes en la investigación y en aplicaciones donde se requiere un análisis preciso de la intensidad luminosa.
- Espectrómetros de Luz: Miden la intensidad luminosa a diferentes longitudes de onda para proporcionar un perfil espectral detallado. Son útiles para el análisis de la composición de la luz y en la investigación sobre la interacción de la luz con diferentes materiales.

3. Unidades de Medida:

- Sistema Internacional (SI): La unidad para la intensidad luminosa es la candela (cd). Esta unidad mide la potencia luminosa emitida por una fuente en una dirección específica.

4. Consideraciones:

- Ángulo de emisión: La intensidad luminosa puede variar dependiendo del ángulo en el que se mide. Es importante tener en cuenta el ángulo de emisión para obtener mediciones precisas y representativas.
- Condiciones Ambientales: Factores como la presencia de otras fuentes de luz y las condiciones atmosféricas pueden afectar las mediciones de intensidad luminosa. Es crucial realizar mediciones en condiciones controladas para minimizar estos efectos.

Medición de la Fuerza

Medición de la Intensidad Luminosa

1. **Definición**: La intensidad luminosa mide la cantidad de luz que emite una fuente en una dirección específica. Es una magnitud importante en fotometría

1. **Definición**: La fuerza es una magnitud física que describe la interacción que provoca un cambio en el estado de movimiento o deformación de un objeto. Se mide en newtons (N), que es la unidad del Sistema Internacional para esta magnitud.

2. Métodos de Medición:

- Dinamómetros: Instrumentos que miden la fuerza mediante la deformación de un resorte calibrado. La lectura del dinamómetro refleja la fuerza aplicada, y estos dispositivos son comunes en laboratorios y aplicaciones prácticas.
- Celdas de Carga: Utilizan la deformación de un material sensible para medir la fuerza aplicada, convirtiendo la deformación en una señal eléctrica. Son ampliamente utilizados en pesaje y pruebas de materiales.
- Transductores de Fuerza: Dispositivos que convierten la fuerza en una señal medible, a menudo usando tecnologías como la piezoelectricidad. Son esenciales en aplicaciones industriales y de investigación para medir fuerzas con alta precisión.

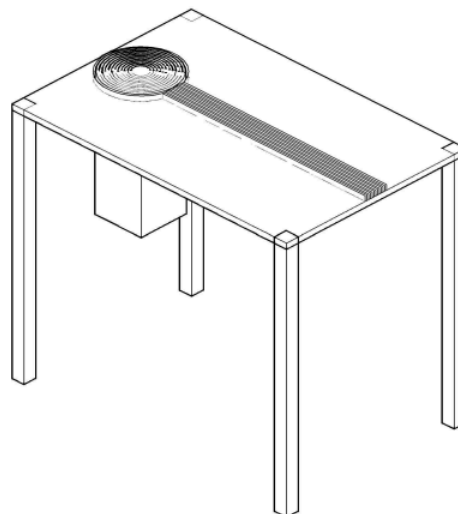
3. Unidades de Medida:

- Sistema Internacional (SI): La unidad para la fuerza es el newton (N). Un newton es la cantidad de fuerza necesaria para acelerar un kilogramo de masa a una velocidad de un metro por segundo al cuadrado.

4. Consideraciones:

- Dirección y Magnitud: La fuerza es una cantidad vectorial, lo que implica que tiene una dirección y una magnitud. Las mediciones deben capturar ambos aspectos para una representación completa de la fuerza aplicada.
- Errores de Medición: Pueden incluir errores relacionados con la calibración del instrumento, la técnica del usuario y las condiciones de prueba. Es importante realizar calibraciones regulares y seguir procedimientos de medición estandarizados para minimizar errores.

Bosquejo



Conclusiones:

El desarrollo de la máquina de marroquinería enrolladora de correas automatizada ha demostrado ser eficaz en la mejora de la eficiencia y precisión en el enrollado de correas.

Implicaciones: Los resultados indican que la implementación de esta máquina puede significativamente optimizar los procesos de producción en la industria de la marroquinería, permitiendo una mayor producción con menor intervención humana. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también puede resultar en una reducción de costos a largo plazo.

Limitaciones: la máquina presenta ciertas limitaciones, como la necesidad de mantenimiento regular y la adaptación a diferentes tamaños y tipos de correas. Además, el costo inicial de inversión puede ser elevado para pequeñas empresas.

Futuras recomendaciones: Se recomienda realizar estudios adicionales para explorar la integración de tecnologías que puedan adaptar automáticamente el proceso de enrollado a diferentes especificaciones de correas. Además, sería beneficioso investigar la posibilidad de reducir los costos de producción para facilitar su compra por parte de empresas de menor tamaño o empresas emprendedoras.

References

- [1] "Sensors and Actuators: Engineering System Instrumentation" por Clarence W. deSilva.
- Editorial: CRC Press, 2011.
Zhang, L., & Wang, Y. (2016). *Ultrasonic sensors for industrial applications*. Springer.
Hsieh, J. (2021). *Ultrasonic sensing technology: Principles and practice*. Wiley.
Chang, H. (2017). *Inductive proximity sensors: Principles and applications*. Wiley.
Korytowski, T., & Nowakowski, J. (2020). *Inductive sensors in industrial automation*. Elsevier.
Zhang, L., & Wang, Y. (2016). *Ultrasonic sensors for industrial applications*. Springer.
Hsieh, J. (2021). *Ultrasonic sensing technology: Principles and practice*. Wiley.
Bimbhra, P. S. (2018). *Electrical machinery*. Khanna Publishers.
Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2016). *Fluid mechanics: Fundamentals and applications*. McGraw-Hill.
Ogata, K. (2019). *Modern control engineering*. Prentice Hall.
Coughlin, C. E., & Driscoll, F. F. (2017). *Op-amps and linear integrated circuits*. Pearson.
- [2] 2. "Introduction to Sensors"*por John Vetelino y Karen R. Johnson.
- Editorial: CRC Press, 2011.
- [3] "Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control"*por William C. Dunn.
- Editorial: McGraw-Hill Education, 2005.
- [4] "Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications"*por Austin Hughes y Bill Drury.
- Editorial:Newnes, 2019.
- [5] "Introduction to Electric Circuits" por Richard C. Dorf y James A. Svoboda.
- Editorial: Wiley, 2014.
- [6] "Modern Control Engineering"por Ogata Katsuhiko.
- Editorial: Prentice Hall, 2010.
- [7] Alan S. Morris, "Measurement and Instrumentation Principles," 2nd ed. Oxford, U.K.: Butterworth-Heinemann, 2012.
- [8] David G. Harlow, "Introduction to Engineering Measurement," Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2008.
- [9] Michael E. Schubert, "Magnetic Field Measurement: Principles and Techniques," New York, NY: Wiley, 1997.
- [10] Christos Christopoulos, "Introduction to Electromagnetic Fields," London, U.K.: Imperial College Press, 2003.
- [11] Jim L. Baughman, "Fundamentals of Photometry," New York, NY: Wiley, 2005.
- [12] Christian B. Schaflein, "Optics and Photonics: An Introduction," Hoboken, NJ: Wiley, 2007.
- [13] Albert D. Helfrick and William D. Cooper, "Mechanical Measurements," 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2014.
- [14] J.P. Holman, "Experimental Methods for Engineers," 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2012.