

SISTEMA DE DETERMINACIÓN DE DAÑO ACUMULADO¹

Matías Gabriel Krujoski²; Germán Gabriel Linder³; Javier Ernesto Kolodziej⁴; Facundo Enrique Gonzalez⁵

¹ Trabajo de Fin de Carrera, Proyecto y Diseño Electrónico

² Autor, matiaskrujoski@gmail.com

³ Autor, germangabriellinder@gmail.com

⁴ Tutor, Dr. Ingeniero Electrónico, javierkolodziej@gmail.com

⁵ Cotutor, Mg. Ingeniero Electromecánico, facundog@fio.unam.edu.ar

Resumen

En este artículo se describe el desarrollo de un sistema de determinación de daño acumulado para ser utilizado en el túnel de viento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. Este se materializa en un módulo de medición de señales con transmisión de datos en forma inalámbrica y en un programa de determinación del daño acumulado realizado en la IDE de Labview. La implementación final del sistema se enfoca en la medición de vibraciones en perfiles alares ensayados en el túnel de viento, y mediante el procesamiento de las señales en tiempo real, la determinación del daño acumulado y estimación de la vida útil restante de los mismos.

Palabras Clave: *daño acumulado – fatiga – medición – procesamiento – galgas extensiométricas – vibraciones – vida útil.*

Introducción

Numerosas estructuras materiales en servicio se ven expuestas a cargas repetitivas; esto puede causar fatiga sobre el material con la consecuente reducción de su vida útil, y finalmente, su fractura. En este artículo se presenta una descripción del sistema de determinación de “Daño Acumulado” que está siendo desarrollado en el marco del trabajo de fin de carrera para la opción del título de Ingeniero Electrónico. El mismo se conceptualiza en dos partes complementarias: el subsistema de medición y transmisión de datos, y el subsistema de procesamiento y presentación de informes.

En general, el sistema íntegro, se ha diseñado para realizar mediciones y monitoreo remoto, con un enlace de datos inalámbrico, utilizando como sensores galgas extensiométricas en configuración de puente completo.

Metodología

Al someter la estructura alar a cargas cíclicas cuyo espectro sea totalmente aleatorio— como en la mayoría de los casos prácticos—, habrá un inminente daño por fatiga. La magnitud del daño será proporcional a la amplitud de las sollicitaciones y de su frecuencia aplicación, de tal manera que al cabo de cada ciclo de carga existirá un daño residual en la estructura material cuya gravedad dependerá de dichos factores. En este sentido, con cada ciclo de fatiga se irá incrementando el daño y acortando la vida útil de la estructura, a este daño residual de los N ciclos de carga se denomina “Daño Acumulado”.

La falla por fatiga de un componente mecánico o estructural puede acarrear consecuencias catastróficas, debido a esto es de vital importancia disponer de técnicas que permitan determinar el daño acumulado y estimar la vida útil restante de una pieza en servicio. Esto constituye la principal motivación para la realización del presente trabajo, donde se propone un sistema que permite determinar el daño acumulado debido a fenómenos vibratorios en perfiles alares.

El sistema desarrollado consta de dos partes importantes: un subsistema de medición y transmisión de datos, y un subsistema de procesamiento y presentación de informes. A continuación, en la Fig. 1, se presenta un diagrama de bloques del sistema integral.

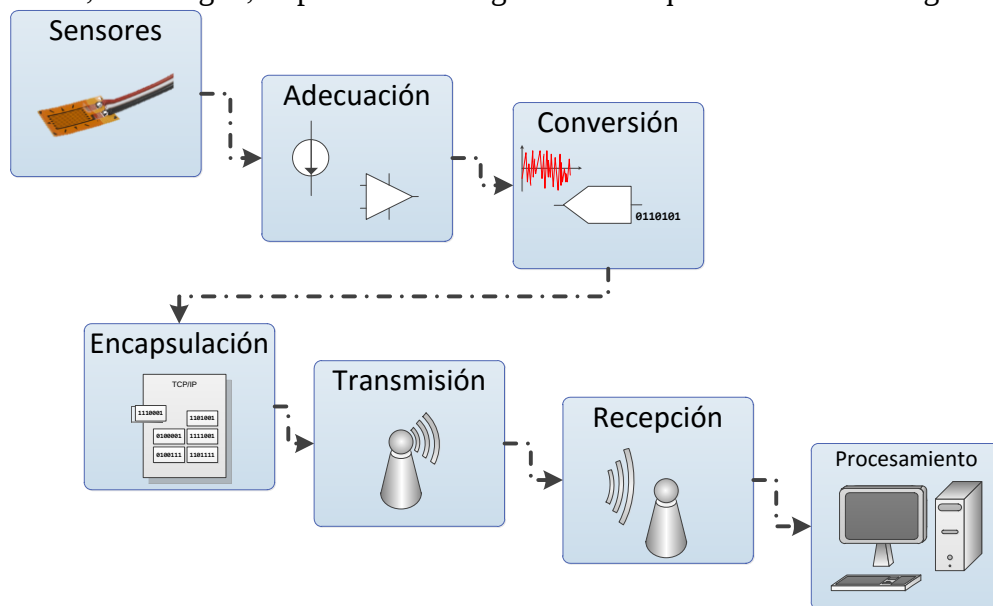


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema de determinación de daño acumulado.

El subsistema de medición y transmisión de datos integra los bloques de sensado, adecuación, conversión, encapsulación y transmisión de datos; presentados en el diagrama de bloques de la Fig. 1. Éste se materializa en un circuito electrónico de adquisición y adecuación de señales integrado por 8 ADS1220, una unidad de cómputo constituida por una Raspberry PI Modelo B+ V1.2 y una placa de red WiFi USB conectada a la unidad de cómputo. El objetivo de este subsistema es adquirir las señales vibratorias provenientes de 8 galgas extensiométricas soldadas al perfil alar y transmitir las mediante una red WiFi bajo el protocolo TCP/IP, para luego recibirlas desde una computadora personal remota y procesarlas.

El circuito desarrollado para las mediciones de vibraciones con las galgas extensiométricas se presenta a continuación en la Fig. 2.

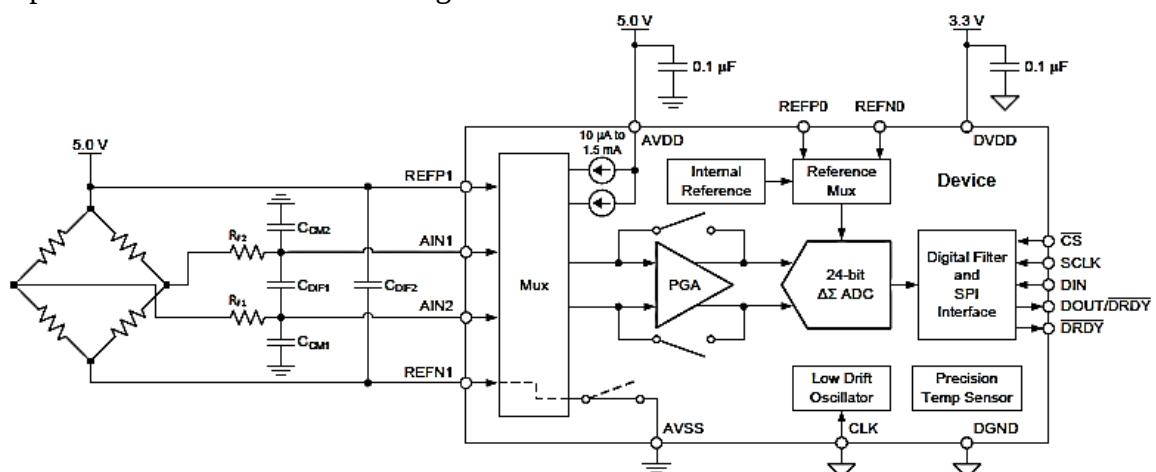


Figura 2: Circuito de medición

El circuito de medición, presentado en la figura anterior, es una aplicación del ADS1220 para mediciones en puente completo de sensores resistivos, en este caso particular se implementará sobre galgas extensiométricas.

Por otra parte, el bloque de encapsulación de datos hace referencia al manejo de las señales adquiridas, por parte de la unidad de cómputo. Para esta aplicación, se ha desarrollado un algoritmo para leer en forma secuencial y ordenada las señales provenientes de los 8 sensores y transmitirlos en forma simultánea en una sola trama TCP/IP. A continuación, en la Fig. 3 se presenta un detalle de las operaciones efectuadas en este proceso.

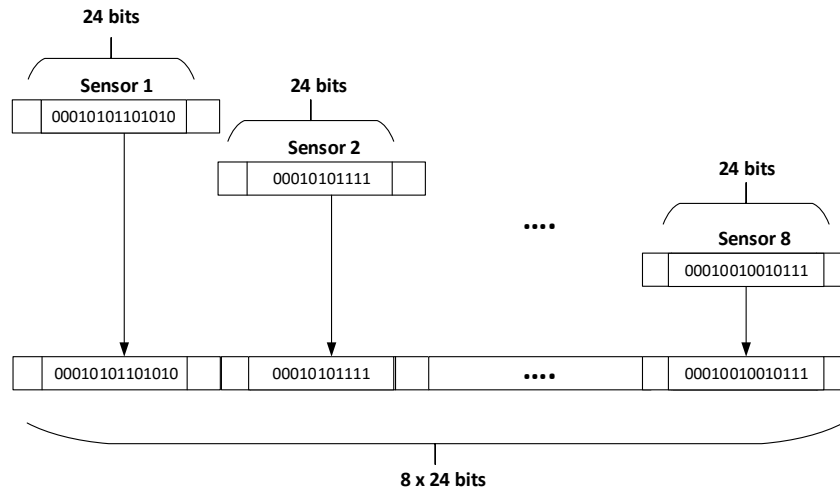


Figura 3: Diagrama del proceso de encapsulación de datos

En la Fig. 3, puede observarse que el algoritmo implementado realiza las operaciones necesarias para construir la trama TCP/IP leyendo directamente los 24 bits de datos provenientes de cada sensor y, posteriormente, los manipula de manera conveniente para encapsularlos en un solo vector de datos binario para así proceder a transmitirlos. Este método tiene la ventaja de disminuir los tiempos muertos de adquisición y mejorar la eficiencia del sistema final.

El subsistema de procesamiento y presentación de informes se materializa en un programa desarrollado en el entorno de desarrollo de Labview, este programa está pensado para ejecutarse en cualquier computadora personal bajo entorno Windows.

En general, una vez recibidas las señales en la computadora, lejos del punto de medición, el programa de procesamiento implementa el algoritmo de Rain Flow para el conteo de ciclos de fatiga. En este contexto, y con el objetivo de obtener una trazabilidad sobre los resultados finales, en el presente trabajo se utilizará como referencia la norma ASTM E1049- 85, de 1997, para el conteo de ciclos de carga. En forma paralela, el programa realiza la estimación del Daño Acumulado en el perfil alar según los ciclos de fatiga identificados, y así también su vida útil restante.

El sistema está siendo desarrollado para la realización de mediciones remotas; es decir, la computadora personal se conecta al punto de acceso WiFi creado por la propia placa de adquisición de datos (Subsistema de medición y adquisición), lejos del entorno donde se realizan las mediciones y con el programa desarrollado se efectúa el procesamiento de los datos en tiempo real.

Resultados y Discusión

Este trabajo está siendo desarrollado en la asignatura de Proyecto y Diseño Electrónico, perteneciente al último año de la carrera de Ingeniería Electrónica. Hasta el momento no se ha realizado la integración de las diferentes etapas para efectuar las pruebas del sistema conjunto; sin embargo, se han hecho pruebas sobre cada parte en forma aislada.

Entre los resultados más sobresalientes cabe destacar que la implementación del ADS1220, presenta una solución integral a la adquisición de señales provenientes de galgas

extensiométricas, ya que este circuito integrado posee amplificadores de bajo ruido y permite la adquisición en una resolución de 24bits con configuraciones de medio puente y puente completo. Lo cual lo hace óptimo para la aplicación y mejora la robustez del sistema ante el ruido eléctrico.

La interfaz de comunicaciones por WiFi, implementada, permite utilizar el sistema para mediciones remotas y en ambientes hostiles. Así mismo, al utilizar el protocolo TCP/IP el enlace de datos es seguro, ya que se incorpora corrección de errores.

Conclusiones

Estando el sistema aún en fase de desarrollo, no se disponen de conclusiones finales acerca de su funcionamiento; sin embargo, con los resultados parciales obtenidos hasta el momento, presentados en la sección anterior, se ha podido verificar que el subsistema de medición y transmisión de datos resulta sumamente robusto ante el ruido eléctrico y al ser materializado como una tarjeta de adquisición inalámbrica resultará de fácil maniobrabilidad. Además, para su construcción se están realizando los diseños con componentes electrónicos de montaje superficial, con lo cual sus dimensiones finales resultarán reducidas, esto permitirá realizar adquisiciones en ambientes hostiles y con una mínima perturbación de las condiciones del entorno.

Referencias

- International Institute of Welding. (2008). IIW-1823-07 ex XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07: Recommendations For Fatigue Design Of Welded Joints And Components.
- A.S.T.M. (2002). E 1823 - 96 Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing.
- A.S.T.M. (1997). E 1049 - 85 Standard Practices for Cycle Counting in Fatigue Analysis.
- J. A. Collins. (1993). Failure of Materials in Mechanical Design. Editorial John Wiley & Sons, New York - E.E.U.U.
- Anival Isidoro Carmona. (2000). Aerodinámica y Actuaciones del Avión. Editorial Paraninfo, Madrid - España.
- Karl Hoffmann. (1989). An Introduction to Measurements using Strain Gages. Editorial Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt - Germany.
- Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Editorial McGraw-Hill, México D.F. - México.
- Texas Instruments. (2015). ADS1220 Low-Power, Low-Noise, 24-Bit, ADC for Small-Signal Sensors (Datasheet). Dallas, Texas - E.E.U.U.