

SENSORES “MEMS” EN MOTORES ELÉCTRICOS PARTE I

Omar D. Gallo *⁽¹⁾; Alberto J. Díaz ⁽¹⁾; Andrés I. Vachetta⁽²⁾
^(1,2). UTN FR San Francisco. Av de la Universidad 501. San Francisco, Córdoba.

*E-mail del autor de contacto: odgallo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación consiste en verificar el comportamiento de sensores de estado sólido (de tecnología MEMS: sistemas micro-electro-mecánicos, siglas en inglés), que se amarran a la carcasa de un motor eléctrico para capturar y almacenar los niveles de vibraciones y las temperaturas durante largos períodos de tiempo (Fig. 1). Los datos almacenados se pueden subir a la nube virtual, para luego ser rescatados a través de un software de aplicación en cualquier PC o celular (Galindo Valenzuela, 2010)

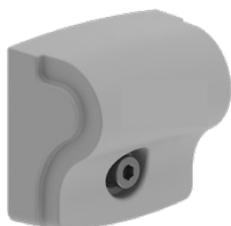


Fig. 1. Un típico sensor MEMS para motores eléctricos

Esta tecnología, Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT), es nueva en el país y su perspectiva de uso industrial es muy amplia: Ej. se puede aplicar en procesos continuos de fabricación otros, para prevenir o evitar las fallas inesperadas en motores eléctricos.

Los MEMS “son definidos típicamente como dispositivos de pequeñas dimensiones compuestos por elementos activos y pasivos microfabricados y que realizan diferentes funciones como percepción, procesado de datos, comunicación y actuación sobre el entorno. Los tipos de dispositivos MEMS pueden variar desde estructuras relativamente simples que no tienen ninguna parte móvil, hasta sistemas electromecánicos muy complejos en la que múltiples elementos se mueven bajo el control de la electrónica integrada” (Torrejón Yuste, 2011)

MÉTODOS

El objetivo de este trabajo es comprobar la respuesta de sensores MEMS, junto a su software de aplicación, cuando se los somete específicamente a su trabajo normal y con la presencia de factores externos que pueden afectarlos. El método es el siguiente:

1) *Búsqueda, selección y estudio de investigaciones o trabajos similares en la red (tarea de fundamentación del proyecto).*

A los fines de comparar, posteriormente, los datos publicados con los obtenidos en los ensayos e identificar las posibles variables que inciden sobre los resultados.

2) *Ensayo de los sensores disponibles a distintas temperaturas del ambiente.*

La finalidad es determinar la respuesta a los distintos niveles de exigencia térmica y determinar valores límites.

3) *Ensayo de los sensores con vibraciones inducidas, alimentando el motor con tensión senoidal y usando, eventualmente, un convertidor de frecuencia.*

Esto permite comprobar el comportamiento y la respuesta y obtener valores extremos.

4) *Recopilación y análisis de datos de la nube. Repetición y/o rectificación eventual de pruebas*

En caso de que las conclusiones iniciales arrojen dudas respecto al proceso de pruebas o registro realizado, se modificará o repetirá el mismo, hasta lograr resultados confiables.

5) *Comparaciones y obtención de conclusiones.*

Para identificar o plantear hipótesis sobre posibles causas de comportamientos o respuestas.

6) *Preparación de material para presentar en congresos y/o publicaciones.*

La información obtenida se transfiere a la comunidad, presentándola en eventos científicos y/o publicándola en revistas o sitios web.

RESULTADOS

Se brindan en esta parte algunos resultados generales de las experiencias preliminares realizadas en el laboratorio.

El MEMS se sujetó, en la posición aconsejada por el fabricante, a un motor de 7,5 kW y 4 polos, 60 Hz, acoplado a un dinamómetro o con un dispositivo excéntrico en el extremo del eje. Las temperaturas y vibraciones se tomaron en zonas críticas o preestablecidas, cercanas o alejadas del sensor, con instrumentos calibrados (Fig. 2), que son considerados como patrones.

Estas primeras pruebas fueron realizadas con el propósito de verificar, a rasgos generales, el funcionamiento de uno de los sensores bajo distintas condiciones de exigencia, además de adquirir destrezas en

la interpretación e interacción con el software y perfeccionar los métodos de ensayo.

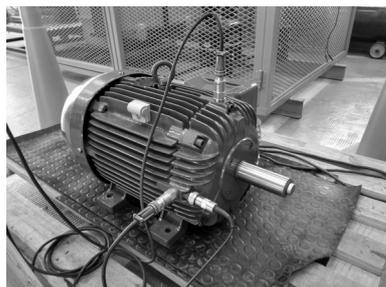


Fig. 2. Motor con el MEMS sujeto y sensores de vibraciones en 3 ejes

Los ensayos de temperatura se realizaron con el motor funcionando a potencia nominal, con su ventilación obstruida y se tomaron valores cada 15 minutos. La Tabla 1 se muestran algunos de los valores obtenidos.

Tabla 1. Comparación de valores de temperaturas

Hora	Patrón (°C)	Scan (°C)	Error (%)
08:45	27,2	26,9	-1,10
09:15	46,6	45,1	-3,20
09:45	58,2	56,9	-2,20

En lo referente a las vibraciones, se hicieron dos pruebas: la primera de ellas con los instrumentos registrando directamente en la misma posición del MEMS (se muestran algunos valores horizontales en la Tabla 2) y la segunda ubicando los instrumentos alejados, en la zona de rodamiento delantero, como se ve en la Fig. 2 (se muestran algunos valores horizontales en la Tabla 3).

Tabla 2 . Comparación de niveles de vibraciones
Misma posición del MEMS

Hora	Patrón (mm/s)	Scan (mm/s)	Error (%)
09:45	3,30	3,32	0,73
10:15	3,12	3,35	7,28
10:45	2,96	3,13	5,88

CONCLUSIONES

Aunque la aplicación de estos MEMS aún es incipiente en el país y el software del fabricante presentó detalles iniciales de operatividad, las mediciones realizadas en el mismo lugar de sujeción, demuestran que las respuestas arrojadas resultan suficientemente satisfactorios para las funciones a las que aquellos se destinan.

Lo que destaca por sus importantes diferencias, es el lógico error que se produce cuando se miden vibraciones en la zona de rodamiento delantero, que es el lugar en donde los niveles son importantes, por su incidencia en la vida útil de aquél.

Los resultados de estos estudios aportan a las técnicas de monitoreo predictivo que las grandes industrias de procesos continuos, desde hace muchos años aplican a los equipos de producción (Suratsavadee Korkua et al, 2010; Partha Sarathee Bhowmik et al, 2013).

Tabla 3. Comparación de niveles de vibraciones
Posición alejada, en rodamiento delantero

Hora	Patrón (mm/s)	Scan (mm/s)	Error (%)
09:45	7,58	1,94	-74,4
10:15	9,96	2,29	-77,0
10:45	11,50	2,43	-78,9

El aporte del proyecto a los estudiantes y profesionales que trabajan en él es involucrarlos a una tecnología de punta, que se usará prontamente en las industrias de tipo IoT, de manera masiva.

La ampliación de los estudios a MEMS de otras marcas y características, a los fines de obtener datos estadísticos que arrojen conclusiones más generales sobre las bondades de estos sensores, será expuesta en futuras publicaciones.

REFERENCIAS

- Torrejón Yuste, O. *Diseño, fabricación y caracterización de un sensor de caudal para aplicaciones PCB-MEMS*. Universidad de Sevilla (2011).
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4966/fichero/e.+Tecnologia+MEMS.pdf>
- Galindo Valenzuela, G. *Construcción y validación de un sensor de vibraciones usando un sistema micro-electro-mecánico (mems)*. Tesis de Licenciatura en Acústica. Universidad Austral de Chile (2010).
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcig158c/doc/bmfcig158c.pdf>
- Suratsavadee Korkua; Himanshu Jain; Wei-Jen Lee; Chiman Kwan. *Wireless Health. Monitoring System for Vibration Detection of Induction Motors*. 978-1-4244-5602-4/09/\$25.00 © IEEE 2010 (2010).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5489899>
- Partha Sarathee Bhowmik, Sourav Pradhan, Mangal Prakash. *Fault Diagnostic and monitoring methods of induction motors: a review*. International Journal of Applied Control, Electrical and Electronics Engineering (IJACEEE) Volume 1, Number 1, May 2013.
https://www.researchgate.net/publication/281035892-Fault_diagnostic_and_monitoring_methods_of_induction_motor_a_review