

SENSOR DE VIBRACIONES EN ESTRUCTURAS. CALIBRADO Y PUESTA EN PRÁCTICA

¹López Zambrano, María Jesús; ² García García, Alfonso; ² De Ignacio Vicens, Guillermo; ² García Morón, Carlos.

¹ *Doctorando en Innovación Tecnológica en Edificación, E.U. Arquitectura Técnica de Madrid*

² *Dpto. de Tecnología de la Edificación, E.U. Arquitectura Técnica de Madrid*

Palabras Clave: *Sensor. Vibraciones. Estructuras. Ferromagnetismo.*

Resumen

En el presente trabajo se presenta el trabajo realizado para el calibrado de un sensor diseñado y construido por la EUAT, y su utilización para la determinación de vibraciones en la estructura del aparcamiento subterráneo de la Escuela.

Para ello se ha desarrollado el dispositivo experimental necesario para su adaptación a la estructura del aparcamiento subterráneo de la Escuela.

Introducción

El sensor que nos ocupa, es objeto de la tesis doctoral [1] “*Detección de Desplazamientos y Vibraciones en Estructuras mediante Sensores Magnéticos*” cuyo autor es el Dr. D. Fernando José Maganto Suárez y fue dirigido por Dr. D. Carlos Morón Fernández y Dr. D. Alfonso García García, ambos profesores de la U.P.M.

El objetivo de dicha tesis, fue el desarrollo del sensor; y el objeto de este estudio, fue el calibrado tanto para desplazamientos como para vibraciones, del *Sensor de Posición Magnético de Alta Precisión (SEPOMAP)*, que permite medir y conocer en tiempo real los movimientos que por efecto de vibraciones, efectos térmicos, sobrecargas no contempladas, etc., se produzcan en los elementos estructurales de un edificio.

El sensor construido, es de los llamados magnéticos; es decir, se basa en las propiedades magnéticas del núcleo sensor para determinar lo que deseamos medir. Además, es de los de tipo inductivo, pues será a través de la variación de los valores de la autoinducción de un solenoide al deslizarse en su interior un núcleo ferromagnético (varilla de metacrilato con tiras de METGLASS 2705M), como determinamos los desplazamientos y vibraciones producidos.

Basándonos en la tesis doctoral nos centraremos en dos tipos de movimientos: desplazamientos y vibraciones.

Objetivos

Los objetivos que plantea este trabajo podrían dividirse en dos: desde un punto de vista teórico y desde el punto de vista experimental.

A modo de fundamento teórico, se deseaba establecer una relación lineal entre las frecuencias detectadas por el sensor y los desplazamientos en milímetros del núcleo ferromagnético a través de la bobina.

En la fase experimental encontramos tres objetivos específicos. En primer lugar, realizar una tabla de correlaciones entre frecuencias detectadas y milímetros de desplazamiento (calibrado de desplazamiento). Como segundo paso, confeccionar una tabla de correlaciones entre vibraciones a distintas frecuencias y amplitudes (calibrado de vibraciones). Y por último, llevar a cabo pruebas de adaptación y comprobación del correcto funcionamiento mecánico en un caso real.

Dispositivo experimental

Para conseguir tanto el objetivo teórico como la tabla de correlaciones entre frecuencias detectadas y milímetros de desplazamiento, se procedió al calibrado de desplazamientos. Puesto que la primera transducción del sensor es la distancia (desplazamiento) a variaciones de frecuencia, en este trabajo se tradujeron esas frecuencias en milímetros.

Se construyeron diferentes bobinas a fin de encontrar la bobina que cumpliera los requisitos necesarios para cumplir la autoinductancia requerida por el sensor y mediante un calibre adaptado y con la ayuda de un osciloscopio, se procedió a establecer las equivalencias en milímetros para conformar las tablas de datos y gráficas de tendencia deseadas.

Con este sistema, conseguimos medir los desplazamientos con una precisión de tres decimales por cada milímetro. A medida que vamos girando la rueda del calibre, la varilla con el núcleo ferromagnético, se va introduciendo poco a poco en el interior de la bobina. Por cada pequeño desplazamiento, el sensor recoge un valor de la frecuencia. Nuestra misión en esta fase es asignarle un valor de frecuencia a cada valor de desplazamiento en el eje de las X.

Ya en el apartado de vibraciones, el sensor permite una toma de datos de 100 datos por segundo, esto permite que se detecten vibraciones de menos de 10Hz con al menos 10 puntos por periodo. Con esta capacidad es suficiente para detectar frecuencias dañinas en edificaciones. Por esta razón, este fue el segundo paso del proceso: calibrado de vibraciones.

Para comprobar que mecánicamente el sensor funciona y cómo se comportaría ante las vibraciones, se monta un sistema de vibradores para analizar qué ocurre.

El objetivo de este apartado es simular vibraciones para comprobar que el sensor es capaz de medirlas. Para la simulación utilizamos un generador de señales. Variamos la frecuencia desde 0,5 Hz a 10Hz y lo mismo hacemos con la Amplitud de 50mA a 350mA, que es lo máximo que soporta el vibrador.

Como último paso experimental, se probó la eficacia del sensor en un caso real de edificación, en concreto en el aparcamiento de profesores de la Escuela. Es un paso importante para comprobar la sensibilidad y el correcto funcionamiento mecánico del mismo, así como si su viabilidad de cara a su comercialización y uso en el mercado.

Se eligió el aparcamiento subterráneo y concretamente las plazas se que encuentran bajo el acceso del aparcamiento de alumnos, donde supusimos que habría más tránsito.[Fig.1]

Para medir vibraciones en el pórtico elegido, ideamos un sistema de montaje para adaptar el sensor a esta situación.

El sistema constaba de tres partes principales y varios medios auxiliares. Las tres partes son: la varilla con núcleo ferromagnético, la bobina y el circuito electrónico.

Se realizaron mediciones durante varios días a diferentes horas y con dos bobinas diferentes.



Fig. 1: Montaje del sensor en el aparcamiento

Resultados

Relacionado con el primer objetivo, el calibrado de desplazamientos lineales, obtuvimos varios resultados. Por una lado, la curva de calibración de desplazamientos lineales, es una característica fundamental, y tal vez la más importante en nuestro caso, pues permite conocer la relación, punto a punto, entre los datos de salida y entrada. En ocasiones, esta curva se denomina respuesta en amplitud, y puede ser obtenida experimentalmente para cada bobina. En esta ocasión, obtuvimos dos curvas de calibración por cada bobina, una perteneciente a los datos del osciloscopio y otra al Display o pantalla de visualización de datos del sensor. Además, para la realización de estas curvas se conformaron las tablas de correlación entre frecuencia y desplazamiento en milímetros.

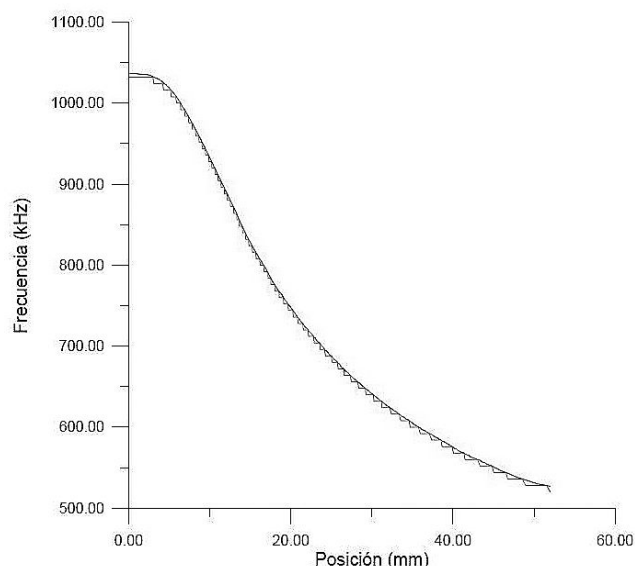


Fig. 2: Comparativa calibrado datos osciloscopio y Display

Si observamos la gráfica [Fig.2], podemos observar que la curva del Display tiene una distribución en forma escalonada, esto se debe a que el osciloscopio arroja 8 datos por cada 1 recogido por el Display, comprobando que el osciloscopio es más preciso que software del sensor.

Para el calibrado con vibradores se utilizó un generador de funciones con el que se aplicó una función senoidal de 0,5 Hz y en la que fuimos variando la Intensidad. Los valores aplicados para conseguir variar la amplitud de onda fueron: 100mA, 150mA, 200mA, 250mA y 300mA.

Como se puede apreciar en los siguientes gráficos [Fig.3], hay una clara diferenciación entre lo que mide el Display o pantalla de visualización de datos y lo que mide el osciloscopio.

Como se puede ver en el gráfico del osciloscopio, se aprecian claramente los cambios de amplitud coincidentes con los cambios aplicados en el generador de funciones.

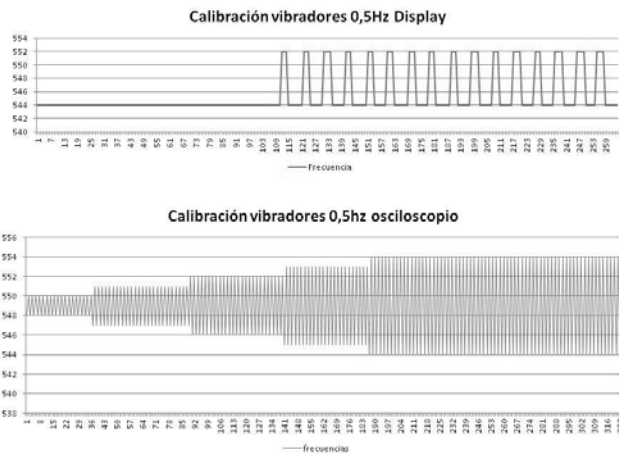


Fig3. Calibración con vibradores

Para la toma de datos en el aparcamiento, se tomaron lecturas de 30 minutos de duración. Se han elegido para este estudio las 2 lecturas más representativas de las dos bobinas.

En el siguiente gráfico [Fig.4], vemos reflejadas las lecturas del sensor por cada 2 segundos.

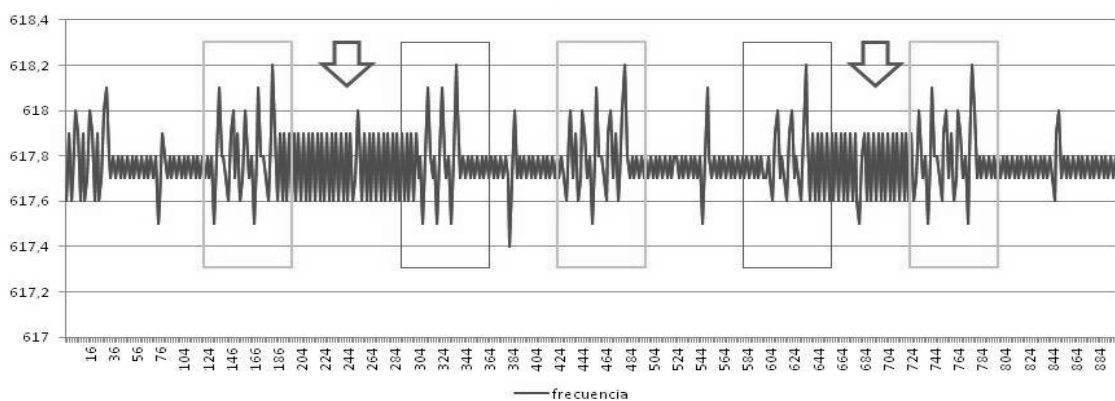


Fig. 4: Secuencia toma de datos en el aparcamiento

En el gráfico, vemos las lecturas de la bobina G4 tomadas con el osciloscopio. Las zonas marcadas con un cuadro corresponden a tránsitos de coches dentro del aparcamiento de profesores. Algunas, corresponden a coches que salen del

aparcamiento y otras, a coches que entran. Dentro de estas zonas, el pico más alto, coincide con el cierre de la puerta del aparcamiento.

Las zonas marcadas con una flecha coinciden con los periodos de mucho tráfico rodado en la calzada exterior. El resto de los picos relevantes entre 618 y 618, 1kHz probablemente indique salidas o entradas de coches en el aparcamiento de alumnos.

Conclusiones

Como conclusión principal podemos decir, que ha sido posible calibrar un sensor diseñado y construido por la EUAT y aplicarlo a la determinación de vibraciones en la estructura del aparcamiento subterráneo de la Escuela.

Otra aportación importante reflejada entre los objetivos específicos, que se pretendían alcanzar, ha sido el poder establecer una relación lineal entre las frecuencias detectadas por el sensor y los desplazamientos en milímetros del núcleo ferromagnético a través de la bobina. Podemos por tanto aseverar, que el calibrado de diferentes bobinas para este sensor es factible y que el comportamiento de las mismas establece pautas parecidas de comportamiento.

Desde el punto de vista experimental hemos conseguido realizar tablas de correlaciones entre las frecuencias detectadas y los milímetros de desplazamiento. Además hemos conseguido, tabular de igual manera correlaciones entre vibraciones a distintas frecuencias y amplitudes.

Y por último, y no por ello menos importante, hemos conseguido adaptar y constatar el correcto funcionamiento mecánico en un caso real, como es el montaje en el aparcamiento de profesores.

Aún así quedan muchas cosas que perfeccionar, sería importante mejorar el software del programa del sensor para dotarlo de más sensibilidad y evitar los saltos de 8 datos, que si bien en otros tipos de desplazamientos mayor amplitud serían despreciables, no es así, en desplazamientos milimétricos como los que se desarrollan en este trabajo.

Con todo lo anterior, queda sobradamente demostrado que este sensor tiene muchas posibilidades dentro del mundo de la edificación y sería imperdonable no explotar todo su potencial.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda desinteresada de muchas personas que han colaborado en la realización de este trabajo y más concretamente a los componentes del Grupo de investigación Sensores y Actuadores. También supuso un importante impulso la concesión de una beca de colaboración en investigación concedida por la UPM.

REFERENCIAS

- [1] Maganto Suárez, F.J.; *Tesis doctoral: Detección de Desplazamientos y Vibraciones en Estructuras mediante Sensores Magnéticos, Universidad Politécnica de Madrid, 2010.*
- [2] Ramón Pallás, Sensores y acondicionadores de señal. ISBN: 8426713440.
- [3] Harry N. Norton, Sensores y analizadores.
- [4] Paul Lorrain, Campos y ondas electromagnéticos. ISBN: 8485021290.
- [5] John S. Wilson, Sensor technology handbook. ISBN: 9780750677295.
- [6] C. Morón, A. García, Sensores y Actuadores. ISBN: 84-96737-53-2.
- [7] C. Morón, A. García, Laboratorio de Sensores y Actuadores. ISBN: 84-96737-50-1.