

ADQUISICIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS DE UN MOTOR EN FUNCIONAMIENTO USANDO LABVIEW

Douglas Acosta ⁽¹⁾, Johannex Molina ⁽²⁾, Holger Cevallos ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación ^{(1) (2)}
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
dacosta@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾, jmolina@fiec.espol.edu.ec ⁽²⁾, hcevallos@fiec.espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

Este proyecto tiene la finalidad de mostrar la condición en que se encuentran las máquinas rotativas por medio del análisis de vibraciones, que éstas producen cuando están en pleno funcionamiento.

Se realizó un programa de adquisición de datos usando un software especializado en instrumentación virtual llamado LabVIEW 8.6 y sus complementos Señal Express y Asistente de Sonido y Vibración, para que recepten las vibraciones del banco de pruebas, por medio de los acelerómetros piezoeléctricos colocados en puntos estratégicos.

Una vez adquirida la señal de aceleración, ésta es integrada para dar como resultado la velocidad, la cual mediante la descomposición en un espectro de frecuencias indica las posibles fallas mecánicas o eléctricas que se puedan encontrar en el equipo. Según sea la severidad de las vibraciones se verá la conveniencia o no de la realización de alguna acción correctora.

Palabras Claves: *Vibraciones, LabView, Señal Express, Asistente de Sonido y Vibración.*

Abstract

This project has the purpose of showing the condition in which the rotary machines are by means of the analysis of the vibrations, which these produce when they are in full functioning.

We performed a data acquisition program using specialized software in virtual instrumentation called LabVIEW 8.6 and its modules Signal Express and Sound and Vibration Assistant to get the signals, using piezoelectric accelerometers placed at strategic points.

Once acquired, the acceleration signal, this is integrated to the speed, which means a frequency spectrum indicates the possible mechanical or electrical failure that may be encountered in machinery. Depending on the severity of vibration will be whether or not the performance of any corrective action.

Keywords: *Vibrations, LabView, Signal Express, Sound and Vibration Assistant.*

1. Introducción

El mantenimiento industrial todos los días evoluciona y con él, también el uso de los instrumentos electrónicos de medición. Ahora en empresas industriales de todo nivel, están complementando su visión de realizar mantenimientos preventivos, con un mantenimiento proactivo que contempla conceptos relativamente nuevos tales como confiabilidad, mantenimiento basado en condición, aseguramiento de la calidad del mantenimiento.

Los instrumentos basados en sistemas de adquisición de datos constituyen una herramienta poderosa para el desarrollo de instrumentos más

económicos y flexibles, haciendo a la tecnología como la principal aliada en la gestión del mantenimiento.

2. Fundamento Teórico

La vibración es el movimiento de vaivén de una máquina o elemento de ella en cualquier dirección del espacio desde su posición de equilibrio

Generalmente, la causa de la vibración reside en problemas mecánicos como son: desequilibrio de elementos rotativos; desalineación en acoplamientos; engranajes desgastados o dañados; rodamientos deteriorados y problemas eléctricos.

2.1. Severidad Vibratoria

ISO 2372: Este es un estándar general para máquinas rotatorias diseñado para evaluar principalmente la severidad vibratoria de máquinas en el taller o en los ensayos de aceptación de máquinas.

Es aplicada en máquinas que operan con velocidades entre 10 y 200 (rev/s).

2.2 Análisis

El análisis de datos consta de dos etapas: adquisición e interpretación de los datos obtenidos al medir la vibración de la máquina.

La adquisición de datos es el primer y principal paso a dar para hacer un análisis de vibraciones. Los datos a tomar, desplazamiento, velocidad o aceleración dependerán de la velocidad de la máquina, de acuerdo con su relación equivalente de frecuencia ($\text{rpm}=\text{cpm}$). Así, para bajas rpm, (bajos cpm), se tomarán datos de desplazamientos. Para velocidades que estén dentro del orden de 600 y 60.000 rpm, se medirán velocidades. Y para los que sean de orden superior, los datos a tomar serán aceleraciones.

2.3 Identificación de causas de vibraciones

Una vez obtenidos de una forma metódica y precisa los datos de vibraciones de una máquina donde se ha detectado un problema, es necesario identificar cual ha sido su causa y así buscar la forma y momento de reparación más eficiente, es decir, que elimine el fallo y su coste económico sea el mínimo posible.

Un defecto puede localizarse al comparar las amplitudes de las vibraciones tomadas. Normalmente una máquina que funciona correctamente tiene valores que suelen seguir una línea con tendencia ligeramente ascendente o constante.

Generalmente los valores de amplitud que se comparan son los de velocidad, una vez observado que esta ha aumentado de una forma inesperada, es importante comparar los valores de la energía de impulsos (g), estos valores indicarán la gravedad del problema.

La máxima amplitud de vibración se da en los puntos donde se localiza el problema, aunque muchas

veces la vibración es transmitida a otros puntos de la máquina aunque en ellos no se encuentre el problema.

Los problemas mecánicos más comunes en las máquinas que producen vibraciones son desequilibrio entre ejes, falta de alineación de acoplamientos, defectos en rodamientos y engranajes y problemas eléctricos.

3. Herramientas Utilizadas

LabVIEW es un entorno de programación gráfica usado por miles de ingenieros e investigadores para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo.

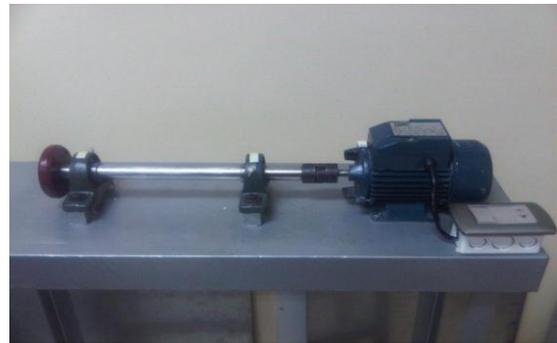


Figura 1. Banco de Pruebas

3.1 Acelerómetro PCB Piezoeléctrico

Transductor Uniaxial de precisión que satisface a la medida exacta la vibración, aceleración y movimientos.



Figura 2. Acelerómetro Piezoeléctrico

3.2 Cable BNC Modelo 003C10 PCB

Cable el cual permite conectar el acelerómetro piezoeléctrico con el módulo NI 9234.

3.3 Chasis NI cDAQ-9172

El cDAQ-9172 es un chasis NI CompactDAQ de ocho ranuras que puede soportar hasta ocho módulos de E/S de la Serie C.



Figura 3. Chasis DAQ-9172

3.4 Módulo NI 9234

El 9234 de National Instruments es un módulo de cuatro canales de la Serie C (figura4) para adquisición de señal dinámica para realizar medidas de frecuencia de audio de alta precisión desde sensores piezoeléctricos electrónicos integrados (IEPE) y no IEPE.



Figura 4. Módulo NI 9234

4. Implementación del Software Desarrollado

En la pantalla principal mostrada en la figura 5 se seleccionan los acelerómetros que vamos a usar para hacer el análisis mediante pestañas, como se puede observar en la figura 4.1 hay 5 pestañas, la pestaña final es la del reporte que se lo hace después de haber hecho el análisis y 4 pestañas restantes son de los acelerómetros y cada una de ellas contiene 3 pestañas más que son:

- Señales de vibración
- Velocidad y desplazamiento
- Análisis

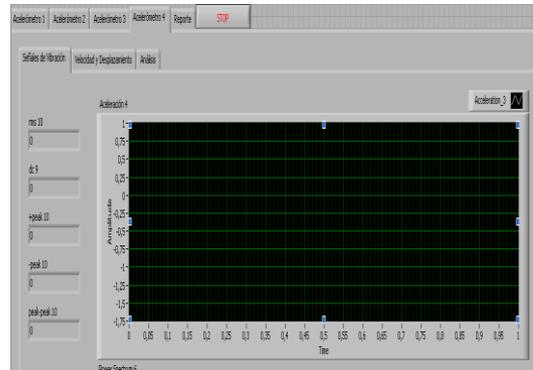


Figura 5. Pantalla Principal

4.1 Importación de Señales

Con los bloques Read From Measurement File Express adquirimos las señales guardadas de vibración del motor cuando se encuentra en condiciones óptimas, estas señales ingresan en un Bundle para luego pasar a ser llamadas en cada uno de los Tabs correspondientes, escogidas por un UnBundle y a su vez graficadas en cada uno de los casos

4.2 Análisis de Severidad

La severidad se analiza utilizando los datos de amplitud (eje “y”) del Power Spectrum lo multiplicamos por un factor de 1000 y analizamos ese valor para determinar cuál sería el estado del motor de acuerdo a un rango de valores dados por la norma ISO2372.

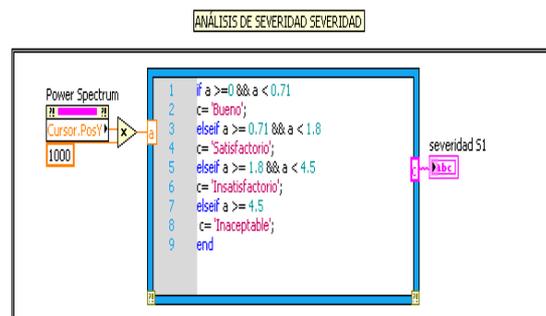


Figura 6. Bloque de Severidad de Vibración

4.3 Análisis de las Señales

Configuramos El DAQ Assistant para adquirir las señales del módulo NI9234, estos datos dinámicos son transformados en arreglos, para ser graficados y así muestrear la señal escogiendo sus primeros valores.

Con Vibration_Level_Velocity integramos la señal de aceleración para de esta manera obtener la velocidad

Con My_Power_Spectrum determinamos el espectro de magnitud de la señal de velocidad y con My_Peak_Search buscamos los picos de la señal.

Ya con estos valores máximos procedemos a compararlos con los de la norma ISO 2372 y vemos el patrón que tienen en base a la frecuencia de giro del motor según la Tabla 1.

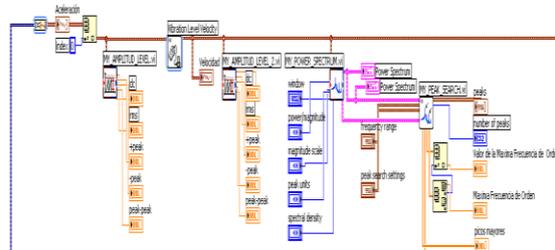


Figura 7. Diagrama de Bloques

5. Análisis de los Resultados

El primer paso hacia las pruebas es: ajustar, acoplar, alinear y acomodar las partes que constituyen la planta para el correcto funcionamiento.

El software es de gran ayuda en este punto ya que en tiempo real, pudimos reducir las vibraciones en ciertos puntos hasta um (Micras) de amplitud.

5.1 Análisis de Motor en Buen Estado

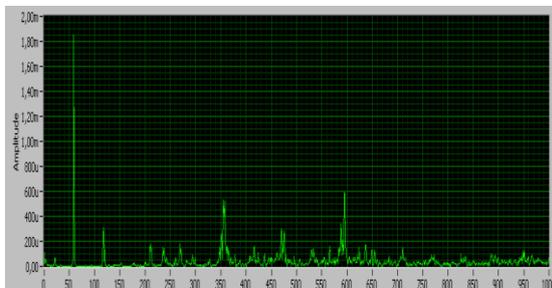


Figura 8. Espectro de Motor en buen estado

En la figura 8 tenemos el espectro del motor en buen estado, notamos que a 1X rpm (58Hz) con

alrededor de 1.8mm de amplitud, identificamos la velocidad de giro del motor, dicha información nos indica que existe un ligero desbalance

El motor se encuentra en etapa satisfactoria de vibración y no tiene fallas debido a la baja amplitud de vibraciones.

5.2 Análisis de Motor con Falla

El desbalance en los equipos rotativos es una de las causas más comunes de vibración donde los datos arrojados indican:

La manifestación a 1x las rpm de la pieza desbalanceada

La amplitud es proporcional a la cantidad de desbalance

La amplitud de la vibración es normalmente mayor en el sentido de medición radial, horizontal o vertical (en las maquinas con ejes horizontales).

Muchos defectos pueden estar asociados a esta frecuencia, siendo el más común el de desbalance mecánico, su amplitud de 7.66939mm es mayor que la encontrada en el espectro de motor en buen estado.

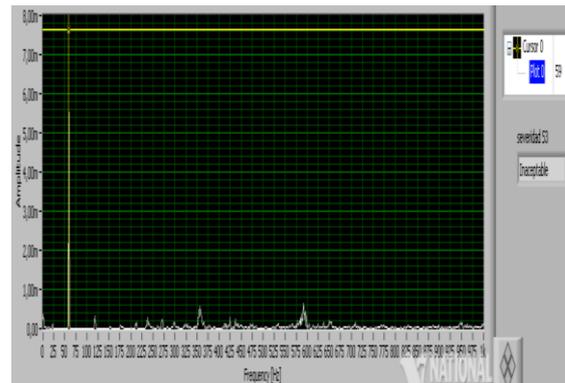


Figura 9. Espectro de Motor con vibración

Con menor amplitud aparecen: 0.1X rpm con 2.8mm que muestra un remolino de lubricante en los rodamientos y 2X rpm, 2.5X rpm y 3X rpm dándonos a notar a que se debe a una desalineación paralela por su aparición en el eje radial.

Frecuencias en Hz	Causa
0 a 10 Hz	Holgura inadecuada, desplazamiento axial del rotor.
0.4x a 0.5x	Inestabilidad dinámica en los cojinetes.
1x	Defectos asociados al desbalance mecánico o hidráulico.

2x, 3x, 4x,...	Solturas Mecánicas.
5x a 20x	Frecuencias de rodamientos.
Frecuencias no relacionadas con el 1x	Posibles resonancias originadas por la vibración en máquinas vecinas.
100 Hz	Excentricidad rotoestática.

Tabla 2. Causas de Vibraciones por frecuencias

6. Conclusiones

Se puede justificar la importancia de mantener un monitoreo constante de las vibraciones, que a pesar del alto costo de la instrumentación necesaria para realizar estos análisis o la contratación del servicio, es necesario conocer el estado real de operación de los equipos para garantizar su operación estable y segura para beneficio de las instalaciones industriales y el personal operativo.

El diseño propuesto tiene la ventaja de poseer una arquitectura abierta, brindada por la instrumentación virtual, que permite la fácil comprensión de los detalles que componen la programación, dándole así la posibilidad de variar su estructura, introduciéndole o sustrayendo herramientas.

Es necesario tener un equipo analizador de vibraciones para la instalación y mantenimiento de la maquinaria eléctrica industrial en cualquier empresa.

7. Recomendaciones

Los criterios de severidad de vibraciones, tienen condiciones específicas de aplicación y se debe estar seguro que corresponden al tipo de medición utilizada, las características de la vibración que se miden y al tipo de máquina que se monitorea.

Con la ayuda del software de vibraciones y la correcta colocación de las partes de la planta se redujo las vibraciones en un 60% al inicio de las pruebas, por lo tanto no fue necesario trabajar sobre soportes de caucho ni empernarla al piso pues se asume que el desbalance identificado era una consecuencia de los problemas encontrados y no la causa de la vibración.

Se puede mejorar el diseño usado, agregando sensores para monitoreo de temperatura, monitoreo de corriente, voltaje de alimentación y un variador de frecuencia

8. Referencias

- [1] A-MAQ S.A., Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico, <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20A-MAQ%202005.pdf>
- [2] SAAVEDRA, P., Diagnóstico del Desalineamiento de Ejes en Máquinas Acopladas a través del Análisis de Vibraciones, <http://es.scribd.com/doc/42719738/to-de-Ejes-en-Maquinas-Acopladas>
- [3] SAAVEDRA, P., Análisis de Vibraciones de Máquinas, http://www.dim.udec.cl/lvm/capacitacion/cursos/categoria_I.pdf
- [4] ESTUPIÑAN, E., Técnicas de Diagnóstico para el Análisis de Vibración de Rodamientos, http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO_archivos/galileo.dim.edec.cl%20lmv/articulo_rodamientos_CHILE1.pdf
- [5] ESTUPIÑAN, E., Diseño e Implementación de un Analizador Virtual de Vibraciones Mecánicas, <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v14n1/ART02.pdf>
- [6] THOMSON, W.T. Teoría de Vibraciones: Aplicaciones, Prentice – Hall Hisp, 1983