

MONITOR DE BAJO COSTO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA ROTATIVA

Spina, Marcelo - de la Vega, Roberto - Acosta, Gerardo - Jaquenod, Guillermo

❖ *Grupo ADQDAT, Dpto. de Electromecánica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA)
Av. del Valle 5737 - (7400) Olavarría, Argentina.
TE: +54 284 21055/6
FAX: +54 284 26628
e-mail: postmaster@unceni.edu.ar*

Resumen: En este trabajo se presenta un sistema basado en una computadora personal para la monitorización y seguimiento en línea de las potencias espectrales obtenidas de mediciones en planta sobre diferentes máquinas rotativas que en su funcionamiento rutinario están sometidas a desgaste y que es menester planificar su mantenimiento.

Si bien los resultados obtenidos hasta la fecha están basados en simulaciones de laboratorio, se prevé que este monitor efectúe el seguimiento de las vibraciones de la cadena cinemática de molinos de trituración en la planta de una cementera local. De este modo, se facilita la tarea de detección de pródromos por parte del personal de mantenimiento.

Palabras claves: Vibraciones - Análisis Espectral - Tratamiento de señales - Mantenimiento

1. INTRODUCCIÓN

Toda máquina funcionando tiene un determinado comportamiento vibratorio y el deterioro de los elementos mecánicos está acompañado por variaciones de este comportamiento vibratorio. Es por ello que una de las técnicas de predicción de fallas se base precisamente en el análisis de vibraciones.

Los procedimientos comúnmente empleados son:

1. Amplitud de vibración en función de la frecuencia (Análisis de Espectro)
2. Amplitud de la vibración en función del tiempo y de la frecuencia
3. Amplitud de la vibración y fase en función de las revoluciones (Bode)
4. Forma de onda temporal
5. Figuras de Lissajous
6. Análisis de fase

El fundamento de la técnica de Amplitud de vibración en función de la frecuencia consiste en descomponer la onda vibratoria compleja en cada una de sus componentes en frecuencia (análisis espectral), siendo una de las técnicas más poderosas ya que abarca la posibilidad de detección de gran parte de los problemas de la maquinaria rotativa. Ésta es la razón de nuestra opción por esta técnica.

El problema del análisis vibracional orientado a la detección y diagnóstico de fallos en este tipo de maquinaria, puede entonces considerarse conformado por:

- Obtención de la información necesaria del fenómeno vibracional en forma sistemática
- Estudio de la información obtenida a los efectos de la identificación de anomalías

2. ETAPAS DEL EMPRENDIMIENTO

La evolución en la concreción del sistema de monitoreo de vibraciones se resume en:

- Análisis de sensores
- Monitoreo por PC con placa adquisidora comercial
- Monitoreo por placa DSP externa

2.1. Análisis de sensores

Los transductores de vibración son elementos destinados a sensar movimiento vibratorio a los efectos de posibilitar su medición.

El primer análisis consistió en la utilización de acelerómetros integrados de bajo costo del tipo ADXL50EM de Analog Devices (Figura 1) típico para aplicaciones de *airbags* en automóviles ensayados en un banco de vibraciones realizado con un excéntrico y motor de velocidad variable.

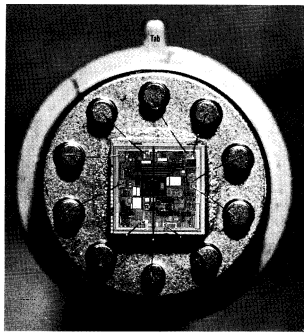


Fig. 1: Acelerómetro integrado ADXL50

Entre las ventajas analizadas se destacan:

- * Bajo Costo
- * Señal de salida de acondicionamiento sencillo.
- * Montaje mecánico simple.

Los inconvenientes que presentan estos sensores están vinculados a:

- * Nivel de ruido: Para aplicaciones típicas con bajo nivel de aceleración y espectros de hasta 2 KHz., poseen un nivel de ruido tal que hacen que la resolución límite sea de 1,4 g a 1 KHz (Figura 2).
- * Respuesta en frecuencia: Limitada debido a la restricción impuesta por el nivel de ruido (Figura 3).

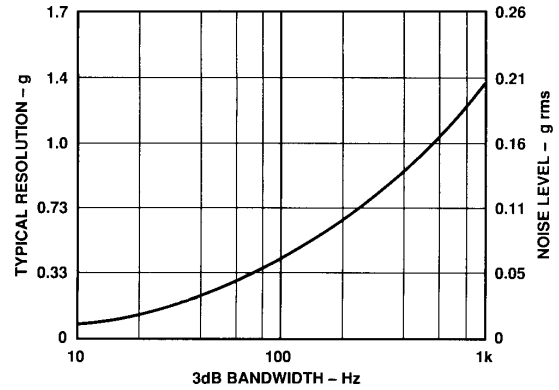


Fig. 2. Nivel de Ruido

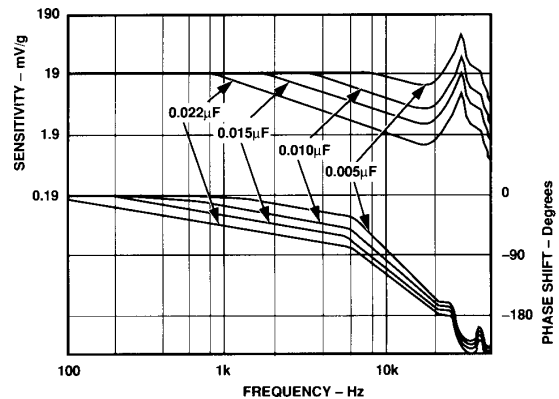


Fig. 3. Respuesta en frecuencia

En cambio, los sensores piezoeléctricos (Figura 4), que son empleados en la cementera local y que se hallan ampliamente difundidos en esta clase de aplicaciones reúnen los requisitos de:

- * Confiabilidad
- * Bajo mantenimiento
- * Gran rango de frecuencia operativa (Figura 5).
- * Baja sensibilidad transversal.
- * Montaje resuelto.
- * Variedad para distintos campos de aplicaciones.

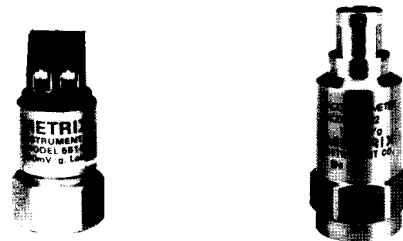


Fig. 4. Acelerómetros piezoeléctricos

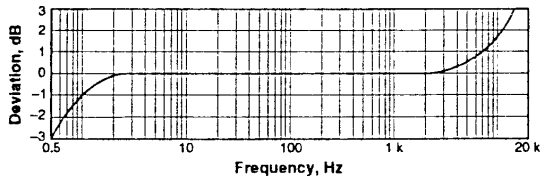


Fig. 5. Respuesta en frecuencia de sensor piezoeléctrico

En el presente caso, el sensor seleccionado para la aplicación posee la siguiente ficha técnica:

- Sensibilidad en tensión: 97 mV/g
- Respuesta en frecuencia: +/- 5% en el rango de 3Hz a 13.6 kHz
- Amplitud máxima 75 g
- Sensibilidad transversal: 3%

2.2. Monitoreo por PC con placa adquisidora comercial

2.2.1. Descripción. El diagrama en bloques de la figura 6, muestra las partes que constituyen el instrumento tendientes a la obtención y presentación en pantalla de la información necesaria en tiempo real a los efectos de ser grabada, presentada e interpretada por personal calificado de mantenimiento.

La computadora personal es del tipo PC AT 80x86, y está encargada de realizar la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para el cálculo de los espectros en frecuencia, en base a la señal proveniente de los sensores.

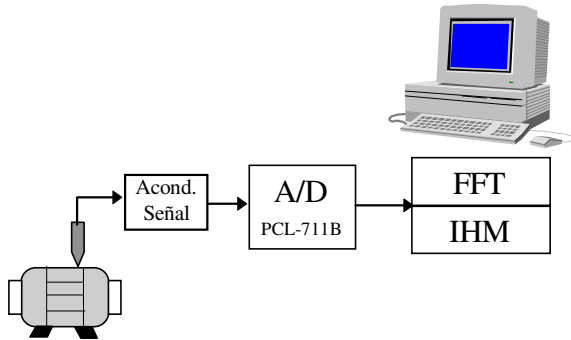


Fig. 6. Diagrama en bloques del equipo

El software ha sido realizado en lenguaje C con la incorporación de librería gráfica de Quinn Curtis® (Real Time Graphics & Measurement/Control Tools for Borland/Turbo C) para la visualización de ventanas, cursores, botones, gráficos xy, y rutinas de FFT, y corre bajo sistema operativo DOS (versión 3.3 ó superior).. El mismo maneja las entradas/salida de la placa de adquisición de datos, representa los valores de espectro en pantalla, permite la selección de modo de adquisición Manual o Automático, almacena datos en archivo, etc. (Figura 7).

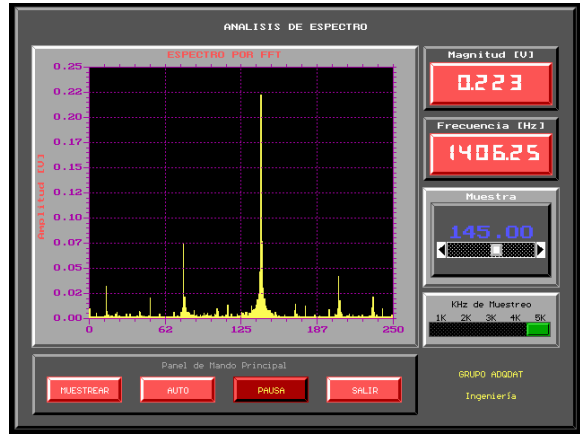


Fig. 7. Interfase Hombre - Máquina

La placa de adquisición comercial es una PCL-711B PC-Multilab Card para bus ISA de PC/XT/AT de Advantech Co. Ltd. que reúne las siguientes características técnicas:

- 12 bit de resolución A/D conversión
- 8 entradas analógicas de rangos de tensión programables con tiempo de conversión máximo de 25 μ s
- Soporta trigger programable y externo.
- Transferencia de datos A/D por niveles IRQ programables
- Un canal de salida D/A de 12 bit con rangos 0 a +5V o 0 a +10 V
- Un canal de entrada digital de 16 bit
- Un canal de salida digital de 16 bit

2.2.2. Limitaciones. Del análisis del sistema y ensayos realizados surgen las limitaciones siguientes en cuanto a su nivel de aplicación en el ámbito industrial:

- * Distribución tipo estrella limitado en función a la cantidad de entradas analógicas de la Placa adquisidora.
- * La Computadora Personal es la responsable de efectuar el algoritmo de FFT y las rutinas tendientes a la interfase hombre-máquina.
- * En el caso de análisis de vibraciones para rodamientos donde es necesario altas frecuencias de muestreo, la placa adquisidora debe tener una frecuencia máxima de muestreo del orden de los 200 KHz.

2.2.3. Aplicaciones. Si bien todos los ensayos se han realizado a nivel de laboratorio, el sistema es aplicable cuando se requiere instrumental de bajo costo, pocos puntos de sensado, baja limitación en los tiempos de scan y posibilidad de análisis local de una máquina rotante.

2.3. Monitoreo con placa DSP externa

2.3.1. Descripción. La figura 8 muestra la composición del sistema empleado, integrado con los sensores y los circuitos electrónicos de acondicionamiento de señal, una placa (Figura 9) que contiene básicamente un conversor A/D (AD1847) y un DSP modelo ADSP-2181 (16 bit punto fijo, 16 K RAM de datos) ambos de Analog Devices. Es en esta placa donde se realiza la Transformada Rápida de Fourier (FFT), se guardan temporariamente datos y resultados. La placa se comunica con el administrador de comunicaciones por un bus con norma RS-485 y éste hace lo propio con la Computadora Personal a través de su puerta serie.

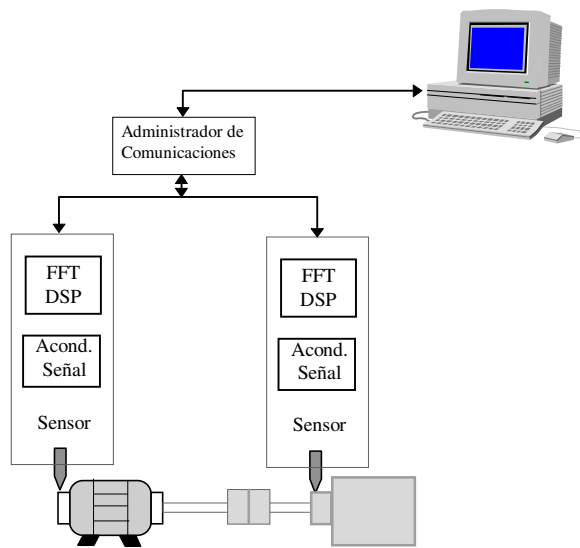


Fig. 8. Diagrama en bloques de sistema de monitoreo por placa DSP externa.

La computadora realiza las tareas tendientes a establecer la comunicación, recolecta los datos provenientes de los distintos puntos remotos de medición, los presenta en pantalla, ejecuta la activación de alarmas, el almacenamiento en disco y evolución comparativa de las medidas.

Estas rutinas están efectuadas en lenguaje C para correr sobre una computadora personal del tipo AT con procesador 80x86 con sistema operativo DOS 3.3.6 superior.

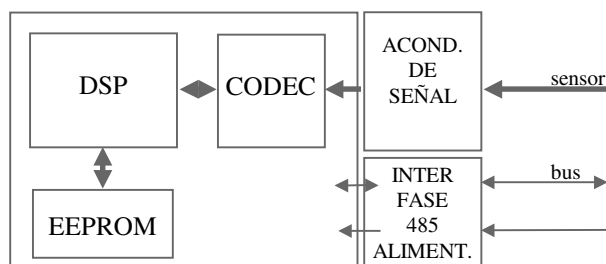


Fig. 9. Diagrama en bloques de placa DSP externa

3. CONCLUSIONES

La opción de utilizar *front end processors* permite solucionar algunos de los inconvenientes planteados para el sistema de monitoreo con Placas Adquisidoras comerciales en bus de la PC. Así, la velocidad de procesamiento aumenta, la topología tipo bus permite expansiones fácilmente, la comunicación serie a la PC con fibra óptica, apto para ambientes industriales, lleva la información hasta el Departamento de Mantenimiento facilitando el monitoreo.

Se plantea en etapas posteriores:

- * Aconsejar al operador en base a detecciones y tendencias mediante un módulo basado en conocimiento a los efectos de la identificación de anomalías.
- * Realizar la interfase para una red de tipo Modbus del Administrador de Comunicaciones.

REFERENCIAS

Arias, A.R. (1990). Seminario Técnico *Mantenimiento Predictivo en equipos rotativos mediante análisis de vibraciones*.

Carballar, J.A. (1994). *Software y Hardware de su PC*, Ed. Addison - Wewesley Iberoamericana.

Schildt, H.(1992). *Turbo C/C++*. Manual de Referencia. Ed. McGraw-Hill

Schildt, H. (1990). *Turbo C. Programación Avanzada*. Ed. Borland - Osborne/McGraw-Hill.

Reid, C. E. and Passin, T.B. (1992). *Signal Processing in C*. Ed. Wiley & Sons.

Phillips, C. and Troy Nagle, H. (1995). *Digital Control System Analysis and Design*. Ed. Prentice Hall.

Brigham, O. E. (1988). *The Fast Fourier Transform and its applications*. Ed. Prentice Hall.

Embree, P.M. (1995). *C Algorithms for Real-Time DSP*. Ed. Prentice Hall.

Quinn - Curtis. *Real-Time Graphics & Measurement/Control Tools*. Manual de Referencia.

Borland (1992). *Turbo C++*. Versión 3.0. User's Guide

Seyer M.D. (1991). *RS-232 Made Easy Connecting Computers, Printers, Terminals, and Modems*. Ed. Prentice Hall.

Analog Devices. (1995). *ADSP-2100 Family. EZ-KIT Lite. Reference Manual*.

Analog Devices. *Application Note AN-374. Using the ADXL50 Accelerometer in low g applications*.

Analog Devices. *Application Note AN-376. Using the ADXL50EM Accelerometer Evaluation Module*.

Metrix Instrument Co. (1995/96). *Vibration Instrumentation Catalog*.