



Monitoreo remoto de cojinetes de turbinas y compresores

Autores:

Ing O. García Peyrano
Hermes Damiani, estudiante
de 6^{to} año de Ing. Nuclear

**Instituto Balseiro
Centro Atómico Bariloche
S. C. de Bariloche, diciembre de 1999**

Resumen: *en este trabajo mostramos una técnica novedosa para el monitoreo a distancia de cojinetes de turbinas, compresores y otras maquinas rotantes. Presentamos la función densidad de probabilidad como un método más rápido, barato y simple para el análisis del estado de este tipo de máquinas. Comparamos los resultados que se obtienen al preprocesar una señal utilizando FFT(fast fourier transform) con los que se obtienen utilizando la función densidad de probabilidad, resultando que este último tipo de procesamiento detecta anomalías que no se pueden detectar con la FFT.*

Introducción

Las fallas en máquinas rotativas críticas de producción se desarrollan a veces en muy poco tiempo por lo que cuando uno actúa sobre las mismas el daño es prácticamente irreversible.

Normalmente las máquinas críticas tienen dispositivos de protección por vibraciones y por temperatura con lo cual, según la norma API 670/672, las mismas quedan protegidas ante cualquier desperfecto que pueda desarrollar una falla o anomalía destructiva.

En nuestro trabajo presentamos un método de evaluación de señales de vibraciones que está orientado a la detección incipiente de cualquier falla o anomalía. Esto significa que mucho antes de que actúe la protección es posible tomar conocimiento de las mismas y establecer algunos indicadores de funcionamiento que permitan al operador decidir sobre el curso de las acciones a tomar antes de que la falla se manifieste en forma segura.

Los métodos clásicos de análisis utilizan la FFT (transformada rápida de Fourier) como principal herramienta para el filtrado de las señales sobre las cuales se realiza el análisis. En nuestro caso utilizamos la **función densidad de probabilidad** en el dominio del tiempo y la amplitud que tiene por ventaja principal una rápida visualización de los cambios en las señales y además, en los sistemas de transmisión y monitoreo a distancia, simplifica notablemente la instalación de sensores, las operaciones matemáticas de pre-procesamiento y el tiempo asociado a estas.

La función densidad de probabilidad describe la probabilidad de que un dato de una serie de datos asuma algún valor dentro de un cierto rango, en cualquier instante de tiempo, y se calcula de la siguiente manera:

dada una serie de N datos: $x_1, x_2, \dots, x_N$ de una variable $x(t)$, se estima la función densidad de probabilidad como:

$$\hat{p} = \frac{N_x}{WN}$$

donde N_x es el número de datos con valores entre $X + W/2$ y $X - W/2$, aquí X es el valor medio de la muestra.

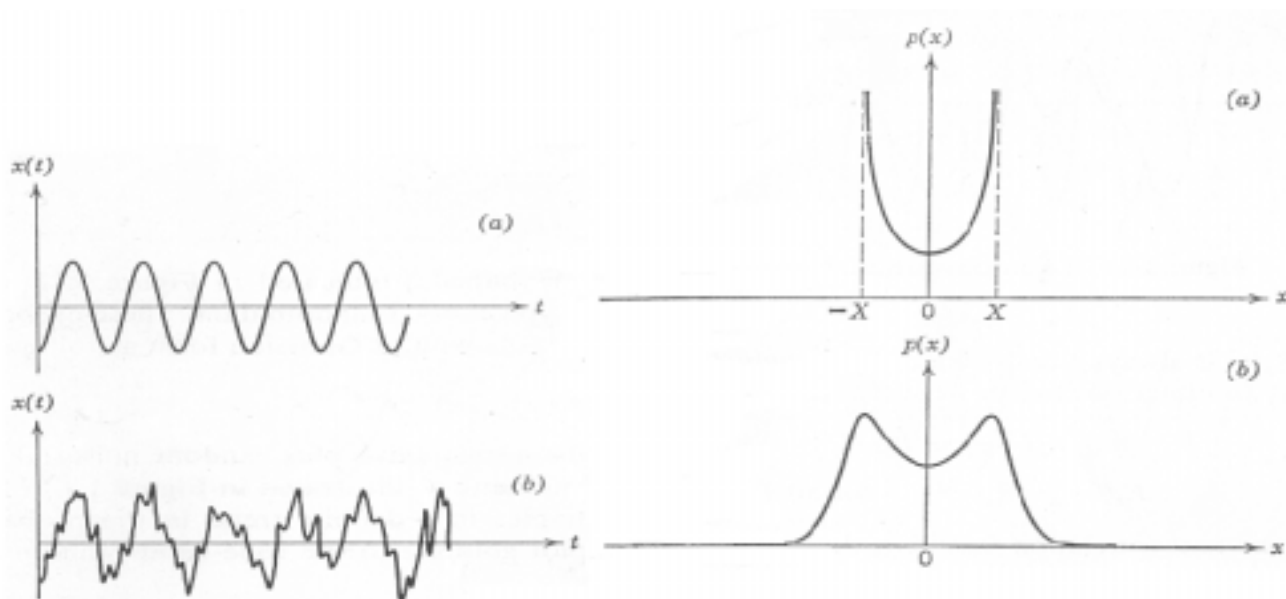


Figura 1. Función densidad de probabilidad para una onda senoidal pura y otra con ruido random

En la figura 1 se puede ver el resultado de calcular la función densidad de probabilidad para una onda senoidal pura y otra con ruido random. La función senoidal tiene mayor probabilidad de estar en su punto máximo que alrededor del valor cero, la señal con ruido es similar sólo que posee además una probabilidad distinta de cero de alcanzar valores mayores a los valores pico de la onda senoidal pura.

Método experimental

En la figura 2 se puede ver el dispositivo utilizado durante la experiencia realizada en el laboratorio. Se observa el impulsor acoplado a un eje el cual estaba montado sobre un cojinete similar al utilizado en turbinas y compresores.

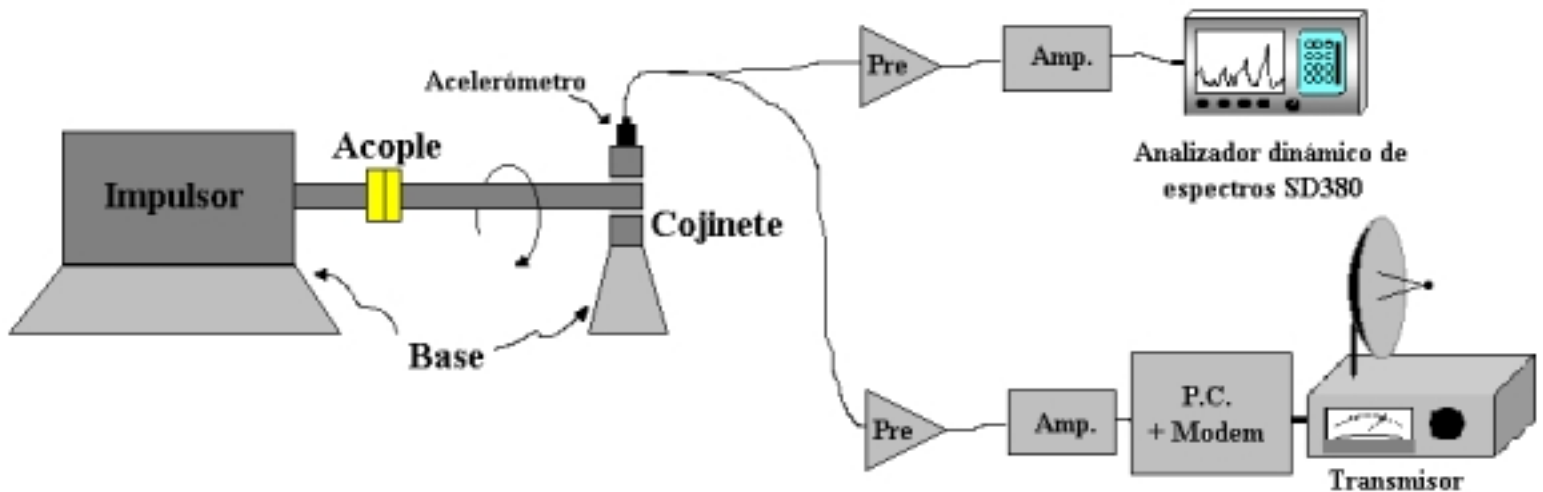


Figura 2. Dispositivos utilizados durante la experiencia en laboratorio.

La señal de vibraciones del sistema era recogida por un acelerómetro CCM798 de SKF que estaba montado sobre el soporte del cojinete. La señal captada con este sensor era luego preamplificada y amplificada para luego tomar dos caminos diferentes: el primero era un analizador dinámico de espectros SD380 y el segundo un transmisor, la señal transmitida por éste era captada por un receptor ubicado en el mismo laboratorio, esto se hizo con el objeto de observar si se producía algún tipo de distorsión al intentar transmitir la señal cuando se desea realizar un monitoreo a distancia.

Resultados

En la figura 3 se puede ver una comparación entre la señal temporal captada con el sistema en buenas condiciones y el sistema desbalanceado y con golpes.

En la figura 4 se muestran los espectros obtenidos de las señales medidas con el sistema en ambas condiciones. Se observa que la relación de amplitudes entre la fundamental y la segunda armónica cambia notablemente lo cual indica un probable desalineamiento del eje respecto del soporte del cojinete.

Ambas señales temporales se procesan a tiempo real y se obtiene la función densidad de probabilidad que se puede ver en la figura 5.

En el caso de la figura 5b la función densidad de probabilidad está desplazada hacia un costado lo que indica un posible desalineamiento existente en el sistema, además también se puede observar un pico que indicaría la presencia de un golpe en el sistema, es importante destacar que dicho golpe no es observado en el espectro de la señal.

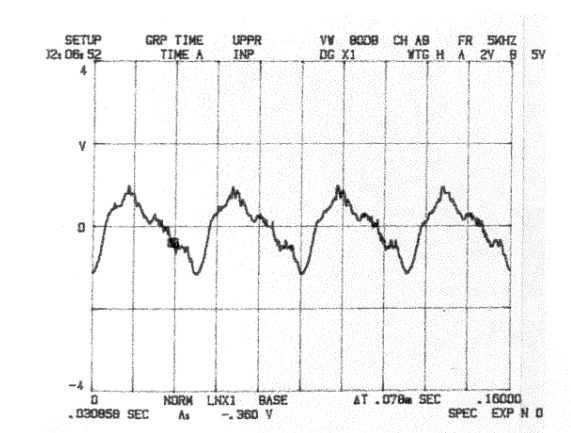


Figura 3a. Señal del sistema en buenas condiciones

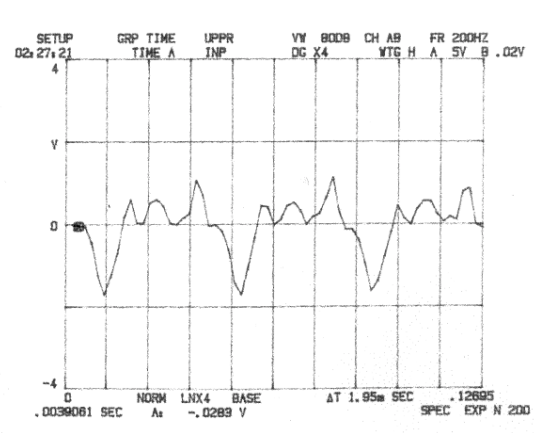


Figura 3b. Señal del sistema desalineado y con golpes.

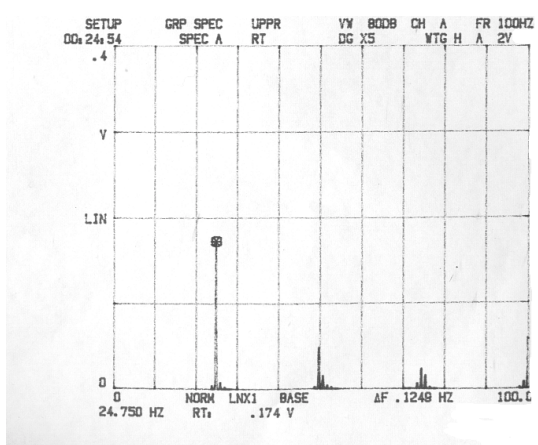


Figura 4a. Espectro del sistema en buenas condiciones

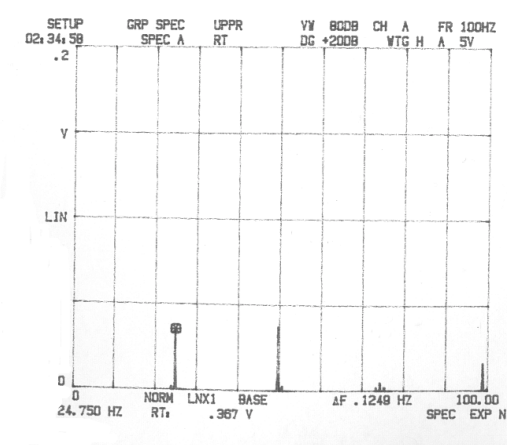


Figura 4b. Espectro del sistema desalineado y con golpes.

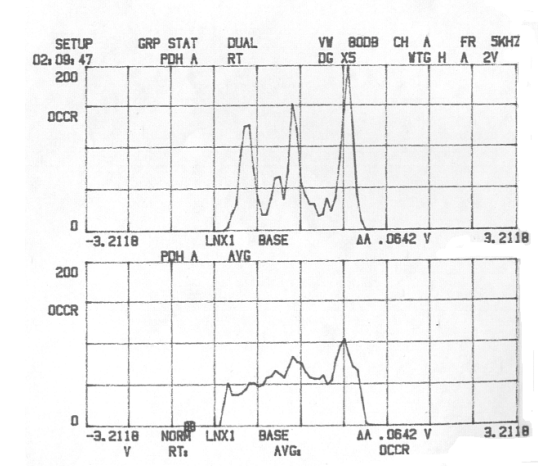


Figura 5a. Densidad de probabilidad del sistema en buenas condiciones.

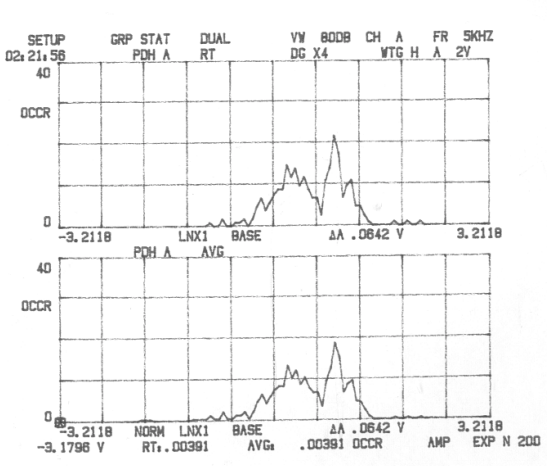


Figura 5b. Densidad de probabilidad del sistema desalineado y con golpes.

En la figura 6 se puede observar las cascadas de la densidad de probabilidad de las señales del sistema en ambos estados : bueno y desalineado y con golpes. Se observa que en el caso del sistema bueno no existe ningún patrón bien determinado la causa de esto es que la señal es en su mayoría es random, mientras que en el caso del sistema en malas condiciones se ve claramente la primera y segunda armónica de la uno por vuelta y un pico más grande que se debe al golpe existente en el sistema.

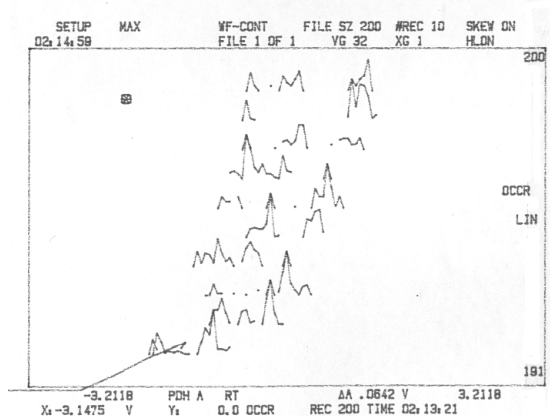


Figura 6a. Cascada de densidad de probabilidad para el sistema en buenas condiciones.

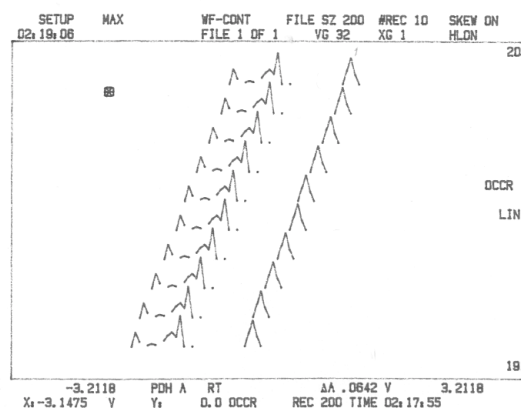


Figura 6b. Cascada de densidad de probabilidad para el sistema en malas condiciones.

Por otra parte el calculo de la función densidad de probabilidad es muy económico respecto de la cantidad de operaciones y lugares de memoria que requiere calcular una transformada de Fourier, entonces desde el punto de vista del monitoreo a distancia basta con transmitir esta función en forma sucesiva y sincrónica pudiendo separar en forma visual y muy fácilmente las manifestaciones de un equipo que tiene golpes de otros que no lo tienen.

La figura 7 muestra la señal temporal obtenida en un giro completo del eje se puede observar en ella muy claramente el golpe que sufre el sistema.

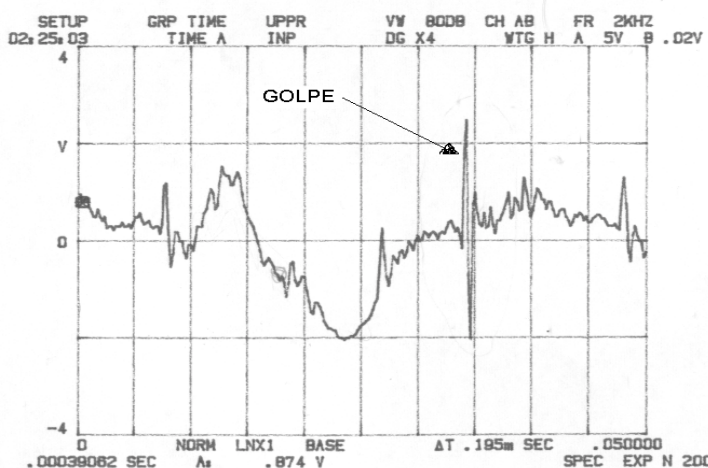


Figura 7. Señal temporal tomada en una vuelta del eje, se puede observar claramente el golpe

Conclusiones

- El método expuesto es muy apropiado para el monitoreo a distancia y a tiempo real de cojinetes del tipo buje y elementos rotantes.
- Un sistema de monitoreo basado en estos algoritmos convenientemente automatizado permite una interpretación rápida de una situación de contacto por una computadora o un operador de sala de control ,donde no es necesario en esta instancia la presencia de un analista experimentado.
- Una gran ventaja de la función densidad de probabilidad sincrónica reside en el hecho de que los apartamientos de la señal y su ocurrencia dan una idea clara del gap disponible en el cojinete.
- Hacia el futuro estamos involucrados en el desarrollo de un sistema de análisis menos anticipativo, pero más poderoso ya que la sucesión de golpes en un cojinete puede ser matemáticamente interpretadas de una manera más eficiente que la expuesta donde se puede expresar incluso la respuesta dinámica del cojinete ante la pérdida de la película de aceite y todo esto ser transmitido a distancia en tiempo muy corto, del orden de los segundos.



[home](#)



[volver al indice](#)

Bibliografía:

- [1] Random data: analysis and measurements procedures. J.S.Bendat, A.G.Piersol
- [2] Shock Vibration handbbok Cyril M. Harris.