

APLICACIÓN DE SEÑALES ACÚSTICAS EN LA EVALUACIÓN DE EQUIPOS RECIPROCANTES

Hernando Vélez S.

Ingeniero Mecánico, docente programa de Ingeniería Electromecánica,
Universidad Autónoma de Colombia, hvelezsa@unal.edu.co

Recibido: 10-02-2011, aceptado: 25-06-2011, versión final: 25-06-2011

RESUMEN

El presente ensayo intenta dar una descripción breve de la aplicación de las señales provenientes de emisiones acústicas en la construcción de un espectro que permita evaluar el funcionamiento de equipos en los cuales algunos de sus componentes están sujetos a movimientos periódicos. Se presenta una breve introducción al fenómeno de las emisiones acústicas, la terminología utilizada para nombrar sus características, así como la forma de determinar los patrones para el reconocimiento de los espectros y las causas y sitios de origen de la falla. También se mencionan las ventajas y desventajas más importantes de esta técnica.

Aunque existe numerosa bibliografía en bases de datos y en Internet, se ha querido presentar este resumen, con base en la experiencia profesional propia en el uso de esta técnica, y como una ventana para el conocimiento de opciones en el monitoreo de equipos y procesos.

Palabras Claves: Emisiones acústicas, acelerómetro, efecto piezoeléctrico, monitoreo, patrones.

ABSTRACT

This essay attempts to give a brief description of the application of acoustic emission signals from the construction of a spectrum to evaluate the performance of computers on which some of its components are subject to periodic motions.

A brief introduction to the phenomenon of acoustic emissions, the terminology used to name their characteristics and how to determine the standards for the recognition of the spectra and the causes and sites of origin of the fault. Also mentioned are the most important advantages and disadvantages of this technique.

Although there are numerous literature databases and the Internet, I wanted to present this summary, based on professional experience in the use of this technique, and a window for understanding options in monitoring equipment and processes.

Key words: Acoustic emissions, accelerometer, piezoelectric effect, monitoring patterns.



1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de esta técnica, permite inferir mediante la utilización de espectros en una línea base y su posterior comparación con los datos obtenidos en mediciones sobre el equipo, la tendencia en el comportamiento, y por lo tanto relacionar los parámetros de operación con el cambio en el valor de las variables medidas y el estado de los componentes del equipo, que presentan el comportamiento periódico.

El principio de este procedimiento es el hecho de que cada mecanismo presenta un comportamiento particular, en cuanto a la emisión de energía acústica, y que este comportamiento se repite cuando el movimiento es periódico.

Por ejemplo, el movimiento recíproco varía dependiendo de los parámetros de funcionamiento como velocidades, fuerzas inerciales, y además de los ajustes entre los diferentes componentes que conforman la cadena cinemática.

Se puede por lo tanto estudiar el comportamiento de los componentes pistón- camisa, cruceta -guía, y en general de aquellas partes en movimiento relativo, en las cuales se pueda tener una parte sobre la cual fijar el sensor de medición

EMISIONES ACÚSTICAS

Este fenómeno natural ocurre cuando se genera una onda elástica por diversas causas dentro de las cuales se encuentran cargas o esfuerzos mecánicos. Lo anterior conlleva a un desplazamiento del material donde se presenta el fenómeno. Las ondas producidas son objeto de estudio para inspección, control de calidad, realimentación de un sistema, monitoreo de procesos y otros.

Son indicio de inicio y crecimiento de grietas, movimiento de dislocaciones dentro del material, y ocurren en condiciones de esfuerzo.

Las emisiones acústicas pueden operar en rangos de frecuencia desde 1 kHz hasta magnitudes del orden de 100 kHz. Una onda primitiva proveniente de una fuente de emisión acústica se ilustra en la figura 1.

El desplazamiento de la onda se parece a una función paso asociado con la fuente del proceso. La velocidad, esfuerzo en el proceso son esencialmente un pulso de duración y amplitud dependientes de la dinámica del proceso.

Las ondas de emisión acústica se propagan en diferentes direcciones y la conducción por el material produce diferentes cambios en la señal. En muchos casos hay una dirección en la cual la emisión acústica tiene mayor intensidad de acuerdo a la naturaleza del proceso. En la figura 1 se muestra la forma de propagación (señal lado derecho) la emisión acústica proveniente de una grieta en un material metálico

Los procesos monitoreados mediante análisis por emisiones acústicas incluyen contenedores a presión, fugas en tanques de almacenamiento, tuberías (soldaduras), procesos de corrosión, condición de válvulas, descargas parciales de componentes sometidos a altas tensiones (mecánicas) y eliminación de los componentes de revestimiento. Las condiciones de operación de los equipos o estructuras a medir deben ser las mismas en todas las mediciones que se realicen para asegurar repetitividad y consistencia en las diferentes muestras.

Los mayores valores de energía se encuentran a 90 y 270 en dirección perpendicular a la superficie de la grieta.

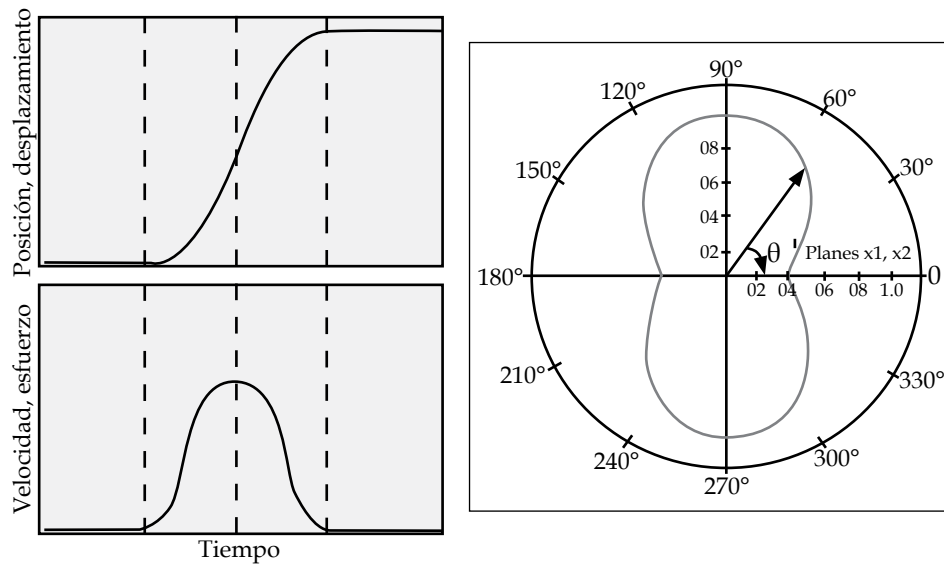


Figura 1.
Forma de la señal proveniente de una fuente de emisión acústica, originada en el crecimiento de una grieta



Figura 2.
Diferentes clases de acelerómetros

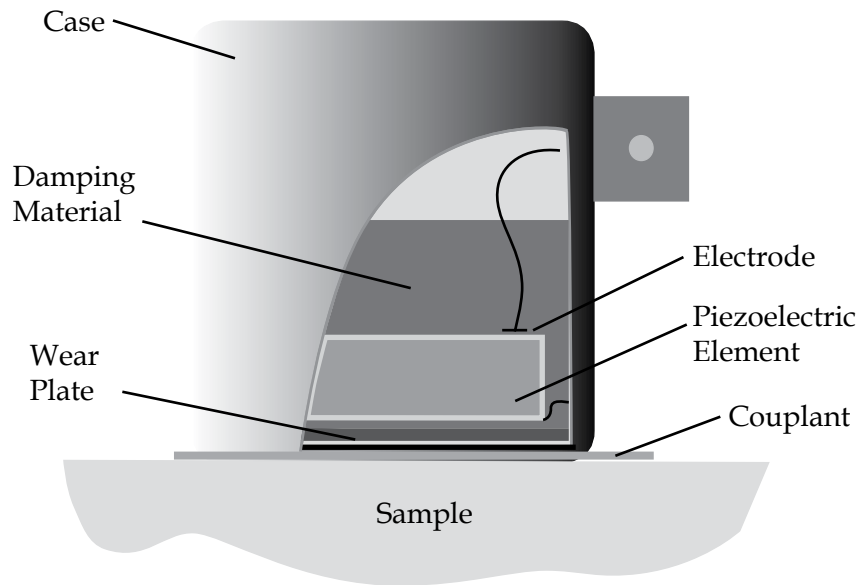


Figura 3.
Constitución de un acelerómetro

EFECTO PIEZOELÉCTRICO

Para captar las emisiones acústicas se emplean materiales piezoeléctricos o transductores colocados sobre la superficie a medir que transforman las ondas elásticas (señales mecánicas) en señales eléctricas.

Con el empleo de dispositivos de medición de emisiones acústicas se estudian efectos en materiales, como los producidos por fatiga mecánica, fricción, cavitación (sistemas de bombeo, por ejemplo) e impacto.

CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL CAPTADA POR EMISIÓN ACÚSTICA (AE)

Las características de las señales captadas por emisión acústica y procesadas son las siguientes:

Amplitud, A, es la mayor tensión medida en la onda y generalmente se expresa en dB. Es importante en las inspecciones de emisión acústica porque permite determinar la detección correcta de la señal. Las señales con ampli-

tudes menores que la definida por el operador no serán tenidas en cuenta.

Tiempo de subida, R, es el intervalo de tiempo entre el primer cruce por el valor de umbral y el pico de la señal. Este parámetro se relaciona con la propagación de onda entre la fuente de emisión acústica (válvula) y el sensor. Este parámetro se emplea para filtrar ruido.

Duración, D, es la diferencia de tiempo entre el primer cruce y el último cruce por el valor de umbral. Se emplea para detección de diferentes fuentes y filtrado de ruido. Esta cantidad depende de la magnitud de la señal y la sensibilidad del material.

MARSE, E, se refiere a las cuentas de energía, es la medida del área bajo la envolvente de la señal lineal rectificadas de tensión en el tiempo del transductor. Se emplea en las mediciones de emisión acústica como seguimiento e indicador de cambios en la señal con las diferentes muestras tomadas.

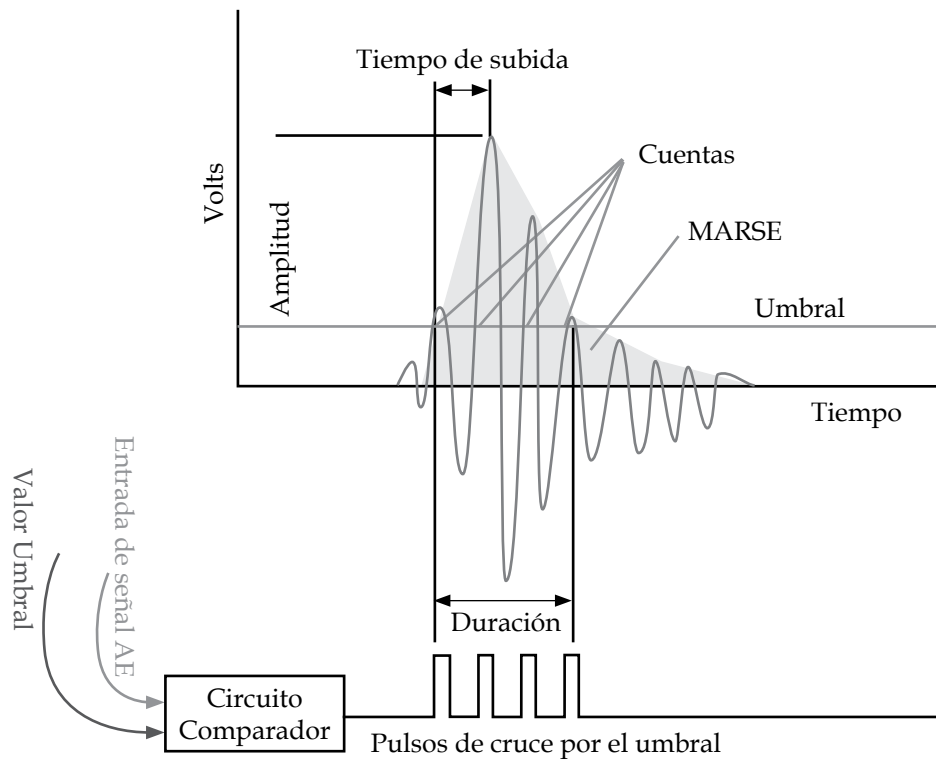


Figura 4.
Características de las emisiones acústicas

Cuentas, N, se refiere al número de pulsos emitidos por el circuito acondicionador y de medición si la amplitud de la señal es mayor que el umbral. Dependiendo de la magnitud de los eventos AE (emisión acústica) y las características del material, un golpe puede producir una o varias cuentas.

Mientras este parámetro es sencillo de capturar, usualmente es necesario combinarlo con la amplitud y duración de la medición para obtener información con alta calidad de la forma de la señal.

APLICACIONES EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Las condiciones que permiten medir con dispositivos que operan con un transductor con principios de emisiones acústicas son: deformación, fatiga, ruptura, tensión y desgaste. El intervalo de medición con estas técnicas tiene una

duración de varias semanas o en algunos casos meses.

Los sistemas que operan con emisión acústica tienen la gran ventaja de no ser intrusivos, por lo cual las máquinas no deben pararse para la correcta instalación y monitoreo.

Las desventajas de muchos sistemas comerciales de medición de emisiones acústicas es que solamente permiten estimar cualitativamente el grado de daño o de desgaste del material y cuanto tiempo puede durar en operación normal. Para obtener datos cuantitativos se requiere de otras herramientas.

La discriminación de señales e interpretación de los datos en estos sistemas es un factor fundamental para un análisis exitoso con emisiones acústicas. La experiencia y conocimiento de la persona encargada de la medición es algo que debe tenerse en cuenta también dentro de este proceso de análisis.

En el caso de la propuesta, se tienen los siguientes objetivos:

- Especificar los sensores más adecuados para tomar las señales acústicas, de acuerdo con la clase de equipo a monitorear.
- Diseñar el programa que sirva como interfase para obtener los espectros a partir de las mediciones del sensor.
- Elaborar la base de datos de espectros que permitan comparar los espectros obtenidos en las mediciones, con estándares

dependiendo de la clase de equipo, y realizar el análisis de los mismos.

IDENTIFICACIÓN DE PATRONES

Sistemas comerciales

Entre los sistemas que más se encuentran en la industria para realizar esta técnica, se encuentran dos conocidos en Colombia:

- Sistema Valve Alert.
- Sistema Windrock.

Descripción del sistema Valve Alert

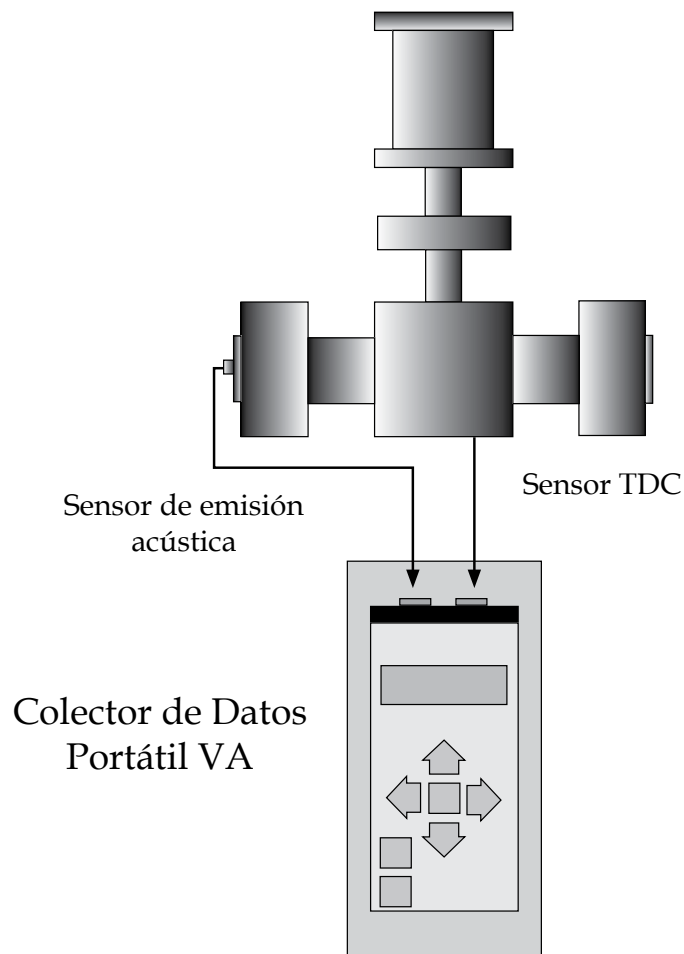


Figura 5.

Conexión del Sistema Valvealert al equipo reciprocante

Para la medición particular de condición y desgaste de válvulas con el sistema ValveAlert se emplea la forma de la señal, nivel de amplitud y duración de la señal además de la posición de la señal con respecto a un punto de referencia dentro de la máquina (ubicado en el cigueñal). Este dispositivo aplica para mediciones en equipos recíprocos. En la figura anterior se muestra las conexiones necesarias en la máquina para realizar la medición.

Los aspectos importantes que se tienen en cuenta para medir correctamente son:

Instalación del sensor de Emisión Acústica, se tienen en cuenta las normas de seguridad respectivas. Para la correcta ubicación del sensor encima de la cubierta de la válvula a revisar se coloca el stud (tornillo) necesario con una resina epóxica para sostener el sensor AE.

Instalación del sensor TDC: Se coloca un elemento de referencia sobre el volante del equipo y se coloca el pistón de la primera etapa en el TDC superior (punto alto muerto superior). Se tiene un sistema de sensor de proximidad o inductivo y un sistema óptico que se elige de acuerdo a las características del sitio de instalación.

Las ventajas de los programas de monitoreo de condiciones son:

- Pueden ser llevadas a cabo sin interferir en la operación de la máquina.
- Establecen las condiciones específicas de la falla potencial (en este caso fallas de válvula asociadas). Reduce las labores de mantenimiento asociadas y permite un trabajo más eficiente.
- Mediante la identificación del equipo en el punto de falla potencial se puede conocer la vida útil del componente y no la vida media que es la proporcionada por los fabricantes.

Al extender los programas de monitoreo basado en condiciones (análisis de vibraciones, termografía, ultrasonido, aceite, etc.) a un programa completo de mantenimiento predictivo se pueden obtener resultados como una reducción de las consecuencias asociadas con los modos de falla en partes del sistema.

CONCLUSIONES

Aunque esta técnica no está muy extendida, como se comentó anteriormente, el hecho de tener una periodicidad, permite establecer técnicas para el tratamiento de las señales, y la identificación de los patrones que muestra, por lo tanto es útil en el diagnóstico de fallas y funcionamiento en equipos y procesos.

Además, es más adecuada que la técnica de análisis de vibraciones, en equipo recíproco.

Como desventajas están entre otras, la poca información confiable que existe para la identificación de los patrones y su posterior uso en la toma de decisiones respecto de los equipos y procesos.

Se presta para utilizar sistemas expertos que ayuden a identificar los patrones, como el caso de redes neuronales.

Existe por lo tanto un amplio campo de aplicación en procesos y equipos muy diversos.

Como casi todas las técnicas predictivas, los resultados de esta técnica se basan en un conocimiento profundo de las tendencias en cuanto a las características de las emisiones.

Entre las desventajas se encuentran la baja potencia de la señal, que puede ser afectada por ruidos eléctricos, así como la dificultad para localizar la fuente de la misma.

REFERENCIAS

- Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., Stal, M., 1996. Pattern- Oriented Software Architecture, Volume 1: A System of Patterns. Vol. 1. John Wiley & Son Ltd., New York, USA.
- Dahm, T., 1996. Relative moment tensor inversion based on ray theory: theory and synthetic tests. *Geophysical Journal International* 124, 245 - 257.
- Grosse, C. U., 2002. Basics of acoustic emission measurement techniques. Kluwer Academic Publishers, Hingham MA, USA, Ch. 9, p. 45, in print.
- Kurz, J., Ruck, H.-J., Finck, F., Grosse, C., Reinhardt, H.-W., 2003. Wavelet algorithms for non destructive testing. NDT-CE, 2003 Berlin (see same proceedings).
- Huang Miinshou Using acoustic emissions in fatigue and fracture materials Research. Recuperado en Junio de 2010 de <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9811/Huang/Huang-9811.html>.
- L. D. Hall and D. Mba, Acoustic emissions diagnosis of rotor-stator rubs using the KS statistic, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Volume 18, Issue 4, July 2004, Pages 849-868.