

EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES. LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA SEÑAL.

Jackie Dumas, Diego Vieyra
01dB
Canalejas nº 30 entresuelo 2º
08028 Barcelona

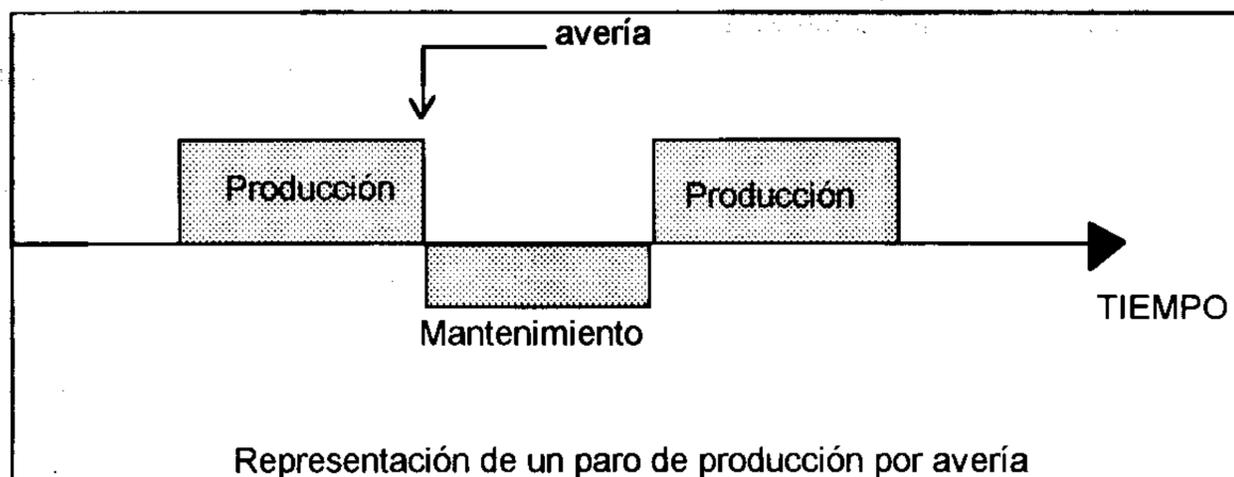
1.- INTRODUCCION

Para ser competitivas, las industrias se deben enfrentar a un doble desafío económico. Primeramente, deben aumentar su productividad a partir de su cadena productiva y a la vez deben disminuir los costes de mantenimiento y reparación. Para ello, se han desarrollado métodos de mantenimiento eficaces y fiables que permiten prevenir el fallo sin necesidad de parar el proceso productivo. Este método, denominado mantenimiento predictivo, altamente innovador, es comparado en este comunicado con otras políticas de mantenimiento.

2.- LOS METODOS DE MANTENIMIENTO

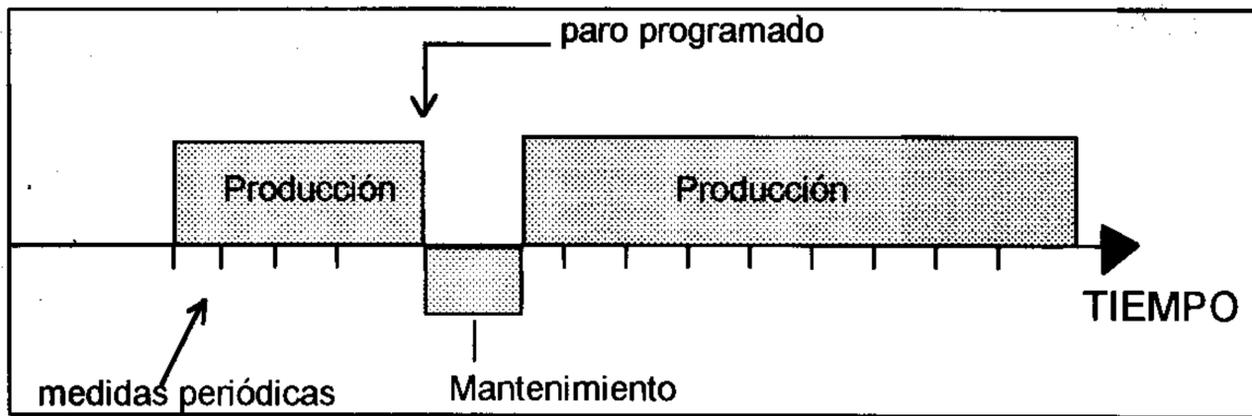
El mantenimiento está definido como la " unión de las acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o asegurar un servicio determinado". En la actualidad, se utilizan tres métodos de mantenimiento en la industria:

- Mantenimiento correctivo o curativo: Este mantenimiento se efectúa una vez ha aparecido la avería. Aunque se reparan los daños, este sistema es incapaz de prevenir fallos futuros. Así, generalmente, los costes de este tipo de mantenimiento aumentan de manera muy sensible a medida que la maquinaria envejece. Además, la avería, no prevista, se traduce en un paro brusco de la producción. En resumen, este tipo de mantenimiento se aplica en caso de averías completas y sobre maquinarias poco estratégicas dentro de la cadena productiva.



- Mantenimiento sistemático o productivo: Es una forma de mantenimiento preventivo que se efectúa según un calendario predeterminado en función del tiempo o del esfuerzo productivo de la maquinaria. Este tipo de mantenimiento no evita las averías y es caro puesto las piezas que muestran síntomas de fatiga mecánica son cambiadas antes de su

ciclo de utilización completo. Por otro lado, las máquinas desmontadas a menudo pierden fiabilidad debido a la manipulación constante a que son sometidas. Este mantenimiento presenta ventajas respecto al mantenimiento correctivo pero su coste es demasiado elevado debido al stock de piezas de recambio que hay que gestionar,



- Mantenimiento predictivo o condicional: también es una forma de mantenimiento preventivo que depende de un parámetro (medida de la fatiga mecánica, información dada por un captador...). El mantenimiento predictivo es un mantenimiento inteligente que optimiza las acciones de intervención y de reparación. Se realiza en tres fases:

-Detección de los defectos que se desarrollan

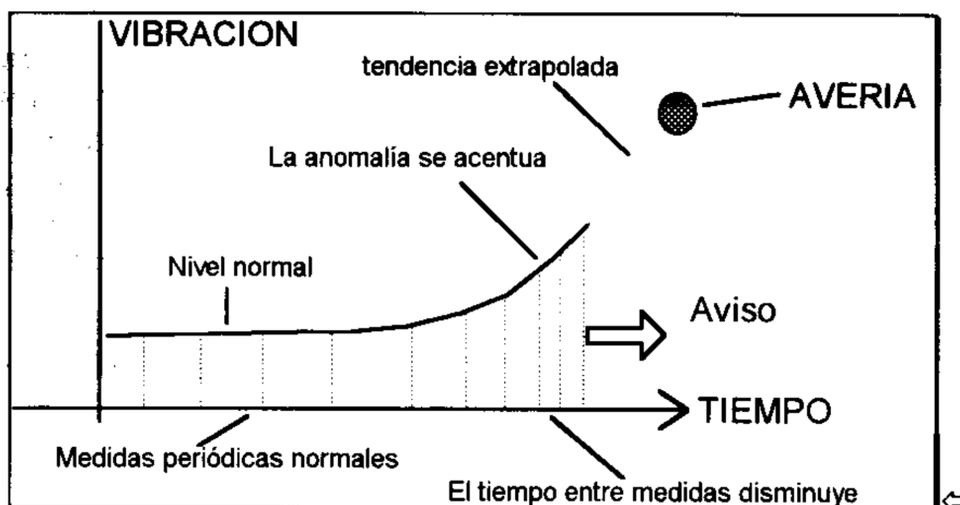
Durante la puesta en marcha de una máquina, diferentes parámetros (temperatura, prestaciones, vibraciones.....) que caracterizan su funcionamiento son registradas. Estos registros servirán de referencia para realizar un seguimiento de la evolución de estos parámetros a intervalos regulares.

- Establecimiento de un diagnóstico

Desde el momento que se detecta alguna anomalía debido al cambio de estado de alguno de los parámetros controlado, es necesario establecer un diagnóstico para conocer su gravedad. La determinación de este diagnóstico es necesaria antes de programar su reparación.

- Análisis de la tendencia

El análisis de la tendencia permitirá estimar el tiempo que falta para una avería y permite programar la reparación. Generalmente, cuando se constata alguna anomalía, el control de los parámetros se refuerza.



3.- ANALISIS DE VIBRACIONES

Toda máquina está formada por piezas mecánicas en movimiento que generan esfuerzos y deformaciones sobre su estructura. Tanto los esfuerzos como las deformaciones varían al ritmo de movimientos y comportan el desplazamiento de la superficie de la estructura generando las vibraciones. Las vibraciones no son la imagen de las fuerzas existentes en el interior de la maquinaria sino el resultado de estas fuerzas aplicado sobre la estructura.

Las vibraciones pueden ser de tres tipos: periódicas (p.ej. el desequilibrio de un rotor caracterizado por la aparición de un desequilibrio en la frecuencia de rotación), transitorias (p.ej. el choque de una prensa) y aleatorias (el ruido de cavitación en una bomba).

Igualmente, los métodos de estudio de los niveles de vibración son varios:

- Medida del nivel global: esta medida no toma en cuenta el factor frecuencial de los esfuerzos. Se presenta en valor eficaz, valor de pico o valor de pico a pico. Estos valores de amplitud representan las amplitudes de desplazamiento, velocidad o aceleración. Este método es aproximativo pues no permite realizar ninguna distinción entre los diferentes elementos que pueden provocar la vibración.
- Análisis espectral: la cinemática de las máquinas rotatorias o cíclicas dan las velocidades de rotación características de funcionamiento. El análisis espectral permite relacionar cada componente del espectro a diferentes elementos de la máquina y presenta la repartición de energías vibratorias en función de la frecuencia. Igualmente, facilita la detección de las principales anomalías de 3 maneras :
 - Aparición de picos en el espectro a frecuencias múltiples o sub-múltiples de la frecuencia de rotación (desalineaciones, ajuste mecánico defectuoso, avería de engranaje, remolinos en capas de aceite, excitación hidrodinámica...)
 - Aparición de picos en el espectro a frecuencias no dependientes de la del rotor (vibración de máquinas vecinas, vibraciones de origen eléctrico, resonancia de la estructura,...)
 - Aparición de componentes aleatorias del espectro (cavitación, encallado de rodamientos, rozamientos,...)

4.- NUEVOS METODOS DE TRATAMIENTO DE LA SEÑAL

La vigilancia de máquinas rotatorias no gana en eficacia si no va acompañado de un diagnóstico acertado. Muy a menudo, el análisis espectral no permite establecer un diagnóstico muy eficaz puesto que los numerosos fenómenos mecánicos no aparecen de manera tan evidente como se ha descrito anteriormente. Los diferentes elementos de las máquinas generan numerosos esfuerzos y el resultado es un espectro muy denso en información.

El mantenimiento predictivo está basado en la comparación del estado de las máquinas por intervalos regulares, el control de los niveles débiles de vibración al igual que el control de los niveles fuertes de vibración. Debido a ello, se ha hecho necesario desarrollar nuevas técnicas de tratamiento de las señales que permitan conocer el estado de la maquinaria de una manera directa.

- Detección de envolvente

Esta técnica se ha adaptado para localizar anomalías que generen fuerzas impulsionales en elementos como dientes de engranajes, ejes de rodamientos, ... y exciten los modos de vibración de la estructura . La determinación de las frecuencias de repetición de estos choques asociada al conocimiento de la cinemática de la máquina permite localizar y determinar el origen del fallo. Las frecuencias de rotación de las máquinas pueden oscilar entre algunos Hz hasta decenas de KHz. Una vez se ha localizado la frecuencia de resonancia en el espectro de vibración, la técnica de detección de envolvente consiste en filtrar la señal temporal con un filtro pasa-banda centrado en la frecuencia de resonancia y demodularla en amplitud. El espectro de la señal de modulación o envolvente permite encontrar directamente frecuencias de repetición de choques. Para un rodamiento en particular, las frecuencias características del anillo interno, anillo externo y caja de bolas pueden aparecer en el espectro en función de la situación de la avería.

- Análisis cepstral

El cepstrum es la transformada inversa del logaritmo del espectro de potencia. Por definición, es posible realizar la distinción entre las fuerzas de excitación y el comportamiento de la estructura. Es fácil modificar el cepstrum eliminando ciertas componentes y calcular un nuevo espectro simplificado. Esta operación se denomina "liftrado". El cepstrum permite distinguir dentro de un espectro toda la familia de componentes periódicas (armónicos, bandas laterales,) El cepstrum se utiliza con éxito para el control de numerosas anomalías como piezas desequilibradas, movimiento de

encaje de rodamientos y engranajes que se caracteriza por choques periódicos, defectos de forma o de excentricidad caracterizados por una modulación de amplitud o frecuencia....

- Factor de Pico - Kurtosis

Esta técnica es complementaria a la técnica de detección de envolvente o de análisis de cepstrum y está muy bien adaptada para el control de anomalías provocadas por fuerzas de excitación impulsional.

Contrariamente a las medidas de amplitud eficaz o amplitud de pico, la medida del factor de pico o cálculo de Kurtosis se aplica a la señal en el dominio temporal.

El factor de pico es la relación entre el valor de pico de la señal y su amplitud y aporta diversas informaciones en cuanto a las fijaciones de rodamientos y engranajes. Debido a que la interpretación de este factor es difícil, es preferible controlar la distribución estadística de la amplitud de la señal en un intervalo determinado.

La kurtosis de la distribución de amplitud de una señal vibratoria es una herramienta muy útil de vigilancia y pre-diagnóstico dando informaciones interesantes sobre la naturaleza o forma de la señal vibratoria. La aplicación de procesos de cálculo digitalizados permiten analizar espectros y periodos temporales en función de las características de la máquina controlada.

-La demodulación de amplitud/Frecuencia/Fase.

Generalmente, la amplitud y la frecuencia de los componentes vibratorios sinusoidales inducidas por anomalías de funcionamiento pueden variar de una manera periódica. Estas variaciones, también llamadas modulaciones, pueden afectar a la amplitud, frecuencia y/o fase de la señal vibratoria. Normalmente, la modulación de amplitud está provocada por defectos de forma (excentricidad, deformación...), la modulación en frecuencia es inducida por variaciones periódicas de la velocidad de rotación (desajustes angulares, torsiones, fisuras,) Al igual que en casos anteriores, el análisis espectral no permite dissociar este tipo de modulaciones puesto que no afectan a la energía de la señal, por lo que se hace necesario desarrollar sistemas que permitan detectar las anomalías que las provocan. El análisis y discretización de las componentes moduladas (engranajes, acoplamientos, ...) y las componentes moduladoras (frec. de rotación de un eje, paso de correas, paso de polos magnéticos en un motor eléctrico) permite conocer, localizar y diagnosticar el origen de la anomalía.

5.- CONCLUSION

El mantenimiento predictivo por análisis vibratorio aporta una nueva dimensión económica a las industrias que deben gestionar un gran número de máquinas y donde la cadena de producción depende del funcionamiento de máquinas vitales. Las técnicas clásicas de análisis vibratorio que se han utilizado hoy no permiten detectar la mayor parte de las averías antes de que aparezcan. Así, el objetivo principal es conocer lo antes posible la aparición de averías de manera que se pueda programar el paro de producción por mantenimiento. Los nuevos sistemas digitales de tratamiento de señal permiten avanzar mucho en la búsqueda de anomalías, simplificando mucho la aplicación de complejas formulaciones a la utilización de programas informáticos de medida y control.

Todos los procesos descritos anteriormente han sido agrupados en un sistema de mantenimiento predictivo llamado PRODIAG, único en su especialidad. En efecto, es el primer sistema de vigilancia y diagnóstico integrado dentro de un ordenador tipo PC. Reune en un solo equipo portátil un analizador de espectros de amplias prestaciones aplicado a la medida de vibraciones que capta los datos a través de una tarjeta Analógico/digital, un programa de control de adquisición de datos y un programa de gestión de las medidas realizadas que ayuda en la determinación y elaboración de diagnósticos predictivos.