

Mantenimiento predictivo herramientas y técnicas para e...

1. Análisis de la vibración El análisis de la vibración es la técnica del monitoreo de la condición utilizada con mayor frecuencia y ofrece un panorama más completo y amplio de la condición de las máquinas que cualquier otra tecnología particular (Ver artículo publicado en <http://www.construsur.com.ar/Article217.html>)

Se puede utilizar para detectar muchos tipos diferentes de falla en una amplia gama de máquinas y componentes rotativos incluyendo motores, cajas de cambio, bombas, ventiladores, sistemas de engranajes, acoples, impulsores de correa y cadena, y rulemanes. También es útil para detectar condiciones que ocasionan fallas y desperfectos como problemas de mala alineación, resonancia, desequilibrio y lubricación. Por lo general los datos se recopilan manualmente en la máquina utilizando un acelerómetro y un colector portátil de datos (que por lo general también tiene la capacidad de aceptar datos de otras fuentes tales como abrazaderas de corriente y puntos de prueba de flujo para el monitoreo de motores ver punto 6). Para ahorrar tiempo, se desarrollan "trayectos" para que los datos se puedan recoger de un grupo de máquinas en una sola visita después de lo cual se carga la forma de onda de tiempo y los espectros FFT en un paquete de software con herramientas poderosas de análisis e informe. La vibración también se puede monitorear de manera continua a través de sistemas online. Si bien esta es la norma en algunas industrias como Papel y Energía, es probablemente prohibitivamente costoso para todo el equipo con la excepción de los elementos más críticos de una línea

La experiencia nos indica que el obtener datos repetibles de alta calidad es de importancia crítica para un análisis correcto de la vibración. La elección del sensor correcto, una cuidadosa selección de los puntos de medición, el uso de monturas de perno en algunos casos, filtros y configuraciones correctos en el recolector de datos son todos importantes. Un buen conocimiento de la maquinaria que se monitorea ayudará al analista a interpretar los datos, identificar las fallas y hacer las recomendaciones adecuadas. Si bien es una técnica muy poderosa, la preparación y organización de un programa de Análisis de la Vibración (AV) puede llevar mucho tiempo y ser muy complejo en comparación con otras técnicas de monitoreo de la condición. La recolección de datos es monótona y debe ser realizada de manera frecuente (por lo general mensualmente) para asegurar que la mayoría de las fallas se detecten mucho tiempo antes de que se produzca la falla. El análisis es complicado y constituye una destreza que sólo se desarrolla con tiempo y experiencia. Por lo tanto, un programa efectivo de AV puede representar una inversión significativa en equipo, tiempo y capacitación, entonces la opción de tercerizar con empresas dedicadas a este rubro es la opción generalmente usada. En su formato estándar el VA es menos útil en maquinaria lenta (< aprox. 200 rpm) o intermitente, o en máquinas con un alto nivel de vibración inherente como los motores de combustión interna. Algunos problemas de cojinetes son difíciles de detectar (por ej. las fallas de jaulas) y es difícil diagnosticar la fuente y la gravedad de las fallas eléctricas en los motores. Se han desarrollado unas cuantas técnicas especiales para solucionar algunas de las limitaciones, por ej. la demodulación para los cojinetes, el análisis transitorio para la maquinaria stop/start. Con frecuencia también es de utilidad corroborar los resultados del AV con otras técnicas tales como la termografía o el análisis del aceite.

En líneas generales el AV es un elemento central de casi todos los programas de PdM [mantenimiento predictivo] .

2. Ondas de estrés

Las ondas de estrés se generan con el contacto e impacto de metal con metal cuando fallan las películas de lubricación y se produce daño en el equipo como, por ej., los cojinetes de elementos rotatorios y los sistemas

de engranaje. La vibración generada es de una frecuencia mucho mayor a la vibración rotativa estándar. Las emisiones acústicas son la onda de estrés de alta frecuencia generada a través de la liberación rápida de la energía de "esfuerzo" que ocurre dentro de un material durante el desarrollo de una fractura, deformación plástica ó transformación de fase.

El sistema de monitoreo de emisiones acústicas usa transductores montados en superficie para detectar estas ondas de estrés las cuales se sitúan entre los 25kHz a 1MHz .

Las nuevas técnicas ultrasónicas para monitoreo de condiciones hace posible "escuchar" la fricción y el estrés en máquinas rotativas, el cual puede predecir tempranamente deterioros que las técnicas convencionales.

Monitoreo de condiciones ultrasónico: La tecnología ultrasónica es sensible a sonidos de alta frecuencia que son no audibles para el oído humano, y se distinguen desde los sonidos de más baja frecuencia y la vibración mecánica.

La fricción en las máquinas y las ondas de estrés producen sonidos distintivos en el rango más alto ultrasónico.

Los cambios en estas fricción y ondas de estrés pueden sugerir que las condiciones se estén deteriorando y esta detección es más rápida que las tecnologías como vibración y análisis de aceite. Con una correcta medición ultrasónica y análisis es posible diferenciar un normal desgaste de uno anormal daños físicos, condiciones de desbalance y problemas de lubricación.

La mayoría de los proveedores de equipo de AV proporcionan funciones de modulación y de desmodulación de la amplitud de señal para medir esta vibración.

Existen otras técnicas para la medición de las ondas de estrés generadas por cojinetes y engranajes.

"Shock-pulse", es una opción que ha utilizado mucho durante varios años. También existe el dispositivo de emisiones acústicas de (ver punto 5) que mide las "dificultades" [distress] y que, según se asegura, puede trabajar incluso con velocidades muy bajas (< 1 rpm). {pagebreak}

Que es el método de Shock-pulse?

Si consideramos tener una bola metálica que golpea una barra metálica (1) , en el momento del impacto, una onda de presión se esparce ó extiende a través del material de ambos cuerpos (1) La onda de presión rapidamente decae . Esta onda de presión que primero pasa a través de los materiales (antes de que este comience a vibrar) es llamada "shock pulse" , mientras que la onda shock pulse inicial se reduce ,el material comienza a vibrar (2) , esta onda de vibración posterior es medida a través de análisis de vibraciones

Si bien el metodo de shock-pulse es veloz y sencillo para utilizar y ofrece una indicación inmediata de las fallas y problemas de lubricación, en algunas experiencia los resultados son variables.

Algunos instrumentos de este tipo pasan por alto algunas fallas severas en equipos de mayor velocidad, por ej. una pista de rodamiento dañada en el cojinete de un ventilador . Se sabe que no es apto para cojinetes partidos, motores impulsados por convertidores y transmisiones a cadena. También las lecturas se pueden ver afectadas por interferencias de otras partes de la máquina y de ruidos del proceso . Estos factores implican que los resultados no siempre son confiables .

3. Termografía

La termografía es una potente técnica de monitoreo de la condición que ya se aplica ampliamente con buenos resultados en mantenimiento (ver el artículo publicado en <http://www.construsur.com.ar/Article239.html>).

Es muy efectiva para el monitoreo de sistemas eléctricos como tableros de distribución, transformadores, CCM y motores donde puede detectar fallas en componentes y conexiones, sobrecargas y problemas de aislación. También se puede utilizar esta técnica en maquinaria rotativa donde puede detectar condiciones tales como una lubricación no adecuada, desgaste mecánico, mala alineación y fricción. También se puede usar para identificar problemas de proceso como taponamientos, fugas / filtraciones y problemas de aislación en recipientes, cañerías e intercambiadores de calor.

Los estudios termográficos generalmente lo realizan especialistas que visitan la planta una o dos veces al año. Esto normalmente se debe al costo del equipo, pero en años recientes han bajado los precios de las cámaras manuales [handheld] y hoy se pueden obtener modelos de bajo costo específicamente preparados para el mercado de monitoreo de la condición. Si bien estas cámaras tienen menor resolución y precisión, y un menor rango de temperatura que los modelos más caros, ambas funcionan bien en la mayoría de las situaciones y vienen equipadas con un software que permite visualizar las imágenes fuera de la línea. Tener una cámara en el área de mantenimiento es extremadamente útil para realizar estudios extemporáneos, resolver problemas y corroborar las fallas detectadas usando otras técnicas.

Si bien un estudio semestral de los componentes eléctricos identifica la mayoría de las fallas, los problemas mecánicos por lo general sólo se pueden detectar una vez que se ha producido el daño y el calor se ha transmitido a la superficie de la máquina. Esto implica que la advertencia de falla que ofrece la termografía normalmente es con menor antelación que la VA (análisis de vibración) o el análisis de aceite, por lo que las inspecciones mecánicas de rutina deben ser realizadas como mínimo una vez al mes.

Entre las ventajas que incluye la termografía se encuentra su facilidad de uso y el hecho de que permite una observación visual veloz de la planta. Se puede utilizar a una distancia segura y a través de los resguardos con malla de alambre. Las ventanas de cristal transparente IR o de malla (de bajos voltajes) pueden evitar la necesidad de abrir puertas paneles durante las inspecciones eléctricas. Si bien se puede usar para medir temperaturas absolutas, el uso más fácil y más potente de la termografía se da cuando se pueden visualizar varios componentes idénticos dentro de una única imagen. Por ejemplo, si uno de los conductores de un sistema trifásico parece significativamente más caliente que los otros dos, es posible que haya un problema en esa fase. Si la temperatura excesiva se concentra hacia la conexión esto indicaría una falla local más que una sobrecarga de la fase. En máquinas rotatorias como motores y cajas de engranaje, muchas veces es de utilidad tomar una imagen de línea de base para realizar comparaciones futuras.

Los visualizadores de imagen son en sí sencillos de operar, sin embargo, siempre hay temas que cabe tener en cuenta al usar la termografía. El usuario debe comprender las limitaciones de la cámara y los efectos que la radiación reflejada (luces, otros objetos calientes) y los materiales de diferentes emisividades pueden tener sobre las lecturas de temperatura. Por ejemplo, lo que podría parecer un "punto caliente" en un motor o caja de engranajes podría ser sencillamente un reflejo de una fuente de luz o un punto brillante en una superficie en la que el resto está cubierto de polvo o suciedad. Además, con las cámaras de menor costo es más difícil enfocar cuando todos los elementos de la imagen tienen una temperatura similar. Esto puede dificultar el estudio de los cojinetes, por ejemplo, de una cinta transportadora de un almacén donde todos funcionan aproximadamente a temperatura ambiente cuando están en buenas condiciones. De cualquier manera, un pequeño aumento de temperatura a raíz de la falla de un cojinete igualmente debería verse con claridad en la imagen.

Imagen termográfica de una bornera eléctrica

Cabe notar que también existen termómetros puntuales [spot] sin contacto de menor valor con un único elemento sensor en lugar de los tendidos detectores que utilizan los visualizadores de imágenes. Estos pueden ser de mucha utilidad para medir temperaturas puntuales pero también se ven afectados por los mismos temas de emisividad, reflexiones, etc. El usuario también debe tomar en cuenta cuestiones como la distancia del objetivo / diámetro del punto. Por lo general se proporciona también un sistema incorporado de mira láser para ayudar a alinear el spot con el objetivo.

La termografía se debe usar de rutina en todos los sistemas eléctricos y motores críticos en una planta y es útil para estudios extemporáneos y resolución de problemas en una amplia variedad de maquinaria rotativa y equipo de proceso. Incluso cuando no se usa de rutina, con frecuencia es una buena idea tomar una imagen de línea de base para usar en comparaciones futuras. Probablemente sea además la técnica más adecuada cuando es un área de difícil acceso o cuando la VA no sería práctica o llevaría demasiado tiempo {pagebreak}

4 Análisis de aceite

El uso de un lubricante equivocado, la contaminación con agua o polvillo, los extremos de temperatura, una velocidad o carga no adecuada son todos factores que pueden tener un efecto negativo sobre la lubricación de una máquina. El análisis de aceite consiste en establecer la condición de los aceites y sus aditivos en cajas de engranajes y motores industriales. También se puede usar en aceites hidráulicos y transformadores, y a veces en grasas (aunque en estos últimos es más difícil realizar las muestras). Hay una muy amplia gama de pruebas que se usan de manera selectiva según el tipo de máquina para proporcionar información sobre la química de los lubricantes, la contaminación y los restos provenientes del desgaste mecánico.

Existen dos razones principales para realizar el análisis de aceite. En primer lugar, puede prolongar el tiempo entre cambios de aceite, a veces incluso durante varios años. En lugar de seguir las pautas de los fabricantes del equipo, el lubricante se cambia sólo cuando está contaminado o su condición se deterioró tanto que ya no cumple su propósito. En segundo lugar puede detectar los productos de la corrosión o desgaste mecánico que se arrastran en el aceite, permitiendo el monitoreo de la condición mecánica de la máquina además de la condición del lubricante.

Hay prácticas bien documentadas para la recolección de muestras y para los cambios de lubricante. Por lo general las muestras se recogen internamente y el análisis se terceriza al proveedor de lubricantes o a un laboratorio independiente.

La selección cuidadosa de un laboratorio de análisis de aceites es un factor importante para obtener un programa exitoso de análisis de aceite. Por ejemplo, si se le entrega al laboratorio información sobre el tipo de aceite, el tipo de máquina y el historial de cambios de aceite, se podrán obtener análisis más confiables, lo que llevará a mejores recomendaciones. En algunas ocasiones quizás sea necesario considerar los resultados de los análisis de aceite con el fabricante de un determinado equipo. Esto es debido a que por particularidades del equipo analizado puede dar alguna contaminación por encima del nivel estándar que el que tiene como predeterminado el laboratorio que está analizando la muestra .

El análisis de aceite es una técnica muy probada que se puede utilizar de manera muy efectiva en cajas de engranajes críticos, unidades diesel e incluso vehículos en nuestras fábricas. Por lo general detecta los problemas antes que otras técnicas de monitoreo de condición y es usual aplicar una frecuencia de monitoreo trimestral (recomendada) o incluso semestral. Las fallas graves en engranajes y cojinetes detectadas con el análisis de aceite deberán ser confirmadas utilizando VA. **5 Ultra-acústica**

La ultra-acústica (también conocida como "Emisión Acústica") no es algo que se utilice aún con mucha frecuencia para el monitoreo de condición si lo comparamos con los anteriores métodos descriptos. Los instrumentos de ultra-acústica son excelentes para la detección de filtraciones/fugas en sistemas presurizados o de vacío, y también se utilizan ampliamente en maquinaria rotatoria para detectar roces mecánicos y problemas de lubricación, así como daños a los cojinetes y engranajes. También puede detectar un rango de otros sonidos como las descargas eléctricas. También se usan dispositivos de espesor con ultra-acústica para medir el espesor de paredes en caños críticos, conductos y recipientes.

Los instrumentos de ultra-acústica convierten los sonidos de alta frecuencia transmitidos por el aire y por las estructuras (>20kHz) en sonidos audibles que los usuarios pueden oír y reconocer a través de auriculares. También proporcionan una indicación cuantificada del nivel de sonido (dB) con la cual se puede graficar la tendencia para comparar componentes similares. La ventaja de trabajar a frecuencias más altas es que el ultrasonido es más direccional que los sonidos audibles, lo que facilita la identificación de la fuente y la discriminación de los sonidos de los ruidos de fondo. Los instrumentos normalmente vienen equipados con sensores intercambiables de escaneo y contacto para sonidos transmitidos por el aire y por las estructuras respectivamente. La mayoría permite ajustar tanto el rango de sensibilidad como el de frecuencia para adaptar el dispositivo a diferentes tipos de problemas de inspección.

Quizás la manera más efectiva de usar los sistemas ultrasónicos en el modo de contacto con maquinaria rotativa es simplemente escuchar el sonido a través de auriculares. Con el tiempo los técnicos experimentados logran reconocer los problemas y discriminar los sonidos no relacionados. Las bibliotecas con clips de sonidos en la Web dan algunos ejemplos de problemas de lubricación y fallas en los cojinetes. Otra ventaja de utilizar

el ultrasonido a través de los auriculares es que es muy rápido y sencillo, y también se puede usar de manera efectiva en equipo de rotación lenta.

Esto no se debe confundir con los dispositivos de ‘estetoscopio electrónico’ de muy bajo costo que simplemente amplifican los sonidos en el rango audible y no tienen las ventajas de funcionar a las frecuencias ultrasónicas mencionadas previamente en esta sección.

En líneas generales la ultra-acústica es una herramienta útil para la gente de mantenimiento. Su uso primario será la detección de fugas, especialmente en los procesos críticos y sistemas de aire comprimido. También será de utilidad para ayudar a los técnicos a identificar los problemas y fallas de lubricación en maquinaria rotativa que sea demasiado lenta o que lleve demasiado tiempo monitorear usando el VA. También puede ser útil para ayudar a confirmar los problemas detectados usando el VA.

{pagebreak} **6 Monitoreo y prueba de motores**

Si bien el VA es capaz de detectar muchos problemas y fallas mecánicas en los motores, frecuentemente resulta difícil identificar la fuente o la gravedad de los problemas eléctricos que se presentan en las ondículas de vibración. Estas por lo general se pueden detectar mejor con un análisis de corriente y/o flujo y frecuentemente también por temperatura o termografía.

El análisis de la corriente del motor a través un transformador de corriente fijado con grampas es una buena manera de detectar las fallas en la barra del rotor en los motores de inducción, aunque esto requiere acceso al suministro de energía al motor. Las puntas de prueba de flujo no son intrusivas y pueden detectar las roturas de barra de rotor, los desequilibrios de fase y los cortocircuitos en bobinados, entre fases o a tierra. Ambos dispositivos se adosan a un recolector de datos y las formas de onda y espectros se analizan de manera muy similar a la vibración. Si bien la corriente y el flujo se miden con el motor en marcha y bajo carga, también existen pruebas fuera de línea que se le pueden realizar a los motores. Estas pruebas miden el equilibrio resistivo, inductivo y capacitativo entre las 3 fases mientras el motor está desconectado. Además, se usa la prueba de sobretensión para evaluar la condición de los bobinados.

Uno de los principales factores responsables de acortar la vida de los motores es el recalentamiento. El calor excesivo afecta primordialmente los sistemas de aislación de los motores y la grasa en los cojinetes. La sobrecarga, la mala alineación y la ventilación restringida son causas comunes. Sin duda es una buena práctica mantener los motores limpios y libres de acumulación de restos, y se recomienda utilizar la termografía en motores más críticos para detectar los cambios de temperatura y el desarrollo de ‘puntos calientes’. **Estroboscopia**

Un estroboscopia portátil es un elemento útil para la inspección y resolución de problemas en general en una amplia gama de maquinaria rotativa incluyendo cintas, cadenas, engranajes, ejes, acoples, paletas de ventilador, cepillos de motor de c.c. etc.

Existe una amplia variedad de dispositivos en el mercado. Las unidades más sencillas requieren que la frecuencia de titilado sea configurada manualmente por el operador mientras que las unidades más avanzadas pueden ajustarse automáticamente a la velocidad de funcionamiento según el resultado del el V A o de un tacómetro y rastrear las fluctuaciones de velocidad. Al usar un estroboscopia por lo general es de utilidad saber la velocidad aproximada de rotación del equipo para que se pueda configurar la frecuencia de titilado. Cuando la frecuencia del estroboscopia coincide con la del equipo, el equipo aparecerá como detenido, permitiendo una inspección visual. Si sólo se puede ver parte del equipo, por ejemplo solo una mordaza de un acople de cuatro mordazas, una técnica útil sería hacer funcionar el estroboscopia 1 ó 2 rpm más rápido o más lento que el acople, que de este modo parecerá rotar lentamente permitiendo la inspección de cada una de las mordazas para verificar que no tengan un desgaste excesivo. Las limitaciones de un estroboscopia incluyen un límite inferior práctico de velocidad de varios rpm, aunque puede ser de utilidad a velocidades mucho menores para monitorear la condición de los engranajes y dientes en equipos. Otro aspecto a considerar será la intensidad de la fuente de luz en áreas bien iluminadas o en las que el equipo se encuentra a alguna distancia. Además, la inspección de muchos componentes rotatorios requiere ya sea que se retiren las protecciones de seguridad o que se creen ventanas o escotillas de inspección.

Desde el punto de vista de Salud y Seguridad es importante recordar que las luces estroboscópicas pueden desencadenar algunas afecciones médicas como los ataques de epilepsia., por lo que recomendamos se tome la precaución de limitar este tipo de exposición. También cabe recordar que el equipo que parece estar detenido cuando se lo visualiza con el estroboscopio en realidad aún está rotando a alta velocidad

En líneas generales, un estroboscopio electrónico portátil de bajo precio es una pieza muy útil para la inspección general de la maquinaria rotativa de una línea y para corroborar fallas detectadas con otras técnicas como el VA.

8 Tecnología ‘correctiva’

La mala alineación y la falta de equilibrio ó balance son causas comunes de desgaste excesivo y fallas prematuras en la maquinaria rotativa. Una buena alineación de los ejes rotatorios y ventiladores y bombas bien equilibrados reducen la carga sobre los cojinetes, sellos y acoples. Una falla en un sello o cojinete de un motor o caja de engranaje por lo general requiere la reposición directa de toda la unidad por lo que una buena alineación y balanceo no sólo prolonga la vida de la máquina sino que también ahorra considerable tiempo y esfuerzo en temas de mantenimiento. También se suele reconocer que un equipo correctamente alineado y balanceado puede reducir considerablemente el consumo de energía. Tanto la alineación como el balance deberán llevarse a cabo con la máquina detenida.

Los métodos convencionales de alineación de ejes usan calibres sondeadores, escuadras e indicadores de prueba con cuadrante. Si bien se pueden obtener buenos resultados con estos métodos, por lo general dependen del especialista que realiza la alineación de la máquina. Los sistemas de alineación con láser pueden medir con precisión la desalineación paralela y angular en máquinas horizontales y verticales y pueden detectar el “soft foot” [distorsión del marco de una máquina]. Pueden calcular las correcciones hasta 0,01mm aunque, en la práctica, el movimiento lateral de un motor o caja de engranajes a tolerancias tan exactas es poco práctico. Es fácil obtener cuñas de precisión que simplifican la realización de ajustes de altura y la corrección del soft foot.

Existen sistemas para alineación con laser y espejo para la alineación de poleas y ruedas dentadas.

Este es un sistema de láser y espejo muy sencillo y de bajo costo que ayuda a corregir la desalineación paralela y angular en sistemas de correa y cadena, haciendo que la tarea de alineación de poleas y ruedas dentadas sea más sencilla, más veloz y más precisa.

La mayoría de los recolectores de datos de vibración cuentan con una función incorporada de balanceo. Esto puede ser en plano único (perfecto para la mayoría de los ventiladores) o en plano dual para los componentes rotatorios cuya profundidad es significativa con respecto al diámetro.

El uso generalizado de estas herramientas ‘correctivas’ aumenta la vida de la máquina y reduce el consumo de energía.