

LIMITACIONES DE ULTRASONIDOS EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE PURGADORES Y TRAMPAS DE VAPOR

Por Vicente Blázquez (Ingeniero Aeronáutico)

1. APLICACIÓN A FUGAS DE GAS

La medida de ultrasonidos es el método más utilizado actualmente para la localización de fugas internas de gases a través de válvulas.

El paso de un gas a través de un orificio genera un ultrasonido cuya frecuencia e intensidad están relacionadas con varios parámetros, tales como presión diferencial a ambos lados del orificio, temperatura del gas, densidad del gas, velocidad de paso del gas a través del orificio y geometría del orificio.

Independientemente del caudal de gas a través del orificio, si la presión diferencial es superior a 1 bar, el paso del gas a través del orificio genera ondas de sonido en una amplia gama de frecuencias. La onda de mayor intensidad se produce alrededor de 39 kHz, existiendo múltiples armónicos a frecuencias superiores. Ahora bien, experimentalmente se verifica que la intensidad o pico de la onda de frecuencia no depende del caudal de gas a través del orificio.

Por tanto, la presencia de ultrasonido en una válvula en posición cerrada significa claramente la existencia de una fisura a través de la cual se produce una fuga interna o externa de gas. Sin embargo, es prácticamente imposible determinar la magnitud de la fuga a partir de la medida de ultrasonido ya que ello depende de la geometría de la válvula, la geometría de la fisura y las variables termodinámicas del gas. En todo caso la correlación entre ultrasonido y caudal de fuga tendría que establecerse para cada válvula y en cada caso. Existen métodos de cálculo aproximado, que son aceptados internacionalmente; entre ellos, uno de los más reconocidos es la fórmula de Masoneilan por ofrecer resultados bastante conservadores.

2. FUGAS DE VAPOR. LIMITACIONES DE LOS ULTRASONIDOS

La aplicación del método de medida de ultrasonidos ha experimentado un gran auge en el mantenimiento predictivo de purgadores. Sin embargo, la investigación realizada por BITHERM durante el desarrollo del sistema SmartWatchWeb™ para mantenimiento predictivo de purgadores han demostrado que el método tradicional de medida de ultrasonido no ofrece suficiente fiabilidad cuando se aplica en grandes instalaciones con miles de purgadores en servicio (refinerías de petróleo, grandes plantas químicas, etc), ya que el problema se hace más complejo cuando no se trata de detectar fugas de gas sino de vapor, en válvulas como purgadores o trampas de vapor, que manejan un fluido que puede presentarse en fase líquida o vapor.

En efecto, el purgador normalmente descarga a temperatura próxima a la ebullición. Durante este proceso el condensado sufre una expansión que produce un cambio de fase líquido-vapor o revaporización. La fase gaseosa (vapor de expansión) fluye a elevada velocidad generando ultrasonido. Ahora bien, el porcentaje de revaporizado generado en la expansión del

condensado depende del salto de presión a través del purgador (presión diferencial) y el grado de enfriamiento que sufre el condensado antes de ser evacuado por el purgador. Sin embargo, la presencia de ultrasonido en este caso no significa la existencia de fuga de vapor vivo a través del purgador. En este caso, para realizar un diagnóstico fiable es necesario determinar la causa del origen para lo cual se debe medir la atenuación del ultrasonido aguas abajo del purgador, o analizar otras variables tales como la temperatura delante del purgador y el salto de temperaturas a través del mismo.

Un serio problema adicional se presenta en líneas de baja presión, típicas en aplicaciones de vapor de acompañamiento en Refinerías y Petroquímicas, con vapor a 3.5 bar en instalaciones con miles de purgadores descargando a un colector general de retorno de condensados. En este caso, la formación de vapor de expansión presuriza localmente la línea de retorno disminuyendo la presión diferencial en el purgador. Este efecto es muy intenso y típico de instalaciones que utilizan trampas de vapor que no permiten ajustar que su temperatura de descarga (termodinámicas, flotador, cubeta invertida, impulso, orificio calibrado, etc). El efecto es aún más intenso cuando existen fugas de vapor a través de trampas y purgadores, lo que generalmente es muy frecuente ya que la tasa de fugas en estos elementos habitualmente ronda cifras entre 10% y 15%.

Hay que tener en cuenta que aunque la presión media el colector de condensado sea aceptable, justo en la descarga del purgador se produce un aumento localizado de presión en la tubería. En condiciones de fuerte contrapresión local, la presión diferencial puede llegar a ser inferior a 1 bar en el entorno del purgador; esto reduce significativamente la velocidad de paso del vapor a través del purgador, aún en caso de fuga interna, y puede no ser suficiente para generar ultrasonido que permita identificar dicha fuga.

En resumen, la fiabilidad del método de medida de ultrasonido en el mantenimiento predictivo de purgadores disminuye a medida que aumenta el número de trampas de vapor y su tasa de fugas internas de vapor.

Los principales fallos del método de detección de fugas por ultrasonido son:

1. Aparentes fugas de vapor vivo, enmascaradas por vapor de expansión.
2. Fugas reales de vapor vivo indetectables por elevada contrapresión.

La investigación realizada por BiTherm durante los últimos cuatro años ha permitido perfeccionar el método hasta conseguir un alto grado de fiabilidad alcanzado por el purgador bitermostático inteligente BiTherm SmartWatchWeb™ (patentes internacionales).

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Durante el desarrollo del purgador inteligente Bitherm SmartWatchWeb™ se realizaron múltiples ensayos con el fin de encontrar correlaciones entre frecuencia e intensidad de ultrasonidos con los parámetros termodinámicos del vapor y los de los propios purgadores ensayados.

Al intentar reproducir los resultados en grandes instalaciones petroquímicas se observó que las conclusiones alcanzadas en laboratorio no se correspondían en absoluto con la realidad.

Así por ejemplo, instalaciones de vapor con un aparentemente correcto mantenimiento preventivo-correctivo, cuyo tasa de fugas de vapor en trampas y purgadores no superaba el 2%, presentaban un funcionamiento inaceptable con fuertes golpes de ariete térmico y gran cantidad de vapor (aparentemente vapor de expansión) en los colectores de retorno de condensado. Realizando un estudio termodinámico de las instalaciones se encontró u fuerte grado de acoplamiento entre las líneas de distribución de vapor y las líneas de retorno de condensado, acoplamiento que demuestra un funcionamiento incorrecto de trampas y/o purgadores.

Se comprobó que el purgador inteligente bitermostático, a diferencia de la trampa de vapor (que descarga a temperatura de saturación del vapor), se comporta como una válvula de control energético, que regula constantemente el nivel de degradación energética del fluido, antes de ser evacuado a la línea de retorno. De esta forma el purgador inteligente es capaz de controlar la cantidad de revaporizado en el colector de retorno de condensado para conseguir el óptimo funcionamiento de la instalación.

Se realizó una verificación exhaustiva de los purgadores inspeccionados y se encontró que el porcentaje de purgadores dañados, con fuga de vapor vivo, alcanzaban la cifra de 27 %, que no habían sido detectadas por ninguno de los equipos de ultrasonido portátiles utilizados, debido a la presurización local en la zona de descarga de los purgadores que reducía significativamente la velocidad de paso del vapor a su través.

4. FIABILIDAD DEL PURGADOR INTELIGENTE “BiTherm SmartWatchWeb™”

El purgador inteligente BiTherm SmartWatchWeb™ logra su elevada fiabilidad analizando aspectos fundamentales de su funcionamiento:

1. Monitorización continuada de varios parámetros: Permite analizar la evolución de ultrasonido, temperatura y contrapresión, generando un diagnóstico fiable
2. Análisis de tendencia: Detección prematura de fallos
3. Auto inspección continua del sistema de monitorización
4. Evaluación del rendimiento energético del purgador
5. Alarma diferenciada de fallos del purgador
6. Registro continuo o histórico del funcionamiento del purgador

Por todo ello, la fiabilidad del purgador inteligente BiTherm SmartWatchWeb™ resulta extraordinariamente elevada ya que permite detectar pequeñas variaciones de los parámetros monitorizados, incluso antes de que el fallo se produzca, lo que posibilita evaluar el rendimiento energético del purgador.

Finalmente el purgador Bitherm es reparable en línea sin necesidad de piezas de repuesto. Esta operación se realiza en un par de minutos sin interrumpir la normal operación del purgador.