

Monitorización de vibraciones y sistema de análisis de riesgos para tuberías de proceso

Ángela Angulo, Slim Soua y Nikolaos Panagopoulos
TWI (Reino Unido))

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8029>

RESUMEN

TWI realizó un proyecto exploratorio investigando el uso de análisis de vibraciones para la monitorización del estado de las tuberías de proceso. El proyecto propició el desarrollo de un avanzado sistema propio, capaz de supervisar los fallos por fatiga inducida por vibración en las líneas principales de un sistema de tuberías. La evaluación de la vibración muestra la situación de funcionamiento del sistema de tuberías y, antes que se dé una probabilidad de fallo (LOF) elevada, la evaluación proporciona un análisis continuo de riesgos.

Los métodos y procedimientos de evaluación siguen las normas del 'Guidelines for the avoidance of vibration-induced fatigue failure in process pipework', publicado por el Instituto de la Energía (IE) en 2008.

ANTECEDENTES

La fatiga inducida por vibración es una de las causas más comunes de fallos en los sistemas de tuberías de proceso. Una consecuencia inesperada de escape de hidrocarburo puede conducir a pérdidas económicas y a efectos tanto en la salud como en la seguridad y el medio ambiente. Los datos publicados por la Ejecutiva de Salud y Seguridad del Reino Unido (HSE) para la industria offshore ha mostrado que en el sector británico del mar del Norte, los fallos por fatiga y vibraciones representan el 21% de todos los escapes de hidrocarburo.

La probabilidad de fallo de un sistema de tuberías con circulación cuando se genera turbulencia en el sistema a presión, se rige por dos condiciones: el factor de vibración producido por el flujo (F_v) y la presión dinámica (p_v^2).

El factor de vibración producido por el flujo se calcula a partir de las propiedades geométricas de la tubería a inspeccionar. Este cálculo se basa en el diámetro exterior de la tubería (D_{ext}) y el espesor de la pared (T), para cada diseño concreto de soportes de la tubería, tal como se especifica en las mencionadas directrices del IE.

La presión dinámica se determina a

partir de las características de flujo del fluido circulante. Depende de parámetros tales como la densidad o la velocidad del fluido. La probabilidad de fallo por turbulencia inducida por el flujo (LOF) se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$LOF = \frac{p_v^2}{F_v} FVF$$

OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto fueron los siguientes:

- Identificar los mecanismos de excitación que provocan fallos por fatiga.
- Proporcionar un estado detallado de las tuberías principales y de las conexiones de menor diámetro
- Evaluar la probabilidad de inicio de grietas por fatiga mediante análisis de vibraciones.

INNOVACIONES

El sistema de monitorización del estado de las tuberías desarrollado por el proyecto es capaz de incorporar el análisis de vibraciones (Figura 1), en contraste con los sistemas existentes, que no son capaces de vincular el análisis de vibración de las tuberías con la probabilidad de aparición de grietas por fatiga.

El sistema de gestión de la vibración de las tuberías que predomina en el mercado, se basa en una evaluación teórica por ingenieros especializados. Sin embargo, el sistema desarrollado por TWI no solo ofrece procesamiento integrado de señales mostrados en la pantalla del dispositivo sino que también proporciona un análisis de riesgo cuantitativo único que pretende optimizar las tareas de mantenimiento. El sistema también ofrece a los operadores un dispositivo portátil que califica la señal de vibración en una de estas dos categorías:

- Una aceptable señal de vibración que pasa la primera fase de evaluación/selección descritos en las directrices de la IE
- Una señal de vibración inaceptable que requiere una evaluación basada en el riesgo por ingenieros especializados.

Por lo tanto, este sistema supone para los propietarios/operadores de la planta lo siguiente:

- Un funcionamiento sencillo: el primer método de detección puede ser realizada por un técnico/inspector no especializado.
- Bajo coste: el primer paso de evaluación pueden lograr reducción de gastos puesto que un especialista en gestión de vibración sólo sería ne-



Figura 1: Sistema de seguimiento condicionado VA-RA

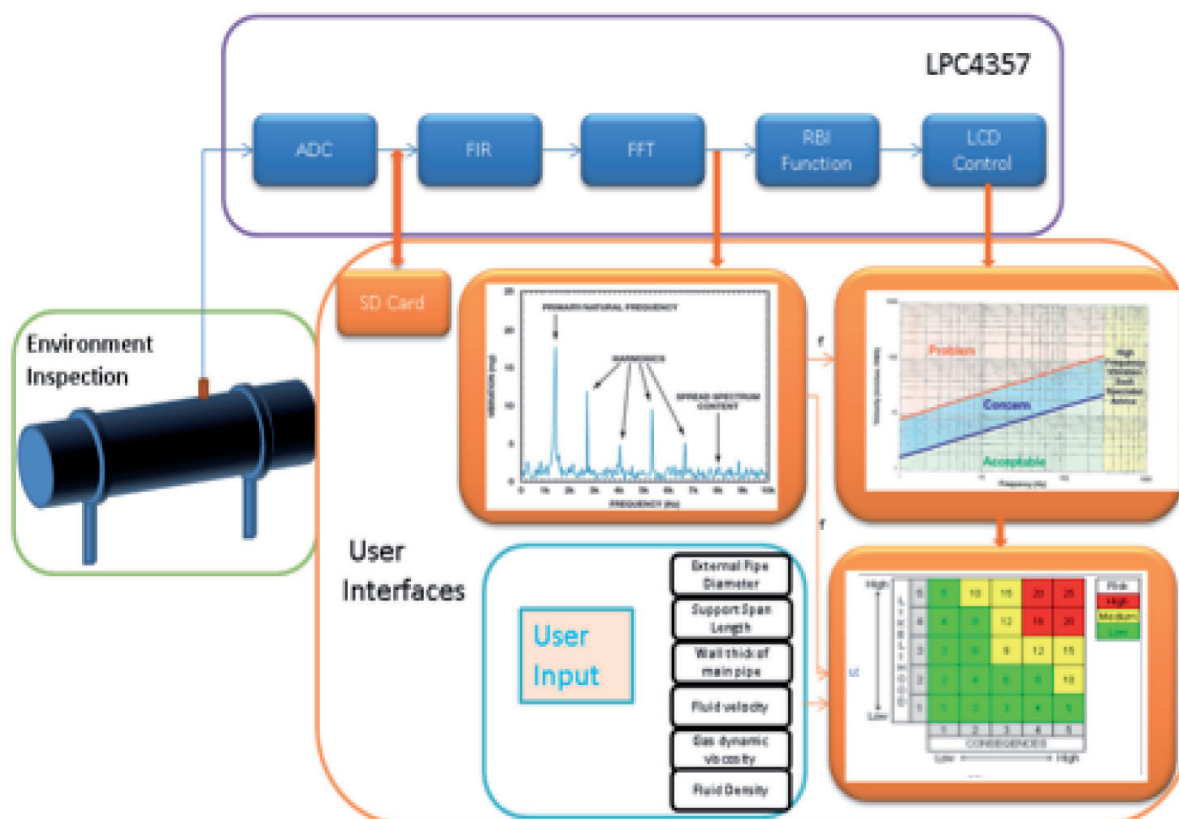


Figura 2: Diferentes módulos del sistema incluyendo la interfaz de usuario



Figura 3: Sistema de análisis de vibraciones y matriz de riesgo por fatiga inducida por vibración

cesario para investigar las secciones de tuberías que hubieran fallado en el primero.

DESARROLLOS

La LOF resultante se combina con el valor de la consecuencia de una avería (COF) para determinar cuantitativamente el riesgo asociado con la situación de la tubería. Esto proporciona una gestión cuantitativa del riesgo, calculando la

necesidad de mantener la integridad del activo e informando sobre las actividades apropiadas de mantenimiento.

La estrategia del sistema se describe en la Figura 2.

Como complementos del ensayo, definidos por el operador, se determinan los parámetros existentes. Estos incluyen el diámetro exterior de la tubería, la longitud del vano entre apoyos, espesor de la pared de la tubería principal, la velocidad

del fluido, la viscosidad dinámica del gas y la densidad de fluido.

El prototipo del sistema se compone de un sensor de la señal de vibración y un módulo de evaluación. El interfaz de pantalla táctil permite que el operador introduzca los datos de la tubería y del fluido. Una vez que se adquieren los valores de la vibración, las funciones son calculadas en tiempo real o mediante sistemas offline avanzados de proceso de datos.

El sistema es capaz de representar tanto la aceleración como el espectro de frecuencias, lo que permite la detección de las frecuencias dominantes. Esto permite la evaluación de la vibración inicial que se debe fijar y la LOF por turbulencia inducida por el flujo a ser calculada y dibujada en la matriz de inspección basada en el riesgo (Figura 3).

APLICACIONES

El sistema desarrollado puede ser usado para tuberías de transporte de fluidos utilizadas en los siguientes entornos:

- Producción/procesado upstream de petróleo y gas en plantas offshore
- Plantas de procesamiento químico downstream de petróleo y gas.
- Plantas de generación de energía
- Plantas de agua/aguas residuales
- Plantas farmacéuticas