

Diagnóstico de campo avanzado para alcanzar la excelencia de una instalación

Por Yoshitaka Yuuki, Nobuo Miyaji de Yokogawa, www.yokogawa.com.ar

El objetivo de *VigilantPlant AE (Asset Excellence, 'excelencia en una instalación')* es alcanzar un alto rendimiento en la operación de planta. La mejora de la producción es la clave para una operación confiable y segura, así como para reducir los costos de operación y mejorar la eficiencia. Además del mantenimiento e inspección periódica convencionales, el diagnóstico avanzado contribuye a la realización de una operación confiable y segura por medio de sensores inteligentes incluso durante la operación de planta. Los instrumentos de campo, tales como transmisores diferenciales y caudalímetros, están capacitados para medir valores de proceso, calcular variables y enviar información de diagnóstico al sistema industrial. Esta nota presenta una tecnología de diagnóstico que provee grandes mejoras al rendimiento de la planta y disponibilidad del sistema por menos costo.

Introducción

Yokogawa Electric Corporation promueve la estandarización del bus de campo *Foundation Fieldbus™* como la base de comunicación para *Asset Excellence* de *VigilantPlant*, una aproximación orientada al avance en instrumentos de planta y equipamiento. Con el reciente y dramático avance de las tecnologías de bus de campo, tecnologías de procesamiento de la información y velocidad de la red, se ha hecho posible procesar varios tipos de información dentro de los sensores de campo y transmitir los resultados al sistema de control distribuido (DCS) y computadora central. El gestor de recurso de planta (PRM, *Plant Resource Manager*) de Yokogawa que se diseña para gestionar información

de diagnóstico en línea de una forma integrada ya ha sido presentado en otros documentos. Se trata de un grupo de tecnologías de diagnóstico individuales que soporta el diagnóstico general. Esta nota presenta las tecnologías de diagnóstico para que se usen en diagnóstico de pronóstico, que emplea información de múltiples sensores, disponibles gracias a los recientes avances en instrumentos de campo (múltiples funciones, mayor velocidad y transición hacia lo digital).

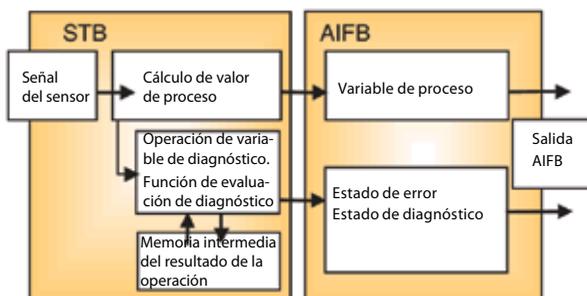


Figura 1. Ejemplo de configuración de funciones de diagnóstico para un instrumento de campo.

Configuración de funciones de diagnóstico para instrumentos de campo

Los buses de campo *Foundation* se aplican a las tecnologías de diagnóstico de las plantas. La figura 1 muestra la configuración de las funciones de diagnóstico dentro de un instrumento de campo. Las funciones de diagnóstico se implementan en el bloque de transductor del sensor (STB, *Sensor Transducer Block*) y los resultados de diagnóstico se pasan como una señal de estado hacia un bloque de función de entrada analógica (AIFB, *Analog Input Function Block*). En el STB, las variables a

diagnosticar se obtienen por un cálculo basado en los valores de proceso medidos para caudal, presión, temperatura, y demás, y se realizan operaciones lógicas para el diagnóstico. Los resultados de diagnóstico se transmiten como señales de alarma a una computadora y su utilizan para dar soporte al plan general de mantenimiento.

Procesar las variables de diagnóstico dentro de los instrumentos de campo permite una reducción importante del volumen y tiempo de comunicación para transmitir los datos llanos a la computadora central, lo que acorta el intervalo de diagnóstico, y en definitiva, incrementa la velocidad y la precisión de diagnóstico.

Desde que los programas de diagnóstico se actualizan continuamente, solo se necesita descargar el software utilizando comunicación digital para obtener los últimos algoritmos de diagnóstico, y no se requiere reemplazar la placa de circuito impresa.

Aplicaciones y tecnologías analíticas de diagnóstico

Un instrumento de campo es responsable de medir el valor físico y la composición química de los elementos en una planta, tales como temperatura, presión, caudal, acidez y concentración, y para proveer la información de medición al sistema

de control de la planta. Se requiere un instrumento de campo equipado con funciones de comunicación digitales, tales como bus de campo, para proveer muchas de las funciones que se muestran en la figura 2, además de las precisión y rango de medición, la resistencia ambiental o el costo de la eficiencia. Específicamente, los usuarios requieren que un instrumento de campo para proveer soporte al mantenimiento y seguridad de las operaciones de planta, que provea información basada en los resultados de auto diagnóstico del propio instrumento, del campo a su alrededor, del equipamiento, del lazo de control, y cosas similares. Es necesario obtener información de diagnóstico basada en la información multifuncional de los transmisores de bus de campo existentes, en lugar de instalar nuevos sensores.

Algoritmos de diagnóstico

Como se muestra en la figura 3, a fin de obtener información de diagnóstico, es necesario combinar las variables de proceso de valor físico y composición química con las variables de diagnóstico relacionadas con las fluctuaciones de señal, derivas y otras, que convencionalmente se ven como perturbaciones. A fin de evaluar el resultado de diagnóstico, una función apropiada de evaluación de diagnóstico debe definirse combinando múltiples

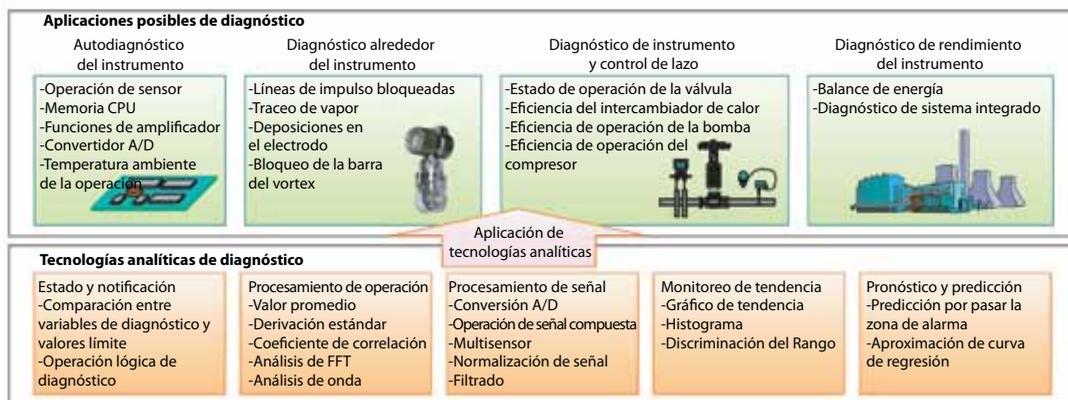


Figura 2. Aplicaciones y tecnologías de diagnóstico analítico

variables de diagnóstico. Una variable de diagnóstico incluye un disturbio irregular de lo que es la variable de proceso, de modo que la variable de diagnóstico se maneja como una variable aleatoria. Las funciones de evaluación de diagnóstico utilizadas combinan las operaciones de procesamiento estadístico tales como el valor medio y la desviación estándar para variables aleatorias, las operaciones diferencial y relación para eliminar el disturbio, la operación de compensación basada en información de otra medición, y la operación que compara el estado estándar con como está. Además, pueden usarse como función de evaluación de diagnóstico un algoritmo FFT (*Fast Fourier Transform*, 'Transformada rápida de Fourier') para transformar una variable del campo temporal a variable del campo de frecuencia, una transformación de onda para acumular el resultado de multiplicación de una variable de proceso no estacionaria por una función base asumida apropiadamente, y como está puede usarse para una función de evaluación de diagnóstico.



Figura 3. Configuración de algoritmos de diagnóstico utilizando variables de proceso y de diagnóstico

Aplicación de tecnologías de diagnóstico

Lo siguiente muestra aplicaciones de diagnóstico específicas.

Diagnóstico del "trazo" de vapor de un transmisor de presión diferencial EJX110

Existe un caso en donde un caudalímetro de placa orificio basado en un transmisor de presión diferencial como se muestra en la figura 4 se utiliza

para prevenir que se solidifique el fluido monitoreando el "trazo" del vapor y midiendo la presión diferencial a la vez que se mantienen calientes las líneas de impulso las bridas. La siguiente ecuación permite estimar la temperatura de la brida (FLANG_TEMP) que representa la temperatura del vapor para mantener la línea de impulso caliente utilizando la temperatura de cápsula (CAP_TEMP) y la temperatura del amplificador (AMP_TEMP) del transmisor de presión diferencial EJX110:

$$FLANG_TEMP = (1 + K) \cdot CAP_TEMP - K \cdot AMP_TEMP$$

La temperatura de la brida se puede calcular con la optimización del valor "K" en la ecuación anterior, y así se puede diagnosticar la robustez del vapor.

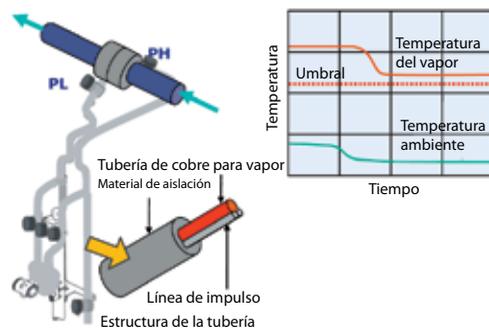


Figura 4. Ejemplo de instrumentación de trazo de vapor

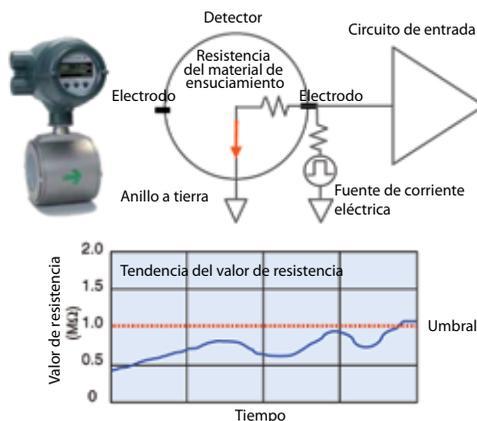


Figura 5. Tendencia del valor de resistencia AFX del material de ensuciamiento del electrodo

Diagnóstico de ensuciamiento de electrodo utilizando un caudalímetro magnético AXF

Se utiliza un caudalímetro magnético AXF para diagnosticar el nivel de suciedad midiendo los valores de resistencia basados en la ley de Ohm, permitiendo el flujo de una cantidad muy pequeña de onda cuadrada a través del anillo a tierra desde el electrodo como se muestra en la figura 5. La frecuencia de onda cuadrada se configura de modo tal que no tiene ninguna influencia en la operación de señal de caudal.

Como resultado, la señal de caudal se enmascara de modo que no se refleja en la señal durante el tiempo de procesamiento de señal para el diagnóstico de la contaminación del electrodo.

Diagnóstico de bloqueo de línea de impulso utilizando un transmisor de presión diferencial EJX 100

Si se bloquea una línea de impulso para un medidor de presión diferencial, ocurre un problema por el lado del caudalímetro, que luego conduce a un problema para el control de planta como se muestra en la figura 6.

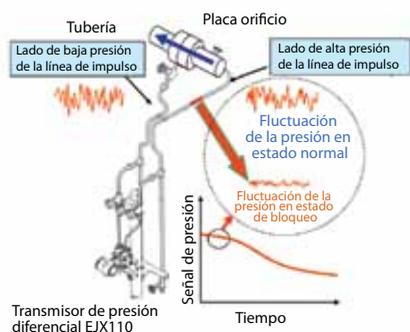


Figura 6. Instrumentación de la línea de impulso de un transmisor de presión diferencial

El diagnóstico de bloqueo de la línea de impulso se lleva a cabo en base a cambios provocados por las fluctuaciones de la señal de presión que se puede medir en el caudal de la cañería durante la operación normal. Se emplea una función de diagnóstico F llamada "factor de bloqueo", que se

obtiene combinando los coeficientes de correlación de fluctuación de la presión diferencial, lado de alta presión y lado de baja presión, para identificar qué línea de impulso está bloqueada.

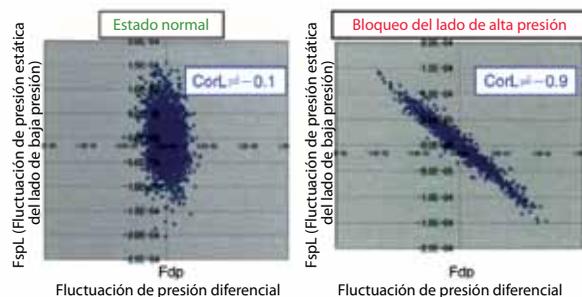


Figura 7. Correlación entre la fluctuación de presión del lado de baja presión y la fluctuación de presión diferencial en el caso de bloqueo del lado de alta presión

La figura 7 muestra la diferencia en el coeficiente de correlación de fluctuación $CorL$ para la presión diferencial y el lado de baja presión entre el estado normal y el estado de bloqueo del lado de alta presión. Cuando la fluctuación de presión del lado de baja presión y la fluctuación de presión diferencial se grafican como variables aleatorias en un diagrama de dos dimensiones, el valor $CorL$ para estado de bloqueo de alta presión se acerca a menos uno (-1). Por otro lado, aunque no se muestra en la figura, el valor de coeficiente de correlación $CorH$ para las variables aleatorias para la fluctuación de presión de alta presión y la fluctuación de presión diferencial en el lado de baja presión se acerca a uno (1). La función de diagnóstico F , que se obtiene de combinar los valores $CorL$ y $CorH$ basados en la ecuación principal de la figura 8, y que se normaliza a más/menos uno (± 1), se utiliza para el diagnóstico de bloqueo de impulso de línea. Cuando la función se acerca a uno (1), se diagnostica como bloqueada la línea de impulso del lado de alta presión, y cuando el valor se acerca a menos uno (-1), se diagnostica como bloqueada la línea del lado de baja presión.

$$F = \left(1 - \frac{1 + CorL}{1 - CorH} \right) / \left(1 + \frac{1 + CorL}{1 - CorH} \right)$$

en donde el bloqueo del lado de alta presión se expresa como $1 + CorL \approx 0$, por lo tanto el factor de bloqueo se expresa como $F \approx 1$

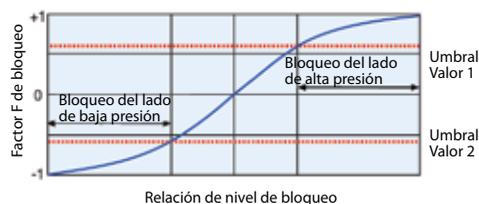


Figura 8. Relación entre factor F de bloqueo de un lado y bloqueo

Diagnóstico de bloqueo de línea de impulso para sistema PRM

Un instrumento de campo equipado con funciones de comunicación digitales como ser un bus de campo puede llevar a cabo diagnósticos por su cuenta. Sin embargo, cuando se lleva adelante un diagnóstico avanzado, tal como el diagnóstico de tendencia basado en un gráfico de tendencias, o diagnóstico de rango multivariable, es necesario entender los resultados visualmente combinando el sistema PMR (*Plant Manager Resource*, 'gerenciador de recursos de planta') con instrumentos de bus de campo. Más todavía, en muchos casos reales de diagnóstico, las características estándar de variables se establecen como datos de referencia en estado normal y luego se comparan con las variables de diagnóstico que se toman cada vez. En algunos casos, un montón de información de referencia se prepara por adelantado para futuros cambios en las condiciones de operación de la planta. Cuando se utilizan resultados de diagnóstico, por ejemplo, asignando un valor umbral apropiado basado en la tendencia, o revisando un plan de mantenimiento antes de que ocurra un problema, se requiere un software específicamente de diagnóstico instalado en el sistema PRM para llevar adelante un diagnóstico avanzado.

La figura 9 muestra las pantallas del software del diagnóstico de bloqueo de línea de impulso (ILBD, *Impulse Line Blocking Diagnosis*), que permite el registro de instrumentos para diagnóstico de bloqueo de línea de impulso (B), la observación de la tendencia del resultado de diagnóstico y el seteo del umbral para nivel de bloqueo (C), o el registro de la información de referencia para el diagnóstico (D).



A: Pantalla de menú de diagnóstico PRM



C: Pantalla de seteo de umbral y tendencia de diagnóstico



B: Pantalla de registro de instrumento ILBD



D: Pantalla de registro de información de referencia para el diagnóstico

Figura 9. Pantalla de diagnóstico ILBD para RPM

Conclusión

Las tecnologías de diagnóstico presentadas en esta nota permiten monitorear permanentemente el estado del proceso en el lugar utilizando sensores inteligentes, para analizar las tendencias en los cambios, y para proveer información para mantenimiento preventivo en etapas tempranas. Es necesario mejorar aún más las cuestiones prácticas; por ejemplo, el rango de aplicación de tecnologías de diagnóstico y el método para evaluar la exactitud del diagnóstico.

También se espera que la variación de señales de entrada tales como señales ópticas y ultrasónicas se incrementen, y se desarrolle un diagnóstico más rápido basado en los valores medidos en el rango de alta frecuencia. El diagnóstico existente, en definitiva, progresará desde el diagnóstico localizado hacia diagnósticos más avanzados basados en información de dos y tres dimensiones obtenida de los sensores en múltiples puntos. ❖

Nota del editor: La nota aquí reproducida fue originalmente escrita para la revista *Yokogawa Technical Report*, N° 44.