

Percibiendo con fibras ópticas

Sensores de fibra óptica hacen una industria más segura y ofrecen posibilidades de detección avanzada

Werner Daum* (BAM), Coordinador General de IEC SC 86C/WG 2



A partir de la primera patente de un sensor de fibra óptica en 1967, los sensores de fibra óptica se han convertido en una historia de éxito en todo el mundo. Hoy en día, los sensores de punto de fibra óptica y sistemas de sensores de fibra óptica son distribuidos continuamente y permiten la medición de casi todas las cantidades físicas y contribuyen a los niveles de seguridad más altos en muchos sectores industriales. El monitoreo de tuberías, cables eléctricos, estructuras ligeras y obras públicas, y de los movimientos de la tierra lideran la lista de aplicaciones. La normalización en este campo es de suma relevancia y saca a la luz algunos de los desafíos que hoy enfrentan el IEC SC (Subcomité) 86C/WG (Grupo de Trabajo) 2: *Sensores de fibra óptica*.

Medio siglo de sensores de fibra óptica

Es ahora más de 50 años desde que surgió la idea de que una fibra óptica podría ser una tecnología útil para la detección y medición, lo que lleva a la primera patente en este sector. A partir de entonces, los sensores de fibra óptica han disfrutado de mucho éxito.

Actualmente, los FOS (Sensor de Fibra Óptica) son sistemas de productos de alta tecnología que utilizan efectos ópticos no lineales, así como equipos de última generación de tecnología de fibra óptica (por ejemplo, reflectometría óptica de dominio de tiempo con resolución sub-milímetro). FOS están disponibles para la mayoría de cantidades físicas (por ejemplo, tensión, temperatura, presión, corriente eléctrica) y una amplia gama de parámetros químicos (por ejemplo, valor pH, concentración de O₂ en la sangre). Están basados en fibras ópticas normalizadas utilizadas para fines de comunicación (fibras mono-modo y multi-modo) o fibras especialmente diseñadas como fibras micro-estructuradas.

Intrínsecamente seguro y fiable

Los FOS son inmunes a la interferencia electromagnética y no conducen la electricidad, por lo que se pueden utilizar en lugares donde hay alta tensión o materiales inflamables, tales como gases o combustibles. Los FOS pueden ser diseñados para soportar ultra-altas temperaturas (1000°C) y atmósferas corrosivas.

Existen numerosas realizaciones de FOS, pero todas encajan en dos categorías: extrínsecos e intrínsecos.

Un FOS extrínseco simplemente guía la luz a un punto de detección, donde la señal óptica emerge en otro medio en el que se modula. La luz se recoge entonces por la misma o una fibra diferente después de que ha sido modulada por la cantidad a medir y devuelta a un lugar remoto para su procesamiento.

En contraste, FOS intrínseca mantiene la luz dentro de la fibra en todo momento de manera que la cantidad externa a medir modula la luz a medida que se propaga a lo largo de la fibra.

Los principios de modulación como la intensidad, fase, polarización, o la modulación de longitud de onda son de uso común. También el tiempo de tránsito de la luz en la fibra puede ser una medida de la cantidad.

Debido a la posibilidad de influir en las propiedades de transmisión de luz de una fibra óptica localmente a través de un parámetro externo, una medición de este parámetro se puede realizar como una función de la posición a lo largo de la fibra. Esta es llamada medida distribuida que ha surgido como una ventaja extremadamente importante y única de la tecnología de sensores de fibra. Una medición distribuida de una cantidad como la temperatura a distancias de hasta varias decenas de kilómetros es única para la fibra óptica. Así mismo las medidas de longitudes de calibre en el orden de un metro se pueden lograr eficazmente, y hay algunos que van a las longitudes de discriminación incluso más cortas. Esta capacidad única abrió un nuevo abanico de posibilidades de aplicación como el cable de alimentación o el monitoreo de tuberías.

La tecnología FOS está experimentando un crecimiento impresionante. Los analistas del mercado estiman que el valor del consumo mundial de sensores de punto de fibra óptica y sistemas de sensores de fibra óptica distribuidos continuamente llegarán a USD 4 billones en 2017. Los sectores que la impulsan son la industria del petróleo y gas, generación de energía y distribución, y la ingeniería civil. Los próximos sectores son la industria aeroespacial y todos los sectores con construcciones ligeras que necesitan vigilancia de la salud estructural integrada (por ejemplo, el monitoreo de tensión de las palas del rotor de las turbinas de viento).

La seguridad y precisión conducen las aplicaciones de energía FOS

La industria del petróleo y el gas está utilizando tuberías para el transporte de los gases (por ejemplo, gas natural, amoníaco y CO₂) o líquidos (por ejemplo, petróleo crudo, gasolina y salmuera). La gestión moderna utiliza tuberías que distribuye FOS de temperatura para asegurar la integridad, la detección de fugas de inmediato y mitigación de riesgos. Todo el proceso y sistema de integridad aguas abajo se puede controlar. Los perfiles de temperatura hacen posible la detección de anomalías durante el funcionamiento. A lo largo de largas distancias en zonas remotas, la medición de la deformación de fibra óptica distribuida se utiliza para detectar, por ejemplo, los movimientos de tierra, deslizamientos, o cambios en la textura del suelo de temporada, que pueden causar una carga local de la tubería por encima del valor diseñado o una ruptura.

La monitorización de la temperatura en los sistemas de transmisión de potencia es una parte integral del aumento del flujo de potencia. Se estima que hay 30 000 transformadores de transmisión en América del Norte y 100 000 en todo el mundo, todo lo cual podría funcionar de manera más eficiente con la administración térmica adecuada. Los FOS aquí tienen la ventaja adicional de estar integrados en sistemas de sensores distribuidos de pequeño volumen físico que se integran directamente en el transformador. La detección de descarga parcial por FOS es la próxima tecnología en este sector.

La generación de electricidad por las granjas de turbinas eólicas en alta mar es muy común. La energía generada se transmite por los cables de alimentación bajo el agua a tierra firme en lugares de distribución. La temperatura de este tipo de cables de alimentación proporciona, por lo menos, información de condiciones de monitoreo. El control de la temperatura muestra cómo están respondiendo los cables a la carga y permite que la carga sea gestionada de acuerdo con la temperatura real de los cables.

La exportación y cables de interconexión, en aguas poco profundas pueden experimentar tensiones dramáticas que afectan a su temperatura bajo la misma carga. Un cable puede estar rodeado por agua fría un día y cubierto de metros de lodo el siguiente, o enterrado y luego expuesto, lo que dará un entorno operativo dramáticamente diferente. Los daños causados por las actividades de pesca y de navegación pueden dar lugar a daños en el aislamiento y un evento inusual de temperatura. Mediante la supervisión de toda la longitud del cable, los cambios en el entorno y el estado del cable se pueden detectar y actuar en consecuencia.

¡Debe instalar FOS!

La alerta temprana antes de los movimientos de tierra o deslizamientos pueden salvar vidas y evitar pérdidas materiales o de propiedad importantes por la prevención de riesgos geotécnicos. El monitoreo geotécnico adecuado por tensión o deformación de sensores de fibra óptica distribuidos en zonas de deslizamientos sensibles o en represas pueden detectar el movimiento del suelo antes de que ocurran fallas catastróficas. Tales fracasos siempre están precedidos por el movimiento de avance lento y pequeño que se puede detectar antes del fallo completo de la pendiente o represa, y que podrían permitir medidas adecuadas que deberán adoptarse con el fin de proteger el área.

La utilización de FOS en vigilancia de la salud estructural de las estructuras de ingeniería civil (por ejemplo, puentes, túneles, torres y edificios) permiten la detección de deterioros locales, daños, destrucción y colapso parcial, pero las contribuciones de deformación también muy localizadas a lo largo de los sensores asociados con la aparición de grietas en estructuras. Por ejemplo, la detección de grietas se realiza dentro de una resolución espacial del orden de 0,5 m, y las grietas en el rango de sub-milímetro puede ser detectado de manera eficiente.

Las normas apoyan la introducción de productos innovadores

La escasez de Normas Internacionales está obstaculizando un avance de esta innovadora tecnología de sensores y obstruyen el uso integral de los FOS. Las autoridades técnicas de todo el mundo no se atreven a aprobar tales sensores de forma rutinaria para aplicaciones relevantes para la seguridad debido a la falta de normas.

Motivados por la demanda de varios sectores industriales, el IEC [SC 86C](#): *Sistemas de fibra óptica y dispositivos activos*, restableció en 2010 su [WG 2](#): *Sensores de fibra óptica*, que ahora está preparando y manteniendo las Normas Internacionales y especificaciones de los FOS. Estas normas abarcan las características de rendimiento y de interfaz, así como la terminología, métodos de ensayo, fiabilidad y atributos ambientales. En la actualidad el [SC 86C/WG 2](#) reúne a unos 50 expertos de 16 países. Los representantes de todas las principales áreas económicas del mundo, los fabricantes, los usuarios de los diferentes campos de aplicación, y las instituciones de investigación garantizan la alta calidad y la imparcialidad de las normas elaboradas.

La industria se beneficia con las nuevas normas

Los fabricantes de la industria de equipos aprovechan estas normas mediante el uso de ellas como guías para especificar el rendimiento de la medición y la fiabilidad de sus productos de manera uniforme, de manera reconocida. Además, las normas ayudan a los solicitantes a seleccionar, instalar y operar FOS basados en procedimientos armonizados. Por otra parte, las normas crean confianza en esta tecnología y su fiabilidad, y apoyan a los solicitantes a obtener la aprobación de las autoridades pertinentes en relación con la utilización de FOS en nuevos campos o campos pertinentes de seguridad de la aplicación. Por otra parte, las normas ayudan a reducir los gastos al evitar costosas validaciones del sistema individual.

Para dar cabida a la complejidad de la tecnología y la amplia variedad de aplicaciones, se ha creado una serie jerárquica estructurada de normas. [IEC 61757-1:2012](#), *Sensores de fibra óptica: especificaciones genéricas*, construye los cimientos de esta serie. Otras dos normas en fase de desarrollo, [IEC 61757-2-1](#), *Sensores de fibra óptica: medición de tensión - Sensores de tensión basados en rejillas de Bragg de fibra*, e [IEC 61757-3-1](#), *Sensores de fibra óptica: Medición de temperatura – Detección distribuida*, que se refieren a la sección y especificaciones de la familia junto con las especificaciones de productos y detalles, completarán esta estructura jerárquica.

A pesar de las diferentes aplicaciones y principios de funcionamiento de diversos FOS representan un verdadero desafío para la adecuada normalización, el IEC SC 86C/WG 2 está demostrando que puede proporcionar normas válidas para el mercado FOS, promoviendo así su desarrollo coherente.

* [El Dr. Werner Daum](#) es Jefe de la División de Sensores, Métodos de Medición y Ensayo y Jefe del Departamento de Ensayos no Destructivos en el [BAM](#), el Instituto Federal Alemán de Investigación y Ensayo de Materiales. EL Dr. Daum recibió el premio IEC 1906 en 2012.

Fuente: [Página web de IEC](#)

Traducción al español: Secretaría Ejecutiva de COPANT