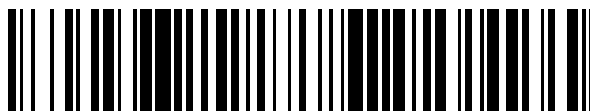


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 115**

51 Int. Cl.:

G01D 5/353 (2006.01)

G01K 11/32 (2006.01)

G01L 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2007** **PCT/EP2007/063005**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2009** **WO09068095**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2007** **E 07847521 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018** **EP 2223053**

54 Título: **Un dispositivo para aplicar un sistema de supervisión de fibra óptica a un componente a ser supervisado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2019

73 Titular/es:

PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS LIMITED
(100.0%)
Chickenhall Lane Eastleigh
Hampshire SO50 6YU , GB

72 Inventor/es:

DAVIES, MARTIN VINCENT;
MILLARD, STEPHEN JOHN y
ROBERTS, KRIS JONATHAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 710 115 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un dispositivo para aplicar un sistema de supervisión de fibra óptica a un componente a ser supervisado

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a procedimientos y sistemas para supervisar el estado de los componentes distribuidos en una pluralidad de emplazamientos en el espacio, particularmente, aunque no exhaustivamente, componentes de sistema de distribución de energía eléctrica. En particular, la presente invención se refiere a la supervisión, en tiempo real y mediante el uso de fibras ópticas, del estado y condición de componentes como elementos "complementarios" por ejemplo elementos de protección, utilizados en sistemas de distribución de
- 10 energía eléctrica para asegurar la seguridad del sistema. Específicamente, la presente invención se refiere a un dispositivo para aplicar un sistema de supervisión de fibra óptica a un componente para su supervisión.

Descripción de la técnica relacionada

Los sistemas de distribución de energía eléctrica comprenden redes de distribución, como por ejemplo redes de distribución de alta tensión (AT).

- 15 El término "alta tensión" se relaciona con tensiones superiores a 35 kV, que alcanzan también uno o más cientos de kilovoltios.

Las redes de distribución de energía eléctrica hacen uso de cables que, por ejemplo, pueden ser aéreos (suspendidos) o estar soterrados, por ejemplo situados en túneles.

- 20 Además de los cables, las redes de distribución de energía eléctrica pueden comprender una serie de diferentes elementos complementarios que, en términos estrictos, no desempeñan un papel directo en la distribución de la energía eléctrica, utilizándose en cambio para garantizar condiciones apropiadas del uso y seguridad de la línea de distribución.

- 25 Entre los ejemplos de elementos complementarios se incluyen limitadores de sobretensión (SVL), también conocidos como protectores de sobretensión (SA) o supresores de sobretensión o limitadores de tensión en la vaina (SVL), sistemas de supervisión de presión de aceite para cables rellenos con aceite, termómetros para comprobar las bombas para el agua de refrigeración en circulación y la propia temperatura del agua de refrigeración.

- 30 El entorno en el que están localizados los cables puede ser crítico, ya sea porque estén encastrados y/o porque sea peligroso, como es el caso de las redes de AT. Por lo tanto, la supervisión y el mantenimiento de los elementos complementarios de un cable de distribución de energía eléctrica pueden ser laboriosos y no se pueden llevar a cabo de forma frecuente. Incluso cuando los elementos complementarios están encerrados en cajas protectoras, la supervisión de las condiciones operativas puede implicar inspecciones prolongadas y/o la interrupción de la distribución de la energía eléctrica.

- 35 De hecho, es algo rotundamente indeseable, ya que la línea de distribución de energía eléctrica suministra normalmente a un área muy extensa y a un sustancial número de usuarios, que nunca están dispuestos a aceptar la interrupción del servicio.

Por lo tanto, existe la necesidad de idear una solución al problema de la supervisión del funcionamiento apropiado de elementos complementarios (como SVL, sistemas de supervisión de presión de aceite, termómetros) con el objetivo de poder remplazarlos lo antes posible cuando se rompen.

- 40 En la solicitud de patente japonesa publicada JP 04-092523, se describe un sensor de detección para información de contacto, para detectar la información de contacto sin aplicar fuerza mecánica. Se proporcionan mecanismos de sombreado de la luz y funcionan según la información de contacto entre dispositivos de ramificaciones ópticas y espejos provistos en varias áreas de una fibra óptica.

- 45 El autor de la solicitud ha observado que dichos mecanismos de sombreado son de tipo activo, es decir, requieren una fuente de energía exterior para funcionar. Particularmente, en los ejemplos se proporciona un suministro de energía eléctrica. No se concibe ninguna aplicación de cables de alimentación.

En la solicitud de patente japonesa publicada JP 2004309219, se describe un sistema de medición de sensor que comprende una pluralidad de sensores de medición de fibra para medir el número de cantidades físicas.

- 50 El solicitante ha observado que los sensores se colocan en serie en una fibra óptica principal, no en las ramificaciones de la misma, por lo tanto, la reducción de la intensidad en una de ellas reduce la cantidad de luz disponible en los siguientes sensores, reduciendo así la dinámica de medición.

La solicitud de patente estadounidense publicada 2004/0240769 describe un estado de alarma distribuido por el sensor óptico de fibra con un analizador de transmisión-reflexión de almacenamiento. El autor de la solicitud ha observado que tanto los detectores de transmisión como los detectores de reflexión están conectados eléctricamente a un analizador de transmisión-reflexión de almacenamiento. El documento de patente US6188645 desvela una disposición para montar un sistema de supervisión de fibra óptica en coronas en forma de tapas terminales en forma de cúpula fijados en los extremos del apilamiento de elementos piezoeléctricos, en los que una pluralidad de dichos apilamientos forma una matriz de sensor.

Sumario de la invención

El solicitante se ha enfrentado al problema de supervisar el cambio de la magnitud física (p.ej., temperatura, efecto magnético) en un grupo de componentes distribuidos en diferentes localizaciones en el espacio, en particular, pero no exhaustivamente, un grupo de elementos complementarios (p.ej., protecciones de sobretensión) distribuidos en diferentes posiciones a lo largo de la red de distribución de energía eléctrica.

El solicitante ha observado que entornos críticos en los que están localizados los componentes para su supervisión (p.ej., alta tensión y/o cables de alimentación encastrados) implicaría el cumplimiento de una serie de requisitos;

- el sistema de supervisión deberá ser pasivo;
- la posición (y posiblemente, el momento) en que se produce el cambio de una magnitud física deberá identificarse a distancia, sin necesidad de inspecciones directas, que suelen ser difíciles o incluso imposibles de llevar a cabo.
- el sistema de supervisión deberá ser capaz de reconocer e identificar múltiples cambios de una magnitud física que tiene lugar sustancialmente en el mismo momento en diferentes posiciones.
- preferentemente, el sistema de supervisión deberá ser capaz de reconocer e identificar cambios de una magnitud física independientemente de su duración (la reacción del sistema deberá ser más rápida que la duración del evento supervisado, aunque el tiempo de detección puede ser más prolongado que la duración del evento).

En la presente invención y en las reivindicaciones, el término "pasivo" se aplica a un dispositivo o componente que no requiere una fuente de energía dedicada para realizar la función pretendida. Dicho dispositivo o componente se puede activar a través de un fenómeno físico generado, p.ej., por una sobretensión (elevación repentina transitoria de la corriente o la tensión en un circuito eléctrico) o falta o perturbación, sin necesidad de otros dispositivos de alimentación de energía, p.ej., batería. En particular, ni la energía eléctrica ni la energía mecánica son necesarias. De hecho, la presencia de dispositivos de alimentación local para el dispositivo o componente de supervisión pueden dar lugar a los mismos problemas y complicaciones que se han expuesto en conexión con los elementos complementarios.

En particular, el solicitante ha observado que, dependiendo de la aplicación específica o de la forma física de los componentes para su supervisión, la aplicación de un sistema de fibra óptica de supervisión de los componentes que se van a supervisar puede plantear algunos problemas. En particular, el solicitante ha observado que los componentes para su supervisión pueden tener una forma irregular y por lo tanto es posible que no proporcionen una superficie uniforme adecuada para recibir los elementos ópticos del sistema de supervisión de fibra óptica. Esto es el caso, por ejemplo, de los disipadores de sobretensiones que se proporcionan generalmente con superficies exteriores irregulares que pueden causar una flexión excesiva de una fibra óptica como parte del sistema de supervisión de fibra óptica. La flexión excesiva de la fibra óptica que está fijada al componente para su supervisión, p.ej., un disipador de sobretensiones, puede inducir pérdidas por flexión que perjudican la funcionalidad del sistema de supervisión en su conjunto.

El solicitante se enfrenta por tanto al problema de aplicar de forma apropiada y segura un sistema de supervisión de fibra óptica a uno o más componentes para su supervisión.

De acuerdo con un aspecto de la misma, la presente invención se refiere a un dispositivo adaptador para aplicar un sistema de supervisión de fibra óptica a los componentes para su supervisión distribuidos en diferentes emplazamientos en el espacio, en particular, pero no exhaustivamente, elementos complementarios de una red de distribución de energía eléctrica, como disipadores de sobretensiones.

El dispositivo adaptador comprende una carcasa adaptada para rodear el componente para su supervisión, teniendo la carcasa una superficie expuesta redondeada sobre la que se envuelve una primera fibra óptica del sistema de supervisión de fibra óptica.

Dicha superficie expuesta comprende ranuras para acomodar y mantener en su posición la fibra óptica para que envuelva la carcasa.

Puede proporcionarse al menos un elemento de retención de la fibra óptica adaptado para evitar que la primera fibra óptica escape de dichas ranuras.

El dispositivo adaptador puede comprender un asiento interior adaptado para acomodar y mantener próximo al componente para su supervisión una segunda fibra óptica del sistema de supervisión de fibra óptica.

Preferentemente, se puede proporcionar un elemento de sujeción de cable de fibra óptica adaptado para anclar un extremo libre de la segunda fibra óptica a dicha carcasa.

Dicha carcasa comprende una primera y una segunda mitad de carcasa adaptada para su uso para acoger entre ambas el componente para su supervisión.

- 5 Se puede proporcionar al menos un elemento de unión adaptado para atar al menos una primera y segunda mitad de carcasa entre sí.

Dicha al menos un elemento de unión puede comprender al menos una banda adhesiva o, preferentemente, al menos una abrazadera

- 10 El dispositivo adaptador puede comprender una carcasa exterior adaptada para su uso para cubrir externamente la superficie expuesta de dicha carcasa. La carcasa exterior puede comprender al menos una primera y una segunda mitad de carcasa adaptada en uso para acoger entre ambas la carcasa.

El dispositivo adaptador puede utilizarse en asociación con componentes para su supervisión como disipadores de sobretensiones para líneas de distribución de energía eléctrica.

- 15 Otro aspecto de la presente invención se refiere al uso de dicho dispositivo adaptador en un sistema para supervisar una pluralidad de componentes distribuidos en diferentes emplazamientos en el espacio, comprendiendo el sistema:

- al menos un camino de fibra óptica;
- una fuente de radiación óptica adaptada para inyectar una radiación óptica en el menos un camino de fibra óptica;
- al menos una primera y al menos una segunda ramificaciones ópticas que se ramifican desde el al menos un camino de fibra óptica, y adaptadas para dispersar las correspondientes porciones de dicha radiación óptica, estando adaptadas las ramificaciones primera y segunda ópticas para estar asociadas operativamente con el correspondiente componente para su supervisión, en las que:
- 20 - La primera ramificación óptica comprende un primer reflector óptico y está adaptada para reflejar la porción de radiación óptica dispersada, a no ser que el correspondiente componente se rompa al menos parcialmente;
- 25 - la segunda ramificación óptica comprende:
 - al menos un atenuador óptico pasivo adaptado para acoplarse operativamente con el correspondiente componente para su supervisión y que tiene una atenuación capaz de cambiar como respuesta a un cambio de las condiciones de funcionamiento del correspondiente componente supervisado cuando se acopla operativamente a él, y
 - 30 - un segundo reflector óptico;
 - un receptor óptico adaptado para detectar la radiación óptica que se vuelve a reflejar reflejada por dichas primera y segunda ramificaciones ópticas.

Para los fines de la presente descripción y las reivindicaciones:

- 35 - se entiende por "fuente óptica" una fuente de radiación óptica adaptada para propagarse a través de una fibra óptica; entre los ejemplos de fuentes ópticas se incluyen láseres y aparatos OTDR;
- "receptor óptico" significa un dispositivo que detecta una señal óptica, que la convierte en una señal eléctrica y que procesa una señal eléctrica según se requiera para posterior uso; entre los ejemplos de receptores ópticos se incluyen aparatos OTDR y Analizadores de Espectro Óptico (OSA)
- 40 - se entiende por "atenuador óptico" un dispositivo adaptado para alterar la intensidad de una radiación óptica transmitida a través de una fibra óptica; un caso especial de atenuador óptico es un obturador óptico, que es un dispositivo adaptado para detener sustancialmente la radiación óptica o dejar que pase la radiación óptica; para los fines de la presente invención, dicho dispositivo se activa a través de un fenómeno físico relacionado con la magnitud física cuyo cambio se está supervisando;
- 45 - "divisor" o "acoplador direccional" significa un dispositivo de acoplamiento óptico para acoplar por separado o dividir señales ópticas (en una pérdida de acoplamiento conocida) en la línea de transmisión;

- "acoplamiento" significa la transferencia de energía desde una fibra óptica a otra o una ramificación de la misma en un divisor;
- se entiende por "Reflexión de Fresnel" una radiación óptica prevista por las ecuaciones de Fresnel que describen el comportamiento de la luz cuando se desplaza a través de medios de diferentes índices de refracción; para vidrio común, el coeficiente de reflexión es aproximadamente 4 %; dicha reflexión tiene lugar, por ejemplo, al final de la fibra óptica (ya sea segmentada o rota) cuando el ángulo entre el eje de la fibra (que corresponde a la dirección de propagación de los fotones dentro de la fibra) y la superficie del extremo de la fibra es inferior al ángulo crítico óptico. Cuando se desplaza la luz desde un medio denso a un medio menos denso, como por ejemplo de vidrio al aire, no es posible aplicar la ley de Snell para calcular el ángulo de refracción cuando el valor del seno resuelto es superior a 1: en este punto, se refleja la luz en el medio incidente, un efecto conocido como reflexión interna. Antes de que los rayos de luz se reflejen internamente totalmente, la luz refracta en el ángulo crítico; viaja directamente a lo largo de la superficie entre los dos medios refractivos, sin cambiar en fase al igual que otras formas de fenómenos ópticos;
- "reflector", significa un dispositivo adaptado para enviar una porción de una radiación óptica de nuevo a donde proviene (como un espejo); un ejemplo de reflector es una superficie que es el resultado de un corte sustancialmente perpendicular (80-90 °) al eje longitudinal de una fibra óptica, cubriéndose opcionalmente dicha superficie con un material reflectante, p.ej., oro; normalmente, el reflector forma parte de un cable en espiral reflectante (un cable en espiral es un segmento terminal de una fibra óptica que tiene un extremo sin conectar suelto); otro ejemplo de reflector es una rejilla de fibra;
- se entiende por "radiación óptica retroreflejada " la porción de radiación óptica que después de ser reflejada por el reflector, se vuelve a propagar hacia el receptor óptico; la radiación óptica retroreflejada tiene características que son típicas de una radiación óptica, y las características se pueden impartir a la radiación óptica mediante el atenuador óptico y/o el reflector; entre los ejemplos de características de la radiación óptica retroreflejada se incluyen: la intensidad (en función del tiempo), el estado de polarización, la longitud de onda, el espectro de radiación, la frecuencia de conmutación entre dos valores diferenciados de intensidad; el retardo de propagación desde donde se vuelve a reflejar la radiación óptica retroreflejada al receptor óptico.

Para los fines de la presente invención y las reivindicaciones que siguen, excepto cuando se indique de otro modo, ha de entenderse que todos los números que expresan cantidades, porcentajes, etc., están modificadas en todos los casos por el término "aproximadamente". Asimismo, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de puntos máximos y mínimos desvelados e incluyen cualquier intervalo intermedio incluido en ellos, que pueda enumerarse o no específicamente.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción de algunas realizaciones de la misma, que se proporcionan a modo de ejemplos y ejemplos no exhaustivos, descripción en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La **Figura 1** presenta en sección transversal un cable utilizado en sistemas de distribución de energía eléctrica AT, escenario en el que se puede aplicar útilmente la presente invención;

La **Figura 2** presenta esquemáticamente un sistema de supervisión, aplicado a un sistema de distribución de energía eléctrica para supervisar los SVL que lo protegen, en el que se puede explotar un dispositivo de acuerdo con una realización de la presente invención;

Las **Figuras 3A-3D** son diagramas de diferentes patrones de radiaciones ópticas reflejadas de vuelta que pueden ser detectadas por un receptor óptico del sistema de supervisión de la **Figura 2**, adaptada para identificar diferentes cambios de los estados de un componente supervisado;

Las **Figuras 4A, 4B y 4C** son vistas estilizadas de un SVL y un dispositivo de acuerdo con una realización de la presente invención para montar sobre el SVL fibras ópticas del sistema de supervisión de la **Figura 2**;

La **Figura 5** es una vista en perspectiva de otra realización de un dispositivo para montar fibras ópticas del sistema de supervisión de la **Figura 2** sobre un SVL;

Las **Figuras 6A a 6F** son diferentes vistas de una de las dos mitades de carcasas del dispositivo de la **Figura 5**;

Las **Figuras 7A y 7B** son diferentes vistas de una abrazadera para unir las dos mitades de carcasa del dispositivo;

Las **Figuras 8A y 8B** son diferentes vistas de un elemento de sujeción de cable para anclar un extremo de la fibra óptica de la segunda ramificación óptica del sistema de supervisión de la **Figura 2** a una de las dos mitades de carcasa del dispositivo;

5 Las **Figuras 9A y 9B** son diferentes vistas de un elemento de retención de fibra para retener la fibra óptica de la primera ramificación del sistema de supervisión que ha de envolver el dispositivo de la **Figura 5**; y

La **Figura 10** es una vista despiezada, axonométrica del dispositivo de las **Figuras 5 a 9B** con mitades de carcasas de carcasa de protección externa.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes de la invención

10 La presente invención se refiere a un dispositivo para aplicar un sistema de supervisión de fibra óptica a al menos un componente para su supervisión. El dispositivo de acuerdo con una realización de la presente invención puede utilizarse ventajosamente en sistemas de supervisión de fibra óptica para supervisar componentes complementarios de una red de distribución de energía eléctrica. En particular, los componentes para su supervisión pueden estar asociados a la red de distribución de energía eléctrica para su protección. En particular, los componentes para su supervisión son disipadores de sobretensiones.

15 La **Figure 1** presenta en sección transversal un cable **100** para redes de distribución de energía eléctrica AT; particularmente, un cable unipolar. El cable **100** comprende, partiendo del centro hacia fuera radialmente, un conductor central **105**, a conector **110**, hecho de una banda semiconductor, una pantalla de conductor **115**, hecha de un polímero semiconductor, una capa aislante **120** hecha, por ejemplo, de polietileno reticulado (XLPE), una pantalla aislante **125**, también hecha de un polímero semiconductor, una barrera contra el agua semiconductor **130**,
20 hecha por ejemplo de una banda higroscópica semiconductor, una vaina metálica **140**, hecha de una lámina de metal, una funda **145** de polietileno de alta densidad (HDPE) y, finalmente, un revestimiento protector **150**, normalmente, semiconductor. El cable **100** puede utilizarse tanto en aplicaciones aéreas como soterradas.

La vaina metálica **140** tiene la función principal de hacer el campo electromagnético uniforme en torno al conductor **105**.

25 Fenómenos como relámpagos, maniobras de interrupción de la red de distribución de la potencia eléctrica, fallos de conexión entre líneas, rechazo de carga, ferresonancia, simplemente por citar algunos, pueden causar una subida de tensión en la vaina metálica hasta valores inaceptablemente altos, p.ej., superiores a 1 KV. Para proteger el cable **100** de determinadas sobretensiones (exceso de tensión), se utilizan elementos complementarios, particularmente SVL.

30 Normalmente, se acopla una pluralidad de SVL a un cable de distribución de energía eléctrica como el cable **100**, distribuyéndose los SVL aproximadamente cada 500 m a lo largo del cable. La **Figura 2** presenta esquemáticamente un segmento del cable **100** destinado a distribuir una de las tres fases de una línea de distribución de energía eléctrica AT trifásica, con una pluralidad de SVL asociados, tales como los SVL **205a** y **205b** que se muestran en el dibujo, situados a una distancia entre ellos a lo largo del cable **100**, por ejemplo, a intervalos de aproximadamente
35 500 m (solamente se muestran dos SVL en el dibujo para evitar complicaciones innecesarias; sin embargo, normalmente se distribuyen a lo largo del cable varios SVL). Cada SVL tiene un primer extremo **205'** conectado eléctricamente a la vaina metálica del cable **140** y un segundo extremo **205''** conectado eléctricamente a tierra.

El SVL es un elemento complementario de una red de distribución de energía eléctrica, que implementa un resistor altamente no lineal y, para aplicaciones que requieren una alta disipación de potencia, como los sistemas de
40 distribución de energía eléctrica AT, comprende una pluralidad de discos de óxido metálico que están situados en columnas entre dichos extremos primero y segundo, dentro de la carcasa no metálica. Un ejemplo de SVL adecuado para la presente invención es MW08 distribuido por ABB.

En el caso de una subida de tensión de la vaina metálica **140** por encima del umbral de intervención del SVL (diseñado para mantener la tensión de la vaina metálica por debajo de unos pocos kilovoltios), el SVL pasa a ser
45 conductor y, de este modo, durante un breve período transitorio (del orden de unos microsegundos), corta la vaina metálica del cable a tierra, limitando la tensión de la vaina a valores aceptables. En condiciones normales (es decir, cuando funciona un SVL apropiadamente), no fluye la corriente por él, salvo durante las descargas, cuando el cable experimenta sobretensiones; de este modo, normalmente no hay corriente circulando a lo largo de la vaina metálica **140**.

50 Los SVL son componentes seguros. Sin embargo, una descarga que cruce los discos de óxido de metal causa una sinterización parcial del material de los discos, relacionándose directamente dicha sinterización con la energía descargada. El material sinterizado pierde parte de sus características eléctricas.

Cada SVL puede soportar por tanto un número limitado de descargas (nominalmente y como promedio, cada SVL puede sobrevivir sin daños aproximadamente de ocho a diez descargas de sobretensión de conexión típicas). Tal
55 como se ha mencionado, en condiciones normales (es decir, cuando un SVL funciona adecuadamente) no fluye la corriente por él, salvo durante las descargas, es decir, cuando la vaina metálica del cable experimenta

sobretensiones. Sin embargo, cuando la energía acumulada descargada es suficientemente alta, se forma un camino conductor a través de los discos de óxido de metal y se rompe el SVL pasando a ser conductor y perdiendo por lo tanto su capacidad de protección.

- 5 Un SVL averiado hace que se establezca un camino de corriente conductora a tierra y, por tanto, permite la circulación de corrientes que aumentan inaceptablemente las pérdidas del circuito globales. En ciertos casos, el SVL roto podría explotar también, causando posiblemente daños al cable y al entorno.

10 Por esta razón, los SVL dañados o averiados deberían reemplazarse lo antes posible y para este fin, debería llevarse a cabo una inspección regular de los SVL instalados en una línea de distribución de energía eléctrica para asegurar que estos elementos funcionan apropiadamente y, cuando se detecta un SVL dañado o averiado, reemplazarlo inmediatamente.

Lamentablemente, los SVL no suelen estar accesible o son totalmente inaccesibles a las personas, ya que normalmente están instalados en cajas de conexión que se conectan a (la vaina metálica de) los cables por medio de delicadas líneas secundarias; estas cajas están cerradas herméticamente y atornilladas normalmente y los propios cables no son fácilmente accesibles. Es algo bastante común en redes de distribución empotradas.

- 15 Haciendo referencia a la **Figura 2**, se muestra de forma esquemática un sistema de supervisión de fibra óptica, adaptado para permitir la supervisión a distancia del estado de los SVL utilizados para proteger el cable **100**, sin necesidad de una inspección de campo.

El sistema de supervisión, designado de forma global como **210**, es un sistema de base óptica pasivo que comprende una fibra óptica **215** que, partiendo de una unidad de supervisión central **220**, recorre el cable **100**.

- 20 En correspondencia con cada SVL **205a, 205b**, se proporcionan divisores ópticos primeros y segundos **223a y 225a, 223b y 225b** respectivamente a lo largo de la fibra óptica **215**. Los divisores ópticos **223a y 225a, 223b y 225b** están diseñados para dispersar su respectiva fracción seleccionada **11a y 12a, 11b y 12b** de la potencia óptica de una radiación óptica que reciben de entrada, en particular, una fracción de la potencia óptica **I** de una radiación óptica que se inyecta en la fibra óptica **215** mediante una fuente óptica **230**, por ejemplo, una fuente de láser, de la unidad de supervisión central **220** y que se propaga a través de la fibra óptica **215**.

- 25 La fracción **11a, 11b** de la radiación óptica dispersada por el primer divisor óptico **223a, 223b** asociada con el correspondiente SVL **205a, 205b** alimentan la correspondiente primera ramificación óptica asociada a dicho SVL; la primera ramificación óptica comprende un tramo **231a, 231b** de fibra óptica que está acoplado mecánicamente (fijado) al SVL correspondiente **205a, 205b**, y que termina con un primer reflector **233a, 233b**. Preferentemente, el tramo **231a, 231b** de la fibra óptica de la primera ramificación óptica se enrolla sobre o envuelve los correspondientes SVL **205a, 205b**.

- 30 La fracción **12a, 12b** de la radiación óptica dispersada por el segundo divisor óptico **225a, 225b** asociado al SVL **205a, 205b** alimenta la correspondiente segunda ramificación óptica asociada al SVL; la segunda ramificación óptica comprende un atenuador óptico **235a, 235b** y en corriente arriba el atenuador óptico **235a, 235b**, un segundo reflector **240a, 240b**. Cuando se cierra el atenuador óptico **235a, 235b** (es decir, se encuentra en un primer estado de alta atenuación), bloquea la propagación de las fracciones de radiación óptica dispersada por los segundos divisores ópticos asociados, **225a, 225b**, evitando la reflexión de dicha radiación por los segundos reflectores **240a, 240b**. Los atenuadores ópticos **235a, 235b** pueden ser obturadores ópticos de reflexión de vuelta baja. Cuando se abre el atenuador óptico **235a, 235b**, (es decir, en un segundo estado de atenuación baja) permite la propagación de las fracciones de radiación óptica dispersada por los segundos divisores ópticos asociados **225a, 225b**; de este modo las fracciones de radiación óptica dispersada puede alcanzar los segundos reflectores **240a, 240b**, y reflejarse de vuelta por ellos. Un ejemplo de atenuador óptico adecuado para la presente invención es el obturador de fibra óptica en línea distribuido por Phoenix Photonics.

- 35 Cada uno de los atenuadores ópticos **235a, 235b** está acoplado operativamente al SVL correspondiente **205a, 205b** de tal manera que responde a un cambio en la magnitud física asociada con el SVL. El acoplamiento puede ser térmico, eléctrico, magnético o mecánico, o una combinación de los mismos.

- 40 En particular, el atenuador óptico **235a, 235b** está acoplado operativamente con el correspondiente SVL **205a, 205b** de tal manera que un estado operativo de los SVL **205a, 205b** que se van a supervisar, por ejemplo, el paso de una corriente a través de los SVL, induce un cambio en el estado del atenuador óptico asociado **235a, 235b**. Por ejemplo, el atenuador óptico genérico **235a, 235b** puede ser un obturador óptico abierto normalmente, que normalmente (es decir, cuando no hay corriente o fluye una corriente por debajo de un umbral predeterminado, a través del SVL asociado) bloquea la radiación óptica introducida en él, evitando que alcance el segundo reflector **240a, 240b** y que se refleje; el paso de una corriente (por encima de la corriente umbral predeterminada) a través del SVL **205a, 205b** hace que se cierre el atenuador óptico **235a, 235b** de manera que la fracción de la radiación óptica **12a, 12b** dispersada por el correspondiente divisor óptico **225a, 225b** pasa a través del atenuador óptico y alcanza el segundo reflector **240a, 240b**, en el que se vuelve a reflejar la radiación óptica.

Los reflectores primero y segundo **233a** y **240a**, **233b** y **240b** están diseñados para reflejar, p.ej., por reflexión de Fresnel, la fracción incidente de la radiación óptica **11a** y **12a**, **11b** y **12b**. En particular, los reflectores primero y segundo **233a** y **240a**, **233b** y **240b** pueden ser superficies de espejo, obtenidas al cortar la fibra óptica en dirección ortogonal sustancialmente (en un ángulo de $90^\circ \pm 3^\circ$) con respecto a su eje longitudinal y, opcionalmente, revistiendo ventajosamente la superficie así obtenida con un material reflectante, como por ejemplo capas dieléctricas u oro. En el caso de la presencia de un material reflectante, dicho corte puede tener un ángulo más oblicuo tal como conocen las personas expertas en la materia, por ejemplo, $90^\circ \pm 10^\circ$. El primer o segundo reflector **233a** o **240a**, **233b** o **240b** puede formar parte de un cable en espiral reflectante.

Cada uno de los divisores ópticos **223a**, **225a**, **223b**, **225b** puede ser un dispositivo todo de fibra óptica fabricado al acoplar dos fibras ópticas, una que es la fibra óptica **215** que continúa a lo largo del cable **100**, y otra que es la fibra óptica que forma las ramificaciones ópticas primera y segunda asociadas con el SVL genérico para su supervisión. Las dos fibras ópticas están acopladas ópticamente una a otra en determinado tramo; este tipo de divisor óptico, que tiene la ventaja de ser un dispositivo todo de fibra (hecho completamente de fibras ópticas), funciona como un acoplador óptico que se adapta para re-inyectar la radiación óptica retroreflejada **11ar**, **12ar**, **11br**, **12br** en la fibra óptica **215**. Como alternativa, se pueden utilizar divisores micro-ópticos, con lentes que dispersan radiación óptica desde la fibra **215**, y espejos parcialmente reflectantes para re-inyectar la radiación óptica retroreflejada en la fibra.

La unidad de supervisión central **220** también incluye un receptor óptico **250**, acoplado ópticamente a la fibra óptica **215**, de manera que recibe y es capaz de detectar la radiación óptica retroreflejada **1r** que se propaga a lo largo de la fibra óptica **215** en la dirección opuesta a la radiación óptica inyectada **I**. En particular, el receptor óptico **250** puede comprender una parte de conversión opto-eléctrica que está adaptada para convertir la radiación óptica detectada **1r** en señales eléctricas, y una parte de procesamiento de señal, adaptada para procesar las señales eléctricas que se derivan de la conversión de la radiación óptica retroreflejada **1r** detectada.

El receptor óptico **250** puede ser un aparato OTDR o un OSA, tal como se explica con más detalle más adelante.

El sistema de supervisión **210** funciona del siguiente modo.

La fuente óptica **230** de la unidad de supervisión central **220** inyecta en la fibra **215** una radiación óptica **I**, a una longitud de onda seleccionada; la radiación óptica inyectada **I** se propaga a través de la fibra **215** y, cuando alcanza el primer divisor óptico con un SVL correspondiente, como por ejemplo, un primer divisor óptico **223a** en correspondencia con el SVL **205a**, se dispersa una fracción seleccionada **11a** de la radiación óptica **I** y alimenta una primera ramificación óptica asociada a ese SVL; la parte restante de la radiación óptica continúa para propagarse a través de la fibra **215**, para alcanzar el segundo divisor óptico **225a** asociado al SVL **205a**; en este punto, se dispersa una fracción seleccionada **12a** de la radiación óptica y alimenta la segunda ramificación óptica, al tiempo que la parte restante de la radiación óptica continúa propagándose a lo largo de la fibra **215**. Ocurre lo mismo en cada SVL situado a lo largo de la longitud del cable.

Considerando un SVL genérico, p.ej., el SVL **205a**, en condiciones normales (cuando el SVL funciona apropiadamente y no se descarga una sobretensión de la vaina metálica **140** del cable **100**) la primera ramificación óptica asociada con él se cierra, es decir, deja que pase la fracción dispersada **11a** de radiación óptica, alcanzar el primer reflector **233a** y volverse a reflejar hacia el primer divisor óptico **223a** (en la **Figura 2**, la radiación óptica retroreflejada se representa **11ar**; **11br** representa el equivalente de la radiación óptica retroreflejada para el SVL **205b**). La segunda ramificación óptica asociada al SVL **205a** está abierta en condiciones normales (ya que el obturador óptico **235a** está abierto normalmente), es decir, bloquea la fracción dispersada **12a** de radiación óptica, evitando que alcance el reflector **240a**.

En particular, siempre y cuando no se dañe el SVL **205a** considerado y no conduzca la corriente (ya que la vaina metálica **140** del cable **100** no experimenta una sobretensión), la fracción dispersada de radiación óptica **11a** en la primera ramificación óptica alcanza el primer reflector **233a**, donde se vuelve a reflejar como una fracción de radiación óptica retroreflejada **11ar** hacia el primer divisor óptico **223a**, que inyecta la radiación óptica retroreflejada **11ar** hacia la fibra óptica **215**. El obturador óptico **235a** asociado al SVL **205a** permanece en estado abierto, de manera que la fracción dispersada de radiación óptica **12a** se bloquea y no tiene lugar ninguna reflexión de vuelta significativa en la segunda ramificación óptica. La radiación óptica retroreflejada **11ar** se propaga a través de la fibra óptica **215** de vuelta a la unidad de supervisión central **220**, en la que es recibida y detectada o un receptor óptico **250**.

Un ejemplo de un posible patrón de reflexión de radiación óptica (intensidad de radiación óptica reflejada **I**, en dB, en el eje de las ordenadas, frente a la distancia **L** a lo largo de la fibra óptica **215**, en Km, en el eje de las abscisas) detectado por la unidad de supervisión **220** en las condiciones mencionadas se representa en la **Figura 3A** en la que es visible un pico **305** en el patrón de reflexión de radiación óptica, en una posición, a lo largo de la fibra óptica **215**, que corresponde al emplazamiento del SVL **205a** a lo largo del cable **100**. Cuando se detecta dicho patrón de reflexión de radiación óptica, se evalúa si el SVL **205a** funciona apropiadamente y que no está teniendo lugar ningún evento de descarga de corriente.

Por el contrario, cuando el SVL **205a** conduce una corriente, por ejemplo porque el SVL está descargando una sobretensión de la vaina metálica **140** del cable **100** (en este caso el SVL se convierte en conductor durante un breve período transitorio y están flujos de corriente a través suyo, entonces el SVL retorna a su estado no conductor), la subida de la temperatura del SVL debido a la corriente que fluye a través suyo hace que el obturador óptico **235a** cambie a su estado cerrado; la fracción de radiación óptica dispersada **12a** puede propagarse de este modo a través de la segunda ramificación óptica y alcanzar la segunda reflector **240a**; en este punto, una parte no insignificante **12ar** de la fracción dispersada de radiación óptica se refleja de vuelta hacia el segundo divisor óptico **225a**, que inyecta la radiación óptica retroreflejada en la fibra óptica **215**. Siempre y cuando el SVL **205** no se dañe ni se rompa por la ráfaga de corriente que fluye a través suyo, la primera ramificación óptica (particularmente, el tramo de fibra óptica enrollado alrededor del SVL **205a**) tampoco se daña y continúa permitiendo que la fracción de radiación óptica dispersada **11a** alcance la primera reflector **233a**, en la que se vuelve a reflejar como una fracción de radiación óptica retroreflejada **11ar**. En detalle, el primer divisor óptico **223a** inyecta la radiación óptica retroreflejada **11ar** en la fibra óptica **215**. La radiación óptica retroreflejada que se propaga de vuelta a través de la fibra óptica **215** es la combinación de dos contribuciones, una representada por la radiación óptica retroreflejada **11ar** y la otra representada por la radiación óptica retroreflejada **12ar**. La radiación óptica retroreflejada se propaga de vuelta a la unidad de supervisión central **220**, en la que es recibida y detectada por el receptor óptico **250**.

Un ejemplo de un posible patrón de reflexión de radiación óptica detectado por la unidad de supervisión **220** en una situación como esta se representa en la Figura **3B** en la que es visible la adición al pico **305**, un segundo pico **310** en el patrón de radiación óptica reflejada, en la posición a lo largo de la fibra óptica **215**, que corresponde al emplazamiento del SVL **205a** a lo largo del cable **100**, pero ligeramente desplazado displaced en comparación con el pico **305**, debido a la diferencia de los caminos ópticos seguidos por las dos radiaciones ópticas reflejadas de vuelta **11ar** y **12ar**. Cuando se detecta dicho patrón de reflexión de radiación óptica, es posible evaluar que el SVL está experimentando un evento de descarga.

En el caso de rotura del SVL **205a**, p.ej. se vuela, la longitud de la fibra óptica enrollada alrededor del SVL **205a** en la primera ramificación óptica también se rompe y la fracción de la radiación óptica dispersada **11a** deja de alcanzar el reflector **233a**; de este modo, no se vuelve a reflejar ninguna radiación óptica de vuelta con la primera ramificación óptica asociada al SVL **205a**. Por lo tanto, desaparece el pico **305** en el patrón de reflexión de radiación óptica detectado por la unidad de supervisión central **220**.

La rotura del SVL también puede causar un daño de la segunda ramificación óptica. Existen dos posibilidades.

Una primera posibilidad es que se rompa la segunda ramificación óptica asociada al SVL **205a**, particularmente, el obturador óptico **235a** de tal modo que pueda tener lugar una reflexión de Fresnel cuando se rompe la fibra óptica. En este caso, se refleja una parte que no es insignificante **12ar** de la fracción de radiación óptica dispersada **12a** de vuelta hacia el segundo divisor óptico **225a**, que inyecta la radiación óptica retroreflejada **12ar** en la fibra óptica **215**. En este caso, la unidad de supervisión central **220** detecta un pico en el patrón de reflexión de radiación óptica.

Un ejemplo de un posible patrón de reflexión de radiación óptica detectado por la unidad de supervisión **220** se representa en la Figura **3C**: un segundo pico **315** en el patrón de radiación óptica reflejada es visible aproximadamente en la posición a lo largo de la fibra óptica **215**, en la que está localizado el pico **310** en la Figura **3B**.

Una segunda posibilidad es que se rompa la segunda ramificación óptica asociada al SVL **205a** de tal modo que no tenga lugar una reflexión de Fresnel cuando se rompe la fibra óptica. En este caso, la fracción de radiación óptica dispersada **12a** no se vuelve a reflejar hacia el segundo divisor óptico **225a**, de modo que la unidad de supervisión central **220** no detecta picos en el patrón de reflexión de radiación óptica.

Un ejemplo de un posible patrón de reflexión de radiación óptica detectado en este caso por la unidad de supervisión **220** se representa en la Figura **3D**.

En estos dos casos, la observación del patrón de reflexión de radiación óptica permite evaluar que está roto el SVL **205a** y es necesario reemplazarlo.

Dependiendo de la naturaleza del receptor óptico **250** en la unidad de supervisión central **220**, es posible detectar diferentes características de la radiación óptica retroreflejada, particularmente, características de la radiación óptica intrínsecas o características impartidas a la radiación óptica retroreflejada por el atenuador óptico y/o el reflector.

Por ejemplo, la unidad de supervisión central **220** puede comprender un aparato OTDR, que se utiliza como fuente óptica **230** y como receptor óptico **250**. Tal como se conoce en la técnica, un aparato OTDR es un instrumento optoelectrónico que se suele utilizar para caracterizar fibras ópticas. El aparato OTDR está configurado para inyectar una serie de pulsos de radiación óptica en la fibra óptica **215**, o en las primeras y segundas fibras ópticas **415'** y **415''**. Los pulsos de radiación óptica se propagan a través de la fibra óptica **215**, o a través de las primeras y segundas fibras ópticas **415'** y **415''**; la radiación óptica se vuelve a reflejar desde los puntos de la fibra óptica en los que, debido por ejemplo a la falta de homogeneidad de la fibra, cambia del índice de refracción. Se mide la intensidad de los pulsos de retorno y se integra en función del tiempo, y se representa en gráfico, p.ej., en un dispositivo de pantalla, en función de la longitud de la fibra.

Al utilizar un aparato OTDR, la característica que permite determinar la posición del SVL puede ser el cambio en el momento de la intensidad de radiación óptica retroreflejada. En particular, con un aparato OTDR, la posición a lo largo de la fibra óptica **215**, o a lo largo de las primeras y segundas fibras ópticas **415'** y **415"** (y por lo tanto a lo largo del cable **100**), del SVL que está experimentando un cambio de estado se deriva de la posición en la que aparece/desaparece un pico de reflexión en el patrón de reflexión.

Como alternativa a un aparato OTDR, que genera pulsos de radiación óptica, se puede utilizar un aparato OTDR de correlación (COTDR). Tal como saben las personas expertas en la materia, un aparato COTDR genera una serie de pulsos de radiación óptica y los correlaciona con la radiación óptica retroreflejada.

Como alternativa al uso de un OTDR o un COTDR, se puede utilizar un OSA, en combinación con la provisión en las ramificaciones ópticas primera y segunda que están asociadas con diferentes SVL, de componentes ópticos selectivos de longitud de onda. Por ejemplo, en las ramificaciones ópticas primera y segunda que están asociadas con un SVL genérico, se puede asociar un filtro con el primer y el segundo reflector, de manera que se permite la reflexión de vuelta de la radiación óptica a la longitud de onda seleccionada, que corresponde a la SVL. Por lo tanto, la radiación óptica retroreflejada que proviene de diferentes SVL se caracteriza por una longitud de onda diferente y OSA puede discriminar entre los diferentes SVL sobre la base de diferentes longitudes de onda de la radiación óptica retroreflejada. El filtro puede consistir en rejillas de fibra óptica, diseñadas para reflejar selectivamente la radiación óptica a diferentes longitudes de onda dependiendo del SVL, que se utiliza para formar los reflectores primero y segundo en lugar de utilizar el cable en espiral de alta reflectancia.

Los atenuadores ópticos **235a**, **235b** en las segundas ramificaciones ópticas que están asociadas al SVL pueden ser atenuadores ópticos térmicos pasivos. En particular, los atenuadores ópticos **235a**, **235b** pueden ser dispositivos de "campo evanescente" solo de fibra.

Al utilizar el atenuador óptico térmico, un aparato OTDR o COTDR en la unidad de supervisión central **220** es capaz de identificar cuál de los conductos del SVL está actual o está roto sobre la base de la determinación del emplazamiento del pico en la intensidad de la radiación óptica retroreflejada; al utilizar un OSA, en combinación con filtros ópticos insertados en las ramificaciones ópticas primera y segunda, puede identificarse el SVL sobre la base de la longitud de onda de la radiación óptica retroreflejada. Al utilizar un aparato OTDR o COTDR o un OSA también es posible "contar" el número de eventos de descarga individualmente soportado por cada SVL, contando el número de veces que aparece el pico de reflexión **310** o **510**. De este modo es posible llevar a cabo un mantenimiento preventivo de los SVL: cuando se aproxima un SVL genérico al número máximo de descargas (normalmente de ocho a diez), que puede soportar sin romperse, se planifica su reemplazamiento.

Pueden emplearse otros tipos de atenuadores ópticos como alternativa a los atenuadores ópticos térmicos, como por ejemplo, atenuadores ópticos basados en el efecto electro-óptico o magneto-óptico, u obturadores mecánicos. Asimismo, es posible combinar dos o más tipos diferentes de atenuadores ópticos: por ejemplo, puede utilizarse un atenuador óptico térmico en conjunción con un atenuador óptico electro-mecánico. Más generalmente, se puede utilizar cualquier componente adaptado para atenuar y/o bloquear la radiación óptica incidente, o dejar que pase.

Los divisores ópticos **223a**, **223b**, **225a**, **225b** pueden tener una relación de división coincidente o, alternativamente, cada divisor óptico puede tener una relación de división peculiar. Por ejemplo, la relación de división de los divisores ópticos próximos a la unidad de supervisión central **220** puede ser más baja que la de los divisores ópticos situados alejados de ella, de modo que se reducen los picos en la intensidad de la radiación óptica retroreflejada que corresponden a los SVL más próximos a la unidad de supervisión central **220**. Por ejemplo, el divisor óptico que está más lejos de la unidad de supervisión central **220** puede tener una relación de separación de 50/50 mientras que los demás divisores puede tener una relación de separación de 20/80. En particular, la relación de separación puede depender de la reflectancia de los reflectores **233a**, **233b**, **240a**, **240b**. Por ejemplo, en el caso de una reflexión de Fresnel simple en el borde de corte de la fibra óptica, la relación de separación (es decir, la cantidad de radiación óptica dispersada) deberá aumentar, mientras que el uso de un cable en espiral de alta reflectancia permite reducir la relación de separación. La fracción de radiación óptica que se dispersa en cada divisor óptico puede disminuirse monotónicamente cuando se aleja de la fuente óptica. Asimismo, para ajustar (reducir) la intensidad de la radiación óptica que vuelve a reflejar cada reflector **233a**, **233b**, **240a**, **240b**, se puede proporcionar un bucle de fibra óptica delante del reflector: al cambiar el radio de flexión del bucle de la fibra, se aumentan/disminuyen las pérdidas de la fibra.

Al utilizar el sistema de supervisión **210** que se presenta en la **Figura 2**, es posible supervisar el estado de funcionamiento de los elementos complementarios extendidos a lo largo de una línea de distribución de energía eléctrica y, además, es posible identificar cuál de los elementos complementarios está experimentando un evento físico en el cable o si se ha roto o si está a punto de romperse. Siendo así, se realizan las operaciones de mantenimiento de la red de distribución de energía eléctrica cuando son realmente necesarias y de una manera más eficiente, de manera que se reduce cualquier posible interrupción del servicio en lo que se refiere al período de tiempo y la frecuencia. Asimismo, se puede establecer un plan de mantenimiento preventivo dirigido a reemplazar o restaurar elementos complementarios antes de que se rompan realmente, cuando se acercan a la vida operativa máxima promedio.

El sistema de supervisión **210** es completamente pasivo y se puede activar por un fenómeno físico generado por ejemplo por una sobretensión o un fallo o una perturbación, sin necesidad de la alimentación de otra energía externa como baterías o similar.

5 El carácter centralizado de la unidad de supervisión central, que puede estar situada a distancia de la línea de distribución de energía eléctrica, es decir, no en el campo, facilita el mantenimiento de la fuente óptica.

10 Tal como se ha explicado en la sección del “Sumario de la invención” de la presente invención, la aplicación de un sistema de supervisión de fibra óptica a los componentes para su supervisión puede plantear ciertos problemas. En particular, los componentes para su supervisión pueden tener una forma irregular que no proporciona una superficie adecuada para montar los elementos ópticos del sistema de supervisión de fibra óptica. Por ejemplo, esto puede ser el caso de los SLV que se utilizan para supervisar y proteger los cables de una línea de distribución de energía eléctrica.

Por ejemplo, una flexión excesiva de una fibra óptica, que forma parte del sistema de supervisión de fibra óptica y que se ha de fijar al componente para su supervisión, p.ej. un disipador de sobretensiones, puede inducir a pérdidas de flexión que perjudiquen la funcionalidad del sistema de supervisión en conjunto.

15 Los SVL son componentes típicos que poseen generalmente una forma irregular. Por lo tanto, envolver con la longitud **231a**, **231b** de la fibra óptica directamente alrededor o encima del correspondiente SVL es sustancialmente poco práctico ya que tiene lugar una excesiva flexión de la fibra óptica que se causa inevitablemente. Asimismo pueden surgir problemas en conexión con el montaje de los atenuadores ópticos **235a**, **235b** sobre los SVL.

20 Para que el sistema de supervisión de fibra óptica funcione adecuadamente, debería ser necesario asegurar que se mantienen en una posición apropiada, conocida y constante (en el tiempo) los elementos ópticos del sistema de supervisión de fibra óptica están asociados a los componentes para su supervisión, p.ej. Los SVL que se han mencionado, para garantizar una detección de alta probabilidad en el evento que se supervise. Por lo tanto, montar los elementos ópticos del sistema de supervisión deberá ser el adecuado para asegurar que el cambio físico en el SVL produce un efecto relativamente alto en dichos elementos ópticos al mismo tiempo que, en cambio, se mantienen bajas las pérdidas ópticas en los caminos ópticos y se evita cualquier causa de rotura de los elementos ópticos (como consecuencia, por ejemplo de esquinas afiladas, accesos externos, penetración de humedad y similares) para aumentar la vida operacional de los elementos ópticos.

25 Asimismo, es necesario proteger los elementos ópticos contra posibles daños durante su vida operacional, instalación, almacenamiento y manejo y, además, la instalación de los elementos ópticos sobre el SVL ha de ser fácil también.

30 De acuerdo con una realización de la presente invención, se utiliza un dispositivo para aplicar los elementos ópticos del sistema de supervisión de fibra óptica en el SVL.

35 En particular, el dispositivo de acuerdo con una realización de la presente invención es un adaptador que permite envolver con la longitud de la fibra óptica – que pertenece a la primera ramificación óptica mencionada – alrededor del componente para su supervisión, sin causar una flexión excesiva de dicha fibra. Por otra parte, el adaptador permite asociar a dicho componente el atenuador óptico que pertenece a la segunda ramificación óptica mencionada.

40 La **Figura 4A** presenta en una vista estilizada un SVL **405** que puede representar por ejemplo uno de los SVL **205a**, **205b** de la **Figura 2**. La **Figura 4B** presenta esquemáticamente de forma estilizada un dispositivo de adaptador de acuerdo con una realización de la presente invención, montándose dicho dispositivo sobre el SVL **405**. El dispositivo de adaptador, designado globalmente como **410** comprende una carcasa **450** que tiene una forma sustancialmente cilíndrica. El dispositivo de adaptador está internamente hueco y tiene un tamaño que se adapta para rodear, abrazar el SVL **405** aplicándolo encima. En particular, la carcasa **450** está formada de dos mitades genéricamente semi-cilíndricas separadas **410a** y **410b**, que están dispuestas próximas entre sí para rodear la superficie exterior del SVL **405**, dejando expuesta los extremos de la parte superior e inferior. Las dos mitades **410a** y **410b** tienen una superficie lisa redondeada externamente, con un radio de flexión que es adecuado para evitar una flexión excesiva y peligrosa de la fibra óptica soportada por el dispositivo adaptador. Preferentemente, dicho radio de flexión es superior a 20 mm. Más preferentemente, dicho radio de flexión está comprendido en el intervalo entre aproximadamente 22 mm y aproximadamente 30 mm.

50 En uso, la longitud **231a**, **231b** la longitud de la fibra óptica de la primera ramificación óptica del sistema de supervisión **210** – que está asociada con el SVL **405** – envuelve externamente las dos mitades **410a** and **410b** de la carcasa **450**. De acuerdo con una realización de la presente invención, la superficie lisa del radio de flexión predeterminado de la carcasa **450** del dispositivo adaptador **410** evita una flexión de la fibra excesiva y reduce las pérdidas por flexión y las roturas de la fibra. Preferentemente, las dos mitades **410a** y **410b** están provistas sobre su superficie externa con una sucesión axial de ranuras **413** de una profundidad adecuada (p.ej., 3 mm) adaptadas para acomodar o mantener en una posición segura y correcta la fibra óptica con la que se va a envolver la carcasa **450**.

La segunda ramificación de fibra óptica del sistema de supervisión **210**, comprendiendo dicha segunda ramificación el atenuador variable **235a**, **235b** (no visible en la **Figura 4B**), está acomodada en un espacio interior provisto entre el SVL **405** y la carcasa **450** del dispositivo adaptador **410**. Para acomodar la segunda ramificación de fibra óptica en el atenuador óptico se forma preferentemente un alojamiento, p.ej. una ranura, en la superficie interior de una de las dos mitades **410a**, **410b**. Es posible proporcionar otros alojamientos en una o ambas mitades **410a**, **410b** para acomodar los reflectores primero y segundo **233a** y **240a**, **233b** y **240b** que están asociados con el extremo de las ramificaciones ópticas primera y segunda, respectivamente.

Las fibras ópticas de las ramificaciones ópticas primera y segunda – que están asociadas al SVL – pueden formar parte de los correspondientes cables de monofibra, que pueden estar sujetos a la carcasa **450** del dispositivo adaptador **410**. Alternativamente, puede utilizarse únicamente un cable de doble fibra que está provisto de dos fibras ópticas para proporcionar las ramificaciones ópticas primera y segunda mencionadas. Se puede utilizar una protección para proteger el atenuador variable **235a**, **235b**. Asimismo, se puede proporcionar una protección similar en el extremo libre de la longitud de la fibra **231a**, **231b**. Preferentemente, esta protección está en forma de un tubo de vidrio protector.

Las dos mitades, **410a** y **410b**, una vez dispuestas próximas otra en torno y en contacto con el SVL**405**, pueden unirse por medio de al menos una banda de unión, como por ejemplo un par de correas de banda adhesiva (no se muestra en el dibujo).

De acuerdo con una realización de la presente invención, el dispositivo adaptador **410** está provisto con una carcasa de protección exterior que comprende dos mitades de carcasa **415a** y **415b** que están adaptadas para colocarse encima, para abrazar externamente cada una de las dos mitades **410a** y **410b** de la carcasa **450**. Se pueden mantener sujetas las dos mitades de carcasa **415a** y **415b** con medios adecuados, como por ejemplo roscas. Alternativamente, puede utilizarse una banda adhesiva para mantener en su sitio las dos mitades de carcasa **415a**, **415b**. En ensamblaje final de dicha realización se muestra esquemáticamente en la **Figura 4C**. La carcasa de protección formada por las dos mitades de carcasa **415a** y **415** protege la fibra óptica recibida dentro de las ranuras **413** de la carcasa **450**. La carcasa de protección puede separarse si es necesario para permitir la inspección de la fibra óptica.

En las **Figuras 5**, **6A** a **6F**, **7A**, **7B**, **8A**, **8B**, **9A**, **9B**, y **10** se muestra un dispositivo adaptador de acuerdo con otra realización de la presente invención.

En particular, la **Figura 5** es una vista en perspectiva de un dispositivo adaptador de acuerdo con una realización de la presente invención que se ensambla sobre un SVL. Las partes constitutivas del dispositivo de la **Figura 5** se muestran en las **Figuras 6A** a **6F**, **7A**, **7B**, **8A**, **8B**, **9A**, **9B**; La **Figura 10** presenta un dispositivo adaptador en una vista despiezada con una carcasa de protección externa.

En detalle, las **Figuras 6A**, **6B**, **6C**, **6D**, **6E** y **6F** representan únicamente una mitad de la carcasa del dispositivo adaptador, respectivamente, elevada con respecto al lado cóncavo, elevada con respecto a l lado lateral, elevada con respecto al lado posterior (convexo), elevado con respecto a otro lado lateral y en vista del plano superior desde la parte inferior y desde arriba. Preferentemente, las dos mitades **410a**, **410b** son idénticas entre sí (siendo este aspecto particularmente conveniente desde el punto de vista de la fabricación y la gestión del inventario); por lo tanto, en las figuras mencionadas se representa solamente una mitad.

Tal como se muestra en los dibujos, cada mitad de carcasa **610** de acuerdo con dicha otra realización tiene sustancialmente una forma semi-cilíndrica. En la porción central de la superficie externa del cuerpo de la mitad de la carcasa **610**, se forma una sucesión axial de ranuras **613**, adaptándose dichas ranuras para acomodar y mantener en su posición la fibra óptica con la que se va a envolver la carcasa. En la realización ilustrativa que se presentan en las figuras, se proporcionan once ranuras. En particular, todas las ranuras **613a** se extienden alrededor de esencialmente toda la superficie externa del cuerpo de la mitad de la carcasa **610**, al tiempo que dos ranuras **613b**, **613c** se extienden solamente atravesando una porción, particularmente, aproximadamente una mitad de la superficie externa del cuerpo de la mitad de carcasa **610** y la otra mitad de la superficie externa del cuerpo de la mitad de carcasa **610**, respectivamente. En detalle, la ranura **613b** está localizada cerca de la parte inferior de la mitad de la carcasa **610** y es aquella en la que empieza la envoltura con la longitud de fibra **231a**, **231b**, mientras que la ranura **613c** está situada cerca de la parte superior de la mitad de carcasa **610** y es aquella en la que termina la envoltura con la longitud de fibra **231a**, **231b**.

En las partes más superior y más inferior de la superficie externa del cuerpo de la mitad de la carcasa **610**, se forman los correspondientes rebajes sustancialmente rectangulares **620a** y **620b** para acomodar elementos de sujeción adaptados para unir las dos mitades de carcasa entre sí después de que éstas últimas se hayan colocado en torno al SVL. En particular, tal como se muestra en las **Figuras 7A** y **7B**, los elementos de sujeción comprenden un par de abrazaderas **705**, de forma en "C" genéricamente. En uso, los extremos **710** de uno de las dos abrazaderas **705** encaja en los rebajes **620a** de las dos mitades de carcasa, y los extremos **710** de la otra abrazadera **705** encajan en los rebajes **620b** de dos mitades de carcasa. Cada rebaje **620a** y **620b** tiene un agujero central **625**, y los extremos **710** de las abrazaderas **705** tienen una ranura **715** formada dentro. En uso, cuando las abrazaderas **705** están colocadas con los extremos **710** acomodados en los rebajes **620a** y **620b**, la ranura **715** del

extremo **710** de ambas abrazaderas **705** está alineada con el orificio **625** formado en el rebaje **620a** y **620b** de manera que se insertan tornillos avellanados (visibles en la **Figura 5**), por ejemplo, hechos de nilón, en las ranuras **715** y los orificios **625** para retener las abrazaderas **705** en su sitio y enganchar apropiadamente las dos mitades de carcasa **610** al SVL (es decir, al componente para su supervisión).

La forma interna de cada mitad de carcasa **610** se adapta para rodear, abrazar y entrar en contacto con parte del SVL. En particular, la superficie cóncava interior de la mitad de la carcasa **610** tiene paredes aproximadamente planas opuestas **630** unidas por una pared posterior sustancialmente redondeada **635** que tiene un radio de flexión que se ajusta sustancialmente con el radio de flexión del SVL. En proximidad con una de las dos paredes laterales **630**, se forma un rebaje que se extiende verticalmente **640** en la mitad de la carcasa **610**, adaptándose dicho rebaje para acomodar la fibra óptica y el atenuador variable asociado **235a**, **235b** de la segunda ramificación óptica asociada al SVL.

En la parte superior, la mitad de la carcasa **610** está provista de un asiento **645** adaptado para acomodar un elemento de sujeción de cable para la terminación de la fibra óptica que forma la segunda ramificación óptica asociada al SVL. El elemento de sujeción de cable se muestra en las **Figuras 8A** y **8B** en el plano superior y en vista elevada, respectivamente y se designa globalmente con el número de referencia **805**. El elemento de sujeción de cable **805** comprende un apéndice **810** que tiene un paso dentado **813** adaptado para sujetar el cable óptico – utilizado para formar la segunda ramificación óptica – y para retenerlo en caso de que una fuerza de empuje actúe sobre el cable. El elemento de sujeción de cable **805** tiene un orificio central **815** que cuando se sitúa el elemento de sujeción de cable en el asiento **645** se alinea con el orificio **650** formado en la pared inferior del asiento **645**. El elemento de sujeción de cable **805** una vez colocado en el asiento **645** puede mantenerse en su sitio firmemente por medio de un tornillo, en particular un tornillo de cabeza avellanado (no se muestra en los dibujos) hecho por ejemplo de nilón, cuyo tallo puede pasar a través del agujero **815** del elemento de sujeción de cable **805** e insertarse en el agujero **650** del asiento **645**.

Las **Figuras 9A** y **9B** representan respectivamente vistas laterales y frontales de un elemento de retención de fibra óptica **905** que pueden utilizarse para mantener en posición la longitud de la fibra óptica que envuelve la carcasa. En particular, el elemento de retención de fibra óptica **905** tiene una forma sustancialmente rectangular y está provisto de una espiga **910** que se adapta para penetrar al menos parcialmente en una de las ranuras **613a** para evitar que la fibra óptica acomodada en ellas se escape. El elemento de retención de fibra óptica **905** comprende además un pasador proyectado **915** que se adapta para encajarse a presión en uno entre la pluralidad de agujeros **655** formados en sucesión axial en las crestas de las ranuras **613a**. Se puede utilizar uno o más elementos de retención **905** para retener la fibra óptica dentro de las ranuras **613a**.

En uso, las dos mitades de carcasa **610** se disponen alrededor de un SVL al que está asociado el sistema de supervisión de fibra óptica. La fibra óptica y el atenuador variable que forman la segunda ramificación óptica se acomodan en el rebaje vertical **640** de una de las dos mitades de carcasa **610** y se sujeta la terminación del cable de fibra óptica a la mitad de la carcasa utilizando el elemento de sujeción de cable **805**. A continuación, se unen las dos mitades de carcasa **610** por medio de las dos abrazaderas **705**. La fibra óptica que forma la primera ramificación óptica envuelve la carcasa y la fibra óptica se acomoda dentro de las ranuras **613a**, **613b** y **613c**. Se puede utilizar uno o más elementos de retención de fibra **905** para mantener la fibra óptica en posición.

Preferentemente, tal como se puede ver en la **Figura 10**, se proporciona una carcasa de protección externa para proteger externamente la fibra óptica que envuelve las dos mitades de carcasa **610**. En particular, en una realización de la presente invención, la carcasa de protección externa comprende dos mitades de carcasa **1005** que están adaptadas para colocarse encima y para abrazar externamente cada una de las dos mitades de carcasa **610**. Las dos mitades de carcasa **1005** pueden mantenerse sujetas en su sitio con medios adecuados, como por ejemplo tornillos. Alternativamente, se puede utilizar una banda adhesiva para mantener en su sitio las dos mitades de carcasa **1005**. La carcasa de protección formada por las dos mitades de carcasa **1005** puede separarse si es necesario para permitir la inspección de la fibra óptica.

El dispositivo adaptador de acuerdo con la presente invención garantiza que las fibras ópticas (y cualquier otro elemento óptico, como los atenuadores variables) del sistema de supervisión de fibra óptica asociado a un componente para su supervisión (por ejemplo, un SVL9 no sufra una flexión excesiva que puede deberse a la forma irregular que posee normalmente dicho componente. Sin embargo, el dispositivo adaptador de la presente invención asegura que las fibras ópticas (y cualquier otro elemento óptico, como los atenuadores variables) del sistema de supervisión de fibra óptica asociado a dicho componente para su supervisión se mantienen en una posición apropiada y segura. Esto mejora significativamente el rendimiento del sistema de supervisión de fibra óptica.

La presente invención ha sido descrita teniendo en cuenta algunas realizaciones ilustrativas de la misma, sin embargo, las personas expertas en la materia apreciarán que son posibles varias modificaciones de las realizaciones descritas, así como diversas realizaciones de la invención, por ejemplo, para satisfacer necesidades contingentes.

Por ejemplo, el dispositivo adaptador puede tener diferentes formas, puede comprender un número diferente de partes (p.ej., más de dos mitades) y tener diferentes tamaños con respecto a las realizaciones descritas.

- 5 Asimismo, aunque siempre se ha hecho referencia a la supervisión de SVL, la presente invención tiene una susceptibilidad de aplicación más general y puede utilizarse para permitir la aplicación del sistema de supervisión de fibra óptica de cualquier componente complementario de una línea de distribución de energía eléctrica, como por ejemplo conexiones de cables. Más generalmente, la presente invención puede utilizarse para aplicar un sistema de fibra óptica a componentes de cualquier naturaleza (por ejemplo, motores) situados en diferentes posiciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo adaptador (**410**) para aplicar un sistema de supervisión de fibra óptica a un componente (**405**) a ser supervisado, comprendiendo el dispositivo adaptador:
 - 5 una carcasa (**450; 610**) adaptada para rodear el componente a ser supervisado, teniendo la carcasa una superficie expuesta redondeada, y
 - una primera fibra óptica (**231a**) del sistema de supervisión de fibra óptica que envuelve la superficie expuesta redondeada,
 - 10 en la que dicha superficie expuesta redondeada comprende ranuras (**413; 613a,b,c**) para acomodar y mantener en su posición la fibra óptica envuelta sobre la carcasa,
 - en la que dicha carcasa comprende una primera y una segunda mitad de carcasa (**415a, 415b; 610**), adaptadas en uso para abrazar entreambas el componente a ser supervisado.
2. El dispositivo adaptador de la reivindicación 1, que comprende al menos un elemento de retención de fibra óptica (**905**) adaptado para evitar que se escape la primera fibra óptica de dichas ranuras.
3. El dispositivo adaptador de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende un asiento interior (**640**) adaptado para acomodar y mantener próxima al componente a ser supervisado una segunda fibra óptica del sistema de supervisión de fibra óptica.
4. El dispositivo adaptador de la reivindicación 3, que comprende un elemento de sujeción de cable de fibra óptica (**805**) adaptado para anclar un extremo libre de la segunda fibra óptica a dicha carcasa.
5. El dispositivo adaptador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos un elemento de unión (**705**) adaptado para atar la primera y la segunda mitades de carcasa entre sí.
6. El dispositivo adaptador de la reivindicación 5, en el que dicho al menos un elemento de unión comprende al menos una banda adhesiva.
7. El dispositivo adaptador de la reivindicación 5, en el que dicho al menos un elemento de unión comprende al menos una abrazadera (**705**).
8. El dispositivo adaptador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una exterior (**415a, 415b; 1005**) adaptada en uso para cubrir externamente la superficie expuesta de dicha carcasa.
9. El dispositivo adaptador de la reivindicación 8, en el que dicha carcasa exterior comprende una primera y una segunda mitad de carcasa (**415a, 415b; 610**), adaptada en uso para abrazar entreambas la carcasa.
10. El dispositivo adaptador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho componente a ser supervisado incluye un disipador de sobretensiones para líneas de distribución de energía eléctrica.
11. Use de un dispositivo adaptador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en un sistema para supervisar una pluralidad de componentes (**205a, 205b**) distribuidos en diferentes emplazamientos en el espacio, comprendiendo el sistema:
 - 35 - al menos un camino de fibra óptica (**215**);
 - una fuente de radiación óptica (**230**) adaptada para inyectar una radiación óptica (**I, I', I''**) en el al menos un camino de fibra óptica (**215**);
 - al menos una primera y al menos una segunda ramificaciones ópticas que se ramifican desde el al menos un camino de fibra óptica (**215**), y adaptadas para dispersar las correspondientes porciones (**I1a, I2a, I1b, I2b**) de dicha radiación óptica (**I, I', I''**), estando adaptadas las ramificaciones ópticas primera y segunda para estar asociadas operativamente con el correspondiente componente (**205a, 205b**) a ser supervisado, en el que:
 - 40 - la primera ramificación óptica comprende un primer reflector óptico (**233a, 233b**) y está adaptada para reflejar la porción de radiación óptica dispersada (**I1a, I1b**), a no ser que el correspondiente componente (**205a, 205b**) se rompa al menos parcialmente;
 - la segunda ramificación óptica comprende:
 - 45 - al menos un atenuador óptico (**235a, 235b**) pasivo adaptado para acoplarse operativamente con el correspondiente componente (**205a, 205b**) a ser supervisado y que tiene una atenuación capaz de cambiar como respuesta a un cambio de las condiciones de funcionamiento del correspondiente componente supervisado (**205a, 205b**) cuando se acopla operativamente a él, y
 - un segundo reflector óptico (**240a, 240b**);
 - 50 - un receptor óptico (**250**) adaptado para detectar la radiación óptica retroreflejada (**I1ar, I2ar, I1br, I2br**) reflejada por dichas primera y segunda ramificaciones ópticas.

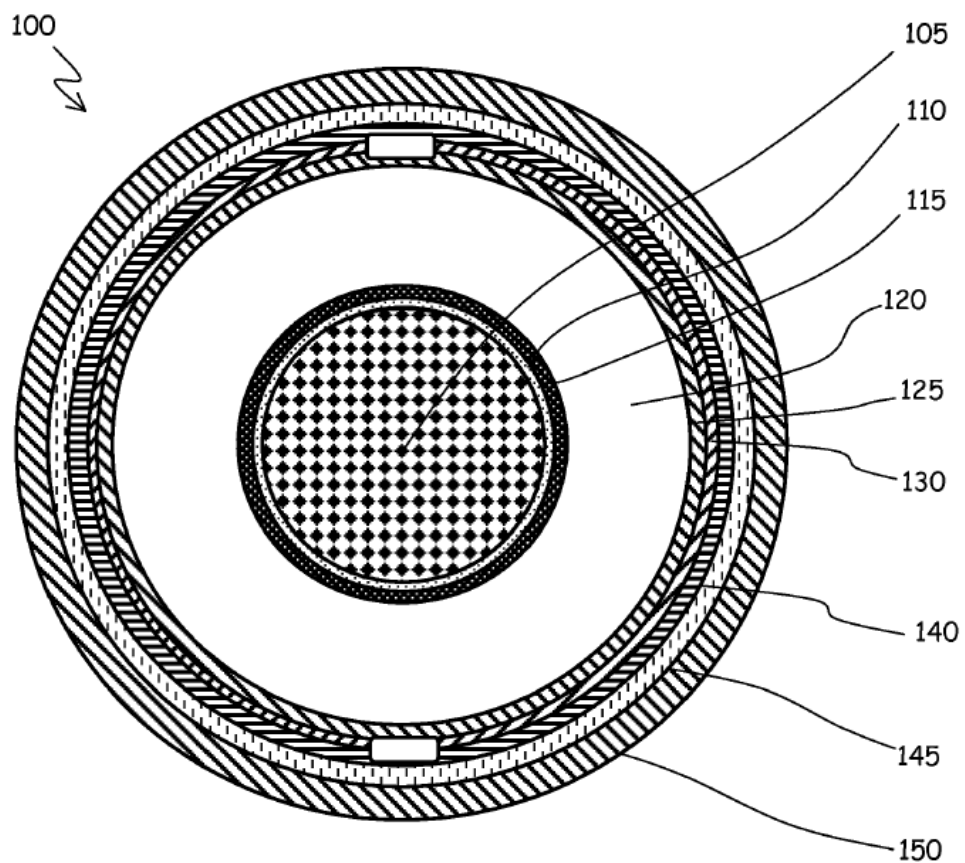
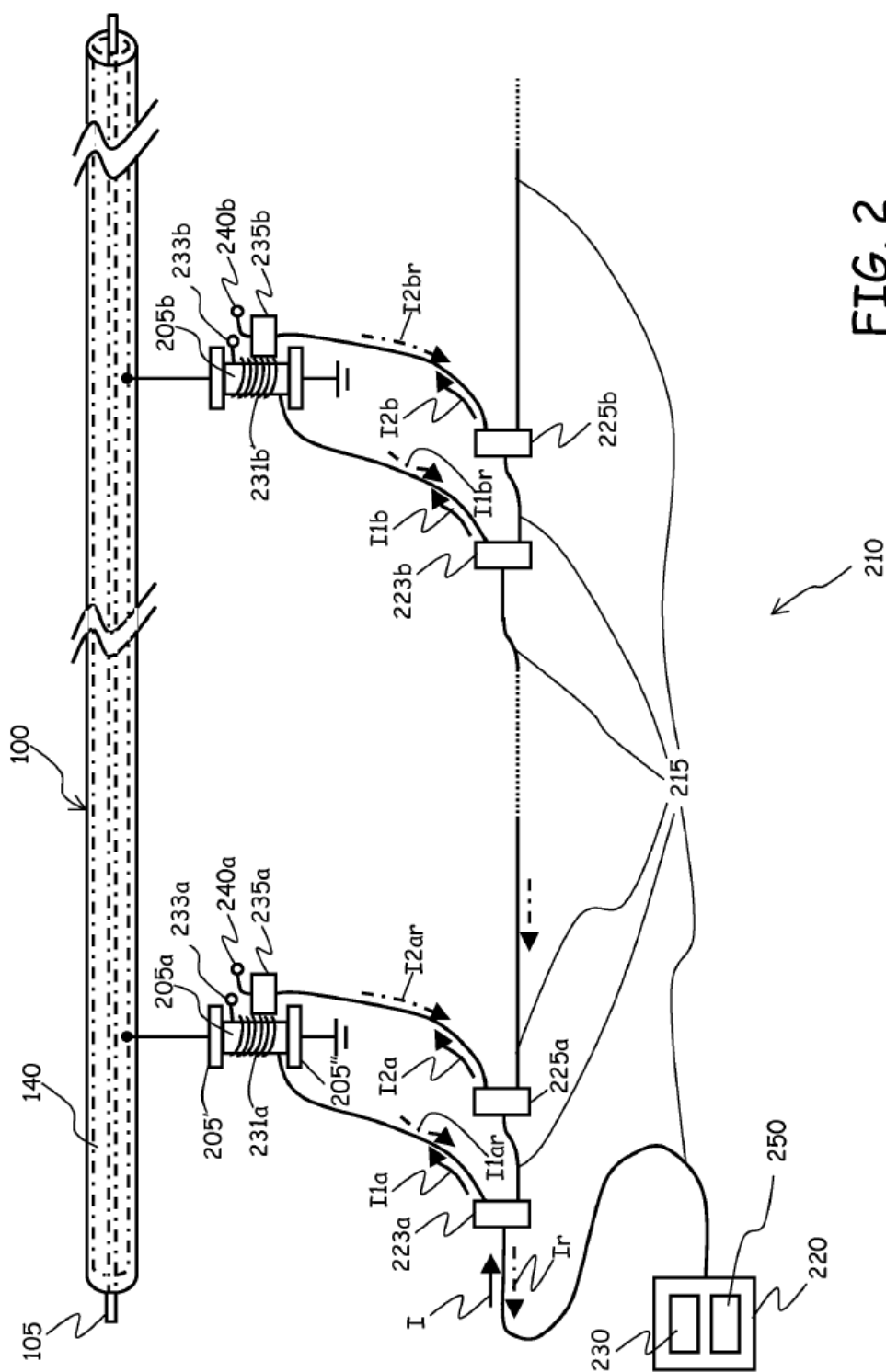


FIG. 1



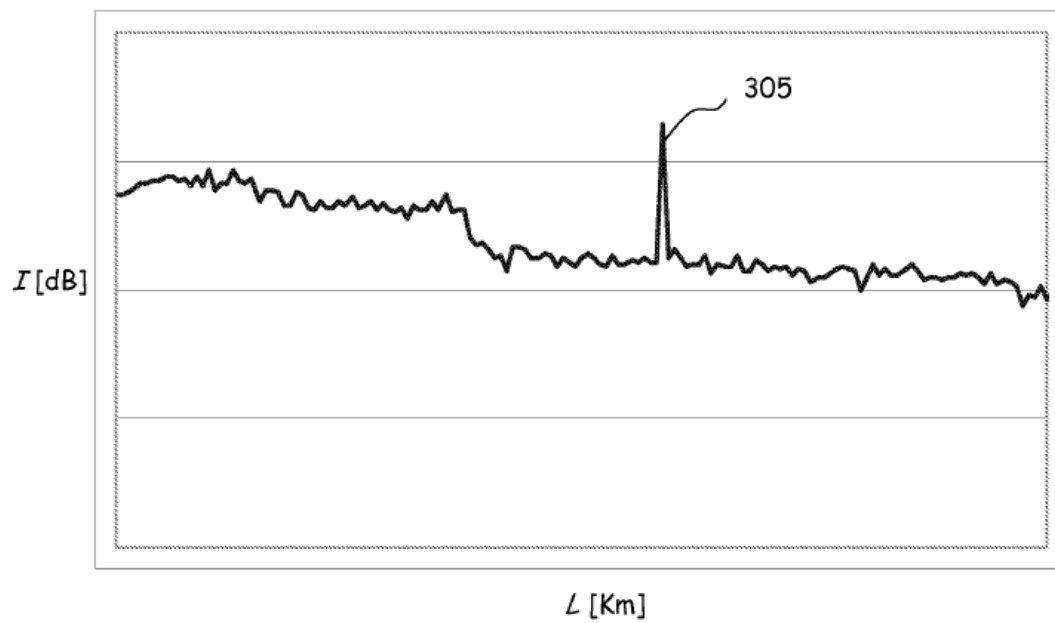


FIG. 3A

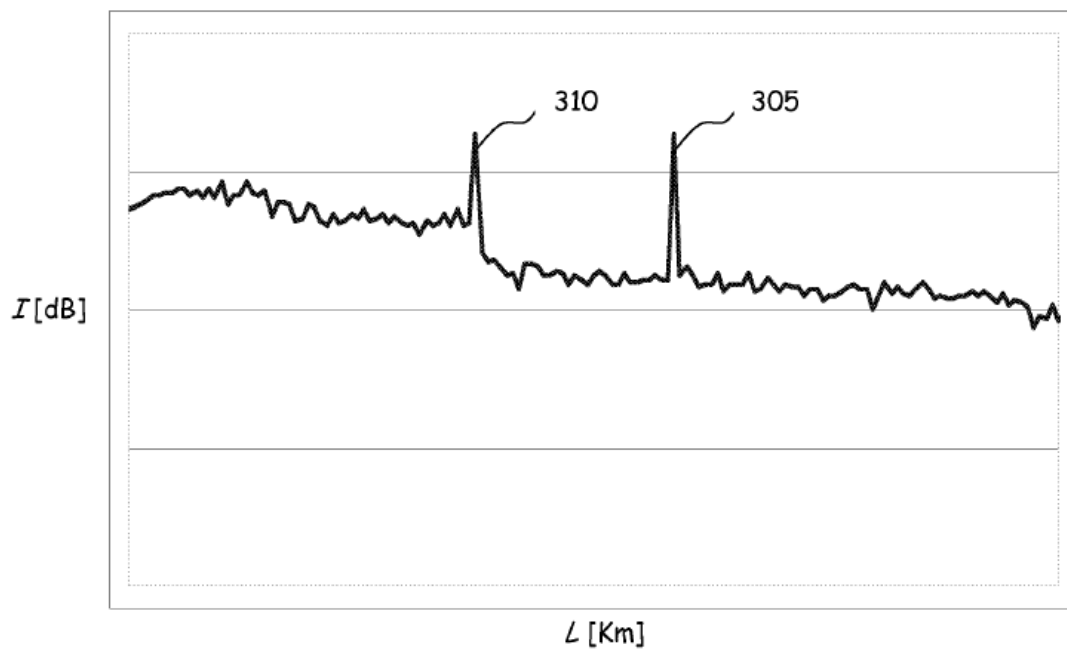


FIG. 3B

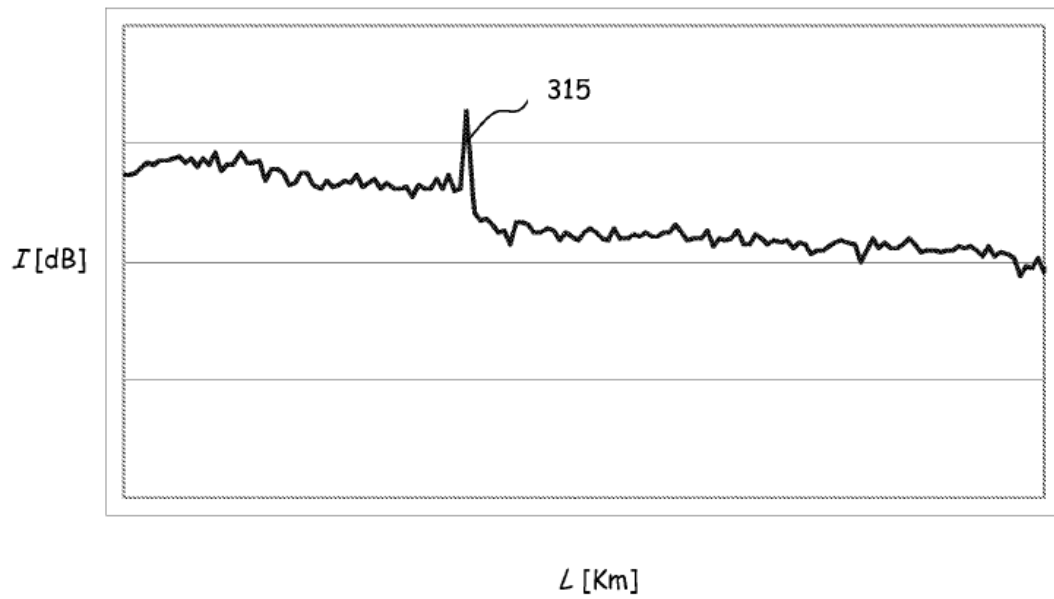


FIG. 3C

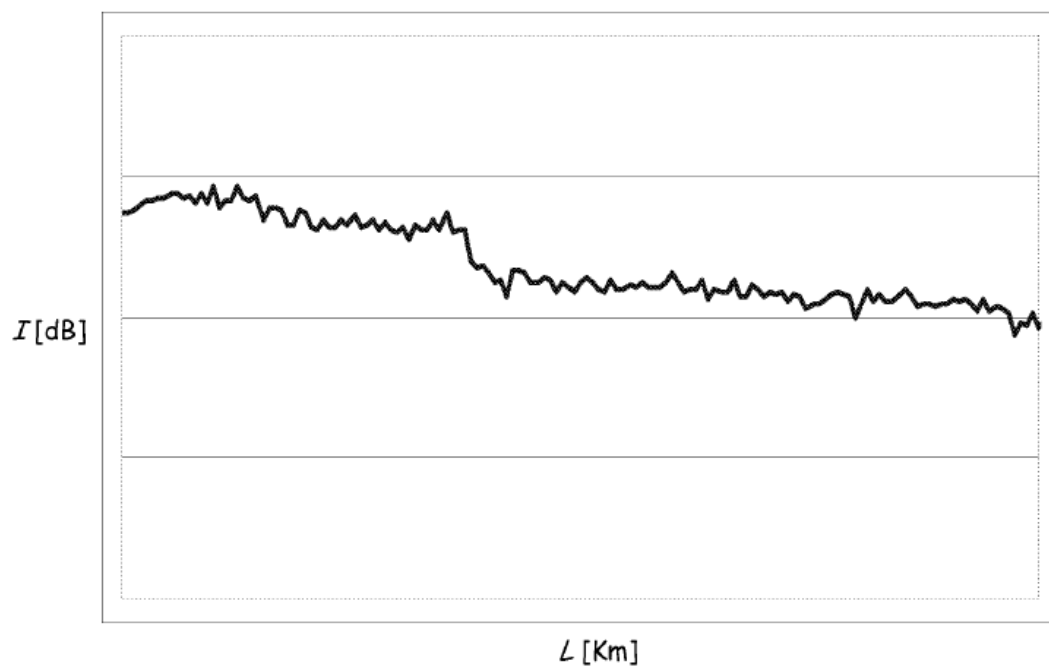
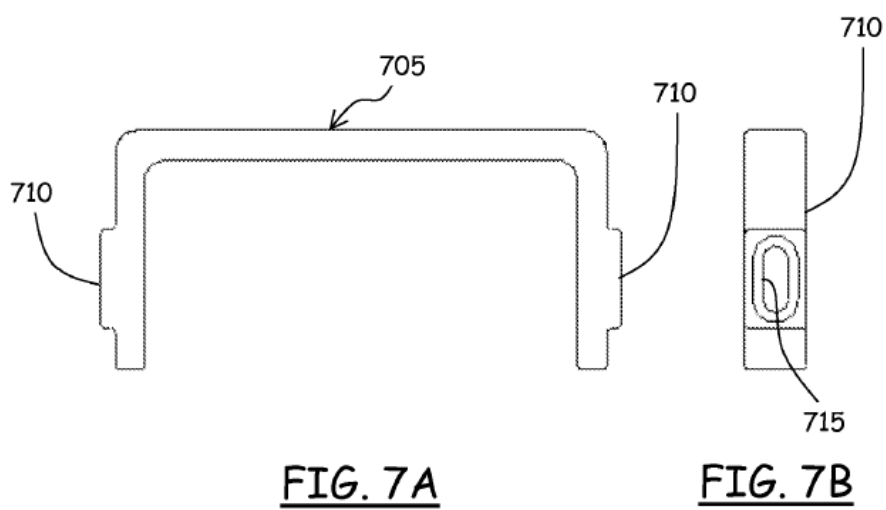
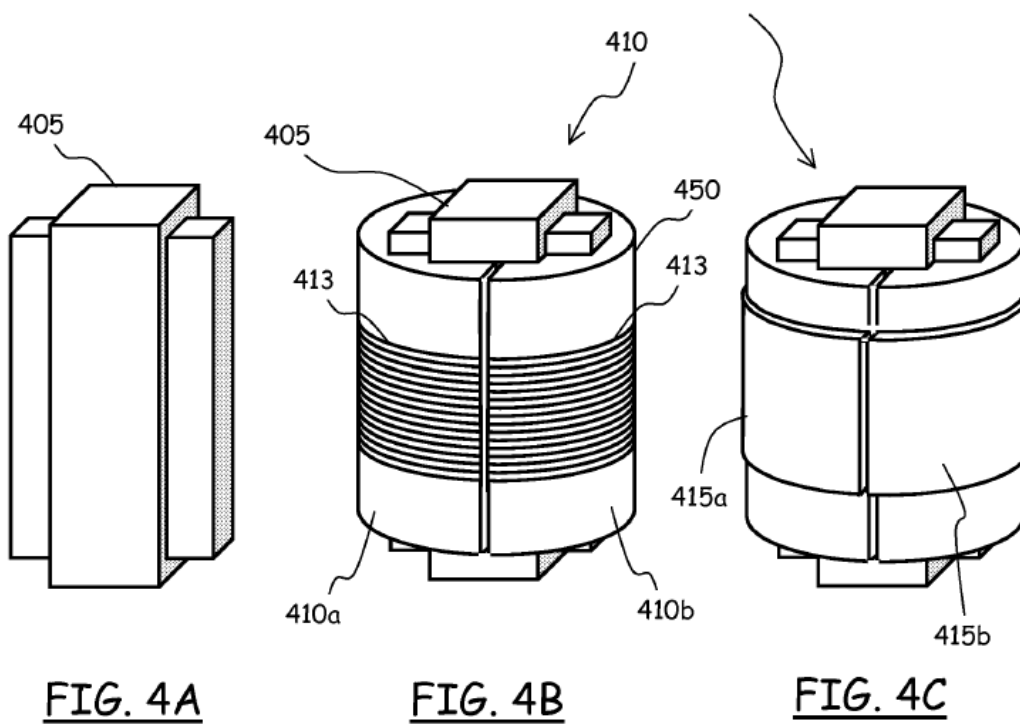


FIG. 3D



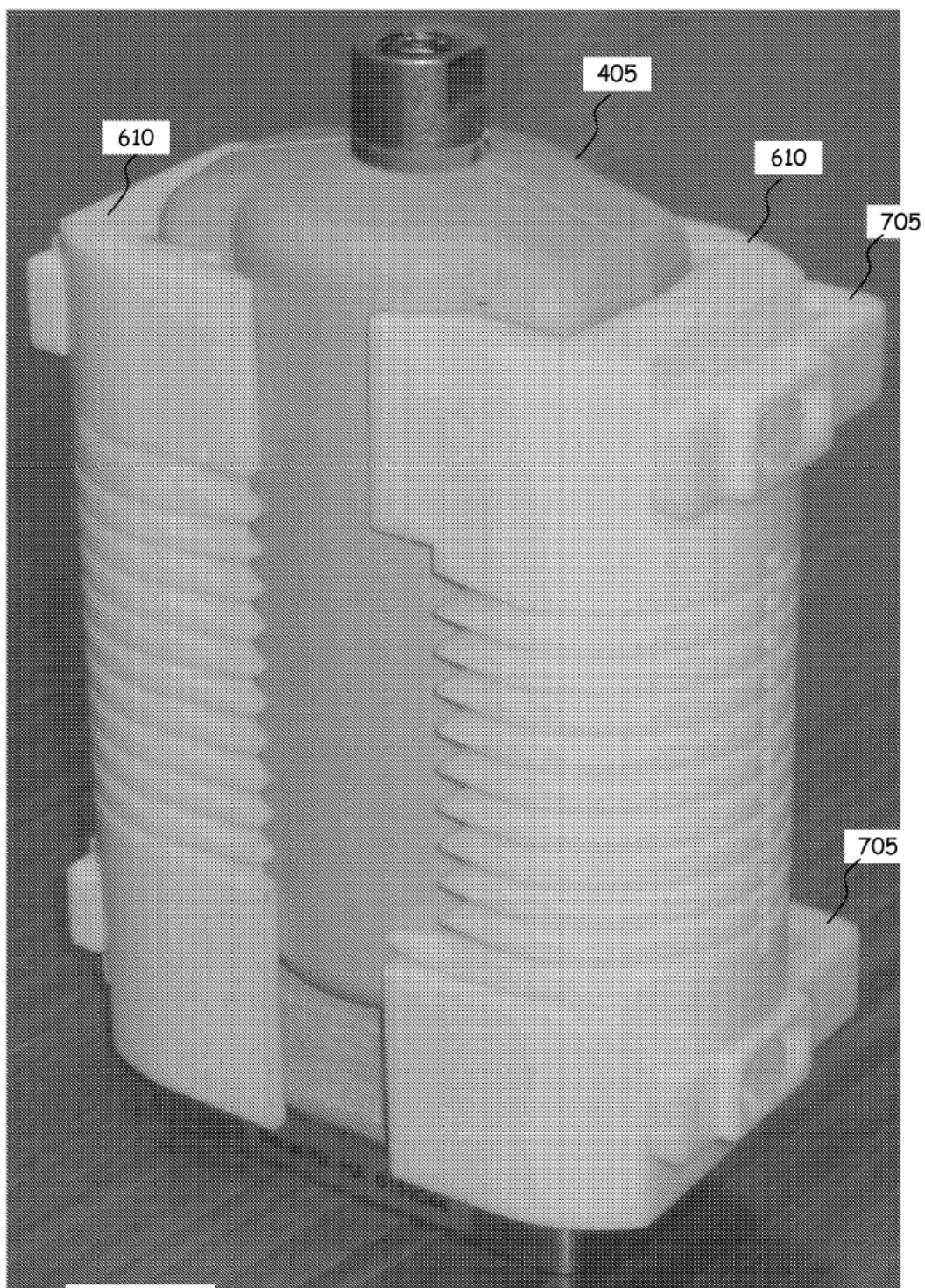
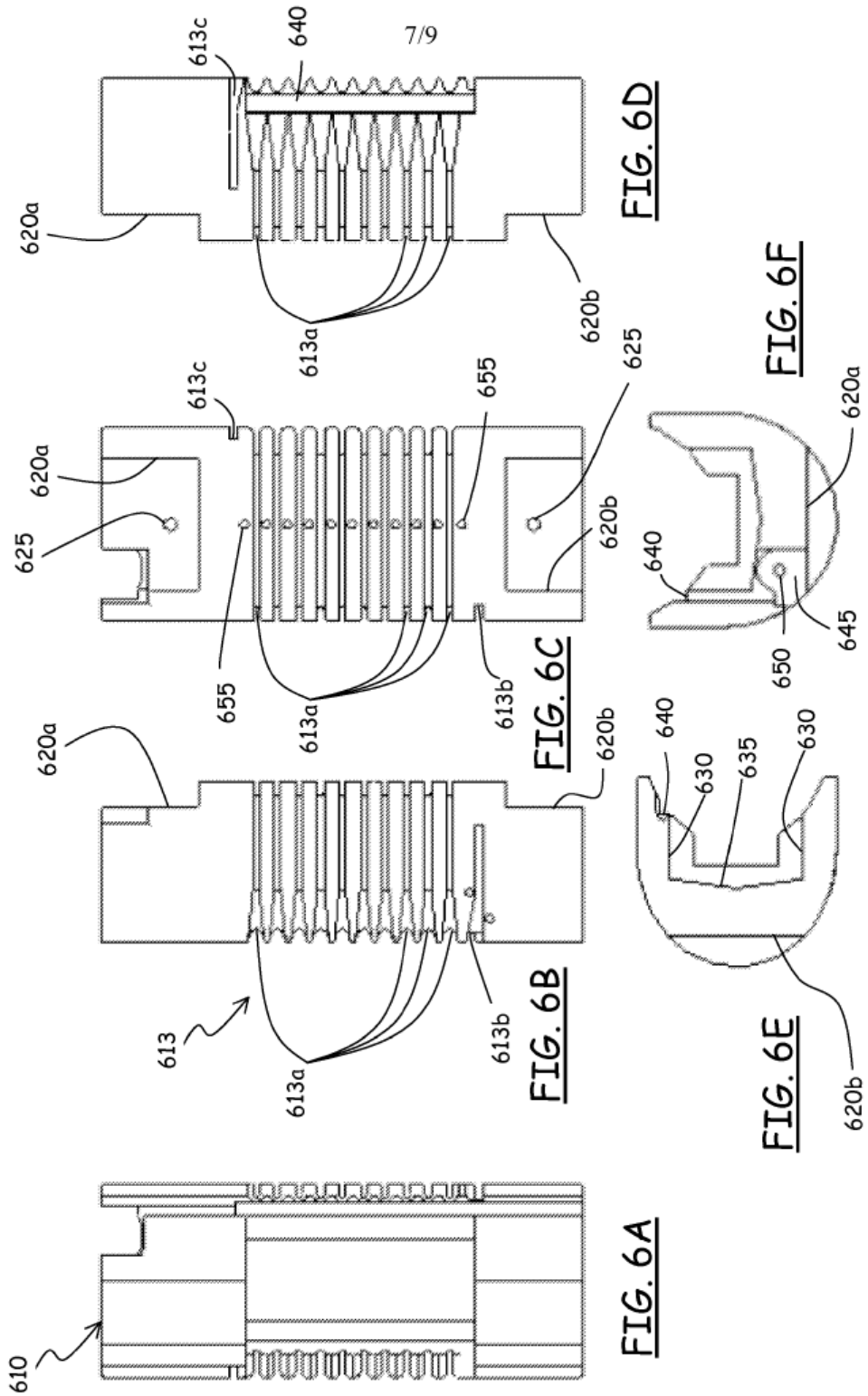


FIG. 5



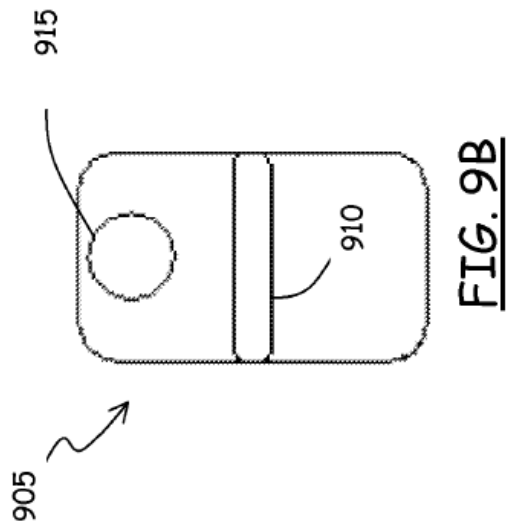
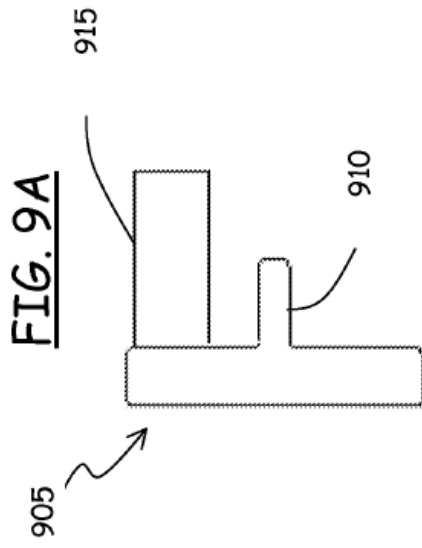
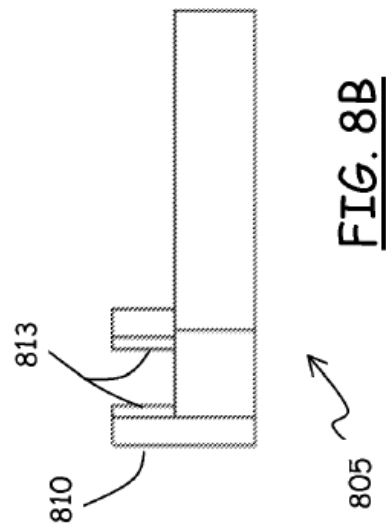
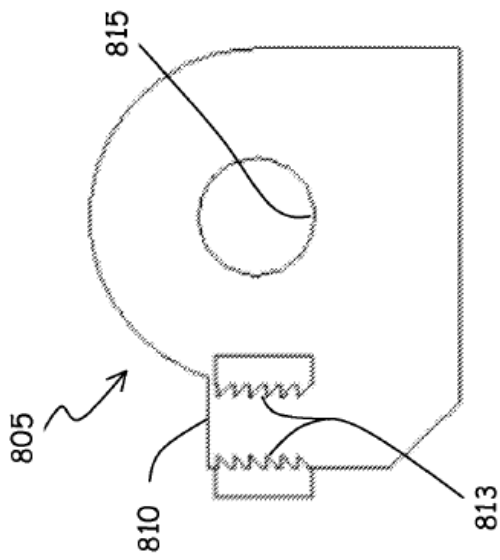


FIG. 10

