

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 257**

51 Int. Cl.:

B60M 1/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2005** **E 05110754 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017** **EP 1659019**

54 Título: **Procedimiento óptico y dispositivo óptico para la monitorización de un conductor eléctrico**

30 Prioridad:

17.11.2004 DE 102004055524

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

27.09.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**BOSELMANN, THOMAS y
THEUNE, NILS-MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 634 257 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

Procedimiento óptico y dispositivo óptico para la monitorización de un conductor eléctrico

5 Procedimiento óptico para la monitorización de un conductor eléctrico con varias secciones del conductor, provistas en cada caso de, al menos un, sensor de rejilla de Bragg en fibra y sobre las que actúa sucesivamente una carga mecánica. El conductor es particularmente la catenaria o una parte de la catenaria, determinada para el suministro de energía eléctrica de un vehículo ferroviario.

10 Un vehículo ferroviario se alimenta de energía eléctrica a través de un conductor (de corriente) en forma de una catenaria. La energía llega por medio de un pantógrafo en contacto por rozamiento mecánico con la catenaria desde la catenaria a través de un patín al vehículo ferroviario. Para garantizar una alta seguridad, disponibilidad y fiabilidad, se implantan por fuera de la catenaria en la práctica toda la maquinaria de la transmisión y distribución de energía del tren de manera redundante. En el caso de la catenaria esto no se lleva a cabo por motivos técnicos y económicos. Sin embargo, una avería de la catenaria arrastra consigo al menos sobre el tramo que respecta a la de la avería de la catenaria por lo general también una avería de todo el suministro energético del tren. Con cada una de estas averías se relacionan altos costes.

15 Una catenaria consiste esencialmente en aproximadamente veinte elementos parciales conectados en serie, dispuestos en forma de redes y forman el así llamado sistema de catenaria. Si fallara un elemento parcial, así fallaría también la catenaria completa. Una proporción significativa de las causas de avería puede atribuirse a una interacción defectuosa entre el vehículo ferroviario y la catenaria.

20 Así, la fuerza de presión del pantógrafo puede ser desproporcionada sobre el, así denominado, hilo de contacto de la catenaria. En caso de presentarse fuerzas de presión excesivas, denominadas también como fuerzas de contacto, se exponen tanto el hilo de contacto como también el patín a un desgaste desmesurado. En el caso presentarse fuerzas de contacto demasiado pequeñas pueden provocarse durante la circulación pérdidas de contacto, que pueden originar arcos eléctricos entre el hilo de contacto y el patín. Así, la aparición de muy altas temperaturas en el arco eléctrico pueden producir daños mediante el desprendimiento de material en el hilo de contacto y en el pantógrafo. Si el patín presentara por ejemplo fisuras, en un momento determinado, el hilo de contacto podría acoplarse durante la circulación dentro de estas fisuras. Esto puede conducir a elongaciones inespecíficas de todo el sistema de catenaria. En el peor de los casos, puede producirse además un "descarrilamiento" del pantógrafo.

30 Para los administradores de la infraestructura, que sean responsables de la catenaria, es por tanto de gran interés, con una prueba de calidad denominada "Quality Gate" (puente de calidad), poder registrar la interacción entre la catenaria y el correspondiente vehículo ferroviario, para intervenir en cada caso en su regulación y poder por ejemplo, evidentemente, también depurar cuestiones de responsabilidades en caso de incidentes. En "diagnóstico de pantógrafos en el funcionamiento corriente mediante medición estacionaria de elevación", H. Möller, et al., Trenes Eléctricos 100, 2002, libreta 6, pág. 198-203 se describen un "Quality Gate" tal. La publicación explica cómo con la determinación de la elevación del hilo de contacto puede deducirse la fuerza de contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto, para identificar pantógrafos defectuosos o mal instalados. Además, la elevación se mide con un potenciómetro de polipasto como sensor mecánico de posición. La señal eléctrica del potenciómetro de polipasto alimenta entonces a un amplificador de medida para el procesamiento posterior a través de un cable y un amplificador-seccionador. Si se previeran por ejemplo varias medidas para el control de la señal de medida, se tendría que conducir el vehículo ferroviario varias veces bajo el puente de calidad "Quality Gate". Sin embargo, 40 alternativamente se puede efectuar un "Quality Gate" también sobre otros mástiles para cada caso. De manera condicionada por la construcción sólo puede instalarse por regla general un "Quality Gate" por mástil.

45 El objeto de la solicitud DE no pre-publicada con el número de expediente de solicitud oficial 10 2004 020 324.5 (fecha de solicitud: 26.04.2004) es un procedimiento óptico y un dispositivo óptico para la monitorización de un conductor eléctrico, particularmente de una catenaria o de una parte de la catenaria. En especial se propone determinar la fuerza de contacto de un pantógrafo por medio de sensores de rejilla de Bragg en fibra.

Gracias a la DE 198 54 369 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para la monitorización de una catenaria, en los que se fija una pluralidad de sensores de fuerza, cuyo tipo no se establece, a la catenaria y al dispositivo vinculado con ella. Sus resultados de medida se evalúan respecto a su característica temporal y se comparan con datos de calibración, para determinar el tipo de una acción física sobre el hilo de contacto.

50 Gracias a la US 6,784,983 B1 se conoce un sistema para la monitorización de tendidos eléctricos de alta tensión. Para la monitorización de puntos específicos de alto estrés físico en una línea se utilizan sensores de Bragg en fibra. La codificación de las longitudes de onda de los sensores de rejilla de Bragg en fibra individuales sirve en este contexto para determinar la localización de una carga que pudiera aparecer en la línea.

La presente invención se basa en el objeto de especificar un procedimiento y un dispositivo, que, comparados con el estado actual de la técnica, posibiliten una determinación positivamente libre de fallas, rápida, sencilla y económica de la carga mecánica que actúa sobre un conductor eléctrico.

5 Para la resolución del objeto referido al procedimiento se especifica un procedimiento correspondiente a las características de la reivindicación independiente 1.

El procedimiento conforme a la invención es un procedimiento óptico para la monitorización de un conductor eléctrico con varias secciones del conductor, provistas en cada caso de, al menos un, sensor de rejilla de Bragg en fibra y sobre las que actúa sucesivamente una carga mecánica, procedimiento en el que

- se alimenta a los sensores de rejilla de Bragg en fibra por lo menos con una señal de luz,

10 - en cada sensor la señal de luz puede modificarse en función de una deformación provocada por la carga mecánica de la respectiva sección del conductor

- a las variaciones condicionadas por la deformación de la, al menos una, señal de luz se le asigna en cada caso un valor medido,

- a través de todos los valores medidos puede determinarse un valor medio y

15 - a partir del valor medio de los valores medidos puede calcularse la carga mecánica que actúa desde el exterior sucesivamente sobre todas las secciones del conductor.

Para la resolución del objeto referido al dispositivo se especifica un dispositivo correspondiente a las características de la reivindicación independiente 6.

20 El dispositivo conforme a la invención es un dispositivo óptico para la monitorización de un conductor eléctrico con varias secciones del conductor, provistas en cada caso de, al menos un, sensor de rejilla de Bragg en fibra y sobre las que actúa sucesivamente una carga mecánica, que conduce a su deformación y a una variación de, al menos una, señal de luz, que ha de alimentarse por medio de un medio de alimentación a su sensor, asignado en cada caso, comprendiendo un medio de evaluación configurado de tal manera, que

25 - a las modificaciones condicionadas por la deformación de la, al menos una, señal de luz se les asigne en cada caso un valor medido,

- a través de todos los valores medidos puede determinarse un valor medio y

- a partir del valor medio de los valores medidos puede calcularse la carga mecánica que actúa desde el exterior sucesivamente sobre todas las secciones del conductor.

30 La invención se basa al mismo tiempo particularmente en el conocimiento de que los sensores de rejilla de Bragg en fibra (FBG) pueden asociarse debido a su capacidad de multiplexado de manera sencilla a una red de sensores. Por otra parte, los sensores FBG individuales pueden, debido a sus pequeñas dimensiones, montarse en la práctica puntualmente en las secciones del conductor a examinar. Así es posible, aplicar a lo largo de un conductor numerosos sensores FBG para la determinación de la fuerza, que están conectados por ejemplo sólo a través de, al menos una, guía ondas óptica con un medio de evaluación. Si actuara sobre las secciones del conductor provistas
35 de sensores FBG de manera particularmente sucesiva casi la misma fuerza, ésta se podría determinar de manera especialmente sencilla con una promediación de todos los valores medidos la fuerza con pocos errores. Además, se puede formular a través de una evaluación estadística de todos los valores medidos también una afirmación acerca de la calidad del valor medido determinado.

40 Los sensores FBG individuales pueden estar insertados por ejemplo con distancias predeterminadas de 1 cm y varios km en serie en una única guía ondas óptica. Una construcción con varias fibras ópticas paralelas, en las que en cada caso se disponen varios sensores FBG, es asimismo posible. Con ello es posible, alojar y seleccionar 100 y más sensores en una línea de guía ondas óptica.

45 En cada sensor FBG de la señal de luz alimentada se refleja de vuelta una componente determinada por la respectiva longitud de onda correspondiente al centro de gravedad, mientras que la componente restante es transmitida por el sensor FBG. La longitud de onda correspondiente al centro de gravedad varía con un factor de influencia dominante en el punto de medida, aquí particularmente la deformación del conductor por el efecto de una fuerza que actúe sobre el. Esta modificación en el contenido en longitudes de onda (o espectro de longitudes de onda) de la respectiva señal de luz parcial reflejada puede usarse como medida del factor de influencia a considerar.

Es sin embargo también posible, analizar de la respectiva señal de luz parcial transmitida la modificación en el espectro de longitudes de onda. El empleo de otro sensor óptico para la detección directa de la deformación del conductor es fundamentalmente asimismo posible. Así es por ejemplo concebible un sensor óptico a base de un interferómetro Fabry-Pérot de guía ondas óptica.

5 Como componentes a analizar del conductor entra por ejemplo en consideración un cable metálico o línea de alambre cableado, como se emplean particularmente en cables aéreos de trenes. Debido a su pequeño tamaño constructivo, se puede montar un sensor FBG fácilmente en un componente tal. Para ello no es necesario, o bien casi ninguno o sólo muy pequeño, un ajuste constructivo del componente, por ejemplo, en forma de una ranura. Particularmente puede elaborarse así también sin problemas un buen contacto con cierre de fuerza al punto de medición.

10 Una ventaja de un sensor FBG respecto de un sensor eléctrico convencional es su intrínseco potencial de separación. La comprobación óptica puede realizarse por medio de la disposición de un haz óptico libre o también por medio de, al menos una, conducción dieléctrica, por ejemplo, en forma de una guía ondas óptica de vidrio o de plástico. Con ello es posible instalar, sin gasto de aislamiento separado o con relativamente poco, una alimentación o derivación dieléctricas tales. Debido a la alta disponibilidad de componentes estándar de fibra de vidrio, que pueden emplearse especialmente bien para la alimentación/derivación dieléctrica, se obtiene además de una ventaja técnica también una gran ventaja económica.

Configuraciones favorables del procedimiento conforme a la invención resultan de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.

20 Resulta particularmente favorable, cuando se prevén sensores de rejilla de Bragg en fibra de diferentes longitudes de onda de Bragg. Para la mejor diferenciación de las componentes de señal de luz, al menos los sensores FBG dispuestos en una guía ondas óptica tienen preferentemente en cada caso diferentes longitudes de onda correspondiente al centro de gravedad. Por otra parte, tienen también aquellos sensores, particularmente pares de sensores, que se utilizan para la medición de la fuerza de una determinada sección del conductor, preferentemente diferentes longitudes de onda correspondiente al centro de gravedad. Las longitudes de onda correspondiente al centro de gravedad de varios sensores FBG de una guía ondas óptica no tienen que ser forzosamente diferentes cuando, para diferenciar las señales de respuesta de diferentes sensores FBG, se usa por ejemplo un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer, del inglés un reflectómetro óptico en dominio de tiempo).

30 Particularmente puede alimentarse la, al menos una, señal de luz en los sensores de rejilla de Bragg en fibra con un ancho de banda, que comprenda las longitudes de onda de Bragg de todos los sensores de rejilla de Bragg en fibra. Para esto se emplea preferentemente una fuente de luz de banda ancha, como por ejemplo un LED con un ancho de banda de aproximadamente 45 nm, un SLD con un ancho de banda de aproximadamente 20 nm o un láser sintonizable con un ancho de banda de aproximadamente 100 nm. Por consiguiente, se pueden consultar con un único pulso todos los sensores FBG dispuestos en la red de sensores.

35 Preferentemente se utilizan el procedimiento y el dispositivo para la monitorización de un conductor presente en el suministro de energía eléctrica de un vehículo ferroviario (= suministro energético del tren), particularmente se trata en este contexto de la catenaria del suministro de energía eléctrica del tren. Una catenaria contiene en este contexto mástiles de soporte, a los que a algunos metros de altura se fija un sistema de catenaria a través de las vías ferroviarias. El sistema de catenaria comprende esencialmente un cable de soporte fijo a los mástiles, al que se fija el hilo de contacto con intercalación de remolques. Los sensores de rejilla de Bragg en fibra se pueden emplear con ventaja particularmente para la monitorización de este sistema de catenaria.

40 Para que el vehículo ferroviario pueda alimentarse con energía tiene que estar en contacto, a través de un pantógrafo, con el conductor, particularmente con el hilo de contacto. La fuerza ejercida además por el pantógrafo sobre el conductor, denominada también fuerza de contacto, se determina en especial más favorablemente con el procedimiento conforme a la invención y el dispositivo conforme a la invención.

Configuraciones favorables del dispositivo conforme a la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 6.

Para la mejor diferenciación de las componentes de señal de luz, los sensores de rejilla de Bragg en fibra presentan de manera especialmente favorable diferentes longitudes de onda de Bragg.

50 Conforme a la ventaja antes mencionada, se demuestra para el dispositivo, que la, al menos una, señal de luz alimentada en los sensores de rejilla de Bragg en fibra presenta un ancho de banda, que comprende las longitudes de onda de Bragg de todos los sensores de rejilla de Bragg en fibra.

Resulta favorable que el medio de evaluación tenga un filtro de paso medio. Con ello puede lograrse una inmunidad adicional a fallas del dispositivo. Con un filtro de paso medio pueden suprimirse breves perturbaciones causadas externamente en la señal de luz, sin perder el contenido en información de la componente de señal procedente de los sensores.

- 5 Preferentemente, sin embargo, se desarrollan a continuación a fondo unos ejemplos de ejecución de la invención, que de ningún modo son limitantes en cuanto al diseño. Como aclaración, el diseño no se desarrolla a escala, y ciertos aspectos se representan esquemáticamente. En detalle se muestra

Figura 1 un dispositivo para la monitorización de un conductor eléctrico y

- 10 Figura 2 una representación esquemática del modo de operación de la unidad de evaluación para la determinación de la fuerza que actúa sobre el conductor.

Las piezas comunes correspondientes están provistas en las Figuras 1 y 2 de los mismos símbolos de referencia.

En la Figura 1 se representa un equipo de monitorización 11 para la monitorización de un conductor 2 en forma de un sistema de catenaria de una catenaria de tren. La catenaria 2 sirve para el suministro energético de un vehículo ferroviario 31 a través de un pantógrafo 32.

- 15 La catenaria 2 consiste esencialmente en, componentes capaces de transportar corriente eléctrica como suministro de energía eléctrica (no representado en la Figura 1), cable de soporte 22, hilo de contacto 21, remolques 23 y los correspondientes elementos de conexión 24. Para el soporte de la catenaria 2 se prevén varios mástiles 30. A través del hilo de contacto 21 se transporta la potencia necesaria para el funcionamiento del vehículo ferroviario 31 de por ejemplo 12 MW y más al lugar del pantógrafo 32 (Pantograph) del vehículo ferroviario 31. El hilo de contacto 21 está en contacto por rozamiento con un patín del pantógrafo 32 (no mostrado en la Figura 1) dispuesto transversalmente al hilo de contacto 21. El patín se presiona además con una determinada fuerza, la así llamada fuerza de contacto, contra el hilo de contacto 21. De este modo se forma un contacto eléctrico entre hilo de contacto 21 y pantógrafo 32 suficiente para el suministro de energía eléctrica. El cable de soporte 22 existente al menos en una catenaria 2, que se proyecta para una velocidad del vehículo ferroviario 31 de más de 100 km/h, tiene una función de soporte y sirve sin embargo también por añadidura para la alimentación de corriente.

- 30 Para la aclaración de las direcciones de fuerza que actúan sobre el hilo de contacto 21, en la Figura 1 se proporciona un sistema de coordenadas 80 con ejes x, y z. La componente de la fuerza en la dirección z puede entenderse como la fuerza de contacto. Las fuerzas en la dirección y aparecen como fuerzas transversales y de corte y han de atribuirse por ejemplo al arrastre por secciones del hilo de contacto 21 en las fisuras de un patín defectuoso. Las fuerzas transversales y de corte aparecen también debido a la distribución en zigzag del hilo de contacto 21 en la dirección de circulación, que al circular el vehículo ferroviario 31 tiene como consecuencia un desplazamiento transversal del hilo de contacto 21 respecto del pantógrafo 32 y una consiguiente fuerza de rozamiento. Las fuerzas en la dirección x se denominan fuerzas longitudinales y se producen mediante el rozamiento entre el patín y el hilo de contacto 21 al circular en la dirección de circulación.

- 35 Para la determinación de la carga mecánica se prevén sensores de rejilla de Bragg en fibra (FBG) S1, S2, S3. El número y distribución de los sensores FBG representados en la Figura 1 ha de entenderse sólo a modo de ejemplo. Todas las distribuciones de sensores son asimismo posibles. Las secciones del conductor L1, L2, L3 individuales a lo largo del conductor 2, que se entienden como secciones de medición, pueden estar provistas en cada caso también de un par de sensores S1, S2, S3, que están integrados en líneas de guía ondas óptica. Cada sensor individual de una pareja S1, S2, S3 está asignado a una línea de guía ondas óptica. La guía ondas óptica 40 representada en la Figura 1 puede entenderse por consiguiente también como doble línea. Por otra parte, pueden concebirse en un lugar de medida también más de dos sensores, asignados en cada caso a una línea de guía ondas óptica. Las líneas de guía ondas óptica pueden además ser piezas de una única guía ondas óptica 40 o sin embargo corresponder también en cada caso a una guía ondas óptica 40. La y/o las guía(s) onda(s) 40 se puede(n) construir en una sola pieza o sin embargo también a partir de varias partes unidas al menos ópticamente. Es particularmente favorable, que los sensores FBG S1, S2, S3 se dispongan en arrastre de fuerza en las respectivas secciones del conductor L1, L2, L3. Esto asegura que la deformación determinada por la fuerza de la correspondiente sección del conductor L1, L2, L3 se transmita completamente a los sensores S1, S2, S3. Además, se pueden emplear convenientemente para la conexión del respectivo sensor FBG S1, S2, S3 con la correspondiente sección del conductor L1, S2, S3 una unión por adhesión o por soldadura. Estos tipos de unión son fáciles de ejecutar, proporcionan una unión en cierre de fuerza y son además económicos en su empleo.

La red de sensores formada por estos sensores FBG S1, S2, S3 se comprueba mediante una señal de luz LS, producida por una fuente de luz de banda ancha 61. A través de un acoplador 62 y con la(s) guía(s) onda(s) 40 se alimenta la señal de luz LS a los sensores FBG S1, S2, S3.

5 Cada uno de los sensores FBG S1, S2, S3 tiene una longitud de onda correspondiente al centro de gravedad específica λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3} , la así llamada longitud de onda de Bragg, que se distingue de aquellas de los otros sensores FBG S1, S2, S3. En cada sensor S1, S2, S3 se refleja de vuelta de la señal de luz LS alimentada una componente con la respectiva longitud de onda correspondiente al centro de gravedad como parte reflejada de la señal de luz. La componente restante de la señal de luz LS pasa en cambio el respectivo sensor S1 e incide en el siguiente sensor S2, S3. El ancho de banda de la señal de luz LS alimentada comprende además preferentemente las longitudes de onda de Bragg λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3} de todos los sensores de rejilla de Bragg en fibra S1, S2, S3.

15 En el acoplador 62 queda una señal de luz LS' reflejada por los sensores FBG S1, S2, S3, que se compone de las partes reflejadas de la señal de luz de los sensores FBG individuales S1, S2, S3. Bajo la influencia de la carga mecánica de la respectiva sección del conductor L1, L2, L3 provista del correspondiente sensor S1, S2, S3 se modifica la longitud de onda correspondiente al centro de gravedad λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3} del respectivo sensor S1, S2, S3 y con ello también el contenido en longitudes de onda (= el espectro de longitudes de onda) de la señal de luz reflejada LS' por el correspondiente sensor S1, S2, S3. Esta modificación en el contenido en longitudes de onda sirve como medida para la variable a considerar. Es sin embargo también concebible una operación de transmisión (no mostrada en la Figura 1). Aquí se tiene que muestrear, en comparación con la operación de reflexión, todo el espectro de longitudes de onda emitido por la fuente de luz LS en busca de rangos de longitudes de onda ausentes. 20 Pues estos rangos de longitudes de onda ausentes corresponden a las respectivas longitudes de onda correspondiente al centro de gravedad λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3} de los sensores individuales S1, S2, S3.

25 La señal de luz LS' reflejada que queda en el acoplador 62 es conducida por el acoplador 62 a un transformador optoelectrónico 63. Este último contiene particularmente un elemento espectralmente selectivo para la selección de las partes reflejadas de la señal de luz individuales, por ejemplo, en forma de un policromador y un receptor de luz en cada caso también finamente dividido. Para el análisis del espectro luminoso son concebibles espectrómetros de rejilla o de flexión. A continuación de la transformación optoelectrónica tiene lugar en un convertidor A/D 64 una conversión analógica/digital. La señal de salida digitalizada del convertidor A/D 64 alimenta a una unidad digital de evaluación 65, en la que se determina la carga mecánica generadora de fuerza, que actúa desde el exterior sucesivamente sobre todas las secciones del conductor L1, L2, L3.

30 En la operación de transmisión puede prescindirse del acoplador 62. Aquí se acopla a un extremo de la guía ondas óptica 40 y/o de las fibras ópticas 40 la señal de luz LS por medio de la fuente de luz 61 y por el otro extremo de la guía ondas óptica 40 y/o de las fibras ópticas 40 es detectada por un transformador optoelectrónico 63 con elemento espectralmente selectivo.

35 La fuente de luz 61, el acoplador 62, el transformador optoelectrónico 63 con un elemento espectralmente selectivo, el convertidor A/D 64 y la unidad de evaluación 65 se combinan en una unidad emisora/receptora 60, donde la subunidad constituida por la fuente de luz 61 y acoplador 62 puede verse como medio para la alimentación de la señal de luz LS a los sensores FBG S1, S2, S3, así como la subunidad compuesta por transformador optoelectrónico 63 con elemento espectralmente selectivo, convertidor A/D 64 y unidad de evaluación 65 puede verse como medio para la determinación de la fuerza que actúa desde el exterior sucesivamente sobre todas las secciones del conductor L1, L2, L3. En otro ejemplo de ejecución no mostrado, estas subunidades o partes de estas se pueden configurar también constructivamente por separado, o sea no como una unidad emisora/receptora 60 integral. Aparte de esto es también concebible una evaluación puramente analógica, por ejemplo, por medio de una conexión electrónica cableada. Entonces no habría ningún convertidor A/D 64 y la unidad de evaluación 65 se realizaría analógicamente.

45 La unidad emisora/receptora 60 del ejemplo mostrado en la Figura 1 está al potencial de tierra, en contra de lo cual la catenaria 2 se encuentra a un potencial de corriente en el suministro energético de trenes, particularmente de 15 a 25 kV. El puenteado de esta diferencia de potencial se lleva a cabo por medio de la guía ondas óptica 40 y/o de las fibras ópticas 40, a través de la(s) cual(es) se transmiten también la señal de luz alimentada LS y la señal de luz reflejada LS'. De este modo se origina una construcción especialmente compacta. La(s) guía(s) onda(s) 40 50 consiste(n) en un material dieléctrico, como por ejemplo vidrio o plástico. Con ello no es necesaria ninguna medida aparte para el aislamiento eléctrico.

El valor determinado en la unidad emisora/receptora 60 para la fuerza que actúa desde el exterior sucesivamente sobre todas las secciones del conductor puede transmitirse por medio de una transmisión de radio a una unidad de recopilación de datos, que puede estar de nuevo conectada con una unidad de control (no representada en la Figura 1). En la unidad de control puede estar además depositado un concepto de protección para la catenaria 2. La transmisión de datos puede realizarse sin embargo fundamentalmente también por cable eléctricamente u

ópticamente. Aparte de esto, la unidad emisora/receptora 60 y la unidad de recopilación de datos se pueden configurar también como unidad integral.

5 En la Figura 2 se representa esquemáticamente el modo de operación de la unidad de evaluación 65 para la determinación de la fuerza que actúa sobre el conductor 2. A modo de explicación se acepta que el vehículo ferroviario 31 se desplaza en la dirección x y el pantógrafo 32 del vehículo ferroviario 31 deforma sucesivamente al máximo, en instantes consecutivos t1, t2 y t3, las secciones del conductor L1, L2, L3 provistas de los correspondientes sensores S1, S2 y S3.

10 La señal de luz LS' reflejada por los sensores FBG S1, S2, S3 muestra un espectro de longitudes de onda conforme a los espectros SP0, SP1, SP2, SP3 representados esquemáticamente en la Figura 2. La abscisa representa la longitud de onda λ , mientras que sobre la ordenada se da la intensidad I de la señal de luz reflejada LS'. Los espectros SP1, SP2 y SP3 están asignados además a los respectivos tiempos t1, t2 y t3, mientras que el espectro SP0 es un espectro de referencia sin efecto de fuerza del pantógrafo sobre el conductor. Cada espectro presenta tres máximos, que corresponden a las longitudes de onda instantáneas correspondientes al centro de gravedad $\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$ de los sensores FBG asignados S1, S2, S3. En caso de la acción de una fuerza sobre la primera sección del conductor L1 en el instante t1, la longitud de onda correspondiente al centro de gravedad $\lambda S1$ se desplaza $\Delta 1$ respecto del estado "sin fuerza" conforme al espectro SP0. Por razones de simplicidad se acepta que sobre las restantes dos secciones del conductor L2 y L3 no actúa ninguna fuerza. Sus longitudes de onda correspondiente al centro de gravedad $\lambda S2$ y $\lambda S3$ permanecen con ello constantes. Correspondientemente a la ejecución en el instante t1, en el instante t2 varían la longitud de onda correspondiente al centro de gravedad $\lambda S2$ del sensor S2 en $\Delta 2$ y en el instante t3 la longitud de onda correspondiente al centro de gravedad $\lambda S3$ del sensor S3 en $\Delta 3$.

25 En un primer paso 651, puede alimentarse el espectro de señales digitalizado a un filtro de paso medio. Con ello se posibilita una inmunidad a fallas adicional del dispositivo. Como los filtros de mediana son filtros que preservan los bordes espectrales, se pueden suprimir con el filtro de paso medio breves perturbaciones causadas externamente en la señal digitalizada, sin perder el contenido de información. Mediante la comparación de los espectros SP1, SP2, SP3 con carga mecánica con el espectro SP0 sin carga mecánica, en un siguiente paso 652 se determina la respectiva variación $\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$ de la longitud de onda correspondiente al centro de gravedad $\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$. Al respectivo desplazamiento $\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$ se le asigna en el siguiente paso 653 un correspondiente valor medido M1, M2, M3 para la deformación de la respectiva sección del conductor L1, L2, L3. Los valores medidos M1, M2, M3 se pueden entender por consiguiente también como alargamientos transitorios. Se almacenan en un siguiente paso 654 en un medio electrónico de almacenamiento, particularmente un almacenamiento intermedio. Tras la incorporación del último valor medido, aquí el valor medido M3, se forma en el siguiente paso 655 la media aritmética de todos los valores medidos según la fórmula conocida

$$\bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i$$

35 n es además el número de las secciones del conductor provistas de sensores FBG. En el ejemplo de ejecución de la Figura 2 es n = 3. En un último paso 656 se determina a partir del valor medido M la fuerza ejercida por el pantógrafo 32 sobre el conductor 2, particularmente el hilo de contacto 21.

40 En otro ejemplo de ejecución no representado es también concebible un modo de operación modificado de la unidad de evaluación 65. Particularmente en el caso de sensores FBG S1, S2, S3 con la misma longitud de onda correspondiente al centro de gravedad ($\lambda S1 = \lambda S2 = \lambda S3$) se prevé, corregir temporalmente los respectivos espectros de señal filtrados con el filtro de paso medio 651 correspondientes a los instantes t1, t2 y t3 por ejemplo en el instante t1 y a partir de los espectros corregidos formar la media aritmética. A partir del espectro promediado se determina entonces de manera especificada un desplazamiento de la longitud de onda promediado y de este un valor medido promediado \bar{M} para la deformación de todas las secciones del conductor asignadas L1, L2, L3. A partir de este valor medido M puede entonces en un último paso determinarse la fuerza ejercida por el pantógrafo 32 sobre el conductor 2, particularmente el hilo de contacto 21.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento óptico para la monitorización de un conductor eléctrico (2, 21) de una catenaria determinada para el suministro de energía eléctrica de un vehículo ferroviario (31) con varias secciones del conductor (L1, L2, L3),

5 - sobre las que actúa en cada caso sucesivamente una fuerza que parte de un pantógrafo (32) del vehículo ferroviario (31), producida en caso de contacto del pantógrafo (32) con la respectiva sección del conductor (L1, L2, L3) mediante el pantógrafo (32),

- que se deforman consecutivamente en términos temporales mediante la fuerza de contacto que actúa consecutivamente sobre las secciones del conductor (L1, L2, L3),

caracterizado porque

10 - las secciones del conductor (L1, L2, L3) están provistas en cada caso de, al menos un, sensor de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) con en cada caso longitudes de onda de Bragg ($\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$) asignadas,

- donde las respectivas longitudes de onda de Bragg ($\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$) asignadas a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) pueden cambiarse consecutivamente en términos temporales mediante la fuerza de contacto,

15 procedimiento en el que

- a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) se alimenta por lo menos con una señal de luz (LS),

20 - en cada sensor (S1, S2, S3) la señal de luz (LS) puede modificarse en su contenido en longitudes de onda en función de la modificación consecutiva en términos temporales de las respectivas longitudes de onda de Bragg ($\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$) asignadas a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3),

- a las variaciones temporalmente consecutivas ($\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$) del contenido en longitudes de onda puede asignárseles en cada caso un valor medido (M1, M2, M3),

- a través de todos los valores medidos (M1, M2, M3) puede determinarse un valor medio (\bar{M}) y

25 - a partir del valor medio (\bar{M}) de los valores medidos (M1, M2, M3) puede calcularse la fuerza de contacto que actúa sucesivamente sobre todas las secciones del conductor (L1, L2, L3).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se prevén sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) de diferentes longitudes de onda de Bragg ($\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$).

30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la, al menos una, señal de luz (LS) alimenta a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) con un ancho de banda, que comprende las longitudes de onda de Bragg ($\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$) de todos los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3).

4. Dispositivo óptico para la monitorización de un conductor eléctrico (2, 21) de una catenaria determinada para el suministro de energía eléctrica de un vehículo ferroviario (31) con varias secciones del conductor (L1, L2, L3),

35 - que han de someterse en cada caso sucesivamente a una fuerza ejercida por un pantógrafo (32) que parte del pantógrafo (32) del vehículo ferroviario (31), en el caso de un contacto del pantógrafo (32) con la respectiva sección del conductor (L1, L2, L3),

- que pueden deformarse consecutivamente en términos temporales mediante la fuerza de contacto que actúa consecutivamente sobre las secciones del conductor (L1, L2, L3),

caracterizado porque

40 - las secciones del conductor (L1, L2, L3) están provistas en cada caso de, al menos un, sensor de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) con en cada caso longitudes de onda de Bragg ($\lambda S1$, $\lambda S2$, $\lambda S3$) asignadas,

- donde las respectivas longitudes de onda de Bragg (λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3}) asignadas a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) pueden cambiarse consecutivamente en términos temporales mediante la fuerza de contacto, y

5 - por lo menos una señal de luz (LS), que ha de alimentarse mediante un medio de alimentación (62) en su sensor (S1, S2, S3) asignado en cada caso, puede modificarse en su contenido en longitudes de onda en función de la modificación consecutiva en términos temporales de las respectivas longitudes de onda de Bragg (λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3}) asignadas a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3)

comprendiendo un medio de evaluación (65) configurado de tal manera que

10 - a las variaciones temporalmente consecutivas ($\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$) del contenido en longitudes de onda puede asignárseles en cada caso un valor medido (M1, M2, M3),

- a través de todos los valores medidos (M1, M2, M3) puede determinarse un valor medio (\bar{M}) y

- a partir del valor medio \bar{M} de los valores medidos (M1, M2, M3) puede calcularse la fuerza de contacto que actúa sucesivamente sobre todas las secciones del conductor (L1, L2, L3).

15 5. Dispositivo según la reivindicación 4, con sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) de diferentes longitudes de onda de Bragg (λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3}).

6. Dispositivo según la reivindicación 4 ó 5, en el que la señal de luz (LS) alimentada a los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3) tiene un ancho de banda, que comprende las longitudes de onda de Bragg (λ_{S1} , λ_{S2} , λ_{S3}) de todos los sensores de rejilla de Bragg en fibra (S1, S2, S3).

20 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el medio de evaluación (65) presenta un filtro de paso medio (651).



