



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 304 564**

51 Int. Cl.:
G01R 15/14 (2006.01)
G01L 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04010128 .9**
86 Fecha de presentación : **28.04.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1496369**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.01.2005**

54 Título: **Procedimiento óptico y dispositivo óptico para el control de un conductor eléctrico.**

30 Prioridad: **14.05.2003 DE 103 21 790**
31.03.2004 DE 10 2004 015 875
05.04.2004 DE 10 2004 016 741

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2008

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Bosselmann, Thomas;**
Hertsch, Hagen;
Kaiser, Joachim;
Puschmann, Rainer;
Theune, Nils-Michael y
Willsch, Michael

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 304 564 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 el control de un conductor eléctrico.

5 La presente invención comprende una línea aérea para el suministro de energía eléctrica a un vehículo ferroviario, con un dispositivo óptico de medición de fuerza y un procedimiento óptico de medición de fuerza, para la determinación de una fuerza que actúa desde un pantógrafo del vehículo ferroviario sobre la línea aérea.

10 Un vehículo ferroviario se alimenta con energía eléctrica a través de un conductor eléctrico de corriente en forma de una línea aérea. La energía llega, desde la línea aérea, al vehículo ferroviario mediante un pantógrafo que se encuentra en contacto deslizante mecánico con la línea aérea y a través de un frotador. Para garantizar una elevada seguridad, disponibilidad y confiabilidad, prácticamente todos los elementos de funcionamiento de la transmisión y distribución de la energía en el ferrocarril, a excepción de la línea aérea, están ejecutados de manera redundante. En el caso de la línea aérea, esto no se realiza debido a motivos técnicos y económicos. Sin embargo, una falla de la línea aérea en, al menos, el segmento de recorrido afectado por la falla de la línea aérea, provoca, generalmente, también una falla de todo el suministro de energía al ferrocarril. Cada una de estas fallas implica costos elevados.

15 La línea aérea consiste, esencialmente, en aproximadamente veinte elementos parciales conectados en serie, dispuestos en forma de malla y que conforman el denominado mecanismo de cadena. Si un elemento parcial falla, también falla toda la línea aérea.

El comportamiento ante fallas está determinado por numerosas magnitudes de influencia, asimismo, se considera a la sobrecarga térmica de componentes individuales de la línea aérea como causa principal de la indisponibilidad.

25 Una carga térmica demasiado elevada de la línea aérea puede, por ejemplo, tener como consecuencia una dilatación longitudinal inadmisibles del mecanismo de cadena, y por ello, un descarrilamiento del pantógrafo. Es entonces muy factible un daño costoso de la línea aérea y/o del pantógrafo. Además, una sobrecarga térmica puede provocar una reducción de la resistencia mecánica, especialmente, un debilitamiento de la línea de contacto de la línea aérea.

30 La sobrecarga térmica puede provocarse, por ejemplo, a causa de una temperatura exterior muy elevada, una resistencia al paso en un elemento de conexión aflojado, así como por un flujo de corriente demasiado alto. El último caso debe ser tenido en cuenta, especialmente, considerando la creciente demanda de rendimiento de futuros vehículos ferroviarios de alto rendimiento. Esta demanda se origina a causa de la creciente oferta de confort dentro de los vehículos (automatización completa, TV, multimedia, etc.), los elevados picos de corriente en la puesta en marcha, los frenos regenerativos eléctricos cada vez más utilizados y el incremento de la velocidad de los trenes que alcanza y supera los 300 km/h. De ello se desprende el deseo del mayor aprovechamiento posible de la línea aérea.

35 Sin embargo, para garantizar igualmente un suministro de energía seguro, se necesita un dispositivo de protección de sobrecarga que trabaje de modo muy preciso. Tanto una corriente de funcionamiento inadmisiblemente elevada, como así también una corriente de cortocircuito (hasta 45 kA) son reconocidas y desactivadas por tal dispositivo de protección. De ese modo, la línea aérea es protegida contra la combustión, y se reduce la cantidad de interrupciones del funcionamiento. Esta función de protección es ofrecida por un dispositivo de protección digital a distancia, descrito, por ejemplo, en "Digitalschutz für Bahnenergienetze" (Protección digital de redes de energía para ferrocarriles), H.-J. Braun, *et al.*, Elektrische Bahnen 97, 1999, cuaderno 1/2, págs. 32-39. Las magnitudes de medición son, en este caso, en primer lugar la tensión eléctrica y la corriente eléctrica.

40 Para equipar a las nuevas rutas ferroviarias, satisfaciendo las futuras demandas y protegiéndolas de tasas de fallas demasiado elevadas, puede ser útil un monitoreo adicional de la carga térmica de la línea aérea. Sin embargo, en un dispositivo tal, la carga térmica de los componentes individuales, que es la de interés primordial, en este momento se determina sólo de modo indirecto, a partir de diferentes magnitudes de medición auxiliares. Como se desprende del manual de uso "Siemens Digitaler Oberleitungsschutz 7SA517 V3.4" (Protección de línea aérea digital de Siemens 7SA517 V3.4), Siemens AG, Transportation Systems, 08/2001, referencia: E50410-A0011-U501-A2-0091, págs. 3-12 a 3-14, esta protección de sobrecarga térmica se basa en un modelo térmico con función de memoria, que, a partir de la determinación del valor efectivo de la corriente y la temperatura exterior, calcula la temperatura de la línea de contacto en la línea aérea y la compara con un valor máximo tolerado regulable. Sin embargo, la utilización del modelo térmico puede provocar un resultado impreciso. La temperatura determinada mediante cálculo y la temperatura real existente de los componentes de la línea aérea pueden variar entre sí, con la consecuencia de que una medida de protección derivada no sea la adecuada para los hechos reales.

45 Un procedimiento similar para el control del estado de una línea aérea de alta tensión, en el cual se utiliza un modelo de aproximación para la determinación indirecta de la temperatura del conductor, se presenta en la memoria DE 19718186 C1.

50 En los documentos US 4635055 A1, US 4894785 A1, US 4904996 A1, US 5006846 A1 y US 5341088 A1 se describen sensores eléctricos determinados para el montaje en una línea aérea de alta tensión, a los que les es suministrada energía eléctrica por el conductor por controlar. Se detectan múltiples magnitudes de medición en potencial de alta tensión, como la incidencia de la luz solar, la corriente del conductor, la tensión del conductor, la velocidad y la dirección del viento, la humedad relativa, la temperatura exterior, y también la temperatura y el alargamiento del conductor de

ES 2 304 564 T3

alta tensión. Las señales detectadas se transmiten por radio a una estación terrestre o, en el dispositivo de la memoria US 5006846 A1, por comunicación óptica. Todos los sensores poseen una construcción que rodea completamente al conductor por controlar, que también comprende, especialmente, un transformador magnético, por ejemplo, en forma de un transformador de núcleo toroidal, para el desacople inductivo, desde el conductor por controlar, de la energía requerida para el funcionamiento de los sensores eléctricos. Por ello es técnicamente poco probable o imposible una implementación en el suministro de energía al ferrocarril, a causa del contacto deslizante usual entre el pantógrafo y la línea de contacto.

En el ensayo “Measurements of overhead transmission line loads with Bragg gratings” (*Mediciones de cargas de líneas de transmisión aéreas con retículas de Bragg*), L. Bjerkam, Conference Proceedings, SPIE, vol. 3746, S.514-517, OFS-13, Kyongju, Korea, 12.-16/04/1999, se publica una medición del alargamiento en una línea aérea de alta tensión mediante sensores de retículas de Bragg de fibra, o sensores FBG. Para la medición de amplitudes de alargamiento dinámicas del conductor de corriente están dispuestos en total tres sensores en un segmento de 160 m de largo de una línea aérea de 60 kV. Uno de ellos sirve para la detección de una referencia de temperatura. Ambos sensores FBG para la medición del alargamiento están adheridos directamente sobre el conductor por controlar. Por una señal luminosa suministrada es reflejada nuevamente, en la unidad de evaluación, una proporción con la longitud de onda efectiva de cada sensor FBG. La longitud de onda efectiva se modifica con el alargamiento reinante en el punto de medición, de modo que su modificación se puede utilizar como magnitud de medición para el alargamiento.

El control mediante fibras ópticas de las líneas de transmisión terrestres también es objeto del artículo “Multiplexed fiber optics bragg grating sensors for strain and temperature measurements in power systems” (*Sensores de retículas de Bragg de fibra multiplexos para la medición del alargamiento y la temperatura en sistemas de energía*), H.J.Kalinowski *et al.*, Conference Proceedings, SPIE vol. 3666, S. 544-553, Bellingham, VA, US, 1999 y de la memoria WO 00/68657 A. Es posible, por ejemplo, determinar, mediante múltiples sensores de retículas de Bragg de fibra dispuestos en diferentes puntos a lo largo de las líneas de transmisión terrestres, las temperaturas y los alargamientos de las líneas de transmisión terrestres con una resolución local.

La adecuación y la aplicación general de sensores de retículas de Bragg de fibra para el control de alargamientos y temperaturas de estructuras y componentes críticos, especialmente en el área de la aviación y la navegación espacial, están descritas en la memoria US 5 493 390. Los sensores están colocados en las estructuras para supervisar o embutidos en ellas.

Una parte significativa de las causas de fallas de las líneas aéreas se pueden explicar por una interacción errónea entre el vehículo ferroviario y la línea aérea.

Por ejemplo, la fuerza de compresión del pantógrafo puede ser inadecuada en la denominada línea de contacto de la línea aérea. En caso de fuerzas de compresión elevadas, también denominadas fuerzas de contacto, se expone a la línea de contacto y también al frotador a un desgaste excesivo. En caso de fuerzas de contacto demasiado bajas, durante la marcha también se pueden provocar pérdidas de contacto que pueden provocar arcos voltaicos entre la línea de contacto y el frotador. Por temperaturas muy elevadas en el arco voltaico, pueden originarse daños por desgaste de material en la línea de contacto y en el pantógrafo. Si el frotador presenta, por ejemplo, estrías, durante la marcha la línea de contacto puede ser conducida por momentos en estas estrías. Esto puede provocar desviaciones no especificadas de todo el mecanismo de cadena. En el peor de los casos se puede llegar a un descarrilamiento del pantógrafo.

Para los operadores de la infraestructura, responsables de la línea aérea, es de gran interés poder registrar la interacción entre la línea aérea y el vehículo ferroviario correspondiente con un denominado “Quality Gate”, para poder intervenir eventualmente para la regulación y también, por ejemplo, poder aclarar unívocamente, en caso de incidentes, las cuestiones acerca de la responsabilidad. En “Stromabnehmerdiagnose im laufenden Betrieb durch stationäre Anhubmessung” (Diagnóstico de pantógrafos durante la marcha, mediante mediciones de levantamientos estacionarios), H. Möller, *et al.* Elektrische Bahnen 100, 2002, cuaderno 6, pág. 198-203 se describe un “Quality Gate” de ese tipo. La publicación describe cómo se deduce, con la determinación de la elevación de la línea de contacto, la fuerza de contacto entre el pantógrafo y la línea de contacto, para reconocer pantógrafos defectuosos o mal regulados. Para ello, se mide la elevación con un potenciómetro para cable como sensor de recorrido mecánico. La señal eléctrica del potenciómetro para cable se suministra luego, para el tratamiento subsiguiente, a un amplificador de medición, a través de un cable y un amplificador separador.

La invención tiene como objetivo presentar un procedimiento y un dispositivo que, en comparación con el estado de la técnica, posibilite un control mejorado de una línea aérea para el suministro de energía eléctrica a un vehículo ferroviario, teniendo en cuenta las cargas térmicas y/o mecánicas.

El objetivo correspondiente al dispositivo se logra, acorde a la invención, con las medidas indicadas en la reivindicación 1.

Acorde a ello, se trata de una línea aérea para el suministro de energía eléctrica a un vehículo ferroviario con un dispositivo de medición de fuerza óptico, que comprende

- al menos un sensor de retículas de Bragg de fibra dispuesto en arrastre de fuerza en, o junto a un componente de la línea aérea,

ES 2 304 564 T3

- Elementos de alimentación para el suministro de una señal luminosa al sensor de retículas de Bragg de fibra, asimismo,
- una deformación del componente, generada por una fuerza que actúa desde fuera de un pantógrafo del vehículo ferroviario sobre la línea aérea, y
- la deformación por determinarse del componente de la línea aérea, asociada a un cambio de la señal luminosa, y
- los elementos de evaluación, con los cuales se determina un valor de medición para la fuerza ejercida sobre la línea aérea desde el pantógrafo, a partir de las modificaciones de la señal luminosa originadas debido a la deformación.

El objetivo correspondiente al procedimiento se logra, acorde a la invención, con las medidas indicadas en la reivindicación 21.

Acorde a ello, se trata de un procedimiento óptico de medición de fuerza, para la determinación de una fuerza que actúa desde un pantógrafo de un vehículo ferroviario sobre una línea aérea determinada para el suministro de energía eléctrica al vehículo ferroviario, en cuyo procedimiento

- al menos un sensor de retículas de Bragg de fibra es dispuesto en arrastre de fuerza en, o junto a un componente de la línea aérea,
- una señal luminosa, suministrada al, al menos único, sensor de retículas de Bragg, es modificada a causa de una deformación del componente de la línea aérea, asimismo, la deformación del componente es provocada por una fuerza que actúa sobre la línea aérea desde fuera del pantógrafo, y
- a partir de la modificación de la señal luminosa, originada debido a la deformación, se determina un valor de medición para fuerza que actúa desde el pantógrafo sobre la línea aérea.

La presente invención se funda en el conocimiento de que, mediante la aplicación de un sensor óptico para la detección de una magnitud física, con el cual, por ejemplo, están en correlación una carga térmica y/o mecánica del componente del conductor, la magnitud física real se puede determinar con mayor precisión que mediante los dispositivos de control o de protección para líneas aéreas conocidas en el estado de la técnica.

Los componentes del conductor por controlar, que también puede estar configurado especialmente como sistema conductor, como en el caso de una línea aérea ferroviaria, son, por ejemplo, un hilo metálico o una barra de hilo trenzado, un elemento de conexión como un borne o también una pieza fundida masiva. Gracias a su reducido tamaño constructivo, un sensor óptico se puede colocar de manera simple sobre tal componente. Para ello no se requiere una adaptación constructiva del componente, o sólo una adaptación menor, por ejemplo, en forma de una ranura, una perforación o una pieza de adaptación.

Una ventaja de un sensor óptico respecto del sensor eléctrico convencional es su separación potencial intrínseca. La exploración óptica se puede llevar a cabo mediante una disposición óptica de chorro libre o también mediante al menos un suministro dieléctrico, por ejemplo, en forma de un guíaondas de luz de vidrio o plástico. De este modo, es posible instalar dichas alimentaciones o descargas dieléctricas sin costo de aislamiento especial o con un costo comparativamente reducido. Gracias a la elevada disponibilidad de componentes de fibra de vidrio estándar, que se pueden aplicar muy bien para suministros y descargas dieléctricas, además de una ventaja técnica también se obtiene una mayor ventaja económica.

El sensor óptico está configurado como sensor de retículas de Bragg de fibra, o sensor FBG. Este tipo de sensor se caracteriza por su especial capacidad de multiplexado, de modo que se puede constituir de manera simple una red de sensores, en la cual los sensores FBG individuales pueden ser sensibles a diferentes magnitudes de influencia, por ejemplo, la temperatura o el alargamiento del conductor. Otra ventaja de la tecnología FBG es la posibilidad de una medición prácticamente en forma de puntos, es decir, muy delimitada localmente. A diferencia de ello, un sensor óptico que también podría considerarse, como un sensor acorde al principio Brillouin o Raman, usualmente presenta cierto efecto local integrador, que alcanza, por ejemplo, varios metros. Una medición en forma de puntos, es decir, especialmente, una delimitación local del punto de medición a pocos milímetros, sería muy difícil de lograr con este tipo de sensores ópticos. Pero con un sensor FBG esto es posible sin mayores complicaciones.

Los sensores individuales FBG pueden, por ejemplo, estar inscritos en serie en una única guíaondas de luz, con distancias predeterminadas de entre 1 cm. y varios km. Una construcción con múltiples guíaondas de luz paralelas, en las que se encuentran respectivamente múltiples sensores FBG, también es posible. De ese modo es posible alojar y leer 100 y más sensores en una barra de guíaondas de luz. Para una mejor distinción, al menos los sensores FBG dispuestos en una guíaondas de luz, preferentemente presentan cada uno una longitud de onda efectiva diferente. Pero esta no es una condición absoluta, puesto que también con longitudes de onda efectiva iguales se pueden diferenciar las señales de respuesta de diferentes sensores FBG, por ejemplo, mediante un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer, o reflectómetro óptico en el dominio del tiempo, en español).

ES 2 304 564 T3

En cada sensor FBG es reflejada nuevamente una proporción de la señal luminosa suministrada, determinada por la longitud de onda efectiva respectiva. La longitud de onda efectiva se modifica con el alargamiento reinante en el punto de medición, en este caso, especialmente la temperatura y/o el alargamiento. Esta modificación en la proporción de la longitud de onda (o el espectro de la longitud de onda) de cada señal luminosa (parcial) reflejada puede ser utilizada como medida para la magnitud de influencia por determinar. Para la exploración mediante la señal luminosa se utiliza especialmente una fuente de luz de banda ancha, como, por ejemplo, una LED con un ancho de banda de aproximadamente 45 nm, una SLD con un ancho de banda de aproximadamente 20 nm o un láser de frecuencia variable con un ancho de banda de aproximadamente 100 nm. La aplicación de otro sensor óptico para el registro directo de temperaturas en principio también es posible. Se puede utilizar, por ejemplo, un sensor óptico que provoque una modificación de la intensidad en la señal luminosa suministrada, condicionada por la temperatura, o que esté basado en termoluminescencia. También para las mediciones de alargamiento en principio se puede aplicar otro sensor óptico, por ejemplo, un interferómetro de Fabry-Pérot, de fibra óptica.

El procedimiento y el dispositivo se aplican, acorde a la invención, para el control de la línea aérea prevista para el suministro de energía eléctrica al vehículo ferroviario (=suministro de energía al ferrocarril). Una línea aérea comprende, a su vez, mástiles de soporte, en los que, a ciertos metros sobre las vías férreas, está sujeto un mecanismo de cadena. El mecanismo de cadena comprende, esencialmente, un transportador aéreo, en el cual está sujeta la línea de contacto, con intercalado de péndolas. Especialmente para el control de este mecanismo de cadena, cuya carga térmica o mecánica hasta ahora era muy difícil o imposible de controlar, se pueden implementar ventajosamente los sensores ópticos mencionados.

Los acondicionamientos ventajosos del dispositivo y del procedimiento acorde a la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 o 21.

Es especialmente ventajoso determinar la temperatura de los componentes del conductor. Gracias a la determinación directa de la temperatura, se puede prescindir del modelo numérico, basado en un dispositivo digital de protección de líneas aéreas, para la aproximación de la temperatura del conductor. De este modo, ya no se presentan la indeterminación y/o las inexactitudes condicionadas por el modelo de aproximación.

Las causas de errores en el modelo de aproximación son la no consideración de factores climáticos como la velocidad del viento, la temperatura del viento, la incidencia de los rayos solares, la proyección de sombra, la humedad relativa, las precipitaciones (lluvia, nieve) y también la no consideración de particularidades topográficas como la diferencia de altura entre el lugar en el cual está colocado el medidor de temperatura exterior eléctrico y el lugar en el que se debe determinar la temperatura del conductor. Estas causas de errores ya no interfieren en la medición de temperatura directa mediante el sensor óptico.

Si el conductor, por ejemplo, en el caso de una línea aérea ferroviaria, está configurado como un sistema conductor con múltiples circuitos parciales de corriente paralelos y/o ramificados, el modelo de aproximación tiene en cuenta la cantidad total de corriente, pero no considera las corrientes parciales en los circuitos parciales, de modo que, en principio, también pueden permanecer sin ser reconocidas las sobrecargas térmicas locales en uno de estos circuitos parciales. Mediante la aplicación adecuada de un sensor de temperatura óptico en un punto de medición que sabemos crítico en este aspecto, por ejemplo, en un punto de sujeción conductor eléctrico con pérdida de resistencia óhmica elevada (calentamiento), también se puede eliminar efectivamente esta fuente de fallas del modelo de aproximación.

Integrando la temperatura real registrada en un concepto de protección correspondiente se puede obtener una protección mejorada ante la sobrecarga térmica del conductor. A partir de la información respecto de la temperatura medida de modo directo, puede llevarse a cabo una reducción de la corriente que recorre el conductor, o también un mantenimiento correspondiente al estado en que se encuentre.

Además, las reservas de seguridad previstas hasta ahora en el concepto de protección, a causa del incierto modelo de aproximación, pueden ser reducidas al menos notablemente en el caso de la determinación de la carga térmica real, por lo cual el conductor puede ser accionado con una corriente más elevada. Al mismo tiempo, sólo se lleva a cabo una medida de seguridad, por ejemplo, una reducción del flujo de corriente, o una liberación completa, sólo se lleva a cabo en caso de una sobrecarga térmica real, es decir, especialmente en caso de sobrepasarse un valor límite térmico. También es posible un concepto de protección escalonado con múltiples valores límite de ese tipo, en el que las medidas de protección seguridad iniciadas se realizan de modo diferente, dependiendo del valor límite sobrepasado. Es decir, el peligro de una liberación errónea que costosa del conductor se reduce notablemente a causa de la integración de la carga térmica real.

Además, el componente del conductor correspondiente puede ser realizado en otro modo de ejecución, especialmente con un corte transversal menor, conociendo con exactitud su temperatura. De este modo se obtiene un ahorro de material, y a partir de ello también una ventaja en lo que respecta a los costos.

Además, a partir del sensor óptico también se puede registrar la temperatura de un componente no conductor eléctrico del conductor. Esto no es posible en el modelo de aproximación, que se basa, esencialmente, en una evaluación de valores de corriente actuales y anteriores. Sin embargo, una sobrecarga térmica que hace necesaria una medida de protección adecuada, también puede presentarse en un componente no conductor eléctrico del conductor. También en lo que respecta a este tema se logra una protección mejorada.

ES 2 304 564 T3

Es especialmente favorable si están previstos los elementos de mando para originar otra medida de protección para el conductor, dependiendo del valor de medición de temperatura. De este modo, se puede actuar inmediatamente ante la presencia de irregularidades que ponen el peligro a la línea aérea, por ejemplo, a través de una regulación automática.

5 Además, es ventajoso que estén previstos otros sensores ópticos para el registro de temperatura. Estos sensores pueden estar dispuestos en un trayecto determinado a lo largo del conductor por supervisar, o en diferentes componentes del conductor. De este modo se puede obtener una mejor percepción global de la carga térmica real que sufre conductor. Además también es posible que los sensores ópticos estén dispuestos en diferentes conductores parciales del conductor. Esto es ventajoso cuando el conductor está configurado como sistema conductor también compuesto por, entre otros, los múltiples conductores parciales mencionados.

15 Preferentemente se elabora, al menos a lo largo de determinados segmentos del conductor, un perfil para una distribución local de la temperatura. Esto se puede llevar a cabo, especialmente, a través de la determinación de valores de medición de temperatura de diferentes puntos de medición. La distribución de la temperatura determinada localmente de esta manera nos brinda una buena percepción de la carga térmica real, al menos, a lo largo del segmento del conductor determinado.

20 Además de la temperatura, también se pueden detectar ópticamente otras magnitudes de medición. Es de especial interés el alargamiento mecánico del conductor o de un componente del conductor. Para ello se coloca, de manera análoga al caso del registro de temperatura, un sensor óptico de alargamiento en, o junto al componente del conductor. Una buena unión en arrastre de fuerza con el objeto de medición actúa de modo positivo sobre la calidad de la medición del alargamiento. Esto se puede efectuar, por ejemplo, a través de una unión con un adhesivo resistente a la intemperie, una unión mecánica por apriete, una unión mediante atornillado o una unión por soldado. También el alargamiento puede ser determinado en diferentes puntos de medición, dispuestos, especialmente, a lo largo de un segmento del conductor por controlar. Es igualmente posible determinar una distribución del alargamiento, al menos, a lo largo de un segmento del conductor por controlar. Un alargamiento mecánico excesivo del conductor, o también, de sólo un componente, es un indicio de una sobrecarga, en este caso, mecánica. Para la protección de este tipo de sobrecargas también se pueden incluir en un concepto de protección correspondiente los valores de alargamiento y/o la distribución del alargamiento, detectados ópticamente.

30 Tanto los valores de medición de temperatura de diferentes puntos de medición en el conductor, como así también la distribución de la temperatura eventualmente registrada también se pueden incluir ventajosamente en un concepto de protección para el conductor. A partir de estas informaciones adicionales se puede lograr una protección especialmente efectiva del conductor ante una sobrecarga térmica.

Otros acondicionamientos ventajosos del dispositivo, especialmente para el control de temperatura, se refieren a diferentes posibilidades de colocación o sujeción del sensor óptico en los componentes del conductor por controlar.

40 Para la protección de una carga mecánica y/o climática excesiva, el sensor óptico puede requerir un alojamiento en una carcasa separada.

Debido a su tamaño constructivo reducido, el sensor óptico se puede alojar preferentemente en un espacio hueco dentro del componente del conductor por controlar. Este espacio hueco puede ser realizado en el componente del conductor a fin de sujetar en él el sensor óptico, pero también puede tratarse de un espacio hueco ya presente en el componente del conductor. En caso de ser necesario, el sensor óptico puede ser alojado junto con una carcasa en dicho espacio hueco.

50 Además, se puede prever un elemento de recepción dispuesto en el componente del conductor, en el cual se puede ubicar el sensor óptico.

Independientemente de si el sensor óptico está dispuesto como tal, mediante una carcasa o mediante un elemento de recepción, en, o junto al componente del conductor, se pueden utilizar, para la unión del sensor óptico con el componente del conductor, una unión por adhesión, soldado, presión o atornillado. En la medida que sea necesario, también se puede establecer, especialmente, un buen contacto térmico con el punto de medición.

En la medida que sea necesario, también se puede establecer, sin problemas, un buen contacto en arrastre de fuerza con el punto de medición.

60 Es especialmente ventajoso, si en el segmento del conductor se coloca al menos un segundo sensor óptico, con el cual se determina correspondiente al menos un segundo valor de medición, asimismo, se le asigna una fuerza que actúa desde fuera sobre el conductor a, al menos, dos valores de medición de la carga mecánica. Ya que, en el caso del ejercicio de una fuerza, por ejemplo, perpendicular al eje longitudinal de un conductor deformable, éste último se curva. Por esta curvatura se estira la superficie del conductor de un lado de un segmento longitudinal, mientras que del otro lado, especialmente, el lado opuesto del mismo segmento longitudinal, se alarga menos o incluso se recalca. Aplicando al menos dos sensores ópticos para la determinación de la deformación del conductor en estas dos áreas de superficie se puede determinar, mediante la comparación de los valores de medición obtenidos, cuánto y en qué dirección se deformó el conductor debido a la curvatura. De ahí se desprende la dirección y la intensidad de la fuerza

ES 2 304 564 T3

ejercida sobre el conductor. De este modo, gracias a la invención, se posibilita una determinación detallada de la carga mecánica actuante sobre la línea aérea, que, por otro lado, puede aplicarse de modo económico a lo largo de segmentos más prolongados.

5 Es especialmente favorable si a lo largo del conductor están previstos otros sensores ópticos para la determinación de la carga mecánica que se ejerce sobre el conductor. Estos sensores, especialmente pares de sensores, pueden estar dispuestos en un trayecto determinado a lo largo del conductor por supervisar, o en diferentes componentes del conductor. De este modo, se puede obtener una mejor percepción global de la carga mecánica real que sufre el conductor. Por otro lado, también es posible analizar, en el caso de un cronometraje simultáneo, la dinámica del sistema conductor
10 ante el ejercicio de una fuerza.

Los sensores ópticos están configurados como sensores de retículas de Bragg de fibra, o sensores FBG. Además de las ventajas ya descritas anteriormente de este tipo de sensores, se le suma que es posible disponer, en caso de ser necesaria una mayor exactitud en la medición, múltiples sensores cercanos entre sí sobre la superficie del conductor. Además, también aquellos sensores, especialmente los pares de sensores utilizados para la medición de la deformación de un segmento determinado del conductor, presentan preferentemente diferentes longitudes de onda efectiva.
15

Por otro lado, también es posible, además de la medición descrita anteriormente, en el modo de reflexión, una medición en modo de transmisión. En ese caso, se debe analizar la señal luminosa (parcial) buscando modificaciones en el espectro de longitud de onda.
20

La aplicación de otro sensor óptico para el registro directo de la deformación del conductor principio también es posible. Para ello se puede utilizar, por ejemplo, un sensor óptico en base a un interferómetro de Fabry-Pérot, de fibra óptica.
25

Es especialmente ventajoso que, para el control de la carga mecánica, los sensores ópticos estén dispuestos en arrastre de fuerza en el componente del conductor. Esto garantiza que la deformación del conductor causada por la fuerza sea transmitida por completo a los sensores.
30

A su vez, es especialmente ventajoso que los sensores ópticos estén dispuestos en al menos una ranura junto al componente del conductor. De este modo se agranda el área de contacto entre los sensores y el conductor por controlar. Esto garantiza un mejor contacto.
35

A su vez, se pueden utilizar, para la unión del sensor óptico con el componente del conductor, una unión por adhesión o por soldado. Este tipo de uniones son fácilmente ejecutables, garantizan una unión en arrastre de fuerza y son de aplicación económica.

Especialmente en el caso de la aplicación para el control de la carga térmica y/o mecánica de una línea aérea férrea se prefiere colocar al menos un sensor óptico del lado del conductor por controlar, preferentemente de la línea de contacto, opuesto al lado en el cual el pantógrafo del vehículo ferroviario entra en contacto deslizante con el conductor. De este modo se impide, al menos, un daño del sensor óptico por parte del frotador del vehículo ferroviario.
40

Además es ventajoso que estén previstos medios de identificación del vehículo sobre carriles, y que al vehículo sobre carriles, que ejerce fuerza sobre el componente del conductor, se le asignen los valores de medición. Además puede ser ventajoso que estos datos puedan ser registrados y almacenados. Esto posibilita, por ejemplo, en el caso de ocasionarse daños, de identificar unívocamente al causante, aún en un momento posterior. Como medio de identificación se puede utilizar una unidad de emisión y recepción que, al ingresar el vehículo ferroviario en el "Quality Gate", recibe los datos necesarios para la identificación del vehículo, por ejemplo, de un emisor electromagnético colocado en el vehículo ferroviario.
45
50

Además es ventajoso que estén previstos elementos de mando para generar una medida de protección para el conductor, dependiendo de la fuerza ejercida desde fuera sobre el conductor. Para ello, se pueden transmitir al vehículo ferroviario señales de regulación, por ejemplo, por radio.
55

Otros acondicionamientos ventajosos del dispositivo, especialmente para el control de temperatura y/o para el control de la carga mecánica, se refieren a diferentes posibilidades de colocación o sujeción, especialmente, en forma de uniones por apriete.

Es especialmente ventajoso si están previstos elementos para la fijación de la unión por apriete configurando una pretensión. De este modo se pueden conducir de la manera más simple y confiable las guías de luz al punto de medición y se pueden fijar de modo correspondiente a las condiciones de medición los sensores ópticos en el punto de medición.
60

A su vez, es especialmente ventajoso si, mediante la pretensión en la unión por apriete, se fija, al menos, un sensor óptico a la unión por apriete. De este modo, sólo se requiere un elemento de pretensión para la fijación simultánea del sensor óptico y de la unión por apriete en la línea de contacto.
65

ES 2 304 564 T3

Preferentemente, mediante la pretensión, la unión por apriete está dispuesta en unión continua y/o en arrastre de fuerza y/o en unión térmica con la línea de contacto. Esto posibilita una transmisión al sensor óptico, del modo más confiable posible, de la temperatura y/o de la deformación del componente del conductor por controlar.

5 Es especialmente favorable que la unión por apriete comprenda un elemento de recepción, en un extremo, o en cada extremo, y que ésta esté configurada con una envoltura en forma de abrazadera, con un estribo elástico, asimismo, mediante el estribo elástico uno o ambos elementos de recepción estén dispuestos respectivamente en una entalladura de la línea de contacto en unión continua y/o en arrastre de fuerza y/o en unión térmica, configurando la pretensión.
10 De este modo, se puede prescindir de un elemento de pretensión adicional. Se logra así una colocación más rápida y simplificada del dispositivo de ajuste en el correspondiente componente del conductor.

Las posibilidades mencionadas anteriormente para la colocación de al menos un sensor óptico en el componente del conductor por controlar también son ventajosos en sí, es decir, especialmente, también sin la integración en un concepto de control o de protección postconectado.
15

Los ejemplos de ejecución preferidos de la presente invención, pero de ninguna manera excluyentes, se explican en mayor detalle a partir de los dibujos. Para una mayor claridad, el dibujo no está realizado a escala, y ciertos aspectos sólo están representados de modo esquemático. Individualmente se muestra:

- 20 Figura 1 un dispositivo para el control, especialmente, de la carga térmica de un conductor,
Figura 2 un sensor de retículas de Bragg de fibra dispuesto en una carcasa,
25 Figura 3 la colocación de un sensor embutido en el elemento de conexión del conductor, acorde a la figura 2,
Figuras 4 a 7 la colocación de una guíaondas de luz en, o junto a una línea de contacto, incluyendo un sensor de retículas de Bragg de fibra,
30 Figura 8 un dispositivo para el control, especialmente, de la carga mecánica de un conductor,
Figura 9 un segmento de la línea de contacto con un par de sensores FBG, inscritos en una guíaondas de luz,
Figura 10 un segmento de la línea de contacto con un par de sensores FBG, inscritos en dos guíaondas de luz,
35 Figura 11 a 13 ejemplos de disposición de al menos una guíaondas de luz en la línea de contacto, incluyendo los sensores de retículas de Bragg de fibra, representados en un corte transversal de la línea de contacto,
Figura 14 un corte transversal a través de una línea de contacto con una guíaondas de luz dispuesta en la línea de contacto, con un sensor de retículas de Bragg de fibra "Single-Ended",
40 Figura 15 un ejemplo de disposición de una guíaondas de luz en una línea de contacto,
Figuras 16 a 17 ejemplos de disposición de al menos una guíaondas de luz en la línea de contacto, incluyendo los sensores de retículas de Bragg de fibra, con un elemento de pretensión adicional, y
45 Figuras 18 a 19 un ejemplo de disposición de al menos una guíaondas de luz en la línea de contacto, incluyendo los sensores de retículas de Bragg de fibra, sin el elemento de pretensión adicional.
- 50 Las piezas correspondientes en las figuras 1 a 19 están identificadas con las mismas referencias.

En la figura 1 está representado un dispositivo de control 10 para controlar especialmente la carga térmica de un conductor 2 en forma de un mecanismo de cadena de una línea aérea ferroviaria, mientras que la figura 8 muestra un dispositivo de control 10 para controlar especialmente la carga mecánica de un conductor 2. La línea aérea 2 sirve para el suministro de energía a un vehículo ferroviario 31 a través de un pantógrafo 32.
55

La línea aérea 2 consiste esencialmente en componentes portadores de corriente como el conducto de alimentación (no representado en la figura 1), un transportador aéreo 22, la línea de contacto 21, y diversos elementos auxiliares como péndolas 23 y elementos de conexión adecuados 24, por ejemplo, en forma de bornes o guardacabos. Están previstos varios mástiles 30 para sostener la línea aérea 2. A través de la línea 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 del vehículo ferroviario 31. La línea de contacto 21 está en contacto deslizante con un frotador del pantógrafo 32 dispuesto perpendicular a la línea de contacto 21, y no mostrado en las figuras 1 y 8. El frotador es, a su vez, presionado con cierta fuerza, la denominada fuerza de contacto, contra la línea de contacto 21. De ese modo, se forma el contacto eléctrico suficiente para el suministro de energía entre la línea de contacto 21 y el pantógrafo 32. El transportador aéreo 22 previsto, al menos, en el caso de una línea aérea 2 extendida para una velocidad del vehículo ferroviario 31 de más de 100 km/h, tiene la función de portador, pero también, adicionalmente, de suministro de corriente. En una línea aérea moderna 2, que posibilita una velocidad muy elevada, además de la línea de contacto 21 y el transportador
65

ES 2 304 564 T3

aéreo 22, también pueden estar previstos, para el suministro de corriente, otros conductores eléctricos (parciales), por ejemplo, en forma de denominados fíderso alimentadores de línea.

5 Para mayor claridad de la distribución del flujo eléctrico en la línea aérea 2, en la representación de la figura 1 están indicadas las corrientes I1, I2 o I3 que fluyen, a modo de ejemplo, en la línea de contacto 21, en el transportador aéreo 22 y en una péndola 23x. Estas corrientes I1 I2 y I3 pueden conducir, junto con influencias exteriores, como por ejemplo, la temperatura y otras condiciones climáticas, a una carga térmica y también mecánica de los componentes individuales de la línea aérea 2 o de toda la línea aérea 2. Para detectar esta carga térmica y mecánica lo antes posible, están previstos sensores ópticos en forma de sensores de de retículas de Bragg de fibra o sensores FBG 41 a 45 y 51 a 10 53. La distribución de estos sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53, representada en la figura 1, se debe tomar a sólo modo de ejemplo. Otras distribuciones de los sensores son igualmente posibles. Los sensores FBG 41 a 45 son sensibles a la temperatura, y los sensores FBG 51 a 53 son sensibles al alargamiento.

15 Los sensores FBG 41 a 45, así como 51 a 53, están inscritos, en el ejemplo de la figura 1, a distancias irregulares (de modo ópticamente seriales entre sí) en una guíaondas de luz 40. De ese modo, son componentes integrales de la misma. Un dispositivo con múltiples guíaondas de luz dispuestas especialmente ópticamente paralelas entre sí, con sensores FBG integrados, también es posible. Como podemos ver en la figura 1, también se puede seleccionar para la guíaondas de luz 40 una construcción en una sola pieza, o una construcción de múltiples segmentos unidos.

20 Para mayor claridad de las direcciones en que se ejerce la fuerza sobre la línea de contacto 21, en la figura 8 está graficado un sistema de coordenadas 80 con un eje "x", "y" y "z". El componente de fuerza en la dirección "z" puede entenderse como fuerza de contacto. Las fuerzas en dirección "y" se presentan como fuerzas perpendiculares y de corte, y se originan, por ejemplo, por las conducción, por segmentos, de la línea de contacto 21 en las estrías de un frotador defectuoso. Las fuerzas perpendiculares y de corte también se presentan a causa de la disposición en zig zag de la línea de contacto 21 en la dirección de avance, que tiene como consecuencia un movimiento perpendicular de la línea de contacto 21 respecto del pantógrafo 32 durante la marcha del vehículo ferroviario 31, y, como consecuencia, una fuerza de fricción originada por ello. Las fuerzas en la dirección "x" se denominan fuerzas longitudinales, y son provocadas por el rozamiento entre el frotador y la línea de contacto 21 durante la marcha, y en dirección de la marcha.

30 Para la determinación de la carga mecánica están previstos sensores ópticos 54 a 56, en forma de sensores de retículas de Bragg de fibra, o sensores FBG. La distribución de estos sensores FBG 54 a 56, representada en la figura 8, se debe tomar a sólo modo de ejemplo. Otras distribuciones de los sensores son igualmente posibles. Los segmentos de medición individuales a lo largo del conductor 2 están provistos respectivamente de un par de sensores 54 a 56, inscritos en la guíaondas de luz. Cada sensor de un par 54 a 56 está asignado a una barra de guíaondas de luz. La 35 guíaondas de luz 40 representada en la figura 8 se debe entender por ello como una barra doble. En un punto de medición también pueden disponerse más de dos sensores, asignados respectivamente a una barra de guíaondas de luz. Las barras de guíaondas de luz pueden, a su vez, ser parte de una sola guíaondas de luz 2 o también corresponder, cada una, a una guíaondas de luz 2. La o las guíaondas de luz 2 pueden estar construidas en una sola pieza, pero también estar compuestas de múltiples piezas unidas, al menos, ópticamente entre sí.

40 La red de sensores compuesta por los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1, y 54 a 56 en la figura 2, es explorada por una señal luminosa LS, generada por una fuente de luz 61 de banda ancha. A través de un acoplador 62 y la o las guíaondas de luz 2 se suministra la señal luminosa LS a los sensores FBG 54 a 56.

45 Cada uno de los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2 tiene una longitud de onda específica, la denominada longitud de onda Bragg, que lo distingue de los demás sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2. En cada sensor 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2 es reflejada nuevamente una proporción de la señal luminosa LS suministrada, con la longitud de onda efectiva correspondiente, como una señal luminosa parcial refleja. La proporción restante de la señal luminosa LS, por el contrario, atraviesa el sensor correspondiente 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1, y 54 a 56 en la figura 2, y choca con el siguiente sensor 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2. En el acoplador 62 aflora entonces una señal luminosa LS' reflejada nuevamente por los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1, y 54 a 56 en la figura 2, que se compone de señales luminosas parciales reflejas de los sensores FBG individuales 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1, y 54 a 56 en la figura 2. 55 Bajo la influencia de la carga mecánica en el lugar de cada sensor 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2 se modifica la longitud de onda efectiva de cada sensor, y, de ese modo, también de la proporción de la longitud de onda (= el espectro de la longitud de onda) de la señal luminosa parcial refleja reflejada por el sensor correspondiente 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1, y 54 a 56 en la figura 2. Esta modificación en la proporción de la guíaondas de luz sirve como medida para las magnitudes por registrar. Pero también se puede pensar en un funcionamiento por transmisión (no mostrado en las figuras 1 y 8). Aquí, a diferencia del funcionamiento por reflejo, se debe analizar todo el espectro 60 de longitud de onda emitido por la fuente de luz LS buscando áreas de longitud de onda faltantes. Porque estas áreas de longitud de onda faltantes corresponden a cada longitud de onda efectiva de cada sensor individual 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2.

65 La señal luminosa LS' reflejada que aflora en el acoplador 62 es conducida por el acoplador 62 a un transformador optoelectrónico 63. Este último comprende, especialmente, un elemento espectral selectivo para la selección de las señales luminosas parciales reflejas individuales, por ejemplo, en forma de un policromador y eventualmente también un receptor de luz de múltiples piezas. Para analizar el espectro de luz se pueden utilizar espectrómetros de rejilla o de difracción. Tras la transformación optoelectrónica, se lleva a cabo una transformación análoga/digital en un trans-

ES 2 304 564 T3

formador A/D 64. La señal de salida digitalizada del transformador A/D 64 se suministra a una unidad de evaluación digital 65, en la cual se determinan los valores de medición M1, M2, M3, M4, ... para las cargas mecánicas sobre el conductor 2, detectadas por los sensores FBG individuales 54 a 56. Por el contrario, en el funcionamiento por transmisión se puede prescindir del acoplador 62. En este caso, en un extremo de la o las guíaondas de luz 40 se acopla la señal luminosa LS mediante la fuente de luz 61, y en el otro extremo de la o de las guíaondas de luz 40 es detectada por un transformador optoeléctrico 63.

La fuente de luz 61, el acoplador 62, el transformador optoeléctrico 63, el transformador A/D 64 y la unidad de evaluación 65 están reunidos en una unidad de emisión y recepción 60, asimismo, la subunidad formada por la fuente de luz 61 y el acoplador 62 puede ser considerada como medio para la alimentación de la señal luminosa LS en los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2, así como la subunidad formada por el transformador optoeléctrico 63, el transformador A/D 64 y la unidad de evaluación 65 puede ser considerada como medio para la determinación de un valor de medición M1, M2, M3, M4, ... para las dimensiones de influencia respectivas, detectadas por los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 en la figura 1 y 54 a 56 en la figura 2. En otro ejemplo de ejecución no mostrado estas subunidades o sus partes pueden estar configuradas constructivamente por separado, es decir, no como una unidad de emisión y recepción común 60. Además, también es posible una evaluación puramente analógica, por ejemplo, mediante un circuito electrónico permanentemente conectado. Entonces no estaría previsto un transformador A/D 64 y la unidad de evaluación 65 estaría ejecutada de manera analógica.

La unidad de emisión y recepción 60, del ejemplo mostrado respectivamente en las figuras 1 y 8, se encuentra en potencial de tierra; la línea aérea 2, por el contrario, se encuentra en un potencial usual en el suministro de energía al ferrocarril, especialmente de 15 a 25 kV. El puente de esta diferencia de potencial se realiza mediante la o las guíaondas de luz 40, a través de la cual o de las cuales también se transmiten la señal luminosa LS suministrada y la señal luminosa reflejada LS'. De este modo se obtiene una construcción muy compacta. La o las guíaondas de luz 40 consisten en un material dieléctrico, como, por ejemplo, vidrio o plástico. De este modo, no se requieren medidas adicionales para el aislamiento eléctrico.

Los valores de medición M1, M2, M3, M4, ... generados en cada unidad de emisión y recepción 60 en las figuras 1 y 8 son transmitidas por radio a una unidad de recolección de datos 90. Pero la transmisión de datos también puede llevarse a cabo a través de un conducto, de modo eléctrico u óptico. Además, la unidad de emisión y recepción 60 y la unidad de recolección de datos 90 también pueden estar configuradas como una unidad común.

En la unidad de control 70 en la figura 1 está consignado un concepto de protección para la línea aérea 2. Según la magnitud de los valores de medición determinados M1, M2,... para la carga térmica y mecánica real se decide, en la unidad de control 70, si se debe llevar a cabo una medida de protección para la línea aérea 2. Se puede reducir, especialmente, el flujo de corriente de la línea aérea 2, para proteger a la línea aérea 2 de una destrucción en caso de una carga térmica o mecánica demasiado elevada. En un caso extremo, a la línea aérea 2 también se le puede cortar el suministro de energía eléctrica. Estas medidas se inician a través de una señal de mando CS generada por la unidad de control 70. Según el grado de sobrecarga comprobado, la señal de mando CS genera una reducción del flujo de corriente en una unidad de conmutación no representada en la figura 1.

En la figura 8 está representada otra unidad de emisión y recepción 95, con la cual se reciben los datos D31 para la identificación del vehículo ferroviario que ingresa al "Quality Gate" 11. Una unidad de emisión y recepción electromagnética 31, dispuesta en el vehículo ferroviario 31, puede servir especialmente para transmitir estas informaciones. La unidad de emisión y recepción 33 puede, por ejemplo, estar ejecutada de modo tal que tome la energía para su funcionamiento de un campo electromagnético 96 irradiado por la unidad de emisión y recepción 95. En principio, la transmisión de datos también se puede llevar a cabo ópticamente. Los datos del vehículo ferroviario obtenidos se transmiten desde la unidad de emisión y recepción 95 a la unidad de recolección de datos 90 y se almacenan junto con los correspondientes valores de medición M3, M4, ... transmitidos por la unidad de emisión y recepción 60. De este modo, el operador de la infraestructura, responsable de la línea aérea 2, tiene la posibilidad de acceder en otro momento a los valores de medición registrados y asignados a cada vehículo ferroviario.

Los valores de medición M3, M4,..., transmitidos desde la unidad de emisión y recepción 60 a la unidad de recolección de datos 90, se transmiten, además, por radio, a la unidad de control 70. Pero la transmisión de datos también puede llevarse a cabo a través de un conducto, de modo eléctrico u óptico. Además, las unidades de emisión y recepción 60 y 95, la unidad de recolección de datos 90 y la unidad de control 70 también pueden estar configuradas como una unidad común.

En la unidad de control 70 está consignado un concepto de protección para la línea aérea 2. Según la magnitud de los valores de medición determinados M3, M4,... para la carga mecánica real, se decide, en la unidad de control 70, si se deben llevar a cabo una medida de protección para la línea aérea 2. Sobre todo se puede reducir o incrementar la fuerza que actúa desde el pantógrafo 32 sobre la línea aérea 2, para proteger a la línea aérea 2 de una destrucción, en caso de una carga mecánica demasiado elevada. Estas medidas se introducen por una señal de mando CS generada por la unidad de control 70, que se transmite al vehículo ferroviario 31, por ejemplo, por radio. Además, al conductor del vehículo ferroviario se le pueden transmitir por radio los datos de medición M3, M4,... asignados a su vehículo ferroviario 31, para que tenga la posibilidad de intervenir en caso de ser necesario.

ES 2 304 564 T3

En las figuras 2 a 7 están representadas las posibilidades de aplicación de los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 junto a, o en los componentes de la línea aérea 2.

5 Acorde a la representación de la figura 2, el sensor FBG 41 está ejecutado como un sensor 59 embutido en una carcasa 55. La guíaondas de luz 40 con el sensor FBG 41 integrado, se encuentran en una carcasa, por ejemplo, redonda, por lo cual la guíaondas de luz 40 y el sensor FBG 41 están protegidos ante las condiciones del entorno demasiado duras, y también se garantiza un desacople mecánico del sensor FBG 41 del componente por controlar de la línea aérea 2, en el cual o junto al cual se debe colocar el sensor 59 embutido. En el sensor FBG 41, constituido como sensor de temperatura, sólo es importante un buen acople térmico, y, por el contrario, es ventajoso un
10 desacople mecánico. A diferencia de ello, en el caso de un sensor FBG de alargamiento 51 a 53, se aspiraría justamente a un acople en arrastre de fuerza con el componente por controlar de la línea aérea 2 (unión en arrastre de fuerza).

15 En la figura 2 se muestra un denominado sensor "Single Ended", en el cual el recorrido de la luz tras el sensor FBG 41 termina, por ejemplo, en un depósito óptico (=la tapa semicircular en el borde derecho de la carcasa, no identificada en la figura 2). Como podemos observar en las figuras 1 y 8, en una red de sensores, dicho sensor 59 puede ser utilizado, por ejemplo, como último sensor en el recorrido de la luz. En una terminación con un reflector en lugar de un depósito, el sensor 59 también puede ser utilizado, especialmente en relación con un elemento comparable con el acoplador 62, en cualquier lugar de la red de sensores de las figuras 1 y 8. Por otro lado, también es posible
20 un modo de ejecución transmisivo. En ese caso, en el borde derecho de la carcasa 55 está prevista una salida para la guíaondas de luz 40 en lugar de un depósito o un reflector.

En la figura 3 está representado esquemáticamente el modo en que dos sensores embutidos 59 están colocados junto a los elemento de conexión 24 y 25 de la línea aérea 2, acorde a la figura 2. A su vez, el elemento 24 está
25 ejecutado como borne ensamblable para la sujeción de la péndola 23 en la línea de contacto 21. El elemento 25, por el contrario, es un guardacabos con manguitode conexión por entallado. De manera similar, los sensores FBG 41 a 45 y 51 a 53 también se pueden sujetar a otros elementos de conexión de la línea aérea 2.

30 Ejemplos de otros elemento de conexión adecuados para la sujeción de un sensor FBG 41 a 45 y 51 a 53 son, por ejemplo un borne dentado, un borne eléctrico para el transportador aéreo 22 o la línea de contacto 21, un borne roscado para la sujeción de la péndola 23 en el transportador aéreo 22 o en la línea de contacto 21, una grifa de unión o un borne-puente.

35 En las figuras 4 a 7 están representadas las posibilidades de disposición de la guíaondas de luz 40, incluyendo los sensores FGB seleccionados a modo de ejemplo 41 a 43 para ser sujetados en o a la línea de contacto 21. La colocación se lleva a cabo, a su vez, preferentemente en un área de la línea de contacto 21, opuesta a una cara de contacto 210. La cara de contacto 210 sirve para el contacto deslizante de la línea de contacto 21 y el pantógrafo 32. Mediante la sujeción en un área opuesta a la cara de sujeción 210 se mantiene la carga mecánica de la guíaondas de luz 40 lo más baja posible. Al mismo tiempo los sensores FBG 41 a 43 aún se encuentran muy cerca del punto de medición que nos
40 interesa, a saber, del lado de la cara de contacto 210 que sufre la carga térmica.

Acorde a la figura 4, la guíaondas de luz, junto con el sensor 42, están dispuestos en un espacio hueco 59 en la línea de contacto 21, con la forma de un canal hueco que discurre en dirección longitudinal a la línea de contacto 21. Este alojamiento ahorra mucho espacio. Las dimensiones exteriores de la línea aérea 2 prácticamente no se modifican
45 en este tipo de disposición de la guíaondas de luz 40 y del sensor 42.

50 En los ejemplos de ejecución mostrados en las figuras 5 a 7, por el contrario, la guíaondas de luz 40 y los sensores FBG 43 y 41 no están dispuestos en la línea de contacto 21 misma sino en un elemento de recepción 56 previsto adicionalmente, que, por ejemplo, puede estar configurado como un adaptador de cobre o un plástico. El elemento de recepción 56 contiene en ese caso un canal hueco, en el que están dispuestos la guíaondas de luz 40 y los sensores FBG 43 y 41. De modo alternativo, el elemento de recepción 56 también puede estar dispuesto en unión continua alrededor de la guíaondas de luz 40 y los sensores FBG 43 y 41. Dicha construcción en unión continua presenta buenos resultados, especialmente en la aplicación de un procedimiento de elaboración usual, por ejemplo, un procedimiento de inyección y/o fundición.
55

En el ejemplo de ejecución de la figura 5, el elemento de recepción 56 está pegado o soldado a la línea de contacto 21, y en los ejemplos de ejecución de las figuras 6 y 7 está fijado por apriete sobre la línea de contacto 21. La unión por apriete se lleva a cabo acorde a la representación de la figura 6, mediante un dispositivo de apriete 57 previsto
60 adicionalmente, por el contrario, en el modo de ejecución de la figura 7, la unión por apriete se lleva a cabo mediante un dispositivo de apriete 58 ya presente. El espacio hueco determinado para el alojamiento del elemento de recepción 56 dentro del dispositivo de apriete 58 puede, a su vez, ya estar previsto con anterioridad, como en el ejemplo de la figura 7. Pero también puede haber sido realizado mediante una modificación específica de los elementos constructivos del dispositivo de apriete 58. Además, en el ejemplo de la figura 6 también puede estar prevista una unión por atornillado en lugar de un dispositivo de apriete 57.
65

En las figuras 9 y 10 están representados un par de sensores FGB 54 en cada segmento de la línea de contacto 21. La figura 9 muestra un ejemplo de ejecución con una guíaondas de luz 40, mientras que en la figura 10 cada sensor FBG está dispuesto respectivamente en una guíaondas de luz 40. Los pares de sensores FBG 40 están dispuestos,

ES 2 304 564 T3

preferentemente, de modo paralelo entre sí, en el mismo largo del conductor 2 por controlar, como se representa en ambas figuras.

5 Las figuras 11 a 13 muestran, a partir de cortes transversales de la línea de contacto, en qué puntos se disponen preferentemente los sensores FBG 54 a 56.

10 En la figura 11 dos sensores FBG 54 están dispuestos en las entalladuras ya previstas en la construcción de la línea de contacto 21. También es posible una disposición en la línea de contacto 21 por fuera de las entalladuras. Sólo se debe garantizar un contacto en arrastre de fuerza de ambos sensores FBG 54 con la línea de contacto 21. Para ello se utilizan sobre todo uniones por adhesión o por soldado. Dado que el pantógrafo 32 está en contacto con la cara inferior de la línea de contacto, la cara de contacto 210, se debería evitar en lo posible una disposición expuesta en la cara inferior de la línea de contacto 21, para evitar un daño de los sensores FBG 54 o de la guíaondas de luz 40.

15 También es posible disponer los sensores FBG 54 en ranuras 211. De ese modo, se incrementa la superficie de contacto de los sensores FBG 54 con el conductor 2. Esto trae consigo una gran ventaja al efectuarse una unión en arrastre de fuerza. En la figura 12 está representada una línea de contacto 21 provista de una ranura 211 en la parte superior. En esta ranura 211 se encuentra embutido un sensor FBG 54 en arrastre de fuerza. En la cara que se halla del lado opuesto del corte transversal de la línea de contacto, en el área de contacto con el pantógrafo 210, también se puede disponer un sensor FBG 54, embutido en una ranura 211. Éste debe estar embutido con una profundidad tal que evite el contacto con el frotador del pantógrafo 32 (este modo de ejecución no está representado en las figuras). La figura 13 muestra un modo de ejecución en el cual dos sensores FBG 54 están dispuestos lateralmente en una ranura 211 cada uno.

25 En principio, también se puede pensar en otras posiciones de los sensores FBG 54 en el conductor 2, distribuidos sobre el borde del corte transversal. También se pueden utilizar cuatro o más sensores FBG 54 en un segmento del conductor 2. Pero preferentemente se disponen dos sensores FBG 54 en las caras opuestas respectivas de la superficie del conductor 2, para obtener la mayor diferencia posible en la modificación de la longitud de onda de la luz incidente LS en el reflejo en los sensores FBG 54, por ejemplo, en una curvatura del segmento del conductor 2.

30 En la figura 14 está representado un segmento de la línea de contacto 21 con una guíaondas de luz 40 dispuesta en la línea de contacto 21. Para una mayor simpleza, en este caso la guíaondas de luz 40 está ejecutada como un sensor "Single-Ended" 47. Se puede observar que la guíaondas de luz 40 es conducida a lo largo de la línea de contacto 21 mediante uniones 81, especialmente uniones por apriete y/o por atornillado, y que el extremo de la guíaondas de luz 40 está sujeto a la línea de contacto 21, junto con el sensor óptico 47 y mediante otra unión de apriete y/o de atornillado 82 u 83. Además de los modos de ejecución representados en las figuras 4 a 7 y 11 a 13 para una sujeción de una guíaondas de luz en la línea de contacto 21, en las figuras 15 a 19 están representados otros modos de ejecución, especialmente como uniones por apriete 81 a 83.

40 La figura 15 muestra una unión por apriete 81 fijada en la línea de contacto 21 mediante una pretensión aplicada sobre un elemento de pretensión 84, por ejemplo, un tornillo con tuerca.

45 Dado que la aplicación de la pretensión provoca, al mismo tiempo, una reducción del radio de curvatura del área de la unión por apriete por encima del elemento de pretensión 84, por ello la guíaondas de luz 40 es sostenida por la unión por apriete 81 misma.

50 La figura 16 muestra una unión por apriete 82 de dos partes, consistente en una brida 88 y un cuerpo en forma de estribo 87, dicha unión por apriete también es fijada a la línea de contacto 21 por una pretensión ejercida sobre un elemento de pretensión, por ejemplo, un tornillo. La unión por apriete 82 está ejecutada de modo tal que puede disponerse en unión continua en la parte superior de la línea de contacto 21. La guíaondas de luz 40, junto con el sensor óptico 46, presentan un contacto en arrastre de fuerza o en unión térmica con la línea de contacto 21, debido a la fijación en unión continua, especialmente, en una perforación de la unión por apriete 82.

55 La figura 17 muestra otro modo de ejecución correspondiente, con el cual se pueden receptor dos guíaondas de luz 40 con sensor óptico 46. También se pueden pensar modos de ejecución que puedan receptor más de dos guíaondas de luz 40. A su vez, la cantidad máxima de guíaondas de luz 40 que se pueden receptor depende, esencialmente, de las dimensiones de la unión por apriete 82 correspondiente y del diámetro de la guíaondas de luz 40.

60 En las figuras 18 y 19 está representado respectivamente un ejemplo de ejecución 83 de una unión por apriete que puede ejecutarse sin elementos de pretensión 84 adicionales, como, por ejemplo, tornillos. Ambas uniones por apriete 83 consisten en uno o dos elementos de recepción 86, asimismo, cada elemento de recepción 86 está provisto de una perforación en la cual puede disponerse respectivamente una guíaondas de luz 40 en unión continua, y con ello, en arrastre de fuerza y/o en unión térmica. Por otro lado, ambas uniones por apriete 83 presentan un estribo elástico 85, especialmente un resorte de hoja. Mediante el resorte de hoja 85 se puede constituir una pretensión, de modo tal que la unión por apriete respectiva 83 pueda fijarse en la línea de contacto sin elementos de pretensión 84 adicionales. 65 Un elemento de recepción 86 de la figura 18, o ambos elementos de recepción 86 de la figura 19, están, a su vez, constituidos de modo tal que tienen un contacto en unión continua con las entalladuras ya previstas en la construcción de la línea de contacto 21. Esto garantiza, finalmente, un contacto en arrastre de fuerza y/o en unión térmica del sensor óptico 46 o de los sensores ópticos 46 con la línea de contacto 21. Por otro lado, el montaje de las uniones por apriete

ES 2 304 564 T3

83 es bastante simple, dado que sólo deben ser enganchadas en la línea de contacto 21. Los modos de ejecución mostrados en las figuras 16 y 18 se deben utilizar, preferentemente, sobre todo para el control de la temperatura y del alargamiento, mientras que los modos de ejecución representados en las figuras 17 y 19 con sus respectivos dos sensores ópticos 46, preferentemente para la determinación de la fuerza ejercida por fuera sobre la línea de contacto.

5

Los dispositivos de control mostrados en las figuras 1 y 8 también se pueden combinar sin mayores complicaciones. De ese modo, se puede ejecutar siempre, junto con el control de la carga mecánica, el control de la carga térmica de los componentes del conductor. Esto subraya especialmente la ventajosa flexibilidad y compatibilidad de ambos dispositivos representados en las figuras 1 y 8.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 304 564 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Línea aérea para el suministro de energía eléctrica a un vehículo ferroviario (31) con un dispositivo de medición de fuerza óptico, que comprende
- al menos un sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) sujeto, en arrastre de fuerza, a o en un componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25),
 - 10 - elementos de alimentación (61, 32) para el suministro de una señal luminosa (LS) al sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56), asimismo,
 - una deformación del componente, generada por una fuerza que actúa desde fuera de un pantógrafo (32) del vehículo ferroviario (31) sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23), y
 - 15 - la deformación por determinar, del componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25) asociada a un cambio de la señal luminosa (LS'), y
 - los elementos de evaluación (62, 63, 64, 65), con los cuales se determina un valor de medición (M1, M2, M3, M4) para la fuerza ejercida sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25) desde el pantógrafo (32), a partir de las modificaciones de la señal luminosa (LS') originadas debido a la deformación.
 - 20
2. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza acorde a la reivindicación 1, en la cual
- 25 - se debe disponer al menos un segundo sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) en el componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), con el cual se debe determinar, al menos, el segundo valor de medición (M3, M4) de modo correspondiente, y
 - mediante, al menos, ambos valores de medición (M3, M4) se debe determinar la dirección de la fuerza que actúa desde fuera del pantógrafo (32) sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23), con los elementos de evaluación (62, 63, 64, 65).
 - 30
3. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza acorde a la reivindicación 1 o 2, en la cual están previstos los múltiples sensores de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) para el registro de la deformación, en diferentes puntos a lo largo de la línea aérea (2, 21, 22, 23).
- 35
4. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23) forma parte de un mecanismo de cadena (2).
- 40
5. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 4, en la cual está previsto, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) dispuesto en, al menos, una ranura (211) en el componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23).
- 45
6. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 5, en la cual está previsto, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) fijado mediante una unión por adhesión, por soldado, por presión o atornillado, en el componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23).
- 50
7. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 6, en la cual la línea aérea (2, 21, 22, 23) presenta una línea de contacto (21) con una cara de contacto (210), determinada para efectuar el contacto del pantógrafo (32) del vehículo ferroviario (31) y en la cual, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) está dispuesto en la línea de contacto (2, 21, 22, 23), en una cara esencialmente orientada en el sentido contrario a la cara de contacto (210).
- 55
8. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 7, en la cual están previstos elementos para la identificación del vehículo ferroviario (31), a los cuales se les deben asignar valores de medición (M3, M4).
- 60
9. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 8, en la cual están previstos elementos de mando (70) para originar una medida de protección para la línea aérea (2, 21, 22, 23), dependiendo de la fuerza que actúa desde fuera sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23).
- 65
10. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a la reivindicación 6, en la cual, en la línea de contacto (21), están previstos elementos para la fijación de la unión por apriete (81, 82, 83), configurando una pretensión.
11. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a la reivindicación 10, en la cual, mediante la pretensión en la unión por apriete (81, 82, 83) está fijado al menos un sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) en la unión por apriete (81, 82, 83).

ES 2 304 564 T3

12. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a la reivindicación 10 u 11, en la cual, mediante la pretensión, la unión por apriete (81, 82, 83), está dispuesta en unión continua y/o en arrastre de fuerza y/o en unión térmica con la línea de contacto (21).

13. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 10 a 12, en la cual la unión por apriete (81, 82, 83) comprende un elemento de recepción (86), en un extremo, o en cada extremo, y está configurada con una envoltura en forma de abrazadera, con un estribo elástico (85), asimismo, mediante el estribo elástico (85) uno o ambos elementos de recepción (86) están dispuestos respectivamente en una entalladura de la línea de contacto (21) en unión continua y/o en arrastre de fuerza y/o en unión térmica, configurando la pretensión.

14. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 10 a 12, en la cual el dispositivo óptico de medición de fuerza comprende al menos otro sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45 59) embutido en una carcasa (55) de modo tal que se halla desacoplado mecánicamente, y sujeto a , o en, otro componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), asimismo,

- mediante elementos de alimentación (61, 32) se debe suministrar la señal luminosa (LS) al menos al otro sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45, 59),
- la temperatura por registrar, del componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), provoca un cambio de la señal luminosa (LS'), y
- mediante los elementos de evaluación (62, 63, 64, 65), se debe determinar un valor de medición (M1, M2, M3, M4) para la temperatura de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25) a partir de las modificaciones, causadas por la temperatura, de la señal luminosa (LS').

15. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a la reivindicación 14, en la cual están previstos elementos de mando (70) para originar otra medida de protección para la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), dependiendo del valor de medición de temperatura (M1, M2).

16. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a la reivindicación 14 o 15, en la cual están previstos múltiples sensores de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45, 59, 55, 56) para el registro de la temperatura en diferentes puntos a lo largo de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

17. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 14 a 16, en la cual está previsto, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (42, 59) dispuesto en, al menos, un espacio hueco del componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25) para el registro de la temperatura.

18. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 14 a 16, en la cual está previsto, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 43, 59) dispuesto en un elemento de recepción (56) colocado en el componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), para el registro de la temperatura.

19. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 14 a 18, en la cual está previsto, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45, 59, 55, 56) para el registro de temperatura, fijado mediante una unión por adhesión, por soldado, por presión o atornillado, en el componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23).

20. Línea aérea con un dispositivo óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 1 a 19, en la cual la línea aérea (21, 21, 22, 23, 24, 25) presenta una línea de contacto (21) con una cara de contacto (210) determinada para efectuar el contacto con un pantógrafo (32) del vehículo ferroviario (31), y en la cual, al menos, un sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 59, 53, 54, 55, 56) para el registro de la temperatura, está dispuesto, en la línea de contacto (2, 21, 22, 23), en una cara esencialmente orientada en la dirección opuesta a la cara de contacto (210).

21. Procedimiento óptico de medición de fuerza, para la determinación de una fuerza que actúa desde un pantógrafo (32) de un vehículo ferroviario (31) sobre una línea aérea (2, 21, 22, 23) determinada para el suministro de energía eléctrica al vehículo ferroviario (31), en cuyo procedimiento

- al menos un sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) es sujeto, en arrastre de fuerza, en, o a, un componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25),
- una señal luminosa (LS), suministrada al, al menos único, sensor de retículas de Bragg (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56), es modificada a causa de una deformación del componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), asimismo, la deformación del componente es provocada por una fuerza que actúa sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23) desde fuera del pantógrafo (32), y
- a partir de la modificación de la señal luminosa (LS), originada debido a la deformación, se determina un valor de medición (M3, M4) para fuerza que actúa desde el pantógrafo (32) sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

ES 2 304 564 T3

22. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a la reivindicación 21, en el cual

- se debe sujetar al menos un segundo sensor de retículas de Bragg de fibra (54, 55, 56) al componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25), con el cual se debe determinar al menos un segundo valor de medición (M3, M4) de modo correspondiente, y
- mediante, al menos, ambos valores de medición (M3, M4), se determina la dirección de la fuerza que actúa desde fuera del pantógrafo (32) sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23).

23. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a la reivindicación 21 o 22, en el cual están previstos múltiples sensores de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) para el registro de la deformación en diferentes puntos a lo largo de la línea aérea (2, 21, 22, 23).

24. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a una de las reivindicaciones 21 a 23, en el cual el, al menos, único sensor de retículas de Bragg de fibra (46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56) es dispuesto junto a un componente de un mecanismo de cadena (2).

25. Procedimiento óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 21 a 24, en el cual están previstos elementos para la identificación del vehículo ferroviario (31), a los cuales se les deben asignar valores de medición (M3, M4).

26. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a una de las reivindicaciones 21 a 25, en el cual están previstos elementos de mando (70) para una medida de protección para la línea aérea (2, 21, 22, 23), dependiendo de la fuerza que actúa desde fuera sobre la línea aérea (2, 21, 22, 23).

27. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a una de las reivindicaciones 21 a 26, en el cual

- al menos un sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45, 59, 55, 56), embutido de modo tal que se halla desacoplado mecánicamente en una carcasa (55), es sujeto en arrastre de fuerza en, o a, un componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25),
- una señal luminosa (LS), suministrada al otro sensor de retículas de Bragg (41, 42, 43, 44, 45, 59), es modificada a causa de la temperatura del componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25) en el punto en que se modifica al menos otro sensor de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45, 59), y
- a partir de la modificación, causada por la temperatura, de la señal luminosa (LS') se determina un valor de medición (M1, M2, M3, M4) para la temperatura del componente de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

28. Procedimiento óptico de medición de fuerza, acorde a la reivindicación 27, en el cual, dependiendo del valor de medición de temperatura (M1, M2), se provoca otra medida de seguridad para la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

29. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a la reivindicación 27 o 28, en el cual están previstos múltiples sensores de retículas de Bragg de fibra (41, 42, 43, 44, 45, 59) para el registro de la temperatura en diferentes puntos a lo largo de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

30. Procedimiento óptico de medición de fuerza, acorde a una de las reivindicaciones 27 a 29, en el cual se determina una distribución de la temperatura local, al menos a lo largo de un segmento de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

31. Procedimiento óptico de medición de fuerza acorde a una de las reivindicaciones 27 a 30, en el cual se provoca la otra medida de seguridad, dependiendo de los valores de medición de temperatura de diferentes puntos de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25) o dependiendo de la distribución de la temperatura local determinada al menos a lo largo de segmentos de la línea aérea (2, 21, 22, 23, 24, 25).

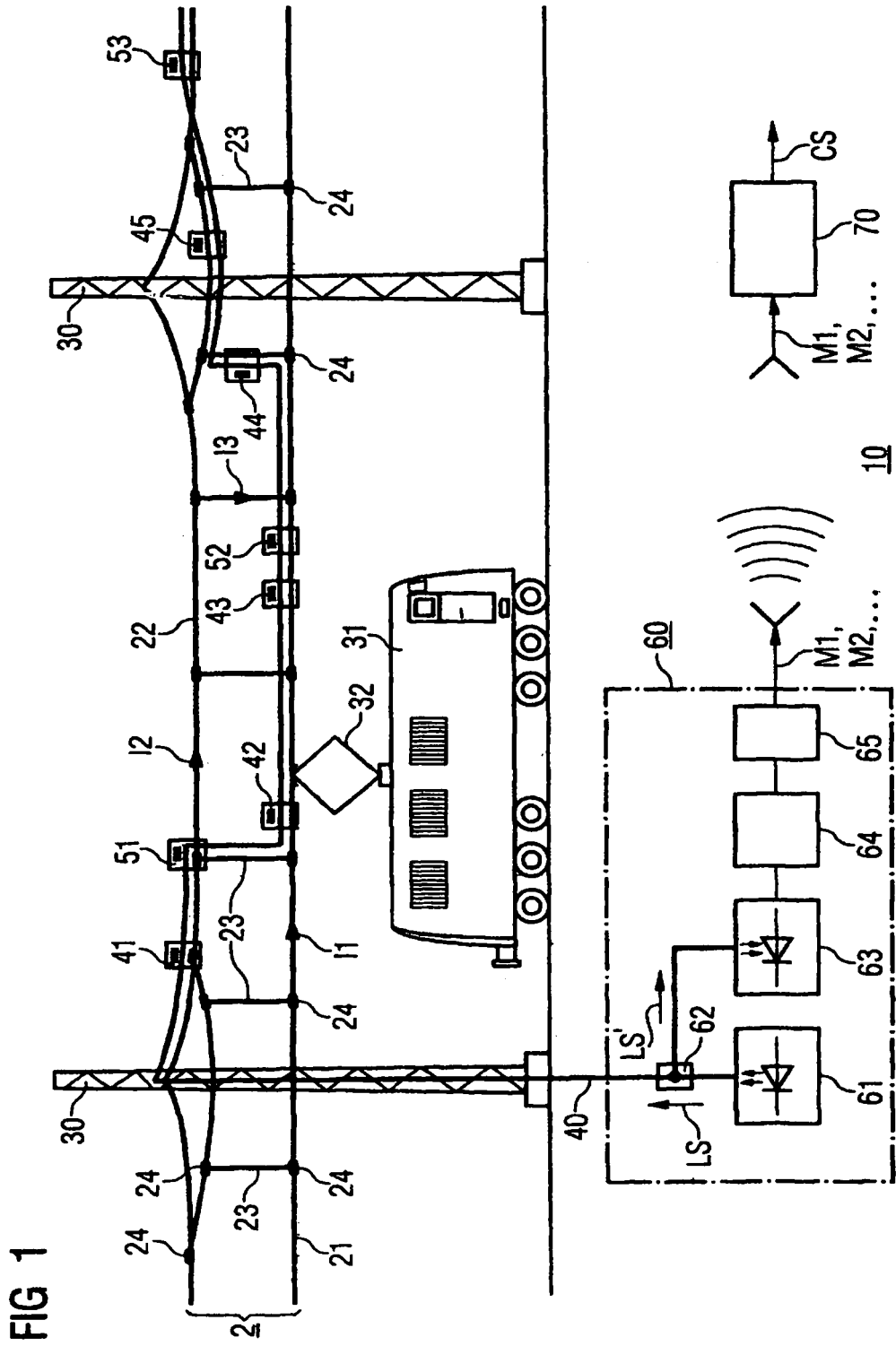


FIG 2

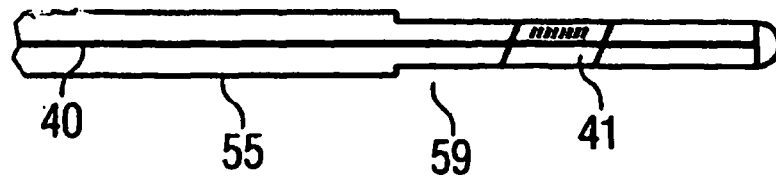


FIG 3

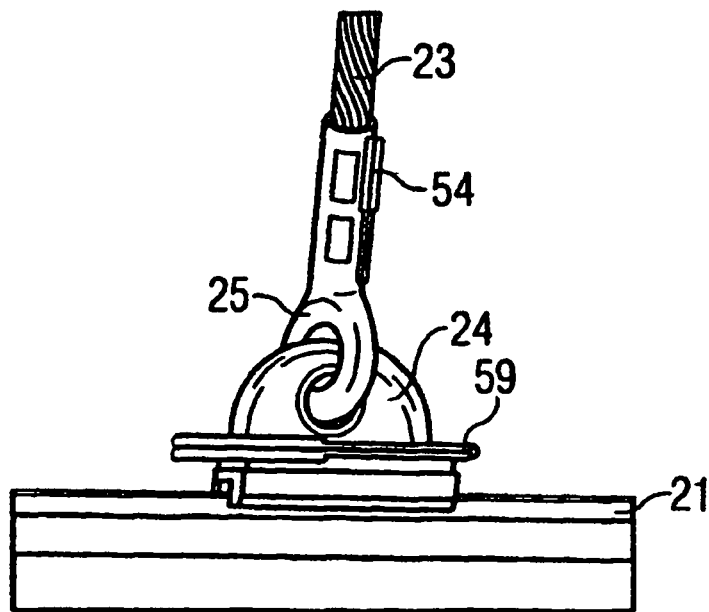


FIG 7

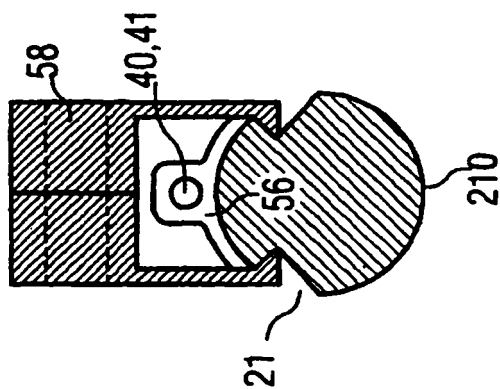


FIG 6

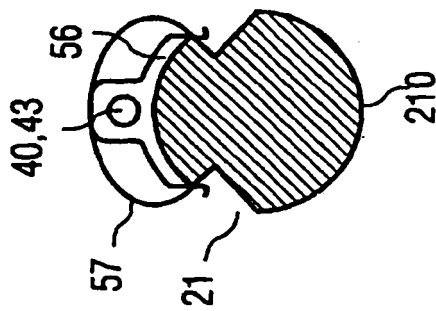


FIG 5

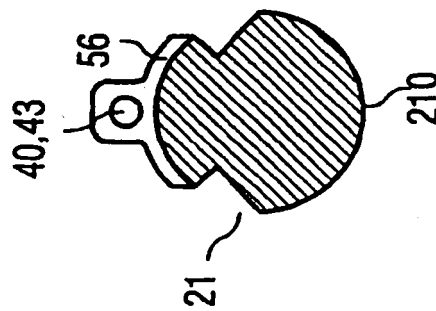
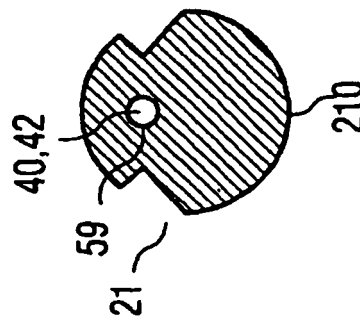
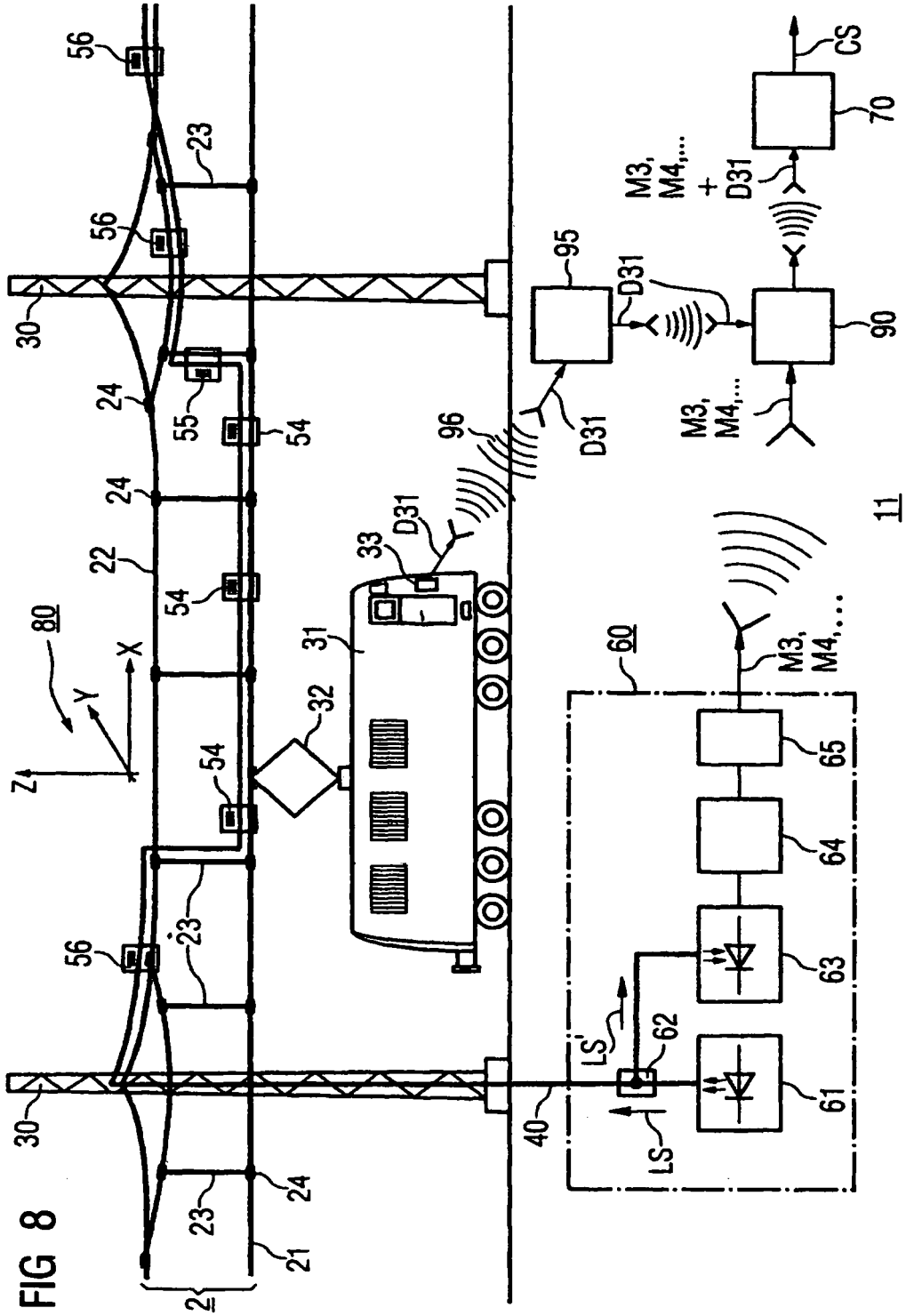


FIG 4





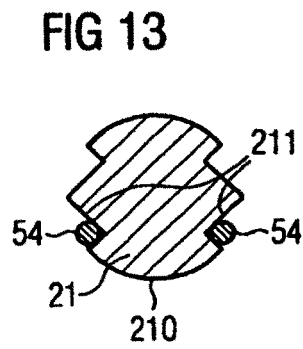
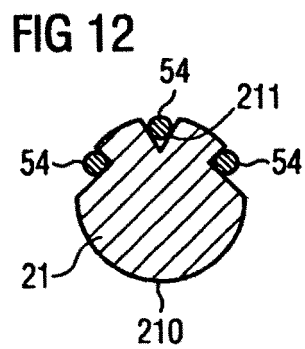
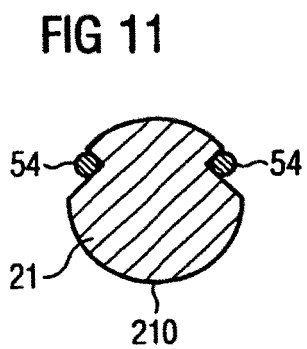
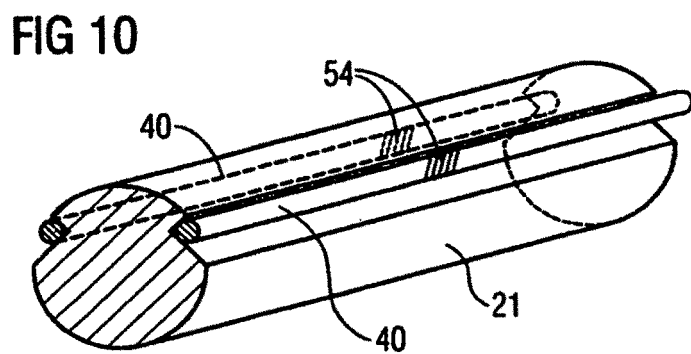
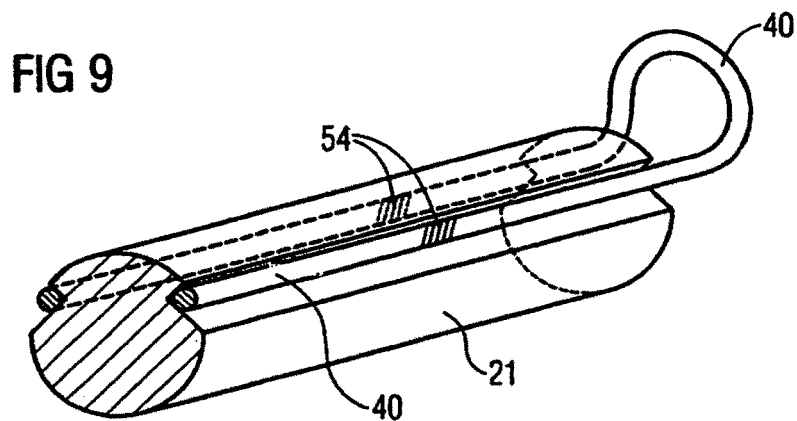


FIG 14

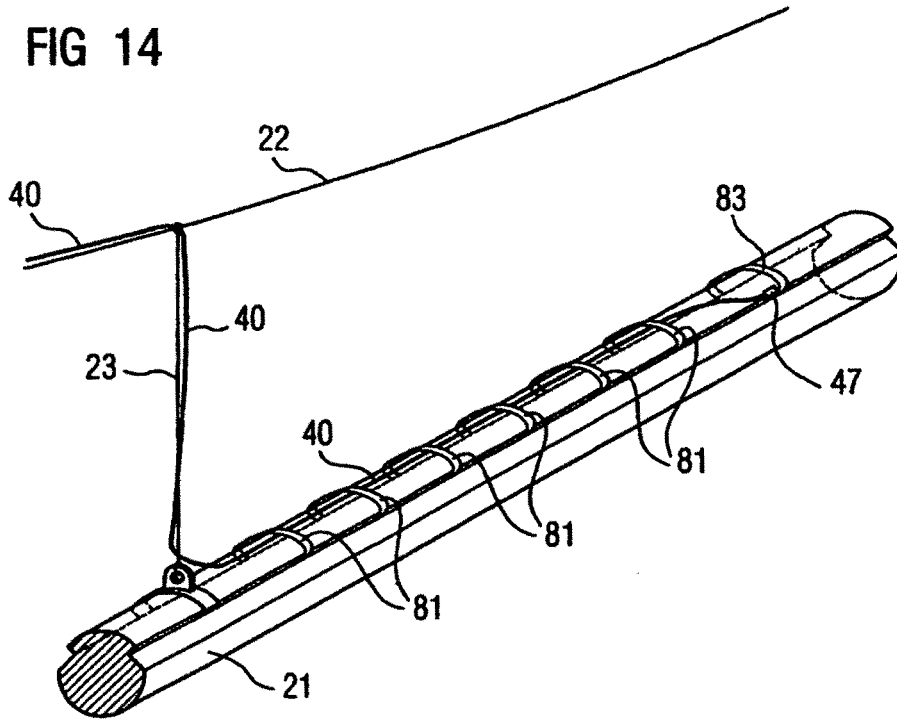


FIG 15

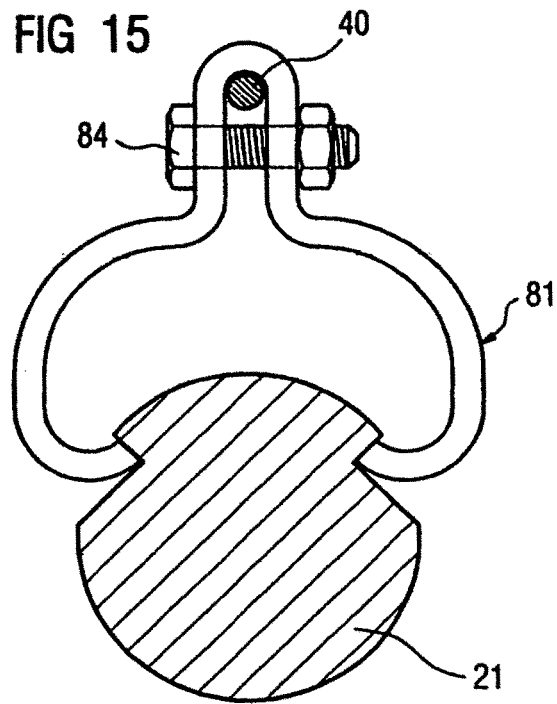


FIG 16

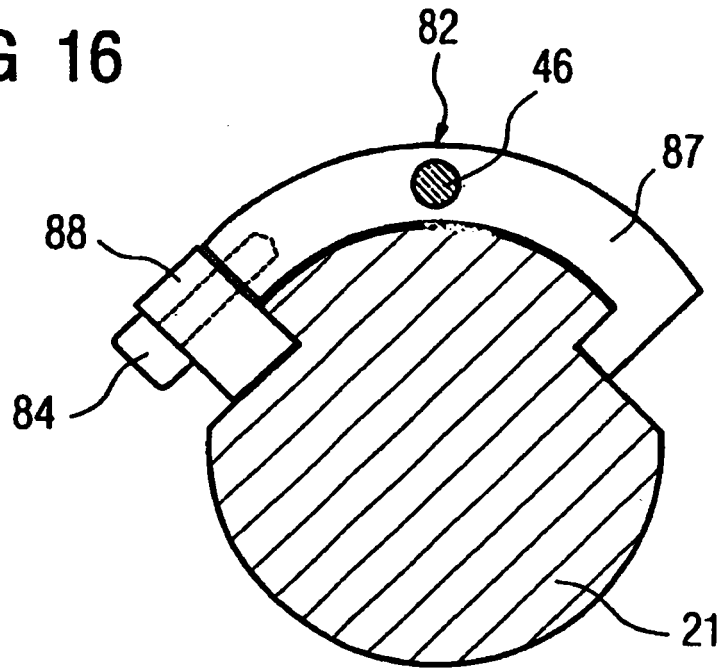


FIG 17

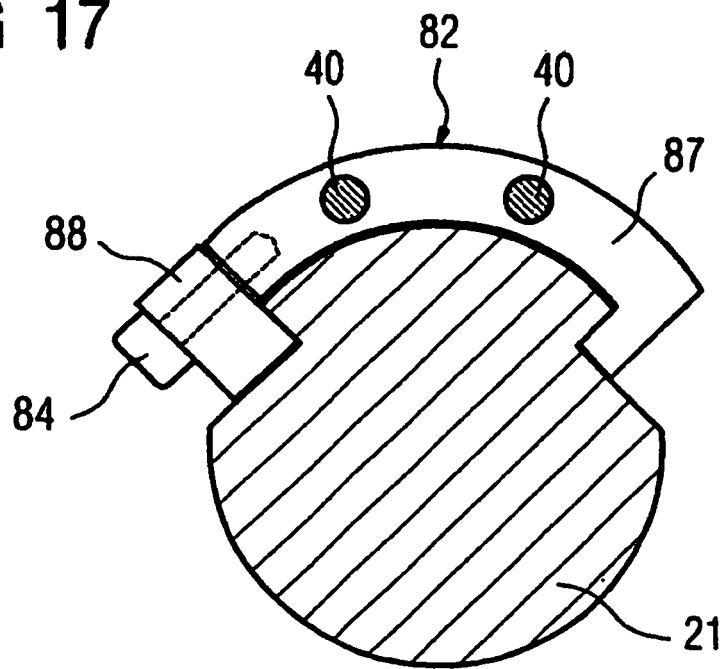


FIG 18

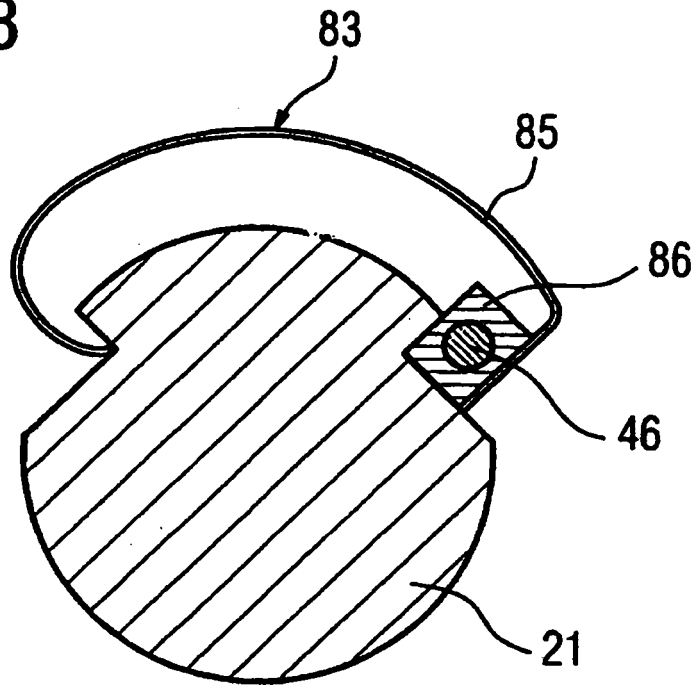


FIG 19

