



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 317 434**

⑤1 Int. Cl.:
B60L 5/20 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **06118755 .5**

⑨6 Fecha de presentación : **10.08.2006**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1759914**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **07.03.2007**

⑤4 Título: **Procedimiento para la detección del estado de un colector de corriente.**

③0 Prioridad: **05.09.2005 DE 10 2005 042 087**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

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

⑦2 Inventor/es: **Bosselmann, Thomas y**
Theune, Nils-Michael

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

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 para la detección del estado de un colector de corriente.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la detección del estado de un colector de corriente que está en contacto con una línea de corriente.

Se conoce, por ejemplo, a partir del documento DE 102 49 896 A1 un procedimiento de este tipo. Se describe la medición de una fuerza de contacto entre un colector de corriente de un vehículo ferroviario y una línea de corriente en forma de una línea aérea, por medio de la cual se alimenta energía eléctrica al vehículo ferroviario. El colector de corriente está configurado como pantógrafo. La medición se realiza por medio de al menos un sensor Faser-Bragg-Gitter dispuesto en el colector de corriente, que se dilata bajo la influencia de la fuerza de contacto, de manera que una señal luminosa alimentada al sensor Faser-Bragg-Gitter se modifica en su contenido de longitudes de onda en virtud de la dilatación mecánica. Se evalúa la modificación de las longitudes de onda condicionada por la fuerza de contacto.

15 El estado detectado en el procedimiento conocido se refiere exclusivamente a la fuerza de contacto entre el colector de corriente y la línea de corriente. En el procedimiento conocido no se calculan otras variables de estado igualmente interesantes del colector de corriente y/o de la línea de corriente.

20 En el documento WO 2005/044614 A1 se describe un sistema de supervisión para colectores de corriente de un vehículo ferroviario y una línea aérea. Se emplean sensores Faser-Bragg-Gitter. Se detectan en particular la temperatura del colector de corriente, una fuerza de contacto con la línea aérea, fuerzas verticales demasiado altas, un lugar de contacto de la línea aérea a lo largo del colector de corriente, una fuerza en la dirección de la marcha y fuerzas de impacto demasiado altas. Se describe, además, una detección del grado de desgaste por medio de varias guías de onda de luz dispuestas a diferente distancia de la superficie de contacto dentro del colector de corriente.

Además, en los documentos WO 02/099 375 A1 y JP 2001 018692 A se describe un procedimiento para el cálculo de la fuerza de contacto entre un colector de corriente de un vehículo ferroviario y una línea aérea eléctrica. Este procedimiento se basa en mediciones de la dilatación y de la aceleración, que son detectadas en diferentes lugares en el colector de corriente. En particular, están previstos tres sensores de aceleración. Dos de estos sensores de aceleración están dispuestos en las dos zonas marginales, en cambio el tercer sensor de aceleración se encuentra en el centro del colector de corriente.

35 Se conoce a partir del documento JP 2002 328063 A un procedimiento para la medición de la fuerza de contacto entre un colector de corriente de un vehículo ferroviario y una línea aérea eléctrica, en el que están previstos dos sensores de aceleración en las dos zonas marginales del colector de corriente y un dispositivo de medición de la dilatación en conexión con un muelle en el centro del colector de corriente.

40 Por lo tanto, el cometido de la invención consiste en indicar un procedimiento del tipo designado al principio, que posibilita una detección mejorada del estado del colector de corriente.

Este cometido de solución se resuelve por medio de las características de la reivindicación independiente 1 de la invención. En el procedimiento de acuerdo con la invención, el colector de corriente presenta en la dirección longitudinal dos zonas marginales así como una posición central y está provisto con al menos tres puntos de medición de la dilatación, cuyo primer punto de medición está dispuesto en la primera zona marginal, el segundo punto de medición está dispuesto en la segunda zona marginal y un tercer punto de medición está dispuesto en la posición central, de manera que

- a) se detectan dilataciones mecánicas del colector de corriente, provocadas a través de una fuerza de contacto actual entre la línea de corriente y el colector de corriente, en los puntos respectivos de medición de la dilatación,
- b) se determina la fuerza de contacto actual a partir de la primera y de la segunda dilatación mecánica detectadas en cada caso en la primera y en la segunda zona marginal, cuando la primera y la segunda dilatación mecánica tienen la misma magnitud, y
- c) a partir de la fuerza de contacto actual determinada de esta manera y de la tercera dilatación mecánica detectada en la posición central se calcula un desgaste actual de un elemento de contacto del colector de corriente.

60 El procedimiento de acuerdo con la invención posibilita, por lo tanto, además de una detección de la fuerza de contacto, también la determinación del desgaste actual de un elemento de contacto del colector de corriente. Esta información de estado adicional no se puede obtener con ninguno de los procedimientos conocidos. De esta manera, los elementos de contacto de los colectores de corriente de un vehículo ferroviario se sustituyen desde hace mucho tiempo de una manera independiente de su grado de desgaste actual después de un periodo de tiempo de funcionamiento determinado, que se mide, por ejemplo, de acuerdo con la potencia de la marcha. Solamente durante la sustitución se puede establecer el grado de desgaste real. En cambio, el procedimiento de acuerdo con la invención posibilita esto también durante el funcionamiento normal. El grado de desgaste se puede determinar especialmente con la ayuda de un espesor residual remanente del elemento de contacto.

ES 2 317 434 T3

Las configuraciones ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención se deducen a partir de las características de las reivindicaciones que dependen de la reivindicación 1.

Es favorable una variante, en la que la dilatación mecánica es detectada en cada uno de los lugares de medición de la dilatación en cada caso por medio de al menos un sensor Faser-Bragg-Gitter. Este tipo de sensor está muy bien adecuado para un empleo en condiciones ambientales adversas. Además, es favorable la separación galvánica inherente, que ofrecen estos sensores en virtud del principio de función óptica. Por lo tanto, son especialmente bien adecuados cuando los puntos de medición -como en un colector de corriente de un vehículo ferroviario- se encuentran en un potencial eléctrico alto.

Además, de una manera preferida es posible que en la posición central estén dispuestos dos sensores Faser-Bragg-Gitter con dirección de actuación diferente entre sí, en particular perpendicular entre sí, y además de la tercera dilatación mecánica se detecta otra dilatación mecánica. De esta manera es posible una exactitud especialmente alta de la detección. En particular, de esta manera se puede calcular un vector de fuera de la fuerza de contacto con sus diferentes componentes de dirección. Adicionalmente, de esta manera se pueden reconocer influencias perturbadoras, que se basan en un deterioro local de la línea de corriente y que son insignificantes para la determinación de la fuerza de contacto y/o del desgaste y se pueden suprimir en la evaluación.

De acuerdo con otra variante favorable, está previsto que la determinación de la fuerza de contacto actual se realice con la ayuda de una relación lineal entre la primera o segunda dilatación mecánica y la fuerza de contacto. Esto permite una determinación especialmente sencilla de la fuerza de contacto.

Además, se prefiere que previamente se determine un conjunto de curvas para la relación entre la tercera dilatación mecánica y el desgaste con la fuerza de contacto como parámetro del conjunto y se lleve a cabo el cálculo del desgaste actual con la ayuda del conjunto de curvas determinado con anterioridad. Un conjunto de curvas de este tipo se puede depositar sin más en una unidad de evaluación. La determinación del desgaste actual no requiere entonces ningún cálculo costoso y se puede realizar muy rápidamente, especialmente en tiempo real.

En otra configuración ventajosa, se determina un valor más exacto para la fuerza de contacto con la ayuda del desgaste actual calculado. El grado de desgaste detectado se utiliza entonces para la elevación de la exactitud de la medición de la fuerza de contacto. Si no se tiene en cuenta el grado de desgaste, se pueden producir, en efecto, en parte, falsificaciones en el resultado de la fuerza de contacto detectada.

De una manera similar, es favorable otra variante, en la que se varía un punto de contacto entre el colector de corriente y la línea de corriente en la dirección longitudinal del colector de corriente, y se determina una posición actual del punto de contacto teniendo en cuenta el desgaste actual calculado. También se puede determinar la posición del punto de contacto de una manera considerablemente más exacta cuando se tiene en cuenta al mismo tiempo el grado de desgaste.

De acuerdo con otra variable favorable está previsto que se genere una instrucción para el mantenimiento del colector de corriente o para una sustitución del elemento de contacto, cuando el desgaste actual calculado excede un valor límite predeterminado. En particular, esto equivale a que el espesor residual del elemento de contacto está por debajo de un valor límite predeterminado. En virtud de la instrucción de mantenimiento, se puede llevar a cabo el mantenimiento o la sustitución, orientados a las necesidades. Esto ayuda a prolongar los ciclos de mantenimiento o a detectar y eliminar una amenaza de fallo en el momento oportuno antes de su aparición.

Otras características, ventajas y detalles de la invención se deducen a partir de la descripción siguiente de ejemplos de realización con la ayuda del dibujo. En este caso,

La figura 1 muestra un ejemplo de realización de una instalación para la detección del estado de un colector de corriente de un vehículo ferroviario.

La figura 2 muestra una vista lateral parcial ampliada de un carril de contacto, que comprende un elemento de contacto, del colector de corriente según la figura 1.

La figura 3 muestra el carril de contacto con elemento de contacto insertado según la figura 2 en una representación de la sección transversal.

La figura 4 muestra el carril de contacto según las figuras 2 y 3 con tres puntos de medición de la dilatación en una vista lateral esquemática.

La figura 5 muestra un diagrama con una curva del espesor del elemento de contacto según las figuras 2 y 3 en un estado nuevo y en un estado desgastado.

La figura 6 muestra un diagrama con curvas de dilatación en la dirección longitudinal del carril de contacto con diferente grado de desgaste del elemento de contacto según las figuras 2 y 3.

ES 2 317 434 T3

La figura 7 muestra un diagrama con una relación lineal entre la fuerza de contacto y la dilatación detectada en una zona marginal del carril de contacto según las figuras 2 a 4 con contacto central, y

La figura 8 muestra un diagrama con un conjunto de curvas para la relación entre el grado de desgaste y la dilatación detectada en la posición central del carril de contacto según las figuras 2 a 4 con contacto central y con fuerza de contacto como parámetro del conjunto.

Las partes correspondientes entre sí están provistas con los mismos signos de referencia en las figuras 1 a 8.

En la figura 1 se representa un ejemplo de realización de una instalación 1 para la detección del estado de un colector de corriente 2 de un vehículo ferroviario 3 mostrado de forma fragmentaria y esquemática. El colector de corriente 2 establece una conexión conductora de electricidad entre el vehículo ferroviario 3 y una línea de corriente 4. En el funcionamiento, el vehículo ferroviario 3 se mueve en dirección z. La energía necesaria para ello se alimenta al vehículo ferroviario 3 por medio de la línea de corriente 4.

El colector de corriente 2 conocido en sí comprende esencialmente un carril de contacto 5, un bastidor de retención 6 que lleva el carril de contacto 5, un balancín 7 así como aisladores eléctricos 8, que aíslan eléctricamente los componentes mencionados anteriormente del colector de corriente 3 frente al vehículo ferroviario 3. El carril de contacto 5 contiene un cuerpo de base 9 y el elemento de contacto 10. En las figuras 2 y 3 se representa el colector de corriente 2 de forma fragmentaria y ampliada en una vista lateral y en una sección transversal, respectivamente. Como se deduce a partir de la figura 3, el cuerpo de base 9 fabricado, por ejemplo, de aluminio, está configurado como perfil de soporte con cavidades 11. El elemento de contacto 10 insertado en el cuerpo de base 9 es un listón de carbono.

De acuerdo con las figuras 1 y 3, en el cuerpo de base 9 están dispuestos sensores Faser-Bragg-Gitter 12 que se pueden consultar ópticamente. Pueden estar emplazados en diferentes lugares, en particular en la cavidad 11 del cuerpo de base 9. Además, también es posible prever en el colector de corriente 2 un elemento de dilatación adicional, no representado en detalle en las figuras, para los sensores Faser-Bragg-Gitter 12. Independientemente del tipo y de su disposición en el colector de corriente 2, los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 sirven para la detección de una dilatación mecánica ε , que es provocada a través de una fuerza de contacto F_{contacto} entre el colector de corriente 2 y la línea de corriente 4.

Los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 están conectados por medio de al menos una guía de ondas de luz 13 con una unidad de emisión / recepción 14. Esta última comprende una fuente luminosa 15 así como una unidad de evaluación 16, que están conectadas por medio de un acoplador 17 en la o en las guías de ondas de luz 13. La fuente luminosa 15 está realizada, por ejemplo, como láser. La unidad de evaluación 16 comprende un detector óptico habitual en la instalación de detección Faser-Bragg, como por ejemplo un policromador con célula CCD o de fotodiodos.

A continuación se explica en detalle el modo de funcionamiento de la instalación 1 para la supervisión del estado del colector de corriente 2.

Como ya se ha mencionado, los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 sirven para la detección de la dilatación. Una señal luminosa LS generada por la fuente de luz 15 es alimentada a través del acoplador 17 a la guía de ondas de luz 13 y es conducida hacia los puntos de medición, en los que se encuentran los sensores Faser-Bragg-Gitter 12. En este caso, el trayecto de transmisión óptica por medio de la guía de ondas de luz 13 ofrece una separación galvánica y un aislamiento eléctrico de los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 dispuestos en un potencial de alta tensión, a saber, esencialmente en el potencial de la línea de corriente 4.

La señal luminosa LS presenta un contenido de longitudes de onda predeterminado, es decir, una anchura de banda espectral predeterminada. Los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 tienen en cada caso longitudes de onda de centro de gravedad Bragg específicas del sensor, todas las cuales se encuentran dentro de la anchura de banda espectral de la señal luminosa LS. De la señal luminosa LS incidente, los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 reflejan una porción de luz con una longitud de onda que corresponde a la longitud de onda del centro de gravedad Bragg específica del sensor respectivo. Las longitudes de onda del centro de gravedad Bragg dependen de las variables de medición, es decir, que modifican su posición espectral en función de la dilatación mecánica actual ε del sensor Faser-Bragg-Gitter 12 respectivo. Las dilataciones mecánicas ε en los diferentes puntos de medición dependen, por su parte, en una medida considerable de la fuerza de contacto (F_{contacto}) que interesa propiamente entre el colector de corriente 2 y la línea de corriente 4.

La porción de luz reflejada en los sensores Faser-Bragg-Gitter 12 con contenido de longitudes de onda en función de las variables de medición retorna como señal luminosa de respuesta LS' en la guía de ondas de luz 13 de nuevo a la unidad de emisión / recepción 14. Llega allí a través del acoplador 17 hacia la unidad de evaluación 16, en la que se analiza su contenido de longitudes de ondas para determinar valores de medición para la dilataciones mecánicas ε en los diferentes puntos de medición y para la fuerza de contacto (F_{contacto}) causante.

La unidad de evaluación 16 está diseñada, además, también para calcular un desgaste actual del elemento de contacto 10, de manera que como medida para el desgaste sirve un espesor (restante) d del elemento de contacto 10. Además, en la unidad de evaluación 16 se determina la posición-x de un punto de contacto 17a entre el carril de

contacto 5 y la línea de corriente 4. Por lo tanto, la instalación 1 sirve para la supervisión amplia del estado del colector de corriente 2.

Con la ayuda de la figura 4 se explica en detalle la disposición distribuida en la dirección longitudinal del carril de contacto 5, es decir, en dirección-x, de varios sensores Faser-Bragg-Gitter 12. El carril de contacto 5 presenta en su dirección longitudinal una primera zona marginal 18, que se designa a continuación también como zona marginal izquierda 18. En el extremo del carril de fricción 5, que está alejado de la zona marginal izquierda 18, está prevista una segunda zona marginal 19, que se designa de una manera correspondiente a continuación también como zona marginal derecha 19. Además, el carril de contacto 5 tiene una posición central 20 en dirección-x.

En la zona marginal izquierda 18 está dispuesto un sensor Faser-Bragg-Gitter izquierdo 21, en la zona marginal derecha 19 está dispuesto un sensor Faser-Bragg-Gitter derecho 22 y en la posición central 20 está dispuesto un Faser-Bragg-Gitter central 23 así como de una manera opcional está dispuesto un sensor Faser-Bragg-Gitter 24 adicional. De esta manera, se forma un punto de medición de la dilatación izquierdo 25 para la detección de una dilatación mecánica izquierda ϵ_l , un punto de medición de la dilatación derecho 26 para la detección de una dilatación mecánica derecha ϵ_r así como un punto de medición de la dilatación central 27 para la detección de una dilatación mecánica central ϵ_m y de una manera opcional una dilatación mecánica vertical ϵ_s .

Una dirección de actuación del sensor Faser-Bragg-Gitter 24 adicional está perpendicular a la del sensor Faser-Bragg-Gitter central 23, de manera que es posible una medición de la dilatación en dirección-z (= dirección de la marcha del vehículo ferroviario 3) y en dirección-x (= dirección longitudinal del carril de contacto 5). De esta manera, se ha mejorado la exactitud de la detección. Los daños locales en la línea de corriente 4 pueden conducir, en efecto, a una actuación de fuerza muy alta, de corta duración, en dirección-z, que puede falsificar los resultados de la medición, cuando tales influencias especiales no son detectadas aparte por medio del sensor Faser-Bragg-Gitter 24 adicional y no se tienen en cuenta de una manera correspondiente en la unidad de evaluación 16.

En el ejemplo de realización, el elemento de contacto 10 se extiende, partiendo de la posición central 20 aproximadamente 25 cm en la dirección de las dos zonas marginales 18 y 19. En la dirección-x el elemento de contacto 10 tiene aproximadamente 50 cm de largo. En dirección-y, el elemento de contacto 10 presenta en el nuevo estado un espesor d de aproximadamente 22 mm.

A través del contacto con la línea de corriente 4 se roza el elemento de contacto 10 durante el funcionamiento, de manera que se lleva a cabo una erosión de material en la dirección longitudinal de una manera irregular. En la posición central se encuentra al máximo y se reduce hacia las zonas marginales 18 y 19 aproximadamente con una curva parabólica. En la figura 5 se compara la curva de espesor en dirección-x para el estado nuevo y para un estado desgastado del elemento de contacto 10. El estado nuevo se designa con el signo de referencia 28 y el estado desgastado se designa con el signo de referencia 29.

La medición de la dilatación en el punto de medición de la dilatación izquierdo y derecho 25 y 26 es prácticamente independiente del grado de desgaste del elemento de contacto 10. En cambio, el grado de desgaste influye en una extensión considerable en la medición de la dilatación en el punto de medición de la dilatación central 27, como se deduce a partir del diagrama según la figura 6. Para diferentes grados de desgaste se representa en la figura 6 la dilatación mecánica ϵ_m detectada en el punto de dilatación central 27 sobre la posición x del punto de contacto 17aa, es decir, en el caso de actuación de la fuerza de contacto (F_{contacto}) en diferentes lugares en la dirección longitudinal del carril de contacto 5. La curva para un elemento de contacto nuevo 10, es decir, de 22 mm de espesor se designa con el signo de referencia 30. De acuerdo con las previsiones del operador, el elemento de contacto 10 no es ya capaz de funcionar a partir de un espesor (restante) d de 8 mm y, por lo tanto, debe sustituirse. La curva que pertenece a este espesor d mínimo admisible se designa en la figura 6 con el signo de referencia 31. Las otras curvas representadas se refieren a espesores (restantes) d , que se encuentran entre los dos valores extremos mencionados.

En la unidad de evaluación 16 se calcula a partir de las tres dilataciones mecánicas ϵ_l , ϵ_r y ϵ_m detectadas el espesor (restante) d del elemento de contacto 10. A continuación se describe en detalle el procedimiento empleado a tal fin con la ayuda de las figuras 7 y 8.

En primer lugar, se verifica si el punto de contacto 17aa se encuentra en la posición central 20. Esto no se cumple en la representación según la figura 4. La línea de corriente 4 contacta con el carril de contacto 5 fuera del centro. En el caso de un contacto central, la dilatación mecánica izquierda ϵ_l y la dilatación mecánica derecha ϵ_r y, por lo tanto, también las fuerzas derivadas a partir de estas dos dilataciones mecánicas ϵ_l y ϵ_r son de la misma magnitud. La fuerza de contacto (F_{contacto}) se calcula a partir del valor medio aritmético de las dos fuerzas derivadas a partir de las dilataciones mecánicas ϵ_l y ϵ_r , respectivamente. En el caso de un contacto central, estas dos fuerzas son de la misma magnitud y, además, son también iguales a la fuerza de contacto F_{contacto} buscada.

Con la ayuda de las dilataciones mecánicas ϵ_l y ϵ_r se puede calcular la fuerza de contacto F_{contacto} de una manera independiente de grado de desgaste, puesto que el grado de desgaste no tiene ninguna importancia considerable en las mediciones en el punto de medición de la dilatación izquierdo y derecho 25 y 26, respectivamente. Esto se aplica, naturalmente, también en el caso de un contacto central del carril de contacto 5 a través de la línea de corriente 4.

ES 2 317 434 T3

Por lo tanto, si una verificación en la unidad de evaluación 16 proporciona valores de la misma magnitud para la dilatación mecánica izquierda y la dilatación mecánica derecha ε_l y ε_r , respectivamente, a partir de la suma de estas dos dilataciones mecánicas ε_l y ε_r se calcula la fuerza de contacto F_{contacto} . En este caso, sirve de base la relación lineal representada en la figura 7 e independiente del grado de desgaste del elemento de contacto 10.

La dilatación mecánica central ε_m depende, según la figura 6, del grado de desgaste. Se puede indicar el conjunto de curvas mostrado en la figura 8, en el que el espesor d del elemento de contacto 10 está representado sobre la dilatación mecánica ε_m detectada en el centro con la fuerza de contacto F_{contacto} como parámetro del conjunto. Se representan tres conjuntos de curvas 32, 33 y 34 para una fuerza de contacto F_{contacto} con un valor de 50 N, 100 B y 150 N, respectivamente. Se pueden indicar otros conjuntos de curvas para otros valores de la fuerza de contacto F_{contacto} . También el conjunto de curvas según la figura 8 sirve de base para un contacto central del carril de contacto 5 a través de la línea de corriente 4.

A partir del conjunto de curvas según la figura 8 se selecciona la curva que pertenece a la fuerza de contacto F_{contacto} determinada según la figura 7. Con la ayuda de la dilatación mecánica central ε_m detectada se puede determinar entonces el espesor (restante) actual d y, por lo tanto, el grado de desgaste actual del elemento de contacto 10 a través de la relación unívoca de la curva seleccionada.

El conjunto de curvas según la figura 8 se calcula previamente y se deposita, por ejemplo, como tabla de asociación en la unidad de evaluación 16. De una manera alternativa se puede utilizar también una relación funcional, que describe matemáticamente el conjunto de curvas según la figura 8, en la unidad de evaluación 16 para la determinación del espesor (restante) d . Lo mismo se aplica para la relación entre la dilatación mecánica izquierda o derecha ε_l y ε_r , respectivamente, y la fuerza de contacto F_{contacto} según la figura 7.

Por medio del procedimiento descrito se puede calcular de una manera ventajosa el grado de desgaste del elemento de contacto 10 también durante el funcionamiento del vehículo ferroviario 3. Esta información útil sobre el estado del colector de corriente 2 se puede utilizar en delante de diferentes maneras. Por una parte, es posible una instrucción al personal de servicio, cuando el espesor (restante) d del elemento de contacto 10 alcanza un límite inferior precisamente todavía admisible, que está en el ejemplo de realización en 8 mm. Luego se puede realizar un mantenimiento controlado según las necesidades y/o una sustitución del elemento de contacto 10.

Además, es posible utilizar el grado de desgaste para una determinación más exacta de la fuerza de contacto F_{contacto} . Esto se realiza cuando se calcula la fuerza de contacto F_{contacto} también utilizando la dilatación mecánica central ε_m . Teniendo en cuenta el grado de desgaste actual se obtienen entonces resultados claramente mejorados para la fuerza de contacto F_{contacto} calculada.

Lo mismo se aplica para la determinación de la posición-x del punto de contacto 17aa. También aquí, la consideración del grado de desgaste actual del elemento de contacto 10 conduce a resultados considerablemente más exactos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección del estado de un colector de corriente (2) que está en contacto con una línea de corriente (4), que presenta en la dirección longitudinal dos zonas marginales (18, 19) así como una posición central (20) y está provisto con al menos tres puntos de medición de la dilatación (25, 26, 27), cuyo primer punto de medición está dispuesto en la primera zona marginal (18), el segundo punto de medición está dispuesto en la segunda zona marginal (19) y un tercer punto de medición está dispuesto en la posición central (20), de manera que

- a) se detectan dilataciones mecánicas (ϵ_l , ϵ_r , ϵ_m , ϵ_s) del colector de corriente (2), provocadas a través de una fuerza de contacto (F_{contacto}) actual entre la línea de corriente (4) y el colector de corriente (2), en los puntos respectivos de medición de la dilatación (25, 26, 27),

caracterizado porque

- b) se determina la fuerza de contacto (F_{contacto}) actual a partir de la primera y de la segunda dilatación mecánica (ϵ_l , ϵ_r) detectadas en cada caso en la primera y en la segunda zona marginal (18, 19), cuando la primera y la segunda dilatación mecánica (ϵ_l , ϵ_r) tienen la misma magnitud, y
- c) a partir de la fuerza de contacto (F_{contacto}) actual determinada de esta manera y de la tercera dilatación mecánica (ϵ_m) detectada en la posición central (20) se calcula un desgaste (d) actual de un elemento de contacto (10) del colector de corriente (2).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque se detecta la dilatación mecánica (ϵ_l , ϵ_r , ϵ_m , ϵ_s) en cada uno de los puntos de medición de la dilatación (25, 26, 27) en cada caso por medio de al menos un sensor Faser-Bragg-Gitter (12; 21 - 24).

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque en la posición central (20) están dispuestos dos sensores Faser-Bragg-Gitter (23, 24) con dirección de actuación diferente entre sí, en particular perpendicular entre sí, y además de la tercera dilatación mecánica (ϵ_m) se detecta otra dilatación mecánica (ϵ_s).

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la determinación de la fuerza de contacto (F_{contacto}) actual se realiza con la ayuda de una relación lineal entre la primera o segunda dilatación mecánica (ϵ_l , ϵ_r) y la fuerza de contacto (F_{contacto}).

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque previamente se determina un conjunto de curvas para la relación entre la tercera dilatación mecánica (ϵ_m) y el desgaste (d) con la fuerza de contacto (F_{contacto}) como parámetro del conjunto y se lleva a cabo el cálculo del desgaste (d) actual con la ayuda del conjunto de curvas determinado con anterioridad.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque con la ayuda del desgaste (d) actual calculado se determina un valor más exacto para la fuerza de contacto (F_{contacto}).

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque se varía un punto de contacto (17a) entre el colector de corriente (2) y la línea de corriente (4) en la dirección longitudinal del colector de corriente (2), y se determina una posición actual del punto de contacto (17a) teniendo en cuenta el desgaste (d) actual calculado.

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque se genera una instrucción para el mantenimiento del colector de corriente (2) o para una sustitución del elemento de contacto (10), cuando el desgaste (d) actual calculado excede un valor límite predeterminado.

FIG 1

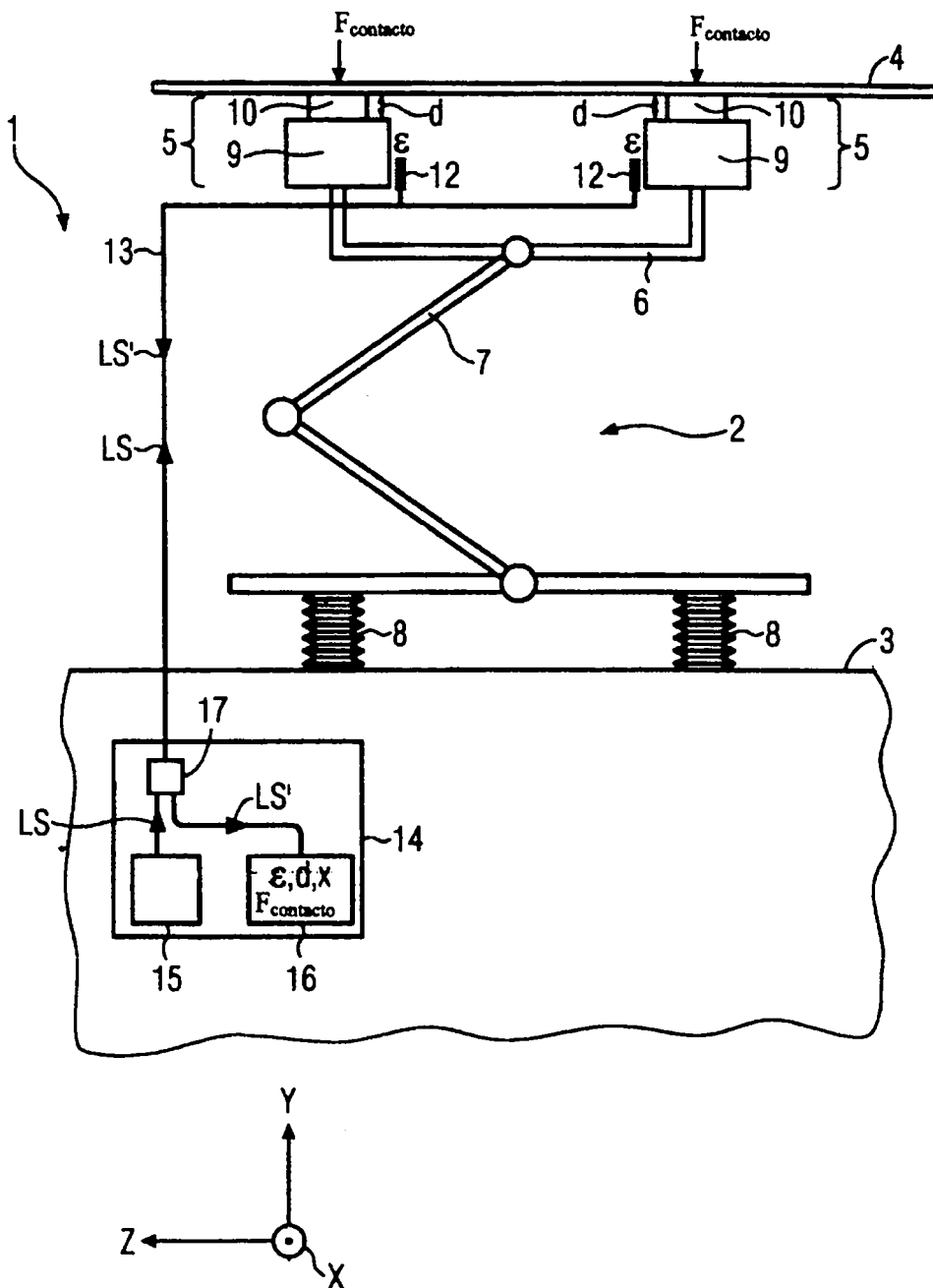


FIG 2

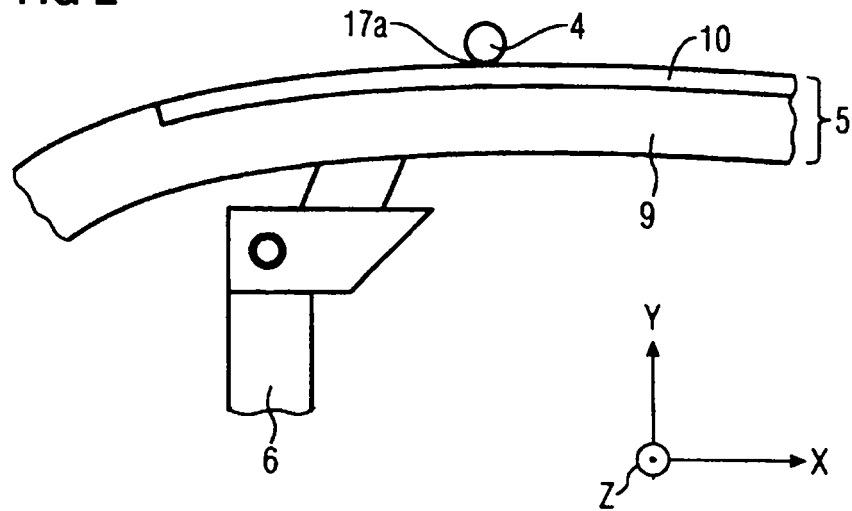


FIG 3

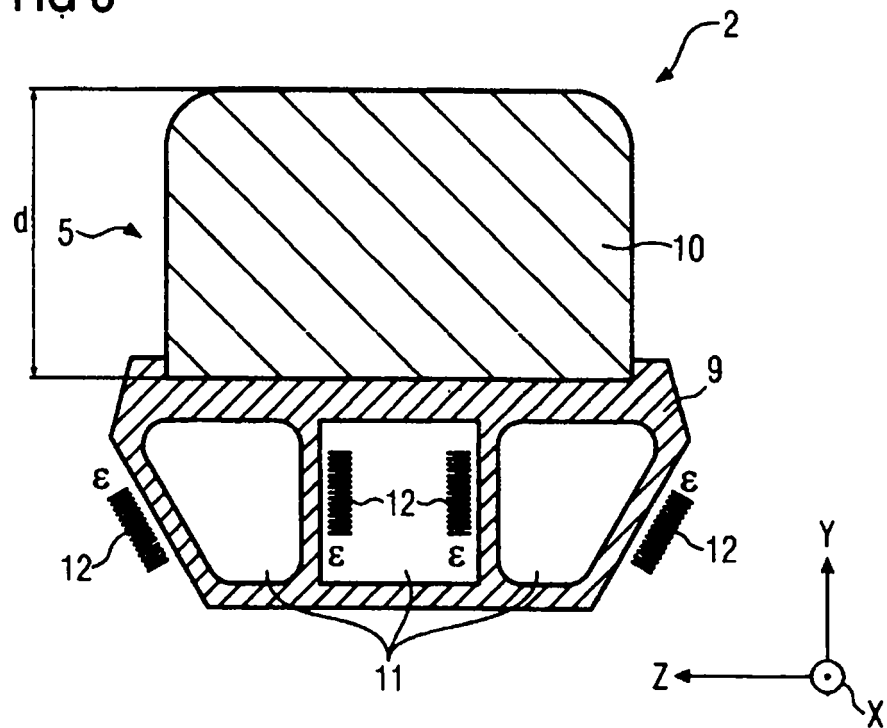


FIG 4

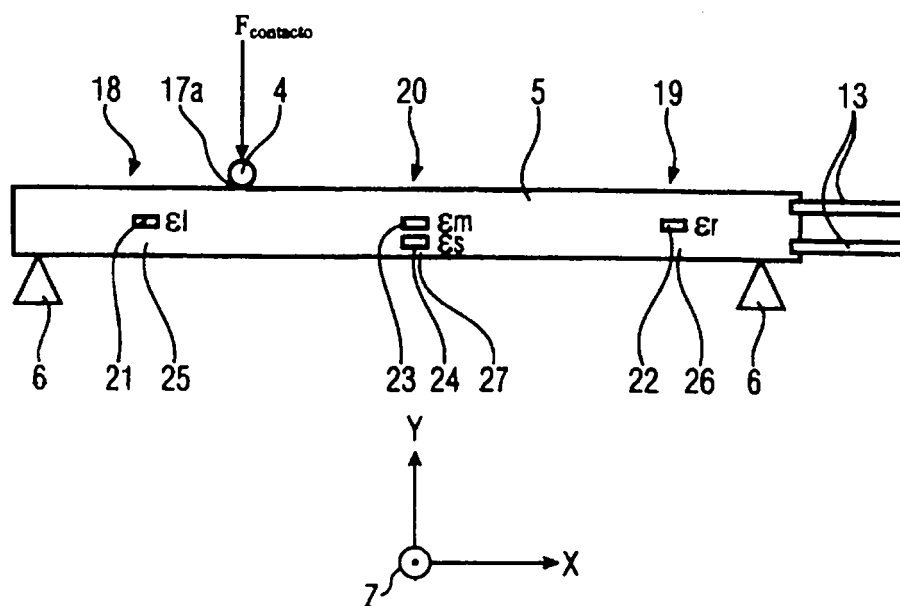


FIG 5

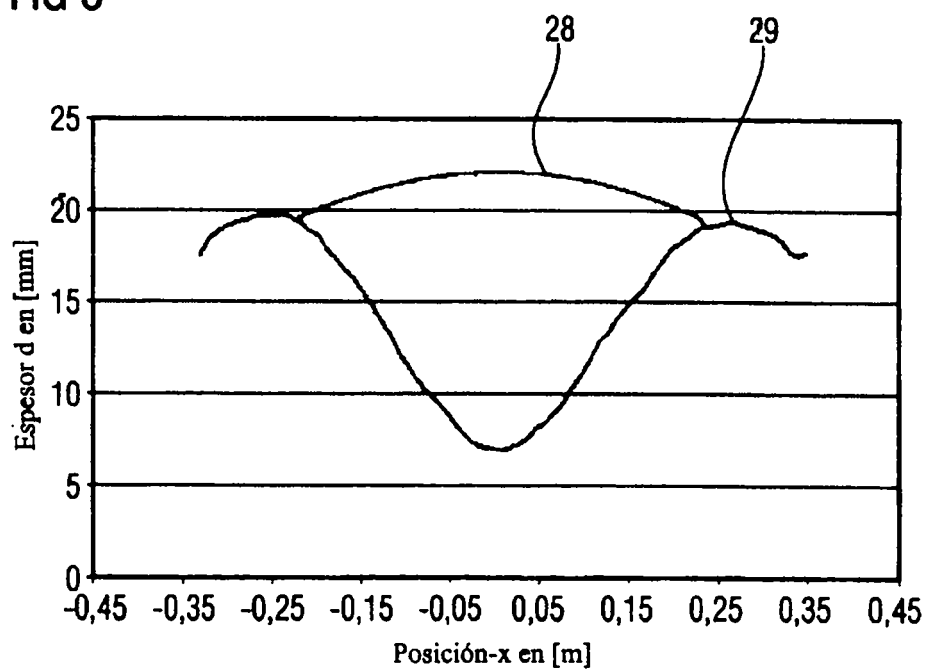


FIG 6

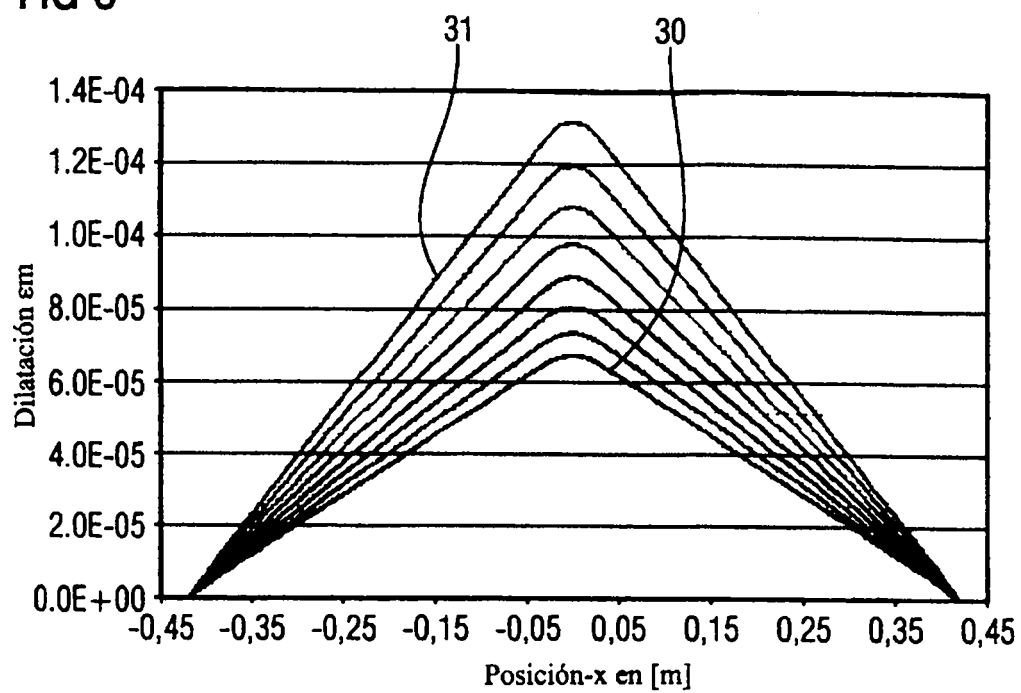


FIG 7

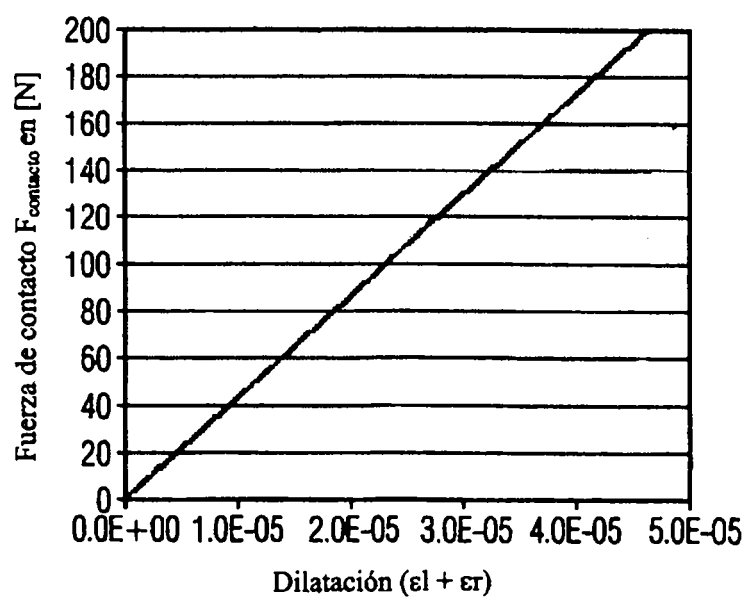


FIG 8

