

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 300**

51 Int. Cl.:  
**G01B 11/02** (2006.01)  
**G01B 11/14** (2006.01)  
**H02K 15/085** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08735119 .3**  
96 Fecha de presentación: **10.04.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2263063**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.12.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN SIN CONTACTO DE UNA DESVIACIÓN DE LOS COMPONENTES FUNCIONALES DE UNA CALZADA DE UN TRANVÍA FUNICULAR MAGNÉTICO ACCIONADO CON UN MOTOR LINEAL.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.12.2011**

73 Titular/es:  
**Draka Cable Wuppertal GmbH**  
**Dickestrasse 23**  
**42369 Wuppertal, DE**

72 Inventor/es:  
**FUNKEN, Peter;**  
**ROSIN, Christian y**  
**ENGST, Wilhelm**

74 Agente: **de Elizaburu Márquez, Alberto**

ES 2 371 300 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 y dispositivo para la medición sin contacto de una desviación de los componentes funcionales de una calzada de un tranvía funicular magnético accionado con un motor lineal

5 La invención se refiere a un procedimiento para la medición sin contacto por medio de instalaciones de medición, en el que se mide la desviación de los componentes funcionales de una calzada de un tranvía funicular magnético accionado con un motor lineal por medio de al menos un sistema de triangulación óptica desplazable a lo largo de la calzada, en el que al menos dos sensores de triangulación montados fijamente en un soporte desplazable y desviados geoméricamente por cada instalación de medición para los componentes funcionales se mueven a una velocidad determinable a lo largo de la calzada.

10 A tal fin se puede utilizar un sensor óptico de láser para la detección y medición sin contacto de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator, de la posición relativa de los paquetes de estator en la calzada en el tranvía funicular magnético y/ de las desviaciones verticales u horizontales de los componentes funcionales del vehículo funicular magnético y, en concreto, sobre el principio de la triangulación óptica.

El procedimiento mencionado al principio se puede deducir, por ejemplo, a partir del documento DE 100 11 117.

15 El principio de la triangulación utiliza el efecto de la dispersión de la luz de haz de iluminación que incide perpendicularmente sobre una superficie, siendo registrada la luz reflejada difusa bajo un ángulo de observación determinado desde un elemento sensor optoelectrónico. La posición del punto luminoso reproducido sobre el elemento sensor es evaluado para la determinación de la distancia del objeto de medición. Una condición previa es que la superficie del objeto no sea 100 % reflectante plana (es decir, un espejo), puesto que de lo contrario la curva de la luz sigue la ley de reflexión y no es posible una observación de un ángulo de visión oblicuo. En general, el comportamiento de dispersión de un objeto depende de su naturaleza superficial y de la longitud de onda de la luz. Convencionalmente, en la triangulación, el elemento sensor optoelectrónico (por ejemplo, sensor CCD) se encuentra en el plano de la imagen de un objetivo de recepción y está la mayoría de las veces bajo un ángulo entre 30 y 45° con respecto al haz de iluminación. Un desplazamiento del punto de medición sobre el objeto en la dirección del haz de iluminación tiene como consecuencia que de acuerdo con la ley de la reproducción óptica, se desplaza la posición del punto de la imagen en el plano de observación. Como valor de medición se detecta la posición del punto de la imagen.

20 Se conocen sistemas, que han intentado por medio de triangulación óptica, utilizando fuentes de láser industriales, mediciones de referencia sobre la posición exacta del arrollamiento del motor en los paquetes de estator de un tranvía funicular magnético, en particular de un Transrapid. Las mediciones realizadas de acuerdo con este método por medio de triangulación con fuentes de láser industriales y mediciones de referencia de los paquetes de estator / canto inferior del arrollamiento del motor con respecto a las superficies de conexión de los componentes funcionales (por ejemplo, soporte de estator), con objeto de la detección de la posición del arrollamiento del motor no han conducido a los resultados deseados:

35 La velocidad de medición posible era solamente 1-2 km/h condicionado por el procedimiento.

La exactitud de la medición, condicionada por la selección de las superficies de referencia y por la adición de las tolerancias de fabricación, era demasiado reducida y estaba en el intervalote > 4 mm.

Las mediciones en condiciones atmosféricas adversas, por ejemplo niebla, lluvia, proporcionaron valores inexactos.

40 Las vibraciones del vehículo de medición durante la transición sobre las uniones de los soportes falsificaron localmente los resultados de la medición.

Además, el procedimiento y el dispositivo estaban limitados en la aplicación a la detección de la posición del arrollamiento del motor y no eran adecuados para otras aplicaciones importantes del Transrapid como:

45 La medición de la caída de la posición de los paquetes de estator y de la posición del arrollamiento del motor una vez realizada la instalación en los soportes de la calzada como disminución de la calidad tenía una exactitud de medición demasiado reducida de > 4 m en lugar de < 1 mm.

Control periódico de la posición de los paquetes de estator a través de la medición de la desviación entre paquetes de estator adyacentes para establecer eventuales daños en la fijación, puesto que la exactitud de la medición con > 4 m en lugar de < 1 mm era demasiado reducida.

50 Medición de control de las desviaciones y torsiones de los carriles de guía y/o del plano de deslizamiento de los soportes de la calzada en la transición de los soportes debido a hundimientos de los apoyos y/o torsiones de los apoyos. Medición de control de las desviaciones y de las torsiones de los paquetes de

estator en la transición de los soportes debido a hundimientos de los apoyos y/o torsiones de los apoyos.

Integración posible de las instalaciones de medición directamente en el vehículo Maglev, puesto que la frecuencia de medición era demasiado reducida.

Como resultado está la aplicación de un procedimiento y un dispositivo de acuerdo con el estado de la técnica:

- 5 Poca rentabilidad debido a la larga duración de las mediciones y demasiado inexactas.
- Útiles sólo con limitaciones debido a la utilidad funcional sólo con buenas condiciones atmosféricas.
- Inadecuados para la cobertura de varias funciones de medición necesarias del Transrapid.

Por este motivo, para la cobertura de todas las funciones de medición necesarias se necesitan varias instalaciones con diferentes tecnologías, que inspeccionan la instalación en momentos diferentes.

- 10 Por lo tanto, el cometido de la invención es indicar un procedimiento del tipo mencionado al principio, que posibilita con medios técnicos sencillos elevar el campo de aplicación y, además, elevar también todavía en gran medida la velocidad y la exactitud de medición.

- 15 Este cometido se soluciona en un procedimiento del tipo mencionado al principio de acuerdo con la invención porque en este caso los sensores de triangulación trabajan de manera alterna como sensor de medición y como sensor de referencia, y en concreto con una fuente de radiación en la zona espectral ultravioleta, visible o infrarroja, en el que la luz reflejada difusa es registrada bajo un ángulo de observación determinado y la posición de la luz que incide sobre el sensor de medición es utilizada para la determinación de la desviación y en concreto con una velocidad de exploración, que detecta puntos de medición en el retículo < 1,5 m.

- 20 El núcleo de la invención reside en realizar con la ayuda de la utilización de dos sistemas de triangulación óptica una verificación de las desviaciones no deseadas con una velocidad y una exactitud, que son necesarias para un tranvía funicular magnético de alta velocidad, como por ejemplo el Transrapid.

Por lo demás, de esta manera es posible conseguir ventajas económicas claras a través de la utilización de un único sistema básico para todas las aplicaciones necesarias. Además, se simplifica en gran medida la aplicación tanto desde el punto de vista económico como también logístico.

- 25 De esta manera ha sido posible una única inspección para el control de la posición de los paquetes del estator y del arrollamiento del motor con evaluación correspondiente como un ejemplo de componentes funcionales.

- 30 En efecto, en general es necesario realizar diariamente la inspección de la posición del arrollamiento del motor. La inspección de los paquetes del estator se puede evaluar, sin embargo, debido a la redundancia y a la fijación, cada una a dos semanas. A pesar de todo, la resolución necesaria de las mediciones es más alta que en la verificación de la posición del arrollamiento del motor y se puede realizar entonces de forma selectiva en los tiempos con condiciones atmosféricas ventajosas.

- 35 Además, con la ayuda de la invención es posible realizar inspecciones de las desviaciones de los paquetes del estator y de las torsiones en la transición de los soportes. Aquí se mide una desviación de paquetes adyacentes del estator en la transición de los soportes y en el caso de anomalías, se puede realizar fácilmente una evaluación comparativa para realizar mediciones precoces.

Además, en el transcurso de la duración del funcionamiento, debido a hundimientos de los apoyos o torsiones de los apoyos, se pueden producir desviaciones de los componentes funcionales del sistema Transrapid o bien del sistema de tranvía funicular magnético más allá de la medida permitida. Estas desviaciones conducen igualmente a reducciones de la comodidad y, por lo tanto, deben corregirse por medio de ajustes de los cojinetes.

- 40 La instalación de medición se puede aplicar de múltiples maneras. Así, por ejemplo, es posible disponerla en un vehículo de inspección que se desplaza de forma convencional sobre ruedas o, en cambio, en la propia sección del vehículo tranvía funicular magnético.

- 45 Por lo demás, con la invención es posible realizar una determinación sin contacto y exacta de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator del tranvía funicular magnético, una determinación sin contacto y exacta de la posición relativa y absoluta de los paquetes del estator dentro de un soporte de mecanismo de traslación equipado del tranvía funicular magnético, una determinación sin contacto y exacta de las desviaciones relativas de los paquetes del estator en las transiciones de los soportes del vehículo tranvía funicular magnético en dirección vertical y horizontal así como una determinación sin contacto y exacta de las desviaciones relativas de los carriles de guía laterales y de los planos de deslizamiento en las transiciones de los soportes del vehículo tranvía funicular magnético en dirección vertical y horizontal.
- 50

De acuerdo con un desarrollo de la invención, está previsto que los componentes funcionales sean paquetes de estator o carriles de guía laterales y planos de deslizamiento y el soporte es desplazado en la dirección longitudinal con la estructura de medición.

5 Para la determinación de la posición de los paquetes del estator es ventajoso, además, que al menos una posición de medición se desplace a lo largo del lado exterior de los lados inferiores del paquete de estator.

Para que para la utilización de un tranvía funicular magnético de alta velocidad se pueda realizar una verificación a intervalos regulares, como ya se ha mencionado anteriormente, de una manera conveniente, en general, desde el punto de vista logístico, es ventajoso que la velocidad de desplazamiento de la estructura de medición sea al menos 100 km/h.

10 De acuerdo con un desarrollo de la invención, está previsto que se mida con una distancia de medición entre el sensor y el paquete de estator inferior o igual a 25 cm.

Para la supresión o prevención de contaminaciones y de influencias atmosféricas, es ventajoso que las ópticas utilizadas durante la medición sean impulsadas con una circulación de aire.

15 Para la reducción de las influencias de la luz solar sobre la exactitud de medición, es ventajoso que antes de la entrada de la luz en las ópticas, la luz sea filtrada óptimamente o sea conducida a través de una disposición de intersticio.

20 Evidentemente, es suficiente utilizar solamente un punto luminoso reflejado para la determinación de las desviaciones. Pero es más ventajoso que se utilice una sección luminosa para la radiación del paquete de estator / arrollamiento del rotor o para desviaciones del paquete de estator o desviaciones de los carriles de guía laterales o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas los paquetes de estator con los elementos de soporte y que se emplee solamente una fuente de radiación así como se realice la detección de las señales con una línea CCD en el ángulo de observación de 30-45° con respecto a la dirección de la excitación.

25 Con respecto a las cabezas de los tornillos hay que decir en este caso que cada paquete del estator está fijado por medio de tres traviesas incorporadas en unión por aplicación de fuerza y están fijados dos tornillos M-20 en cada caso con el armazón sustentante. Esta fijación posee coeficientes de seguridad muy altos, puesto que según los cálculos serían suficientes cuatro tornillos del tamaño M-12. Pero a pesar de todo hay que indicar que los tornillos solamente fallan como consecuencia de fallos del material o de la pérdida de la tensión previa. Entonces se producen fuerzas de flexión, que pueden conducir a que se rompa el tornillo. Puesto que hasta ahora no se ha encontrado ningún sistema que detecte la presencia segura de la tensión previa del tornillo, se han incorporado redundancias en forma de una ranura de cola de milano, que se encuentran en la pieza de hormigón / acero del armazón sustentante. De esta manera, se consigue que en el caso de un fallo de uno o de varios bulones, el paquete del estator solamente se pueda hundir verticalmente menos de 2 mm y se mantenga en la redundancia. Como se conoce, una bajada incontrolada de un paquete de estator más de 4 a 5 mm es un punto de peligro extraordinariamente serio, puesto que entonces se produce una colisión con el vehículo con todas las consecuencias ya conocidas.

30

35

Con la redundancia se consigue lo siguiente. Existen tres ejes de fijación, que están constituidos en cada caso por traviesas con dos tornillos M20, respectivamente.

En el caso de fallo de un tornillo de una traviesa discrecional, no se manifiesta nada, puesto que los otros tornillos continúan soportando con seguridad el paquete del estator.

40 El fallo de dos tornillos de traviesas diferentes no manifiesta tampoco nada, puesto que los otros tornillos soportan con seguridad el paquete del estator.

En el caso de fallo de dos tornillos de la traviesa centra, no se manifiesta nada, puesto que los otros tornillos continúan soportando con seguridad el paquete del estator.

45 En el caso de fallo de dos tornillos de una de las traviesas exteriores se manifiesta un intersticio en esta traviesa, que es, sin embargo, menor que el que sería necesario para una detección.

50 Solamente en el caso de fallo de los tornillos de una traviesa central y de una traviesa exterior o de todos los tornillos se hunde el paquete del estator hasta el punto de que es posible una detección. Pero el proceso de daños avanza siempre de forma progresiva, es decir, que después del fallo de la fijación de un eje exterior y después de una pérdida pequeña de tensión de los otros tornillos, resulta un intersticio pequeño, que permite tensiones de flexión, que dañan después de algún tiempo poco a poco los tornillos de las traviesas vecinas del paquete de estator respectivo.

Pero la detección de las cabezas de los tornillos se puede realizar de tal manera que sólo debe detectarse una presenta o una ausencia de la cabeza, para poder tomar las medidas necesarias antes que en el caso de la

utilización de redundancias.

5 Una detección de este tipo de los tornillos de las traviesas puede hacer totalmente innecesaria la redundancia para el soporte de fijación de la traviesa. De ello se deduce que con la ayuda de esta verificación de las cabezas de los tornillos se pueden fabricar las vías de tranvía funicular con un gasto considerablemente más reducido, puesto que entonces no deben fijarse ya piezas de redundancia con ranuras de cola de milano en el armazón de hormigón o de acero y tampoco las traviesas deben tener una forma correspondiente a esta ranura de cola de milano. Entonces, fuera del paquete de estator pueden encontrar aplicación traviesas esencialmente en forma de paralelepípedo.

10 Una forma de realización igualmente ventajosa como la que se acaba de indicar es posible cuando se emplea un haz de conductores de luz para la iluminación y detección de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator para desviaciones del paquetes de estator en la transición de los soportes o para desviaciones de los carriles de guía laterales en la transición de los soportes o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas los paquetes de estator con los elementos de soporte, empleando para todos los elementos sensores solamente una fuente de radiación y estando el ángulo entre las fibras de excitación y las fibras de observación en el intervalo de 30-45°.

15 Por lo demás, se puede prever de manera ventajosa que la fuente de radiación trabaje de forma continua o por impulsos.

Es especialmente ventajoso que la detección de las señales se realice a través de un elemento sensor optoelectrónico, siendo el elemento sensor una CCD o un diodo sensible a la posición.

20 Para el desplazamiento del dispositivo de soporte o bien del soporte para el dispositivo de medición se pueden utilizar diferentes posibilidades, de manera que es posible, por ejemplo, que el sistema sensor esté dispuesto sobre un vehículo de medición o una sección de un vehículo funicular magnético para la detección rutinaria de la posición del arrollamiento del motor o de las desviaciones de los paquetes de estator en la transición de los soportes o de las desviaciones de los carriles de guía laterales en la transición de los soportes.

25 Además, un desarrollo de la invención prevé que el sistema sensor ilumine el paquete de estator desde abajo y los carriles de guía laterales desde el lado, pudiendo ser utilizadas ambas funciones por medio de una única fuente de radiación (haz de conductores de luz).

30 Para que ya durante el montaje de los pilares de apoyo individuales y también de las partes de la calzada se pueda trabajar con precisión extraordinaria, es ventajoso que el sistema sensor sea emplead para la medición de la posición del estator y de la posición del arrollamiento del motor directamente durante el equipamiento de los soportes de la calzada con los componentes funcionales para el control de calidad.

35 Para la verificación de la exactitud durante la construcción de la calzada del tranvía funicular magnético y también solamente para la verificación de la exactitud de trabajo del personal de trabajo, es ventajoso que el sistema sensor se utilice para la medición de la posición de los paquetes de sensor, de las desviaciones de los carriles de guías laterales, de los planos de deslizamiento y de la posición del arrollamiento del motor, o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas los paquetes del estator con los elementos de soporte, después de la instalación de la calzada en el lugar de las obras para el control de calidad. Si no se realizarse ninguna operación de circulación durante tiempos determinados, por ejemplo durante los tiempos de mantenimiento, entonces es ventajoso que el sistema sensor sea utilizado para la medición de la posición de los paquetes de estator, de las desviaciones de los carriles de guía laterales o de la posición del arrollamiento del motor, o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas los paquetes de estator con los elementos de soporte, como medición rutinaria antes de la reanudación del funcionamiento por medio del vehículo de servicio o de una sección de funicular magnético.

A las velocidades de medición deseadas es ventajoso que la fuente de radiación sea una fuente láser.

45 Evidentemente, es posible utilizar este procedimiento para todos los tranvías funiculares magnéticos con accionamiento de motor lineal. Pero es ventajoso que el tranvía funicular magnético sea un Transrapid.

Otras características y ventajas de la invención se deducen a partir de la siguiente descripción de diferentes ejemplos de realización así como a partir de las figuras, a las que se hace referencia. En este caso:

50 La figura 1 muestra un concepto del sistema de la triangulación por láser para la determinación de la posición LSW en el tranvía funicular magnético con sensor de medición y sensor de referencia alterno para la medición simultánea en dos posiciones en el paquete de estator y, en concreto, en la figura 1a como vista general y en la figura 1b en una vista lateral.

La figura 2 muestra un sistema de triangulación por láser para la supervisión de la posición de los cables en el paquete de estator utilizando secciones luminosas y un láser de microchip de impulsos como fuente del rayo.

La figura 3 muestra un sistema de triangulación por láser acoplado con fibras para la supervisión de la posición de los cables en el paquete de estator utilizando haces de conductores de luz y láser de microchip de impulsos como fuente del rayo.

5 La figura 4 muestra un diagrama para la representación de a compensación de oscilaciones / vibraciones a través del registro alterno de datos con sensor de medición y sensor de referencia de acuerdo con la disposición de la figura 1 para sensores de triangulación por láser de 20 k/Hz, en el que se muestran cinco arrollamientos de cable.

La figura 5 muestra un diagrama para la representación de mediciones de triangulación por láser bajo luz solar extrema para cinco guías de cables de acuerdo con una disposición de la figura 1 con elementos de 20 k/Hz; y

10 Las figuras 6a-c muestran una vista inferior, una vista lateral así como una vista en perspectiva de un paquete de estator, como se utiliza todavía actualmente.

Varios ejemplos de realización del procedimiento de acuerdo con la invención se describen a continuación con la ayuda de dispositivos, que se pueden utilizar para el procedimiento, pero que no son objeto de la invención.

15 Con la ayuda de las figuras 1 a 6 se describen en detalle a continuación varios ejemplos de realización de un sistema de triangulación 10. En este caso, los mismos signos de referencia significan siempre los mismos componentes, al menos en principio.

Aunque esto es aplicable para todos los tranvías funiculares magnéticos, en esta descripción se hace referencia aquí al tranvía funicular magnético Transrapid.

20 Durante la supervisión de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator del tranvía funicular magnético debe realizarse una inspección del desplazamiento de altura posible de los cables de estator 20 en al menos dos posiciones diferentes transversalmente al paquete de estator. La velocidad del vehículo de inspección y, por lo tanto, la de la medición debe ser al menos  $100 \text{ kmh}^{-1}$ . La resolución de la profundidad es  $< 1 \text{ mm}$ , que corresponde a la exactitud de medición de la posición del arrollamiento del motor en dirección vertical. Si debe alcanzarse una resolución local de  $< 1 \text{ mm}$ , entonces la resolución de tiempo del sensor de triangulación por láser debe ser  $>> 30 \text{ kHz}$ .

25 En concepto de la triangulación óptica para la determinación de la posición LSW o bien de la posición de los cables del estator 20 en el tranvía funicular magnético se muestra en la figura 1.

Se utilizan al menos dos sensores 12 y 14, que trabajan de forma alterna como sensor de medición y sensor de referencia.

30 Puesto que la distancia entre las guías de cables 20a individuales sobre la longitud de un soporte de la calzada es casi constante, esto se puede realizar fácilmente a través de una desviación ajustada fijamente entre los dos sensores 12 y 14.

35 Los sensores 12 y 14 están alineados en este caso sobre los lados exteriores de los paquetes de estator, de manera que se puede determinar la posición de los cables 20 en el paquete de estator de forma unívoca con dos sensores láser 12 y 14, sin que deba incorporarse otro sensor para mediciones de referencia para la compensación de oscilaciones mecánicas del vehículo de medición o vibraciones.

Los datos de los sensores 12, 14 son leídos a través de una tarjeta AD y son evaluados en un ordenador que se encuentra en el vehículo de medición, por ejemplo un ordenador portátil, a través de simple formación de la diferencia.

40 Puesto que se mide cada ranura del estator 32, que recibe un cable de estator 20, se pueden numerar fácilmente las ranuras respectivas del estator 32 y se pueden adoptar las posiciones medidas de los cables como valores absolutos, de manera que a cada cable de estator 20 se puede asignar una posición absoluta en mm.

45 Con la ayuda de esta evaluación se crea un protocolo de medición, que supervisar y documentar directamente (en tiempo real) la posición LSW de cada guía de cable individual. En caso de previsión de una tolerancia correspondiente, se puede emitir de esta manera inmediatamente una alarma, cuando la posición excede el valor límite prescrito. Este principio de medición se puede emplear tanto en la inspección diaria como también para el control de calidad durante la integración de los componentes funcionales de la calzada 18 como paquetes de estator, arrollamiento del motor, etc.

50 De manera alternativa, en lugar de varios sensores 12, 14 individuales se puede emplear un elemento sensor individual por cada paquete de estator 34. A tal fin, el rayo láser a través de una óptica de lentes cilíndrica 26 no se reproduce en forma de puntos, so en forma de trazos sobre el paquete de estator 34. Con objetivos adecuados se puede reproducir ahora a partir del plano del foco, respectivamente, un punto sobre un detector, por ejemplo cámara CCD o línea CCD 24 y de esta manera se puede medir la posición de los cables de estator 20 en el paquete de

estator 34 de acuerdo con el principio descrito anteriormente de la triangulación.

5 La resolución de la altura es si problemas  $< 1$  mm y la resolución del tiempo es al menos 30 kHz. La ventaja de esta disposición reside en que solamente se necesita una fuente de luz 22, se puede medir al mismo tiempo un número mayor de puntos de medición y se pueden conseguir resoluciones de tiempo claramente por encima de 20 kHz. El principio de esta aplicación se muestra en la figura 2.

10 Otra alternativa frente a los sistemas conocidos hasta ahora consiste en la utilización de haces de conductores de luz 30 para la distribución de la fuente de luz láser 22. Los sensores de láser individuales iluminan entonces en cada caso posiciones individuales sobre el paquete de estator 34, y las desviaciones de las posiciones son detectadas entonces por medio de detectores sensibles a la posición (PSD). Puesto que aquí se trata de señales analógicas, la consecución de resoluciones locales  $< 1$  mm no es tampoco ningún problema técnico.

Una ventaja del empleo de láser de microchip 22 frente a al láser de diodos empleados convencionalmente es la potencia de salida comparativamente esencialmente más elevada, la radiación de impulsos y la utilización de longitudes de ondas en la zona espectral infrarroja, que posibilitan de manera relativamente sencilla una supresión de la luz solar durante el registro de la señal.

15 El principio de esta disposición se muestra en la figura 3. Además, a través del empleo de los conductores de luz 30 hace posible alimentar los paquetes de estator de los motores lineales del Transrapid. Integrados a ambos lados de la calzada, con una única fuente de luz láser 22.

20 La exactitud de la triangulación óptica en objetos de medición móviles depende esencialmente de la tasa de exploración de los sensores 12, 14 empleados. En esta aplicación, debe conseguirse una velocidad mínima de  $100 \text{ kmh}^{-1}$ . Una tasa de exploración de 20 kHz da como resultado, para una velocidad del vehículo de medición, por ejemplo, de  $120 \text{ kmh}^{-1}$ , el registro de puntos de medición en el retículo de 1,7 mm. La distancia de medición típica entre sensores 12, 14 y objeto de medición es 15 cm.

25 Otro campo de problemas, que se soluciona a través de los procedimientos de acuerdo con la invención precisamente también con respecto a la aplicación práctica, se refiere a la desconexión de la influencia de la lluvia o bien de la niebla sobre la exactitud de medición de la triangulación. En el caso normal se observa un empeoramiento drástico de las señales de medición registradas. La señal de fondo, por ejemplo la señal de redispersión desde la superficie del paquete de estator, es esencialmente mas ruidosa frente a una superficie seca y las dos posiciones de los cables, señal y referencia, no se pueden resolver ya exactamente. Una explicación es la dispersión adicional de la radiación láser en las gotitas de agua en el aire en el camino entre la superficie y el elemento sensor.

30 De acuerdo con la invención, aquí la ayuda se puede realizar de diferentes maneras y a través de su combinación:

- utilización de una longitud de onda láser, que está desplazada en la zona espectral infrarroja, aquí la porción de la dispersión de Mie y Rayleigh, en comparación con la radiación láser utilizada, a 650 nm es claramente menor,
- reducción de la distancia del láser con respecto a la superficie de medición, entonces son posibles menos procesos de dispersión con gotitas de agua,
- utilización de un sistema con tasa de exploración elevada, con lo que se puede promediar sobre un número mayor de puntos de medición y de esta manera las señales dispersas no tienen ya tanta importancia.

40 Los ensayos de dispersión siguientes en condiciones de niebla pulverizada con diferentes longitudes de onda 650 nm, 1064 nm y 1550 nm, muestran que para longitudes de onda desplazadas infrarrojas se puede conseguir una mejora de los resultados de medición hasta un 20 %.

Para la aplicación práctica del procedimiento de medición en el Transrapid se emplean con éxito distancias de medición optimizadas y una tasa de exploración alta para la resolución del problema.

45 La influencia de la exactitud de medición alcanzable en función de vibraciones mecánicas tiene una gran importancia igualmente para aplicaciones en el Transrapid. La disposición de ensayo desarrollada con al menos dos sensores desplazados según la figura 1 no muestra ninguna influencia para vibraciones inducidas.

La figura 4 muestra datos de medición para ensayos para la medición de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator, cuando se inducen artificialmente vibraciones en el paquete de estator. También en estas condiciones, la exactitud de medición absoluta es  $< 0,1$  mm. De esta manera, se pueden identificar de manera unívoca desviaciones de cables para las guías de cables 2 y 4 en el lado derecho.

50 Otro aspecto importante para aplicaciones prácticas de esta técnica de medición es la posible influencia de la radiación de luz solar directa sobre los sensores de triangulación láser 12 y 14.

Si se reproduce luz solar al mismo tiempo sobre el elemento sensor 12, 14, esto genera sobre la línea CCD 24 igualmente una señal de medición (fondo), que es, dado el caso, esencialmente mayor que la señal de luz dispersa inducida por el láser 22. En este caso no es posible ya en el caos normal una medición de propiedades de la superficie, es decir, la determinación de la posición LSW.

5 Este fondo se puede reducir en una medida significativa a través de la utilización de filtros de interferencia de banda estrecha, que solamente presentan una permeabilidad, por ejemplo en la longitud de ondas láser de 650 nm, o de filtros de polarización adecuados. Sin embargo, debería evitarse una radiación directa del elemento sensor 12, 14 con luz solar perpendicularmente a la superficie del sensor, también en presencia de los filtros mencionados anteriormente. El empleo de una pantalla 26 de forma cilíndrica sobre el sensor 12, 14 reduce adicionalmente los efectos de dispersión de la luz solar.

Si los sensores de triangulación óptica según las figuras 1, 2 o 3 están dispuestos en el lado inferior del paquete de estator, como se puede realizar en la aplicación práctica en el Transrapid, entonces se excluye también una radiación directa de los sensores con luz solar.

15 La figura 5 muestra mediciones de triangulación en el paquete de estator bajo radiación de luz solar. Las desviaciones geométricas reducidas, < 1mm, de la posición del arrollamiento del motor se pueden identificar también sin problemas en estas condiciones.

En las figuras 6a a 6c se representan diferentes vistas de un paquete de estator 34 individual. En este caso, cada paquete de estator 34 se mantiene por medio de traviesas 36 en los paquetes de estator 34 mostrados. Estas traviesas 36 son fijadas por medio de bulones en la zona inferior del mecanismo de traslación, pero actualmente utilizando una redundancia adicional. Esta redundancia consiste en que en la zona inferior del mecanismo de traslación de la calzada están fijadas piezas de acero con ranuras en forma de cola de milano, en las que encajan los lados longitudinales libres de las traviesas 36 que están configurados igualmente en forma de cola de milano (negativo). La redundancia consiste en este caso en que las ranuras en forma de cola de milano presentan un altura tal que en el caso de una rotura de un tornillo o de los dos tornillos de una traviesa 36, la traviesa 35 se pueda hundir como máximo 2 mm y sea retenida siempre todavía por la pieza redundante con ranura elaborada, que está fijada en el almacén de hormigón / acero.

Por razones de seguridad, la fijación para el paquete de estator 34 está constituida actualmente por tres traviesas 36 con dos tornillos M-20, respectivamente, que se introducen en el almacén de hormigón / acero de la calzada.

30 Con respecto a las cabezas de los tornillos hay que decir en este caso que cada paquete de estator 34 está fijado por medio de tres traviesas 36 incorporadas en unión por aplicación de fuerza y por medio de dos tornillos M-20, respectivamente, con el almacén. Esta fijación posee coeficientes de seguridad muy altos, puesto que por cálculo serían suficientes cuatro tornillos del tamaño M-12. Pero a pesar de todo hay que indicar que los tornillos solamente fallan como consecuencia de defectos del material o pérdida de la tensión previa. Entonces se producen fuerzas de flexión, que pueden conducir a que se rompa el tornillo. Puesto que hasta ahora no se ha encontrado ningún sistema que detecte la presencia segura de la tensión previa del tornillo, han sido incorporadas redundancias en forma de una ranura de cola de milano, que se encuentran en la parte de hormigón / acero del almacén de soporte. De esta manera se consigue que en el caso de un fallo de uno o varios bulones, el paquete de estator solamente se pueda hundir verticalmente menos de 2 mm y se mantiene en la redundancia. Como se conoce, un hundimiento incontrolado de un paquete de estator sobre 4 a 5 mm es un punto de peligro extraordinariamente serio, puesto que entonces se produce la colisión con el vehículo con todas las consecuencias ya conocidas.

Pero la detección de las cabezas de los tornillos se puede realizar detectando solamente una presencia o ausencia de la cabeza, para poder tomar entonces las medidas necesarias.

45 Una detección de este tipo de estos tornillos de las traviesas puede hacer totalmente innecesaria la redundancia para la retención de la traviesa. De ello se deduce que con la ayuda de esta verificación de las cabezas de los tornillos, se puede fabricar la vía de tranvía funicular con un gasto considerablemente más reducido, puesto que entonces no deben fijarse ya piezas de redundancia con ranuras de cola de milano en el almacén de hormigón o de acero y tampoco las traviesas deben tener una forma correspondiente a esta ranura de cola de milano. Entonces, fuera del paquete de estator pueden encontrar aplicación traviesas esencialmente en forma de paralelepípedo.

50 La triangulación óptica con la disposición descrita según las figuras 1 a 3 se puede aplicar con éxito para la determinación sin contacto de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator en las siguientes condiciones:

- Los sensores de triangulación 12, 14 deberían presentar, a ser posible, una tasa de exploración de al menos 20 kHz, para que se garantice una velocidad del vehículo de medición de  $> 110 \text{ kmh}^{-1}$ , y la exactitud alcanzada de la resolución de profundidad sea mejor que 0,2 mm. A través del empleo de láser de microchip de impulsos 22 según la disposición de las figuras 2 y 3 se pueden conseguir tasas de

exploración claramente más elevadas.

- Si la distancia de medición entre el sensor y el paquete de estator es  $< 15$  cm, entonces se pueden tolerar influencias de vapor de agua, lluvia y niebla pulverizada, siendo la exactitud alcanzable de la resolución de profundidad  $< 0,35$  mm.
- 5 - La ocupación de las ópticas (ventanas) de los sensores 12, 14 con contaminaciones se puede limpiar a través de corrientes de ataque configuradas de forma adecuada durante la operación de marcha con aire ambiental.
- La luz solar no influye sobre la exactitud de medición de la disposición descrita, especialmente cuando se utilizan filtros de interferencia y/o filtros de polarización delante del sensor 12, 14. Una pantalla 26 de forma cilíndrica delante del sensor 12, 14 impide adicionalmente la luz solar dispersa.
- 10 - La disposición desplazada de acuerdo con la invención de al menos 2 sensores 12, 14, que funcionan como sensor de medición y sensor de referencia, sirve de manera muy eficiente para la compensación de interferencias / vibraciones mecánicas.
- Las disposiciones del sistema mostradas en las figuras 1 a 3 se pueden aplicar en un vehículo de servicio y/o en una sección del vehículo Transrapid, de manera que se puede medir rutinariamente la posición del arrollamiento del motor.
- 15

Los datos brutos se pueden inscribir a través de una tarjeta de conversión AD en un ordenador portátil PC, allí se pueden procesar de manera correspondiente y las posiciones absolutas determinadas de los cables para el lado izquierdo y el lado derecho del paquete de estator son depositadas a continuación en un fichero, que sirve como protocolo de medición. Las guías de cables o bien ranuras de estator 32 respectivas se numeran de forma correlativa, de manera que las desviaciones locales de la posición de los cables se pueden asociar a la posición correspondiente de los cables en el paquete de estator. Los datos mostrados sirven para la documentación de la calidad fabricada de un paquete de estator ocupado con el arrollamiento de motor ya inmediatamente después de la producción como también para la supervisión rutinaria del trayecto del Transrapid en conexión con un vehículo de servicio.

20

25

**Lista de signos de referencia**

- 10 Sistema de triangulación
- 12 Primer sensor de triangulación / sensor
- 14 Segundo sensor de triangulación / sensor
- 30 16 Soporte
- 18 Calzada
- 20 Estator / cable de estator
- 20a Guía del cable
- 22 Fuente de radiación
- 35 24 Línea CCD
- 26 Óptica
- 28 Sección luminosa
- 30 Haz de conductores de luz
- 32 Ranura de estator
- 40 34 Paquete de estator
- 36 Traviesa
- 38 Taladro de tornillo

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Procedimiento para la medición sin contacto por medio de instalaciones de medición, en el que se mide la desviación de los componentes funcionales de una calzada (18) de un tranvía funicular magnético accionado con un motor lineal por medio de al menos un sistema de triangulación óptica (10) desplazable a lo largo de la calzada (18), en el que al menos dos sensores de triangulación (12, 14) montados fijamente en un soporte (16) desplazable y desviados geoméricamente por cada instalación de medición para los componentes funcionales se mueven a una velocidad determinable a lo largo de la calzada (18), caracterizado porque en este caso los sensores de triangulación (12, 14) trabajan de manera alterna como sensor de medición y como sensor de referencia (12, 14), y en concreto con una fuente de radiación (22) en la zona espectral ultravioleta, visible o infrarroja, en el que la luz reflejada difusa es registrada bajo un ángulo de observación determinado y la posición de la luz que incide sobre el sensor de medición (12, 14) es utilizada para la determinación de la desviación y en concreto con una velocidad de exploración, que detecta puntos de medición en el retículo < 1,5 m.
- 10 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los componentes funcionales son paquetes de estator (34) o carriles de guía laterales y el soporte (16) se desplaza en dirección longitudinal con una estructura de medición.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque se desplaza al menos a través de una posición de medición a lo largo del lado exterior del paquete de estator (34).
- 20 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la velocidad de desplazamiento del soporte (16) es al menos 100 km/h.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque se mide con una distancia de medición entre el sensor (12, 14) y el paquete de estator (34) inferior o igual a 25 cm.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque las ópticas (26) utilizadas en la medición se impulsan con una circulación de aire.
- 25 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque antes de la entrada de la luz en las ópticas (26), se filtra óptimamente la luz o se conduce a través de una disposición de intersticio.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque se utiliza una sección luminosa para la radiación del paquete de estator / arrollamiento del motor o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas (36) los paquetes de estator (34) con los elementos de soporte (16), o se utilizan desviaciones de paquetes de estator o desviaciones de carriles de guía laterales, y solamente se emplea una fuente de radiación (22) así como se lleva a cabo la detección de la señal con una línea CCD (24) en el ángulo de observación de 30° - 45° con respecto a la dirección de la excitación.
- 30 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque se emplea un haz de conductores de luz (30) para la iluminación y detección de la posición del arrollamiento del motor en el paquete de estator (34) para desviaciones del paquete de estator en la transición del soporte o desviaciones de los carriles de guía laterales en la transición de soporte o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas (36) los paquetes de estator (34) con los elementos de soporte (16), en el que para todos los elementos sensores (12, 14) se emplea solamente una fuente de radiación (22) y el ángulo entre las fibras de excitación y las fibras de observación está en el intervalo de 30° - 45°.
- 40 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la fuente de radiación (22) trabaja de forma continua o a impulsos.
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la detección de las señales se realiza a través de un elemento sensor optoeléctrico, en el que el elemento sensor es una CCD o un diodo sensible a la posición.
- 45 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque el sistema sensor se dispone sobre un vehículo de medición o sobre una sección de un vehículo funicular magnético para la detección rutinaria de la posición del arrollamiento del motor o de las desviaciones del paquete de estator en la transición de soporte o de las desviaciones de los carriles de guía laterales en la transición de soporte o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas (36) los paquetes de estator (34) con los elementos de soporte (16).
- 50 13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque el sistema sensor (12, 14) ilumina el paquete de estator (34) desde abajo y los carriles de guía laterales desde el lado.
- 14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque el sistema sensor (12,

14) solamente se emplea para la medición de la posición del estator y de la posición del arrollamiento del motor directamente en el caso de equipamiento de los soportes de la calzada con los componentes funcionales para el control de calidad.

5 15.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque el sistema sensor se emplea para la medición de la posición de los paquetes de estator, de las desviaciones de los carriles de guía laterales y de la posición del arrollamiento del motor o de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas (36) los paquetes de estator (34) con los elementos de soporte (16), después de la instalación de la calzada (18) en el lugar de las obras para el control de calidad.

10 16.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque el sistema sensor se emplea para la medición de la posición de los paquetes de estator, de las desviaciones de los carriles de guía laterales y para la detección de las cabezas de los tornillos, que conectan a través de traviesas (36) los paquetes de estator (34) con los elementos de soporte (16), de la posición del arrollamiento del motor como medición de rutina durante los tiempos libres de funcionamiento por medio del vehículo de servicio o de una sección del funicular magnético.

15 17.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque la fuente de radiación (22) es una fuente láser.

18.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado porque el tranvía funicular magnético es un Transrapid.

20

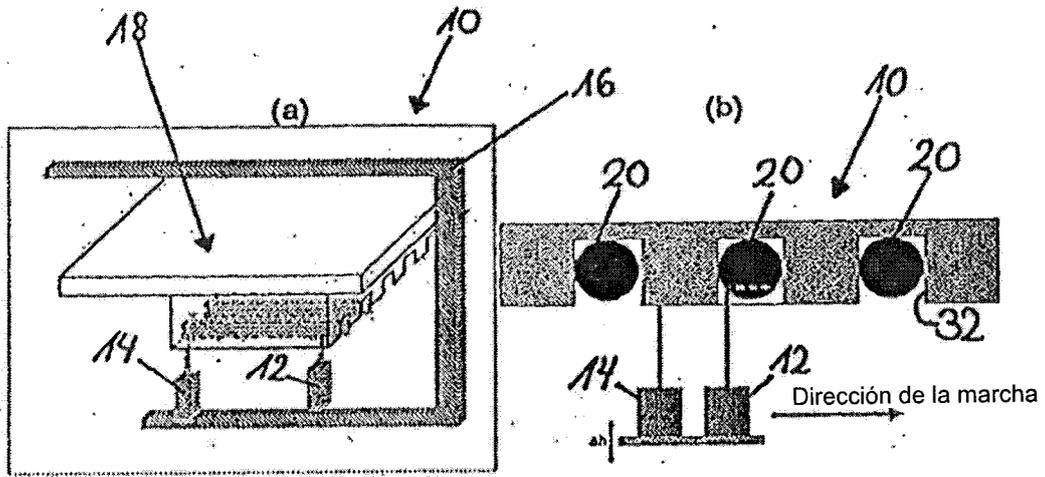


Fig. 1

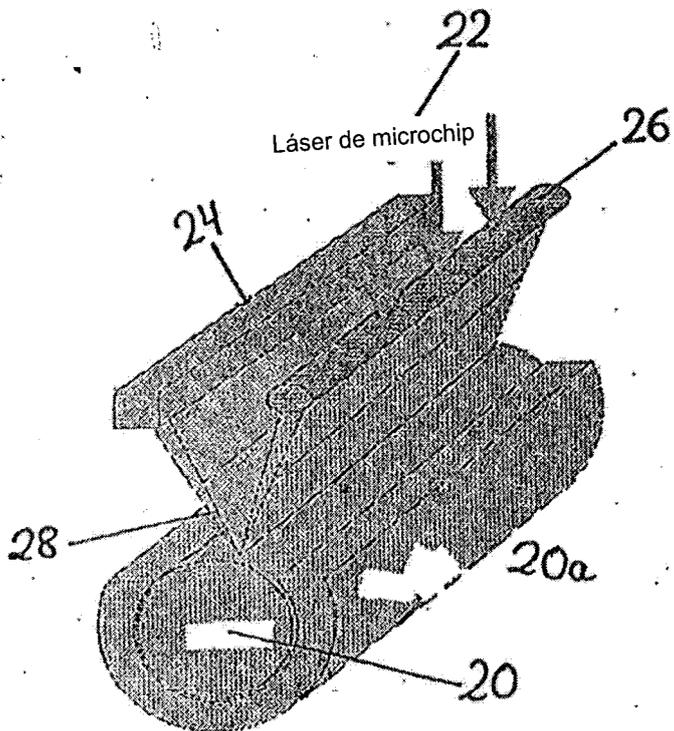


Fig. 2

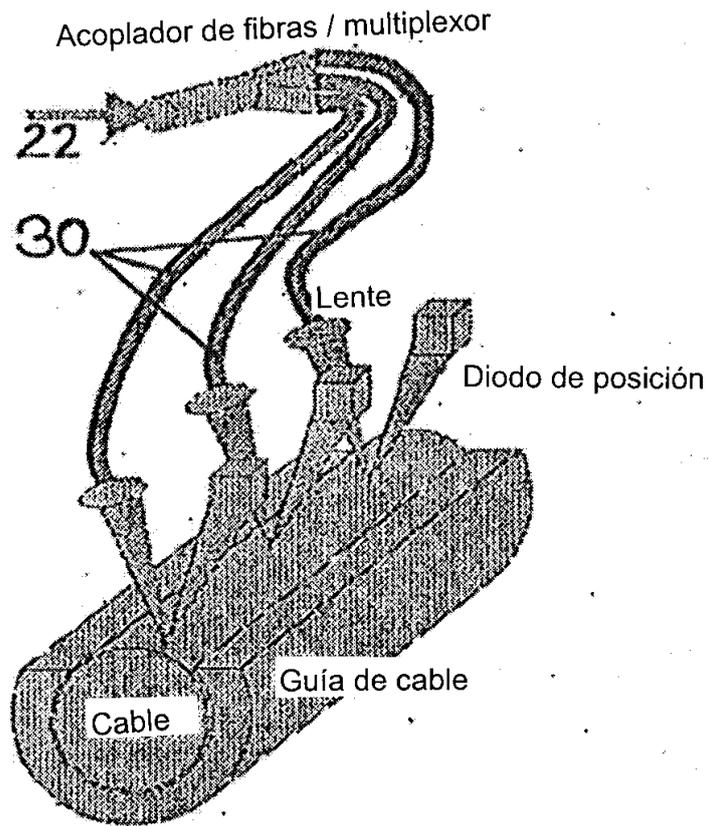


Fig.3

Fig.4

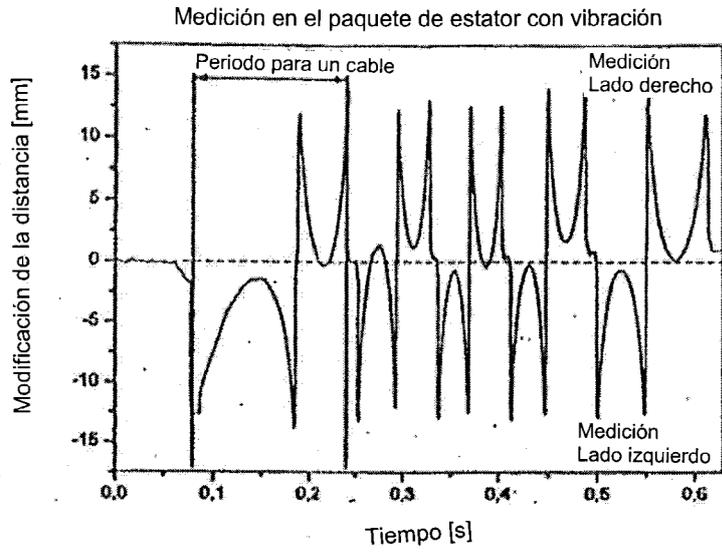
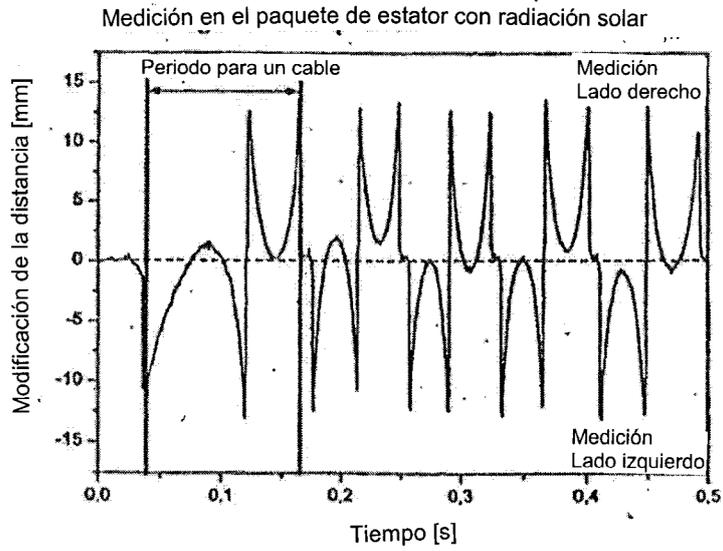


Fig.5



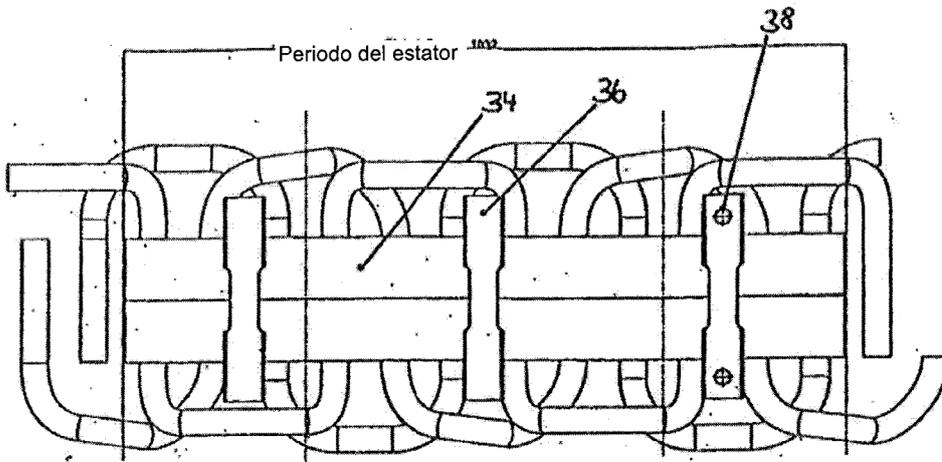


Fig. 6a

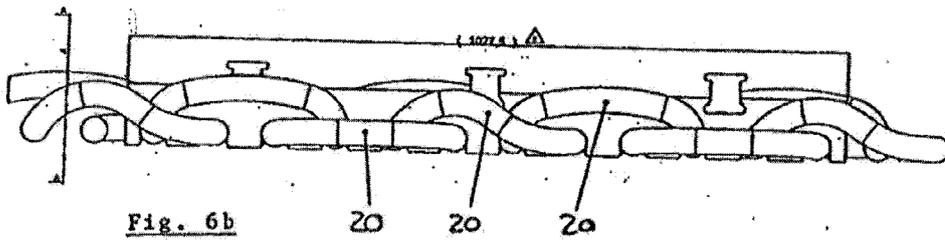


Fig. 6b

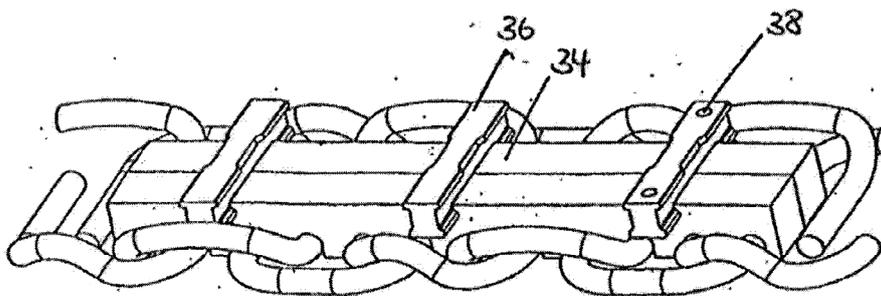


Fig. 6c