

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 836**

51 Int. Cl.:  
**G01M 17/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08290887 .2**  
96 Fecha de presentación: **19.09.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2166333**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.03.2010**

54 Título: **Dispositivo verificable de monitorización de vibraciones y método**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.06.2012**

73 Titular/es:  
**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH  
SCHÖNEBERGER UFER 1  
10785 BERLIN, DE**

72 Inventor/es:  
**Baert, Mike**

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

ES 2 382 836 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

Dispositivo verificable de monitorización de vibraciones y método.

Campo técnico de la invención.

5 La invención hace referencia a un dispositivo de monitorización de vibraciones y más específicamente a un dispositivo de monitorización de vibraciones verificable para su utilización en condiciones severas, y en particular para la monitorización de la estabilidad de un boje de un vehículo ferroviario. También hace referencia a un método para la monitorización de vibraciones con un dispositivo de ese tipo, y a un método para comprobar la operabilidad de tal dispositivo.

Arte previo.

10 Los bojes convencionales están provistos de medios de estabilización pasivos, como amortiguadores de guiñada o placas de fricción, que contrarrestan la tendencia de los bojes a seguir una trayectoria sinusoidal. Estos medios de estabilización también se utilizan para incrementar la velocidad – denominado “límite de inestabilidad” – a la cual la marcha sinusoidal de perfil muy suave degenera en una oscilación del boje, causando incomodidad de conducción, elevadas fuerzas entre las ruedas y los raíles y finalmente riesgo de descarrilamiento.

15 Para minimizar el riesgo de una marcha peligrosa, causada, por ejemplo, por amortiguadores de guiñada defectuosos, la TSI HS (Especificación Técnica de Interoperabilidad – Alta Velocidad) publicada por la Comisión Europea, incluye el requerimiento de instalar un medio a bordo de los trenes de alta velocidad que pueda detectar la inestabilidad en el movimiento del boje de un tren.

20 Un algoritmo para la detección de la inestabilidad de marcha de los bojes de los vehículos ferroviarios de pasajeros se define en la ficha UIC 515.5. De acuerdo con este algoritmo, la inestabilidad se detecta siempre que la aceleración lateral del chasis del boje, por encima de un umbral predeterminado en un rango de 4Hz a 8Hz, muestra más de un número predeterminado (por ejemplo, 6) de picos consecutivos por encima de un umbral predeterminado (por ejemplo, 8 m/s<sup>2</sup>), con un período de tiempo predeterminado (por ejemplo, 500ms).

25 Un sistema de monitorización de inestabilidad para un boje se conoce a partir de la patente EP 1197739. El boje está provisto de dos acelerómetros longitudinales ubicados a cada lado de un plano central longitudinal del boje. Las señales desde los dos acelerómetros se comparan y se procesan para determinar si difieren en más de una cantidad predeterminada, en cuyo caso se dispara una señal de alarma.

30 Un sistema de monitorización de vibraciones para un vehículo ferroviario se conoce a partir de los documentos DE 10020519, DE 10020520 y DE 10020521. Uno o más acelerómetros, de manera preferente acelerómetros triaxiales, se conectan a una unidad central de procesamiento de señales ubicada en un lugar remoto en la conformación del tren. Mientras que este tipo de configuración puede demostrar ser adecuado para la monitorización de subsistemas específicos del vehículo como los frenos, bojes o carrocerías para fines de verificación, no proporciona el nivel de seguridad y fiabilidad requerido para los componentes de seguridad. En particular, la transmisión de las señales de aceleración desde los acelerómetros a la unidad de procesamiento remota puede sufrir una relación señal-ruido insuficiente. Además, el fallo de un acelerómetro o de una unidad central de procesamiento de señales puede pasar inadvertido. Un aparato de auto-verificación del sensor de aceleración para probar un sistema de airbag para vehículos se revela en la patente DE4316263. El desplazamiento de una masa causado por una aceleración aplicada se convierte en una señal eléctrica para permitir la detección de la aceleración de un objeto en movimiento. Una fuerza correspondiente a una aceleración definida se aplica a la masa para pruebas de diagnóstico en base a una señal de diagnóstico. Un dispositivo para auto-evaluar las características del sensor de aceleración evalúa la salida del sensor resultante. La fuerza puede aplicarse mediante medios electrostáticos, electromagnéticos, o puede ser provocada por vibraciones externas. El sensor de aceleración puede ser capacitivo o piezoresistivo.

45 Los intentos existentes de implementar un dispositivo de detección de inestabilidad se basan en sensores (por ejemplo, acelerómetros) y en una unidad remota de procesamiento basado en software, que carece de la habilidad de satisfacer los requerimientos de seguridad y fiabilidad de los Estándares del CENELEC EN 50126 – 50129, y por lo tanto no se les puede certificar como seguros. Aunque el riesgo de inestabilidad se disminuye mediante la instalación de tales dispositivos, no se puede reducir a 0, dado que todavía es posible un mal funcionamiento no detectado del dispositivo de monitorización durante una marcha inestable.

Resumen de la invención.

50 La presente invención aborda las deficiencias precedentes del arte previo. De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de monitorización de vibraciones que tiene un eje de referencia y que comprende dos acelerómetros fijos a un soporte en común, donde cada acelerómetro comprende:

- una masa inercial móvil paralela al eje de referencia entre una posición de descanso intermedia y dos límites opuestos,

5 - un circuito de verificación interno para mover la masa inercial desde una posición de descanso hacia el primero de los dos límites opuestos en una dirección verificable en la ausencia de vibraciones del soporte común, y

10 - medios de detección para el envío de una señal de aceleración correspondiente al movimiento de la masa inercial paralelo al eje de referencia, donde la señal de aceleración contiene una primera porción de señal correspondiente al movimiento de la masa inercial entre la posición de descanso intermedia y el primero de los dos límites opuestos, y una segunda porción de señal correspondiente al movimiento de la masa inercial entre la posición de descanso intermedia y el otro de los dos límites opuestos,

en donde las direcciones verificables de los dos acelerómetros son opuestas una a la otra.

15 La utilización de dos acelerómetros añade redundancia al sistema. Gracias a la configuración específica de los acelerómetros, es posible probar el dispositivo de monitorización de vibraciones en dos direcciones opuestas y utilizar la primera parte de cada señal, que se puede probar de hecho, para reconstruir una señal de aceleración completa o con fines de verificación o monitorización.

Los acelerómetros verificables son conocidos en el arte. El circuito de prueba interno puede incluir una placa capacitiva que coopera con la masa inercial y se conecta a un terminal de prueba, de modo que la aplicación de una tensión de CC a un terminal de prueba da como resultado un movimiento de la masa inercial en la dirección verificable, que simula una aceleración constante en esa dirección.

20 De manera preferente, el dispositivo de monitorización de vibraciones además comprende una unidad de procesamiento de señales para el procesamiento de señales de aceleración enviadas por los dos acelerómetros, y para la implementación de un algoritmo de monitorización de inestabilidad que envía una señal de inestabilidad.

De acuerdo con una realización preferente, el dispositivo de monitorización de vibraciones está provisto además de un medio para la realización de un procedimiento de prueba que comprende:

- 25
- la activación del circuito de prueba interno de los acelerómetros para simular una situación de inestabilidad;
  - la ejecución del algoritmo de monitorización de inestabilidad;
  - el envío de un resultado positivo de la prueba si el algoritmo de monitorización de inestabilidad envía una señal de inestabilidad, y, en caso contrario, el envío de un resultado negativo de la prueba.

30 Las señales de prueba generadas por los acelerómetros se utilizan para probar la operabilidad tanto de acelerómetros como del algoritmo de monitorización de inestabilidad. De manera ventajosa, el medio para la realización del procedimiento de prueba incluye una máquina de estado.

35 De acuerdo con una realización preferente, el algoritmo de monitorización de inestabilidad controla las primeras porciones de señal de las dos señales de aceleración, sin tener en cuenta las segundas porciones de señal de las dos señales de aceleración. En otras palabras, el algoritmo de monitorización de inestabilidad toma en cuenta sólo la parte de las señales de aceleración que realmente se pueden probar. Los defectos no detectables potenciales de los acelerómetros en sus direcciones no verificables no tendrán repercusiones sobre la operatividad del dispositivo.

40 De acuerdo con una realización preferente, las unidades de procesamiento de señales comprenden un dispositivo lógico programable conectado a los dos acelerómetros, y están provistos de bloques lógicos no volátiles que operan de manera simultánea en paralelo e implementando el algoritmo de monitorización de inestabilidad. Gracias a la utilización de una base de hardware, y particularmente de un dispositivo lógico programable (PLD) para ejecutar el algoritmo de detección de inestabilidad, se puede asignar al dispositivo de monitorización de inestabilidad un Nivel de Integridad de Seguridad (SIL).

45 De manera preferente, el dispositivo lógico programable puede ser una matriz de puertas programables por campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD), que pueden estar provistos de una memoria no volátil borrrable y reprogramable, tal como por ejemplo una memoria flash. Por lo tanto, no existe la necesidad de un dispositivo de configuración para colocar el código en las celdas del PLD. El PLD se encuentra inmediatamente en funcionamiento después del arranque.

De acuerdo con una realización preferente, el algoritmo de monitorización de inestabilidad incluye:

- el procesamiento previo de la primera señal de aceleración,
- la detección de los picos de la señal de aceleración procesada previamente que son más altos que un umbral de aceleración predeterminado en la dirección verificable,
- el incremento de un contador si el tiempo entre dos picos consecutivos se encuentra dentro de una ventana de tiempo predeterminada,
- la activación de un relé de seguridad de estado sólido si el contador alcanza o excede un umbral de contador predeterminado, y
- el restablecimiento del contador si no se ha detectado ningún pico dentro de un período de tiempo predeterminado.

10 Este algoritmo se basa en los requerimientos definidos en la ficha UIC 515.5. La ventana de tiempo tiene un límite inferior (por ejemplo, 150ms) y un límite superior (por ejemplo, 250ms), que proporcionan el equivalente en tiempo del ancho de banda limitado en el espectro de frecuencias consideradas en el estándar.

15 De manera ventajosa, el procesamiento previo de la primera señal de aceleración incluye el procesamiento de la primera señal de aceleración a través de un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto. El filtro de paso bajo se utiliza para eliminar el ruido de alta frecuencia, mientras que el filtro de paso alto se utiliza para eliminar el desplazamiento de CC experimentado en las curvas o debido a una colocación inadecuada del dispositivo.

20 De manera ventajosa, los dos acelerómetros son idénticos, de modo que no existe la necesidad de procesar previamente las señales si se van a comparar o a combinar o si se van a procesar en paralelo mediante la utilización de canales paralelos que implementan bloques lógicos idénticos. Por ejemplo, los acelerómetros idénticos tendrán idéntica ganancia, de modo que el mismo umbral se puede utilizar para detectar los picos de las señales de aceleración desde los dos acelerómetros.

De acuerdo a otro aspecto de la invención, se proporciona un boje provisto de un dispositivo de monitorización de vibraciones, tal como se describió con anterioridad en este documento.

25 Sin embargo, la invención no se limita a la industria ferroviaria y sus ventajas se experimentan en otros sistemas o aplicaciones que combinan condiciones externas severas y altos requerimientos de seguridad.

30 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para la monitorización de vibraciones con un dispositivo de monitorización de vibraciones, tal como se definió con anterioridad en este documento, que comprende la realización de un algoritmo de monitorización de inestabilidad para el envío de una señal de inestabilidad. De manera preferente, el algoritmo de monitorización controla las primeras porciones de señal de las dos señales de aceleración, sin tener en cuenta las segundas porciones de señal de las dos señales de aceleración.

De manera preferente, el método además incluye un procedimiento de prueba que comprende:

- la activación del circuito de prueba interno de los acelerómetros para simular una situación de inestabilidad;
- la ejecución del algoritmo de monitorización de inestabilidad;
- el envío de un resultado positivo de la prueba si el algoritmo de monitorización de inestabilidad envía una señal de inestabilidad y en caso contrario, el envío de un resultado negativo de la prueba.

El método también puede comprender, de manera ventajosa, para cada una de las señales de aceleración:

- el procesamiento previo de la señal de aceleración, para obtener una señal de aceleración procesada previamente que incluye, al menos, un primera porción correspondiente a la primera porción de la señal de aceleración,
- la detección de los picos de la primera porción de la señal de aceleración procesada previamente que son más altos que un umbral de aceleración predeterminado.

El método también puede comprender, para cada una de las señales de aceleración:

- el incremento de un contador si el tiempo entre dos picos consecutivos se encuentra dentro de una ventana de tiempo predeterminada,
  - el envío de una señal de inestabilidad si el contador alcanza o excede un umbral de contador predeterminado, y
- 5 - el restablecimiento del contador si no se ha detectado ningún pico dentro de un período de tiempo predeterminado.

Breve descripción de los dibujos.

Otras ventajas y características de la invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones específicas de la invención, las cuales se proporcionan sólo como ejemplos no restrictivos y se encuentran representadas en los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es un diagrama de bloque de un dispositivo de monitorización de inestabilidad de acuerdo con la invención;
  - la figura 2 ilustra un par de acelerómetros microelectromecánicos auto-verificables en un dispositivo de monitorización de inestabilidad de la figura 1;
- 15 - la figuras 3A a 3K ilustran el procesamiento de una señal de aceleración mediante el dispositivo de monitorización de inestabilidad de la figura 1;
- la figura 4A ilustra los circuitos de prueba utilizados para probar los relés de seguridad de estado sólido del dispositivo de monitorización de inestabilidad de la figura 1;
  - la figura 4B ilustra una variante de la figura 4A; y
- 20 - la figura 5A ilustra un sistema de monitorización de inestabilidad que incluye una pluralidad de dispositivos de monitorización de inestabilidad del tipo ilustrado en la figura 1;
- la figura 5B ilustra una variante de la figura 5A.

Descripción detallada de diversas realizaciones.

En referencia a la figura 1, un dispositivo de monitorización de inestabilidad 10 dedicado a la monitorización de la inestabilidad de un boje 12 incluye una placa de circuito impreso 14 montada en una caja 16 fija a un chasis de boje 18. La placa de circuito 14 se construye alrededor de un dispositivo lógico programable (PLD) 20 que tiene dos acelerómetros laterales idénticos 22A, 22B como entradas principales, y dos relés de seguridad de estado sólido 24a, 24b como salidas principales. El sistema también está equipado, además de los circuitos de suministro de electricidad 26 necesarios, con un sensor de temperatura 28, un circuito de reloj 30, un circuito de vigilancia 32, una entrada para los requerimientos de prueba 34 y salidas para la indicación de inestabilidad 36.

Los dos sensores de aceleración laterales 22A, 22B, que se muestran en la figura 2, son, de manera preferente, del tipo MEMS (Sistema Microelectromecánico). Este tipo de acelerómetros son bien conocidos en el arte (por ejemplo, como referencia, el SCA 1000 de VTI Technologies). Los acelerómetros 22A, 22B incluyen una masa inercial en forma de una viga de polisilicio 221 suspendida por encima de un sustrato mediante anclajes de apoyo 222. La viga 221, que se encuentra esencialmente paralela al sustrato, se extiende a lo largo de un eje de referencia X-X, y está provista de varias placas 223 que se extienden alejándose de la viga en una dirección perpendicular al eje de la viga. La viga y las placas 223 se desplazan lateralmente en relación con el sustrato a lo largo del eje X-X. Cada una de estas placas móviles 223 se coloca entre dos placas de polisilicio 224 que están perpendiculares a la viga 221 y fijadas en relación al sustrato. Cada placa móvil 223, y las placas fijas 224 en cada lado de la placa móvil, forman una celda de condensador diferencial 225. Las celdas, de forma acumulativa, forman un condensador diferencial. En lugar de polisilicio, el acelerómetro se puede realizar a partir de otros materiales conocidos en el arte, tales como el silicio monocristalino.

Se pueden utilizar diferentes enfoques para detectar la aceleración con un condensador diferencial de ese tipo. Las placas móviles (es decir, que se mueven con la masa) se encuentran centradas entre dos placas fijas en una posición de descanso. Todas las placas fijas sobre un lado de las placas móviles se acoplan entre sí y se cargan eléctricamente, y todas las placas fijas sobre el otro lado de las placas móviles también se acoplan entre sí y se cargan eléctricamente. En respuesta a una fuerza/aceleración externa a lo largo del eje de referencia, la masa con placas móviles se mueve hacia uno u otro conjunto de placas fijas, cambiando de ese modo la capacitancia entre las

diferentes placas, lo que produce una señal eléctrica. Esta señal sobre las placas fijas se amplifica, procesa y proporciona a un terminal de salida 226.

Para verificar el correcto funcionamiento de los sensores 22A, 22B, se proporciona un terminal de entrada de auto-verificación 228. La activación de la auto-verificación provoca la aplicación de una fuerza de función escalonada al acelerómetro 22 en una dirección verificable DA, DB paralela al eje de referencia X-X. Más específicamente, la activación de la auto-verificación a través del terminal de entrada de auto-verificación 228 provoca el cambio de la tensión sobre al menos un par de las placas fijas 229, sobre un lado de la viga móvil 221 en una celda de verificación 231. Esto crea una fuerza electrostática de atracción sobre una placa de prueba 230 integrada a la viga móvil 221, lo que provoca el movimiento de la viga desde la posición de descanso hacia una dirección verificable. Este desplazamiento del sensor en una dirección verificable cambia la señal percibida en el terminal de salida del sensor 226.

De manera notable, los dos acelerómetros idénticos 22A, 22B se orientan en direcciones opuestas sobre la placa de circuito impreso, lo que significa que sus salidas tienen valores instantáneos absolutos idénticos, y signos opuestos cuando se somete a vibraciones a la placa de circuito impreso. Esto también significa que sus ejes de referencia X-X se alinean y que sus direcciones verificables DA, DB son opuestas una a la otra.

Los acelerómetros 22A, 22B están conectados a un dispositivo lógico programable PLD a través de un convertidor analógico digital CA/D. El dispositivo lógico programable puede ser una matriz de puertas programables por campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD). Se encuentra provisto de bloques lógicos no volátiles que operan simultáneamente en paralelo, e implementan un algoritmo de monitorización de inestabilidad para cambiar el estado del primer y segundo relés de estado sólido de un estado activo a un estado de fallo, cuando se detecta una condición de inestabilidad.

Las señales de aceleración digitalizadas provenientes del primer y segundo acelerómetros, que se ilustran en las figuras 3A y 3B, respectivamente, se procesan en canales paralelos, tal como se muestra en las figuras 3C a 3K. Al entrar en el dispositivo lógico programable, la señal de aceleración digitalizada de cada acelerómetro se filtra primero utilizando filtros de paso de banda numéricos. El filtro de paso de banda consiste en un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto de Butterworth de segundo orden. El filtro de paso alto se utiliza para eliminar el desplazamiento de la señal. Su frecuencia de corte (la frecuencia de -3dB) es 3Hz. El filtro de paso bajo tiene una frecuencia de corte de entre 30 y 40Hz para eliminar el ruido. Las señales filtradas resultantes se muestran en la figura 3C y 3D. Los picos de las señales filtradas por encima de un umbral predeterminado se detectan como se ilustra en la figura 3E. El umbral se ajusta para cada acelerómetro 22A, 22B en la dirección correspondiente a la dirección verificable correspondiente DA, DB (es decir, un umbral positivo en este ejemplo). Los picos de cada señal de aceleración en la dirección opuesta a la dirección verificable no se toman en cuenta. Comenzando desde cero, se incrementa un contador para cada acelerómetro cuando se detectan picos consecutivos dentro de una ventana de tiempo predeterminada, por ejemplo, cuando dos picos consecutivos se encuentran a una distancia uno del otro de más de 125ms y de menos de 250ms, tal como se ilustra en la figura 3F. De manera más precisa, se pone en funcionamiento un temporizador después de cada incremento del contador. Si el tiempo entre el último pico contado y el nuevo pico (medido por el temporizador) es menor a 120ms, o mayor a 250ms pero menor a 500ms, no se actualiza el contador. El contador y el temporizador se restablecen a 0 si no se ha detectado un pico durante un período T=500ms después del último pico, o si se detectan picos menores a 125ms o mayores a 250ms después del período de 500ms. Se envía una señal de inestabilidad siempre que el contador alcanza N para un acelerómetro como se ilustra en la figura 3H y 3I, en cuyo caso el temporizador y el contador también se restablecen. Una señal de detección de inestabilidad se envía cuando se detecta una señal de inestabilidad para ambos acelerómetros, tal como se ilustra en la figura 3J. También se puede enviar una señal de advertencia en una etapa anterior, por ejemplo, tan pronto como se detecta el primer o segundo pico en ambos canales, tal como se ilustra en la figura 3K. De manera notable, el algoritmo utilizado para la detección de inestabilidades utiliza solamente una parte de cada señal de aceleración, a saber, la parte que corresponde a la dirección verificable de cada acelerómetro.

Cada relé de seguridad de estado sólido 24a, 24b tiene dos terminales de salida 41a, 42a, 41b, 42b y está diseñado para cambiar su estado de un estado activo a un estado de fallo ante el cambio de la señal de control correspondiente en un terminal de entrada de control. El primer y segundo relés de estado sólido 24a, 24b actúan como contactos "normalmente abiertos", lo que significa que se cierran cuando reciben energía y se abren en ausencia de una señal de control. Más específicamente, se suministra una señal de control CA de frecuencia predeterminada (por ejemplo 1000Hz), mediante el dispositivo lógico programable 20 a un detector de frecuencias 40 conectado al primer relé de estado sólido 24a en ausencia de inestabilidad, para mantener al primer relé de estado sólido en su estado cerrado, activo. En la misma situación, se suministra una señal de control de CC mediante el dispositivo lógico de control programable 20 a un segundo relé de estado sólido 24b para mantenerlo en el estado cerrado. La detección de inestabilidad dispara la interrupción de las dos señales de control y la apertura de los dos relés de seguridad de estado sólido 24a, 24b.

Con referencia a la figura 4A, el relé de estado sólido 24a está provisto de un circuito de prueba local 240a que incluye dos interruptores de prueba 241a, 242a y un detector de corriente de prueba 243a. Una rama aguas arriba

- del circuito de prueba local 240a conecta uno de los interruptores de prueba 241a en serie entre un terminal 41a del relé de estado sólido y el terminal positivo de una fuente de alimentación de CC de prueba local 244. Se puede proporcionar un diodo 245a en la rama aguas arriba para evitar el retorno de corriente hacia la fuente de alimentación de prueba local. La rama aguas abajo del circuito de prueba local conecta el otro terminal de salida 42a del relé de estado sólido al segundo interruptor de prueba 242a, y este último al detector de corriente de prueba 243a, que se conecta a tierra definido por el terminal negativo de la fuente de alimentación de prueba local 244 para cerrar el circuito. El detector de corriente 243a se utiliza para detectar la presencia de corriente a través de los terminales 41a, 42a del relé de estado sólido cuando el primer y segundo interruptores de prueba 241a, 242a se cierran, así como el relé de estado sólido. El segundo relé de estado sólido 24b está provisto de un circuito de prueba similar utilizando la misma fuente de alimentación 244, y las partes correspondientes se designan en la figura 4A con los mismos números de referencia, utilizando una "b" como sufijo en lugar de una "a". Como se muestra en la variante de la figura 4B, se puede utilizar un detector de corriente en común 243 en lugar de dos detectores de corriente separados 243a y 243b.
- Los relés de estado sólido 24a, 24b, los pares de interruptores de prueba 241, 242 y el detector de corriente 243 se conectan al dispositivo lógico programable 20, y se realizan como optoacopladores de modo que sus conexiones al dispositivo lógico programable 20 se encuentran completamente aisladas de sus conexiones al circuito de prueba.
- El dispositivo lógico programable 20 también está provisto de una máquina de estado finito 50 (véase la figura 1) para la realización de una serie de pruebas para comprobar la operabilidad del dispositivo de monitorización de inestabilidad.
- En una primera secuencia de pruebas, se controla la conmutación de los relés de estado sólido. El dispositivo lógico programable 20 cierra los interruptores de prueba 241, 242 del primer relé de estado sólido 24a e interrumpe la señal de control de CA durante una duración predeterminada, mientras que se controla la respuesta del primer relé de estado sólido 24a mediante el detector de corriente de prueba 243. Si se detecta una corriente mediante el detector de corriente de prueba 243 durante la interrupción de la señal de control de CA, la prueba ha fallado y la máquina de estado pasa al estado de fallo en el arranque. Posteriormente, la prueba se repite para el segundo relé de estado sólido 24b, siendo interrumpida y activada de nuevo la señal de control de CC apropiada mediante el dispositivo lógico programable.
- En una segunda secuencia de prueba, los circuitos de prueba internos de los acelerómetros se utilizan para simular un patrón de prueba que corresponde a una situación de inestabilidad. Una serie de N pulsos de tensión se aplican a los terminales de prueba de los dos acelerómetros. Los dos acelerómetros deberían reaccionar con el 80% de su valor de escala completa y generar N picos por encima del umbral de detección. Después de los N picos, el algoritmo de monitorización de inestabilidad debería generar una señal de inestabilidad y disparar los dos interruptores de estado sólido. Si no se genera una señal de inestabilidad, la prueba ha fallado y la máquina de estado 50 pasa al estado de fallo en el arranque.
- De manera notable, la utilización de dos acelerómetros 22A, 22B orientados en direcciones opuestas en cada dispositivo de monitorización de inestabilidad permite detectar, de forma selectiva en el mismo algoritmo de monitorización, los picos de cada señal del acelerómetro que corresponden a los movimientos de la masa inercial desde la posición de descanso en la dirección verificable que realmente se ha probado. En otras palabras, el umbral de picos del algoritmo se ajusta de modo que se ignoren los picos de la señal del acelerómetro en la dirección opuesta a la dirección verificable, es decir, la dirección en la cual el circuito de prueba interno del acelerómetro no permite realizar pruebas.
- Los dispositivos de monitorización de inestabilidad pueden incluir otras pruebas, por ejemplo mediciones de temperatura. La temperatura medida mediante un sensor de temperatura se compara con el límite inferior y superior (por ejemplo, entre -40 y 95°C). Si la temperatura no está dentro de la ventana predefinida, se dispara una alarma.
- Tal como se ilustra en la figura 5A, se duplica el dispositivo de monitorización de inestabilidad en al menos algunos de los chasis del boje 18 del vehículo ferroviario, y de manera preferente en todos los bojes, para construir un sistema de monitorización de inestabilidad 300, que incluye dos bucles de seguridad 302a, 302b, uno para conectar los primeros relés de seguridad 24a de los dispositivos de monitorización de inestabilidad 10 en serie en un circuito cerrado, incluyendo una fuente de alimentación de CC, por ejemplo, una unidad de batería 304 y un detector de corriente en común 306a conectado a una alarma 308 en la cabina del conductor, a un sistema de control de velocidad y/o a un sistema de control de frenos del vehículo, el segundo (302b) para conectar en las mismas condiciones los segundos relés de seguridad 24b de los dispositivos de monitorización de inestabilidad 10 en serie entre la fuente de alimentación 304 y un detector de corriente 306b. Los diodos 310a, 310b también están provistos sobre los bucles de seguridad para evitar el retorno de corriente hacia la fuente de alimentación de CC 304.
- Cualquier interrupción de la corriente detectada por el detector de corriente 306a, 306b en el bucle de seguridad se considera como un evento de inestabilidad y da como resultado una acción apropiada, por ejemplo, el accionamiento de la alarma 308, la disminución de la fuerza motriz y/o el accionamiento de los frenos del vehículo ferroviario.

5 La toma de tierra de cada fuente de alimentación de CC de prueba local 244 se aísla, de modo que la primera secuencia de prueba a la que se hace referencia con anterioridad se puede realizar simultáneamente en todos los primeros relés de seguridad 24a, con la superposición de la energía de CC del bucle de seguridad 302a. Sin embargo, de manera preferente se debería probar el primer y segundo relé de seguridad de cada unidad de forma secuencial para evitar resultados poco fiables, dado que está previsto que ambos bucles de seguridad se conecten en serie.

El sistema de monitorización de inestabilidad está provisto de un bus de prueba para el control de las diferentes pruebas de arranque sobre el sistema distribuido para verificar su operabilidad. El bus de prueba se utiliza para enviar solicitudes de prueba al dispositivo de monitorización de inestabilidad y recoger los resultados.

10 Para probar la integridad del cableado del bucle de seguridad en un tren configurado, se puede ejecutar una prueba de vehículo especial. Los dispositivos de monitorización de inestabilidad del último coche se deberían apagar y volver a encender mediante el disyuntor del coche motor. Esta acción abrirá y cerrará el bucle de seguridad en esta ubicación, y esto se verificará en la cabina del conductor. Si esta prueba es positiva, se considera que todo el bucle de seguridad está funcionando. Si no, la acción se deberá repetir en el dispositivo de monitorización de inestabilidad que se encuentra ubicado directamente aguas arriba y así hasta que se encuentra el error. En tal caso, el error en el cableado estará situado entre la unidad para la cual está funcionando el bucle y la siguiente unidad aguas abajo.

Como una variante, los dos bucles de seguridad se pueden conectar en serie entre una fuente de alimentación en común y un detector de corriente en común.

20 Para limitar los problemas de disponibilidad en caso de fallo de uno de los dispositivos de monitorización de inestabilidad, también está previsto proporcionar un primer dispositivo de monitorización de inestabilidad 10A y un segundo dispositivo de monitorización de inestabilidad 10B a cada boje, tal como se ilustra en la figura 5B. Los relés de seguridad 24a y 24b de cada dispositivo de monitorización de inestabilidad se conectan en serie. Los relés de seguridad 24a, 24b de los primeros dispositivos de monitorización de inestabilidad 10A se conectan a un primer bucle de seguridad 302A, y los relés de seguridad 24a, 24b de los segundos dispositivos de monitorización de inestabilidad se conectan a un segundo bucle de seguridad 302B. Cuando un dispositivo de monitorización de inestabilidad entra en fallo e interrumpe uno de los bucles de seguridad, la operación puede continuar en el otro bucle de seguridad.

La invención no se limita a las realizaciones descritas con anterioridad en este documento.

30 El acelerómetro o los acelerómetros pueden ser biaxiales o triaxiales, en cuyo caso la señal proveniente de los ejes adicionales se puede simplemente ignorar o procesar en paralelo con la señal proveniente del primer eje. Las señales provenientes de ejes diferentes también se pueden combinar para construir un vector de aceleración, que será procesado mediante el dispositivo lógico programable. Los acelerómetros pueden ser de cualquier tipo conveniente, por ejemplo, en base a transductores piezoeléctricos.

35 El algoritmo de monitorización de inestabilidad puede tener muchas variantes. En particular, la utilización de una ventana de tiempo con un umbral inferior y uno superior para contar los picos, se puede remplazar con filtros numéricos más sofisticados para ignorar las partes de la señal que no se encuentran en el rango de frecuencias observadas.

En lugar de procesar las señales provenientes de los dos acelerómetros en paralelo, se puede combinar la primera parte de las dos señales para formar una nueva señal de aceleración.

40 Si la redundancia de los relés de seguridad de estado sólido no es crítica, una opción es eliminar uno de los dos relés de estado sólido, en cuyo caso el sistema de monitorización de inestabilidad tendrá un sólo bucle de seguridad.

45 El sistema de monitorización de inestabilidad, que se ha utilizado en conexión con un vehículo ferroviario, también puede implementarse en diversos sistemas complejos en los cuales las mediciones de aceleración distribuida son necesarias para determinar una condición de inestabilidad, por ejemplo, aeronaves o turbinas de una central eléctrica.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de monitorización de vibraciones (10) que tiene un eje de referencia (X-X) y que comprende dos acelerómetros (22A, 22B) fijos a un soporte en común (14), donde cada acelerómetro comprende:
- 5           - una masa inercial (221) móvil paralela al eje de referencia entre una posición de descanso intermedia y dos límites opuestos,
- un circuito de prueba interno para mover la masa inercial desde una posición de descanso hacia el primero de los dos límites opuestos en una dirección verificable (DA, DB) en la ausencia de vibraciones del soporte común, y
- 10           - medios de detección (225) para el envío de una señal de aceleración correspondiente al movimiento de la masa inercial paralela al eje de referencia, donde la señal de aceleración contiene una primera porción de señal correspondiente al movimiento de la masa inercial entre una posición de descanso intermedia y el primero de los dos límites opuestos, y una segunda porción de la señal correspondiente al movimiento de la masa inercial entre la posición de descanso intermedia y el otro de los dos límites opuestos,
- 15           **caracterizado porque** las direcciones verificables (DA, DB) de los dos acelerómetros se encuentran una frente a la otra.
2. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo a la reivindicación 1, que además comprende una unidad de procesamiento de señales (20) para el procesamiento de señales de aceleración enviadas por los dos acelerómetros, y para la implementación de un algoritmo de monitorización de inestabilidad que envíe una señal de inestabilidad.
- 20           3. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 2, que además se encuentra provisto de medios para realizar un procedimiento de prueba que comprende:
- la activación del circuito de prueba interno de los acelerómetros para simular una situación de inestabilidad;
- la ejecución del algoritmo de monitorización de inestabilidad;
- 25           - el envío de un resultado positivo de la prueba si el algoritmo de monitorización de inestabilidad envía una señal de inestabilidad, y, en caso contrario, el envío de un resultado negativo de la prueba.
4. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 3, en donde los medios para realizar el procedimiento de prueba incluyen una máquina de estado (50).
5. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 4, en donde el algoritmo de monitorización de inestabilidad controla las primeras porciones de señal de las dos señales de aceleración, sin tener en cuenta las segundas porciones de señal de las dos señales de aceleración.
- 30           6. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 5, en donde la unidad de procesamiento de señales comprende un dispositivo lógico programable (20) conectado a los dos acelerómetros (22A, 22B), y provisto de bloques lógicos no volátiles que operan en forma simultánea en paralelo e implementan el algoritmo de monitorización de inestabilidad.
- 35           7. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el dispositivo lógico programable es una matriz de puertas programables por campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD).
8. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en donde el dispositivo lógico programable incluye una memoria borrrable y re-programable no volátil.
- 40           9. El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 2 a la 8, en donde el algoritmo de monitorización de inestabilidad incluye:
- el procesamiento previo de la primera señal de aceleración,
- la detección de picos de la señal de aceleración procesada previamente que son más altos que un umbral de aceleración predeterminado en la dirección verificable,

- el incremento de un contador si el tiempo entre dos picos consecutivos se encuentra dentro de una ventana de tiempo predeterminada,
  - la activación de un relé de seguridad de estado sólido si el contador alcanza o excede un umbral de contador predeterminado, y
- 5 - el restablecimiento del contador si no se ha detectado ningún pico dentro de un período de tiempo predeterminado.
- 10 **10.** El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el procesamiento previo de la primera señal de aceleración incluye el procesamiento de la primera señal de aceleración a través de un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto.
- 10 **11.** El dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los dos acelerómetros (22A, 22B) son idénticos.
- 12.** Un boje provisto de un dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 11.
- 15 **13.** Un método para la monitorización de vibraciones con un dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 11, que comprende la realización de un algoritmo de monitorización de inestabilidad para el envío de una señal de inestabilidad, **caracterizado porque** el algoritmo de monitorización controla las primeras porciones de señal de las dos señales de aceleración, sin tener en cuenta las segundas porciones de señal de las dos señales de aceleración.
- 20 **14.** Un método para la monitorización de vibraciones con un dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 11, que comprende la ejecución de un algoritmo de monitorización de inestabilidad para el envío de una señal de inestabilidad, y en particular un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** además comprende un procedimiento de prueba que comprende:
- la activación del circuito de prueba interno de los acelerómetros para simular una situación de inestabilidad;
  - la ejecución del algoritmo de monitorización de inestabilidad;
- 25 - el envío de un resultado positivo de la prueba si el algoritmo de monitorización de inestabilidad envía una señal de inestabilidad, y en caso contrario, el envío de un resultado negativo de la prueba.
- 30 **15.** Un método para la monitorización de vibraciones con un dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 11, que comprende la ejecución de un algoritmo de monitorización de inestabilidad para el envío de una señal de inestabilidad, y en particular un método de acuerdo con la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado porque** además comprende, para cada una de las señales de aceleración:
- el procesamiento previo de la señal de aceleración para obtener una señal de aceleración procesada previamente que incluye al menos un primera porción correspondiente a la primera porción de la señal de aceleración,
  - la detección de los picos de la primera porción de la señal de aceleración procesada previamente que son más altos que un umbral de aceleración predeterminado.
- 35
- 40 **16.** Un método para la monitorización de vibraciones con un dispositivo de monitorización de vibraciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 11, que comprende la ejecución de un algoritmo de monitorización de inestabilidad para el envío de una señal de inestabilidad, y en particular un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 13 a la 15, **caracterizado porque** además comprende, para cada una de las señales de aceleración:
- el incremento de un contador si el tiempo entre dos picos consecutivos se encuentra dentro de una ventana de tiempo predeterminada,
  - el envío de una señal de inestabilidad si el contador alcanza o excede un umbral de contador predeterminado, y
- 45 - el restablecimiento del contador si no se ha detectado ningún pico dentro de un período de tiempo predeterminado.

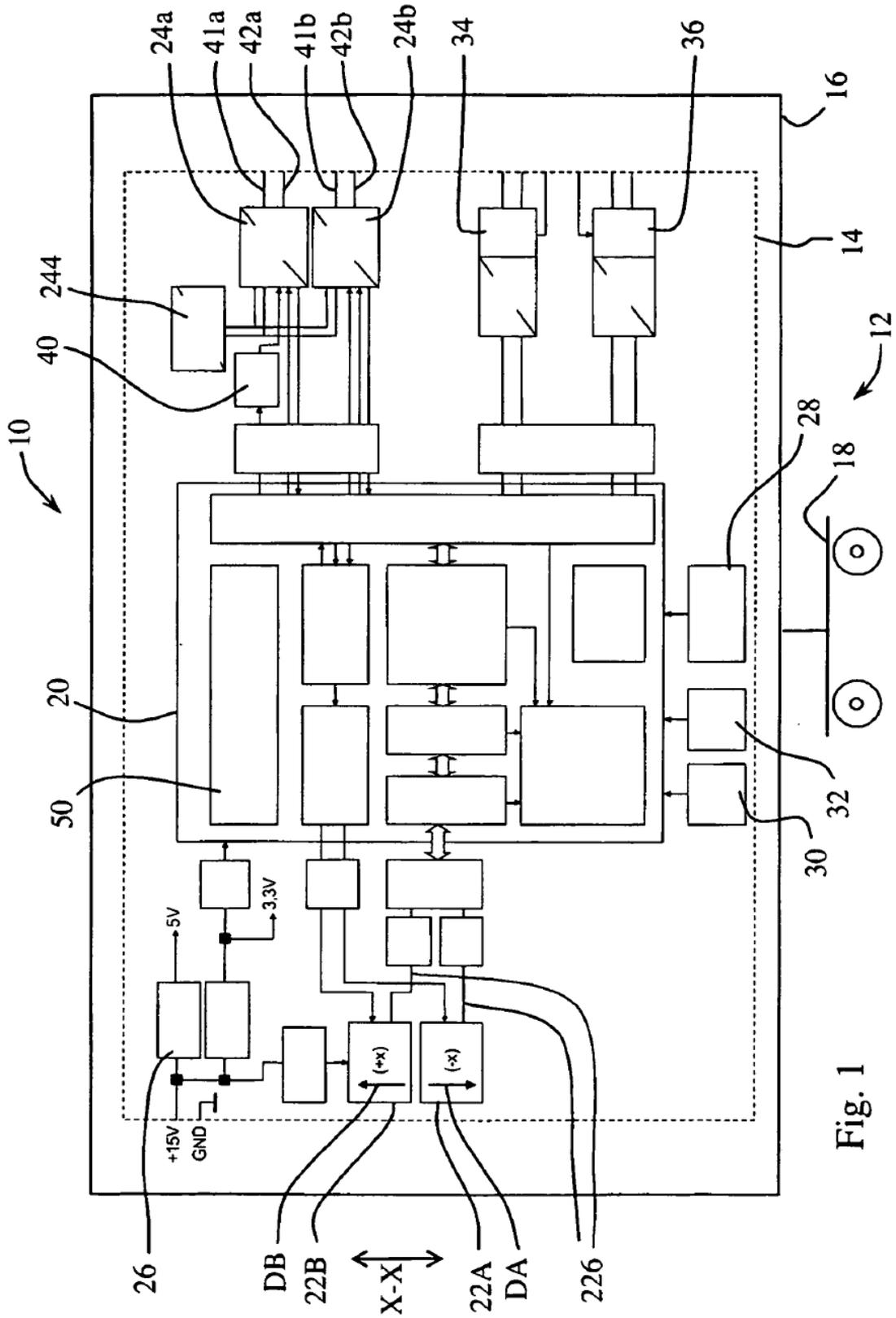


Fig. 1

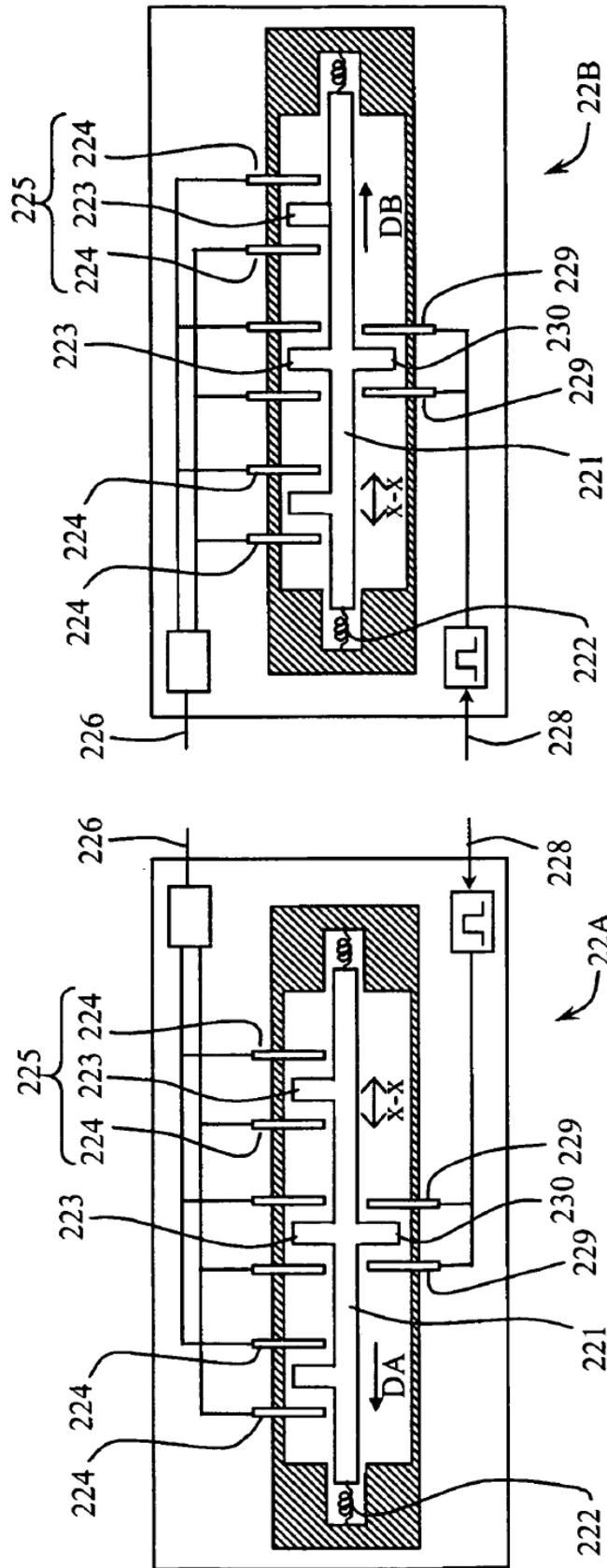


Fig. 2

