

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 005**

51 Int. Cl.:

B61F 5/24 (2006.01)

G01P 15/08 (2006.01)

G01M 17/10 (2006.01)

G01P 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08290886 .4**

96 Fecha de presentación: **19.09.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2165912**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.03.2010**

54 Título: **Dispositivo y sistema de monitorización de inestabilidad, en particular para un vehículo ferroviario**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.06.2012

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 2 384 005 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 y sistema de monitorización de inestabilidad, en particular para un vehículo ferroviario

Campo técnico de la invención

- 5 La invención se refiere a un sistema para monitorizar la estabilidad de un vehículo ferroviario. Más generalmente, se refiere a un sistema de seguridad para monitorizar la estabilidad de componentes distribuidos y a dispositivos distribuidos en un sistema de este tipo.

Técnica anterior

- 10 Los bogies convencionales están dotados de medios de estabilización pasivos como amortiguadores de guiñada o placas de fricción, que contrarrestan la tendencia de los bogies a seguir un trayecto sinusoidal. Estos medios de estabilización también se usan para aumentar la velocidad, denominada "límite de inestabilidad", a la que el recorrido sinusoidal relativamente suave se deteriora dando lugar a una oscilación del bogie, provocando una sensación de incomodidad durante el recorrido, fuerzas elevadas entre las ruedas y los raíles y eventualmente el riesgo de descarrilamiento.

- 15 Para minimizar el riesgo de un recorrido peligroso provocado, por ejemplo, por amortiguadores de guiñada defectuosos, la TSI HS (Especificación técnica de interoperabilidad – alta velocidad) emitida por la Comisión Europea contiene el requisito para instalar un medio a bordo de trenes de alta velocidad que puede detectar la inestabilidad en el movimiento del bogie de un tren.

- 20 En la ficha UIC 515.5 se define un algoritmo para detectar la inestabilidad de recorrido de bogies de vehículos ferroviarios de pasajeros. Según este algoritmo, la inestabilidad se detecta siempre que la aceleración lateral del armazón del bogie por encima de un umbral predeterminado en el intervalo de 4 Hz a 8 Hz presenta más de un número predeterminado (por ejemplo 6) de picos consecutivos por encima de un umbral predeterminado (por ejemplo 8 m/s^2) con un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo 500 ms).

- 25 Por el documento EP 1 197 739 se conoce un sistema de monitorización de inestabilidad para un bogie. El bogie está dotado de dos acelerómetros longitudinales ubicados en cada lado de un plano central longitudinal del bogie. Las señales desde los dos acelerómetros se comparan y procesan para determinar si difieren en más de una cantidad predeterminada, en cuyo caso se activa una señal de alarma.

- 30 A partir de los documentos DE 100 20 519, DE 100 20 520 y DE 100 20 521 se conoce un sistema de monitorización de vibraciones para un vehículo ferroviario. Uno o más acelerómetros, preferiblemente acelerómetros triaxiales, están conectados a una unidad central de procesamiento de señales ubicada en una ubicación remota de la composición del tren. Aunque este tipo de configuración puede resultar estar adaptada a la monitorización de subsistemas de vehículo específicos como frenos, bogies o carrocerías con fines diagnósticos, 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 padecer de una relación señal a ruido insuficiente.

- 35 El documento FR 2 067 801 da a conocer un dispositivo de monitorización de inestabilidad que incluye un acelerómetro para monitorizar la estabilidad del bogie de una locomotora, conectado a un relé a través de un circuito lógico analógico cableado, para cambiar el estado del relé basándose en una condición de inestabilidad de la señal de aceleración y encender o apagar una luz de aviso.

- 40 En el documento EP 0 195 921 se describe un método para indicar la inestabilidad dinámica del material rodante ferroviario o de tranvía. El método consiste esencialmente en detectar, por medio de al menos un sensor de acelerómetro, la aceleración de la disposición de ruedas del material rodante en un dirección transversal a la dirección de desplazamiento, procesándola de manera adecuada y comparando posteriormente, en un comparador adecuado, el valor de aceleración procesado con un valor de referencia. La indicación de inestabilidad se obtiene comprobando si el número de valores de aceleración procesados que superan dicho valor de referencia es mayor
45 que un número predeterminado en un periodo de tiempo predeterminado.

- 50 En el documento US 2004/0102918 se da a conocer un aparato para registrar cambios asociados con la aceleración de una estructura. El aparato incluye una disposición de acelerómetros que tiene al menos un acelerómetro de tipo de haz de silicio, una memoria no volátil, un temporizador de reloj, una unidad de control programable acoplada operativamente a la disposición de acelerómetros, una memoria no volátil y un temporizador de reloj. La disposición de acelerómetros, la memoria no volátil, el temporizador de reloj y la unidad de control programable pueden formarse en un sustrato semiconductor común (por ejemplo, integrado), con la disposición de acelerómetros dispuesta en una región central.

Los intentos existentes de implementar un dispositivo de detección de inestabilidad se basan en sensores (por ejemplo acelerómetros) y una unidad de procesamiento remota basada en software, que carece de la capacidad para cumplir con los requisitos de seguridad y fiabilidad de las normas EN 50126 - 50129 del CENELEC y por tanto no puede certificarse como seguro. Aunque el riesgo de inestabilidad se reduce por la instalación de tales dispositivos, no puede llevarse a 0, puesto que aún es posible un mal funcionamiento no detectado del dispositivo de monitorización durante un recorrido inestable.

SUMARIO DE LA INVENCION

Los inconvenientes anteriores de la técnica anterior se tratan mediante la presente invención. Según un aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de monitorización de inestabilidad para un vehículo ferroviario, que comprende:

- al menos un primer acelerómetro para proporcionar una primera señal de aceleración en respuesta a una vibración a lo largo de un eje de referencia,

- al menos un primer relé de seguridad de estado sólido, que tiene dos bornes principales y que puede conmutarse entre un estado cerrado y un estado abierto, y

- un dispositivo lógico programable conectado al primer acelerómetro y al primer relé de estado sólido, siendo el dispositivo lógico programable una disposición de puertas programables en campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD) dotado de bloques lógicos no volátiles que se ejecutan simultáneamente en paralelo e implementan un algoritmo de monitorización de inestabilidad para cambiar el estado del primer relé de estado sólido basándose en una condición de inestabilidad de la primera señal de aceleración, en el que el dispositivo lógico programable incluye una memoria borrrable y reprogramable no volátil.

El bucle de seguridad se basa en la conmutación del relé de estado sólido, que hace posible montar el circuito en el duro entorno del bogie, en el que no sería posible la implementación de relés electromecánicos.

Gracias al uso de una base de hardware, y en particular a la implementación de un dispositivo lógico programable (PLD) para ejecutar el algoritmo de detección de inestabilidad, el dispositivo de monitorización de inestabilidad cumple con los requisitos de la norma del CENELEC y se le puede asignar un nivel de integridad de seguridad (SIL).

Obviamente, la aplicación no está limitada a la industria ferroviaria y en otros sistemas o aplicaciones que combinan condiciones externas difíciles y requisitos de alta seguridad se experimentan ventajas similares.

Preferiblemente, el dispositivo lógico programable puede ser una disposición de puertas programables en campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD) que puede dotarse de una memoria borrrable y reprogramable no volátil tal como una memoria flash. Por tanto no es necesario un dispositivo de configuración para introducir el código en las células del PLD. El PLD está inmediatamente operativo tras el arranque.

Según una realización preferida, el algoritmo de monitorización de inestabilidad incluye:

- preprocesar la primera señal de aceleración

- detectar picos de la señal de aceleración preprocesada que son superiores a un umbral de aceleración predeterminado,

- incrementar un contador si el tiempo entre dos picos consecutivos está dentro de una ventana de tiempo predeterminada,

- activar el relé de seguridad de estado sólido si el contador alcanza o supera un umbral de contador predeterminado, y

- reiniciar el contador si no se ha detectado ningún pico dentro de un periodo de tiempo predeterminado.

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

Ventajosamente, el preprocesamiento de la primera señal de aceleración incluye procesar la primera señal de aceleración a través de un filtro paso bajo y un filtro paso alto. El filtro paso bajo se usa para eliminar ruido de alta frecuencia, mientras que el filtro paso alto se usa para eliminar la desviación de CC, que puede deberse a un

posicionamiento inadecuado del dispositivo de monitorización de inestabilidad.

Según una realización preferida, el dispositivo de monitorización de inestabilidad comprende además un segundo acelerómetro para proporcionar una segunda señal de aceleración en respuesta a una vibración a lo largo del eje de referencia, estando conectado el segundo acelerómetro al dispositivo lógico programable, cambiando el algoritmo de monitorización de inestabilidad el estado del primer relé de estado sólido basándose en una condición de inestabilidad de las señales de aceleración primera y segunda. El uso de dos acelerómetros añade redundancia al sistema. Ventajosamente, cada uno de los acelerómetros primero y segundo comprende: una masa de inercia que puede moverse entre una posición de reposo y dos límites opuestos en paralelo al eje de referencia y un circuito de evaluación interno para mover la masa de inercia desde una posición de reposo hacia uno de los dos límites opuestos en una dirección evaluable. Las direcciones que pueden evaluarse de los acelerómetros primero y segundo son opuestas entre sí, rechazando el dispositivo lógico programable las señales de aceleración generadas por el primer y el segundo acelerómetro en respuesta a movimientos de cada masa de inercia entre la posición de reposo y el otro de los dos límites en la dirección opuesta a la dirección evaluable. En la técnica se conocen bien los acelerómetros de este tipo. El circuito interno puede incluir una placa capacitiva que actúa conjuntamente con la masa de inercia y conectada a un borne de evaluación, de modo que la aplicación de una tensión de CC al borne de evaluación dé como resultado un movimiento de la masa de inercia en la dirección evaluable, que simula una aceleración constante en esa dirección. La señal generada por el acelerador puede usarse para evaluar el algoritmo de monitorización de inestabilidad en la dirección evaluable. Cuando dos acelerómetros de este tipo, preferiblemente idénticos, se colocan en la misma placa de circuito impreso opuestos entre sí, se hace posible implementar un algoritmo de monitorización de inestabilidad que tiene en cuenta sólo la parte de las señales de aceleración que realmente puede evaluarse.

Ventajosamente, el primer relé de estado sólido está abierto en ausencia de una señal de control y el dispositivo lógico programable interrumpe la señal de control para cambiar el estado del primer relé de estado sólido basándose en una condición de inestabilidad de la primera señal de aceleración. Por tanto, cualquier pérdida de potencia en el dispositivo de monitorización de inestabilidad dará como resultado un cambio de estado del relé de seguridad, que dará una indicación clara del error del sistema.

Según una realización preferida, el dispositivo comprende además un segundo relé de estado sólido conectado al dispositivo lógico programable, siendo el algoritmo tal que cambia el estado del segundo relé de estado sólido basándose en la condición de inestabilidad de la primera señal de aceleración. El uso de dos relés de seguridad añade redundancia al sistema. Ventajosamente, el cambio de estado del primer relé de estado sólido se activa mediante la interrupción de una señal de control de CA controlada por el dispositivo lógico programable mientras que el cambio de estado del segundo relé de estado sólido se activa mediante la interrupción de una señal de control de CC controlada por el dispositivo lógico programable. Por tanto, en el primer relé de estado sólido se detectará un escenario en el que el dispositivo lógico programable se acciona y proporciona una tensión de control de CC elevada constante que se detectará en el primer relé de estado sólido, por la interrupción de la señal de control de CA.

Según una realización preferida, también se prevé una placa de circuito impreso para recibir el dispositivo lógico programable, el primer relé de seguridad de estado sólido y el primer acelerómetro y, si se prevé, el segundo relé de seguridad de estado sólido y el segundo acelerómetro.

Ventajosamente, el dispositivo también puede dotarse de un circuito de evaluación que comprende:

- una fuente de alimentación de evaluación,
- un detector de corriente de evaluación,
- medios de conmutación de evaluación para conmutar el dispositivo de monitorización de inestabilidad entre un modo de evaluación y un modo operativo, de modo que en el modo de evaluación los bornes principales del conmutador de seguridad están conectados entre la fuente de alimentación de evaluación local y el dispositivo de medición local mientras que en el estado operativo los bornes principales del conmutador de seguridad están desconectados de la fuente de alimentación de evaluación local.

El circuito de evaluación se usa para llevar a cabo pruebas de integridad en el relé de estado sólido de seguridad. Si el dispositivo incluye dos relés de estado sólido de seguridad, pueden preverse dos circuitos de evaluación, que pueden compartir una fuente de alimentación de evaluación y, según una variante, un detector de corriente.

Según otro aspecto de la invención, se prevé un sistema de monitorización de inestabilidad para un vehículo ferroviario que comprende:

- una pluralidad de dispositivos de monitorización de inestabilidad distribuidos como se describió anteriormente en el presente documento,

- un bucle de seguridad que interconecta los primeros relés de seguridad de estado sólido de la pluralidad de dispositivos de monitorización de inestabilidad en serie.

Preferiblemente, el bucle de seguridad está dotado de:

- una fuente de alimentación para alimentar el bucle de seguridad,

- 5 - un detector de fallos para detectar un cambio de estado de al menos uno de los primeros relés de seguridad de estado de la pluralidad de dispositivos de monitorización de inestabilidad.

10 El detector de fallos puede ser un detector de corriente. La apertura de cualquiera de los relés de estado sólido de seguridad debido a una inestabilidad detectada por uno de los dispositivos de monitorización de inestabilidad distribuidos se detectará inmediatamente por el detector de fallos. El mal funcionamiento de cualquiera de los dispositivos de monitorización de inestabilidad distribuidos también dará como resultado la apertura de al menos uno de los relés de estado sólido de seguridad y también se detectará por el detector de fallos.

15 Según un aspecto adicional de la invención se prevé un vehículo ferroviario dotado de una pluralidad de bogies y de un sistema de monitorización de inestabilidad según lo descrito anteriormente en el presente documento, en el que cada bogie está dotado de al menos uno de los dispositivos de monitorización de inestabilidad del sistema de monitorización de inestabilidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Otras ventajas y características de la invención se harán evidentes más claramente a partir de la siguiente descripción de realizaciones específicas de la invención dadas sólo a modo de ejemplo no limitativo y representadas en los dibujos adjuntos en los que:

20 la figura 1 es un diagrama de bloques de un dispositivo de monitorización de inestabilidad según la invención;

la figura 2 ilustra un par de acelerómetros microelectromecánicos autoevaluables en el dispositivo de monitorización de inestabilidad de la figura 1;

las figuras 3A a 3K ilustran el procesamiento de la señal de aceleración mediante el dispositivo de monitorización de inestabilidad de la figura 1;

25 la figura 4A ilustra los circuitos de evaluación usados para evaluar los relés de estado sólido de seguridad del dispositivo de monitorización de inestabilidad de la figura 1;

la figura 4B ilustra una variante de la figura 4A; y

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;

30 la figura 5B ilustra una variante de la figura 5A.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE DIVERSAS REALIZACIONES

35 Con referencia a la figura 1, un dispositivo 10 de monitorización de inestabilidad dedicado a la monitorización de la inestabilidad de un bogie 12 incluye una placa 14 de circuito impreso montada en una caja 16 fijada al armazón 18 del bogie. La placa 14 de circuito está construida alrededor de un dispositivo 20 lógico programable (PLD) que tiene dos acelerómetros 22A, 22B laterales idénticos como entradas principales y dos relés 24a, 24b de seguridad de estado sólido como salidas principales. El sistema, además de con los circuitos 26 de fuente de alimentación necesarios, también está equipado con un sensor 28 de temperatura, un circuito 30 de reloj, un circuito 32 de vigilancia, una entrada para demandas 34 de evaluación y salidas para indicación de inestabilidad 36.

40 Los dos sensores 22A, 22B de aceleración lateral, representados en la figura 2, son preferiblemente de tipo MEMS (sistema microelectromecánico). Este tipo de acelerómetro se conoce bien en la técnica (por ejemplo referencia SCA 1000 de VTI Technologies). Los acelerómetros 22A, 22B incluyen una masa de inercia en forma de un haz 221 de polisilicio que se suspende sobre un sustrato mediante uniones 222 de soporte. El haz 221, que esencialmente es paralelo al sustrato, se alarga por un eje de referencia X-X, y está dotado de varias placas 223 que se extienden desde el haz en una dirección perpendicular al eje del haz. El haz y las placas 223 pueden moverse lateralmente con respecto al sustrato a lo largo del eje X-X. Cada una de estas placas 223 móviles está situada entre dos placas 45 224 de polisilicio que son perpendiculares al haz 221 y están fijas con respecto al sustrato. Cada placa 223 móvil y

las placas 224 fijas a cada lado de la placa móvil forman una célula 225 de condensador diferencial. Las células forman de manera aditiva un condensador diferencial. En lugar de polisilicio, el acelerómetro puede estar fabricado de otros materiales conocidos en la técnica, tales como silicio monocristalino.

5 Pueden usarse diferentes enfoques para detectar la aceleración con un condensador diferencial de este tipo. Las placas móviles (es decir, que pueden moverse con la masa) están centradas cada una entre dos placas fijas en una posición de reposo. Todas las placas fijas en un lado de las placas móviles están acopladas eléctricamente entre sí y cargadas, y todas las placas fijas en el otro lado de las placas móviles también están acopladas eléctricamente entre sí y cargadas. 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 del conjunto de placas fijas, cambiando así la capacitancia entre las
10 diferentes placas, que produce una señal eléctrica. Esta señal en las placas fijas se amplifica, procesa y proporciona a un borne 226 de salida.

Para verificar el funcionamiento apropiado de los sensores 22A, 22B, se prevé un borne 228 de entrada de autoevaluación. La activación de la autoevaluación provoca la aplicación de una fuerza de funcionamiento de etapa al acelerómetro 22 en una dirección evaluable DA, DB en paralelo al eje de referencia X-X. Más específicamente, la
15 activación de la autoevaluación a través del borne 228 de entrada de autoevaluación hace que cambie la tensión en al menos un par de las placas 229 fijas en un lado del haz 221 móvil en una célula 231 de evaluación. Esto crea una fuerza electrostática de atracción en una placa 230 de evaluación solidaria al haz 221 móvil, que hace que el haz 221 se mueva desde la posición de reposo hacia una dirección evaluable. Este desplazamiento del sensor en la dirección evaluable cambia la señal vista en el borne 226 de salida del sensor.

20 Sorprendentemente, los dos acelerómetros 22A, 22B idénticos están orientados en direcciones opuestas en la placa de circuito impreso, lo que significa que su salida tiene valores instantáneos absolutos idénticos y signos opuestos cuando la placa de circuito impreso se somete a vibración. Esto también significa que sus ejes de referencia X-X están alineados y que sus direcciones evaluables DA, DB son opuestas entre sí.

Los acelerómetros 22A, 22B están conectados al dispositivo lógico programable PLD a través de un convertidor
25 analógico a digital A/DC. El dispositivo lógico programable puede ser una disposición de puertas programables en campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD). Está dotado de bloques lógicos no volátiles que se ejecutan simultáneamente en paralelo e implementan un algoritmo de monitorización de inestabilidad para cambiar el estado de los relés de estado sólido primero y segundo de un estado activo a un estado por defecto siempre que se detecta una condición de inestabilidad.

30 Las señales de aceleración digitalizadas desde los acelerómetros primero y segundo, que se ilustran en las figuras 3A y 3B, respectivamente, se procesan en canales paralelos tal como se representa en las figuras 3C a 3K. Cuando entra en el dispositivo lógico programable, la señal de aceleración digitalizada de cada acelerómetro se filtra en primer lugar usando filtros paso banda numéricos. El filtro paso banda consiste en filtros de Butterworth de segundo orden de paso alto y paso bajo. El filtro paso alto se usa para eliminar una desviación de señal. Su frecuencia de
35 corte (la frecuencia de -3 dB) es de 3 Hz. El filtro paso bajo tiene una frecuencia de corte entre 30 y 40 Hz para eliminar el ruido. Las señales filtradas resultantes se muestran en las figuras 3C y 3D. Los picos de las señales filtradas por encima de un umbral predeterminado se detectan tal como se ilustra en la figura 3E. El umbral se establece para cada acelerómetro 22A, 22B en la dirección correspondiente a la correspondiente dirección evaluable DA, DB (es decir un umbral positivo en este ejemplo). Los picos de cada señal de aceleración en la dirección opuesta a la dirección evaluable no se tienen en cuenta. Empezando 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 están distanciados entre sí más de 125 ms y menos de 250 ms, tal como se
40 ilustra en la figura 3F. De manera más precisa, se inicia 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 que 120 ms o mayor que 250 ms pero menor que 500 ms, el contador no se actualiza. El contador y el temporizador se reinician a 0 si no se ha detectado ningún pico durante un periodo T=500 ms después del último pico o si se detectan picos separados menos de 125 ms o más de 250 ms después del periodo de 500 ms. Se proporciona una señal de inestabilidad siempre que el contador alcanza N para un acelerómetro tal como se ilustra en las figuras 3H y 3I, en cuyo caso el temporizador y el contador también se reinician. Se proporciona una señal de detección de inestabilidad cuando se
45 detecta una señal de inestabilidad para ambos acelerómetros, tal como se ilustra en la figura 3J. También puede proporcionarse una señal de aviso en una fase más temprana, por ejemplo una vez que se detecta el primer o el segundo pico en ambos canales, tal como se ilustra en la figura 3K. Sorprendentemente, el algoritmo usado para detectar inestabilidades usa sólo una parte de cada señal de aceleración, concretamente la parte que corresponde a la dirección evaluable de cada acelerómetro.

55 Cada relé 24a, 24b de estado sólido de seguridad está dotado de dos bornes 41a, 42a, 41b, 42b de salida y está diseñado para cambiar su estado de un estado activo a un estado por defecto tras el cambio de la correspondiente señal de control en un borne de entrada de control. Los relés 24a, 24b de estado sólido primero y segundo actúan como contactos "normalmente abiertos", lo que significa que están cerrados cuando se energizan y abiertos en ausencia de la señal de control. Más específicamente, una señal de control de CA de frecuencia predeterminada

(por ejemplo 1000 Hz) se suministra mediante el dispositivo 20 lógico programable a un detector 40 de frecuencia conectado al primer relé 24a de estado sólido en ausencia de inestabilidad para mantener el primer relé de estado sólido en su estado activo, cerrado. En las mismas circunstancias, se suministra una señal de control de CC mediante el dispositivo 20 lógico programable al segundo relé 24b de estado sólido para mantenerlo en su estado cerrado. La detección de inestabilidad activa la interrupción de las dos señales de control y la apertura de los dos relés 24a, 24b de estado sólido de seguridad.

Con referencia a la figura 4A, el relé 24a de estado sólido está dotado de un circuito 240a de evaluación local que incluye dos conmutadores 241a, 242a de evaluación y un detector 243a de corriente de evaluación. Una rama ascendente del circuito 240a de evaluación local conecta uno de los conmutadores 241a de evaluación en serie entre un borne 41a del relé de estado sólido y el borne positivo de una fuente 244 de alimentación de CC de evaluación local. Puede preverse un diodo 245a en la rama ascendente para evitar el retorno de corriente a la fuente de alimentación de evaluación local. La rama descendente del circuito de evaluación local conecta el otro borne 42a de salida del relé de estado sólido al segundo conmutador 242a de evaluación y este último al detector 243a de corriente de evaluación que se conecta a la masa definida por el borne negativo de la fuente 244 de alimentación de evaluación local para cerrar el circuito. El detector 243a de corriente se usa para detectar la presencia de corriente a través de los bornes 41a, 42a del relé de estado sólido cuando los conmutadores 241a, 242a de evaluación primero y segundo se cierran así como el relé de estado sólido. El segundo relé 24b de estado sólido está dotado de un circuito de evaluación similar que usa la misma fuente 244 de evaluación, y las partes correspondientes se han designado en la figura 4A con los mismos números de referencia, usando una "b" como sufijo en lugar de una "a". Tal como se muestra en la variante de la figura 4B, puede usarse un detector 243 de corriente común en lugar de dos detectores 243a y 243b de corriente separados.

Los relés 24a, 24b de estado sólido, los pares de conmutadores 241, 242 de evaluación y el detector 243 de corriente están conectados al dispositivo 20 lógico programable y se realizan como optoacopladores de modo que sus conexiones al dispositivo 20 lógico programable están completamente aisladas de sus conexiones al circuito de evaluación.

El dispositivo 20 lógico programable también está dotado de una máquina 50 de estados finitos (véase la figura 1) para realizar una serie de pruebas para comprobar la operabilidad del dispositivo de monitorización de inestabilidad.

En una primera secuencia de evaluación, se comprueba la conmutación de los relés de estado sólido. El dispositivo 20 lógico programable cierra los conmutadores 241, 242 de evaluación del primer relé 24a de estado sólido e interrumpe la señal de control de CA durante una duración predeterminada mientras se comprueba la respuesta del primer relé 24a de estado sólido mediante el detector 243 de corriente de evaluación. Si se detecta una corriente mediante el detector 243 de corriente de evaluación durante la interrupción de la señal de control de CA la prueba ha fallado y la máquina de estados pasa al estado por defecto de arranque. Posteriormente, se repite la prueba para el segundo relé 24b de estado sólido, interrumpiéndose la señal de control de CC apropiada y conmutándose de nuevo a ENCENDIDO mediante el dispositivo lógico programable.

En una segunda secuencia de evaluación, se usan los circuitos de evaluación internos de los acelerómetros para simular un patrón de evaluación que corresponde a una situación de inestabilidad. Se aplican una serie de N impulsos de tensión a los bornes de evaluación de los dos acelerómetros. Los dos acelerómetros deben reaccionar entonces con un 80% de su valor de escala total y generar N picos por encima del umbral de detección. Después de N picos, el algoritmo de monitorización de inestabilidad debe generar una señal de inestabilidad y activar los dos conmutadores de estado sólido. Si no se genera ninguna señal de inestabilidad, la prueba ha fallado y la máquina 50 de estados pasa al estado por defecto de arranque.

Sorprendentemente, el uso de dos acelerómetros 22A, 22B orientados en direcciones opuestas en cada dispositivo de monitorización de inestabilidad hace posible detectar selectivamente en el algoritmo de monitorización real los picos de cada señal de acelerómetro que corresponde a movimientos de la masa de inercia desde la posición de reposo en la dirección evaluable, que en realidad se ha evaluado en realidad. Dicho de otro modo, el umbral de pico del algoritmo se establece de modo que se rechazan los picos de la señal de acelerómetro en la dirección opuesta a la dirección evaluable, es decir la dirección para la cual el circuito de evaluación interno del acelerómetro no permite evaluación.

Los dispositivos de monitorización de inestabilidad pueden incluir otras pruebas, por ejemplo mediciones de temperatura. La temperatura medida por un sensor de temperatura se compara con límites inferior y superior (por ejemplo entre -40 y 95°C). Si la temperatura no está dentro de la ventana predefinida, se activa una alarma.

Tal como se ilustra en la figura 5A, el dispositivo de monitorización de inestabilidad se duplica en al menos algunos de los armazones 18 del bogie del vehículo ferroviario, y preferiblemente en todos los bogies, para construir un sistema 300 de monitorización de inestabilidad, que incluye dos bucles 302a, 302b de seguridad, uno para conectar los primeros relés 24a de seguridad de los dispositivos 10 de monitorización de inestabilidad en serie en un circuito cerrado que incluye una fuente de alimentación de CC, por ejemplo una unidad 304 de batería y un detector 306a de

corriente común 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 freno del vehículo, y el segundo (306b) para conectar en las mismas condiciones los segundos relés 24b de seguridad de los dispositivos 10 de monitorización de inestabilidad en serie entre la fuente 304 de alimentación y un detector 306b de corriente. Los diodos 310a, 310b también se prevén en los bucles de seguridad para evitar el retorno de corriente a la fuente 304 de alimentación de CC.

Cualquier interrupción de la corriente detectada por un detector 306a, 306b de corriente en el bucle de seguridad se considera un evento de inestabilidad y da como resultado una acción apropiada, por ejemplo el funcionamiento de la alarma 308, una disminución de la potencia de impulso y/o la activación de los frenos del vehículo ferroviario.

La masa de cada fuente 244 de alimentación de CC de evaluación local está aislada, de modo que la primera secuencia de evaluación a la que se ha hecho referencia anteriormente puede llevarse a cabo simultáneamente en todos los primeros relés 24a de seguridad, con superposición de la potencia de CC del bucle 302a de seguridad. Sin embargo, los relés de seguridad primero y segundo de cada unidad deberán evaluarse preferiblemente de manera secuencial para evitar resultados poco fiables, puesto que se prevé que ambos bucles de seguridad están conectados en serie.

El sistema de monitorización de inestabilidad está dotado de un bus de evaluación para realizar el control de las pruebas de arranque de varias pruebas en el sistema distribuido para comprobar su operabilidad. El bus de evaluación se usa para enviar una petición de evaluación al dispositivo de monitorización de inestabilidad y recopilar los resultados.

Para evaluar la integridad del cableado del bucle de seguridad en un tren configurado, puede ejecutarse una evaluación del vehículo especial. Los dispositivos de monitorización de inestabilidad del último coche deben apagarse y volver a encenderse mediante el disyuntor del automotor. 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, se repetirá la acción en el dispositivo de monitorización de inestabilidad que se ubica directamente aguas arriba hasta que se halle el error. En este caso, el error en el cableado se situará entre la unidad para la cual el bucle está funcionando y la siguiente unidad aguas abajo.

A modo de variante, los dos bucles de seguridad pueden estar conectados en serie entre una fuente de alimentación común y un detector de corriente común.

Para limitar los problemas de disponibilidad en caso de error de uno de los dispositivos de monitorización de inestabilidad, también se prevé dotar a cada bogie de un primer dispositivo 10A de monitorización de inestabilidad y un segundo dispositivo 10B de monitorización de inestabilidad, tal como se ilustra en la figura 5B. Los relés 24a y 24b de seguridad de cada dispositivo de monitorización de inestabilidad están conectados en serie. Los relés 24a, 24b de seguridad de los dispositivos 10A de monitorización de inestabilidad están conectados a un primer bucle 302A de seguridad y los relés 24a, 24b de seguridad de los segundos dispositivos de monitorización de inestabilidad están conectados a un segundo bucle 302B de seguridad. Cuando un dispositivo de monitorización de inestabilidad tiene un error e interrumpe uno de los bucles de seguridad, puede continuarse con el funcionamiento en el otro bucle de seguridad.

La invención no está limitada a las realizaciones descritas anteriormente en el presente documento.

Si la redundancia de las mediciones de aceleración no es crítica, puede usarse un único acelerómetro. Preferiblemente, el único acelerómetro debe tener dos direcciones evaluables, es decir debe estar dotado de medios de evaluación para mover la masa de inercia del acelerómetro en ambos lados de su posición de reposo. El acelerómetro o los acelerómetros pueden ser biaxiales o triaxiales, en cuyo caso la señal desde los ejes adicionales puede rechazarse simplemente o procesarse en paralelo con la señal desde el primer eje. Las señales desde ejes diferentes también pueden combinarse para construir un vector de aceleración, que se procesará mediante el dispositivo lógico programable. Los acelerómetros pueden ser de cualquier tipo conveniente, basado por ejemplo en transductores piezoeléctricos.

El algoritmo de monitorización de inestabilidad puede tener muchas variantes. En particular, el uso de una ventana de tiempo con un umbral inferior y un umbral superior para contar los picos puede sustituirse por filtros numéricos más sofisticados para rechazar las partes de la señal que no están en el intervalo de frecuencia observado.

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

El sistema de monitorización de inestabilidad, que se ha usado en conexión con un vehículo ferroviario, también puede implementarse en diversos sistemas complejos en los que sean necesarias mediciones de aceleración

distribuidas para determinar una condición de inestabilidad, por ejemplo en aviones o turbinas de una central eléctrica.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (10) de monitorización de inestabilidad para un vehículo ferroviario, que comprende:

- al menos un primer acelerómetro (22A) para proporcionar una primera señal de aceleración en respuesta a una vibración a lo largo de un eje de referencia (X-X),

5 - al menos un primer relé (24a) de seguridad de estado sólido, que tiene dos bornes (41a, 42a) principales y que puede conmutarse entre un estado cerrado y un estado abierto,

caracterizado porque el dispositivo (10) de monitorización de inestabilidad comprende además:

10 - un dispositivo (20) lógico programable conectado al primer acelerómetro (22A) y al primer relé (24a) de seguridad de estado sólido, siendo el dispositivo (20) lógico programable una disposición de puertas programables en campo (FPGA) o un dispositivo lógico programable complejo (CPLD) dotado de bloques lógicos no volátiles que se ejecutan simultáneamente en paralelo e implementan un algoritmo de monitorización de inestabilidad para cambiar el estado del primer relé (24a) de seguridad de estado sólido basándose en una condición de inestabilidad de la primera señal de aceleración, en el que el dispositivo (20) lógico programable incluye una memoria borrrable y reprogramable no volátil.

15 2. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según la reivindicación 1, en el que el algoritmo de monitorización de inestabilidad incluye:

- preprocesar la primera señal de aceleración

- detectar picos de la señal de aceleración preprocesada que son superiores a un umbral de aceleración predeterminado,

20 - incrementar un contador si el tiempo entre dos picos consecutivos está dentro de una ventana de tiempo predeterminada,

- activar el relé (24a) de seguridad de estado sólido si el contador alcanza o supera un umbral de contador predeterminado, y

- reiniciar el contador si no se ha detectado ningún pico dentro de un periodo de tiempo predeterminado.

25 3. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el preprocesamiento de la primera señal de aceleración incluye procesar la primera señal de aceleración a través de un filtro paso bajo y un filtro paso alto.

30 4. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un segundo acelerómetro (22B) para proporcionar una segunda señal de aceleración en respuesta a una vibración a lo largo del eje de referencia (X-X), estando conectado el segundo acelerómetro (22B) al dispositivo (20) lógico programable, cambiando el algoritmo de monitorización de inestabilidad el estado del primer relé (24a) de seguridad de estado sólido basándose en una condición de inestabilidad de las señales de aceleración primera y segunda.

35 5. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada uno de los acelerómetros (22A, 22B) primero y segundo comprende:

- una masa (221) de inercia que puede moverse entre una posición de reposo y dos límites opuestos en paralelo al eje de referencia (X-X) y

- un circuito de evaluación interno para mover la masa (221) de inercia desde una posición de reposo hacia uno de los dos límites opuestos en una dirección evaluable (DA, DB),

40 en el que las direcciones que pueden evaluarse de los acelerómetros (22A, 22B) primero y segundo son opuestas entre sí, rechazando el dispositivo (20) lógico programable las señales de aceleración generadas por el primer y el segundo acelerómetro (22A, 22B) en respuesta a movimientos de cada masa (221) de inercia entre la posición de reposo y el otro de los dos límites en la dirección opuesta a la dirección evaluable.

45 6. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer relé (24a) de seguridad de estado sólido está abierto en ausencia de una señal de control y el dispositivo (20)

lógico programable interrumpe la señal de control para cambiar el estado del primer relé (24a) de seguridad de estado sólido basándose en una condición de inestabilidad de la primera señal de aceleración.

5 7. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un segundo relé (24b) de estado sólido conectado al dispositivo (20) lógico programable siendo el algoritmo tal que cambia el estado del segundo relé (24a) de seguridad de estado sólido basándose en la condición de inestabilidad de la primera señal de aceleración.

10 8. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según la reivindicación 7, en el que el cambio de estado del primer relé (24a) de seguridad de estado sólido se activa mediante la interrupción de una señal de control de CA controlada por el dispositivo (20) lógico programable mientras que el cambio de estado del segundo relé (24a) de seguridad de estado sólido se activa mediante la interrupción de una señal de control de CC controlada por el dispositivo (20) lógico programable.

15 9. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una placa (14) de circuito impreso para recibir el dispositivo (20) lógico programable, el primer relé (24a) de seguridad de estado sólido y el primer acelerómetro (22A) y, si se prevé, el segundo relé (24b) de seguridad de estado sólido y el segundo acelerómetro (22B).

10. Dispositivo de monitorización de inestabilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, dotado además de un circuito (240a) de evaluación que comprende:

- una fuente (244) de alimentación de evaluación local,

- un detector (243a) de corriente de evaluación local,

20 - conmutadores (241a, 242a) de evaluación para conmutar el dispositivo (10) de monitorización de inestabilidad entre un modo de evaluación y un modo operativo, de modo que en el modo de evaluación los bornes principales del conmutador de seguridad están conectados entre la fuente (244) de alimentación de evaluación local y el dispositivo de medición local mientras que en el estado operativo los bornes principales del conmutador de seguridad están desconectados de la fuente (244) de alimentación de evaluación local.

25 11. Sistema (300) de monitorización de inestabilidad para un vehículo ferroviario que comprende:

- una pluralidad de dispositivos (10, 10A, 10B) de monitorización de inestabilidad distribuidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

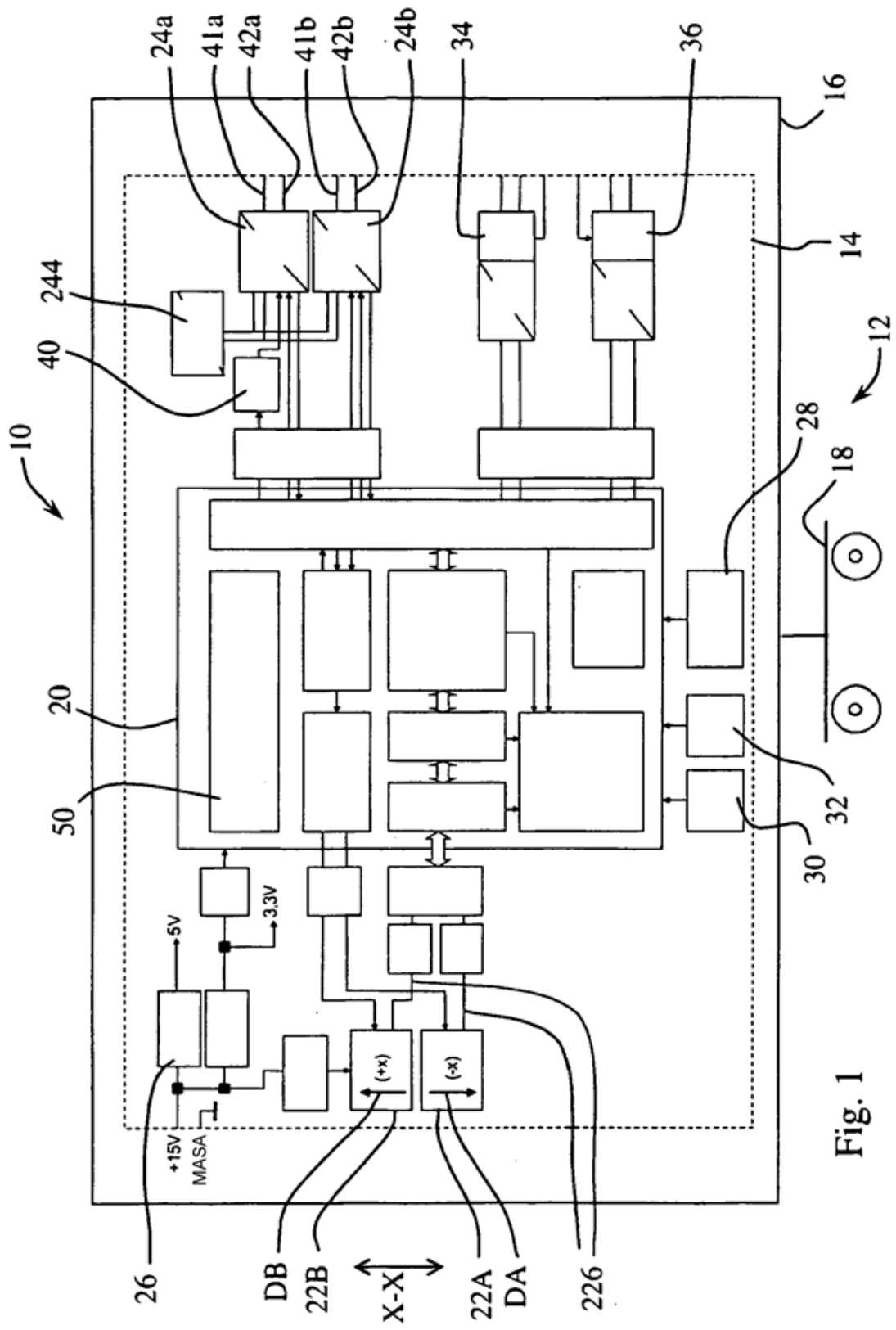
- un bucle (302, 302A, 302B) de seguridad que interconecta los primeros relés (24a) de seguridad de estado sólido de la pluralidad de dispositivos (10, 10A, 10B) de monitorización de inestabilidad en serie.

30 12. Sistema de monitorización de inestabilidad según la reivindicación 11, en el que el bucle (302, 302A, 302B) de seguridad está dotado de:

- un fuente (304) de alimentación para alimentar el bucle (302, 302A, 302B) de seguridad,

- un detector (306a, 306b) de fallos, para detectar un cambio de estado de al menos uno de los primeros relés (24A) de seguridad de estado de la pluralidad de dispositivos (10, 10A, 10B) de monitorización de inestabilidad.

35 13. Vehículo ferroviario dotado de una pluralidad de bogies (12) y con un sistema de monitorización de inestabilidad según una cualquiera de las reivindicaciones 11 ó 12, en el que cada bogie (12) está dotado de al menos uno de los dispositivos (10, 10A, 10B) de monitorización de inestabilidad del sistema (300) de monitorización de inestabilidad.



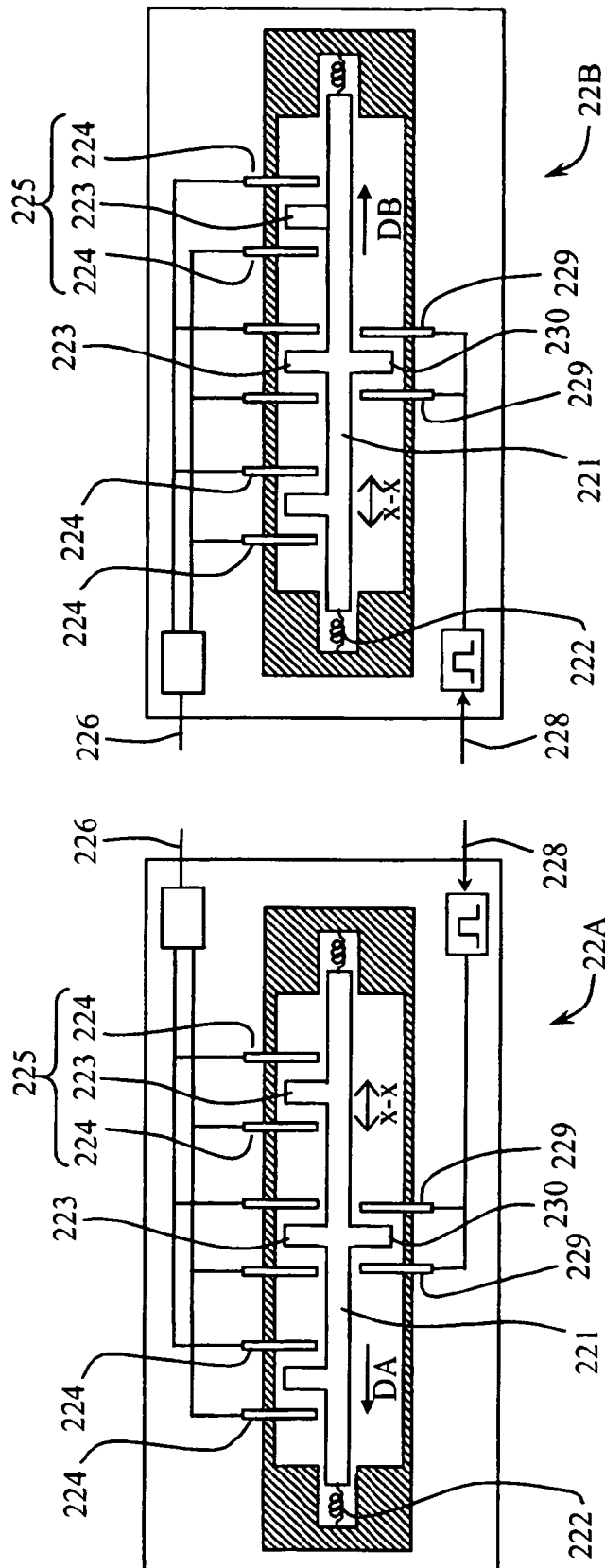
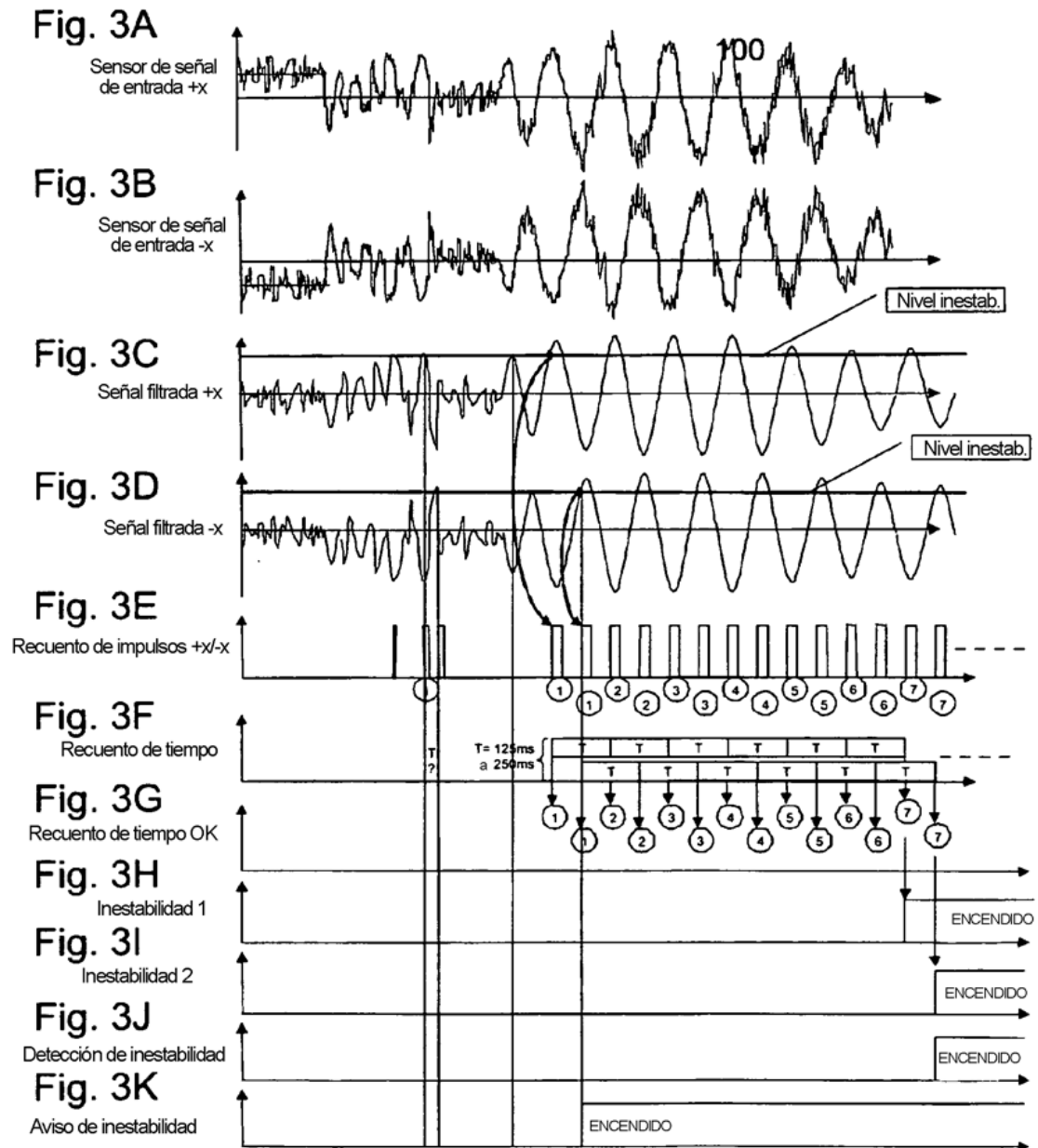
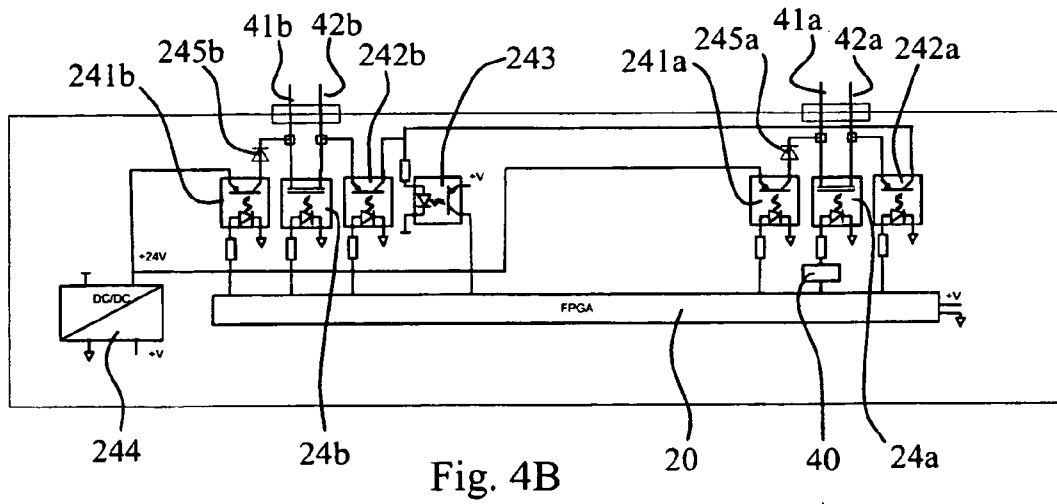
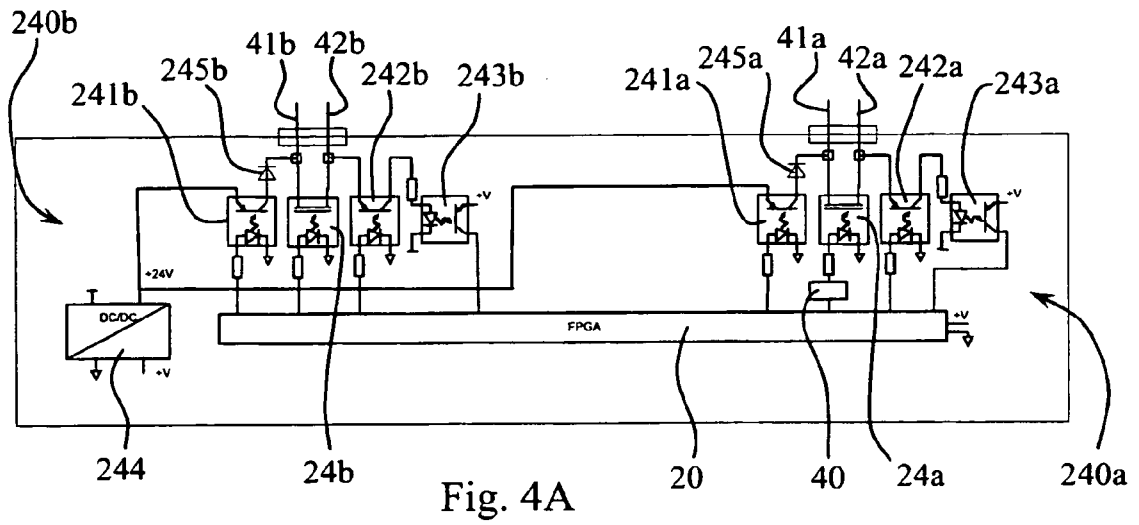


Fig. 2





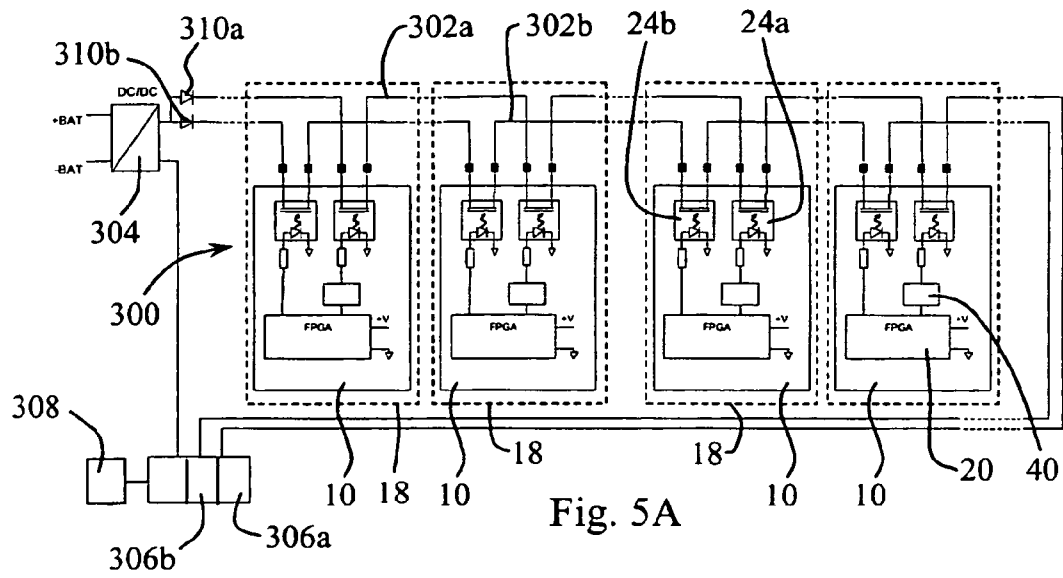


Fig. 5A

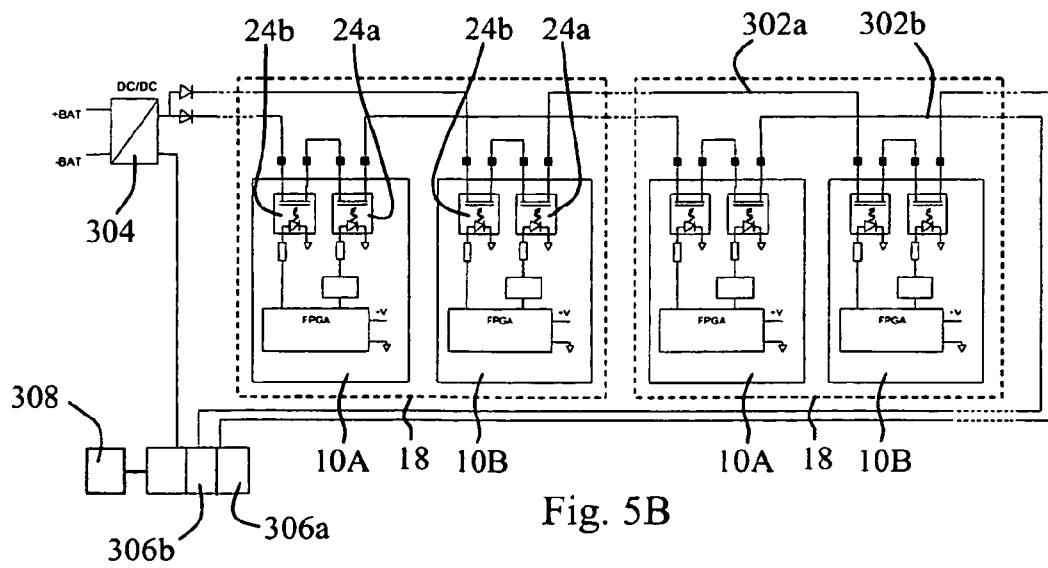


Fig. 5B