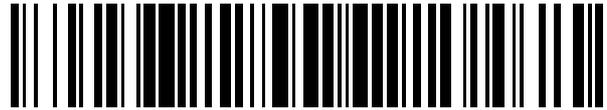


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 778**

51 Int. Cl.:

G01P 21/00 (2006.01)

G01L 25/00 (2006.01)

G01P 15/09 (2006.01)

G01H 11/08 (2006.01)

G01L 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2012 E 12182563 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 2703825**

54 Título: **Sensor de fuerza y método para probar su fiabilidad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.09.2020

73 Titular/es:

**MEGGITT SA (100.0%)
Route de Moncor 4
1701 Fribourg, CH**

72 Inventor/es:

**BROILLET, BERNARD y
MAILLARD, BENOÎT**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 784 778 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

Sensor de fuerza y método para probar su fiabilidad

5 La invención se refiere a un sensor de fuerza que comprende un transductor con un elemento de medida conectado de forma operativa a un objeto de medida para generar señales de medida de una fuerza que actúa sobre el objeto de medida, y al menos dos canales de transmisión configurados para transmitir, mutuamente, señales correspondientes de dichas señales de medida de forma independiente entre sí. La invención también se refiere a un sistema de monitorización para motores de vibración y/o rotatorios que comprende al menos dicho sensor de fuerza. La invención además se refiere a un método para probar la fiabilidad de funcionamiento de dicho sensor de fuerza.

15 Dicho sensor de fuerza es conocido del documento EP 0 116 810 A1. El sensor de fuerza está constituido por un acelerómetro que comprende dos transductores piezoeléctricos y un objeto de medida proporcionado por una masa sísmica común que actúa en ambos transductores y una masa sísmica adicional que actúa en sólo un transductor. La sensibilidad de los dos transductores y las fuerzas de inercia que actúan de los mismos son seleccionados de manera que los dos transductores, bajo la acción de una fuerza de aceleración, cada uno entrega señales de salida iguales. Debido a la coincidencia de la sensibilidad de los dos transductores, se pueden generar señales de medida mutuamente correspondientes y transmitir por un canal de transmisión respectivo proporcionado para cada transductor.

25 Sensores redundantes se utilizan en general en aplicaciones en las que se requiere una fiabilidad muy alta para una medida particular. Un método de medida redundante consiste en comparar las señales de medida mutuamente correspondientes, en particular señales de medida del mismo parámetro en un tiempo dado, con el fin de aumentar la fiabilidad de la medida. Con el fin de hacer la comparación, ambas señales deberían ser idealmente idénticas.

30 En el caso particular de una medida de vibración de dos canales, sin embargo, la práctica ha mostrado que es muy difícil obtener dos señales individuales que son completamente idénticas debido a que dos sensores de fuerza, en particular dos acelerómetros, no se pueden colocar exactamente en el mismo punto en el motor. Por esta razón, se desarrolló el acelerómetro denominado dual de acuerdo con el documento EP 0 116 810 A1, en el que dos elementos transductores separados son construidos en una carcasa común. La redundancia de este enfoque incluye un sistema de precarga común, una masa sísmica común pero dos elementos transductores piezoeléctricos separados, uno para cada canal. El resto de la cadena de medida, es decir, los cables de transmisión y los amplificadores de carga, se mantienen como canales de transmisión separados y totalmente segregados.

35 Para un sistema con buen funcionamiento, sin embargo, los dos canales de transmisión del acelerómetro dual deben coincidir de forma precisa. Esta coincidencia incluye características de funcionamiento tales como la sensibilidad, la respuesta de frecuencia, la capacitancia y la resonancia. Los tiempos de coincidencia habituales hacen difícil la fabricación y también requieren la utilización de un alto número de elementos piezoeléctricos y una calibración que requiere mucho tiempo de los elementos transductores. También es importante que la respuesta de temperatura y el largo tiempo de envejecimiento individual se acerquen entre sí. Por tanto, la producción de dicho acelerómetro dual puede ser muy costosa. Una falta de coincidencia o una coincidencia no lo suficientemente próxima de las señales conduce también muy a menudo a falsas alarmas. Adicionalmente, el tamaño y el peso de dicho dispositivo pueden presentar desventajas en el montaje en motores de aeronave, en los que la preferencia es un tamaño y un peso pequeños.

40 Otros tipos de transductores que tienen sólo un único canal de transmisión para una señal de medida generada por el elemento de medida son conocidos de los documentos CA 2 255 975 A1, US 4 467 271 A, y DE 43 16 263 A1. Una línea de transmisión positiva y negativa del canal de transmisión está conectada a un electrodo respectivo del transductor de tal manera que están interconectadas en serie a través del transductor. Adicionalmente, se puede inyectar una señal de prueba en el transductor a través de una línea de inyección de señal de prueba. De acuerdo con el documento CA 2 255 975 A1, la línea de inyección de señal de prueba comprende dos condensadores de inyección, cada uno conectado a un electrodo respectivo del transductor. De acuerdo con el documento US 4 467 271 A, la señal de prueba es inyectada a través de una de las líneas de transmisión del canal de transmisión. De acuerdo con el documento DE 43 16 263 A1, un aplicador de señal de prueba es conectado en serie a los electrodos del transductor. La señal de prueba sin embargo, no está relacionada con la señal de medida generada por el elemento de medida.

60 El documento DE-A-10 2005 021 900 divulga una unidad de sensor de palanca selectora de marchas que proporciona una señal "P"/"N" digital adicional a la señal analógica que indica el movimiento de la palanca selectora. Dos líneas de conexión son propuestas para cada señal. Sin embargo, no se dan detalles del elemento de sensor utilizado o de las líneas de transmisión. No se expone la determinación y manejo de fallo de las líneas de transmisión.

65 El documento CN-A-100 348 956 propone un dispositivo de sensor auxiliar adicionalmente a un dispositivo de sensor principal en una disposición estacionaria para medir el peso de vehículos que pasan por encima de la

disposición. Ambos dispositivos de sensor están provistos de dos líneas de señal. Sin embargo, para los dos sensores y cada par de líneas de transmisión, sólo se menciona que el segundo es utilizado una vez que falla el primero (principal/primario). No se da ninguna indicación de cómo se detecta el fallo o una mala condición, o si dicha detección es incluso requerida.

5 Es un objeto de la presente invención remediar al menos una de las deficiencias mencionadas anteriormente y permitir una producción más fácil del sensor de fuerza abordado inicialmente y/o permitir una reducción de su tamaño de construcción y/o proporcionar un sensor de fuerza con al menos una característica de funcionamiento mejorada, en particular referente a su comportamiento dinámico y/o a su respuesta a la temperatura y/o a su respuesta a la frecuencia. Es un objeto adicional de la invención proporcionar una aplicación ventajosa de dicho sensor de fuerza. Otro objeto de la invención es proporcionar un método para probar la fiabilidad de funcionamiento de dicho sensor de fuerza, en particular evitando al menos una desventaja de los sensores de fuerza conocidos en funcionamiento.

15 Al menos uno de estos objetos es alcanzado por el sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 1, el sistema de monitorización de acuerdo con la reivindicación 14 y los métodos de prueba de acuerdo con las reivindicaciones 15 y 16. Las reivindicaciones dependientes definen modos de realización preferidos.

20 Por consiguiente, en un sensor de fuerza de acuerdo con la invención, al menos dos canales de transmisión son conectados en paralelo al mismo transductor de tal manera que se pueden verificar las señales transmitidas a la salida de cada canal de transmisión. De esta manera, las señales de medida mutuamente correspondientes que corresponden a una fuerza que actúa entre el objeto de medida, en particular un tiempo o intervalo de tiempo dados, puede alimentarse a los canales de transmisión desde el mismo transductor que está conectado de forma operativa a el al menos un objeto de medida. Por tanto, las señales de medida en ambos canales de transmisión pueden basarse en la fuerza que actúa en el objeto de medida ya que se deriva del mismo elemento de medida del transductor.

De este modo, el transductor, preferiblemente, sólo comprende un único elemento de medida.

30 Esto tiene la ventaja económica de que se pueden disminuir los costes de producción del sensor de fuerza, dado que se puede reducir el número de transductores requeridos y se puede omitir las coincidencias bastante complejas de las propiedades del transductor con respecto a las propiedades de funcionamiento de un transductor adicional correspondiente. En particular, sólo puede que se necesite una única calibración de un transductor, resultando en costes menores y menos rechazos en la producción debido a una falta de coincidencia de ambos canales. Además, no se necesitará ninguna coincidencia de las propiedades de funcionamiento del transductor con respecto al sistema de sensor restante. En particular, el elemento de medida proporcionado en el transductor puede que no se ha de una calidad alta particular. Por ejemplo, se puede utilizar cualquier material piezoeléctrico, en particular un material con una precisión comparativamente inferior en su respuesta a la temperatura.

40 Además, se pueden lograr ventajas de construcción de un tamaño y/o peso reducidos del sensor de fuerzas reduciendo el número de sus componentes. Las características de construcción propuestas de un sensor de fuerza de acuerdo con la invención también pueden permitir una readaptación fácil a sistemas existentes, en particular se pueden aplicar en el lugar de sensores de fuerza ya existentes, en los cuales se podría necesitar el cambio en la forma y el ajuste del sensor y/o el cableado.

45 Al mismo tiempo, se puede mantener o incluso aumentar una alta fiabilidad del sistema de medida. En particular, se ha reconocido en el transcurso de la presente invención que el aspecto de redundancia degradada de tener transductores separados para cada canal de emisión se puede compensar o incluso mejorar por las ventajas de funcionamiento de aplicar sólo un transductor como un elemento común para estos canales de transmisión.

50 Estas ventajas de funcionamiento pueden comprender el transductor que muestra características de funcionamiento únicas, en particular un comportamiento dinámico único, una respuesta a la temperatura única, etc., lo cual permite una comparación perfecta de las señales de salida en los canales de transmisión respectivos. Además, debido al transductor aislado, se pueden esperar características de funcionamiento mejoradas con respecto a la respuesta a la frecuencia y/o a la frecuencia de resonancia. Otra ventaja de funcionamiento se puede apreciar en una mayor fiabilidad y un tiempo medio mayor entre fallos (MTBF), correspondiente al número acumulado de fallos por tiempo acumulado de funcionamiento, dado que el sensor de fuerza propuesto contiene menos elementos propensos a fallar.

60 Una ventaja de funcionamiento adicional puede ser una verificabilidad funcional y una detectabilidad de error mejoradas. Esta ventaja puede ser crucial, dado que en aplicaciones aeroespaciales e industriales modernas no preocupa demasiado el número de fallos sino el número de fallos que permanecen sin detectar. En particular, virtualmente todas las fuentes de fallos pueden ser detectables en un sensor de fuerza de acuerdo con la invención, lo cual no es posible en sistemas de la técnica anterior. Para una detección de error, se puede utilizar la línea y la monitorización de contacto de una constitución estándar en un sistema de prueba (BIT). Se describe adicionalmente más abajo un método ventajoso para la prueba de error.

De acuerdo con una configuración preferida, el transductor conectado a al menos dos canales de transmisión es el transductor único que está conectado de forma operativa al objeto de medida. De forma más preferida, el sensor de fuerza sólo comprende dicho único transductor. De esta manera, se pueden minimizar los costes de producción, el peso y tamaño del sensor de fuerza y al mismo tiempo se puede lograr una alta fiabilidad de funcionamiento, como ya se detalló anteriormente.

En principio, la ventaja de una redundancia de más de un transductor también se puede combinar con las ventajas de funcionamiento mencionadas anteriormente de un transductor común para los al menos dos canales de transmisión, incorporando al menos dos transductores en el sensor de fuerza, comprendiendo cada transductor un elemento de medida conectado de forma operativa al objeto de medida, en donde al menos dos canales de transmisión respectivos están conectados a cada transductor. Se ha de señalar, sin embargo, que los transductores modernos, en particular transductores basados en elementos de medida piezoeléctricos, se han convertido en componentes altamente fiables debido a sus técnicas de procesamiento y fabricación mejoradas. Por tanto, la redundancia del transductor puede ser un factor menos significativo. La experiencia en campo de los sistemas de la técnica anterior, sin embargo, dice que la mayoría de los fallos ocurren en los canales de transmisión, en particular en sus conectores y cables de transmisión, los cuales permanecen totalmente redundantes en el sistema de sensor de fuerza de acuerdo con la invención.

Para una verificación de las señales transmitidas en la salida de cada canal de transmisión, se pueden concebir varias posibilidades. De acuerdo con un primer método de verificación preferido, las señales transmitidas están relacionadas entre sí, en particular por medio de una comparación de las señales transmitidas. Un circuito comparador correspondiente puede ser proporcionado en la salida de los canales de transmisión o como un componente intermedio común en los canales de transmisión. La existencia de un error de medida y/o de transmisión se puede reconocer entonces basándose en un valor de diferencia predeterminado que es excedido por las señales de transmisión comparadas. Este método proporciona una comprobación permanente en curso de la integridad de los canales de transmisión.

De acuerdo con un segundo método de verificación preferido, las señales transmitidas son investigadas de forma individual con respecto a un valor de señal esperado. Por ejemplo, se puede utilizar una medida bajo condiciones de medida conocidas o la inyección de al menos una señal de prueba para proporcionar un cierto valor de expectación de las señales transmitidas. Se puede proporcionar un circuito de verificación correspondiente de la señal de prueba en la salida de cada canal de transmisión o como un componente intermedio en cada canal de transmisión. De forma más preferida, se pueden aplicar ambos métodos de verificación en un sensor de fuerza de acuerdo con la invención.

Preferiblemente, las señales de medida mutuamente correspondientes que son transmitidas de forma independiente por cada canal de transmisión son representativas para el mismo parámetro de la fuerza que actúa en el objeto de medida, en particular en un tiempo o intervalo de tiempo específico o en intervalos de tiempo periódicos. Este parámetro puede incluir una aceleración, una velocidad, un desplazamiento, una presión, o un cambio de presión del objeto de medida.

De acuerdo con una primera disposición preferida, el objeto de medida comprende al menos una masa sísmica de tal manera que dichas señales de medida son representativas de una fuerza que actúa en la masa sísmica como resultado de la aceleración de la masa sísmica. De esta manera, se puede realizar un acelerómetro.

Dicho acelerómetro puede constituir un campo de funcionamiento particular ventajoso del sensor de fuerza, dado que los acelerómetros son a menudo utilizados en áreas de aplicación que requieren un tamaño de sensor pequeño y al mismo tiempo demandan una fiabilidad muy alta de la medida de fuerza.

De acuerdo con una segunda disposición preferida, el objeto de medida comprende al menos un gas y/o líquido tal que dichas señales de medida son representativas de la presión y/o del cambio de presión de dicho gas y/o líquido. De esta manera, se puede realizar un transductor de presión. En particular, se puede disponer una membrana en el interior o exterior del sensor de fuerza, en cuya membrana actuará la presión y/o el cambio de presión del gas y/o del líquido. Preferiblemente, el elemento de medida del transductor es entonces conectado de forma operativa a la membrana.

Preferiblemente, en particular en ambas de las disposiciones anteriores, el transductor comprende un electrodo positivo y uno negativo para recoger dichas señales de medida generadas por dicho elemento de medida. Por tanto, las señales de medida derivadas del elemento de medida, preferiblemente, se pueden derivar en esos electrodos. Preferiblemente, cada electrodo está conectado a cada canal de transmisión.

De acuerdo con una primera configuración preferida, los canales de transmisión están conectados sustancialmente de forma directa a al menos uno de los electrodos respectivos. De este modo, para cada canal de transmisión se proporciona preferiblemente un punto de contacto separado en al menos uno de dichos electrodos, de forma más preferida en cada uno de dichos electrodos. De forma más preferida, cada uno de los canales de transmisión está

conectado preferiblemente a otro extremo del electrodo respectivo. De esta manera, se puede preservar la redundancia con respecto esencialmente a la longitud total de los canales de transmisión que incluyen las conexiones en el interior de la carcasa del sensor.

5 De acuerdo con una segunda configuración preferida, al menos dos de los canales de transmisión están conectados al electrodo respectivo ya que comprenden una línea de conexión común conectada al electrodo. De forma más preferida, los canales de transmisión tienen un nodo común en una línea de conexión común que está conectada al electrodo. Preferiblemente, el nodo común está ubicado en estrecha proximidad al electrodo con el fin de preservar la redundancia con respecto a la distancia posiblemente grande de los canales de transmisión. Por tanto, la línea de
10 conexión común es, preferiblemente, comparativamente corta con respecto a la longitud total de las líneas de transmisión. En particular, la línea de conexión común y/o el nodo común están preferiblemente dispuestos entre el electrodo y un conector para un cable de transmisión del canal de transmisión y/o en el interior de una carcasa en la cual se dispone el transductor.

15 Alternativamente, la línea de conexión común puede también extenderse en el interior de un conector común para varios cables de transmisión de los canales de transmisión y/o en el exterior de una carcasa en la cual se dispone el transductor, con el fin de facilitar el cableado del conector y/o el montaje de los cables de transmisión. De este modo, el nodo común también se puede disponer en el interior de un conector común para varios cables de transmisión de los canales de transmisión y/o en el exterior de una carcasa en la cual se dispone el transductor.
20 Además, el nodo común también puede estar dispuesto adicionalmente aguas arriba a los canales de transmisión, en particular adicionalmente aguas arriba de un conector común para los cables de transmisión, en donde una mayor parte de la línea de transmisión es todavía preferiblemente proporcionada como dos canales de transmisión totalmente redundantes. Como un ejemplo, al menos dos tercios de longitud total de la línea de transmisión son proporcionados preferiblemente por al menos dos canales de transmisión separados, de forma más preferida al
25 menos un noventa por ciento de la longitud total de la línea de transmisión.

En esta segunda configuración preferida, preferiblemente, no hay redundancia del propio sensor ya que todas las partes dentro del sensor son comunes para ambos canales de transmisión. Sin embargo, se reduce el coste de la disposición del sensor y se aumenta la fiabilidad debido a la utilización de menos partes.

30 En vista de la fiabilidad, el sistema de medida contiene preferiblemente el menor número posible de conectores debido a que la práctica muestra que los conectores son, normalmente, las partes más vulnerables de todo el sistema de medida. Sin embargo, la practicidad de instalar y mantener el sistema de medición determina la presencia de un cierto número de conectores. Conociendo la fiabilidad relativamente baja de los conectores se ha sabido en la presente invención de que es extremadamente de ayuda proporcionar una capacidad de prueba de los
35 canales de transmisión entre el transductor y la unidad de electrónica.

Preferiblemente, se proporciona al menos un conector que conecta al menos un canal de transmisión a los electrodos. De forma más preferida, se proporciona un conector respectivo para cada uno de dichos canales de
40 transmisión, mediante cuyo conector se conecta el canal de transmisión respectivo a dichos electrodos. Esto puede tener la ventaja de una redundancia completa de los canales de transmisión que incluyen los conectores, de tal manera que también se pueden verificar fácilmente los conectores como una fuente de error posible. En otra configuración preferida, se proporciona un conector común para dichos canales de transmisión, mediante cuyo conector los canales de transmisión son conectados de forma común a dichos electrodos. Esto puede permitir un
45 cableado o montaje simplificado de los canales de transmisión.

El conector comprende, preferiblemente, un polo positivo y uno negativo. Cada uno de estos polos está conectado, preferiblemente, al electrodo correspondiente a través de un cable de conexión. Para cada canal de transmisión, se proporciona preferiblemente un cable que es montado en los polos del conector respectivo. Preferiblemente, los
50 conectores están dispuestos en lados mutuamente opuestos del transductor para facilitar el montaje de los cables de transmisión en el mismo.

Preferiblemente, los conectores están integrados en las paredes de la carcasa en la cual se encierra el transductor. De forma más preferida, los conectores se extienden a través de las paredes de la carcasa. Estos conectores se refieren posteriormente como conectores de alimentación. Los cables de transmisión de cada canal de transmisión
55 pueden ser enchufados, preferiblemente, en los conectores de alimentación respectivos desde el exterior de la carcasa. Por tanto, se puede facilitar la instalación de los canales de transmisión. Preferiblemente, el objeto de medida se incluye parcial o totalmente en la carcasa.

60 Preferiblemente, se monta el transductor en una placa base. La placa base, el transductor y el objeto de medida están dispuestos preferiblemente en serie. De este modo, el elemento de medida del transductor está sujeto preferiblemente de forma mecánica entre la placa base y el objeto de medida. Una disposición de precarga, en particular que incluye un perno y una tuerca, se aplica preferiblemente para lograr la sujeción mecánica del transductor. El transductor está, preferiblemente, aislado eléctricamente de la placa base y/o de las paredes de la
65 carcasa, en particular por medio de placas de aislamiento dispuestas entre las mismas.

De acuerdo con una configuración preferida, el primer canal de transmisión está conectado a los electrodos en un extremo del elemento de medida y el segundo canal de transmisión está conectado a los electrodos en el extremo opuesto del elemento de medida. Esto puede permitir un cableado facilitado de los canales de transmisión en paralelo al transductor, en particular un cableado facilitado de los conectores respectivos.

5 Preferiblemente, el elemento de medida del transductor está constituido por un elemento de medida piezoeléctrico, en particular un apilamiento de placas piezoeléctricas. El elemento de medida hecho de dichos miembros piezoeléctricos tiene la ventaja de que se ha comprobado y probado bien en varias áreas de aplicación previstas del sensor de fuerza, en particular en el campo de sistemas de monitorización para motores de vibración y/o rotativos, 10 tales como motores de aeronave y/o turbinas de gas. En principio, sin embargo, se pueden concebir también otros elementos de medida sensibles a la fuerza aplicada en el objeto de medida.

De acuerdo con una configuración preferida, los electrodos se extienden sustancialmente a través del apilamiento de 15 placas piezoeléctricas desde un extremo a un extremo opuesto del mismo. Por otro lado, los electrodos se extienden, preferiblemente, en un recorrido sinuoso a través del apilamiento de las placas piezoeléctricas. Por lo tanto, cada electrodo está constituido, preferiblemente, por varias placas de contacto que están interconectadas en una cadena. Las placas de contacto están colocadas, preferiblemente, en el lado cargado, respectivamente, de forma positiva o de forma negativa de cada placa piezoeléctrica dentro del apilamiento. Por lo tanto, las placas de 20 contacto son enlazadas entre sí por interconectores conductores entre las mismas, cada uno extendiéndose a lo largo de una cara exterior de las placas piezoeléctricas. Los electrodos se doblan preferiblemente en las regiones de transición de las placas de contacto y los interconectores conductores para proporcionar la forma sinuosa de los electrodos que se extienden a través del apilamiento de placas piezoeléctricas. Un contacto eléctrico a los canales de transmisión, en particular a un conector respectivo, se proporciona, preferiblemente, en cada extremo de los 25 electrodos sinuosos.

Preferiblemente, cada canal de transmisión comprende un amplificador de señal. Cada amplificador de señal está, 30 preferiblemente, incluido en el canal de transmisión respectivo externamente de una carcasa en la cual se dispone el transductor. De forma más preferida, el amplificador de señal respectivo está dispuesto en la salida de cada canal de transmisión. Preferiblemente, los amplificadores de señal están incluidos en una única unidad electrónica. Además, los amplificadores de señal están, preferiblemente, conectados al transductor a través de un conector y/o un cable de transmisión del respectivo canal de transmisión. Preferiblemente, los amplificadores de señal incluyen al menos 35 unos medios de desacoplamiento de CC, filtros, integradores, y medios para hacer la entrada totalmente flotante con respecto a la tierra. Se ha encontrado que estos componentes, de forma más notable los medios de desacoplamiento de CC, pueden ser esenciales para proporcionar una señal de una calidad deseada a la salida de los amplificadores de señal, en particular para proporcionar valores de medida de una alta precisión y/o para permitir una prueba de la fiabilidad del sensor en un método detallado adicionalmente más abajo. Preferiblemente, el desacoplamiento de CC es realizado mediante sensores en serie colocados en la entrada positiva y en la entrada 40 negativa del amplificador de señal.

Preferiblemente, al menos un interruptor en serie está dispuesto antes de la entrada de al menos un amplificador de 45 señal, preferiblemente, de cada amplificador de señal, con el fin de permitir una aplicación selectiva de los amplificadores de señal. Esto puede contribuir a una mejora adicional de una detección de ubicación de error.

Preferiblemente, se proporciona un inyector de señal de prueba en al menos uno de los canales de transmisión. El 45 inyector de señal de prueba se proporciona, preferiblemente, en la entrada de un amplificador de señal del canal de transmisión respectivo.

De acuerdo con una primera configuración preferida, el inyector de señal de prueba se incluye en sólo uno de los 50 canales de transmisión. En el sensor de fuerza de acuerdo con la invención, dicha disposición de un solo inyector de señal de prueba no sólo permite la prueba del canal de transmisión respectivo con respecto a posibles fuentes de error, sino también otros canales de transmisión, en los cuales no se proporciona dicho inyector de señal de prueba, y también otras fuentes de error posibles esencialmente dentro del sensor de fuerza completo, tal y como se detalla 55 adicionalmente más abajo. Por tanto, la disposición del inyector de señal de prueba único en el sensor de fuerza de acuerdo con la invención puede proporcionar un estándar de alta fiabilidad reduciendo ventajosamente el número de componentes requeridos.

De acuerdo con una segunda configuración preferida, se incluye un inyector de señal de prueba respectivo en al 60 menos dos canales de transmisión. Mediante dicha redundancia del inyector de señal de prueba, se puede mejorar adicionalmente el estándar de fiabilidad y se puede facilitar adicionalmente una determinación de la localización de una posible fuente de error. Preferiblemente, el inyector de señal de prueba está previsto en la entrada de un amplificador de señal del canal de transmisión respectivo.

Preferiblemente, el inyector de señal de prueba comprende al menos un generador de señal y al menos un 65 convertidor de señal, en particular un condensador, para convertir la señal de prueba generada por el generador de señal en cargas eléctricas correspondientes que se pueden alimentar al canal de transmisión. De forma más preferida, el inyector de señal de prueba además comprende al menos un inversor de señal, para crear una señal de

prueba idéntica pero invertida a la generada en el generador de señal que también se puede alimentar al canal de transmisión.

5 Por consiguiente, la invención también comprende una unidad de prueba que comprende al menos un inyector de señal de prueba como se describió anteriormente, que se incluye en el sensor de fuerza de la manera descrita anteriormente.

10 Por consiguiente, la invención además comprende un primer método para probar la fiabilidad de funcionamiento del sensor de fuerza que comprende al menos un inyector de señal de prueba. El método de prueba, preferiblemente, comprende la etapa de que una señal es inyectada en al menos un canal de transmisión mediante el inyector de señal de prueba. Preferiblemente, la señal de prueba es inyectada en la entrada del amplificador de señal del canal de transmisión respectivo. Preferiblemente, la señal de prueba es generada por un generador de señal e inyectada por medio de un convertidor de señal, en particular uno o más condensadores de inyección.

15 Preferiblemente, el método de prueba además comprende la etapa de que la señal de prueba es evaluada en el canal de transmisión en el cual se ha inyectado la señal de prueba. De este modo, la señal de prueba, preferiblemente, recorre el amplificador de señal y aparece como una señal de salida en la salida del amplificador de señal en el canal de transmisión respectivo. Preferiblemente, esta señal de salida es utilizada para validar las características de transmisión y al menos un componente que ha sido atravesado por la señal de prueba, en particular el amplificador de señal.

20 Preferiblemente, el método de prueba además comprende la etapa de que la señal de prueba es evaluada en otro canal de transmisión en el cual no ha sido inyectada la señal de prueba. De este modo, en particular cuando se ha inyectado la señal de prueba en la entrada del amplificador de señal de un canal de transmisión, la señal de prueba, preferiblemente, atraviesa el canal de transmisión en el cual ha sido inyectada en la dirección del transductor del sensor de fuerza. La señal de prueba entonces entra preferiblemente en el otro canal de transmisión que está conectado al transductor, preferiblemente, en una conexión en paralelo. De este modo, la señal de transmisión, preferiblemente, también recorre el transductor.

30 Después de la transmisión al otro canal de transmisión, la señal de prueba es transmitida, preferiblemente, al amplificador de señal en el otro canal de transmisión. Finalmente, la señal de transmisión, preferiblemente, aparece como una señal de salida en la salida del amplificador de señal del otro canal de transmisión, en el cual no ha sido inyectada inicialmente la señal de prueba. Preferiblemente, esta señal de entrada es utilizada para validar las características de transmisión de los componentes que han sido de este modo atravesados por la señal de prueba, en particular el amplificador de señal respectivo y/o una o ambas de las líneas de transmisión respectivas y/o del transductor.

40 De esta manera, la inyección de la señal de prueba en un canal de transmisión, preferiblemente, permite validar un funcionamiento perfecto de sustancialmente todos los componentes del sensor de fuerza basándose en la señal de salida correspondiente en cada amplificador de señal. Mediante la validación de estas señales de salida en una línea de transmisión restante adicional aguas arriba de cada amplificador de señal, también se podrían probar las características de transmisión de otros usuarios de dicha señales de salida en la línea de transmisión restante.

45 Por tanto, se pueden hacer detectables virtualmente todas las fuentes de fallos en la línea de transmisión de la señal de medida en un sensor de fuerza de acuerdo con la invención, en particular aplicando el método descrito anteriormente. Por el contrario, los sistemas de la técnica anterior sólo permiten una verificación de las características de transmisión de los componentes que están dispuestos más aguas arriba desde el punto del canal de transmisión, en el cual se ha inyectado la señal de prueba. En consecuencia, al menos algunos componentes que están incluidos en los sistemas de la técnica anterior aguas abajo desde la inyección de la señal de prueba, tal como los transductores del sensor de fuerza y las partes restantes de los canales de transmisión, no se pueden verificar en consecuencia. Estas fuentes de error que no se pueden verificar, que pueden reducirse de forma importante o incluso retirarse por la presente invención, son una preocupación principal en las aplicaciones aeroespaciales e industriales modernas.

50 La invención además comprende un segundo método para probar la fiabilidad de funcionamiento del sensor de fuerza. En este método, las señales de medida generadas por el transductor y transmitidas de forma separada por los canales de transmisión se comparan, preferiblemente, entre sí. De este modo, las señales de medida se proporcionan, preferiblemente, mediante un único transductor solamente. El resultado de la comparación es entonces utilizado, preferiblemente, para evaluar la corrección de las señales. Preferiblemente, las señales han sido amplificadas de forma separada antes de su comparación por amplificadores de señal respectivos.

60 El primer y/o segundo método de prueba se aplican preferiblemente antes y/u durante el funcionamiento del sensor de fuerza bajo condiciones de medida normales. De este modo, el segundo método de prueba durante el funcionamiento normal del sensor de fuerza, preferiblemente, comprende una comparación permanente de las salidas del primer canal de transmisión frente al segundo canal de transmisión conectado al transductor. Preferiblemente, cuando se excede una diferencia predeterminada de los dos canales de transmisión, se

desencadena una alarma. Preferiblemente, el sensor de fuerza está configurado para funcionar tanto con el primer como con el segundo modo de prueba, dado que las dos maneras diferentes de reconocimiento de error y de detección de la ubicación de error pueden contribuir a una fiabilidad de funcionamiento más alta.

5 La invención también comprende un sistema de monitorización para motores de vibración y/o rotatorios, en particular motores de aeronave y/o turbinas de gas, en los cuales se incluye al menos un sensor de fuerza como el descrito anteriormente. De este modo, el sensor de fuerza está, preferiblemente, montado directamente en el motor o en otra estructura que está siendo monitorizada. Un montaje preferido del sensor de fuerza incluye una fijación por medio de pernos, en particular a través de una placa base del sensor de fuerza, en la cual se monta el transductor.

10 La invención se explicará con más detalle a continuación por medio de modos de realización preferidos con referencia a los dibujos que ilustran propiedades y ventajas adicionales de la invención. Las figuras, la descripción y las reivindicaciones comprenden numerosas características en combinación que un experto en la técnica podría contemplar de forma separada y utilizar en combinaciones apropiadas adicionales. En los dibujos:

15 La figura 1 es una representación esquemática de un acelerómetro de acuerdo con un primer modo de realización;

La figura 2 es una representación esquemática de una unidad de detección de un acelerómetro de acuerdo con un segundo modo de realización;

20 La figura 3 es una vista detallada de un transductor piezoeléctrico en la unidad de detección del acelerómetro mostrado en la figura 2;

La figura 4 es una representación esquemática de un acelerómetro de acuerdo con un tercer modo de realización; y

25 La figura 5 es una representación esquemática de una unidad de electrónica que también puede construirse en el acelerómetro mostrado en las figuras 1, 2 y 4.

30 La figura 1 muestra un sensor 1 de fuerza en forma de un acelerómetro. El acelerómetro 1 comprende una unidad 2 de detección y una unidad 3 de electrónica para entregar una señal de salida representativa de una medida desde la unidad 2 de detección. La unidad 2 de detección y la unidad 3 de electrónica están interconectadas a través de dos canales 4, 5 de transmisión, mediante los cuales se pueden transmitir señales de medida mutuamente correspondientes desde la unidad 2 de detección a la unidad 3 de electrónica.

35 La unidad 2 de detección comprende una placa 6 base sobre la cual se puede montar en un motor u otra estructura a ser monitorizado, en particular por medio de pernos. En el lado opuesto de la superficie de montaje de la placa 6 base, se dispone una carcasa 7.

40 En el interior de la carcasa 7, se dispone un transductor 8 piezoeléctrico encima de la placa 6 base. Encima del transductor 8 piezoeléctrico, se dispone una masa 9 sísmica. Por tanto, se proporciona una disposición en serie de la placa 6 base, el transductor 8 piezoeléctrico y la masa 9 sísmica.

45 El transductor 8 piezoeléctrico está aislado eléctricamente de la placa 6 base y de la masa 9 sísmica por medio de placas 10, 11 de aislamiento respectivas dispuestas entre las mismas. La disposición en serie de la placa 6 base, la placa 10 de aislamiento, el transductor 8 piezoeléctrico, la placa 11 de aislamiento y la masa 9 sísmica se sujeta mecánicamente por medio de una fijación precargada. La fijación precargada comprende un perno 12 que se extiende a través del centro de dicha disposición en serie y una tuerca 13 encima de la masa 9 sísmica.

50 El transductor 8 piezoeléctrico comprende un elemento 15 de medida piezoeléctrico dispuesto entre un electrodo 16 positivo y un electrodo 17 negativo para recoger una señal de medida generada por el elemento 15 de medida piezoeléctrico. La masa 9 sísmica por tanto constituye un objeto de medida que está conectado de forma operativa al elemento 15 de medida piezoeléctrico de tal manera que se pueden generar señales de medida en el elemento 15 de medida que son representativas de una fuerza que actúa sobre la masa 9 sísmica como resultado de una aceleración de la masa 9 sísmica.

55 Integrados en la carcasa 7, se incluyen dos conectores 18, 19 de alimentación eléctricamente separados. Los conectores 18, 19 de alimentación pasan de un lado a otro a través de la pared en la carcasa 7. Cada conector 18, 19 de alimentación comprende un polo 20, 21 positivo y un polo 22, 23 negativo. El polo 20, 21 positivo de cada conector 18, 19 de alimentación está conectado al electrodo 16 positivo del transductor 8 piezoeléctrico a través de un cable 24, 25 de conexión positivo respectivo en el interior de la carcasa 7. De forma correspondiente, el polo 22, 23 negativo de cada conector 18, 19 de alimentación está conectado al electrodo 17 negativo del transductor 8 piezoeléctrico a través de un cable 26, 27 de conexión negativo respectivo en el interior de la carcasa 7.

65 Los cables 24, 25 de conexión positivos se encuentran en un nodo 28 común en estrecha proximidad al electrodo 16 positivo del transductor 8 piezoeléctrico. Los cables 26, 27 de conexión negativos se encuentran en un nodo 29 común en estrecha proximidad al electrodo 17 negativo del transductor 8 piezoeléctrico. A partir de los nodos 28, 29

comunes una línea de conector común respectiva conduce al electrodo 16 positivo y al electrodo 17 negativo, respectivamente. De esta manera, los conectores 18, 19 de alimentación están conectados en paralelo al transductor 8 piezoeléctrico.

5 Cada uno de los canales 4, 5 de transmisión, además comprende un cable 31, 32 de transmisión. Cada cable 31, 32 de transmisión comprende una línea 33, 34 de señal positiva y una línea 35, 36 de señal negativa. Cada uno de los cables 31, 32 de transmisión está enchufado a un conector 18, 19 de alimentación respectivo de tal manera que las líneas 33, 34 de señal positivas están en contacto eléctrico con los polos 20, 21 positivos y las líneas 35, 36 de señal negativas están en contacto eléctrico con los polos 22, 23 negativos.

10 La unidad 3 de electrónica comprende dos subunidades 41, 42 sustancialmente idénticas. Las subunidades 41, 42, cada una, comprende una entrada 43, 44 de señal positiva y una entrada 45, 46 de señal negativa, que están conectadas a las respectivas líneas 33, 34, 35, 36 de señal de los cables 31, 32 de transmisión. Las subunidades 41, 42 además comprenden una salida 65, 66 de señal respectiva en la cual se proporciona una señal de salida para cada canal 4, 5 de transmisión. De esta manera, señales de medida mutuamente correspondientes generadas por el transductor 8 piezoeléctrico se pueden transmitir a cada subunidad 41, 42 a través del respectivo cable 31, 32 de transmisión y se entrega como una señal de salida desde cada subunidad 41, 42 a través de una respectiva salida 65, 66 de señal. Las dos formas de señal distinguidas se indica un por las letras A y B en la figura 1.

15 La redundancia de este enfoque incluye un elemento 8 transductor piezoeléctrico común, un sistema de precarga común constituido por el perno 12 de precarga y una tuerca 13, una masa 9 sísmica común y una carcasa 7 común, y una placa 6 base común, pero dos conectores 18, 19 de alimentación separados, uno para cada canal A y B. Por tanto, el acelerómetro 1 se caracteriza por un único elemento 8 transductor piezoeléctrico con dos conectores 18, 19 de salida que están conectados en paralelo al elemento 8 transductor.

20 Cuando la unidad 2 de detección vibra las fuerzas inerciales de la masa 9 sísmica actuarán sobre el elemento 8 transductor común el cual producirá a través del efecto piezoeléctrico una carga eléctrica que corresponde a las fuerzas de inercia que actúan y de este modo a la aceleración a la que está expuesta la unidad 2 de detección. La carga eléctrica aparecerá en ambos conectores 18, 19 de alimentación separados de los canales A y B.

25 Las señales de carga son entonces portadas por medio de los cables 31, 32 de transmisión a la unidad 3 de electrónica. Las subunidades 41, 42 de la unidad 3 de electrónica, cada una, comprende un amplificador 51, 52 de señal respectivo. Para simplificación, estos amplificadores 51, 52 de carga son simbolizados por un esquema muy básico en la figura 1, y pueden ser mucho más sofisticados, incluyendo medios de desacoplamiento de CC, filtros, integradores, medios para hacer la entrada totalmente flotante con respecto a la tierra, etc. Dichos medios de desacoplamiento de CC pueden, particularmente, consistir en varios condensadores en serie puestos en ambas entradas positiva y negativa del amplificador 51, 52 de carga mostrado en las figuras 1, 4 y 5. De este modo, los condensadores en serie son proporcionados, preferiblemente, de tal manera que las impedancias de entrada resultantes del amplificador 51, 52 de carga junto con el elemento 8, 73 piezoeléctrico al cual se conectan eléctricamente en paralelo los amplificadores 51, 52 de carga, trabajan como un divisor de carga para la carga producida por el elemento 8, 73 piezoeléctrico.

30 En la entrada de cada amplificador 51, 52 de señal, se proporciona un inyector 62, 63 de señal de prueba que permite la inyección de una señal de prueba. Cada inyector 62, 63 de señal de prueba comprende un par de condensadores 53, 54 y 55, 56 de inyección, un generador 57, 58 de señal y un inversor 59, 60. La señal de prueba es generada por el generador 57, 58 de señal respectivo. Una señal idéntica pero invertida se crea por el inversor 59, 60 respectivo. Condensadores 53, 54, 55, 56 convierten la tensión de señal de prueba en cargas eléctricas correspondientes.

35 El método de prueba consiste en inyectar una señal de prueba generada por los generadores 57 de señal por medio de los condensadores 53, 55 de inyección en la entrada del amplificador 51 de carga del canal A. La señal de prueba recorre el amplificador 51 de carga y aparece como señal de salida en la salida del amplificador 51 de carga del canal A. Mediante la validación de esta señal de salida se pueden comprobar las características de transmisión del amplificador 51 de carga de funcionamiento perfecto.

40 La señal de prueba generada por el generador 57 de señal inyectada por los condensadores 53, 55 también se transmitirá desde la entrada del amplificador 51 de carga a través del cable 31 de transmisión hacia la unidad 2 de detección y entra en la unidad 2 de detección a través del conector 18. Cuando se conectan los dos canales 4, 5 de transmisión, en particular se conectan los dos conectores 18, 19 en paralelo al transductor 8 piezoeléctrico, la señal de prueba también aparecerá en la salida de la unidad 2 de detección para la manera B de señal, en particular en el conector 19. Desde allí la señal de prueba recorre el cable 32 de transmisión hasta la entrada del amplificador 52 de carga de la subunidad 42 y después recorre el amplificador 52 de carga y finalmente aparece como una señal de salida en la salida del amplificador 52 de carga del canal B. Mediante la validación de esta señal de salida, se pueden comprobar las características de transmisión del amplificador 52 de carga de funcionamiento perfecto. Mediante la validación de las señales de prueba además aguas arriba de las maneras A y B de señal por usuarios de la señal de salida, se puede también probar la línea de transmisión restante.

La figura 2 representa un segundo modo de realización de una unidad 72 de detección de un acelerómetro de acuerdo con la invención. Los componentes de la unidad 72 de detección que se corresponden directamente a componentes respectivos de la unidad 2 de detección mostrados en la figura 1 son indicados por los mismos signos de referencia.

Un transductor 73 piezoeléctrico de la unidad 72 de detección está dispuesto, de forma correspondiente, en comparación al transductor 8 piezoeléctrico en la unidad 2 de detección. El transductor 73 piezoeléctrico comprende un elemento 74 de medida que está constituido por un número de placas 75 piezoeléctricas. Como un ejemplo, la figura 2 muestra cinco placas piezoeléctricas incluidas en el elemento 74 de medida. Sin embargo, se podría incluir cualquier otro número de placas 75 piezoeléctricas en el elemento 74 de medida. Las placas 75 piezoeléctricas son apiladas unas encima de otras.

Las placas 75 piezoeléctricas son apiladas de tal manera que lados de carga correspondientes son adyacentes entre sí.

El transductor 73 piezoeléctrico además comprende un electrodo 76 positivo y un electrodo 77 negativo. Entre las placas 75 piezoeléctricas, se proporciona el electrodo 76 positivo el cual se extiende a lo largo sustancialmente de todos los lados cargados positivamente de las placas 75 piezoeléctricas en un trayecto sinuoso a través del apilamiento de placas 75 piezoeléctricas. De una manera similar, se proporciona el electrodo 77 negativo el cual se extiende a lo largo sustancialmente de todos los lados cargados negativamente de las placas 75 piezoeléctricas en un trayecto sinuoso a través del apilamiento de placas 75 piezoeléctricas. De esta manera, el electrodo 76 positivo y el electrodo 77 negativo siguen una forma sinuosa a través del apilamiento de las placas 75 piezoeléctricas sustancialmente desde un primer extremo del elemento 74 de medida hasta un segundo extremo del mismo.

Los dos conectores 78, 79 de alimentación están integrados en las paredes de la carcasa 7. Cada conector 78, 79 comprende un polo 80, 81 positivo y un polo 82, 83 negativo. Por tanto, las dos maneras A, B de señal diferentes a través de los conectores 78, 79 indicadas en la figura 2 corresponden a las maneras A, B de señal del acelerómetro 1 indicado en la figura 1. Aunque los dos conectores 78, 79 son mostrados en dos caras laterales opuestas de la carcasa 7, los conectores 78, 79 también podrían estar colocados o integrados físicamente en un conector con polos 80, 82 y 81, 83 de contacto eléctricamente separados.

Los polos 80, 81 positivos de conectores 78, 79 están, cada uno, directamente conectados al electrodo 76 positivo a través de un cable 84, 85 de conexión positivo respectivo. De este modo, el cable 84 de conexión positivo del conector 78 está conectado a un primer extremo 88 del electrodo 76 positivo y el cable 85 de conexión positivo del otro conector 79 está conectado a un segundo extremo 89 del electrodo 76 positivo. De forma similar, los polos 82, 83 negativos de los conectores 78, 79 están, cada uno, directamente conectados al electrodo 77 negativo a través de un cable 86, 87 de conexión negativo respectivo. De este modo, el cable 86 de conexión negativo del conector 78 está conectado a un primer extremo 90 del electrodo 77 negativo y el cable 87 de conexión negativo del otro conector 79 está conectado a un segundo extremo 91 del electrodo 77 negativo. De esta manera, los conectores 78, 79 están conectados en paralelo al transductor 73 piezoeléctrico en los extremos 88, 90 y 89, 91 opuestos de sus electrodos 76, 77.

Por tanto, los polos 80, 82 positivo y negativo del primer conector 78 de alimentación correspondiente al canal A están conectados a respectivos electrodos 76, 77 positivo y negativo en un primer extremo 88, 90 del apilamiento de placas 75 piezoeléctricas utilizando cables 84, 86 de conexión. Los polos 81, 83 positivo y negativo del segundo conector 79 de alimentación correspondiente al canal B están conectados a respectivos electrodos 76, 77 positivo y negativo en el segundo extremo 89, 91 del apilamiento de placas 75 piezoeléctricas utilizando cables 85, 87 de conexión.

Así una señal eléctrica aplicada al polo 82 negativo del primer conector 78 en el canal A será únicamente capaz de pasar al polo 83 negativo del segundo conector 79 en el canal B si toda la cadena del electrodo 77 negativo incluyendo los cables 86, 87 de conexión y todas las conexiones correspondientes están intactos. Consideraciones correspondientes aplican a toda la cadena del electrodo 76 positivo. De este modo, el método de prueba descrito anteriormente en conjunción con la figura 1 puede ser aplicado ventajosamente para verificar también la funcionalidad de la unidad 72 de detección.

La figura 3 es una vista despiezada esquemática del transductor 73 piezoeléctrico en la unidad 72 de detección mostrada en la figura 2. Las placas 75 piezoeléctricas tienen una superficie circular. El electrodo 76 positivo comprende placas 95 de contacto positivas que coinciden con la superficie de las placas 75 piezoeléctricas. Las placas 95 de contacto positivas están intercaladas entre dos lados cargados positivamente de las placas 75 piezoeléctricas. De forma similar, el electrodo 77 negativo comprende placas 96 de contacto negativas que coinciden con la superficie de las placas 75 piezoeléctricas. Las placas 96 de contacto negativas están intercaladas entre dos lados cargados negativamente de las placas 75 piezoeléctricas.

5 Las placas 95, 96 de contacto de los electrodos 76, 77 respectivos están interconectadas en serie por interconectores 97, 98 conductores dispuestos entre las mismas. Cada interconector 97, 98 conductor se extiende a lo largo de una cara exterior de las placas 75 piezoeléctricas. Los electrodos 76, 77 están doblados en las regiones de transición respectivas entre las placas 95, 96 de contacto y los interconectores 97, 98 conductores. De esta manera, se proporciona un trayecto sinuoso de los electrodos 76, 77.

10 Indicados adicionalmente en la figura 3 están el extremo 88, 90 superior y el extremo 89, 91 inferior del electrodo 76 positivo y del electrodo 77 negativo con los cuales hacen contacto los canales A, B de señal separados. Por tanto, el electrodo 76 positivo comprende puntos 88, 89 de contacto separados para contactar de forma separada con cada canal 4, 5 de transmisión. De forma correspondiente, el electrodo 77 negativo comprende puntos 90, 91 de contacto separados para hacer contacto de forma separada con cada canal 4, 5 de transmisión.

15 La figura 4 muestra un tercer modo de realización de un acelerómetro 101 de acuerdo con la invención. Los componentes del acelerómetro 101 que se corresponden directamente con los componentes respectivos del acelerómetro 1 mostrado en la figura 1 son indicados mediante los mismos signos de referencia.

20 La unidad 102 de detección del acelerómetro 101 difiere de la unidad 2 de detección del acelerómetro 1 en que sólo un conector 118 de alimentación único está integrado en la pared de la carcasa 7. Un polo 120 positivo del conector 118 de alimentación está directamente conectado con el electrodo 16 positivo a través de un cable 124 de conexión positivo. Un polo 122 negativo del conector 118 de alimentación está directamente conectado con el electrodo 17 negativo a través del cable 126 de conexión negativo.

25 Cables 131, 132 de transmisión respectivos de los canales 104, 105 de transmisión están interconectados en paralelo a un único conector 118. Cada cable 131, 132 de señal comprende una línea 133, 134 de señal positiva y una línea 135, 136 de señal negativa. Las líneas 133, 134 de señal positiva se encuentran en un nodo 128 común en estrecha proximidad a un único conector 118 de alimentación. Las líneas 133, 134 de señal negativa se encuentran en un nodo 129 común en estrecha proximidad al conector 118 de alimentación único. Desde los nodos 128, 129 comunes una línea de conector común respectiva conduce al polo 120 positivo del conector 118 y al polo 122 negativo del conector 118, respectivamente. De esta manera, también se conectan los canales 104, 105 de transmisión en paralelo al transductor 108 piezoeléctrico.

35 La figura 5 muestra una unidad 140 de electrónica que puede aplicarse en lugar de la unidad 3 de electrónica descrita anteriormente. Los componentes de la unidad 140 de electrónica que se corresponden directamente con los componentes respectivos de la unidad 3 de electrónica mostrada en las figuras 1 y 4 se indican por los mismos signos de referencia.

40 La unidad 140 de electrónica comprende dos subunidades 141, 142 sustancialmente idénticas. Después de las entradas 43, 44 y 45, 46 de cada subunidad 141, 142, se disponen respectivos interruptores 145, 146 en serie. Los interruptores 145, 146 permiten una aplicación selectiva de las subunidades 141, 142 en particular de su amplificador 51, 52 de señal respectivo y/o inyector 62, 63 de señal de prueba, en el acelerómetro 1, 101. Por tanto, sólo una, ambas o ninguna de las subunidades 141, 142 se puede conectar de forma selectiva a los cables 31, 32, 131, 132 de transmisión respectivos. Esta aplicación selectiva de las subunidades 141, 142 permite mejorar más la detección de una posible ubicación de error.

45 En resumen, en los modos de realización de ejemplo anteriores de la invención, se ha presentado un sistema de medida de canal dual que utiliza un acelerómetro con un único elemento transductor pero con dos conectores A y B separados. Los electrodos (positivo y negativo) individuales del elemento transductor piezoeléctrico pueden estar conectados eléctricamente en paralelo a dos conectores de alimentación separados que son integrales a la carcasa.

50 Un modo de realización preferido está caracterizado porque los electrodos positivo y negativo siguen una forma sinuosa a través del apilamiento de placas piezoeléctricas desde un primer extremo al segundo extremo opuesto del apilamiento. Los polos positivo y negativo del primer conector A de alimentación pueden conectarse a electrodos positivo y negativo respectivos en el primer extremo del apilamiento de las placas piezoeléctricas y los polos positivo y negativo de un segundo conector B de alimentación pueden conectarse a los electrodos positivo y negativo respectivos en el segundo extremo del apilamiento de placas piezoeléctricas. Así, una señal eléctrica aplicada en el polo negativo del primer conector A puede sólo ser capaz de pasar al polo positivo del segundo conector B si toda la cadena del electrodo negativo incluyendo todos los cables de conexión está intacta. El mismo razonamiento se puede aplicar con respecto al electrodo positivo.

60 Las partes restantes de dicho sistema de medida redundante de ejemplo se pueden mantener similares y en muchas partes idénticas al sistema de la técnica anterior, es decir, dos cables de transmisión separados se pueden conectar a los conectores A y B en el sensor dual de elemento común y conducir a amplificadores de carga separados.

65 Un método de ejemplo de acuerdo con la invención incluye una comparación permanente de las salidas del canal A frente al canal B. Cuando se excede una diferencia predeterminada de los dos canales se desencadena una alarma.

Un ejemplo del sistema de detección de vibración de sensor dual de elemento común, según la invención, puede incluir una constitución en la característica de prueba (=BIT) para probar el sistema de detección de vibración completo incluyendo el amplificador de carga y los componentes aguas arriba del sistema de medida pero también los componentes aguas abajo del amplificador de carga incluyendo el sensor dual del elemento común. En la 5 entrada de los amplificadores de carga del canal A y del canal B pueden proporcionarse medios que permiten una inyección de una señal de prueba. La secuencia BIT puede realizarse inyectando una señal de carga calibrada individual en la entrada de la carga del amplificador del canal A. Esta señal de prueba puede recorrer el amplificador de carga del canal A y los componentes restantes aguas arriba y puede finalmente ser validada en la salida A del sistema. La misma señal puede ir desde el punto de inyección aguas abajo a través del cable de transmisión del 10 canal A hasta el transductor dual de elemento común y desde el mismo hasta el cable de transmisión del canal B y a través del amplificador de carga del canal B y los componentes restantes aguas arriba y puede validarse en la salida B del sistema.

Este método de prueba puede permitir una prueba del sistema completo incluyendo todas las partes funcionales del canal A y del canal B. La prueba BIT puede ser entonces repetida con una inyección de una señal de carga en el 15 amplificador de carga del canal B y validarse de forma correspondiente en las salidas del canal B y del canal A. Aunque no es estrictamente necesario para probar el sistema completo se da, en un caso en el que se detecte algún fallo, una indicación adicional de en qué parte del sistema se puede encontrar el fallo. Con el uso selectivo de los interruptores en serie en la entrada del amplificador de carga según la característica opcional mostrada en la figura 5, es posible refinar adicionalmente la ubicación posible del fallo.

Un sistema dual de la técnica anterior que utiliza un acelerómetro de canal dual puede tener unos pocos fallos de modo comunes, es decir, fallos que podrían comprometer el buen funcionamiento de ambos canales A y B. Esto es 25 debido a los fallos de las partes que son comunes a los dos canales. Estos componentes son particularmente la carcasa del sensor dual y la masa común y el perno y la tuerca de precarga pero también el hecho de si el transductor está presente en la instalación.

El sistema de detección de vibración según la invención que utiliza el sensor dual del elemento común según la invención puede tener fallos de modo comunes adicionales en comparación con el sistema de la técnica anterior. 30 Esto puede ser debido al hecho de que también el elemento de transductor piezoeléctrico puede ser un elemento común para ambos canales. El sistema de acuerdo con la invención, sin embargo, puede ser mucho más superior al sistema de la técnica anterior debido a que se pueden detectar virtualmente todos los fallos, lo cual no es el caso en el sistema de la técnica anterior.

A partir de la descripción anterior, numerosas modificaciones del sensor de fuerza de acuerdo con la invención y de un método para la prueba de su fiabilidad de funcionamiento son evidentes para un experto en la técnica sin 35 abandonar el alcance de protección de la invención que se define únicamente por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor de fuerza que comprende un objeto (9) de medida, un transductor (8, 73) con un elemento (15, 74) de medida conectado de forma operativa al objeto (9) de medida para generar señales de medida de una fuerza que actúa en el objeto (9) de medida, y al menos dos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión configurados para transmitir señales mutuamente correspondientes de dichas señales de medida independientemente entre sí, en donde cada canal (4, 5, 104, 105) comprende una línea (33, 34, 133, 134) de señal positiva y una línea (35, 36, 135, 136) de señal negativa, dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión están conectados en paralelo al mismo transductor (8, 73) de tal manera que se pueden verificar las señales transmitidas en la salida de cada canal (4, 5, 104, 105) de transmisión, en donde dicho transductor (8, 73) comprende un electrodo (16, 17, 76, 77) positivo y negativo para recoger dicha señales de medida generadas por dicho elemento (15, 74) de medida, las líneas (33, 34, 133, 134) de señal positiva están conectadas al electrodo (16, 76) positivo y las líneas (35, 36, 135, 136) de señal negativa están conectadas al electrodo (17, 177) negativo, de manera que cada uno de dichos electrodos (16, 17, 76, 77) está conectado a cada uno de dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión, y en donde dicho transductor (8, 73) es un único transductor conectado de forma operativa al objeto (9) de medida.
2. El sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho objeto de medida comprende al menos una masa (9) sísmica de tal manera que dichas señales de medida son representativas de una fuerza que actúa sobre la masa (9) sísmica como resultado de una aceleración de la masa (9) sísmica.
3. El sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el objeto de medida comprende al menos un gas y/o líquido de tal manera que dichas señales de medida son representativas de una presión y/o cambio de presión del gas y/o líquido.
4. El sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se proporciona al menos un conector (18, 19, 78, 79, 118) que conecta al menos uno de dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión a dichos electrodos (16, 17, 76, 77).
5. El sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque dicho transductor (8, 73) está encerrado en una carcasa (7), en donde dichos conectores (18, 19, 78, 79, 118) están integrados en las paredes de dicha carcasa (7).
6. El sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el primero de dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión está conectado a dichos electrodos (16, 17, 76, 77) en un extremo de dicho elemento (15, 74) de medida, y el segundo de dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión está conectado a dichos electrodos (16, 17, 76, 77) en el extremo opuesto de dicho elemento (15, 74) de medida.
7. El sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque dicho elemento de medida es un elemento (15, 74) de medida piezoeléctrico.
8. El sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque dicho elemento (15, 74) de medida piezoeléctrico está constituido por un apilamiento de placas (75) piezoeléctricas.
9. El sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que dichos electrodos (16, 17, 76, 77) se extienden en un trayecto sinuoso a través de dicho apilamiento de placas (75) piezoeléctricas.
10. El sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque dichos cada uno de canales (4, 5, 104, 105) de transmisión comprende un amplificador (51, 52) de señal.
11. El sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque dicho amplificador (51, 52) de señal comprende medios para desacoplar la parte de CC de la señal.
12. El sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque se proporciona un inyector (62, 63) de señal de prueba en al menos uno de dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión.
13. El sensor de fuerza de acuerdo con la reivindicación 12, en lo que respecta a la dependencia de la reivindicación 10 u 11, caracterizado porque dicho inyector (62, 63) de señal de prueba se proporciona en la entrada de al menos uno de dichos amplificadores (51, 52) de señal.
14. Un sistema de monitorización para motores de vibración y/o rotatorios, en particular motores de aeronave y/o turbinas de gas, que comprende al menos un sensor de fuerza de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 13.
15. Un método para probar la fiabilidad de funcionamiento de un sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque dichas señales de medida generadas por dicho transductor (8, 73) de dicho sensor de fuerza y transmitidas por dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión de dicho sensor de fuerza

se comparan, en donde el resultado de la comparación es utilizado para evaluar la corrección de las señales transmitidas.

5 16. Un método para prueba de la fiabilidad de funcionamiento de un sensor de fuerza de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 13, caracterizado porque la señal de prueba es inyectada en al menos uno de dichos canales (4, 5, 104, 105) de transmisión de dicho sensor de fuerza por dicho inyector (62, 63) de señal de prueba de dicho sensor de fuerza, y la señal de prueba es evaluada en el canal (4, 5, 104, 105) de transmisión en el cual ha sido inyectada la señal de prueba y en otro canal (4, 5, 104, 105) de transmisión en el cual no ha sido inyectada la señal de prueba.

10

FIG. 2

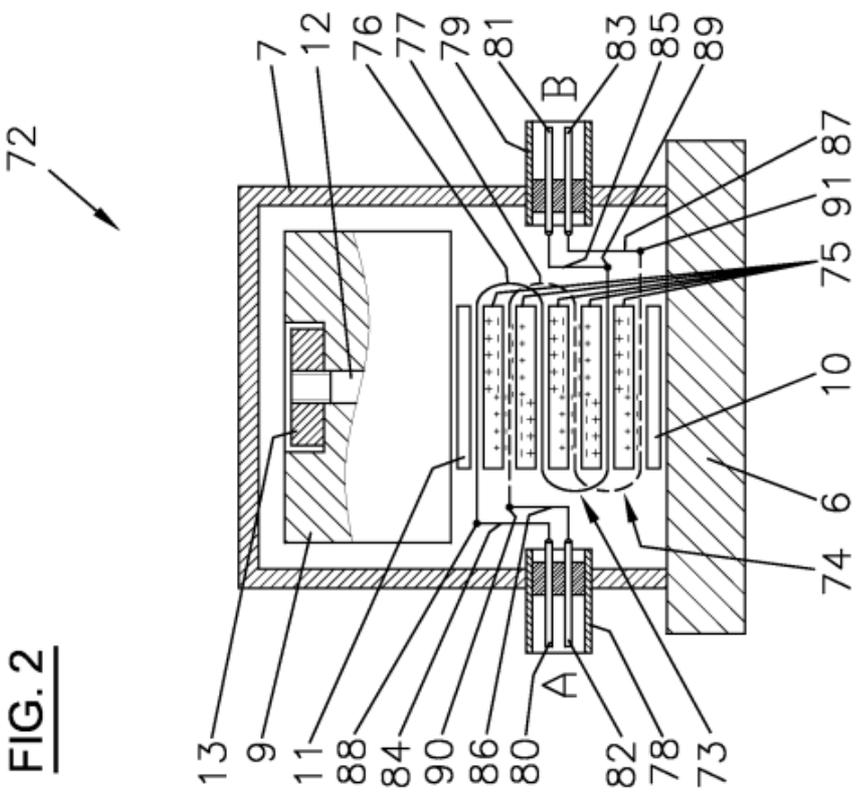
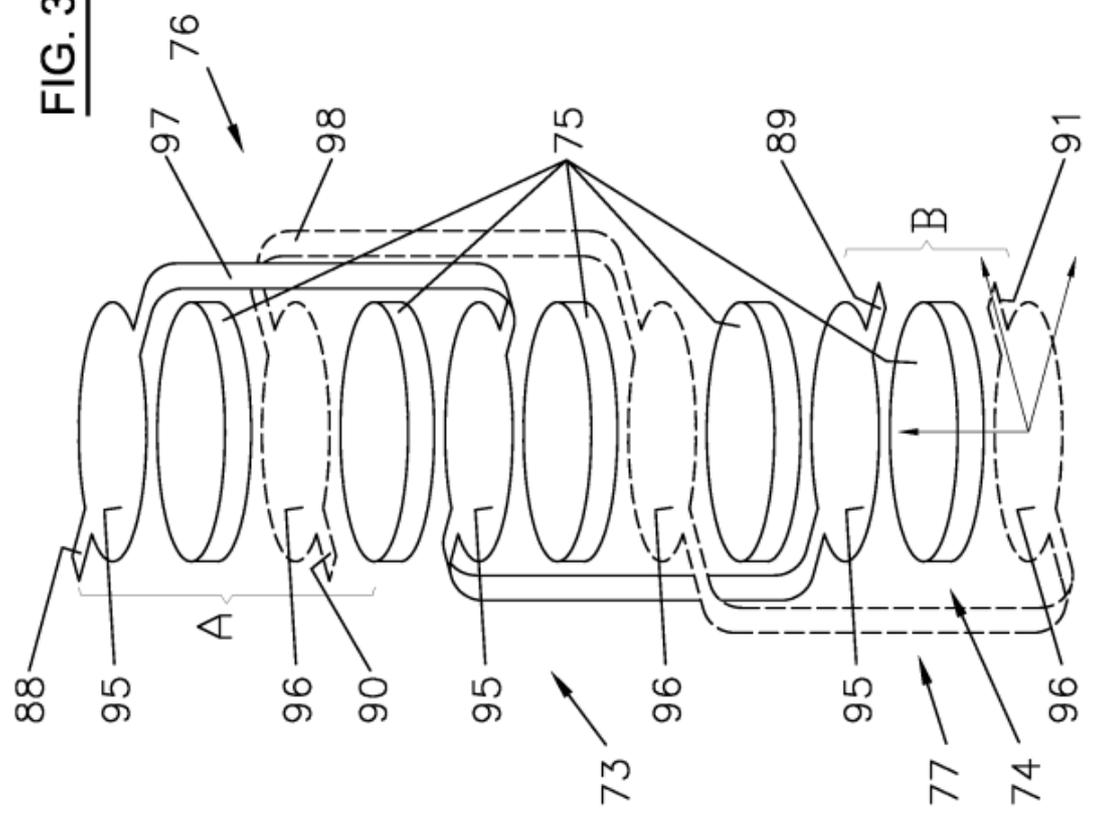


FIG. 3



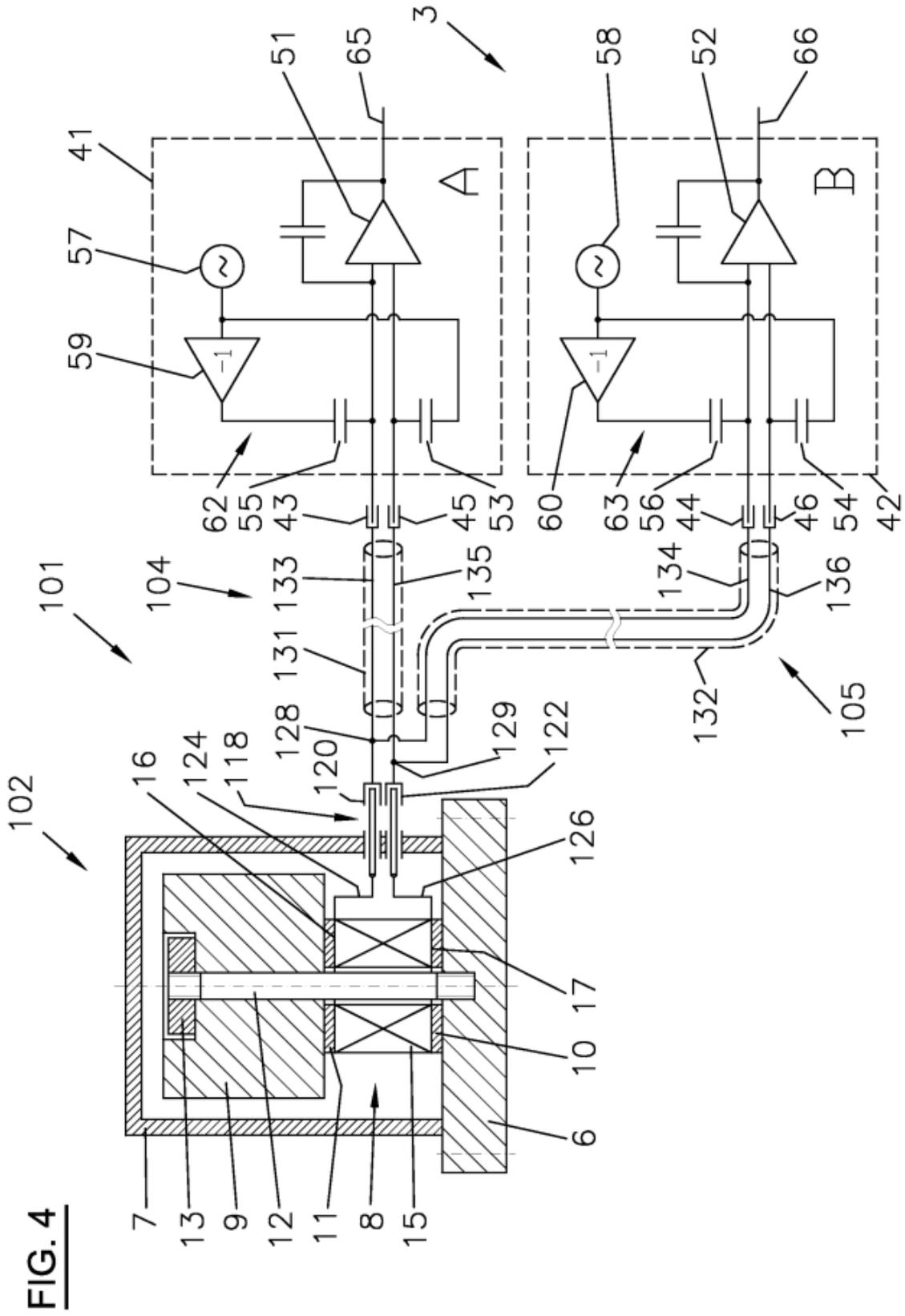


FIG. 5

