

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 913**

51 Int. Cl.:

**G01L 1/22** (2006.01)

**G01L 1/26** (2006.01)

**G01P 15/08** (2006.01)

**G01N 3/06** (2006.01)

**G01M 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2013 E 13187627 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 2720021**

54 Título: **Dispositivo de medición de fuerza**

30 Prioridad:

**10.10.2012 DE 102012109662**

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

**15.07.2020**

73 Titular/es:

**GTM TESTING AND METROLOGY GMBH (100.0%)  
Philipp-Reis-Strasse 4-6  
64404 Bickenbach, DE**

72 Inventor/es:

**SEIPEL, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 773 913 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 de medición de fuerza

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de medición de fuerza con un transductor de fuerza que presenta una zona de aplicación de fuerza y una zona de medición de fuerza, donde en la zona de medición de fuerza está dispuesto un sensor de fuerza, con un dispositivo para ejercer fuerzas dinámicas sobre el transductor de fuerza y con un sensor de aceleración dispuesto en el transductor de fuerza.

10 Los dispositivos de medición de fuerza con un sensor de fuerza, que pueden detectar y medir las fuerzas ejercidas sobre el transductor de fuerza a través de una zona de aplicación de fuerza, se conocen de la práctica en numerosas realizaciones. Dichos dispositivos de medición de fuerza son adecuados para medir fuerzas estáticas y dinámicas. Por ejemplo, en una máquina de prueba, un dispositivo de medición de fuerza puede disponerse mecánicamente en línea con un dispositivo de sujeción de muestras y con una muestra a analizar. El dispositivo de medición de fuerza se usa para medir la fuerza ejercida por el dispositivo de sujeción de muestras sobre la muestra a analizar.

20 En una medición de fuerza estática, se aplica una fuerza especificada durante un período de tiempo más largo y se registra su efecto en el objeto de ensayo. En una medición de la fuerza dinámica, se aplican al objeto de ensayo fuerzas cambiantes como impulsos, vibraciones o tensiones de sacudida durante un período de tiempo más largo y se registran los efectos de la tensión mecánica en constante cambio en el objeto de ensayo. En muchos casos, un objeto de ensayo puede soportar una tensión estática mucho más alta de lo que es posible bajo una tensión dinámica.

25 Si se utiliza un dispositivo de medición de fuerzas de este tipo para medir las fuerzas estáticas, las mismas fuerzas actúan por igual en el dispositivo de medición de fuerzas conectado mecánicamente en serie que en el dispositivo de sujeción de muestras y en la muestra a analizar. Con una configuración adecuada del dispositivo de medición de fuerza y del dispositivo de sujeción de muestras, se pueden llevar a cabo mediciones de la fuerza muy exactas bajo los efectos de la fuerza estática.

30 En el caso de una medición de fuerza dinámica en la que la muestra a analizar se expone a fuerzas dinámicas junto con el dispositivo de medición de fuerza, las aceleraciones de las masas que se fuerzan entre el punto de medición de fuerza y la muestra a analizar debido al efecto de la fuerza dinámica conducen a una desviación de la fuerza medida en el punto de medición de la fuerza que actúa sobre la muestra a analizar. El sensor de fuerza no solo detecta la fuerza dinámica que actúa sobre la muestra a analizar, sino también, en cierta medida, las fuerzas de aceleración dinámicas ejercidas sobre el sensor de fuerza y sobre el transductor de fuerza y sobre el dispositivo de sujeción de muestras. Las masas aceleradas, además de la muestra a analizar, conducen a un error de medición sistemático, que aumenta con el aumento de la masa del transductor de fuerza y el dispositivo de sujeción de muestras, que se mueve proporcionalmente, así como con una fuerza cada vez más dinámica o con un efecto de fuerza más acelerado.

45 Por ejemplo, a partir del documento EP 0 690 977, a partir del documento US 6.508 132 B1 o a partir del documento US 4.478 086 A, se sabe disponer un sensor de aceleración en el transductor de fuerza además del sensor de fuerza y medir las aceleraciones que se ejercen preferentemente en el transductor de fuerza en la zona del punto de medición de fuerza. Según el documento WO 02/058948 A1, puede ser conveniente disponer varios sensores de aceleración de tal manera que la dirección de la aceleración pueda ser mejor detectada y tenida en cuenta para su evaluación.

50 Cuando se usan sensores de aceleración ideales, la aceleración medida con uno o más sensores de aceleración es proporcional a un error de medición sistemática que ocurre al medir la fuerza con el sensor de fuerza. Con los valores medidos del sensor de aceleración, el error de medición sistemático del sensor de fuerza puede reducirse de manera sencilla, o compensarse o corregirse si es posible.

55 En la práctica, los dispositivos de medición de fuerza del tipo mencionado inicialmente, que presentan un sensor de aceleración para compensar un error sistemático de medición bajo tensión dinámica, se utilizan para numerosas aplicaciones con requisitos completamente diferentes. La mayoría de las aplicaciones conocidas de la práctica se refieren a efectos de fuerza dinámica con aceleraciones de entre unos pocos g, donde  $1\text{ g} = 9,81\text{ m/s}^2$  se corresponde con una aceleración medianamente fuerte, hasta varios 10 g o incluso varios 100 g, y frecuencias bajas desde unos pocos Hz hasta frecuencias altas en un intervalo desde aproximadamente 1 kHz hasta varios 10 o incluso 100 kHz.

65 Los sensores de aceleración disponibles en el mercado y, por lo tanto, económicos, suelen tener características de sensibilidad que son aproximadamente constantes en un intervalo de frecuencias limitado y suelen variar mucho con el aumento de las frecuencias. Un dispositivo de medición de fuerzas con un sensor de aceleración que proporciona resultados de medición suficientemente buenos en un intervalo de frecuencias especificado y para aceleraciones dentro de un intervalo igualmente especificado es regularmente menos adecuado para mediciones de fuerzas en

otro intervalo de frecuencias o para valores de aceleración significativamente desviados.

Dependiendo del uso previsto, los dispositivos de medición de fuerza se fabrican y utilizan con un sensor de aceleración lo más adecuado posible para este uso. El uso de un dispositivo de medición de fuerza previsto y adaptado a una primera aplicación para otras aplicaciones a menudo no es posible o implica pérdidas de calidad considerables.

Por lo tanto, se considera un objetivo de la presente invención configurar un dispositivo de medición de fuerza del tipo mencionado inicialmente de tal manera que el dispositivo de medición de fuerza sea adecuado para diferentes aplicaciones con diferentes requisitos.

Este objetivo se resuelve según la invención, en que al menos dos sensores de aceleración con características de sensibilidad diferentes están dispuestos en el transductor de fuerza a una distancia de la zona de aplicación de la fuerza, y que un primer sensor de aceleración presenta una sensibilidad aproximadamente constante con hasta al menos 100 Hz y una sensibilidad decreciente a frecuencias más altas, y que un segundo sensor de aceleración presenta una sensibilidad aproximadamente constante con hasta al menos 1 kHz. Los al menos dos sensores de aceleración cubren diferentes niveles de exigencias, en los que en cada caso uno de los al menos dos sensores de aceleración permite mediciones de aceleración más exactas y, por lo tanto, una mejor detección y compensación de los errores de medición sistemáticos generados por las masas adicionales aceleradas. Al realizar la compensación del error de medición en función de la aplicación respectiva del sensor de aceleración más adecuado para esta aplicación por los al menos dos sensores de aceleración, se puede utilizar el dispositivo de medición de fuerza en un amplio nivel de exigencias y en cada caso ofrece resultados de medición muy exactos.

Los costes para la fabricación o adquisición, así como el montaje de al menos dos sensores de aceleración en un solo dispositivo de medición de fuerza son extremadamente bajos en relación con los costes requeridos para la fabricación de dos dispositivos de medición de fuerza diferentes. Además, mediante el uso de al menos dos sensores de aceleración con diferentes características de sensibilidad, se puede evitar que diferentes dispositivos de medición de fuerza tengan que fabricarse o mantenerse listos para diferentes aplicaciones. Los costes de fabricación de un dispositivo de medición de fuerza uniforme, que presenta una pluralidad de sensores de aceleración, son extremadamente bajos, particularmente en el caso de una producción en serie. El campo de aplicación muy grande del dispositivo de medición de fuerza equipado con varios sensores de aceleración diferentes representa una gran ventaja para el usuario incluso en el uso práctico.

Los sensores de aceleración, cuya sensibilidad solo debe ser constante hasta aproximadamente 100 Hz o ligeramente superior y puede variar notablemente a frecuencias más altas, a menudo tienen una alta sensibilidad o un alto coeficiente de transmisión en el intervalo de sensibilidad constante de hasta aproximadamente 100 Hz, lo que permite mediciones de aceleración muy exactas. En cambio, los sensores de aceleración, cuya sensibilidad debe ser aproximadamente constante hasta al menos 1 kHz, regularmente tienen un coeficiente de transmisión significativamente menor. El primer sensor de aceleración puede usarse ventajosamente hasta una frecuencia de aproximadamente 100 Hz, mientras que, a frecuencias más altas, el segundo sensor de aceleración a menudo es más adecuado a pesar del coeficiente de transmisión inicialmente más bajo debido a la sensibilidad constante incluso a frecuencias más altas y permite mediciones más exactas. Una sensibilidad que cambia mucho en función de la frecuencia hace que sea difícil evaluar las señales de medición del sensor de aceleración en cuestión y a menudo conduce a resultados de medición peores.

Preferentemente está previsto que dos sensores de aceleración diferentes estén dispuestos en el transductor de fuerza. Se conocen sensores de aceleración disponibles comercialmente cuyas características de sensibilidad difieren lo suficiente y de manera adecuada para que un gran número de aplicaciones diferentes puedan cubrirse con dos sensores de aceleración diferentes. Con la restricción a dos sensores de aceleración diferentes, los costes de fabricación y montaje de un dispositivo de medición de fuerza equipado con solo dos sensores de aceleración pueden mantenerse muy bajos.

Con respecto a un campo de aplicación lo más amplio posible, sobre el cual las mediciones de fuerza deben ser lo más exactas posible, está previsto que tres o más sensores de aceleración, cada uno con diferentes características de sensibilidad, estén dispuestos en el transductor de fuerza.

Convenientemente está previsto que el dispositivo de medición de la fuerza presente una interfaz separada para cada sensor de aceleración para su conexión con un dispositivo de evaluación. El dispositivo de evaluación, que generalmente está dispuesto externamente, es conectado por un usuario con el sensor de aceleración, lo cual es ventajoso para el caso individual en cuestión y, por lo tanto, se selecciona, de modo que los resultados de medición de este sensor de aceleración se puedan usar para corregir y compensar el error de medición sistemático. Al seleccionar la interfaz utilizada para la conexión con el dispositivo de evaluación, el usuario puede seleccionar fácilmente la configuración preferida del dispositivo de medición de fuerza para la aplicación respectiva, o el sensor de aceleración más adecuado.

También es concebible que un dispositivo de control esté integrado en el dispositivo de medición de fuerza, que

monitorea automáticamente las aceleraciones que ocurren y, dependiendo de los resultados del monitoreo, activa el sensor de aceleración adecuado o lo usa para la evaluación y transmite o libera sus valores medidos al dispositivo de evaluación.

5 En muchos casos, los sensores de fuerza se utilizan para medir la fuerza con el dispositivo de medición de fuerza, que debe conectarse con el dispositivo de evaluación a través de seis contactos conductores de electricidad para transmitir los valores de medición al dispositivo de evaluación. En particular, en el caso de dicha configuración del sensor de fuerza, es ventajoso si el dispositivo de medición de fuerza presenta dos sensores de aceleración diferentes que pueden conectarse con un dispositivo de evaluación a través de una conexión de enchufe común con  
10 preferentemente seis contactos eléctricos. Se puede usar la misma conexión de enchufe para los dos sensores de aceleración y para el sensor de fuerza, con lo cual se pueden ahorrar costes de fabricación adicionales.

Según una configuración ventajosa del concepto según la invención, está previsto que los al menos dos sensores de aceleración sean cada uno un sensor MEMS. Los sistemas microelectromecánicos (MEMS) o sensores MEMS se  
15 pueden fabricar de manera económica como sensores en miniatura con un tamaño de, por ejemplo,  $5 \times 5 \times 2 \text{ mm}^3$ . Debido a las pequeñas dimensiones y la baja masa asociada, la influencia de los sensores MEMS en el sensor de fuerza es insignificante cuando la fuerza se aplica de forma dinámica. Los sensores MEMS comerciales tienen costes de fabricación muy bajos y un nivel muy alto de robustez, y los sensores MEMS adecuados generalmente sobreviven a una sobrecarga permanente multiplicada por cien sin daños y sin un deterioro duradero de las señales  
20 de medición y los valores de medición.

A continuación, se explica con más detalle un ejemplo de realización del concepto de la invención, que se muestra en el dibujo. Se muestra:

25 la figura 1, una vista esquemática de un dispositivo de medición de fuerza con un sensor de fuerza y con dos sensores de aceleración,

la figura 2, una curva característica de sensibilidad para un primer sensor de aceleración, y

30 la figura 3, una curva característica de sensibilidad para un segundo sensor de aceleración.

El dispositivo de medición de fuerza 1 que se muestra como ejemplo en la Fig. 1 representa un dispositivo de prueba en el que la muestra 2 que una muestra a analizar se mantiene en un dispositivo de sujeción de muestras 3. El extremo libre 4 del dispositivo de sujeción de muestras 3 está conectado con un transductor de fuerza 5. El  
35 transductor de fuerza 5 presenta una zona de aplicación de fuerza 6 y una zona de medición de fuerza 7 a una distancia del primero. En la zona de medición de fuerza 7 está dispuesto un sensor de fuerza 9 que consiste en varios extensómetros 8. Un primer sensor de aceleración 10 y un segundo sensor de aceleración 11 también están fijados al transductor de fuerza 5 a una distancia de la zona de aplicación de la fuerza 6.

40 El primer sensor de aceleración 10 presenta una curva característica de sensibilidad 12, que se muestra esquemáticamente en la Fig. 2. La sensibilidad del primer sensor de aceleración 10, caracterizada por un coeficiente de transmisión G, es de aproximadamente 55 mV/g en un primer intervalo de medición 13 a una frecuencia f de aproximadamente 100 Hz y disminuye de forma continua, pero no lineal, en un segundo intervalo de medición 14 por  
45 encima de 100 Hz.

La curva característica de sensibilidad 15 del segundo sensor de aceleración 11, que se muestra esquemáticamente en la Fig. 3, presenta un primer intervalo de medición 16 a algo superior a 2 kHz con un coeficiente de transmisión G aproximadamente constante de aproximadamente 16 mV/g. Por encima de 2 kHz, el coeficiente de transmisión G aumenta de manera resonante para presentar un máximo a poco más de 20 kHz y a continuación una fuerte caída.  
50 En este segundo intervalo de medición 17, el segundo sensor de aceleración 11 presenta una dependencia muy variable y no lineal de la frecuencia.

Mientras que el primer sensor de aceleración 10 presenta un coeficiente de transmisión G particularmente alto para mediciones en un intervalo de frecuencia de hasta aproximadamente 100 Hz y, por lo tanto, puede usarse de  
55 manera preferente, el segundo sensor de aceleración 11 presenta una sensibilidad significativamente más constante que el primer sensor de aceleración 10 en un intervalo de frecuencia de entre 100 Hz y aproximadamente 1 kHz y, por lo tanto, suele ser más adecuado en este intervalo de frecuencia.

El transductor de fuerza 5 del dispositivo de medición de fuerza 1 que se muestra en la Fig. 1 está dispuesto en un  
60 dispositivo 18 para generar y ejercer fuerzas dinámicas. Este dispositivo 18 puede ser, por ejemplo, un cilindro hidráulico o un agitador electromecánico. Si el dispositivo de medición de fuerza 1 funciona sin una muestra 2 alojada en el dispositivo de sujeción de muestras 3, las aceleraciones del transductor de fuerza 5 generadas por el dispositivo 18 generan un efecto de fuerza que es detectado por el sensor de fuerza 9. Al medir simultáneamente las aceleraciones que causan estos efectos de fuerza con el primer sensor de aceleración 10 o el segundo sensor de  
65 aceleración 11, se puede determinar el error sistemático y se puede preparar o especificar una corrección de error para mediciones posteriores con una muestra 2 sujeta en el dispositivo de sujeción de muestras 3. Si se realiza una

## ES 2 773 913 T3

medición de fuerza con el dispositivo de medición de fuerza 1 con una muestra 2 sujeta en el dispositivo de sujeción de muestras 3, las fuerzas de aceleración ejercidas sobre el transductor de fuerza 5 se pueden determinar con el sensor de aceleración 10, 11 adaptado a las fuerzas dinámicas generadas con el dispositivo 18 y para la compensación durante la medición de fuerza usar con el sensor de fuerza 9.

5 Una primera conexión de enchufe 19 para conectar el sensor de fuerza 9 con un dispositivo de evaluación externo y una segunda conexión de enchufe 20 para conectar los dos sensores de aceleración 10, 11 con el dispositivo de evaluación externo se muestran solo esquemáticamente en el transductor de fuerza 5. La primera conexión de enchufe 19 y la segunda conexión de enchufe 20 presentan cada una seis contactos de conexión conductores de  
10 electricidad.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Dispositivo de medición de fuerza (1) con un transductor de fuerza (5) que presenta una zona de aplicación de fuerza (6) y una zona de medición de fuerza (7), en el que en la zona de medición de fuerza (7) está dispuesto un sensor de fuerza (9), con un dispositivo (18) para ejercer fuerzas dinámicas sobre el transductor de fuerza (5), caracterizado porque el dispositivo de medición de fuerza (1) comprende al menos dos sensores de aceleración (10, 11) para la compensación del error de medición del sensor de fuerza (9), los al menos dos sensores de aceleración (10, 11) presentan diferentes características de sensibilidad (12, 15) y están dispuestos en el transductor de fuerza (5) separados de la zona de aplicación de fuerza (7), y porque un primer sensor de aceleración de los al menos dos sensores de aceleración (10) presenta una sensibilidad aproximadamente constante hasta al menos 100 Hz y una sensibilidad decreciente a frecuencias más altas, y un segundo sensor de aceleración de los al menos dos sensores de aceleración (11) presenta una sensibilidad aproximadamente constante hasta al menos 1 kHz.
- 10
- 15 2. Dispositivo de medición de fuerza (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque dos sensores de aceleración diferentes (10, 11) están dispuestos en el transductor de fuerza (5).
- 20 3. Dispositivo de medición de fuerza (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque tres o más sensores de aceleración (10, 11), cada uno con diferentes características de sensibilidad, están dispuestos en el transductor de fuerza (5).
- 25 4. Dispositivo de medición de fuerza (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el dispositivo de medición de fuerza (1) presenta una interfaz separada para cada sensor de aceleración (10, 11) para la conexión con un dispositivo de evaluación.
- 30 5. Dispositivo de medición de fuerza (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque los dos sensores de aceleración (10, 11) se pueden conectar con un dispositivo de evaluación a través de una conexión de enchufe común (20) con seis contactos eléctricos.
6. Dispositivo de medición de fuerza (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los al menos dos sensores de aceleración (10,11) son cada uno un sensor MEMS.

FIG. 1

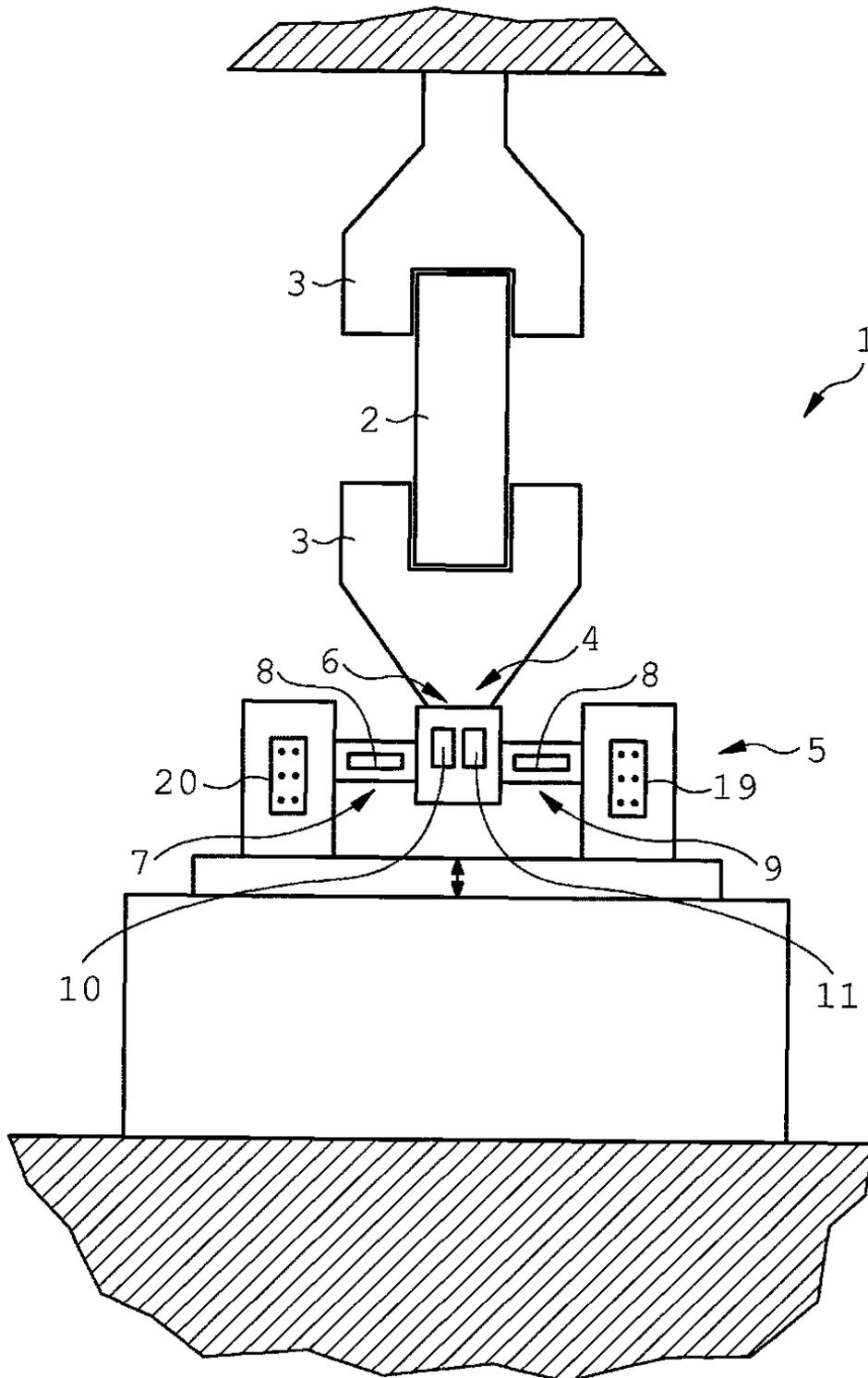


FIG. 2

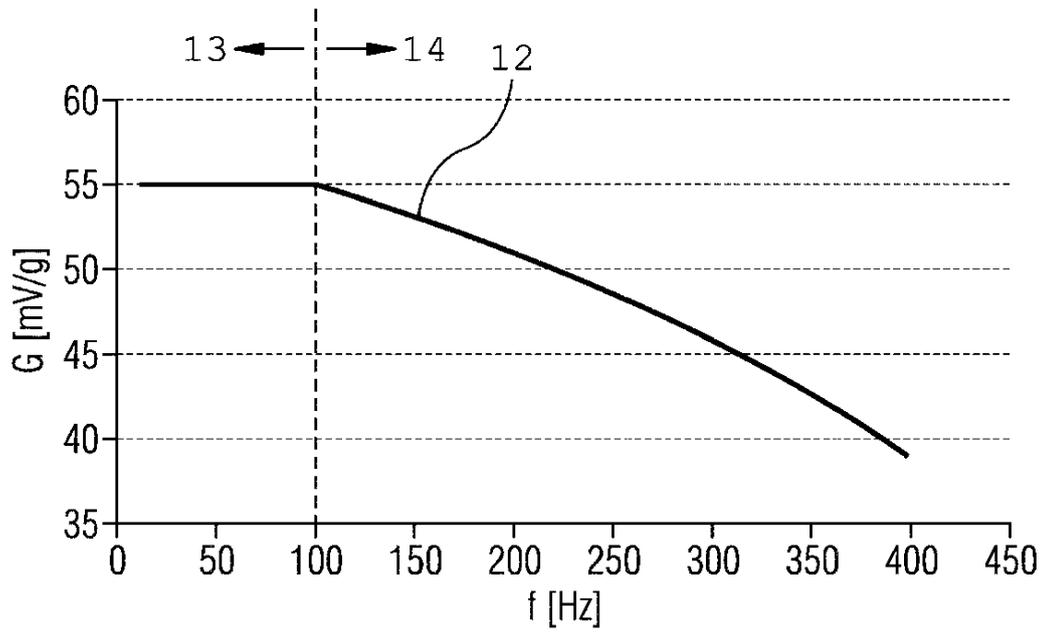


FIG. 3

