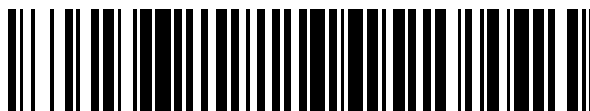


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 900**

51 Int. Cl.:

G01M 7/02 (2006.01)

G01M 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2015 PCT/EP2015/000211**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2015 WO15117750**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2015 E 15704713 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3102920**

54 Título: **Máquina vibradora**

30 Prioridad:
07.02.2014 DE 102014001515

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2019

73 Titular/es:
**SCHENCK PROCESS EUROPE GMBH (100.0%)
Pallaswiesenstraße 100
64293 Darmstadt, DE**

72 Inventor/es:
SCHÄFER, JAN

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 701 900 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

Máquina vibradora

5 La presente invención se refiere a una máquina vibradora de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Por lo general, las vibraciones autoinducidas son indeseables en las máquinas industriales de piezas rotantes. Por este motivo, las normas y regulaciones, por ejemplo, en la DIN ISO 10816, definen los factores de vibración mediante las que se puede evaluar el comportamiento de vibraciones de máquinas con piezas giratorias. Sobre la base de estos valores característicos de vibración se pueden extraer conclusiones sobre el estado actual de la máquina y se pueden establecer pronósticos respecto de la vida útil restante.

Por el contrario, las máquinas vibradoras, como las cribas vibratorias, los transportadores vibratorios o las centrífugas vibratorias, están sometidas a una carga vibratoria constante y necesaria para el cumplimiento funcional. Por lo general, tienen un excitador con una o más masas centrífugas o un excitador magnético, que impulsa la máquina vibradora a un movimiento de vibración. Este movimiento vibratorio se usa específicamente en procesos de transporte para operaciones de cribado y separación o también para procesos de trituración con transporte de material posterior o simultáneo. Por consiguiente, tales máquinas vibradoras se usan a menudo o predominantemente en el procesamiento y transporte de materiales a granel de diferentes tamaños y composiciones. Están sometidas a un alto desgaste debido a la carga vibratoria permanente. El desgaste progresivo puede hacer que la máquina vibradora tenga un comportamiento de vibraciones diferente al deseado. Por un lado, esto puede perjudicar el cumplimiento funcional deseado de la máquina vibradora y, por otro lado, acelerar el proceso de desgaste, lo que conduce a un fallo total de la máquina vibradora.

25 Con el fin de evitar tiempos de paro más duraderos debido a defectos en los componentes, es deseable poder deducir su vida útil aún antes del fallo total de un componente. Por lo tanto, por el estado actual de la técnica se conoce equipar máquinas vibradoras de cualquier tipo con dispositivos para controlar el estado operativo.

Ahora se conocen diferentes enfoques para el control de condición de una máquina vibradora, que se pueden usar, individual o complementariamente, para la detección de estado de la máquina vibradora.

Un primer enfoque es controlar los cojinetes y/o engranajes que normalmente se instalan dentro de los excitadores y permiten la transmisión de potencia deseada. Estos cojinetes y/o engranajes se controlan normalmente detectando el ruido transmitido por estructuras, que se mide normalmente por medio de sensores de aceleración piezoeléctricos. Un ejemplo de este enfoque es el documento EP 1 285 175 A1 en el que los cojinetes son controlados mediante diferentes sensores, un sensor mecánico y uno piezoeléctrico. En este enfoque, las frecuencias de las aceleraciones de interés medidas se producen, normalmente, en el intervalo de unos pocos 100 Hz a varios 1000 Hz y comprenden frecuencias de resonancia estructural de los excitadores que son estimulados a vibrar en caso de daño de cojinete y/o engranajes.

Un segundo enfoque para el control de estado de máquinas vibradoras es la implementación de análisis modales para la detección de la dinámica estructural. Por lo tanto, el conocimiento de la dinámica estructural es, en el caso de máquinas vibradoras, importante en primer lugar para asegurar que la frecuencia de operación esté fuera de las frecuencias naturales existentes de la máquina vibradora. Además, pueden concluirse cambios de estado por medio de análisis modales reiterados y comparaciones de resultados. Como resultado, se pueden controlar los estados de todos aquellos componentes que ejercen una influencia sobre la dinámica estructural de la máquina vibradora. Una implementación para controlar la dinámica estructural con el fin de poder sacar conclusiones sobre el estado de la máquina se describe en el documento DE 10 2008 019578 A1 y su solicitud paralela WO 2009/127428 A1. Aquí, por medio de un sensor de aceleración se detectan reiteradamente los espectros de amplitud y resonancia que se ajustan mediante un espectro de amplitud conocido. Como indicador de un eventual evento de daño se recurre a la diferencia entre el espectro actual y el conocido. Los análisis modales se realizan siempre con la máquina parada.

Un tercer enfoque para controlar el estado de las máquinas vibradoras es la detección metrológica directa del comportamiento de vibraciones durante la operación. Normalmente, el comportamiento de vibraciones de las máquinas vibradoras también se detecta mediante el uso de sensores de aceleración piezoeléctricos. En contraste con el enfoque mencionado anteriormente para el control de cojinetes y/o engranajes, las frecuencias de interés en este enfoque corresponden a la propia frecuencia de excitación y, dado el caso, a los múltiplos de la frecuencia del excitador. La frecuencia de excitación de las máquinas vibradoras está situada normalmente en el intervalo de unos pocos Hz a <30 Hz. Normalmente, una pluralidad de sensores de aceleración piezoeléctricos está montados en la máquina vibradora de tal manera que se hace posible un control multidimensional del comportamiento de vibraciones. Si se considera que, simplificando, la máquina vibradora es un cuerpo rígido, vale el principio físico de que este cuerpo tiene seis grados de libertad: tres traslacionales y tres rotacionales. Por lo tanto, el uso de sensores de aceleración piezoeléctricos permite la detección directa de tres de los seis posibles grados de libertad, o sea la traslacional. Los patrones de movimientos de rotación faltantes se pueden deducir en teoría indirectamente de la evaluación relativa de sensores de aceleración separados espacialmente, pero equiorientados. Sin embargo, esta forma de detectar movimientos de rotación siempre implica faltas de precisión.

Además, por el documento WO 2011/117718 A1 se conocen sensores de inercia del tipo de sistema microelectromecánico (MEMS, por sus siglas en inglés) que pueden medir vibraciones en al menos dos direcciones de movimiento dispuestos mutuamente ortogonales y que se aplican para determinar la carga dinámica de bogies de vagones ferroviarios.

5 Además, el documento WO 01/50098 A1 muestra sensores inerciales capaces de detectar aceleraciones en tres ejes traslacionales dispuestos ortogonales entre sí.

10 Además, el documento DE 10 2007 010 800 A1 describe un sistema de navegación inercial (INS, por sus siglas en inglés) con tres sensores de aceleración y tres sensores de régimen de giro que pueden detectar las vibraciones de las herramientas electrónicas de guiado manual.

15 Con este antecedente ha resultado ser que, además de la determinación de los aumentos de temperatura de los líquidos lubricantes o del aceite lubricante de las piezas de los cojinetes y la determinación de la carga de vibración creciente en forma de ruido transmitido por estructuras, un comportamiento de vibraciones diferente del comportamiento de vibraciones normal permite deducir el fallo inminente de componentes específicos de la máquina vibradora. Además, un comportamiento de vibraciones que se desvía del comportamiento de vibraciones deseado indica un cumplimiento funcional limitado de la máquina de vibración. Por consiguiente, para poder sacar conclusiones sobre el estado operativo, el objetivo es determinar las desviaciones en el comportamiento de vibraciones de las máquinas vibradoras.

20 Este objetivo se consigue mediante una máquina vibradora con las características de la reivindicación 1. Los perfeccionamientos ventajosos son materia de las reivindicaciones dependientes y se incluyen en la descripción.

25 La invención proporciona una máquina vibradora con un dispositivo para controlar el estado que comprende un primer cuerpo vibratorio montado elásticamente o de forma amortiguadora con respecto a un segundo cuerpo vibratorio o una base. El primer cuerpo vibratorio puede ser una carcasa vibratoria o un bastidor vibratorio que incluye otros componentes o piezas constructivas tales como superficie de la criba o refuerzos. Este primer cuerpo vibratorio generalmente se monta por medio de resortes de acero elásticamente respecto del segundo cuerpo vibratorio o de la base. Sin embargo, selectivamente también se tienen en cuenta los cojinetes elastómeros u otros cojinetes elásticos. De tal manera, el segundo cuerpo vibratorio, que se usa como un absorbedor de vibraciones puede ser un bastidor aislante que, a su vez, está montado elásticamente respecto de la base.

35 Además, la máquina vibradora comprende al menos un primer excitador, lo que provoca un comportamiento de vibraciones selectivo de la máquina vibradora o del cuerpo vibratorio. Generalmente, la máquina vibradora también tiene un motor para el accionamiento del excitador y un árbol articulado de accionamiento para conectar el motor al excitador. Los excitadores pueden ser excitadores direccionales que ponen la máquina vibradora en un movimiento vibratorio con un sentido traslacional específico o excitadores circulares que inducen a la máquina vibradora a un movimiento vibratorio circular.

40 De acuerdo con la invención, la máquina vibradora también comprende un dispositivo de control de estado.

45 El dispositivo para el control de estado, por su parte, puede incluir un dispositivo de control de estado un dispositivo para el control del comportamiento de vibraciones y/o un dispositivo para la medición del ruido transmitido por estructuras y/o un dispositivo para la medición de temperatura.

50 El dispositivo para controlar el comportamiento de vibraciones como parte del dispositivo de control de estado presenta al menos un primer dispositivo microelectromecánico en forma de sensor de inercia, estando el mismo equipado con al menos tres sensores de aceleración y al menos tres sensores de régimen de giro.

55 Mientras que los sensores de aceleración piezoeléctricos presentan un acoplamiento mecánico continuo entre el objeto a medir y el elemento piezoeléctrico y, por lo tanto, son particularmente adecuados para registrar el ruido transmitido por estructuras en el rango de alta frecuencia de varios kHz, los sensores de inercia son particularmente adecuados para la detección de movimientos en el rango de baja frecuencia de 0 a algunos cientos de Hz. Los sensores de inercia suelen ser sistemas microelectromecánicos (MEMS, por sus siglas en inglés) y generalmente están fabricados de silicio.

60 Estos sensores son sistemas de masa elástica en los cuales los resortes tienen una banda de silicio de unos pocos micrones de anchura y la masa también está fabricada de silicio. Debido a la desviación durante la aceleración, se puede medir un cambio en la capacitancia eléctrica entre la parte suspendida elásticamente y un electrodo de referencia fijo.

65 Mientras que los sensores de aceleración, cada uno de ellos dispuesto de forma ortogonal en el sensor de inercia, miden las aceleraciones lineales en los ejes x, y o bien z, a partir de los cuales se calcula la distancia recorrida por la máquina vibradora mediante la integración doble, los sensores de régimen de giro miden la velocidad angular en torno al eje x o bien y o bien z, de modo que el cambio de ángulo se determina mediante integración simple. En un

sensor de inercia con tres sensores de aceleración y tres sensores de régimen de giro también se habla del llamado sensor MEMS 6D. Para determinar la posición absoluta del sensor en el espacio se pueden usar magnetómetros adicionales, siendo ventajosa la disposición de tres magnetómetros para detectar por su parte tres ejes dispuestos mutuamente ortogonales. Correspondientemente, en una combinación de tres sensores de aceleración, tres
 5 sensores de régimen de giro y tres magnetómetros se habla de un sensor MEMS 9D. Además, el sensor de inercia se puede ampliar en un sensor de presión y/o en un sensor de temperatura.

Por lo tanto, un sensor de inercia de seis dimensiones que contiene tres ejes de medición traslacionales y tres rotacionales es ideal para detectar el comportamiento de vibraciones de las máquinas vibradoras y detecta por
 10 completo el movimiento de la máquina vibradora considerada como un cuerpo rígido en el espacio.

Los requisitos para el comportamiento de vibraciones se refieren, por ejemplo, a la frecuencia de vibraciones, las amplitudes de vibraciones y el modo de vibración.

15 De acuerdo con la invención, con la posición y orientación conocidas del sensor de inercia de seis dimensiones, todos los movimientos en forma de aceleración, velocidad y trayecto se calculan para cada punto del cuerpo rígido mediante algoritmos de conversión adaptados.

Con el dispositivo para controlar el comportamiento de vibraciones, se pueden detectar de esta manera los daños en los resortes o bien en los cojines y daños en los árboles de accionamiento e intermedios articulados. Además, se pueden detectar fisuras o roturas en las caras laterales, las traviesas y las correderas longitudinales. Por último, también se pueden detectar cargas defectuosas en forma de cargamento excesivo o asimétrico o componentes de fondo de criba defectuosos.

25 Los daños en los cojinetes y ruedas dentadas, por ejemplo, las roturas en las pistas de rodadura de cojinetes, emiten un ruido transmitido en forma de impulsos de choque por las estructuras. Estas señales pueden medirse mediante un dispositivo de medición de ruido transmitido por estructuras en forma de uno o más sensores de aceleración piezoeléctricos. Los sensores de aceleración piezoeléctricos pueden estar previstos en la máquina vibradora en diferente lugar que los sensores de inercia. Los datos medidos de los sensores de aceleración piezoeléctricos se pueden convertir, por ejemplo, en variables de estado: valor efectivo, factor de cresta y/o curtosis. Son posibles otras variables de estado.

Ventajosamente, el sensor de inercia para controlar el comportamiento de vibraciones de la máquina vibradora se puede ampliar mediante una memoria de datos y/o un procesador. En consecuencia, los sensores de inercia y/o la memoria de datos y/o el procesador están dispuestos en una placa de circuitos impresos. Como dispositivo para la adquisición de datos de medición se usa un conjunto constructivo que comprende al menos un sensor de inercia y un procesador. El dispositivo para medir la adquisición de datos de medición puede incluir adicionalmente un dispositivo para la medición de ruido transmitido por estructuras, un dispositivo para medir la temperatura, una memoria y/o un módulo para transmitir datos digitales. Con esto, los datos de medición requeridos se pueden registrar y enviar a un dispositivo de evaluación.

De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo para medir la adquisición de datos como parte del dispositivo para controlar el estado de una máquina vibradora y, por consiguiente, un primer sensor de inercia puede estar dispuesto directamente en el excitador de la máquina vibradora. De tal manera puede fijarse a, dentro o sobre
 45 la carcasa del excitador. Con frecuencia, las máquinas vibradoras, preferiblemente cribas vibratorias, presentan al menos un segundo excitador. Especialmente en el caso de cribas vibratorias con grandes masas, este segundo excitador, junto con el primer excitador, produce el movimiento vibratorio requerido del cuerpo vibratorio. Para producir el mismo efecto, es necesario acoplar entre sí estos excitadores. Esto suele hacerse mediante una conexión por medio de un árbol intermedio articulado. Dado que un árbol intermedio articulado de este tipo está expuesto a un alto desgaste debido al esfuerzo de vibraciones, la invención dispone que para controlar el árbol intermedio articulado se prevea un segundo sensor de inercia. El segundo sensor de inercia también está fijado de manera ventajosa directamente sobre el segundo excitador. La diferencia de fases de las aceleraciones de choque entre el primer y segundo excitador, obtenida de los respectivos ejes de medición de los dos sensores de inercia, se puede utilizar como parámetro para el estado del árbol articulado intermedio.

Con la ayuda del primer y/o segundo sensor de inercia, de acuerdo con la invención será posible una evaluación del comportamiento de vibraciones de la máquina vibradora, por ejemplo, por medio de las variables de estado, amplitud de aceleración, velocidad de giro, cambio vectorial del indicador de choque, desplazamiento de fases y/o distorsión armónica total (THD, por sus siglas en inglés). Son posibles algoritmos analíticos adicionales. Para este propósito, el dispositivo para el control de estado comprende un dispositivo de evaluación electrónico. El dispositivo de evaluación electrónico se ha previsto para recibir los datos de medición del dispositivo para la adquisición de datos y para evaluar los datos de medición con respecto a las variables de estado mencionadas anteriormente. Con la ayuda del dispositivo de evaluación electrónico se puede hacer entonces una observación comparativa de las variables de estado calculadas y los valores límite definidos. De tal manera, dependiendo de la tarea puede realizarse una evaluación tal que las variables de estado se comparen con un valor límite definido que se hubo
 65

almacenado como valor absoluto en el dispositivo de evaluación o tal que está previsto como valor límite definido un valor inicial con una banda de tolerancia.

Ventajosamente, el dispositivo de evaluación electrónico comprende una visualización para mostrar las variables de estado y/o un aviso de advertencia o un generador de señales de advertencia cuando se exceden los valores límite especificados. De esta manera, se puede indicar al usuario si la máquina vibradora se mueve entre los valores límite especificados o si se exceden. Con el fin de evitar falsas alarmas como resultado de señales pasajeras/transitorias, los algoritmos de control de condición de estado pueden extenderse en el sentido de que para los estados de alarma se activen solo después de varios o bien prolongados sucesos.

Una forma de realización de la máquina vibradora con un dispositivo para controlar el estado establece que el dispositivo comprende dos módulos dispuestos separados entre sí. En este caso, el dispositivo para la adquisición de datos de medición puede unirse como primer módulo directamente a la máquina vibradora o al excitador y el dispositivo de evaluación puede estar dispuesto como un segundo módulo separado espacialmente del primer módulo o también separado espacialmente de la máquina vibradora. En una disposición separada del dispositivo para la adquisición de datos de medición y el dispositivo de evaluación, el cable de comunicación a su vez representa un componente que está sometido a un mayor desgaste debido a la carga vibratoria permanente de la máquina de cribado. Para evitar fallos en el sistema debidos a la rotura de cables, la invención ha previsto una conexión inalámbrica entre el dispositivo de evaluación y el dispositivo para la adquisición de datos de medición.

A continuación, la invención se explica en detalle mediante un ejemplo de realización. Los elementos de efecto equivalente se identifican en la figura mediante los mismos números de referencia. Individualmente,

la figura 1 muestra una máquina vibradora en representación espacial esquematizada.

La figura 1 muestra una máquina vibradora con un primer cuerpo vibratorio 1 y un segundo cuerpo vibratorio 2, cada uno montado de forma elástica. En este caso, el cuerpo vibratorio 1, que, por ejemplo, puede ser un bastidor de una criba vibratoria incluido el área de criba, se monta elásticamente respecto del cuerpo vibratorio 2 por medio de resortes 7. El cuerpo vibratorio 2 que, por ejemplo, puede ser un marco aislante, también está montado de manera elástica en relación con la base o el suelo. En un caso de este tipo, el cuerpo vibratorio 2 puede ser denominado un absorbedor de vibraciones o amortiguador de vibraciones. El objetivo de dicho absorbedor de vibraciones o amortiguador de vibraciones es eliminar las vibraciones que pueden causar daños al suelo o al edificio conectado al suelo. Ambos cuerpos vibratorios 1 y 2 son puestos en el presente ejemplo de realización en un movimiento vibratorio lineal mediante un excitador 3, teniendo lugar dicho movimiento vibratorio en una dirección caracterizada mediante la dirección predeterminada de la flecha doble 8, o sea la dirección de empuje del excitador. El excitador 3, llamado excitador direccional, está montado centrado sobre el primer cuerpo vibratorio 1 y tiene masas centrífugas 31 cuyos centros de gravedad están dispuestos excéntricos respecto del eje de giro 32.

A su vez, el excitador 3 es accionado por un motor 4 que está conectado al excitador 3 por medio del árbol de accionamiento 5.

Incluso, si el movimiento de vibración de la máquina vibradora causado por el excitador 3 se carga solo en una dirección debido a sus seis grados de libertad, la máquina vibradora realiza movimientos lineales en tres direcciones x, y y z independientes entre sí y movimientos rotacionales alrededor de los ejes x, y y z. En este ejemplo de realización, para la detección completa del movimiento del cuerpo vibratorio 1 en el espacio está fijado en la cubierta de la carcasa del excitador 3 un dispositivo para la adquisición de datos de medición 6 como parte de un dispositivo para controlar el estado de la máquina vibradora. Alternativamente, el mismo puede disponerse también en cualquier otro punto de la máquina vibradora. Este dispositivo de adquisición de datos de medición 6 incluye al menos un sensor de inercia y un procesador. El sensor de inercia es un sensor MEMS 6D que incluye tres sensores de aceleración y tres sensores de régimen de giro. Alternativamente podría usarse un sensor de inercia en forma de un sensor MEMS 9D que, además de los tres sensores de régimen de giro y de aceleración, también incluye tres magnetómetros.

En la presente forma de realización, los datos de medición registrados por el dispositivo para la adquisición de datos de medición 6 por medio de un sensor de inercia se transmiten de manera inalámbrica a un dispositivo de evaluación 9 donde los datos transmitidos para el control de estado de la máquina vibradora son procesados en forma de variables de estado tales como amplitud de aceleración, amplitud de régimen de giro, cambio vectorial del indicador de choque, desplazamiento de fases y/o distorsión armónica total (THD, por sus siglas en inglés).

El dispositivo de evaluación 9 incluye, además de una memoria de datos, una unidad de cálculo para procesar los datos de medición registrados mediante el sensor de inercia, así como una unidad de visualización en forma de pantalla. Para el control del estado, la unidad de visualización se puede utilizar como generador de señales de advertencia y como una representación del estado real de la máquina vibradora. Además, el dispositivo de evaluación 9 comprende interfaces de comunicación seriales y salidas de conmutación que se conmutan en estado de alarma.

La evaluación del estado real en forma de variables del estado actual en comparación con valores límite predeterminados permite al usuario tener un pronóstico de la vida útil de los componentes controlados, componentes o de la máquina vibradora en su conjunto. Además, las variables de estado dentro de los valores límite especificados determinan el cumplimiento funcional deseado de la máquina vibradora.

5

Lista de referencias

- 1 cuerpo vibratorio
- 2 cuerpo vibratorio
- 10 3 excitador
- 31 masa centrífuga
- 32 eje de giro
- 4 motor
- 5 árbol de accionamiento
- 15 6 adquisición de datos de medición
- 7 resorte
- 8 dirección de empuje del excitador
- 9 dispositivo de evaluación
- 20 x, y, z ejes de movimiento y rotación

REIVINDICACIONES

1. Máquina vibratoria con un dispositivo para el control de estado comprendiendo

5 - un primer cuerpo vibratorio (1) montado elásticamente respecto de un segundo cuerpo vibratorio (2) o de una base,
- un primer excitador (3) que provoca un comportamiento de vibraciones selectivo de la máquina vibradora o del
cuerpo vibratorio (1),
caracterizada porque,

10 - el dispositivo para el control de estado, donde

- - al menos un primer dispositivo microelectromecánico en forma de un sensor de inercia con al menos tres
sensores de aceleración y al menos tres sensores de régimen de giro presenta un así llamado sensor MEMS 6D,
previsto para registrar el comportamiento de vibraciones y el movimiento de la máquina vibradora considerada como
15 un cuerpo rígido en el espacio,

- - - los sensores de aceleración que en el sensor de inercia están, en cada caso, dispuestos ortogonales entre sí,
miden las aceleraciones lineales en los ejes x o bien y o bien z,

20 - - - y los sensores de régimen de giro miden la velocidad angular alrededor de los ejes x o bien y o bien z,

- - y el dispositivo para el control de estado presenta un dispositivo de evaluación electrónico (9), mediante el cual
- - - con la posición y orientación conocida del sensor de inercia se calculan mediante algoritmos de conversión
todos los movimientos en forma de aceleraciones, velocidad y trayecto para cada punto del cuerpo rígido, con lo que
mediante integración doble se determina el trayecto recorrido de la máquina vibradora y mediante la integración
25 simple de la velocidad angular se determinan los cambios de ángulo.

2. Máquina vibradora según la reivindicación 1, caracterizada porque el sensor de inercia está ampliado en una
memoria de datos y/o un procesador.

30 3. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque está previsto al menos
un segundo excitador que está conectado con el primer excitador (3) por medio de un árbol articulado intermedio.

4. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el sensor de inercia está
previsto en, dentro o sobre una carcasa de al menos un excitador (3).

35 5. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el dispositivo para el
control de estado está previsto en lo individual o en combinación entre los mismos para la evaluación del
comportamiento de vibraciones de la máquina vibradora respecto de las variables de estado, amplitud de régimen de
giro, amplitud de aceleración, cambio vectorial del indicador de choque, desplazamiento de fases y/o distorsión
armónica total (THD, por sus siglas en inglés).

6. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el dispositivo de
evaluación electrónico (9) para la recepción de los datos de medición del sensor de inercia o de los sensores de
45 inercia y para la evaluación de los datos de medición respecto de las variables de estado, amplitud de régimen de
giro, amplitud de aceleración, cambio vectorial del indicador de choque, desplazamiento de fases y/o distorsión
armónica total (THD, por sus siglas en inglés) está previsto en lo individual o en combinación entre los mismos.

7. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el dispositivo de
evaluación electrónico (9) está previsto para una observación comparativa de variables de estado detectadas y los
50 valores límite definidos.

8. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque como valor límite se ha
previsto un valor absoluto.

55 9. Máquina vibradora según la reivindicación 7, caracterizada porque como valor límite se ha previsto un valor inicial
con banda de tolerancia.

10. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el dispositivo de
evaluación electrónico (9) comprende una visualización para mostrar las variables de estado y/o un aviso de
60 advertencia o un generador de señales de advertencia cuando se exceden los valores límite especificados.

11. Máquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el dispositivo de
evaluación electrónico (9) del dispositivo para el control del estado de la máquina vibradora y un dispositivo para la
adquisición de datos de medición (6) están previstos espacialmente separados entre sí.

65

12. Maquina vibradora según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la conexión entre el dispositivo de evaluación electrónico (9) y el dispositivo de adquisición de datos de medición (6) está prevista como inalámbrica.

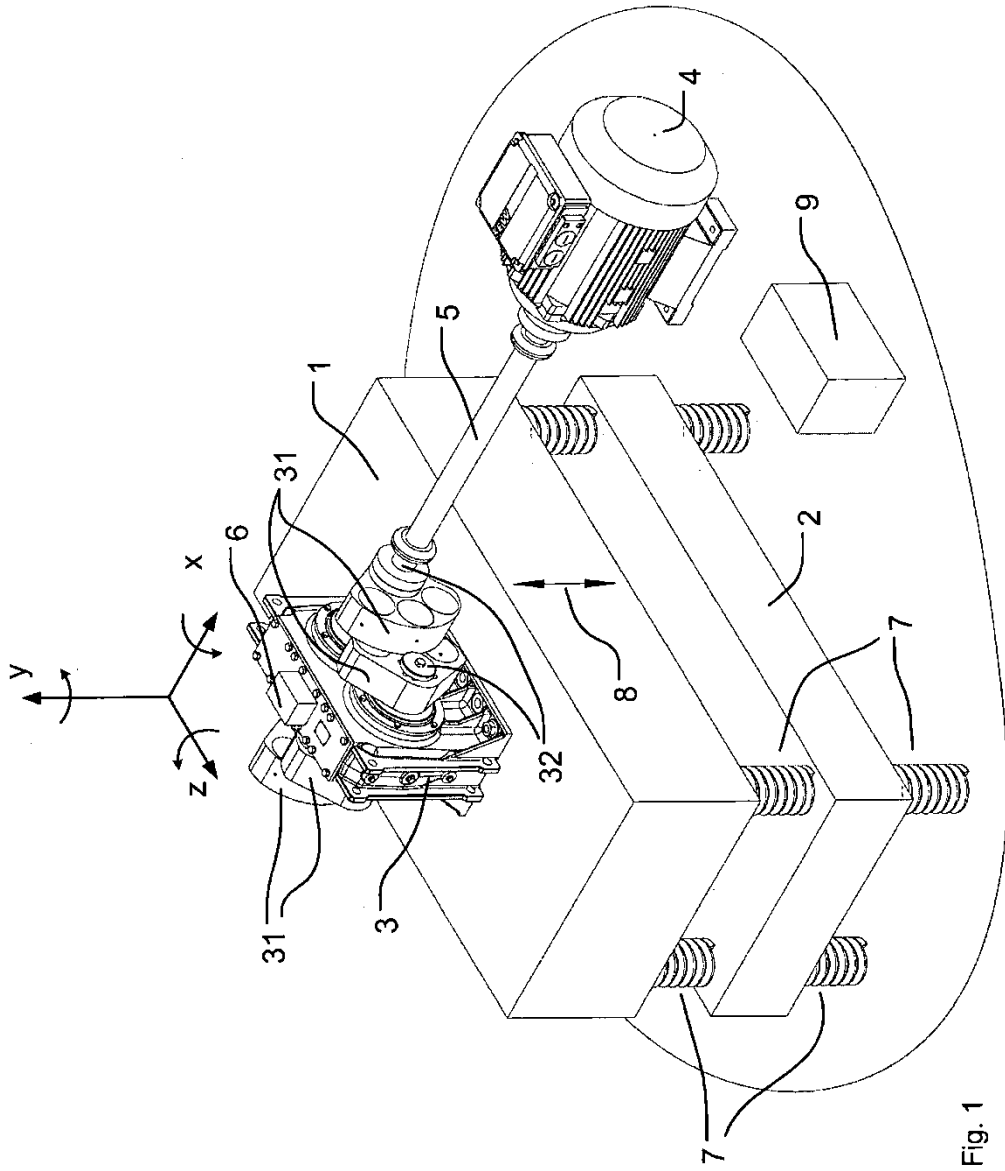


Fig. 1