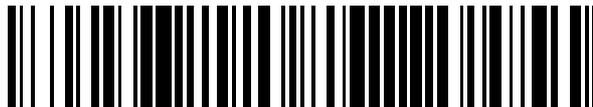


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 456 047**

51 Int. Cl.:

G01M 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2008 E 08785320 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2316009**

54 Título: **Procedimiento y configuración para determinar el estado de un rodamiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.04.2014

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**KLOS, HANS-HENNING;
MÜLLER, KLAUS-DIETER;
SCHERER, STEFAN y
ZINECKER, MIKE**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 456 047 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

Procedimiento y configuración para determinar el estado de un rodamiento.

5 La vigilancia del estado y del desgaste de rodamientos tiene gran importancia en la práctica, ya que la experiencia indica que aproximadamente un 70% de las averías que se presentan en los equipos de fabricación y de proceso son originados por daños en rodamientos.

10 En el documento US 2007/118333 se describe ya un procedimiento para vigilar el estado de un rodamiento, en el que los daños que se presentan se detectan en tiempo real en una banda de frecuencias, en particular en la gama de los ultrasonidos.

15 La presente invención tiene como tarea básica indicar un procedimiento especialmente sencillo y potente para averiguar y vigilar el estado de un rodamiento. Además tiene la presente invención como tarea básica indicar una configuración que apoye un tal procedimiento especialmente sencillo y potente.

20 Esta tarea se resuelve en el marco de la invención en cuanto al procedimiento mediante un procedimiento para averiguar y para vigilar el estado de un rodamiento de acero, captándose durante el funcionamiento del rodamiento una primera señal de sensor en forma de una señal de emisión acústica en una primera banda de frecuencias en la gama de los ultrasonidos, una segunda señal de sensor en una segunda banda de frecuencias correspondiente a una frecuencia inferior en la gama de los ultrasonidos, determinándose a partir de la forma de señal de la primera señal de sensor al menos un primer valor característico relativo a un daño del rodamiento que tiene lugar en ese momento, determinándose a partir de la forma de señal de la segunda señal de sensor al menos un segundo valor característico relativo a un daño del rodamiento que ya ha tenido lugar y realizándose una comparación del primer valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento, así como del segundo valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un segundo valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento, se determina el estado del rodamiento. Al respecto se capta la primera señal de sensor en una frecuencia de resonancia entre 100 kHz y 120 kHz y la segunda señal de sensor en una segunda frecuencia de resonancia en la gama de frecuencias entre 25 kHz y 50 kHz.

30 Según el procedimiento correspondiente a la invención, se capta una primera señal de sensor en forma de una señal de emisión acústica en una primera banda de frecuencias en la gama de los ultrasonidos. Bajo "emisión acústica", que en inglés se denomina "acoustic emission (AE)", se entiende aquí un fenómeno en el que se generan ondas elásticas mediante una excitación repentina debido a una liberación brusca de energía dentro de un cuerpo sólido. Las correspondientes señales de emisión acústica que se propagan en forma de sonido estructural por el cuerpo sólido, se presentan usualmente en una gama de frecuencias de unos 100 kHz hasta 1 MHz. Aquí presentan las señales de emisión acústica una elevada sensibilidad en relación con daños mecánicos en un cuerpo sólido o bien en un objeto. Esto significa que por ejemplo cuando se destruye un rodamiento de acero se genera una señal de emisión que según la primera característica del procedimiento correspondiente a la invención, se detecta en una primera banda de frecuencias en la gama de los ultrasonidos.

40 Además se capta según la invención una segunda señal de sensor en una segunda banda de frecuencias correspondiente a una frecuencia inferior, es decir, en una banda de frecuencias <100 kHz, en la gama de los ultrasonidos. La segunda señal de sensor detecta en particular las llamadas frecuencias del daño, que en el caso de un daño ya existente, que ha tenido lugar, se presentan en un rodamiento que gira debido a excitaciones de resonancia.

50 A partir de la forma de señal de la primera señal de sensor se determina a continuación al menos un primer valor característico relativo a un daño en el rodamiento que está teniendo lugar en ese momento. En función de las explicaciones anteriores, origina por ejemplo la destrucción del acero, es decir, en el caso presente del acero del rodamiento, una señal de emisión acústica de frecuencia típica, que indica así un daño en el rodamiento que está teniendo lugar en ese momento, es decir, que progresa activamente. Además, se determina a partir de la forma de la señal correspondiente a la segunda señal de sensor al menos un segundo valor característico relativo a un daño del rodamiento que ya ha tenido lugar. Entonces se determinan preferiblemente tanto el primer valor característico, de los que al menos hay uno, como también el segundo valor característico, de los que al menos hay uno, a partir de la curva envolvente de la correspondiente señal de sensor, ya que de esta manera se reduce la cantidad de datos a procesar y con ello se simplifica el procedimiento.

60 Realizando una comparación del primer valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento, así como del segundo valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento, se determina a continuación el estado del rodamiento. Aquí es posible ventajosamente tanto un dictamen sobre el estado real como también sobre la evolución futura del estado del rodamiento. Tanto el primer como también el segundo valor de referencia dependen de la correspondiente velocidad de giro del rodamiento, ya que se ha comprobado que las amplitudes de la primera así como de la segunda señal de sensor son proporcionales en cada caso a la velocidad de giro del rodamiento.

65

Los valores de referencia utilizados para la comparación con los correspondientes valores característicos pueden ser preferiblemente valores que se han obtenido mediante mediciones de referencia en rodamientos que se han averiado o dañado de manera conocida. En este caso el que el valor característico llegue al correspondiente valor de referencia o sobrepase el mismo indica directamente el correspondiente daño del rodamiento, con lo que es posible un dictamen preciso relativo al estado del rodamiento. Alternativamente a ello pueden no obstante utilizarse también valores medidos cuando el rodamiento no está dañado como valores de referencia. En este caso se considera que el rodamiento por ejemplo se encuentra en peligro de fallo o bien puede considerarse su estado como crítico cuando al menos uno de los valores característicos sobrepasa el correspondiente valor de referencia en una medida predeterminada o bien que puede prescribirse.

Generalmente ofrece el procedimiento correspondiente a la invención la ventaja de que la vigilancia de un rodamiento es posible de una forma especialmente sencilla. Así puede realizarse el procedimiento correspondiente a la invención por ejemplo utilizando un único sensor, pudiendo utilizarse ventajosamente y con independencia del tipo o tamaño del rodamiento el mismo sensor. Además, posibilita la detección y evaluación combinada de la primera y de la segunda señal de sensor una determinación del estado del rodamiento especialmente potente, es decir, en particular especialmente expresiva. Esto trae como consecuencia que la vigilancia del estado del rodamiento pueda utilizarse de manera especialmente fiable para decidir si es necesario o reparar o sustituir el rodamiento, o bien cuándo dado el caso será necesaria previsiblemente una tal reparación o bien una tal sustitución.

En una forma de ejecución especialmente preferente del procedimiento correspondiente a la invención, se compara el primer valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia que depende también del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo del rodamiento. Esto es ventajoso ya que el primer valor de referencia por lo general dependerá del material, así como del tamaño o bien de la masa del rodamiento, y con ello también del tipo de rodamiento. Así depende el primer valor de referencia, de los que al menos hay uno, debido a la forma como se genera, es decir, debido a la utilización de una primera señal de sensor en forma de una señal de emisión acústica, por lo general al menos en una cierta medida del material del correspondiente rodamiento. Usualmente el material de rodamiento será acero, pero el procedimiento correspondiente a la invención puede utilizarse básicamente para rodamientos de cualquier material. Para permitir una vigilancia lo más precisa posible del estado del rodamiento, se tiene en cuenta así ventajosamente al menos una de las citadas magnitudes al determinar o fijar antes del procedimiento el primer valor de referencia, de los que al menos hay uno. Además de la determinación del primer valor de referencia para el correspondiente tipo de rodamiento utilizado, puede realizarse por ejemplo también una medición del primer valor de referencia para distintos rodamientos de distinto tamaño, distinta masa y/o distinto tipo y basándose en una tal medición, calcularse o simularse el primer valor de referencia, de los que al menos hay uno, para rodamientos de otro tipo.

Preferiblemente puede estar configurado también el procedimiento correspondiente a la invención tal que el segundo valor característico, de los que al menos hay uno, se compare con al menos un segundo valor de referencia que depende del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo de rodamiento. En función de las explicaciones anteriores relativas al primer valor de referencia, que rigen de la manera correspondiente también para el segundo valor de referencia, esto ofrece la ventaja de que resulta posible una determinación o vigilancia especialmente precisa y fiable del estado del rodamiento. No obstante, en comparación con el primer valor característico, de los que al menos hay uno, o bien del primer valor de referencia, de los que al menos hay uno, dependen el segundo valor característico y con ello también el segundo valor de referencia usualmente relativamente menos o dado el caso no dependen en absoluto del material del rodamiento.

En otra forma de ejecución preferente, se caracteriza el procedimiento correspondiente a la invención porque se capta la primera señal de sensor mediante un primer sistema que puede oscilar mecánicamente con una frecuencia de resonancia que depende del material del rodamiento y que es independiente del tamaño y de la velocidad de giro del rodamiento. Como resultado de extensas investigaciones tanto en rodamientos dañados como también en rodamientos no dañados, se ha comprobado que la señal de emisión acústica captada mediante la primera señal de sensor no depende en cuanto a su frecuencia esencialmente del tamaño y de la velocidad de giro del rodamiento. Debido a ello es posible ventajosamente captar la primera señal de sensor por ejemplo para todo rodamiento de acero mediante un primer sistema que puede oscilar mecánicamente con la misma primera frecuencia de resonancia. Esto ofrece la ventaja básica de que un dispositivo sensor configurado para captar la primera señal de sensor puede utilizarse para cualesquiera rodamientos del mismo material.

En un perfeccionamiento especialmente preferente del procedimiento correspondiente a la invención, se capta en un rodamiento de acero la primera señal de sensor para una frecuencia de resonancia entre 100 kHz y 120 kHz. Así se ha comprobado en el marco de las ya citadas extensas investigaciones y estudios, que en particular una frecuencia de la primera señal de sensor de unos 110 kHz es, independientemente de la velocidad de giro o del tipo de rodamiento, característica de la destrucción de un rodamiento de acero.

Preferiblemente puede transcurrir el procedimiento correspondiente a la invención tal que la primera señal de sensor se capte en una primera banda de frecuencias de una anchura de banda de 4 kHz a 8 kHz. Se ha comprobado que la captación de la primera señal de sensor en una primera banda de frecuencias de la citada pequeña anchura de banda

permite una captación de los valores de medida especialmente precisa y expresiva. En comparación con una captación de banda ancha de la primera señal de sensor, ofrece esto en particular la ventaja básica de que pueden evitarse los costes de un subsiguiente procesamiento, por ejemplo en forma de un filtrado, de la primera señal de sensor.

5 Ventajosamente puede estar configurado el procedimiento correspondiente a la invención también tal que la segunda señal de sensor se capte independientemente del material, tamaño y velocidad de giro del rodamiento mediante un segundo sistema que puede oscilar mecánicamente con una segunda frecuencia de resonancia en la gama de frecuencias entre 25 kHz y 50 kHz. Así pudo comprobarse que una captación de la segunda señal de sensor para una
10 segunda frecuencia de resonancia en la gama de frecuencias entre 25 kHz y 50 kHz, es especialmente expresiva en cuanto a un daño ya realizado en el rodamiento, independientemente del material, la velocidad de giro y el tamaño del rodamiento.

Preferiblemente está configurado el procedimiento correspondiente a la invención tal que la segunda señal de sensor se capta en una segunda banda de frecuencias de una anchura de banda de 3 kHz a 7 kHz. También en cuanto a la
15 segunda señal de sensor se ha comprobado que es especialmente ventajoso que esta señal se capte en una banda pequeña, en particular con una anchura de banda entre 3 y 7 kHz. Así se suprimen señales de perturbación de manera sencilla, con lo que se reduce considerablemente el coste del procesamiento de las señales.

El primer valor característico y el segundo valor característico pueden ser básicamente cualesquiera valores característicos que caractericen la forma de señal de la correspondiente señal de sensor. Una determinación
20 especialmente expresiva y sencilla de los valores característicos es posible según un perfeccionamiento preferente del procedimiento correspondiente a la invención determinando, para averiguar el primer valor característico y el segundo valor característico, en cada caso el producto del valor máximo por el valor efectivo de la correspondiente señal de sensor. Al respecto puede ser el correspondiente valor característico el propio producto correspondiente o por ejemplo determinarse multiplicando el producto por un factor constante.

Ventajosamente está configurado el procedimiento correspondiente a la invención tal que se emite una señal de alarma tan pronto como el primer valor característico, de los que al menos hay uno, y/o el segundo valor característico, de los que al menos hay uno, se desvían durante un tiempo definido del correspondiente valor de referencia. Esto es
30 ventajoso, ya que así por ejemplo el personal de servicio o de vigilancia puede ser informado de un daño existente o bien de un daño que amenaza o bien de un fallo en ciernes del rodamiento. Ventajosamente puede fijarse entonces, específicamente para cada aplicación, cuál puede ser la magnitud de la desviación del primer valor característico, de los que al menos hay uno, y/o del segundo valor característico, de los que al menos hay uno, respecto al correspondiente valor de referencia, antes de dar la alarma emitiendo una señal de alarma.

En cuanto a la configuración, se resuelve según la invención la tarea básica de la invención mediante una configuración para averiguar y para vigilar el estado de un rodamiento durante su funcionamiento con un primer dispositivo sensor para detectar una primera señal de sensor en forma de una señal de emisión acústica en una primera banda de
40 frecuencias en la gama de los ultrasonidos, un segundo dispositivo sensor para captar una segunda señal de sensor en una segunda banda de frecuencias de una frecuencia inferior en la gama de los ultrasonidos, primeros medios para procesar la señal para determinar al menos un primer valor característico de un daño en el rodamiento que tiene lugar precisamente en ese momento a partir de la forma de señal de la primera señal de sensor, segundos medios para el procesamiento de señales para determinar al menos un segundo valor característico relativo a un daño ya realizado en el rodamiento a partir de la forma de señal de la segunda señal de sensor y un dispositivo evaluador para determinar el estado del rodamiento realizando una comparación del primer valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento, así como del segundo valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un segundo valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento.

Las ventajas de la configuración correspondiente a la invención corresponden esencialmente a las del procedimiento correspondiente a la invención, por lo que al respecto remitimos a las correspondientes explicaciones precedentes. Lo mismo rige en cuanto a los perfeccionamientos preferentes de la configuración correspondiente a la invención que se detallan a continuación, en cada caso con referencia al correspondiente perfeccionamiento preferente del procedimiento correspondiente a la invención.

55 Ventajosamente está diseñada la configuración correspondiente a la invención tal que el dispositivo evaluador está configurado para comparar el primer valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia que depende también del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo del rodamiento.

60 En otro perfeccionamiento especialmente preferente está perfeccionada la configuración correspondiente a la invención tal que el dispositivo evaluador está configurado para comparar el segundo valor característico, de los que al menos hay uno, con al menos un segundo valor de referencia que depende también del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo del rodamiento.

Ventajosamente puede estar diseñada también la configuración correspondiente a la invención tal que el primer dispositivo sensor para captar la primera señal de sensor que depende del material del rodamiento y que no depende del tamaño ni de la velocidad de giro del rodamiento, presenta un primer sistema que puede oscilar mecánicamente con una primera frecuencia de resonancia.

5

En otra mejora especialmente preferente, está perfeccionada la configuración correspondiente a la invención tal que el primer dispositivo sensor para determinar el estado de un rodamiento de acero está configurado para detectar la primera señal de sensor en una frecuencia de resonancia entre 100 kHz y 120 kHz.

10

Ventajosamente puede estar caracterizada la configuración correspondiente a la invención tal que el primer dispositivo sensor para detectar la primera señal de sensor está previsto en una primera banda de frecuencias de una anchura de banda de 4 kHz a 8 kHz.

15

En otra forma de ejecución especialmente preferente, está perfeccionada la configuración correspondiente a la invención tal que el segundo dispositivo sensor para detectar la segunda señal de sensor independiente del material, tamaño y velocidad de giro de rodamiento, presenta un segundo sistema que puede oscilar mecánicamente con una segunda frecuencia de resonancia en la gama de frecuencias entre 25 kHz y 50 kHz.

20

En una forma de ejecución especialmente preferente de la configuración correspondiente a la invención, está previsto el segundo dispositivo sensor para captar la segunda señal de sensor en una segunda banda de frecuencias de una anchura de banda entre 3 kHz y 7 kHz.

25

Preferiblemente está diseñada la configuración correspondiente a la invención tal que los primeros y los segundos medios para procesar las señales para determinar el primer y el segundo valor característico respectivamente están configurados para determinar el producto del valor máximo por el valor efectivo de la correspondiente señal de sensor.

30

Ventajosamente puede estar perfeccionada también la configuración correspondiente a la invención tal que el dispositivo evaluador esté previsto para emitir una señal de alarma tan pronto como el primer valor característico, de los que al menos hay uno, y/o el segundo valor característico, de los que al menos hay uno, se desvían a lo largo de un periodo de tiempo definido del correspondiente valor de referencia.

35

Además puede estar realizada ventajosamente la configuración correspondiente a la invención tal que el primer y segundo dispositivo sensor estén configurados como sistema micromecánico común. Los correspondientes sistemas micromecánicos, que también se conocen como MEMS (Micro-Electro-Mechanical-System, microsistema electromecánico), ofrecen la ventaja de que son pequeños, potentes y comparativamente económicos.

40

Preferiblemente puede estar diseñada la configuración correspondiente a la invención también tal que el primer y/o el segundo dispositivo sensor estén realizados como unidades sensoricas piezoeléctricas, piezorresistivas, capacitivas o inductivas. Esto es ventajoso especialmente en el caso de una configuración del primer y segundo dispositivo sensor como sistema micromecánico conjunto, es decir, por ejemplo alojando los dispositivos sensores en un sustrato común.

45

Ventajosamente está diseñada la configuración correspondiente a la invención tal que los primeros medios para procesar las señales, los segundos medios para procesar las señales y el dispositivo evaluador, estén reunidos en un circuito eléctrico integrado. De esta manera es posible de nuevo una realización especialmente sencilla, que ocupa poco espacio y económica de la configuración correspondiente a la invención.

50

Preferiblemente puede caracterizarse también la configuración correspondiente a la invención porque el primer y el segundo dispositivos sensores están reunidos en un circuito eléctrico integrado.

55

En otra forma de ejecución especialmente preferente de la configuración correspondiente a la invención, está prevista una unidad amplificadora para amplificar la primera y/o la segunda señal de sensor y el dispositivo evaluador para ajustar la amplificación de la unidad amplificadora. Esto es ventajoso ya que mediante las unidades sensoricas, en particular debido a que las amplitudes de la señal dependen de la velocidad de giro, por lo general hay que cubrir amplias gamas de señales, es decir, grandes diferencias de amplitudes. Las elevadas exigencias a la dinámica del sistema que de ello resultan se logran ventajosamente ajustando la unidad amplificadora del dispositivo evaluador en función de la amplitud de la señal de salida en una etapa amplificadora adecuada.

60

A continuación se describirá la invención más en detalle en base a ejemplos de ejecución. Al respecto muestra o muestran

figura 1 en una representación esquemática, un primer ejemplo de ejecución de la configuración correspondiente a la invención,

65

figuras 2 y 3 diagramas para explicar un ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención,

figura 4 en una representación esquemática, un segundo ejemplo de ejecución de la configuración correspondiente a la invención,

5 figura 5 en una representación esquemática, un tercer ejemplo de ejecución de la configuración correspondiente a la invención y

figuras 6 y 7 otros diagramas para explicar el ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención.

10 Para mayor claridad se han señalado en la figura los componentes que son iguales o bien que en cuanto a su funcionalidad son esencialmente iguales, en cada caso con las mismas referencias.

15 La figura 1 muestra en una representación esquemática un primer ejemplo de ejecución de la configuración correspondiente a la invención. Al respecto se supone que la configuración sirve para vigilar un rodamiento de acero. Para ello presenta la configuración un primer dispositivo sensor SE1 para captar una primera señal de sensor S1 en forma de una señal de emisión acústica en una primera banda de frecuencias en la gama de los ultrasonidos. En el ejemplo de ejecución descrito se capta la primera señal de sensor S1 mediante un primer sistema, no representado en la figura 1, que puede oscilar mecánicamente para una primera frecuencia de resonancia de 110 kHz con una anchura de banda de 4 kHz a 8 kHz, es decir, por ejemplo 5 kHz. Se ha comprobado que en particular en una medición en la zona de la frecuencia de resonancia antes citada, puede determinarse a partir de la forma de señal de la primera señal de sensor un primer valor característico, que permite un dictamen especialmente fiable relativo a un daño en el rodamiento que tiene lugar precisamente en ese momento, es decir, que progresa activamente. Así, la citada frecuencia de unos 110 kHz es característica de la destrucción de un rodamiento de acero y no depende en particular de la velocidad de giro o del tipo de rodamiento.

25 La configuración presenta además un segundo dispositivo sensor SE2 para captar una segunda señal de sensor S2 en una segunda banda de frecuencias de una frecuencia inferior en la gama de los ultrasonidos. La captación se realiza entonces mediante un segundo sistema que puede oscilar mecánicamente con una segunda frecuencia de resonancia de 40 kHz, así como con una anchura de banda de igualmente 5 kHz. Según amplias investigaciones, esta gama de frecuencias es especialmente buena y adecuada para determinar un daño en el rodamiento que ya ha tenido lugar, es decir, existente, a partir de la forma de señal de la segunda señal de sensor S2. Ventajosamente es entonces independiente la citada gama de frecuencias de la velocidad y del tipo del correspondiente rodamiento.

35 Así permiten ambos dispositivos sensores SE1 y SE2, que en el ejemplo de ejecución de la figura 1 están reunidos en un primer sensor común SEN, por ejemplo en forma de un sistema micromecánico integrado en un circuito eléctrico, que el mismo sensor SEN pueda utilizarse para todos los rodamientos de acero. La causa de ello es que ambas frecuencias de resonancia citadas no dependen de la velocidad de giro ni del tamaño del rodamiento. Si el rodamiento estuviese compuesto por otro material diferente del acero, entonces sería ventajosamente necesaria sólo una adaptación de la primera frecuencia de resonancia.

40 En el ejemplo de ejecución de la figura 1 se supone que mediante primeros medios para procesar la señal F1 se determina un primer valor característico para un daño del rodamiento en curso en ese momento a partir de la forma de señal de la primera señal de sensor S1. Correspondientemente se determina mediante segundos medios para procesar la señal F2 un segundo valor característico relativo a un daño del rodamiento que ya ha tenido lugar a partir de la forma de señal correspondiente a la segunda señal de sensor S2. Según la representación de la figura 1 pueden estar reunidos ventajosamente en un circuito eléctrico integrado los primeros y segundos medios para procesar la señal F1, F2, que por ejemplo puede estar realizados en forma de filtros, pudiendo incluir además dado el caso el citado circuito un dispositivo evaluador μ , por ejemplo en forma de un microprocesador. El circuito evaluador μ sirve para determinar el estado del rodamiento comparando el primer valor característico con un primer valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento, así como el segundo valor característico con un segundo valor de referencia que depende de la velocidad de giro del rodamiento.

55 En el ejemplo de ejecución de la figura 1, determinan los primeros medios para procesar señales F1, así como los segundos medios para procesar señales F2, que están integrados en un dispositivo de procesamiento de señales SIG común, el correspondiente valor característico basándose en cada caso en la curva envolvente de la correspondiente señal de sensor. Esto ofrece la ventaja de que en comparación con una evaluación basada en la correspondiente señal de sensor propiamente dicha, ha de procesarse una cantidad de datos inferior.

60 A continuación se supone que el correspondiente valor característico viene determinado por los primeros medios para procesar la señal F1, así como los segundos medios para procesar la señal F2 como producto del valor máximo de la amplitud de la correspondiente señal de sensor S1, S2 por el correspondiente valor efectivo, es decir, del valor medio cuadrático, de la amplitud de la misma señal de sensor S1, S2, es decir, $K1 = \text{Max1}(t) \cdot \text{RMS1}(t)$ y $K2 = \text{Max2}(t) \cdot \text{RMS2}(t)$, siendo $\text{Max1}(t)$ así como $\text{Max2}(t)$ los respectivos valores máximos y $\text{RMS1}(t)$ así como $\text{RMS2}(t)$ los respectivos valores efectivos de la primera señal de sensor S1 y de la segunda señal de sensor S2 respectivamente. Entonces mediante la dependencia en el tiempo de las magnitudes se expresa que los correspondientes valores se determinan en el

65

correspondiente instante de la vigilancia. Para averiguar y vigilar el estado del rodamiento W, se comparan los valores característicos K1, K2 determinados de esta manera a continuación con valores de referencia R1, R2, describiéndose más en detalle la correspondiente otra forma de proceder a continuación en base a las figuras 2 y 3.

5 Las figuras 2 y 3 muestran diagramas para explicar un ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención.

10 Extensas investigaciones han dado como resultado que tanto para la primera señal de sensor S1 como también para la segunda señal de sensor S2, en particular también en ambas frecuencias o bandas de frecuencias tomadas como base en el ejemplo de ejecución, independientemente del tipo de rodamiento existe una dependencia lineal entre la velocidad de giro del rodamiento y la amplitud de la señal. Así los valores característicos K1, K2, es decir, el correspondiente producto K del valor máximo por el valor efectivo de las señales del sensor S1, S2, son proporcionales al cuadrado de la velocidad de giro del rodamiento. Esto queda claro en la figura 2, en la que se representa esta dependencia esquemáticamente en base al ejemplo de la primera señal de sensor S1.

15 Además del primer valor característico K1, se representa en la figura 2 un primer valor de referencia R1, que se ha determinado respecto a un cojinete de referencia igualmente utilizando el producto K del valor máximo por el valor efectivo de la primera señal de sensor S1. Al respecto depende el primer valor de referencia R1, en base al cálculo del mismo correspondiente al primer valor característico K1, igualmente del cuadrado de la velocidad de giro del rodamiento, con lo que también para el primer valor de referencia R1 resulta en la representación de la figura 2 una recta.

20 Tanto el primer valor característico K1 como también el correspondiente primer valor de referencia R1 son rectas que pasan por el origen, ya que durante la parada del rodamiento no se emite ninguna señal. Pero esto significa por otro lado también que basándose en una medición del primer valor de referencia R1 para una determinada velocidad de giro, puede calcularse la magnitud del primer valor de referencia R1 para cualesquiera otras velocidades de giro del rodamiento. La causa de ello es que la recta representada en la figura 2 viene determinada inequívocamente por el valor medido, así como por el origen. Con ello es suficiente realizar para una determinada velocidad de giro de por ejemplo 25 Hz una medición en un cojinete de referencia y entonces averiguar a partir de las señales de sensor captadas el primer valor de referencia R1, así como el segundo valor de referencia R2. Basándose en los valores de referencia R1, R2 determinados para la correspondiente velocidad de giro, pueden calcularse los valores de referencia R1, R2 para cualquier otra velocidad de giro a continuación de manera sencilla. Esto significa que en definitiva para cada una de ambas señales de sensor S1, S2 es suficiente un valor de referencia R1, R2 para caracterizar el cojinete de referencia o bien permitir la vigilancia del estado del rodamiento.

35 Como cojinete de referencia puede utilizarse por un lado un rodamiento que ya ha funcionado y que no presenta daños. Cuando se calcula o se ha calculado el primer valor de referencia R1 referido a un tal cojinete de referencia sin daños, puede detectarse un daño que tenga lugar precisamente en ese momento en el rodamiento por ejemplo cuando el primer valor característico K1 determinado sobrepasa el primer valor de referencia para la misma velocidad de giro en un factor constante de por ejemplo 4. Para una representación más sencilla puede tenerse en cuenta el correspondiente factor también ya en el cálculo del primer valor de referencia R1, en cuyo caso resultaría una representación como la de la figura 2. En el ejemplo de ejecución de la figura 2 no está dañado el rodamiento vigilado, con lo que el primer valor de referencia R1 y el primer valor característico K1 se diferencian para la correspondiente frecuencia esencialmente en el factor constante.

45 Alternativamente a la forma de proceder antes descrita, puede determinarse el primer valor de referencia R1 también referido a un cojinete de referencia dañado. También en este caso podría resultar una representación correspondiente a la de la figura 2, pudiéndose suponer en el caso de que el primer valor característico K1 alcance el primer valor de referencia R1, que el rodamiento vigilado está dañado como el cojinete de referencia utilizado o al menos de forma o intensidad similares.

50 De las explicaciones anteriores, resulta que para una evaluación sencilla y expresiva de las señales de sensor captadas S1, S2 en el ejemplo de ejecución descrito para determinar los valores de referencia R1, R2 dependientes de la velocidad de giro para cada una de las señales del sensor S1, S2, se necesita en cada caso solamente un parámetro, que puede venir dado por ejemplo por la pendiente de las rectas representadas en la figura 2 para R1. A partir de estos parámetros puede calcularse directamente, en función de la correspondiente velocidad de giro de servicio, el valor de referencia R1, R2 concreto correspondiente.

60 Tan pronto como uno de los valores característicos K1, K2 sobrepasa el correspondiente valor de referencia R1, R2 para la misma velocidad de giro durante un periodo de tiempo definido, puede activarse ventajosamente una alarma, por ejemplo en forma de una lámpara de señalización roja. Además, comparando los valores característicos determinados K1, K2 con los correspondientes valores de referencia R1, R2 según el ejemplo de ejecución descrito, puede realizarse de manera especialmente sencilla un aviso previo, por ejemplo activando una lámpara de aviso amarilla. Así puede dársele al usuario u operador del rodamiento, ventajosamente, por ejemplo la posibilidad de indicar un "factor de aviso previo" inferior a 1, por el que se multiplica el correspondiente valor de referencia R1, R2. Si se alcanza durante la

vigilancia del cojinete un primer valor característico K1 o bien un segundo valor característico K2, que se encuentra por encima del valor de aviso previo determinado como se indica, pero por debajo del correspondiente valor de referencia R1 o bien R2 propiamente dicho, entonces se genera ventajosamente el correspondiente aviso previo. En la figura 2 se representa la correspondiente "recta límite" para un aviso previo en forma de la recta V1.

Las amplitudes del sensor, es decir, del primer dispositivo sensor SE1, así como del segundo dispositivo sensor SE2, dependen por lo general también del tamaño o bien de la masa que gira, es decir, en definitiva del tipo de rodamiento. Esto incluye, en particular en cuanto a la primera señal de sensor S1, debido a la forma como se genera, usualmente también una dependencia del material del rodamiento. Esto se describirá a continuación más en detalle en base a la figura 3.

En la figura 3 se representa el primer valor característico K1 en cada caso para dos rodamientos L1 y L2 de distinto tipo, habiéndose representado además también los valores de referencia $R1_{L1}$ y $R1_{L2}$ válidos para los correspondientes rodamientos L1, L2. Puede observarse claramente que tanto los primeros valores característicos $K1_{L1}$ y $K1_{L2}$ como también los correspondientes valores de referencia $R1_{L1}$ y $R1_{L2}$ son diferentes para ambos rodamientos L1 y L2, resultando no obstante en la representación gráfica correspondiente a la representación de la figura 2, en función del cuadrado de la velocidad de giro f^2 de los rodamientos L1, L2, en cada caso una dependencia lineal.

La figura 4 muestra en una representación esquemática un segundo ejemplo de ejecución de la configuración correspondiente a la invención. Se muestra un rodamiento W al que está adosado un sensor SEN, con unidades sensorías para detectar la primera y la segunda señales del sensor. Las correspondientes señales del sensor se amplifican mediante una unidad amplificadora V y se llevan a un filtro F, que presenta primeros y segundos medios para procesar la señal para determinar al menos un valor característico a partir de la forma de la correspondiente señal de sensor. A través de un convertidor A/D ADC se llevan los correspondientes valores filtrados a un dispositivo evaluador μ , que por ejemplo puede estar realizado como microcontrolador o PC. Puesto que el sensor SEN que incluye los dispositivos sensores debe cubrir una amplia gama de señales, resultan elevadas exigencias a la dinámica de la unidad amplificadora V. Éstas se logran ajustando la unidad de control, es decir, el dispositivo evaluador μ , la unidad amplificadora V en función de la intensidad de la señal de entrada en una etapa amplificadora adecuada.

El dispositivo evaluador μ sirve, además de para el control de la unidad amplificadora V, en particular para la evaluación y representación de los resultados de medida. Para ello presenta el dispositivo evaluador μ ventajosamente una tabla de datos, en la que para cada tipo de cojinete LT, es decir, rodamientos L1, L2, L3,..., están archivados los correspondientes valores de referencia R1, R2 para una determinada velocidad de giro del correspondiente rodamiento L1, L2, L3. Ciertamente están sometidos los rodamientos W en la práctica a distintas cargas, pero se ha comprobado que la influencia de la carga sobre los correspondientes valores característicos así como valores de referencia es despreciable en la zona de carga admisible de un rodamiento W. Los valores de referencia R1, R2 pueden por ejemplo captarse para rodamientos de distintos tipos una sola vez y archivarse en la tabla de datos. Eligiendo los valores de referencia R1, R2 del rodamiento W a vigilar es posible mediante el dispositivo evaluador μ una vigilancia económica y fiable del estado del rodamiento W.

El dispositivo evaluador μ ofrece además la posibilidad de prescribir consignas específicas del usuario en cuanto a la evaluación de las señales de sensor captadas. En el ejemplo de ejecución representado esto significa que mediante un parámetro A puede prescribirse una etapa de aviso previo, por ejemplo en porcentaje, mediante un parámetro B una ventana de tiempo por ejemplo en segundos y mediante un parámetro C un grado de desbordamiento por ejemplo en porcentaje. Esto significa que el parámetro A corresponde al factor de aviso previo descrito en relación con la figura 2. El significado de los parámetros B y C se describirá más en detalle en relación con la figura 7. En general pueden prescribirse los parámetros A, B, C independientemente entre sí para la primera señal de sensor captada en la primera frecuencia de resonancia de 110 kHz, así como para la segunda señal de sensor captada en la segunda frecuencia de resonancia de 40 Hz.

Hay que subrayar que alternativamente al procedimiento antes descrito para comparar el primer valor característico, de los que al menos hay uno, con el primer valor de referencia, de los que al menos hay uno, así como el segundo valor característico, de los que al menos hay uno, con el segundo valor de referencia, de los que al menos hay uno, también puede pensarse en otros procedimientos para averiguar el estado del rodamiento a partir de la primera señal de sensor, así como de la segunda señal de sensor. Esto es así también en particular en cuanto a la correspondiente magnitud utilizada como valor característico. No obstante hay que tener en cuenta que en general ha de considerarse que el valor característico correspondiente depende de la velocidad de giro del rodamiento.

La figura 5 muestra un tercer ejemplo de ejecución de la configuración correspondiente a la invención. Se representa un motor M, cuyo rodamiento se vigila mediante un sensor SEN. Según las explicaciones precedentes, supongamos que en el ejemplo de ejecución de la figura 5 el sensor SEN presenta dos unidades sensorías con respectivos sistemas que pueden oscilar, que en cada caso con una anchura de banda de unos 5 kHz captan señales alrededor de frecuencias de resonancia de alrededor de unos 110 kHz, o bien unos 40 kHz. Ambas gamas de frecuencias de resonancia aportan respectivas señales de curva envolvente, a partir de las cuales se extraen los correspondientes valores máximos y efectivos para determinar un primer así como un segundo valor característico, según las explicaciones anteriores.

En el ejemplo de ejecución de la figura 5 se utiliza para procesar y evaluar las señales de sensor un dispositivo evaluador μ , que incluye los primeros y segundos medios para el procesamiento de las señales descritos por ejemplo en relación con la figura 1. Al respecto pueden estar configurados los componentes citados por ejemplo como circuito eléctrico integrado. Mediante una interfaz OUT puede emitir el dispositivo evaluador μ el resultado de la evaluación para continuar el procesamiento, es decir, por ejemplo mediante visualización. En el marco de la vigilancia del rodamiento del motor eléctrico M, actúa el dispositivo evaluador μ , ventajosamente de forma similar a en el ejemplo de ejecución de la figura 4, sobre un dispositivo de memoria DB, en el que están memorizados al menos un primer valor de referencia R1, así como al menos un segundo valor de referencia R2.

La figura 6 muestra otro diagrama para describir el ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención. Allí se representan el primer valor de referencia R1, así como el segundo valor de referencia R2, que a su vez vienen dados por el producto K de los valores determinados para un rodamiento de referencia de la amplitud y del valor efectivo, en cada caso como función del cuadrado de la velocidad de giro f^2 . Se supone que el rodamiento vigilado es un rodamiento del tipo 6208, que funciona a una velocidad de giro de 30 Hz. Además se supone que se utiliza una configuración correspondiente a la representación de la figura 5, estando memorizada en el dispositivo de memoria DB, para determinar en función de la velocidad de giro los valores de referencia R1 y R2, la correspondiente pendiente de las rectas representadas en la figura 6. Señalemos que el dispositivo de memoria DB no es preciso que esté dispuesto necesariamente próximo espacialmente al dispositivo evaluador μ . Así puede ser el dispositivo de memoria DB también un servidor de banco de datos central, que puede consultarse desde el dispositivo evaluador μ a través de una interfaz de comunicación inalámbrica o ligada a línea.

Para averiguar y vigilar el estado del rodamiento, puede ahora el dispositivo evaluador μ consultar en el dispositivo de memoria DB el valor de ambas pendientes específicamente para un rodamiento del tipo 6208. A partir de las pendientes que caracterizan el comportamiento del cojinete de referencia, puede determinarse a continuación, para la velocidad de giro de servicio del rodamiento de 30 Hz, el primer valor de referencia R1, así como el segundo valor de referencia R2. Si sobrepasa durante el funcionamiento del rodamiento al menos uno de los valores característicos K1, K2 el correspondiente valor de referencia R1, R2 durante un periodo de tiempo determinado, que puede fijar el usuario, que puede ser por ejemplo de 30 minutos, se emite ventajosamente una señal de alarma. Mediante esta señal de alarma o adicionalmente a esta señal de alarma, puede ser informado el usuario u operador del rodamiento de si el primer valor característico K1 o el segundo valor característico K2 sobrepasan el correspondiente valor de referencia R1, R2, es decir, si el estado del rodamiento es crítico en relación con un daño que tiene lugar en ese momento y/o con un daño que ya ha tenido lugar en el cojinete.

La figura 7 muestra otro diagrama para describir el ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención. Aquí se representa el segundo valor característico K2, es decir, el valor característico determinado a partir de una frecuencia de resonancia de 40 Hz, como función del tiempo t. Además se indica mediante la línea horizontal discontinua el correspondiente segundo valor de referencia R2.

En función de la correspondiente finalidad de utilización del cojinete vigilado, no debe dar lugar a una alarma por lo general un desbordamiento por breve tiempo de un valor de referencia, es decir, una señal de alarma debe activarse sólo cuando el desbordamiento es duradero. Para ello existe ventajosamente la posibilidad de que el usuario prescriba una duración T_A , así como un grado de desbordamiento. Éstos corresponden a los parámetros B y C mencionados en la figura 4 y se utilizan tal que para un grado de desbordamiento de por ejemplo el 80% se active una señal de alarma solamente cuando dentro de una ventana de tiempo de la duración T_A el correspondiente valor característico sobrepasa su correspondiente valor de referencia durante al menos un 80% del tiempo T_A . En el ejemplo de ejecución de la figura 7, sobrepasa el segundo valor característico K2 el segundo valor de referencia R2 durante todo el tiempo T_A prescrito. Esto da lugar a que el dispositivo evaluador genere y emita una señal de alarma.

En el ejemplo de ejecución descrito se supone que el primer valor característico K1, no representado en la figura 7 para que la visión del conjunto sea clara, no sobrepasa su correspondiente valor de referencia R1. En este caso se interpreta el resultado de una medición en el sentido de que el parámetro de daño activo, es decir, el daño que tiene lugar en ese momento en el rodamiento vigilado, no es suficientemente grande para originar un desbordamiento del primer valor de referencia. Si no obstante sobrepasa el daño que ya ha tenido lugar en su conjunto, es decir, el daño total existente, una medida aceptable, entonces puede estar en peligro el rodamiento y con él los componentes de los que forma parte el rodamiento, así como dado el caso un proceso controlado o una instalación completa. Por ello se activa una alarma al desbordar el segundo valor característico K2 el segundo valor de referencia R2.

En función de las explicaciones anteriores, ofrece el procedimiento correspondiente a la invención en particular la ventaja de que puede utilizarse un único sensor con dos unidades sensorías para vigilar el estado de rodamientos de cualquier tipo, siempre que los mismos estén compuestos por el mismo material, es decir, por ejemplo acero. Cuando se utiliza el correspondiente sensor para un rodamiento de otro material, ventajosamente sólo es necesario modificar la primera frecuencia de resonancia del sensor. Si por ejemplo el rodamiento está compuesto por cerámica, podría utilizarse así un sensor de la misma estructura con una segunda frecuencia de resonancia idéntica. La primera frecuencia de resonancia depende según las explicaciones anteriores del material y se desviaría así por lo general al tratarse de cerámica de los 110 kHz antes indicados para el acero.

5 Puesto que tanto el procedimiento como la configuración utilizan preferiblemente dos frecuencias de resonancia de banda estrecha, no son necesarios costosos análisis adicionales de una amplia gama de frecuencias, por ejemplo en cuanto a la magnitud de las frecuencias de desbordamiento que dependen del tamaño del rodamiento vigilado. Además, para determinar el estado del rodamiento vigilado sólo es necesario, ventajosamente, según los ejemplos de ejecución antes descritos, transmitir para cada tipo de rodamiento dos parámetros o valores de referencia al dispositivo evaluador.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para averiguar y para vigilar el estado de un rodamiento (W), en el que durante el funcionamiento del rodamiento (W)
- se capta una primera señal de sensor (S1) en forma de una señal de emisión acústica en una primera banda de frecuencias en la gama de los ultrasonidos,
 - se capta una segunda señal de sensor (S2) en una segunda banda de frecuencias correspondiente a una frecuencia inferior en la gama de los ultrasonidos,
 - 10 – se determina a partir de la forma de señal de la primera señal de sensor (S1) al menos un primer valor característico (K1) relativo a un daño del rodamiento (W) que tiene lugar en ese momento,
 - se determina a partir de la forma de señal de la segunda señal de sensor (S2) al menos un segundo valor característico (K2) relativo a un daño del rodamiento (W) que ya ha tenido lugar y
 - realizándose una comparación
 - 15 – del primer valor característico (K1), de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia (R1) que depende de la velocidad de giro del rodamiento (W), así como
 - del segundo valor característico (K2), de los que al menos hay uno, con al menos un segundo valor de referencia (R2) que depende de la velocidad de giro del rodamiento (W),
 - 20 se determina el estado del rodamiento (W),
- caracterizado porque** en un rodamiento (W) de acero se capta la primera señal de sensor (S1) en una frecuencia de resonancia entre 100 kHz y 120 kHz y la segunda señal de sensor (S2) en una segunda frecuencia de resonancia en la gama de frecuencias entre 25 kHz y 50 kHz.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- caracterizado porque** el primer valor característico (K1), de los que al menos hay uno, se compara con al menos un primer valor de referencia (R1) que depende del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo de rodamiento (W).
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
- caracterizado porque** el segundo valor característico (K2), de los que al menos hay uno, se compara con al menos un segundo valor de referencia (R2) que depende del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo de rodamiento (W).
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** la primera señal de sensor (S1) se capta mediante un primer sistema que puede oscilar mecánicamente a una primera frecuencia de resonancia que depende del material del rodamiento (W) y que es independiente del tamaño y de la velocidad de giro del rodamiento (W).
- 40 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** la primera señal de sensor (S1) se capta en una primera banda de frecuencias de una anchura de banda de 4 kHz a 8 kHz.
- 45 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** la segunda señal de sensor (S2) se capta mediante un segundo sistema que puede oscilar mecánicamente en una segunda frecuencia de resonancia, independientemente del material, tamaño y velocidad de giro del rodamiento (W).
- 50 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** la segunda señal de sensor (S2) se capta en una segunda banda de frecuencias de una anchura de banda de 3 kHz a 7 kHz.
- 55 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** para determinar el primer valor característico (K1) y el segundo valor característico (K2) se averigua el producto del valor máximo por el valor efectivo de la correspondiente señal de sensor (K1, K2).
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** se emite una señal de alarma cuando el primer valor característico (K1), de los que al menos hay uno, y/o el segundo valor característico (K2), de los que al menos hay uno, se desvían a lo largo de un periodo de tiempo definido (TA) del correspondiente valor de referencia (R1, R2).
- 65 10. Configuración para determinar y para vigilar el estado de un rodamiento (W) durante su funcionamiento con
- un primer dispositivo sensor (SE1) para captar una primera señal de sensor (S1) en forma de una señal de emisión acústica en una primera banda de frecuencias en la gama de los ultrasonidos, estando configurado el primer dispositivo sensor (SE1) para detectar el estado de un rodamiento (W) de acero para captar la primera señal de sensor (S1) en una primera frecuencia de resonancia entre 100 kHz y 120 kHz,

- un segundo dispositivo sensor (SE2) para detectar una segunda señal de sensor (S2) en una segunda banda de frecuencias correspondiente a una frecuencia inferior en la gama de frecuencias entre 25 kHz y 50 kHz,
 - primeros medios para procesar la señal (F1) para determinar al menos un primer valor característico (K1) para un daño que tiene lugar precisamente en ese momento en el rodamiento (W), a partir de la forma de señal de la primera señal de sensor (S1),
 - segundos medios para procesar la señal (F2) para determinar al menos un segundo valor característico (K2) para un daño ya realizado en el rodamiento (W), a partir de la forma de señal de la segunda señal de sensor (S2) y
 - un dispositivo evaluador (μ) para determinar el estado del rodamiento (W) comparando
 - el primer valor característico (K1), de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia (R1) que depende al menos de la velocidad de giro del rodamiento (W), así como
 - el segundo valor característico (K2), de los que al menos hay uno, con al menos un segundo valor de referencia (R2) que depende de la velocidad de giro del rodamiento (W).
- 5
- 10
- 15 11. Configuración según la reivindicación 10,
caracterizada porque el dispositivo evaluador (μ) está configurado para comparar el primer valor característico (K1), de los que al menos hay uno, con al menos un primer valor de referencia (R1) que depende también del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo de rodamiento (W).
- 20 12. Configuración según la reivindicación 10 u 11,
caracterizada porque el dispositivo evaluador (μ) está configurado para comparar el segundo valor característico (K2), de los que al menos hay uno, con al menos un segundo valor de referencia (R2) que depende del material, del tamaño, de la masa y/o del tipo de rodamiento (W).
- 25 13. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 12,
caracterizada porque el primer dispositivo sensor (SE1) presenta, para detectar la primera señal de sensor (S1) que depende del material del rodamiento (W) y que es independiente del tamaño y de la velocidad de giro del rodamiento (W), un primer sistema que puede oscilar mecánicamente con una primera frecuencia de resonancia.
- 30 14. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 13,
caracterizada porque el primer dispositivo sensor (SE1) está previsto para captar la primera señal de sensor (S1) en una primera banda de frecuencias de una anchura de banda de 4 kHz a 8 kHz.
- 35 15. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 14,
caracterizada porque el segundo dispositivo sensor (SE2) presenta, para la detección de la segunda señal de sensor (S2) independiente del material, tamaño y velocidad de giro del rodamiento (W), un segundo sistema que puede oscilar mecánicamente.
- 40 16. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 15,
caracterizada porque el segundo dispositivo sensor (SE2) está previsto para captar la segunda señal de sensor (S2) en una segunda banda de frecuencias de una anchura de banda de 3 kHz a 7 kHz.
- 45 17. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 16,
caracterizada porque los primeros y los segundos medios para procesar las señales (F1, F2) están configurados respectivamente para determinar el primer (K1) y el segundo (K2) valor característico para determinar el producto del valor máximo por el valor efectivo de la correspondiente señal de sensor.
- 50 18. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 17,
caracterizada porque el dispositivo evaluador (μ) está previsto para emitir una señal de alarma cuando el primer valor característico (K1), de los que al menos hay uno, y/o el segundo valor característico (K2), de los que al menos hay uno, se desvían durante un periodo de tiempo definido del respectivo valor de referencia (R1, R2).
- 55 19. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 18,
caracterizada porque el primer y segundo dispositivo sensor (SE1, SE2) están configurados como sistema micromecánico conjunto.
- 60 20. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 19,
caracterizada porque el primer y/o el segundo dispositivo sensor (SE1, SE2) están realizados como unidades sensoricas piezoeléctricas, piezorresistivas, capacitivas o inductivas.
- 65 21. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 20,
caracterizada porque los primeros medios para el procesamiento de señales (F1), los segundos medios para el procesamiento de señales (F2) y el dispositivo evaluador (μ) están reunidos en un circuito eléctrico integrado.
22. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 21,

caracterizada porque el primer y segundo dispositivo sensor (SE1, SE2) están reunidos en un circuito eléctrico integrado.

5

23. Configuración según una de las reivindicaciones 10 a 22,

caracterizada porque

- está prevista una unidad amplificadora (V) para amplificar la primera y/o la segunda señal de sensor (S1, S2) y
- el dispositivo evaluador (μ) está previsto para ajustar la amplificación de la unidad amplificadora (V).

FIG 1

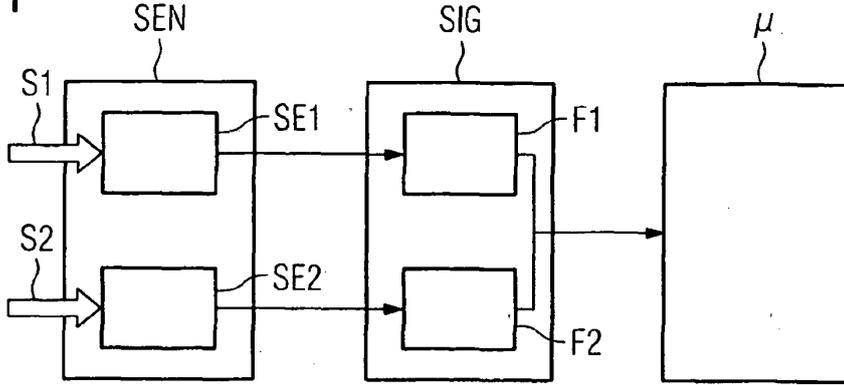


FIG 2

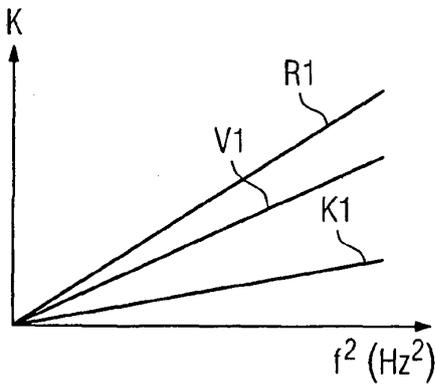


FIG 3

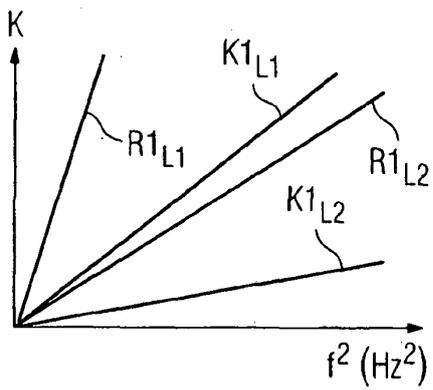


FIG 4

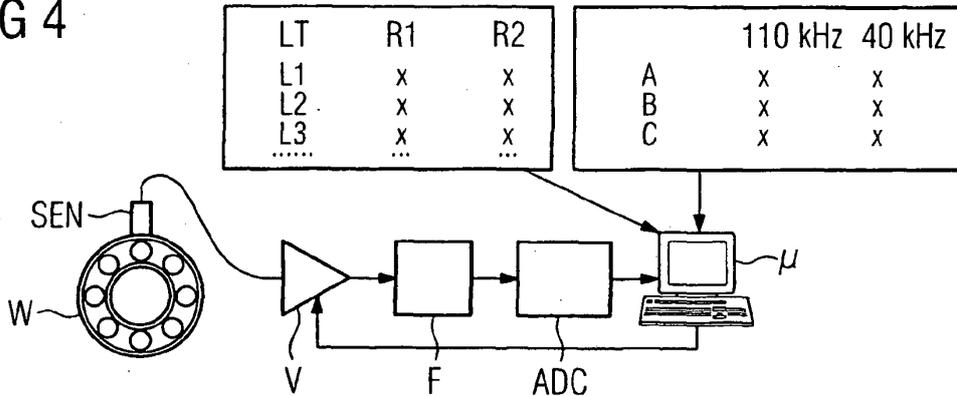


FIG 5

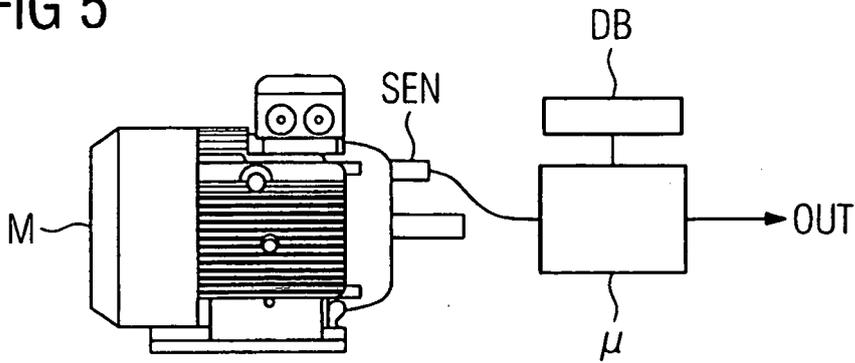


FIG 6

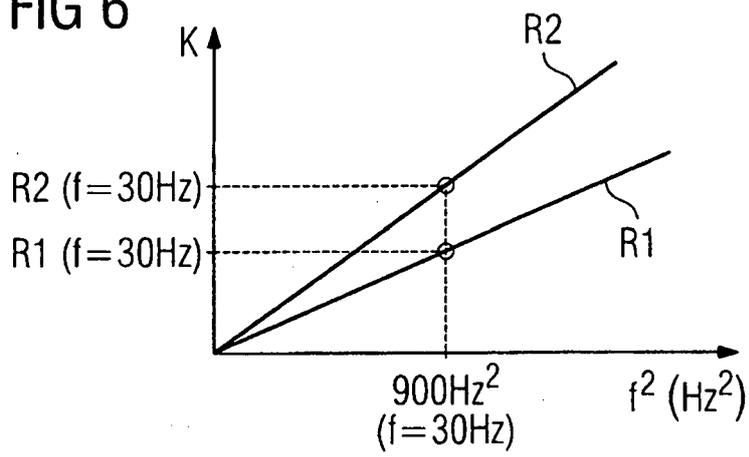


FIG 7

