

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 331**

51 Int. Cl.:

F16C 19/52 (2006.01)

F16C 35/04 (2006.01)

F16C 35/077 (2006.01)

G01M 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2010 E 10710784 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2015 EP 2513501**

54 Título: **Módulo de cojinete con dispositivo sensor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GATTERMANN, SVEN;
HASSEL, JÖRG;
KLEIN, PETER;
KOWALEWSKI, RALF;
PROBOL, CARSTEN y
TISCHMACHER, HANS**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 552 331 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

Módulo de cojinete con dispositivo sensor.

- 5 La presente invención se refiere a un módulo de cojinete, que representa una unidad constructiva fija, reemplazable, para apoyar un eje en particular de una máquina eléctrica, con un soporte y un equipo de cojinete fijado al soporte, para apoyar el eje tal que pueda girar. Los cojinetes de máquinas eléctricas están sometidos durante el servicio a una cierta variación. Esta variación puede ser en caso extremo especialmente fuerte (daños por fatiga, formación de estrías) cuando a través del cojinete fluyen corrientes del cojinete. Por ello es conveniente vigilar el cojinete.
- 10 Hasta ahora se utilizaron diversos sensores individuales cuyos valores de medida podían concentrarse esporádicamente offline por razones de costes para constituir una imagen del estado. Esto origina un proceso de medida costoso, difícil de automatizar y que representa además el estado actual del cojinete de manera inexacta. Las medidas de mantenimiento no pueden fijarse así selectivamente y con ello no queda garantizada una protección completa frente a un fallo de la instalación.
- 15 El montaje de un sensor individual en un cojinete es además costoso y a menudo totalmente imposible. Además a menudo sólo puede montarse el sensor aproximadamente en la posición deseada.
- 20 Por el documento US 6,331,823 se conoce un sistema de vigilancia del estado de servicio de un cojinete con diversos sensores, como un medidor de velocidad, un medidor de aceleración o un sensor de temperatura y una interfaz para comunicar los resultados de la medición.
- 25 El objetivo de la presente invención consiste así en proporcionar una unidad de cojinete que pueda vigilarse de manera fiable y que además pueda montarse sin mucho trabajo.
- 30 En el marco de la invención se logra este objetivo mediante un módulo de cojinete que es una unidad constructiva fija, reemplazable, para apoyar un eje en particular de una máquina eléctrica, con un soporte y un equipo de cojinete fijado al soporte, para apoyar el eje tal que pueda girar, incluyendo además un dispositivo sensor, igualmente fijado al soporte, para captar una magnitud física del equipo de cojinete y un equipo de interfaz, con el que puede transmitirse desde el módulo de cojinete hacia el exterior una señal de sensor del dispositivo sensor, disponiendo el dispositivo sensor de varios sensores de distintos tipos, como un primer sensor para la vigilancia térmica del soporte, así como un segundo sensor para captar la duración de una descarga en el equipo de cojinete.
- 35 De manera ventajosa se dispone así de un único componente compacto, que reúne en sí tanto la funcionalidad del cojinete como también la funcionalidad de sensor. Puede montarse fácilmente y proporciona los datos de sensor obtenidos a través de una interfaz para el procesamiento posterior.
- 40 Ventajosamente posee el equipo de cojinete un rodamiento (opcionalmente un cojinete de deslizamiento). Además puede ser el antes citado soporte una carcasa de cojinete o una tapa de cojinete.
- Además puede presentar el dispositivo sensor varios sensores de distintos tipos. Con ello pueden obtenerse mediante el cojinete a la vez varios datos de estado diversos, que proporciona un equipo de interfaz.
- 45 Especialmente puede presentar el dispositivo sensor un sensor de vibraciones para captar vibraciones del eje. Además puede poseer el dispositivo sensor un sensor de ultrasonidos para medir variaciones de la geometría de la pista de rodadura del rodamiento del equipo de cojinete y/o un sensor para vigilar el estado de una película lubricante en el equipo de cojinete. Alternativa o adicionalmente puede presentar el dispositivo sensor también sensores para la captación simultánea del espesor de la película lubricante (directa o indirectamente, por ejemplo midiendo una capacidad) y la tensión de cojinete en el equipo de cojinete. Con ello pueden captarse y proporcionarse las más diversas magnitudes de estado de un cojinete en un único módulo de cojinete.
- 50 El módulo de cojinete puede presentar además un dispositivo evaluador para determinar una relación entre una tensión de cojinete y una tensión de modo común o para determinar un flujo de energía a partir de magnitudes de sensor, pudiendo emitirse la correspondiente señal de evaluación a través del equipo de interfaz. Básicamente puede estar configurado también el dispositivo evaluador para otras clases de procesamiento previo de los datos. Con ello pueden proporcionarse por ejemplo datos en un formato deseado.
- 55 En otra forma de realización puede estar diseñado el equipo de interfaz para la transmisión de datos inalámbricamente. De esta manera puede reducirse aún más el coste del montaje.
- 60 Tal como ya se indicó antes, consiste una aplicación especialmente ventajosa en dotar el eje de una máquina eléctrica del módulo de cojinete descrito.
- 65 Mediante una detección y evaluación simultáneas, no existentes hasta ahora, de parámetros importantes que determinan el comportamiento del cojinete, no pueden detectarse con seguridad variaciones dañinas debidas al

paso de la corriente en la zona de rodamientos (por ejemplo variaciones de las pistas de rodadura debido a la llamada formación de estrías). Esto es posible ahora con el módulo de cojinete correspondiente a la invención.

La presente invención se describirá ahora más en detalle en base a los dibujos adjuntos, en los que muestran:

- 5
 10
 15
- figura 1 una sección a través de un módulo de cojinete según una primera forma de realización de la presente invención;
 - figura 2 una sección a través de un módulo de cojinete según una segunda forma de realización de la presente invención;
 - figura 3 una sección a través de un módulo de cojinete según una tercera forma de realización de la presente invención y
 - figura 4 un diagrama de bloques de circuitos para obtener el espesor de la película lubricante en el cojinete en un momento dado.

Los ejemplos de realización descritos a continuación más en detalle son formas de realización preferentes de la presente invención.

20
 25

En la figura 1 se representa la mitad de un módulo de cojinete de un ejemplo de realización de la presente invención. El módulo de cojinete 1 sirve en cuanto a la funcionalidad del cojinete para apoyar un eje 2 en una placa de cojinete 3. El módulo de cojinete 1 posee un soporte 4, que aquí forma junto con el segmento 7 una carcasa del cojinete. En el soporte 4 o bien en la carcasa del cojinete está alojado en el presente ejemplo un rodamiento 5 (puede pensarse igualmente en un cojinete de deslizamiento) que apoya el soporte 4 respecto al eje 2. Por otro lado está montado el soporte 4 en la placa del cojinete 3. Entre estos dos componentes se encuentra un aislamiento mecánico y/o eléctrico 6. La carcasa del cojinete 4, 7 impermeabiliza una cámara del lubricante del rodamiento 5 hacia fuera.

30
 35

En el módulo del cojinete 1 están alojados en el ejemplo de la figura 1 varios sensores. En particular se encuentra un sensor de temperatura 8 en un agujero en el soporte 4. Además se encuentra en el soporte 4 un captador de vibraciones 9. En la carcasa del cojinete 7, que también puede considerarse parte del soporte 4, está montado un dispositivo para vigilar corrientes del cojinete, en particular un sensor de corriente del cojinete 10 contiguo al eje 2. El mismo mide una corriente de cojinete indirectamente mediante una medición capacitiva de la tensión. La medición se realiza por lo tanto sin contacto. Además está conectado un amperímetro 11 a un cable 12, que une eléctricamente el soporte 4 con la tapa del cojinete 3.

El módulo del cojinete 1 puede disponer además de un sistema electrónico de evaluación, no representado en las figuras 1 a 3. Además posee el módulo del cojinete 1 una interfaz de datos, para transmitir, dado el caso inalámbricamente, los datos del dispositivo sensor, es decir, de los varios sensores 8 a 11 hacia fuera. Tampoco esta interfaz se dibuja en la figura 1 ni en las figuras 2 y 3 para mayor claridad del conjunto.

40
 45

En el ejemplo de realización de la figura 2 posee el módulo de cojinete 1 esencialmente la misma estructura que en el ejemplo de realización de la figura 1. Remitimos por lo tanto en cuanto a los mismos componentes o bien las mismas referencias a la descripción de la figura 1. La única diferencia del módulo del cojinete de la figura 2 respecto al de la figura 1 consiste en que el lugar del sensor de corriente del cojinete 10 con medición de tensión capacitiva de la figura 1, se ha utilizado un sensor de corriente del cojinete 13 con medición de tensión mediante escobillas. También este sensor de corriente del cojinete 13 está fijado a la carcasa del cojinete 7. La escobilla del sensor de corriente del cojinete 13 corre sobre un anillo rozante del eje 2 no representado más en detalle.

50

En el otro ejemplo de realización de la figura 3 está configurado el módulo del cojinete como en la figura 1. Remitimos por ello igualmente a la descripción relativa a la figura 1. No obstante, adicionalmente está integrado en el soporte 4 en el contorno del rodamiento 5 un sensor 14 para variaciones de la geometría de la pista de rodadura. Además está integrado en el soporte 4 en la cara frontal del rodamiento 5 un sensor 15, para detectar variaciones del estado de la grasa lubricante.

55

A continuación se describirá más en detalle el funcionamiento de los módulos de cojinete, en particular de los de las figuras 1 a 3.

60

Reuniendo varios fundamentos de sensores que se reúnen en un motor o bien cojinete para formar un sistema sensor conjunto, resultan claras ventajas para determinar el estado del motor o bien del cojinete en cada momento. El sistema sensor detecta permanentemente valores de sensor reales, pero también virtuales, calculados, con lo que continuamente puede obtenerse de forma simultánea una imagen del estado del cojinete en ese momento. Además resulta una ventaja especial debido a la integración de uno o varios sensores o bien del sistema sensor en la unidad del cojinete, con lo que puede proporcionarse un módulo de cojinete multifuncional. Especialmente se dota la carcasa del cojinete y/o la tapa del cojinete del correspondiente sistema sensórico. Hacia fuera se saca la única interfaz, en la que se ponen a disposición los datos del sistema sensórico.

El módulo de cojinete correspondiente a la invención posee por lo tanto un sensor inteligente para la vigilancia online permanente del cojinete. Con los datos de sensor pueden ajustarse por ejemplo parámetros mecánicos del cojinete, como por ejemplo la velocidad de giro, con lo que puede evitarse la formación de estrías en el cojinete.

5 Con el sistema sensor antes descrito puede determinarse la duración de descargas de chispas, que juega un papel esencial en la problemática de las corrientes de cojinete. Cuando se alarga la duración de la descarga en el factor 10 varía el volumen que está sometido a la misma en el factor 1000 cuando se considera el efecto dinámicamente. El consumo de energía por unidad de volumen es correspondientemente inferior.

10 Con las descargas de chispas se calienta el cojinete localmente en los puntos de fusión. La absorción térmica por unidad de volumen y con ello la capacidad de daños es proporcional a la relación entre energía W y duración T de la descarga elevada al cubo, cuando se considera el proceso dinámicamente, es decir, se tiene en cuenta la conducción del calor. Si se ralentiza la descarga, deja de ser crítica en cuanto a su repercusión sobre los componentes metálicos del rodamiento. Este efecto puede medirse con un sensor de detección de plasma. Al
 15 respecto puede influirse por ejemplo modificando los parámetros del convertidor sobre la pendiente del aumento de la tensión o bien optimizarse la toma de tierra. Pueden detectarse repercusiones negativas de variaciones en la instalación igualmente mediante la pluralidad de sensores. Por ejemplo se presentan en determinados estados de servicio vibraciones mecánicas, que provocan descargas especialmente rápidas. Por ejemplo se presentan en
 20 determinados estados de servicio descargas especialmente rápidas. Este estado puede detectarse y pasarse a otro estado de servicio no crítico. Además pueden detectarse fuertes variaciones geométricas de la pista de rodadura, por ejemplo en la zona de carga del rodamiento mediante la llamada formación de estrías por medio de medición online de variaciones de geometría de la pista de rodadura, por ejemplo mediante el método de prueba de ultrasonidos.

25 Además mediante el sistema sensórico antes presentado puede realizarse una vigilancia del estado del lubricante del cojinete. Esta vigilancia puede realizarse en particular mediante una detección del daño térmico de la grasa lubricante (por ejemplo productos de descomposición gaseiformes) o bien mediante un aumento debido al paso de la corriente del contenido en elementos de la sustancia que forma la pista de rodadura (por ejemplo hierro). Además pueden deducirse modificaciones debidas al paso de la corriente (acumulación de daños) del lubricante indirectamente mediante la variación de la curva característica de los eventos de paso de la corriente. La detección
 30 de las variaciones en la pista de rodadura debidas a las estrías o bien la detección de productos de descomposición de la grasa lubricante presuponen que los sensores, tal como se indica en la figura 3, están dispuestos en el ámbito de la zona de carga del cojinete o bien en las proximidades del intersticio de lubricación.

35 Si existe un dispositivo evaluador en el módulo del cojinete, puede implementarse la realización de un análisis de vibraciones FFT online y a partir del mismo, entre otros, también el análisis de los grupos conectados al eje del motor. El análisis de vibraciones online puede realizarse mediante detectores de vibraciones (en dirección vertical y/u horizontal) y subsiguiente análisis de vibraciones FFT para caracterizar el estado del cojinete (grado de formación de estrías) mediante el aumento de la aceleración de las vibraciones y la velocidad de las vibraciones en
 40 frecuencias discretas. Estas frecuencias discretas dependen de la velocidad de giro del motor, de las dimensiones del cojinete, de la cantidad de cuerpos de rodamiento y de la distancia de las estrías. Puesto que estas magnitudes son conocidas, pueden averiguarse las correspondientes frecuencias que indican el daño. No obstante pueden detectarse también faltas en los grupos conectados al eje. Pero las evaluaciones son aquí específicas de la tecnología de los grupos (por ejemplo en bombas distinto a en molinos del cemento).

45 Con ayuda del módulo de cojinete correspondiente a la invención pueden minimizarse también descargas de plasma que dañan el cojinete. Las descargas de plasma provocan un desgaste del material esencialmente elevado, que origina la formación de estrías. Un sensor combi que mide entre otros la duración de las descargas (directa o indirectamente) puede permitir junto con la medición de otras magnitudes una optimización y/o detección de estados
 50 desfavorables. Por ejemplo se presentan en determinados estados de servicio breves descargas. Estos estados pueden detectarse y pueden tomarse las correspondientes contramedidas.

55 Con el módulo del cojinete o bien una unidad evaluadora allí conectada es posible identificar las repercusiones de eventos de paso de la corriente a través del cojinete. Por ejemplo pueden así detectarse en base a ondas electromagnéticas variaciones eléctricas debidas a eventos de paso de la corriente. Además pueden detectarse modificaciones mecánicas debidas a vibraciones por variaciones geométricas de la pista de rodadura o vibraciones procedentes de eventos de descargas. Además pueden detectarse variaciones en la zona de la grasa lubricante, por ejemplo mediante variaciones de la grasa (contenido en hierro, productos de la descomposición), adición de un
 60 indicador/medición de consumo, detección de productos de la descomposición de la grasa lubricante, variaciones de la geometría de las pistas de rodadura y medición por ultrasonidos de la variación del espesor de la pared de la pista de rodadura.

65 Además puede permitir un módulo de cojinete correspondientemente equipado la captación simultánea del espesor de la película lubricante (directa o indirectamente por ejemplo midiendo la capacidad) y la tensión del cojinete. Así puede por ejemplo determinarse el espesor de la película lubricante midiendo la capacidad a partir de una curva de carga. La tensión del cojinete puede medirse directamente. Mediante el producto de la tensión del cojinete medida y

del valor determinado mediante el sensor 11 para la corriente de cojinete indirecta mediante el puenteo 12 del aislamiento 6, puede detectarse un llamado valor de la potencia del cojinete. Con la integración a lo largo del tiempo se llega a la energía que fluye a través del cojinete. Con ello puede determinarse y/o estimarse la cantidad de eventos críticos de corriente del cojinete (consumo de energía para determinar el progreso del daño). El fundamento de este método es que la tensión de descarga depende directamente del espesor de la película lubricante. La formación de estrías se presenta por encima de un valor límite de la energía que fluye a través del cojinete. La energía debe ser suficientemente grande para que tenga lugar una evaporación del material de la pista de rodadura. Si la energía se encuentra por debajo de este valor, tiene lugar solamente una fusión del material. Se cuentan sólo eventos que cumplen con esta condición de evaporación. Mediante la frecuencia de estos eventos puede determinarse la probabilidad de fallo dentro de un determinado periodo de tiempo.

Con un módulo de cojinete adecuadamente equipado puede no obstante determinarse también un flujo de energía en el cojinete determinando la capacidad y el flujo de carga. La capacidad C_L del cojinete a través de la película lubricante incide linealmente en la energía de la descarga. La misma puede determinarse dinámicamente mediante el BVR (Bearing Voltage Ratio, coeficiente de voltaje del cojinete) cuando se conocen las otras capacidades y el esquema de circuitos equivalente ESB por ejemplo del motor. De ello puede deducirse la energía. Cuando existe información sobre otras magnitudes mecánicas (geometría de los cuerpos del rodamiento y de las pistas de rodadura, la constante eléctrica ξ de la grasa del cojinete), puede calcularse también el espesor de la película lubricante D (ver al respecto la figura 4).

La evaluación de la relación BVR entre la tensión del cojinete U_L y la tensión de modo común U_G en las bornas del motor puede mejorarse detectando un sistema electrónico de evaluación las "zonas planas" de la tensión de cojinete U_L y la tensión de modo común U_G . La misma puede minimizar así puntas de conexión. Además es ventajoso determinar el BVR en trazados de curvas en los que no ha pasado ninguna corriente por el cojinete. Esto puede realizarse en combinación con el dispositivo para vigilar corrientes de cojinete y/o el sensor de la corriente de cojinete.

Una realización económica es posible cuando no se mide la tensión de modo común U_G . La amplitud de la tensión de modo común U_G se determina mediante la tensión del circuito intermedio del convertidor. A continuación se realiza el cálculo en base a la tensión conocida del circuito intermedio del convertidor. Si por ejemplo en vehículos ferroviarios debe utilizarse una tensión continua que oscile entre determinados límites, puede proporcionarse la misma para el cálculo mediante el sistema electrónico del convertidor. También es ventajoso realizar la evaluación del sensor combi en el sistema electrónico del convertidor, es decir, en la electrónica ya existente.

Las ecuaciones de la figura 4 indican de nuevo cómo puede obtenerse a partir de la tensión de modo común U_G y de la tensión en el cojinete U_L el espesor de la película lubricante D en ese momento en el cojinete. Al respecto significan t el tiempo, BVR el Bearing Voltaje Ratio (relación entre U_L y U_G), C_L la capacidad sobre el cojinete del motor, F y G funciones (a calcular en base al esquema de circuitos equivalente ESB o bien a los datos geométricos d y la constante eléctrica e de la grasa del cojinete) y f^{-1} la función inversa de f .

Con el módulo de cojinete correspondiente a la invención pueden también determinarse combinaciones de diversas manifestaciones del daño, dado el caso a través de varias vías. De esta manera el sensor es más robusto y con ello sus indicaciones son fiables. Mediante el amplio dictamen sobre el estado del cojinete puede determinarse una clara correlación entre corrientes de cojinete medidas y los daños en el cojinete del motor.

Resumiendo puede así observarse que mediante los varios sensores del módulo del cojinete, es decir, mediante el sistema sensor común, se concentran permanentemente valores de sensor reales, pero también virtuales, calculados, para formar una imagen del estado del cojinete. La imagen del estado resulta en base a una combinación de todas o de una parte de las siguientes magnitudes físicas detectadas:

- corriente del cojinete (detección capacitiva o inductiva del valor de medida para identificar la tensión del cojinete),
- temperatura de las cazoletas del cojinete,
- corriente del cojinete a través de un puenteo del aislamiento del cojinete,
- vibraciones,
- determinación del grosor/espesor de la película lubricante (sensor virtual),
- estado de la grasa,
- modificaciones geométricas de las pistas de rodadura (por ejemplo mediante la formación de estrías).

En función del estado de servicio y de las otras magnitudes de medida antes citadas, varían las clases de corrientes del cojinete y las amplitudes. Mediante la vigilancia online pueden determinarse estados críticos especialmente para corrientes de cojinete o también para otras magnitudes térmicas y/o mecánicas. Puede medirse el estado de la grasa puede medirse o bien dictaminarse en base a las magnitudes medidas el tiempo que le queda en servicio al lubricante.

Otros ejemplos de realización consisten por ejemplo en que en el módulo del cojinete se integre una fuente de alimentación de energía, con la que por ejemplo puede obtenerse energía a partir del movimiento de giro del eje. En otro ejemplo de ejecución se realiza la emisión de los datos con la interfaz mediante radio o línea por cable.

5 **Lista de referencias**

- 1 módulo de cojinete
- 2 eje
- 3 placa del cojinete
- 10 4 soporte
- 5 rodamiento
- 6 aislamiento
- 7 segmento
- 8 sensor de temperatura
- 15 9 detector de vibraciones
- 10, 13 sensor de la corriente del cojinete
- 11 amperímetro
- 12 cable
- 14, 15 sensor

REIVINDICACIONES

1. Módulo de cojinete, que representa una unidad constructiva fija, reemplazable, para apoyar un eje (2), en particular de una máquina eléctrica, con
 - 5 - un soporte (4) y
 - un equipo del cojinete (5) fijado al soporte (4), para apoyar el eje (2) tal que pueda girar y
 - un dispositivo sensor (8 a 15), igualmente fijado al soporte (4), para captar una magnitud física del equipo de cojinete (5) y
 - 10 - un equipo de interfaz, con el que puede transmitirse desde el módulo de cojinete hacia el exterior una señal de sensor del dispositivo sensor,
 - disponiendo el dispositivo sensor (8 a 15) de varios sensores de distintos tipos, incluyendo
 - un primer sensor (8) para la vigilancia térmica del soporte (4),

caracterizado porque el dispositivo de sensor (8 a 15) incluye un segundo sensor para captar la duración de una descarga en el equipo de cojinete (5).
- 15 2. Módulo de cojinete según la reivindicación 1, en el que el equipo del cojinete (5) presenta un rodamiento.
3. Módulo de cojinete según la reivindicación 1 ó 2, en el que el soporte (4) es una carcasa de cojinete o una tapa de cojinete.
- 20 4. Módulo de cojinete según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo sensor (8 a 15) presenta un sensor de vibraciones (9) para detectar vibraciones del eje (2).
- 25 5. Módulo de cojinete según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo sensor (8 a 15) presenta un sensor de ultrasonidos (14) para medir variaciones de la geometría de la pista de rodadura del rodamiento del equipo de cojinete (5).
- 30 6. Módulo de cojinete según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo sensor (8 a 15) incluye un sensor (15) para vigilar el estado de un lubricante en el equipo de cojinete (5).
- 35 7. Módulo de cojinete según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo sensor (8 a 15) presenta sensores para captar simultáneamente el espesor de la película lubricante y la tensión del cojinete en el equipo del cojinete (5).
- 40 8. Módulo de cojinete según una de las reivindicaciones precedentes, que presenta además un dispositivo evaluador para determinar una relación entre una tensión de cojinete y una tensión de modo común o para determinar un flujo de energía a partir de magnitudes de sensor, pudiendo emitirse la correspondiente señal de evaluación a través del equipo de interfaz.

FIG 1

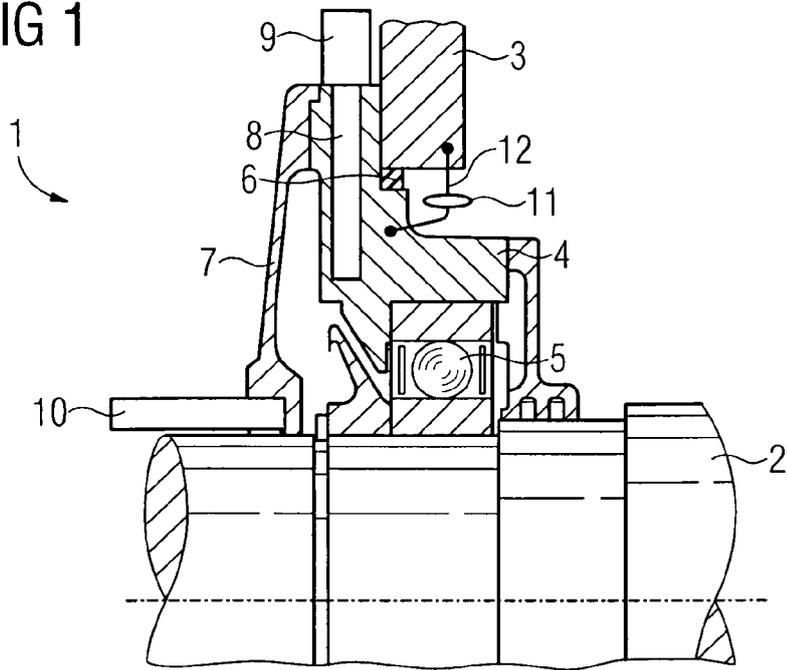


FIG 2

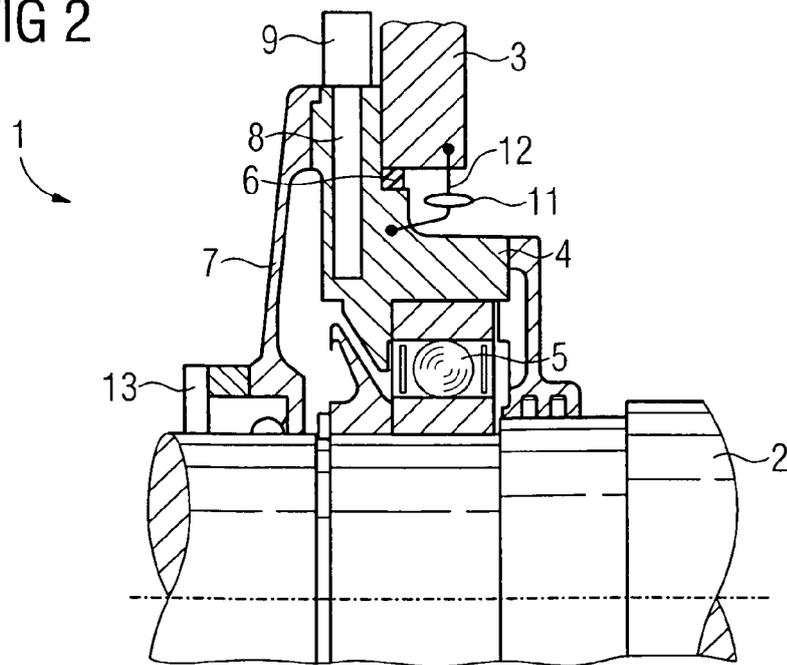


FIG 3

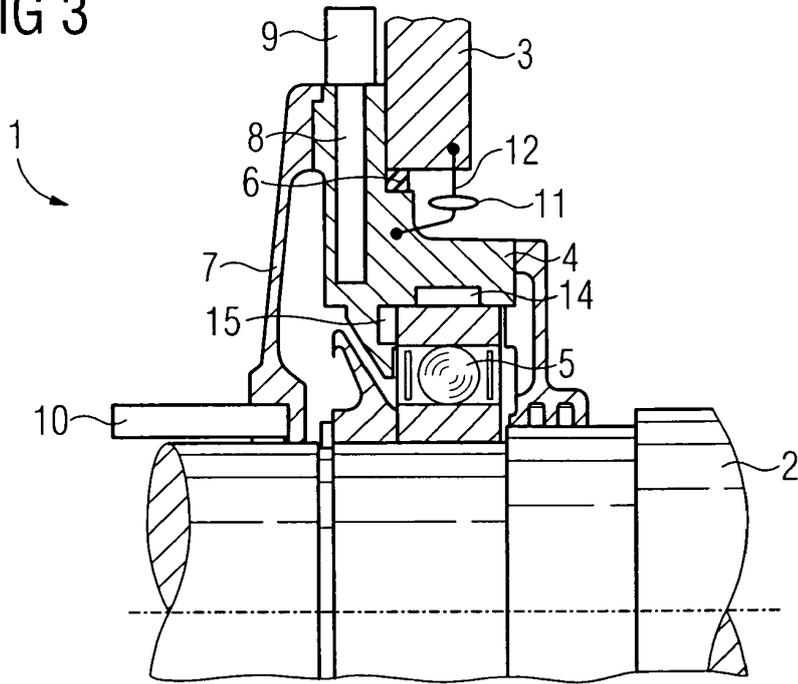


FIG 4

