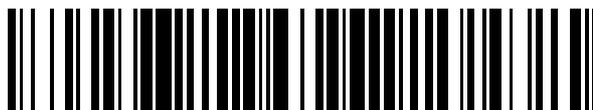


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 448**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/04** (2006.01)

**G01N 29/265** (2006.01)

**G01N 29/22** (2006.01)

**G01N 29/32** (2006.01)

**G08C 17/02** (2006.01)

**G08C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05850992 .8**

96 Fecha de presentación: **29.12.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1977230**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.10.2008**

54 Título: **Aparato endosónico para la inspección de rototes de eje hueco de gran tamaño**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**10.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**10.12.2012**

73 Titular/es:

**ANSALDO ENERGIA S.P.A. (100.0%)  
VIA NICOLA LORENZI 8  
16152 GENOVA, IT**

72 Inventor/es:

**PIGNONE, ENRICO**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 392 448 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

Aparato endosónico para la inspección de rotores de eje hueco de gran tamaño

### 5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un sistema de ultrasonidos para la inspección automática de la integridad estructural de rotores de gran tamaño.

### 10 TÉCNICA ANTERIOR

Como se conoce, los rotores de gran tamaño, usados normalmente en máquinas tales como turbinas de vapor o alternadores, se someten a inspecciones para comprobar su integridad estructural. La verificación de la integridad debe realizarse no solamente antes de su instalación, sino también después de ciertos periodos de funcionamiento, para evitar roturas que, aunque son poco frecuentes, pueden tener efectos desastrosos.

Muchos posibles defectos de los rotores se localizan en las proximidades del eje de rotación, tanto debido a las técnicas de fundición como de refrigeración usadas y a las tensiones que se generan durante el funcionamiento. Por este motivo, los rotores de las turbinas de vapor y los alternadores, generalmente hechos de bloques monolíticos, están dotados de un orificio de inspección que se extiende longitudinalmente alrededor del eje de rotación (y, por lo tanto, se denominan rotores de eje hueco).

La integridad de los rotores se comprueba usando dispositivos de inspección ultrasónicos, también denominados "endosónicos" o boresónicos". Los dispositivos endosónicos están dotados de una sonda ultrasónica acoplada con una unidad de tratamiento externa y montada en el cabezal de un árbol, que a su vez es transportado por un bastidor. Unos miembros de manipulación permiten girar y trasladar el árbol con respecto al bastidor para introducir la sonda ultrasónica en el interior de un rotor de eje hueco y para guiar la propia sonda, con el fin de explorar el rotor por toda la longitud del orificio de inspección.

Obviamente, la sonda ultrasónica debe estar acoplada en comunicación a la unidad de tratamiento de manera que sea posible transferir las señales generadas durante las mediciones. Para evitar el retorcimiento tras el movimiento giratorio del árbol con respecto al bastidor, todos los cables de conexión entre la unidad de tratamiento y la sonda se interrumpen de manera que los primeros segmentos respectivos del cable, conectados a la sonda y alojados en el interior del eje, están integrados con el propio árbol, y los respectivos segundos segmentos respectivos del cable, conectados a la unidad de tratamiento, están integrados (angularmente) con el bastidor y con la unidad de tratamiento. Los primeros y los segundos segmentos de cable están conectados eléctricamente por medio de contactos anulares deslizantes o "anillos colectores". En la práctica, los contactos anulares deslizantes comprenden una pluralidad de anillos conductores, sujetos externamente al árbol y conectados a primeros segmentos de cable respectivos, y otros tantos cepillos, transportados por el bastidor y conectados a segundos segmentos de cable respectivos. Los cepillos se deslizan sobre la superficie externa de los anillos conductores respectivos y aseguran el contacto eléctrico independientemente de la rotación del árbol.

Sin embargo, la solución descrita no es satisfactoria. De hecho, los contactos anulares deslizantes son fuentes importantes de interferencia y menguan significativamente la relación señal/ruido de las señales que viajan a lo largo de los cables de conexión. En particular, las señales detectadas por la sonda durante las mediciones realizadas en el rotor son del tipo analógico y a menudo tienen una amplitud muy pequeña. Por lo tanto, es evidente que introducir un ruido en las líneas que llevan dichas señales es particularmente perjudicial, ya que esto provoca una pérdida de información importante relativa a las condiciones del rotor.

El documento EP-A-0 251 698 describe un sistema de inspección boresónico que tiene un árbol montado de forma giratoria en un bastidor y una sonda ultrasónica transportada por el árbol. La sonda ultrasónica es controlada por una unidad de control para, de forma alternada, enviar señales de inspección y suministrar señales de retorno a la unidad de control en respuesta a las señales reflejadas recibidas.

Se describe otro sistema de inspección boresónico en el documento JP 10 0388857 A.

Los documentos US 2003/030564 A1, EP-A-0 997 714, US-A 4 524 620 y US-A-5 987 991 divulgan el uso de sistemas de telemetría en helicópteros.

### 60 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Es un objeto de la presente invención proporcionar un aparato endosónico para la inspección de rotores de gran tamaño que no tenga los inconvenientes que se han descrito anteriormente.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un aparato endosónico, como se define en la reivindicación 1.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran algunos ejemplos de realización no limitativos de la misma, en los que:

- 5
- la figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de un aparato endosónico de acuerdo con una primera realización de la presente invención;
  - la figura 2 es una vista lateral del aparato endosónico de la figura 1;
  - las figuras 3a, 3b muestran señales relacionadas con el aparato de la figura 1;
- 10
- la figura 4 es una vista lateral ampliada y parcialmente en sección de acuerdo con un plano longitudinal de un primer detalle del aparato endosónico como se muestra en la figura 2;
  - la figura 5 es una vista lateral ampliada y parcialmente en sección de acuerdo con un plano longitudinal de un segundo detalle del aparato endosónico como se muestra en la figura 2;
  - la figura 6 muestra una variante del detalle de la figura 5;
- 15
- la figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un aparato endosónico de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;
  - la figura 8 es una vista lateral del aparato endosónico de la figura 7;
  - la figura 9 es un diagrama de bloques simplificado de un aparato endosónico de acuerdo con una tercera realización de la presente invención; y
- 20
- la figura 10 es una vista lateral, parcialmente en sección, de un detalle del aparato endosónico de la figura 9.

MEJOR MODO DE REALIZAR LA INVENCION

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, un aparato endosónico para inspeccionar rotores de eje hueco de gran tamaño, en particular de turbinas de vapor y alternadores, se indica como un conjunto por el número 1. El aparato endosónico 1 comprende un bastidor 2, un árbol primario 3, miembros de manipulación 4 del árbol primario 3, una unidad de tratamiento 5, una sonda ultrasónica 7, y un dispositivo de conexión para acoplar en comunicación la sonda 7 y la unidad de tratamiento 5.

30 La sonda 7 está alojada en un extremo del árbol primario 3, como se muestra en la figura 2, para introducirse en un orificio de inspección 10 de un rotor 11, por ejemplo de una turbina de vapor (no se muestra en detalle). La sonda 7 está controlada por la unidad de tratamiento 5 para generar de forma alterna las señales de inspección ultrasónicas  $S_{UST}$  (figura 3a), con una periodicidad apropiada, y para enviar señales de retorno  $S_R$  a la unidad de tratamiento 5, en respuesta a la recepción de señales ultrasónicas  $S_{USR}$  reflejadas por discontinuidades 9 dispuestas a lo largo de una dirección de propagación D de las señales de inspección ultrasónicas  $S_{UST}$  (figura 3b). Además, un accionador 12, mostrado esquemáticamente en la figura 2, está asociado a la sonda 7 para colocar la sonda 7 contra la superficie del orificio de inspección 10 con una presión predeterminada. Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, el dispositivo de conexión 8 conecta la sonda 7 y el accionador 12 a la unidad de tratamiento 5, que se encuentra fuera del árbol primario 3 en una mesa 14, preferiblemente separada del bastidor 2. La conexión entre la sonda 7 y la

40 unidad de tratamiento 5 se usa para transferir las señales de retorno  $S_R$  y, además, para proporcionar tensiones de alimentación  $V_A$  y señales de control numérico  $S_R$  a la sonda 7 y al accionador 12.

El dispositivo de conexión 8 comprende una primera línea de conexión 15 por cable, segundas líneas de conexión 16 por cable, un primer y segundo módulos de conexión inalámbrica 17, 18, acoplados en comunicación recíproca, y una articulación eléctrica giratoria 20. Como se explica en detalle a continuación, el primer y el segundo módulos de comunicación inalámbrica 17, 18, aquí del tipo de radiofrecuencia y preferiblemente (pero no necesariamente) bidireccionales, se disponen a lo largo de la primera línea de conexión 15 por cable para acoplar una sección de la primera línea de conexión 15 por cable, fija angularmente y conectada a la unidad de tratamiento 5, con una sección de la primera línea de conexión 15 por cable, que está conectada a la sonda 7 y gira con el árbol primario 3. En particular, el primer y segundo módulos de conexión inalámbrica 17, 18 se asocian respectivamente a la unidad de tratamiento 5 y a la sonda 7 y están acoplados entre sí para transmitir las señales de retorno  $S_R$ . De forma similar, la articulación eléctrica giratoria 20 se encuentra a lo largo de las segundas líneas de conexión 16 por cable para acoplar secciones de las segundas líneas de conexión 16 por cable, fijas angularmente y conectadas a la unidad de tratamiento 5, con secciones de las segundas líneas de conexión 16 por cable, que se conectan a la sonda 7 y al accionador 12 y giran con el árbol primario 3. Las segundas líneas de conexión 16 por cable soportan la transmisión de tensiones de alimentación  $V_A$  y señales de control numérico  $S_C$ .

Haciendo referencia a la figura 2, el árbol primario 3 está montado de forma giratoria sobre una mesa 22 por medio de cojinetes 23. A su vez, la mesa 22 está soportada por el bastidor 2 y está montada a fin de trasladarse con respecto al propio bastidor 2 a lo largo de una guía de cremallera 25, recta y paralela al eje longitudinal L del árbol primario 3, que también es un eje de rotación. Por consiguiente, el árbol primario 3 puede trasladarse y girar sobre su eje longitudinal L con respecto al bastidor 2.

El árbol primario 3 es modular y comprende un elemento de transmisión 3a, montado sobre los cojinetes 23 y conectado a los miembros de manipulación 4, como se explica a continuación, y comprende adicionalmente una pluralidad de elementos de extensión 3b y un cabezal 3c. Los elementos de extensión 3b están acoplados

frontalmente al elemento de transmisión 3a, al cabezal 3c, y entre sí. Aquí y en lo sucesivo en este documento, el acoplamiento frontal significa que la dirección de enganche para el acoplamiento es paralela al eje longitudinal L del árbol primario 3.

- 5 El cabezal 3c soporta la sonda 7 y está adaptado para ser introducido en el interior del orificio de inspección 10 del rotor 11. Además, el accionador 12 está alojado en el interior del cabezal 3c del árbol primario 3.

Como se ha mencionado anteriormente, el elemento de transmisión 3a está conectado a los miembros de manipulación 4 del árbol primario 3, que comprenden un motor giratorio 26, una rueda dentada 27, un motor de traslación 28 y un engranaje 29. La rueda dentada 27 está montada coaxialmente y estática angularmente sobre el elemento de transmisión 3a del árbol primario 3 y es accionada por el motor giratorio 26 para girar el árbol primario 3 (posiblemente, la rueda dentada y el elemento de transmisión 3a puedan estar fabricados de una pieza). El motor de traslación 28 está acoplado a la guía de cremallera 25 por medio del engranaje 29, para trasladar la mesa 22 paralela al eje longitudinal del árbol primario 3. Los miembros de manipulación 4 están controlados por la unidad de tratamiento 5 (como se muestra esquemáticamente en la figura 1) para trasladar y girar el árbol primario 3 con respecto a su eje longitudinal L y con respecto al bastidor 2 (figura 2), de manera que la sonda 7 viaja a lo largo de una trayectoria helicoidal por el interior del orificio de inspección 10 del rotor 11. Además, el número de elementos de extensión 3b del árbol primario 3 es tal que permite que la sonda 7 recorra toda la longitud del orificio de inspección 10.

20 El árbol primario 3 es hueco y aloja en su interior un árbol secundario coaxial 30. Entre la sonda 7 y, el accionador 12 sobre un lado, y el segundo módulo de conexión inalámbrica 18 sobre el otro, la primera línea de conexión 15 por cable y las segundas líneas de conexión 16 por cable están situadas en el interior del árbol secundario 30. En particular, el árbol primario 3 tiene una función de soporte estructural para el árbol secundario 30, la sonda 7, el accionador 12 y las conexiones respectivas y, además, tiene la función de recibir un par de torsión del motor giratorio 26. Principalmente, el árbol secundario 30 tiene la función de facilitar la conexión de la sonda 7 y el accionador 12 con la unidad de tratamiento 5.

Como se muestra en más detalle en la figura 4, los elementos de extensión 3b del árbol primario 3 alojan porciones respectivas 30a del árbol secundario 30 y, en su interior, segmentos respectivos 15a, 16a de la primera línea de conexión 15 por cable y las segundas líneas de conexión 16 por cable. Los conectores 32, 33, del tipo de acoplamiento frontal con bayoneta, permiten acoplar porciones 30a del árbol secundario 30, segmentos 15a, 16a de la primera línea de conexión 15 por cable y de las segundas líneas de conexión 16 por cable alojadas en elementos de extensión consecutivos 3b. Preferiblemente, los conectores 32, 33 tienen una sección circular (no mostrada) y los contactos se disponen en forma de una corona. Los elementos de extensión consecutivos 3b también están sujetos entre sí por medio de anillos roscados 34. Preferiblemente, la primera línea de conexión 15 por cable comprende un cable coaxial, cuyo uso es compatible con el tipo de conexión descrito. Además, en todos los elementos de extensión 3b, los conectores 32, 33 y al menos los segmentos 15a de la primera línea de conexión 15 por cable se corresponden a la misma impedancia. Por lo tanto, el número de elementos de extensión 3b usado únicamente afecta al nivel de atenuación, que es fácilmente predecible, mientras que básicamente no tiene efectos, en cuanto a lo que refiere a una posible disparidad de la impedancia o a distorsiones de la señal.

La figura 5 muestra en detalle el acoplamiento entre el elemento de transmisión 3a del árbol primario 3 y el elemento de extensión 3b consecutivo al mismo. Desde un punto de vista mecánico, el acoplamiento se obtiene mediante resortes de torsión 35, que transmiten el par de torsión del elemento de transmisión al elemento de extensión 3b, al mismo tiempo que permiten un ajuste axial.

Desde un punto de vista eléctrico, la articulación eléctrica giratoria 20 garantiza la continuidad de las segundas líneas de conexión 16 por cable por medio de contactos anulares deslizantes o "anillos colectores". En particular, la articulación eléctrica giratoria 20 comprende una carcasa cilíndrica 36, en la que un husillo 37 está insertado de forma síncrona, una pluralidad de anillos conductores 39, sujetos al husillo 37 en el interior de la carcasa cilíndrica 36, y otros tantos cepillos 40, transportados por la carcasa cilíndrica 36 y acoplados de forma deslizante cada uno a un anillo conductor respectivo 39.

De una manera conocida no mostrada en la figura 5, cada segunda línea de conexión 16 por cable está conectada a un anillo conductor 39, en el lado de la unidad de tratamiento 5, y a un cepillo correspondiente 40, en el lado de la sonda 7 y del accionador 12. Además, un extremo del árbol secundario 30 está montado sobre la carcasa cilíndrica 36, contra un reborde 41 del último (claramente, el diámetro de los anillos conductores 39 es más pequeño que el del árbol secundario 30). Por lo tanto, la carcasa cilíndrica 36 y los cepillos 40 se sujetan angularmente al árbol secundario 30, que los arrastra en la rotación.

Por otro lado, una porción de entrada hueca del husillo 37 sobresale hacia el elemento de transmisión 3a del árbol primario 3 y está conectado, a través de un resorte de torsión adicional 38, a un conducto 44, que está alojado en el interior del elemento de transmisión 3a y, a su vez, está conectado rígidamente al bastidor 2, por ejemplo, mediante escuadras 47. Por consiguiente, el husillo 37 está fijado básicamente con respecto al bastidor 2 durante la rotación del árbol primario 3 y del árbol secundario 30.

Como alternativa, la figura 6, en una articulación eléctrica giratoria 20', los cepillos 40' están provistos sobre el husillo 37 y los anillos conductores 39' están sujetos en el interior de la carcasa cilíndrica 36. En este caso, la carcasa cilíndrica 36 y los anillos conductores 39' están sujetos angularmente al árbol secundario 30, mientras que los cepillos 40' pueden girar libremente con respecto a tanto el árbol secundario 30, como al árbol primario 3.

5

Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, el primer módulo de conexión inalámbrica 17 comprende un primer circuito de interconexión 42, incorporado en la unidad de tratamiento 5, y una primera antena 43, que en la realización aquí descrita está soportada por el conducto 44 y se sujeta con respecto al bastidor 2. Además, la primera antena 43 es esencialmente simétrica con respecto al eje longitudinal L del árbol primario 3. En la práctica, la primera antena 43 y el árbol primario 3 son esencialmente coaxiales. Las secciones de la primera línea de conexión 15 por cable y de las segundas líneas de conexión 16 por cable dispuestas sobre el lado de la unidad de tratamiento 5 están alojadas en el conducto 44 y sobresalen de un extremo del árbol primario 3 opuesto al cabezal 3c. El segundo módulo de conexión inalámbrica 18 comprende un segundo circuito de interconexión 45, transportado por el árbol secundario 30 próximo a la articulación eléctrica giratoria 20, y una segunda antena 46 asociada al segundo circuito de interconexión 45. En la realización descrita aquí, la segunda antena 46 está situada en el reborde 41 de la articulación eléctrica giratoria 20 y, por lo tanto, gira alrededor del eje longitudinal L junto con el árbol primario 3 y el árbol secundario 30, al que está sujeta angularmente. Además, la segunda antena 46 se opone al elemento de transmisión 3a del árbol primario 3 y está dispuesta para permanecer, durante la rotación sobre el eje longitudinal L, en el interior del volumen cubierto por el diagrama de radiación de la primera antena 43.

20

Se muestra una segunda realización de la invención en las figuras 7 y 8, en las que las partes similares a las que se han ilustrado previamente se indican con los mismos números de referencia. En este caso, un aparato endosónico 100 tiene esencialmente la estructura del aparato endosónico 1 de las figuras 1-5 y comprende el bastidor 2, el árbol primario 3, dentro del cual está ubicado el árbol secundario 30, los miembros de manipulación 4, la unidad de tratamiento 5, la sonda 7 y un dispositivo de conexión 108 para el acoplamiento en conexión de la sonda 7 y la unidad de tratamiento 5. En particular, el dispositivo de conexión 108 comprende las líneas de conexión 15, 16 por cable y un primer y segundo módulos de conexión inalámbrica 117, 118 acoplados entre sí. El primer dispositivo de conexión inalámbrica 117 comprende un primer circuito de interconexión 142 y una primera antena 143, ambos transportados por la mesa 14 en la unidad de tratamiento 5. El segundo dispositivo de conexión inalámbrica 118 comprende un segundo circuito de interconexión 145, sujeto al árbol secundario 30, y una segunda antena 146 que sobresale radialmente fuera del árbol primario 3.

25

30

De acuerdo con una tercera realización de la invención, mostrada en las figuras 9 y 10, un aparato endosónico 200 comprende el bastidor 2, el árbol primario 3, dentro del cual está dispuesto el árbol secundario 30, los miembros de manipulación 4, la unidad de tratamiento 5, la sonda 7 y un dispositivo de conexión 208 para el acoplamiento en conexión de la sonda 7 y la unidad de tratamiento 5.

35

El dispositivo de conexión 208 comprende las líneas de conexión 15, 16 por cable y un primer y segundo módulos de conexión inalámbrica 217, 218, de un tipo óptico, acoplados entre sí. El primer dispositivo de conexión inalámbrica 217 comprende un primer circuito de interconexión 242, situado en la mesa 14 (no mostrada aquí), y un fotodetector 243, por ejemplo, un foto-transistor, ambos de la unidad de tratamiento 5. El segundo dispositivo de conexión inalámbrica 218 comprende un segundo circuito de interconexión 245, alojado en el interior del árbol secundario 30, y una fuente de luz 246, por ejemplo un LED, controlada por el segundo circuito de interconexión 245 de acuerdo con las señales eléctricas de retorno  $S_R$ . La fuente de luz 246 y el fotodetector 243 están dispuestos a lo largo del eje longitudinal L del árbol primario 3 y están acoplados ópticamente. Más precisamente, el fotodetector 243 sobresale del husillo 37 de la articulación eléctrica giratoria 20 hacia el interior de la carcasa cilíndrica 36 y se conecta a la unidad de tratamiento 5 por medio de cables, no mostrados en detalle, que atraviesan el husillo 37. La fuente de luz 246 se coloca también en el interior de la carcasa cilíndrica 36, a una corta distancia del fotodetector 243.

40

Ventajosamente, el uso de módulos de conexión inalámbrica a lo largo de la línea que transmite las señales de retorno permite eliminar los contactos deslizantes y, por lo tanto, una de las principales fuentes de ruido. Por lo tanto, las señales que pueden transportar información de diagnóstico útil tienen alta calidad y, en particular, una relación señal/ruido muy favorable. El uso de un cable coaxial para realizar la primera línea de conexión con cables también contribuye a esto.

50

Las señales de control numérico del accionador y la sonda, que se transmiten a través de la articulación eléctrica giratoria, son del tipo digital y son mucho menos importantes. Por ejemplo, tales señales pueden estar codificadas por medio de códigos de corrección de errores. Asociado una capacidad de tratamiento mínima a la sonda y al accionador, pueden detectarse y corregirse posibles errores debido a interferencias, o puede ser posible enviar una petición para transmitir datos corruptos de nuevo a la unidad de tratamiento.

60

El uso de dos árboles coaxiales, uno de los cuales tiene como objeto transmitir movimiento y el otro está diseñado exclusivamente para alojar y conectar entre sí porciones de las líneas de conexión con cables, permite simplificar la conexión de los elementos de extensión y, además, permite usar articulaciones eléctricas giratorias que tienen dimensiones extremadamente reducidas. Esto es una ventaja no sólo por unas dimensiones más pequeñas, sino

65

sobre todo desde un punto de vista eléctrico porque la capacidad de banda y la sensibilidad a las interferencias están fuertemente influenciadas por las dimensiones de los contactos anulares, además de los materiales. De hecho, los contactos anulares forman espirales y, por lo tanto, son tan vulnerables a las interferencias electromagnéticas cuanto mayor sea su diámetro. Las articulaciones eléctricas giratorias del tipo descrito tienen un anillo alojado en el interior del árbol secundario y, por lo tanto, de un diámetro considerablemente más pequeño con respecto a los contactos anulares usados en aparatos endosónicos conocidos (fuera del árbol individual, de dimensiones comparables con las del árbol primario del aparato de acuerdo con la invención).

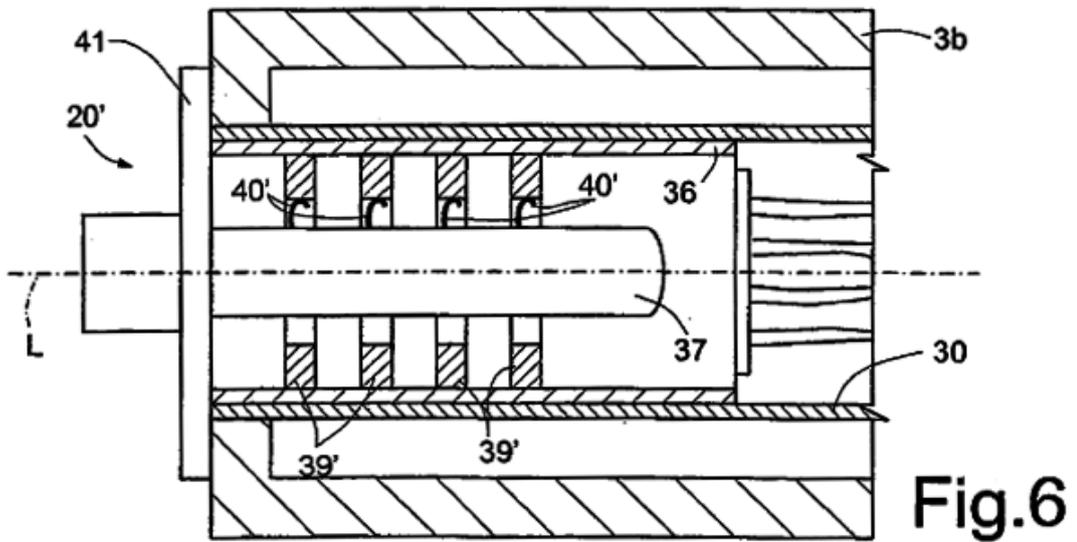
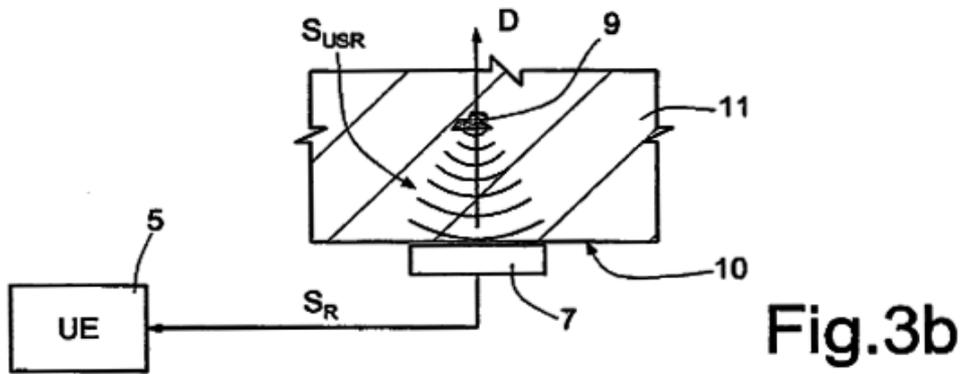
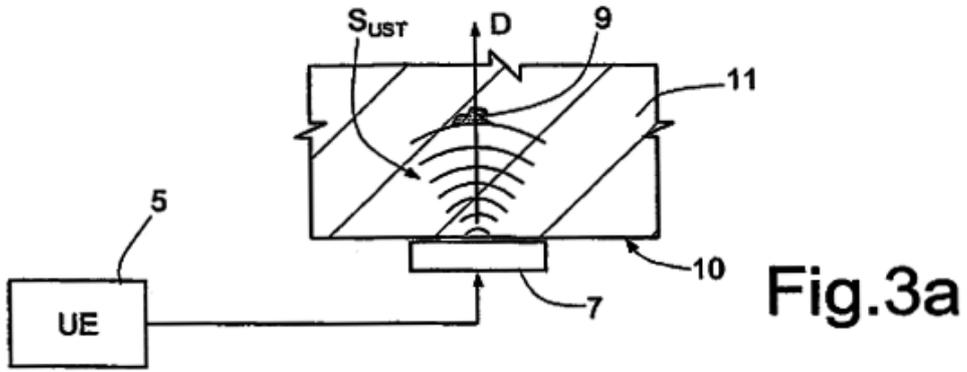
**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato endosónico para inspeccionar rotores de eje hueco de gran tamaño, que comprende:
- 5 un bastidor (2);
- un árbol primario (3), montado de forma giratoria sobre dicho bastidor (2);
- una unidad de tratamiento (5) externa a dicho árbol primario (3);
- 10 una sonda ultrasónica (7) dispuesta en un extremo de dicho árbol primario (3) y controlada para, de forma alternada, generar señales de inspección ultrasónicas ( $S_{UST}$ ) y enviar a dicha unidad de tratamiento (5) señales de retorno ( $S_R$ ),
- en respuesta a la recepción de señales ultrasónicas ( $S_{USR}$ ) reflejadas por discontinuidades (9) situadas a lo largo de
- 15 una dirección de propagación (D) de dichas señales de inspección ultrasónicas ( $S_{UST}$ ); y
- un dispositivo de conexión (8; 108; 208) para el acoplamiento en comunicación de dicha sonda ultrasónica (7) a dicha unidad de tratamiento (5);
- 20 **caracterizado por** un árbol secundario (30), montado co-axialmente en el interior de dicho árbol primario (3), y medios de conexión (15, 16) por cable, situados en el interior de dicho árbol secundario (30);
- en el que dicho dispositivo de conexión (8; 108; 208) comprende un primer y un segundo módulo de comunicación inalámbrica (17, 18; 117, 118; 217, 218) asociados respectivamente a dicha unidad de tratamiento (5) y a dicha
- 25 sonda ultrasónica (7) y acoplados en comunicación entre sí para transmitir al menos dichas señales de retorno ( $S_R$ ); y
- en el que dichos medios de conexión (15, 16) por cables comprenden una primera línea de conexión 15 por cable para conectar dicha sonda ultrasónica (7) a dicho segundo módulo de comunicación (18; 118; 218) y para conectar
- 30 dicha unidad de tratamiento (5) a dicho primer módulo de comunicación inalámbrica (17; 117; 217), y segundas líneas de conexión (16) por cable para transferir señales de control entre dicha unidad de tratamiento (5) y dicha sonda ultrasónica (7);
- comprendiendo el aparato adicionalmente una articulación eléctrica giratoria (20) a lo largo de dichas segundas
- 35 líneas de conexión (16) por cable, para conectar dichas segundas líneas de conexión (16) por cable a dicha unidad de tratamiento (5).
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho primer y segundo módulo de comunicación inalámbrica son del tipo de radiofrecuencia (17, 18; 117, 118).
- 40
3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho primer módulo de comunicación inalámbrica (17) comprende una primera antena (43) sustancialmente coaxial a dicho árbol primario (3) y fijado con respecto a dicho bastidor (2) y en el que dicho segundo módulo de comunicación inalámbrica (18) comprende una
- 45 segunda antena (46) sujeta angularmente a dicho árbol primario (3).
4. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho primer y segundo módulo de comunicación inalámbrica son del tipo óptico (217, 218).
5. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho segundo módulo de comunicación
- 50 inalámbrica (218) comprende una fuente de luz (246) controlada de acuerdo con dichas señales eléctricas de retorno ( $S_R$ ) y dicho primer módulo de comunicación inalámbrica (217) comprende un fotodetector (243) acoplado ópticamente a dicha fuente de luz (246), y en el que dicha fuente de luz (246) y dicho fotodetector (243) son coaxiales a dicho árbol primario (3).
- 55 6. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho primer y segundo módulo de comunicación inalámbrica son bidireccionales (17, 18; 117, 118; 217, 218).
7. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho árbol primario (3) comprende una pluralidad de elementos de extensión (3b), que alojan porciones respectivas de dicho
- 60 árbol secundario (30) y secciones respectivas de dichos medios de conexión (15, 16) por cable en el interior de dichas porciones de dicho árbol secundario (30).
8. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dichos elementos de extensión (3b) están acoplados frontalmente.
- 65
9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que dichos elementos de extensión (3b)

comprenden conectores de acoplamiento frontal (32, 33) para acoplar dichas porciones de dicho árbol secundario (30) y secciones respectivas de dichos medios de conexión (15, 16) por cable alojados en los elementos de extensión consecutivos (3b).

- 5 10. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha articulación eléctrica giratoria (20) está alojada radialmente en el interior de dicho árbol primario (3).
11. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha articulación eléctrica giratoria (20) comprende miembros de contacto anulares (39) y miembros de contacto por cepillo (40), y en  
10 el que dichos miembros de contacto anulares (39) están integrados angularmente con dicho bastidor (2), y dichos miembros de contacto por cepillo (40) están integrados angularmente con dicho árbol secundario (30).
12. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha articulación eléctrica giratoria (20) comprende miembros de contacto anulares (39') y miembros de contacto por cepillo (40') y en  
15 el que dichos miembros de contacto anulares (39') están integrados angularmente con dicho árbol secundario (30), y dichos miembros de contacto por cepillo (40') están integrados angularmente con dicho bastidor (2).
13. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, en el que dicha articulación eléctrica giratoria (20) comprende una carcasa (36) que aloja dichos miembros de contacto anulares (39, 39') y dichos miembros de  
20 contacto por cepillo (40, 40') y en el que dicho árbol secundario (30) tiene un extremo montado sobre dicha carcasa (36).
14. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios de  
25 manipulación (4) asociados a dicho árbol primario (3), para trasladar y girar dicho árbol primario (3) con respecto a su eje longitudinal (L) y con respecto a dicho bastidor (2), de manera que dicha sonda ultrasónica (7) recorre una trayectoria helicoidal.





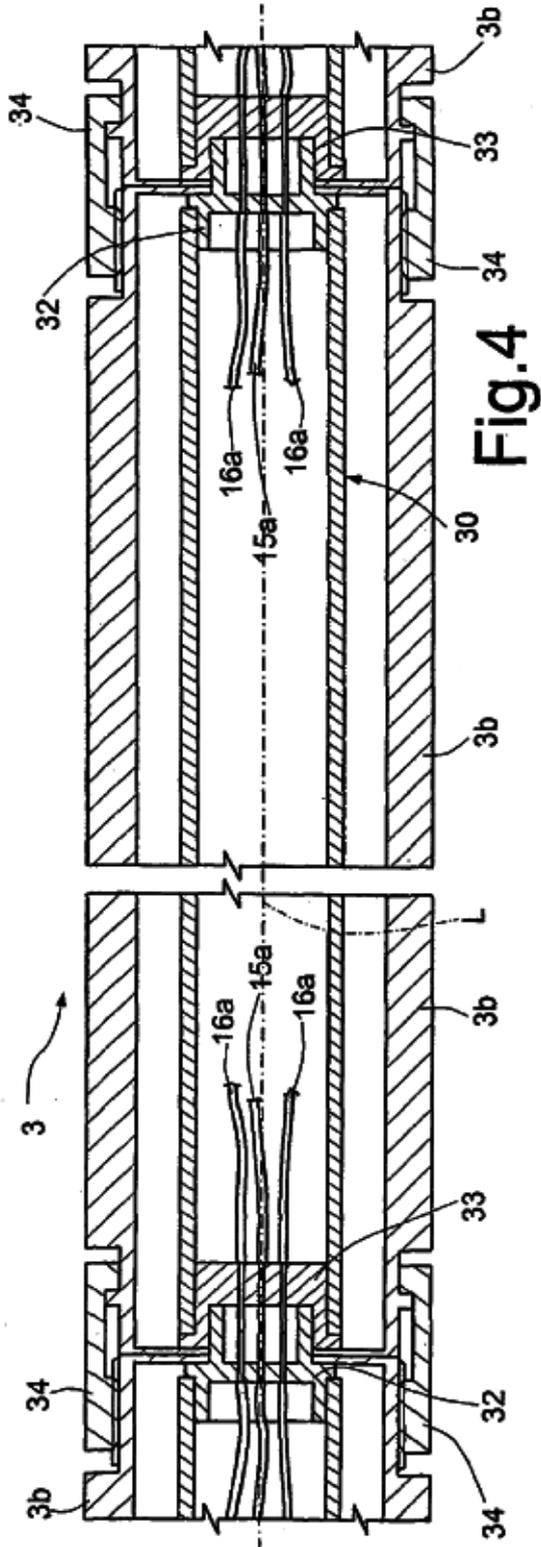


Fig. 4

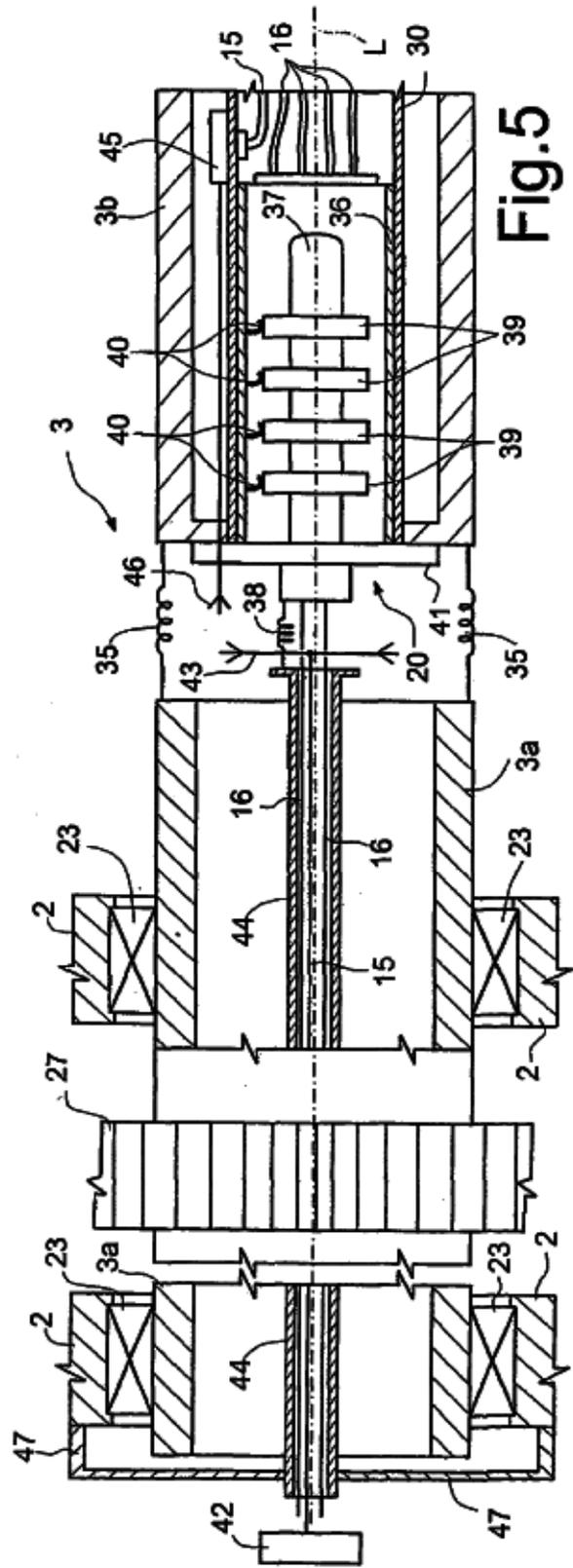


Fig. 5



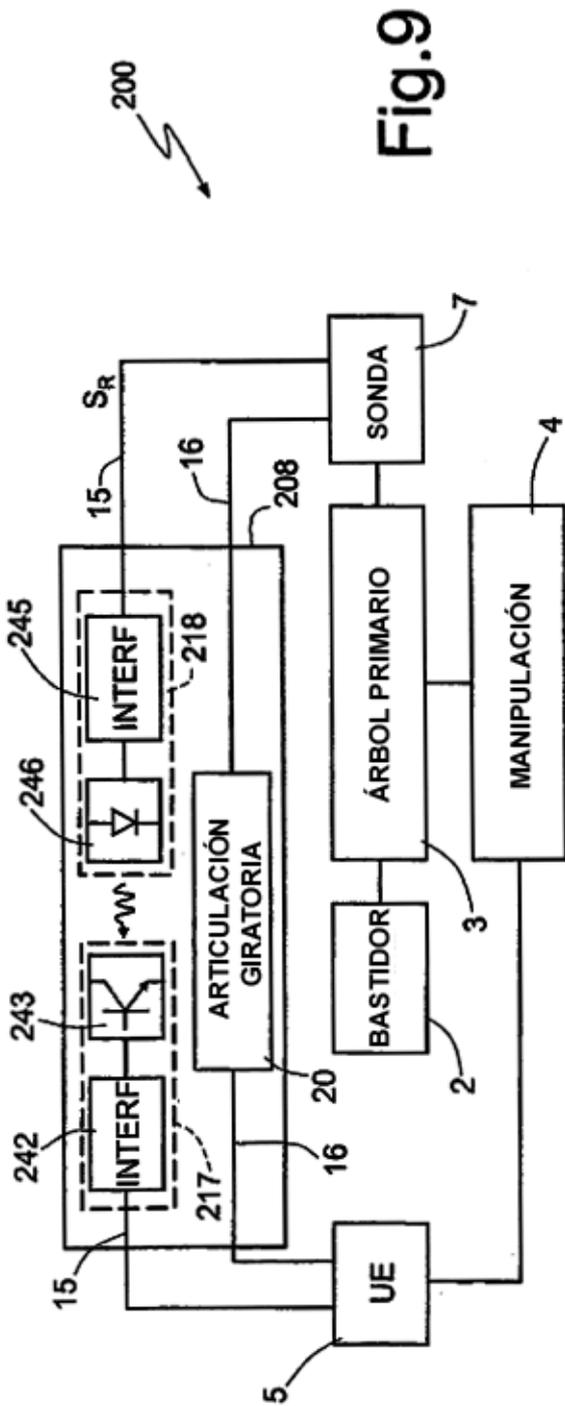


Fig.9

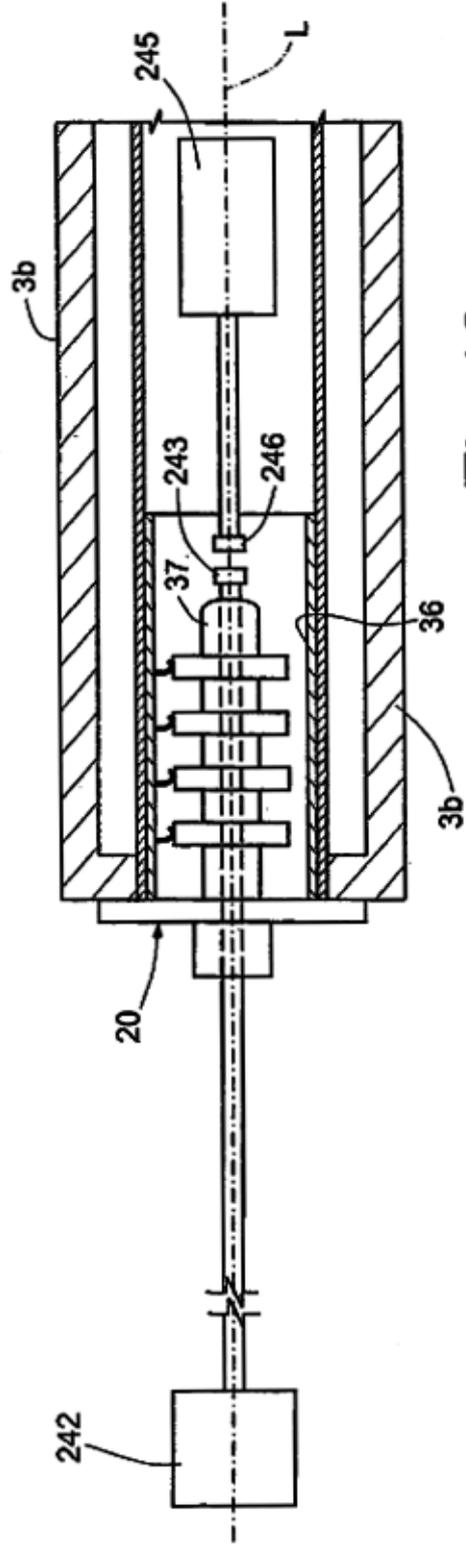


Fig.10