

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 434 115**

51 Int. Cl.:

**B63H 23/24** (2006.01)

**F16D 1/033** (2006.01)

**F16D 3/74** (2006.01)

**G01L 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2008 E 08706795 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2013 EP 2115412**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para supervisar una línea de accionamiento que presenta un acoplamiento de alta elasticidad**

30 Prioridad:

**25.01.2007 DE 102007003867**

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

**13.12.2013**

73 Titular/es:

**PRÜFTECHNIK DIETER BUSCH AG (100.0%)  
OSKAR-MESSTER-STRASSE 19-21  
85737 ISMANING, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, EDWIN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 434 115 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 dispositivo para supervisar una línea de accionamiento que presenta un acoplamiento de alta elasticidad.

5 La presente invención concierne a un procedimiento y a un dispositivo para supervisar una línea de accionamiento con dos secciones de árbol unidas por un acoplamiento de alta elasticidad.

10 Los acoplamientos son elementos de máquina para unir solidariamente en rotación máquinas de accionamiento y máquinas de trabajo. Los acoplamientos flexibles a torsión y a flexión están en condiciones de que, además de los desplazamientos radiales, axiales y angulares de los árboles de los componentes de las máquinas de accionamiento y de trabajo, admitan también desplazamientos en la dirección de giro y amortigüen golpes, vibraciones, etc. No obstante, es aquí necesario sintonizar cuidadosamente la característica elástica y la amortiguación de la parte del acoplamiento elástica a la torsión con el caso de utilización especial para no alcanzar el efecto contrario.

15 En acoplamientos de alta elasticidad se emplean frecuentemente materiales elastómeros que ciertamente son aún más flexibles a torsión y más blandos, pero que, en contraste con materiales metálicos, muestran susceptibilidades de influenciación tanto en el aspecto físico como en el aspecto químico que pueden conducir a fallos prematuros del acoplamiento. Por este motivo, al aumentar el tamaño de construcción surge la necesidad de procedimientos para supervisar el estado de los propios acoplamientos.

20 Los acoplamientos de elastómero de alta elasticidad son caros y sólo pueden hacerse funcionar conforme a su uso de destino. Según DIN 740, es necesario dimensionar el acoplamiento en la línea de accionamiento con miras a los esfuerzos estáticos, armónicos, periódicos y no periódicos y a continuación hacerles funcionar también solamente en estas condiciones.

25 En la construcción de barcos están muy difundidos los acoplamientos de elastómero situados generalmente en líneas de accionamiento con motores de combustión interna. Las máquinas complejas y los convertidores de frecuencia altamente dinámicos requieren últimamente también la utilización de acoplamientos de alta elasticidad (hasta la rama eólica). En efecto, en estos acoplamientos con los elementos elastómeros "flexibles" se logra por último especialmente bien amortiguar vibraciones de torsión y cargas adicionales, desplazar frecuencias propias o conseguir varios de estos efectos.

Expresión de esto es también el que se invierte mucho dinero en nuevos bancos de pruebas de acoplamientos grandes y técnicas de medida especiales para poder investigar más sobre el dimensionamiento de acoplamientos de elastómero (véase la revista Konstruktion 6/2006, páginas 58-59).

30 En el documento US 4,020,685 se ha descrito un dispositivo de medida de par de giro, en el que una sección de árbol del lado de accionamiento y una sección de árbol del lado accionado están unidas por medio de una sección elástica a la torsión, estando previstas por el lado de accionamiento y por el lado accionado sendas ruedas dentadas de material magnético con un sensor magnético correspondiente para captar el desplazamiento de fase entre el giro del árbol de accionamiento y el árbol accionado, a fin de obtener el par de giro actuante, estando dispuestos los sensores en dirección radial. En el documento JP 2001066201 A y en documento US 3,982,419 se han descrito unos dispositivos semejantes. En todos estos dispositivos se emplean los sensores como emisores incrementales, convirtiéndose la señal después de una preparación adecuada de la misma, por ejemplo, en una tensión rectangular y evaluándola como medición de anchura de impulso/duración de período por medio de circuitos de cómputo. En el documento DE 10 2004 039 140 B4 se han descrito procedimientos para la evaluación mejorada de tales señales de emisores incrementales, por ejemplo por medio de una adaptación de señal a través de básculas de Schmitt.

35 40 Se conoce por el documento DE 101 00 776 A1 un procedimiento para determinar el par de giro que actúa sobre un árbol de propulsión de un barco, en el que se emplean sensores magnetorresistivos decalados en dirección axial y que miden en dirección radial para captar la torsión del árbol generada por el par de giro actuante sobre dicho árbol entre los puntos de medida con ayuda de la variación de posición de las líneas del campo magnético generadas sobre el árbol, evaluándose las evoluciones de las señales de medida analógicas sin una función de emisor incremental.

45 50 Se conoce por el documento DE 101 43 844 A1 un procedimiento para supervisar acoplamientos en accionamientos de barcos, en el que el acoplamiento es de construcción elástica y se capta el desplazamiento radial de las dos bridas del acoplamiento una con respecto a otra por medio de sensores de proximidad inductivos dispuestos en dirección radial en las bridas del acoplamiento.

En el documento DE 10 2006 015 867 A1 se han descrito un procedimiento y un dispositivo según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 28, respectivamente, para comprobar un amortiguador de vibraciones de torsión. En el documento DE 196 21 185 A1 se ha descrito un dispositivo para realizar una medición de par de giro en husillos de herramientas por medio de un transductor de recorrido sin contacto.

El cometido de la presente invención consiste en crear un procedimiento y un dispositivo para supervisar una línea de accionamiento que presenta al menos un acoplamiento de alta elasticidad, en donde se deberá materializar de manera barata una función de supervisión con la mayor fuerza expresiva que sea posible.

5 Este problema se resuelve según la invención con un procedimiento conforme a la reivindicación 1 y un dispositivo conforme a la reivindicación 28. En esta solución es ventajoso el hecho de que se puede materializar de manera relativamente barata y sencilla una supervisión precisa y de amplio alcance de la línea de accionamiento debido a que se capta de preferencia permanentemente por medio de al menos un respectivo sensor de recorrido inductivo o electromagnético la evolución temporal de la distancia entre el respectivo sensor y al menos un elemento de  
10 marcación dispuesto en cada lado del acoplamiento y se obtiene a partir de ella la evolución temporal del ángulo de giro entre las secciones del árbol. En particular, se pueden derivar de manera relativamente sencilla abundantes informaciones tanto respecto del estado del acoplamiento como también de los demás elementos de la línea de accionamiento. En este caso, se pueden aprovechar los criterios de valoración siguientes: deformaciones de torsión estáticas del propio acoplamiento, deformaciones de torsión dinámicas del propio acoplamiento, deformaciones estacionarias a través de la línea de accionamiento, deformaciones no estacionarias a través de la máquina o el  
15 grupo, vibraciones de torsión dinámicas, inducciones de frecuencias propias y la aparición de amplitudes alternas.

Los acoplamientos de alta elasticidad son un excelente portador de información en líneas de accionamiento a causa de su sensible comportamiento a la deformación, al desplazamiento y al ángulo de giro para realizar una supervisión de estado en el propio acoplamiento o en las máquinas e instalaciones de la línea de accionamiento, por ejemplo en aplicaciones críticas para el funcionamiento. Así, se deberá reconocer, por ejemplo, si ya no se pueden amortiguar  
20 suficientemente las vibraciones de torsión por medio del acoplamiento de alta elasticidad o se desplazan las frecuencias propias.

Gracias a la captación preferiblemente permanente de la evolución temporal de la señal de distancia se pueden obtener informaciones sobre el estado de la línea de accionamiento sensiblemente más abundantes en comparación con el empleo de emisores incrementales, de modo que la evaluación puede configurarse correspondientemente con mayor fuerza expresiva. El empleo de sensores de recorrido inductivos o electromagnéticos garantiza la precisión  
25 necesaria incluso a altos números de revoluciones (esto es un problema, por ejemplo, en sensores magnetorresistivos), a costes relativamente bajos (otros procedimientos, como procedimientos de óptica de la luz, tales como interferómetros, o procedimientos de medición de tiempo de alta precisión o sensores de corrientes parásitas, son sensiblemente más costosos). Preferiblemente, los sensores de recorrido presentan un rango de trabajo de al menos 10 mm.

Preferiblemente, los sensores de recorrido están dispuestos para captar la distancia en dirección axial entre el sensor y el respectivo elemento de marcación. En este caso, los elementos de marcación están dispuestos preferiblemente en forma de anillo. Por ejemplo, los elementos de marcación pueden consistir en las cabezas de  
35 elementos de unión metálicos axialmente dispuestos, típicamente tornillos, entre la respectiva sección de árbol y el acoplamiento, estando las secciones de árbol y el acoplamiento unidos típicamente entre ellos por medio de bridas correspondientes.

La línea de accionamiento puede consistir, por ejemplo, en una parte de un sistema de propulsión de barco o una instalación de energía eólica.

Formas de realización más preferidas de la invención se desprenden de las reivindicaciones subordinadas.

40 En lo que sigue se explica la invención con más detalle a título de ejemplo ayudándose de los dibujos adjuntos. Muestran en estos:

La figura 1, un alzado lateral esquemático de una línea de accionamiento con un dispositivo de medida correspondiente para la ejecución del procedimiento según la invención;

La figura 2, una vista en dirección axial de una de las bridas del acoplamiento de la figura 1; y

45 Las figuras 3 a 7, evoluciones de medida tomadas como ejemplo de diferentes señales.

En la figura 1 se muestra una vista esquemática de una línea de accionamiento 10 que presenta una máquina de accionamiento 12, por ejemplo un motor, una sección de árbol 14 del lado de accionamiento con una brida 16, un acoplamiento 18 de alta elasticidad con una brida 20 del lado de accionamiento y una brida 22 del lado accionado, una sección de árbol 24 del lado accionado con una brida 26 y una carga accionada (máquina de trabajo). La línea  
50 de accionamiento 10 puede ser, por ejemplo, parte de un sistema de propulsión de un barco, estando configuradas entonces típicamente la máquina de accionamiento 12 como un motor diesel y la carga 28 como una hélice. Sin embargo, la línea de accionamiento 10 podría ser también, por ejemplo, parte de una instalación de energía eólica, estando formadas entonces la máquina de accionamiento 12 por las palas del rotor y la carga 28 por un generador con engranaje.

Las bridas 16 y 20 ó 22 y 26 sirven para unir las secciones de árbol 14 y 24 una a otra con elasticidad a la torsión por medio del acoplamiento 18. Las bridas 16 y 20 ó 22 y 26 están sólidamente unidas una con otra por medio de respectivos elementos de unión 30 dispuestos en forma de anillo, los cuales consisten típicamente en tornillos que se extienden en dirección axial y que presentan una cabeza 32 en ambos extremos. Se sobrentiende que el acoplamiento 18 puede estar configurado en principio también en varias partes, es decir, consistiendo en varias secciones axiales de elastómero unidas una con otra, por ejemplo, por medio de bridas. En principio, la línea de accionamiento puede presentar también varios acoplamientos de alta elasticidad a la manera del acoplamiento 18. El acoplamiento 18 se fabrica típicamente a base de un material elastómero.

En el extremo del lado de accionamiento y en el extremo del lado accionado del acoplamiento 18 o en las proximidades de estos está previsto un respectivo sensor de recorrido inductivo o electromagnético 34 ó 36 para captar la evolución temporal de la distancia entre el respectivo sensor 34, 36 y al menos un elemento de marcación unido con el respectivo lado del acoplamiento. En el ejemplo de las figuras 1 y 2 las cabezas 32 de los tornillos 30 en la brida 16 ó 26 sirven como tales elementos de marcación. Los sensores 34, 36 están dispuestos aquí de modo que capten la distancia en dirección axial, desplazándose cada una de la cabezas 32 de los tornillos una vez por delante del sensor 34, 36 durante un giro de 360° de la línea de accionamiento 10. En general, la previsión de un sensor individual 34, 36 en cada lado del acoplamiento será suficiente. Sin embargo, para aumentar la precisión o la resolución temporal podrían estar previstos también varios sensores distribuidos en dirección periférica. Por supuesto, no sólo las cabezas de tornillo han de entenderse como elementos de marcación según la invención. Estos elementos de marcación pueden consistir también en otras piezas introducidas, por ejemplo, en el acoplamiento durante la operación de colada y que puedan ser detectadas por los sensores 34, 36. Preferiblemente, los sensores 34, 36 presentan un rango de trabajo de medida de al menos 10 mm, estando todavía la sensibilidad para frecuencias de hasta 1 kHz en el rango de algunos  $\mu\text{m}$ .

La señal de distancia captada por los sensores 34 ó 36 recorre primero una respectiva unidad 38 ó 40 de tratamiento de señales en la que, por ejemplo, se amplifica, se procesa previamente y se filtra espectralmente la señal de medida antes de que las señales tratadas sean alimentadas a una unidad 42 de evaluación de señales que obtiene opcionalmente como entrada adicional el valor momentáneo del par de giro de la carga medido en la máquina de accionamiento 12 y que actúa también sobre el acoplamiento 18. La unidad de evaluación 42 sirve para evaluar y comparar la evolución temporal de la señal de distancia captada por medio de los sensores 34 y 36 en ambos lados del acoplamiento a fin de captar a partir de ella la evolución temporal del ángulo de torsión entre los lados del acoplamiento, es decir, las bridas 20 y 22 - y, por tanto, el ángulo de torsión entre las secciones de árbol 14 y 24 -, para supervisar de esta manera el estado de la línea de accionamiento 10. La unidad de evaluación 42 sirve en este caso para obtener, a partir de las señales de distancia captadas por los sensores 34 y 36, unas informaciones lo más abundantes posible respecto del estado de la línea de accionamiento 10, es decir, especialmente respecto del acoplamiento 18, la máquina de accionamiento 12, la carga 28 y las secciones de árbol 14 y 24. Es especialmente importante a este respecto que se reconozca a su debido tiempo un fallo amenazador del acoplamiento 18.

Además de la obtención o evaluación de la evolución temporal del ángulo de torsión del acoplamiento 18 se pueden obtener y aprovechar adicionalmente otros parámetros, por ejemplo el número de revoluciones del acoplamiento 18 y su evolución temporal, la rigidez del acoplamiento y su evolución temporal, los desplazamientos axiales del acoplamiento, la integridad de la unión mecánica entre el acoplamiento 18 y las secciones de árbol 14, 24, etc. Mediante la evaluación en red de los datos de los demás sensores, como, por ejemplo, el sensor existente en motores modernos para el ajuste angular del cigüeñal, resultan posibles también manifestaciones sobre otras partes de la máquina, como en este caso el árbol del motor.

Los resultados de la evaluación de las señales en la unidad de evaluación 42 pueden representarse gráficamente y en forma de texto, por ejemplo en un dispositivo indicador 44, y/o, al reconocer un estado de funcionamiento inadmisibles, pueden ser emitidos como una señal de alarma óptica y/o acústica por medio de una unidad de alarma 46.

El sistema puede estar configurado, por ejemplo, de modo que, al ponerlo en funcionamiento, se puedan ingresar el número de cabezas de tornillo 32 y los diámetros correspondientes. En este caso, hay que estimar previamente si y en qué medida las fluctuaciones esperadas del ángulo de giro pueden rebasar las secuencias temporales de los tornillos. Con el sistema se captan al mismo tiempo y con alta resolución las evoluciones temporales de la señal de distancia en ambos lados del acoplamiento, se tratan después adicionalmente las señales y, por último, se evalúan éstas individualmente y en comparación de unas con otras respecto de diferentes criterios de valoración.

En la figura 3 se muestran a título de ejemplo sendas evoluciones temporales de la señal de distancia de los sensores 34 y 36, respectivamente. En la figura 3 se ha registrado el gráfico en este caso con distancia creciente de arriba abajo. Las zonas A de distancia mínima corresponden aquí al paso de cada cabeza de tornillo 32, mientras que las zonas B de distancia máxima están situadas entre dos respectivas cabezas de tornillo 32 y la señal en estas zonas es correspondientemente una medida de la distancia de la brida 16 ó 26 al sensor 34 ó 36 en este sitio. Las señales de los dos lados del acoplamiento presentan típicamente un desfase que aumenta al aumentar el par de giro debido a la elasticidad de giro del acoplamiento 18. Cuando se montan los sensores 34, 36 con "la misma fase"

durante la instalación, es decir que se montan de modo que sin carga de par de giro no se presenta ningún desplazamiento de fase entre los dos lados, se ahorra la corrección de la señal de medida respecto del decalaje de parada.

5 Las señales de medida se evalúan en la unidad de evaluación 42 preferiblemente tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, es decir, se evalúan espectralmente.

En primer lugar, se presentan ejemplos de informaciones que pueden obtenerse por medio de una evaluación monocanal de señales, es decir, con una evaluación separada de las señales de los sensores 34 ó 36.

10 En el dominio del tiempo se pueden obtener, por ejemplo, el número de revoluciones del acoplamiento expresado en revoluciones por minuto, a cuyo fin se divide la frecuencia de pasada de las cabezas de los tornillos, es decir, la inversa de la distancia temporal entre el paso de dos cabezas de tornillo vecinas, por el número de cabezas de tornillo 32 y se multiplica después el resultado por 60. Esta clase de medición del número de revoluciones es usualmente muy precisa, ya que en acoplamientos grandes 18 se trabaja con, por ejemplo, 16 a 96 cabezas de tornillo 32. La precisión de la medición del número de revoluciones puede incrementarse trabajando en el dominio espectral y empleado múltiplos de la frecuencia de pasada de las cabezas de los tornillos para el cálculo del número de revoluciones.

15 En la figura 4 se muestra un ejemplo de desviaciones del número de revoluciones para 800 rpm, evaluadas a partir de las señales de tiempo de los sensores 34, 36, pudiendo deducirse de la representación que está superpuesta una vibración de torsión de 2,4 y 8 Hz que conduce a una fluctuación del número de revoluciones de como máximo  $\pm 8$  rpm. Las fluctuaciones del número de revoluciones se pueden obtener, cuantificar y supervisar por medio de análisis de frecuencia. En este caso, las vibraciones periódicas extrañas superpuestas actúan como modulaciones, especialmente en torno a las frecuencias de pasada de las cabezas de los tornillos.

20 En la figura 5 se muestra una señal de distancia tomada como ejemplo de uno de los dos sensores 34, 36 en el dominio del tiempo, reflejando los máximos la distancia de la brida 16 ó 26 al sensor 34 ó 36 en las zonas comprendidas entre las cabezas 32 de los tornillos. Si se evalúan estos máximos, se pueden captar y supervisar desplazamientos axiales de la brida 16 ó 26 y, por tanto, también de la brida correspondiente 20 ó 22 del acoplamiento. Esto presupone, naturalmente, que el rango de medida del sensor 34, 36 llegue hasta la brida 16 ó 26.

25 Cuando se evalúan los mínimos de la señal de distancia, es decir, las distancias de las cabezas 32 de los tornillos al pasar por el sensor 34, 36, se pueden medir y supervisar, por ejemplo, tornillos 30 aflojados (en este caso, se ha reducido correspondientemente la distancia de la cabeza 32 del tornillo) o un golpe de bamboleo o deformaciones inadmisibles de las mitades del acoplamiento.

30 Mediante una evaluación espectral de las señales de distancia de los sensores 34, 36 se pueden reconocer, por ejemplo, desequilibrios que se manifiestan en componentes de frecuencia con giro frecuente en los espectros correspondientes, para lo cual se han de evaluar las amplitudes de los espectros. Cuando actúan, por ejemplo, vibraciones de motores de combustión interna sobre el acoplamiento 18, se ponen de manifiesto semimodos u otras frecuencias específicas de la energía gaseosa o de la máquina.

35 Se pueden obtener informaciones adicionales cuando uno de los elementos de marcación, es decir, en el presente caso una de las cabezas de tornillo 32, está configurado de modo que pueda ser reconocido individualmente en la señal de distancia. Esto puede materializarse, por ejemplo, haciendo que en cada lado del acoplamiento una de las cabezas de tornillo 32 sobresalga más que las otras, con lo que el paso de esta cabeza de tornillo 32 resulta reconocible como un mínimo absoluto en la señal de distancia. De esta manera, se puede efectuar una asignación local de eventos en el dominio del tiempo de las señales. En este caso, se pueden asignar localmente el aflojamiento de tornillos 30 y/o los golpes de bamboleo o forzamientos, por ejemplo, mediante el método de promediación del dominio del tiempo. Asimismo, se obtiene de esta manera una señal de disparo unívoca para análisis de fase posteriores, por ejemplo hasta los análisis de marcha acelerada y de marcha por inercia.

40 Mediante una valoración bicanal de las señales de distancia, es decir, mediante una comparación de las evoluciones temporales de las señales de distancia de los sensores 34 y 36, se pueden derivar, por ejemplo, las informaciones siguientes.

45 Si se ocasionan deformaciones irreversibles en el acoplamiento 18, se tiene entonces que, al comparar los resultados en vacío o bajo carga, se modifica la posición de los tornillos de referencia 30 en ambos lados del acoplamiento uno con respecto a otro. La medida de la torsión restante se puede cuantificar mediante la comparación con el estado original del acoplamiento y se puede valorar por medio de la carga de funcionamiento medida, por ejemplo, en la máquina de trabajo 12, y al rebasarse unos valores límite determinados se pueden generar avisos de alarma.

55 Si aumenta el par de giro que actúa sobre el acoplamiento 18, se incrementa entonces de manera correspondiente

el ángulo de torsión o la deformación de torsión. Esto conduce en la señal de distancia a un desplazamiento de fase correspondiente en cada lado del acoplamiento, obteniéndose y supervisándose el ángulo de torsión actual mediante la comparación del desplazamiento de fase de la señal de distancia del lado de accionamiento y la señal de distancia del lado accionado.

- 5 Cuando actúan forzamientos sobre el acoplamiento 18 o se presentan movimientos adicionales en acoplamientos multilínea, se pueden estimar y supervisar los movimientos adicionales del acoplamiento 18 mediante la formación de superficies envolventes. En las figuras 6A y 6B se ilustra el modo en que se pueden visualizar vibraciones de torsión de 4 y 8 Hz introducidas por el desplazamiento de fase (véanse las figuras 6A y 6B).

- 10 Cuando se comparan una con otra en el dominio de la frecuencia, en los espectros de frecuencia o de orden, las excitaciones de resonancia de banda ancha de la señal de distancia del lado de accionamiento y de la señal de distancia del lado accionado, se pueden derivar manifestaciones sobre vibraciones propias del acoplamiento 18 y sobre otras vibraciones adicionales. Además, se pueden estimar las repercusiones de frecuencias propias peligrosas en el acoplamiento 18 y, por ejemplo, se puede establecer si las vibraciones son más altas en el lado de la máquina de accionamiento o en el lado de la carga. Se crea así también un fundamento para integrar cálculos de simulación más amplios con cargas en componentes de accionamiento sobre la base de modelos de simulación.

- 15 En lo que sigue se discutirá la valoración bicanal de las señales de ángulo de torsión obtenidas. La evaluación en la unidad de evaluación 42 se efectúa preferiblemente con asistencia de un DSP (Procesador de Señales Digitales) para poder procesar y evaluar de manera autónoma grandes cantidades de datos. Mediante un tratamiento digital posterior (por ejemplo, diferenciación, búsqueda de los mínimos locales, formación de diferencia) se pueden convertir directamente las señales de distancia obtenidas de los sensores 34, 36 en fluctuaciones cuantitativas del ángulo de torsión del acoplamiento 18. Se puede comprobar así también si se presentan evoluciones de amplitud pulsátiles o cambiantes.

- 20 Esto se ilustra seguidamente con ayuda de mediciones con fluctuaciones superpuestas del ángulo de torsión mostradas en las figuras 7A a 7C. La figura 7A muestra las señales de distancia medidas de los sensores 34 y 36, que se han diferenciado una vez en la representación de la figura 7B. En la figura 7C se muestra la evolución temporal del ángulo de torsión calculado sin carga (curva superior) y con fluctuaciones de carga de 4, 6 u 8 Hz. Se puede apreciar en las tres frecuencias de excitación una evolución armónica de las fluctuaciones del ángulo de torsión. La magnitud de la ampliación sigue siendo la misma en este caso para las tres frecuencias de excitación.

En base a tales evaluaciones del ángulo de torsión se pueden obtener las siguientes informaciones más amplias.

- 30 Así, por ejemplo, se puede supervisar la deformación de torsión dinámica del acoplamiento 18. Si se producen fallos macroscópicos o microscópicos dentro del acoplamiento 18 o se modifican las temperaturas, los esfuerzos adicionales y el comportamiento viscoelástico en los elementos de elastómero del acoplamiento 18, se modifican entonces también, además del ángulo de torsión, las rigideces del acoplamiento. Mediante la captación del ángulo de torsión y la captación simultánea de la carga del acoplamiento, por ejemplo por captación del par de giro de la máquina de trabajo 12, se pueden calcular las rigideces del acoplamiento y se pueden emplear éstas como parámetros de estado en el análisis de estado. Esto tiene también la ventaja de que se puede diferenciar inequívocamente entre las fluctuaciones del ángulo de torsión originadas por el acoplamiento y las originadas por la carga.

- 40 Se puede determinar también la deformación de torsión estacionaria por efecto de la carga. Sí, como consecuencia de desequilibrios y errores de alineación, se producen desplazamientos radiales y axiales en la línea de accionamiento 10, se modifican entonces las fluctuaciones del ángulo de torsión debido al trabajo de bataneo interior en los elementos de elastómero del acoplamiento 18, puesto que este acoplamiento se calienta más y ya no puede realizar tan bien la acción de compensación y de amortiguación. Por medio de la presente invención, las repercusiones de tales influencias perturbadoras incluso en condiciones de funcionamiento durante un uso a largo plazo pueden ser captadas, almacenadas y limitadas adoptando contramedidas adecuadas. Esto rige también para esfuerzos adicionales exteriores desfavorables o durante el funcionamiento del acoplamiento 18 en condiciones ambientales dificultadas. De este modo, es posible ahorrarse también ensayos de marcha caros en el banco de pruebas.

- 45 Se pueden captar también las deformaciones no estacionarias originadas por la carga. Particularmente al poner en marcha la línea de accionamiento 10 se pueden producir ángulos de torsión incrementados o incluso el combado del acoplamiento 18 (así, en acoplamientos de elastómero se pueden presentar, por ejemplo, torsiones de hasta 15 grados). Tales estados extremos pueden ser registrados, contados y almacenados. Cuando se emplea un sistema asistido por DSP, se pueden registrar también eventos con historial previo e historial posterior, así como colectivos de cargas.

- 50 También se pueden captar y supervisar vibraciones de torsión dinámicas y frecuencias propias. Mediante análisis de frecuencia y respuestas de amplitud se pueden identificar y supervisar incrementos inadmisibles de amplitud incluso a frecuencias de esfuerzo modificadas, pudiendo notificarse los rebasamientos. Se pueden captar así en

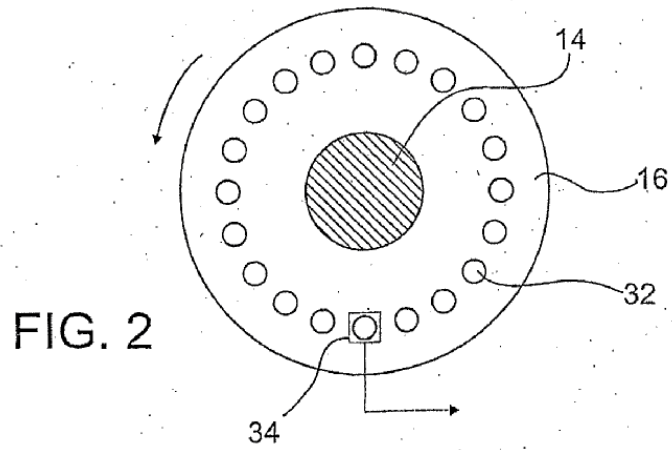
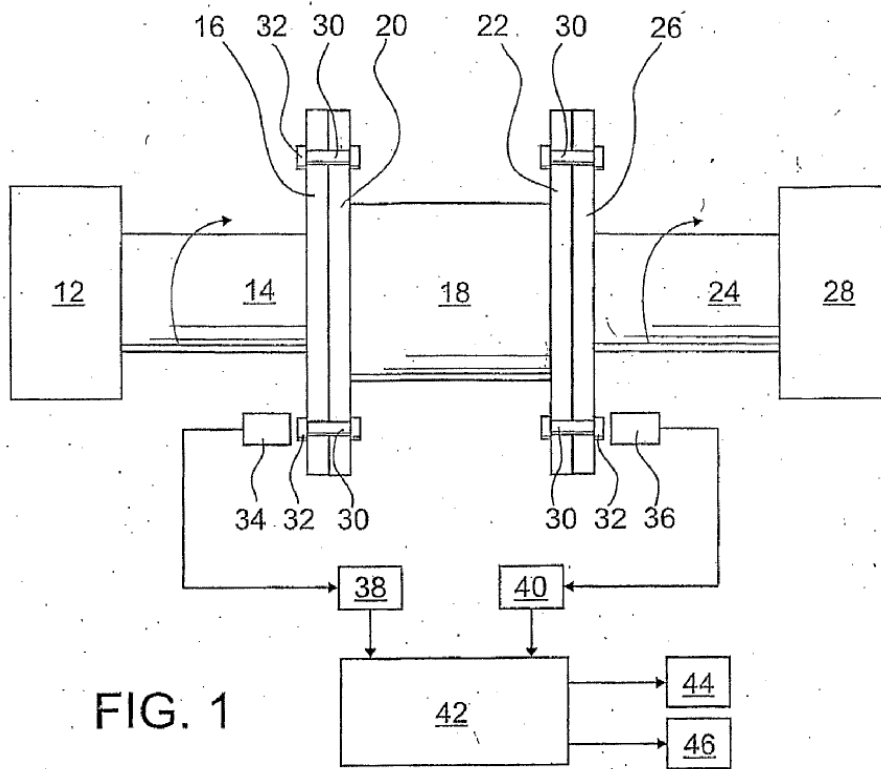
condiciones de uso influencias externas, procesos de envejecimiento y el comportamiento de desgaste de los elementos de elastómero 18.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para supervisar una línea de accionamiento (10) con dos secciones de árbol (14, 24) unidas por un acoplamiento (18) de alta elasticidad, en el que se capta en ambos lados (20, 22) del acoplamiento, por medio de al menos un respectivo sensor de recorrido inductivo o electromagnético (34, 36), la evolución temporal de la distancia entre el respectivo sensor y al menos un elemento de marcación (32) dispuesto en cada lado del acoplamiento, y en el que se evalúa y se compara la respectiva evaluación temporal captada de la distancia entre el respectivo sensor y cada elemento de marcación en ambos lados del acoplamiento para captar la evolución temporal del ángulo de torsión entre las secciones de árbol con miras a supervisar el estado de la línea de accionamiento, y en el que se analizan espectralmente las señales de sensor para obtener el número de revoluciones del acoplamiento, caracterizado por que se analizan espectralmente las señales de sensor para determinar las vibraciones de un motor de accionamiento (12) que acciona una de las secciones de árbol (14) y/o para determinar los desequilibrios de la línea de accionamiento (10), evaluándose también las amplitudes de los espectros para determinar los desequilibrios de la línea de accionamiento.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se obtiene el número de revoluciones del acoplamiento a partir de la frecuencia de pasada de los elementos de marcación (32) por el respectivo sensor (34, 36) y de múltiplos de la frecuencia de pasada.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que se analizan espectralmente las señales de sensor para determinar las fluctuaciones del número de revoluciones del acoplamiento.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el acoplamiento (18) está configurado como un acoplamiento de elastómero.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la línea de accionamiento (10) consiste en una parte de un accionamiento con un motor de combustión interna o un accionamiento de generador altamente dinámico regulado en número de revoluciones, especialmente una instalación de energía eólica.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada sensor de recorrido (34, 36) presenta un rango de trabajo de medida de al menos 10 mm.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada sensor de recorrido (34, 36) presenta una sensibilidad de al menos 10  $\mu\text{m}$  para frecuencias de hasta 1 kHz.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada sensor de recorrido (34, 36) está dispuesto para captar la distancia en dirección axial entre el sensor y el respectivo elemento de marcación (32).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que los elementos de marcación (32) están dispuestos en forma de anillo.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que al menos uno de los elementos de marcación (32) puede diferenciarse de los demás elementos de marcación en lo que respecta a su señal de distancia de sensor para posibilitar una asignación local de fenómenos derivados de las señales de sensor y/o suministrar una señal de disparo para análisis de fase.
11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, caracterizado por que los elementos de marcación consisten en las respectivas cabezas (32) de elementos de unión metálicos (30) axialmente dispuestos entre la respectiva sección de árbol (14, 24) y el acoplamiento (18).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que los elementos de unión consisten en tornillos (30).
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se capta también la carga que actúa sobre el acoplamiento (18) y se la tiene en cuenta al evaluar las variaciones captadas del ángulo de torsión del acoplamiento.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que se determina la evolución temporal de la rigidez del acoplamiento a partir del par de giro captado actuante sobre el acoplamiento (18) y el ángulo de torsión captado.
15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en al menos uno de los lados (20, 22) del acoplamiento (18) se determina la evolución temporal del número de revoluciones del acoplamiento a partir de las señales de sensor.
16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que en ambos lados (16, 20,



- 22, 26) del acoplamiento (18) se capta y se evalúa la distancia axial entre el sensor (34, 36) y la brida del acoplamiento para supervisar los desplazamientos axiales de dicho acoplamiento.
17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que se evalúan los máximos de la señal de distancia de cada sensor (34, 36) para supervisar los desplazamientos axiales del acoplamiento (18).
- 5 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que se evalúan los mínimos de la señal de distancia de cada sensor (34, 36) para captar tornillos aflojados (30), golpes de bamboleo y/o deformaciones inadmisibles del acoplamiento (18).
19. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que uno de los tornillos (30) sobresale axialmente para posibilitar una asignación local de los tornillos aflojados, los golpes de bamboleo y/o las deformaciones inadmisibles del acoplamiento (18).
- 10 20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se compara la posición de fase de las señales de sensor entre los dos lados (20, 22) del acoplamiento (18) para captar el ángulo de torsión actual de dicho acoplamiento.
21. Procedimiento según la reivindicación 20, caracterizado por que se evalúa el respectivo desplazamiento de fase de las señales de sensor en ambos lados (20, 22) del acoplamiento (18) en base al par de giro, que actúa actualmente sobre el acoplamiento, con respecto a dicho acoplamiento exento de carga, a fin de captar el ángulo de torsión actual del acoplamiento.
- 15 22. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14, caracterizado por que se evalúa el ángulo de torsión captado del acoplamiento (18) a lo largo de un espacio de tiempo teniendo en cuenta el par de giro actuante sobre el acoplamiento a fin de determinar deformaciones de torsión irreversibles de dicho acoplamiento.
- 20 23. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13, 14 y 19, caracterizado por que se emite una señal de alarma cuando el ángulo de torsión actual captado en función del par del giro actuante sobre el acoplamiento (18) rebasa un valor umbral prefijado.
24. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se analizan espectralmente las señales de sensor en ambos lados (20, 22) del acoplamiento y en los espectros de frecuencia o de orden se comparan una con otra las excitaciones de resonancia de banda ancha en ambos lados del acoplamiento para captar las oscilaciones propias y otras oscilaciones adicionales del acoplamiento (18).
- 25 25. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se forma una señal de desplazamiento de fase a partir de las señales de sensor y se somete la señal de desplazamiento de fase a una formación de superficie envolvente para determinar movimientos adicionales del acoplamiento (18).
- 30 26. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se capta permanentemente la evolución temporal del ángulo de torsión entre las secciones de árbol.
27. Dispositivo para supervisar una línea de accionamiento (10) con dos secciones de árbol (14, 24) unidas por un acoplamiento (18) de alta elasticidad, en el que está previsto en ambos lados (20, 22) del acoplamiento al menos un respectivo sensor de recorrido inductivo o electromagnético (34, 36) para captar la evolución temporal de la distancia entre el respectivo sensor y al menos un elemento de marcación (32) dispuesto en cada lado del acoplamiento, y en el que está prevista una unidad de evaluación (44) para evaluar y comparar la respectiva evolución temporal captada de la distancia entre el respectivo sensor y cada elemento de marcación en ambos lados del acoplamiento, a fin de captar la evolución temporal del ángulo de torsión entre las secciones de árbol con miras a supervisar el estado de la línea de accionamiento, y la unidad de evaluación está configurada para realizar un análisis espectral de las señales de sensor a fin de obtener el número de revoluciones del acoplamiento, caracterizado por que la unidad de evaluación está concebida para analizar espectralmente las señales de sensor, para determinar vibraciones de un motor de accionamiento (12) que acciona una de las secciones de árbol (14), y/o para determinar desequilibrios de la línea de accionamiento (10), evaluándose también las amplitudes de los espectros para detectar desequilibrios de la línea de accionamiento.
- 35 40 45



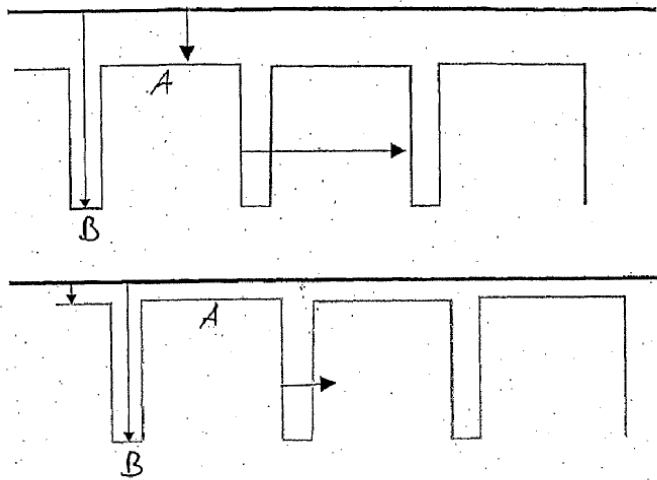


Fig. 3

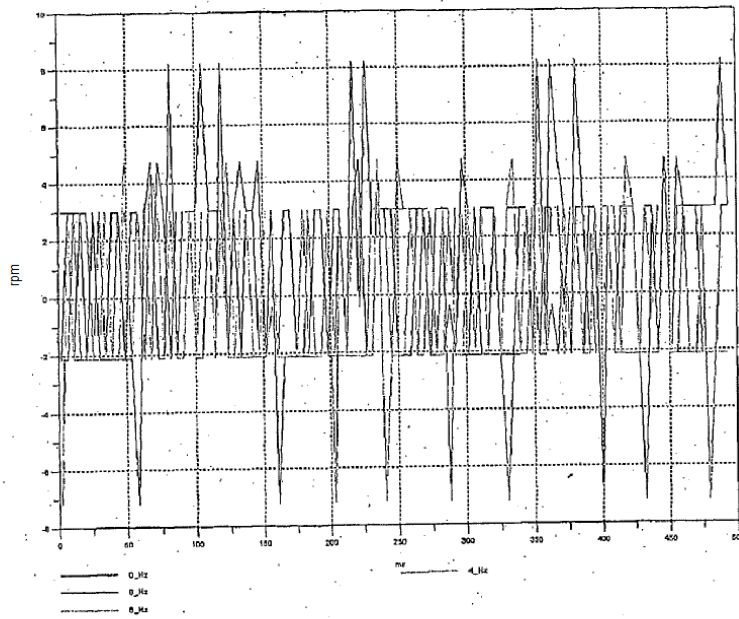


Fig. 4

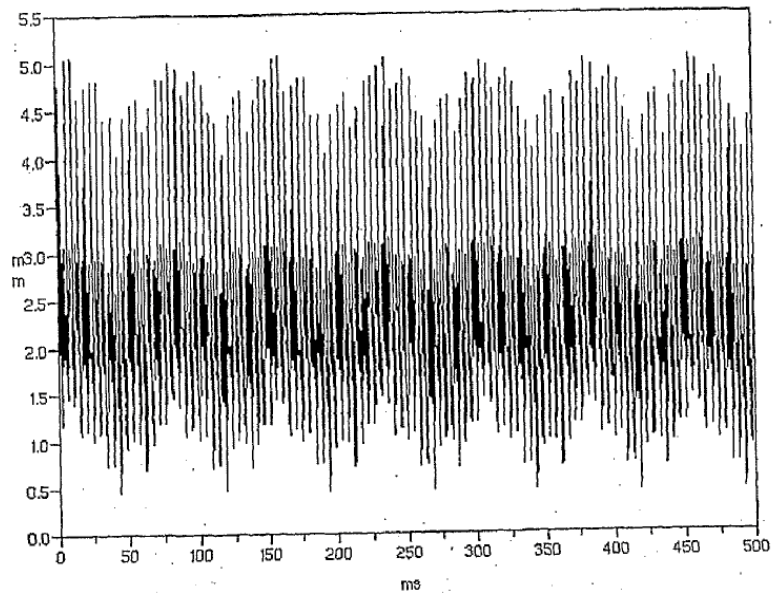


Fig. 5

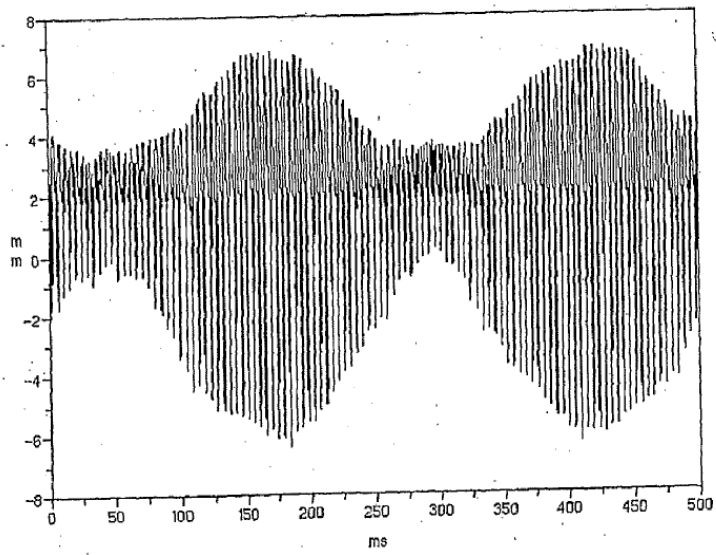


Fig. 6 A

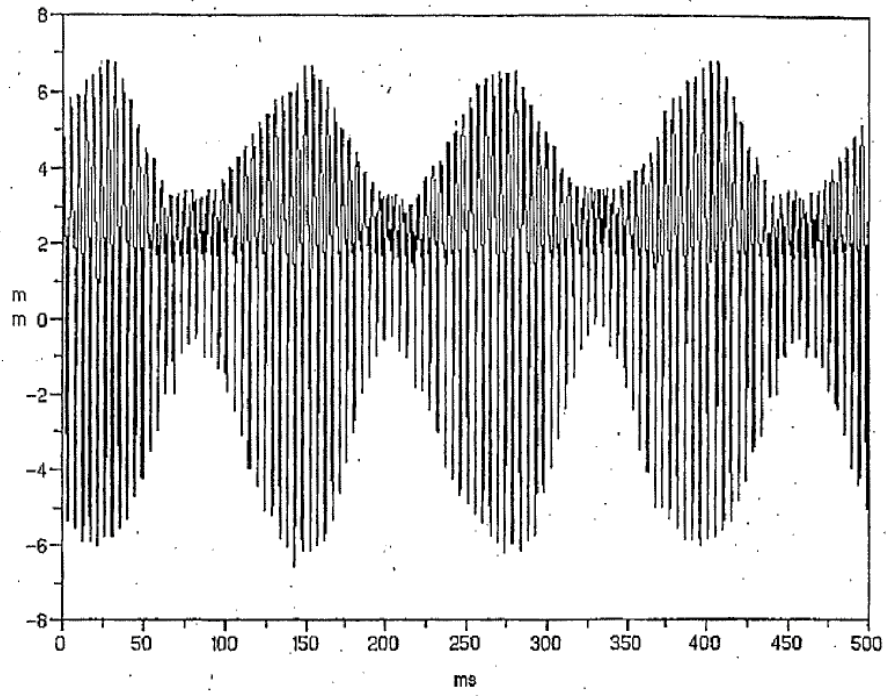


Fig. 6B

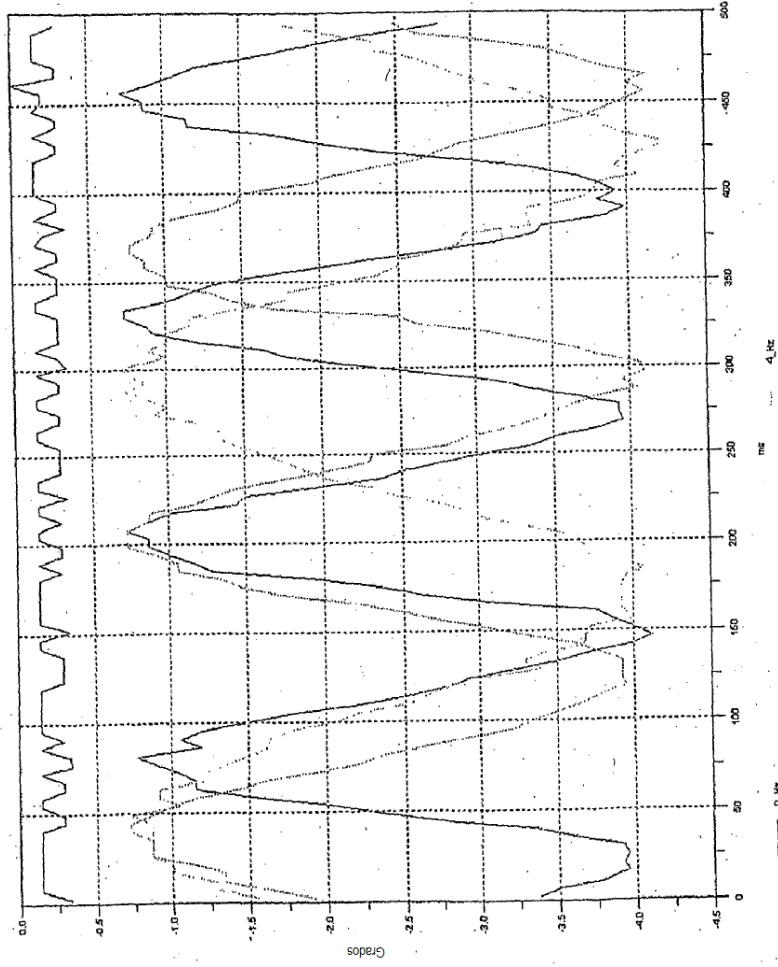
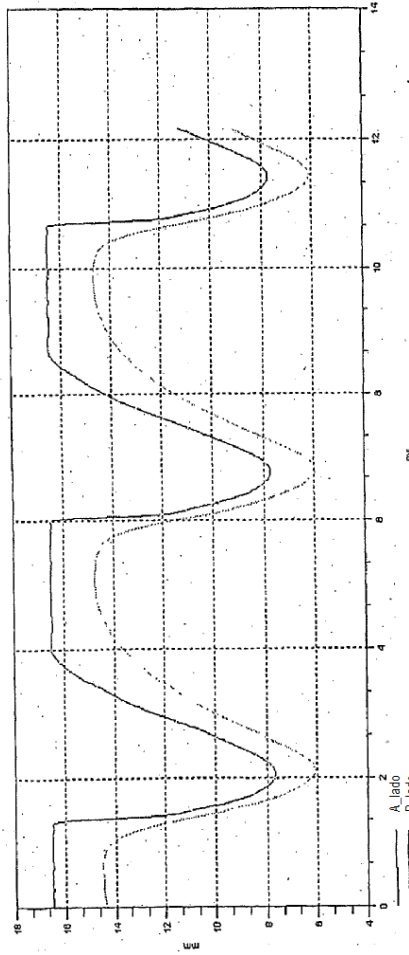


Fig 7C



↓ FIG 7B

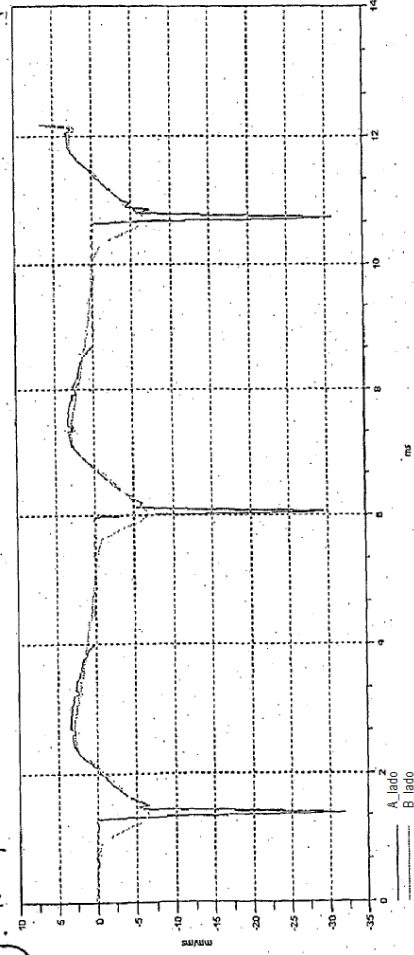


FIG 7A ↑