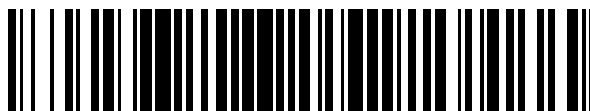


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 258**

51 Int. Cl.:  
**G01D 5/244** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **11150418 .9**  
96 Fecha de presentación: **07.01.2011**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2348286**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.07.2011**

54 Título: **Medición de un movimiento cíclico de una pieza ferromagnética**

30 Prioridad:  
**21.01.2010 FR 1050399**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.11.2012**

73 Titular/es:  
**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:  
**LE GOFF, ALEXIS y  
BLANPAIN, ROLAND**

74 Agente/Representante:  
**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 391 258 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**

Medición de un movimiento cíclico de una pieza ferromagnética.

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere de forma general a los sistemas de medición que explotan el campo magnético generado por una pieza ferromagnética para estimar unas magnitudes (velocidad, posición, etc.) relacionadas con un movimiento cíclico de esta pieza. La invención se refiere más particularmente a las mediciones relacionadas con un movimiento rotativo de una pieza ferromagnética.

**Exposición de la técnica anterior**

Es conocido explotar unas mediciones de campo magnético para determinar la velocidad de rotación de una rueda de vehículo automóvil. Por ejemplo, el documento EP-A-0 828 161 describe un procedimiento y dispositivo de detección en el que un captador magnético está colocado en la proximidad de la rueda para explotar una firma ferromagnética de ésta y deducir su velocidad de rotación. Para reducir la influencia de otras fuentes magnéticas en la proximidad de la rueda (el chasis, la puerta, etc.), está previsto efectuar una medición diferencial de señales procedentes de varios captadores colocados en la proximidad de la rueda. Se eliminan así las componentes del campo procedentes de las fuentes magnéticas de valor fijo colocadas cerca.

Sería deseable poder extraer informaciones sobre la rotación de una pieza ferromagnética (por ejemplo, el cigüeñal, el árbol de levas, etc.) de un motor de un vehículo automóvil por medición de campo magnético.

Actualmente, la posición angular del cigüeñal o del árbol de levas está determinada por un codificador óptico. Dicho codificador debe estar aislado entonces de la suciedad que falsearía las mediciones. Esto genera una realización compleja.

No obstante, la transposición de los sistemas magnéticos conocidos para las ruedas a la evaluación del movimiento de otros elementos del vehículo y, en particular, al análisis del movimiento de elementos rotativos del motor plantea problemas en la medida en que unos campos magnéticos variables, de amplitud no despreciable con respecto al campo magnético de las piezas cuya rotación se desea medir, van a perturbar la medición.

El documento EP-A-1 146 319 describe un transductor de posición que utiliza un captador magnético y que comprende dos entidades con posiciones diferentes en un eje perpendicular al plano del objeto cuyo desplazamiento se desea detectar. Unas piezas magnéticas definen una escala de medición. Este documento mide desplazamientos en el plano.

El documento EP-1 541 971 describe un codificador equipado con medios de detección de movimiento para detectar el movimiento de un cuerpo en desplazamiento y un circuito de tratamiento de la señal asociado a unos medios de detección de un ruido superpuesto a la señal de detección de movimiento.

**Sumario**

Un objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento y un sistema de extracción de informaciones relativas a la rotación de una pieza ferromagnética a partir de una medición del campo magnético emitido por esta pieza, en un entorno ruidoso producido por otras fuentes variables.

Más generalmente, un objeto de un modo de realización de la presente invención prevé el análisis de un movimiento cíclico de una pieza ferromagnética en un entorno ruidoso producido por una o varias fuentes variables.

Para alcanzar la totalidad o parte de estos y otros objetos, se ha previsto un sistema de medición de un movimiento cíclico de una pieza ferromagnética en un entorno ruidoso producido por lo menos por una fuente eléctrica de componente alterna, que comprende:

por lo menos un primer magnetómetro sensible a la pieza en movimiento;

un captador de una imagen de la corriente en dicha fuente eléctrica;

unos medios para calcular una estimación del ruido relacionado con la fuente eléctrica sobre una señal medida por el primer magnetómetro; y

unos medios para restar dicha estimación de la señal medida.

Según un modo de realización de la presente invención, dicha imagen de la corriente en dicha fuente alterna es la tensión en bornes de ésta.

Según un modo de realización de la presente invención, dichos medios de cálculo incluyen por lo menos un filtro de Wiener.

5 Según un modo de realización de la presente invención, dicho magnetómetro está colocado más cerca de dicha pieza que de cualquier otra pieza ferromagnética en movimiento.

Según un modo de realización de la presente invención, el sistema comprende:

10 por lo menos un segundo magnetómetro colocado en la proximidad de una segunda pieza ferromagnética en movimiento;

unos medios para calcular una estimación del ruido relacionado con esta segunda pieza sobre la señal medida por el primer magnetómetro; y

15 unos medios para restar esta estimación de la señal medida.

Según un modo de realización de la presente invención, dicha fuente de componente alterna es un alternador asociado a un motor de vehículo.

20 Según un modo de realización de la presente invención, dicha fuente de componente alterna es la corriente alterna de un motor eléctrico.

25 Se prevé asimismo un procedimiento de evaluación de un movimiento cíclico de por lo menos una pieza ferromagnética en un entorno ruidoso producido por lo menos por una fuente eléctrica de componente alterna, que comprende las etapas de:

medir una imagen del campo magnético influido por lo menos por dicha pieza;

30 medir una imagen de la corriente en dicha fuente eléctrica;

aplicar un filtrado de correlación a dicha imagen del campo magnético para eliminar la influencia de dicha fuente eléctrica.

35 Según un modo de realización de la presente invención, una componente de ruido procedente de otra pieza ferromagnética es eliminada por filtrado de correlación utilizando por lo menos un segundo magnetómetro asociado a esta segunda pieza.

#### 40 **Breve descripción de los dibujos**

Estos objetos, características y ventajas, así como otros, serán expuestos con detalle en la descripción siguiente de modos de realización particulares hecha a título no limitativo en relación con las figuras adjuntas, entre las cuales:

45 la figura 1 es una vista esquemática de un vehículo automóvil equipado con un sistema de medición del movimiento de un elemento en rotación de un motor según un modo de realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista esquemática en perspectiva y parcial de elementos móviles de un ejemplo de motor de automóvil;

50 la figura 3 es un esquema de bloques que ilustra un modo de puesta en práctica de la presente invención;

la figura 4 ilustra en forma de cronogramas un ejemplo de respuesta obtenida con el sistema de la figura 3; y

55 la figura 5 es un esquema de bloques de otro modo de realización de la presente invención.

#### **Descripción detallada**

60 Los mismos elementos se han designado por las mismas referencias en las diferentes figuras. Por motivos de claridad, sólo se han representando y se describirán los elementos y las etapas útiles para la comprensión de la invención. En particular, no se ha detallado la realización práctica de un magnetómetro capaz de proporcionar una información según uno o varios ejes, siendo la invención compatible con los magnetómetros habituales. Además, no se ha detallado tampoco la explotación hecha de las informaciones relativas al movimiento cíclico analizado, siendo la invención también compatible con la explotación habitual de las mediciones de velocidad, posición, etc. de una pieza en movimiento cíclico.

65 La figura 1 es una vista desde arriba esquemática de un vehículo automóvil 1 equipado con un sistema de análisis

de movimiento rotativo de una pieza ferromagnética del motor según un modo de realización de la presente invención.

5 En este ejemplo se desea evaluar la velocidad de rotación de un árbol de levas (no representado en la figura 1) del motor 2 del vehículo.

10 La figura 2 es una vista en perspectiva parcial que representa unos elementos en movimiento cíclico contenidos en un motor 2 de vehículo automóvil. En el ejemplo de la figura 2, se trata de un motor de doble árbol de levas en cabeza 21 y 23. En la figura 2 están representados asimismo un cigüeñal 25 del motor, unos pistones 27, un árbol motor 29 en el extremo del cigüeñal, unas válvulas de admisión y de escape 31 asociadas a cada cilindro. Estos elementos forman parte de los elementos del motor cuyos movimientos cíclicos se pueden analizar según otros modos de realización. El árbol motor 29 acciona una correa de distribución no representada que engrana, entre otros, con unas ruedas dentadas 212 y 232 asociadas a los árboles de levas 21 y 23. Otra correa (62, figura 1) accionada por el árbol motor 29 sirve para accionar un alternador 6 destinado a recargar una batería 7.

15 En el modo de realización de la figura 1, un captador magnético 42 está colocado sobre la carcasa 22 del motor 2, en la proximidad del árbol de levas, y las señales que recupera son enviadas por una conexión alámbrica 44 a un circuito 5 de interpretación y de análisis.

20 El inventor se ha dado cuenta de que la fuente principal de perturbación de las mediciones mediante un magnetómetro colocado en la proximidad de un elemento ferromagnético en movimiento cíclico del motor procede del alternador y, más precisamente, debido a que se trata de una fuente eléctrica de componente alterna.

25 Por otra parte, se puede determinar esta componente alterna a partir de una medición de la tensión en los bornes del alternador, sin que sea necesario recurrir a un captador magnético suplementario para una medición diferencial.

30 Según un modo de realización de la presente invención, está previsto por tanto captar la imagen de la corriente del alternador a partir de una medición de la tensión en sus bornes y eliminar el ruido generado por el alternador sobre las señales producidas por el magnetómetro 42.

Típicamente, colocando un magnetómetro contra la carcasa del motor lo más cerca posible del árbol de levas, se capta un campo que tiene una amplitud del orden de un microtesla. La perturbación relacionada con el alternador sobre este magnetómetro es del mismo orden de magnitud y, por tanto, no puede ser despreciada.

35 La eliminación del ruido relacionado con el alternador puede bastar para obtener unas señales explotables. En particular, si el magnetómetro está colocado suficientemente cerca del árbol de levas (en el ejemplo de la figura 2, encima del motor), el ruido que procede de otras fuentes en rotación puede ser despreciado y no perturba las mediciones.

40 En el caso contrario, se utiliza por lo menos un segundo magnetómetro para evaluar el ruido de una o varias fuentes de ruido no despreciables. Por ejemplo, si este ruido viene del cigüeñal, se coloca un magnetómetro contra la carcasa, lo más cerca posible del cigüeñal (en el ejemplo de la figura 2, debajo del motor). Se explotan las señales que proceden de este segundo magnetómetro para extraer un ruido procedente del cigüeñal, como se verá a continuación en relación con la figura 5.

45 La figura 3 es un esquema de bloques que ilustra un modo de puesta en práctica de la presente invención, según el cual se somete una señal  $m$  procedente del magnetómetro 42 a un filtrado mediante una técnica denominada de filtrado de correlación para eliminar la perturbación relacionada con el alternador 6. Se considera que la señal medida es perturbada por el campo magnético que procede de las corrientes eléctricas que van del alternador a la batería. Aunque la batería almacena una tensión continua, la corriente procedente del alternador (o la tensión en los bornes de la batería) presenta una componente alterna.

50 Como ilustra la figura 3, se puede considerar que la señal medida por el magnetómetro 42 corresponde a la adición de una señal útil  $u$  que representa el campo magnético del árbol de levas y de una señal de ruido  $b$  procedente del alternador.

55 Ahora bien, además de la observación de la señal ruidosa  $m$ , se tiene acceso a una información relacionada con el ruido  $b$ , independientemente de la señal útil  $u$  (no correlacionada con la señal útil). Esta señal corresponde a la tensión  $a$  en los bornes de la batería 7, que se puede medir y que no está influenciada por el campo magnético del árbol de levas. Es posible entonces determinar un filtro 8 (por ejemplo, un filtro denominado de Wiener) cuya función de transferencia  $f$  permite obtener, a partir de la tensión de batería  $a$ , una estimación  $eb6$  del ruido  $b$ . Esta estimación  $eb6$  se resta entonces (sustractor 46) de la señal medida  $m$  para restituir la señal útil  $u$ , que solamente representa ya el campo magnético producido por el árbol de levas.

65 La función de transferencia  $f$  se puede escribir  $f(v)=S_{ma}(v)/S_{aa}(v)$ , en la que  $S_{ma}(v)$  representa la densidad interespectral de potencia entre la observación de la tensión de batería  $a$  y la medida ruidosa  $m$ , y en la que  $S_{aa}(v)$

representa la densidad espectral de potencia media de la señal  $a$ .

Las técnicas de filtrado de correlación para eliminar la contribución de un ruido del cual se posee una referencia denominada de "ruido solo" son conocidas. Se podrá hacer referencia, por ejemplo, al artículo "Application du corrélofiltre à l'élimination de raies en présence de bruit stationnaire" de D. BAUDOIS, A. SILVENT (séptimo coloquio sobre el tratamiento de la señal y sus aplicaciones, Niza, 28 de mayo a 2 de junio de 1979).

La figura 4 ilustra el funcionamiento del sistema de extracción de la señal útil representada en la figura 3. Se han representado en la parte superior un ejemplo de señal útil  $u$  que representa el campo magnético producido por el árbol de levas y en la parte inferior la señal ruidosa  $m$  medida por el magnetómetro 42. En el ejemplo de la figura 3 se supone un decalaje del nivel de referencia de la señal útil (que oscila entre aproximadamente  $0,1 \mu\text{T}$  y aproximadamente  $0,25 \mu\text{T}$ ) con respecto a la señal medida (que oscila entre aproximadamente  $-0,1 \mu\text{T}$  y aproximadamente  $0,1 \mu\text{T}$ ).

La interpretación de la señal útil  $u$  para deducir informaciones de velocidad, de posición angular, de aceleración, etc. sólo requiere el tratamiento de señal a partir de referencias temporal y de posición. Las referencias de posición se podrán obtener, por ejemplo, mediante un calibrado durante la fabricación. Como variante, se podrá realizar un procedimiento de aprendizaje.

Si el alternador 6 no gira permanentemente (el caso, por ejemplo, de un vehículo eléctrico), se desactiva la aceptación de la perturbación relacionada con el alternador durante los periodos en que éste no funciona.

La figura 5 es un esquema de bloques de otro modo de realización que ilustra el hecho de que se pueden colocar varios captadores magnéticos 42 y en la proximidad de diferentes piezas metálicas en movimiento cíclico. Por ejemplo, además del captador 42 colocado en la proximidad del árbol de levas, se coloca otro captador 48 en la proximidad del cigüeñal (25, figura 2) para medir su posición angular o su velocidad. Como para el árbol de levas, la perturbación mayoritaria de la señal medida  $m'$  procede del alternador 6. Por tanto, es preciso efectuar una operación de filtrado de la señal medida  $m'$  para eliminar la componente  $eb'6$  estimada del ruido a partir de la medición de la tensión de batería  $a$ . La función de transferencia  $f'$  del filtro 8' es diferente de la del filtro 8 del árbol de levas en la medida en que los captadores 42 y 48 no están a la misma distancia del alternador 6 (y, además, no están probablemente en la misma orientación). Las señales útiles  $u$  y  $u'$  proporcionadas por unos sustractores 46 y 46' son explotadas a continuación por unos circuitos 52 y 54 de tratamiento de la señal (SP) para que las informaciones relativas al movimiento del árbol de levas y del cigüeñal sean transmitidas al circuito electrónico 5, por ejemplo el ordenador de a bordo del vehículo.

En el caso en que la señal  $u$  del árbol de levas recuperada después del filtrado de las filtraciones relacionadas con el alternador siga siendo demasiado ruidosa producida por otra fuente ferromagnética, es posible aplicar la misma técnica de filtrado de correlación para eliminar la contribución. Esta funcionalidad está ilustrada con línea de puntos en la figura 5, en la que se considera que el cigüeñal introduce una perturbación no despreciable en la señal medida por el magnetómetro 42 asociado al árbol de levas. En este caso, se considera que la señal  $u'$  proporcionada por el sustractor 46' representa una componente de ruido solo del cigüeñal y que es posible entonces estimar (señal  $eb48$ ) su contribución a la señal salida del magnetómetro 42 por un filtro  $f48$  de Wiener calculada de forma similar a la expuesta anteriormente, y restarla (sustractor 46'') de la señal medida  $m$ .

Se pueden asociar también otros captadores a otros elementos.

Una ventaja de la presente invención es que disponiendo un magnetómetro en la proximidad de una pieza ferromagnética en movimiento cíclico, se pueden obtener informaciones de forma simple a pesar del ruido no despreciable relacionado con una fuente de componente alterna.

Es posible a partir de ahora analizar el movimiento de piezas del motor midiendo el campo magnético, insensible a la suciedad forzosamente presente en el entorno del motor.

Otra ventaja es que la eliminación del ruido del alternador solamente requiere un tratamiento de señal a partir de una medición de la tensión de la batería. En particular, no se requiere ningún magnetómetro para eliminar el ruido del alternador.

Aunque la invención se haya descrito anteriormente en relación con una aplicación a un motor de vehículo automóvil, se aplica más generalmente en cuanto una pieza ferromagnética realiza un movimiento y ésta se encuentra cerca de una fuente eléctrica de componente alterna. Por ejemplo, en el caso de un motor de una máquina herramienta, es posible extraer de un campo magnético captado por un magnetómetro informaciones relativas a la posición o a la velocidad del árbol del motor incluso cuando éste es perturbado por la corriente alterna de alimentación del motor.

Se han descrito diversos modos de realización. Diversas variantes y modificaciones resultarán evidentes para el experto de la materia. En particular, la elección de las posiciones respectivas del magnetómetro o de los

magnetómetros en la proximidad de los elementos ferromagnéticos depende de la configuración de la pieza cuyas informaciones se desean extraer y de su entorno. Preferentemente, el o los magnetómetros destinados a medir el campo de una pieza dada están colocados más cerca de esta pieza que de cualquier otra pieza ferromagnética en movimiento.

5 Además, aunque la invención se haya descrito en relación con un ejemplo que utiliza un solo magnetómetro por pieza ferromagnética, se podrán utilizar varios magnetómetros que tengan unas orientaciones diferentes o un magnetómetro multieje para extraer informaciones suplementarias de una manera similar a aquélla con la cual se explotan unas mediciones multieje en otras aplicaciones. Por ejemplo, el recurso a varios captadores en unas  
10 direcciones diferentes permite poner en práctica un método de separación de las fuentes denominado de análisis en componentes independientes. Se podrá hacer referencia, por ejemplo, al artículo "Blind separation of sources, Part I: An adaptative algorithm based on neuromimetic architecture" de C. Jutten y J Herault, publicado en Signal Processing 24 (1991) 1-10 - Elsevier.

15 Además, la puesta en práctica de la invención está al alcance del experto en la materia a partir de las indicaciones funcionales dadas anteriormente y de los útiles habituales de tratamiento de la señal. En particular, las técnicas de filtrado de correlación dadas a título de ejemplo podrán ser sustituidas por otras técnicas de tratamiento de la señal similares siempre que se respeten las funcionalidades descritas. Además, el tratamiento de las señales podrá ser  
20 analógico y/o digital.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de medición de un movimiento cíclico de una pieza ferromagnética (21, 23, 25) en un entorno ruidoso producido por lo menos por una fuente eléctrica (6) de componente alterna, que comprende:
- por lo menos un primer magnetómetro (42, 48) sensible a la pieza en movimiento;
- un captador de una imagen (a) de la corriente en dicha fuente eléctrica;
- 10 unos medios de cálculo (8, 8') configurados para calcular, mediante filtrado de dicha imagen de la corriente, una estimación del ruido (eb6, eb'6) relacionado con la fuente eléctrica en una señal (m, m') medida por el primer magnetómetro; y
- unos medios (46, 46') configurados para restar de la señal medida dicha estimación.
- 15 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicha imagen de la corriente en dicha fuente alterna (6) es la tensión en los bornes de ésta.
- 20 3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, en el que dichos medios de cálculo (8, 8') comprenden por lo menos un filtro de Wiener.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho magnetómetro (42) está colocado más cerca de dicha pieza (21, 23) que de cualquier otra pieza ferromagnética (23) en movimiento.
- 25 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende:
- por lo menos un segundo magnetómetro (48) colocado en la proximidad de una segunda pieza ferromagnética (25) en movimiento;
- 30 unos medios (f48) configurados para calcular una estimación del ruido (eb48) relacionado con esta segunda pieza en la señal (m) medida por el primer magnetómetro (42); y
- unos medios (46'') configurados para restar de la señal medida esta estimación.
- 35 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha fuente de componente alterna es un alternador (6) asociado a un motor (2) de vehículo (1).
- 40 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha fuente de componente alterna es la corriente alterna de un motor eléctrico.
- 45 8. Procedimiento de evaluación de un movimiento cíclico de por lo menos una pieza ferromagnética (21, 23, 25) en un entorno ruidoso producido por lo menos por una fuente eléctrica (6) de componente alterna, que comprende las etapas siguientes:
- medir una imagen del campo magnético (m) influido por lo menos por dicha pieza;
- medir una imagen (a) de la corriente en dicha fuente eléctrica;
- 50 aplicar un filtrado de correlación a dicha imagen del campo magnético, teniendo en cuenta dicha imagen de la corriente en dicha fuente eléctrica, para restar de la señal medida una estimación del ruido relacionado con la fuente eléctrica.
- 55 9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que se elimina una componente de ruido que procede de otra pieza ferromagnética (25) mediante filtrado de correlación utilizando por lo menos un segundo magnetómetro (48) asociado a esta segunda pieza.

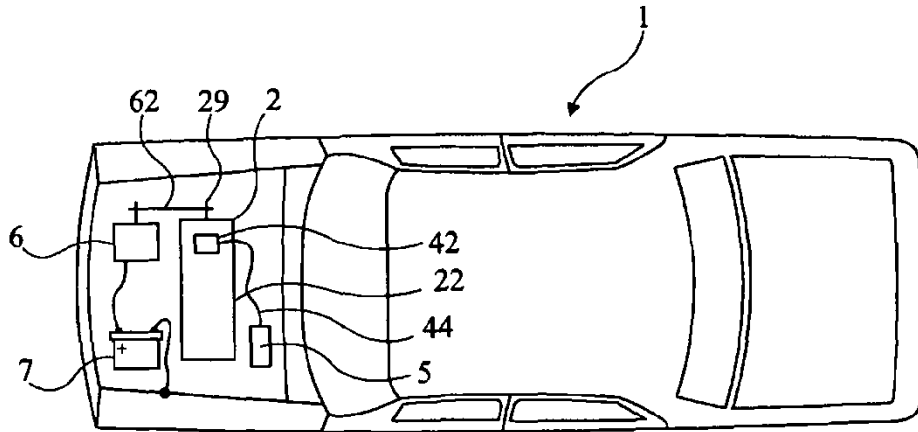


Fig 1

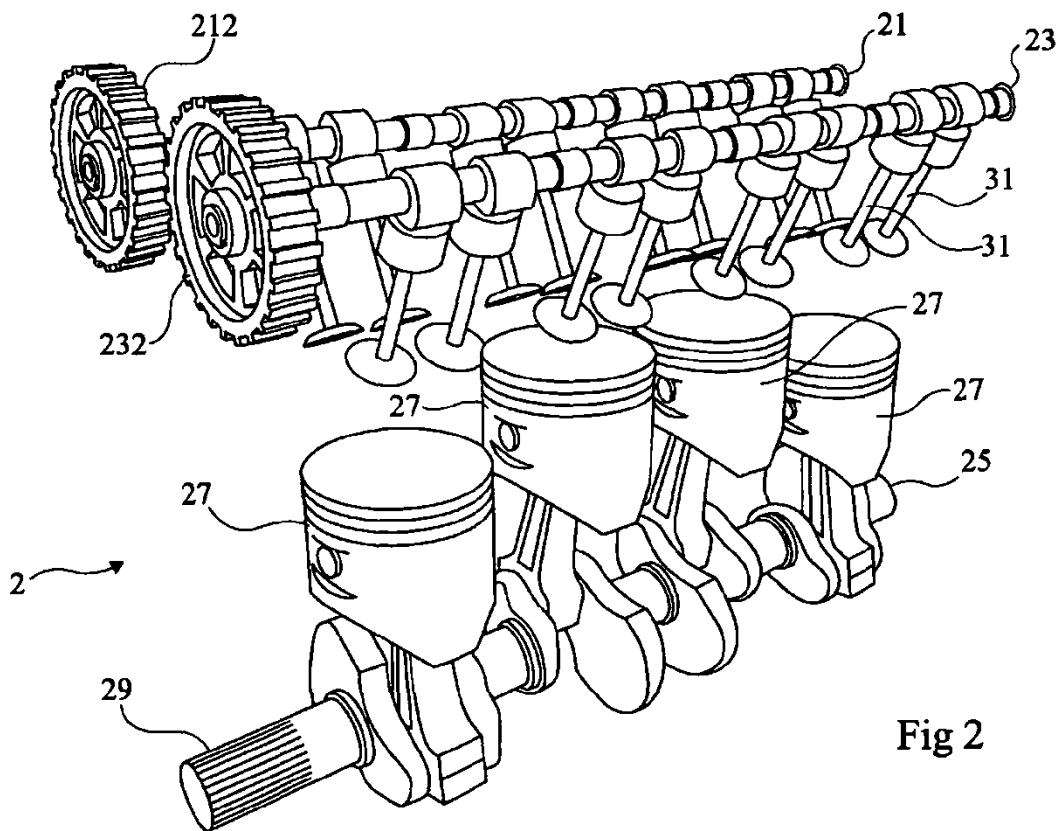


Fig 2



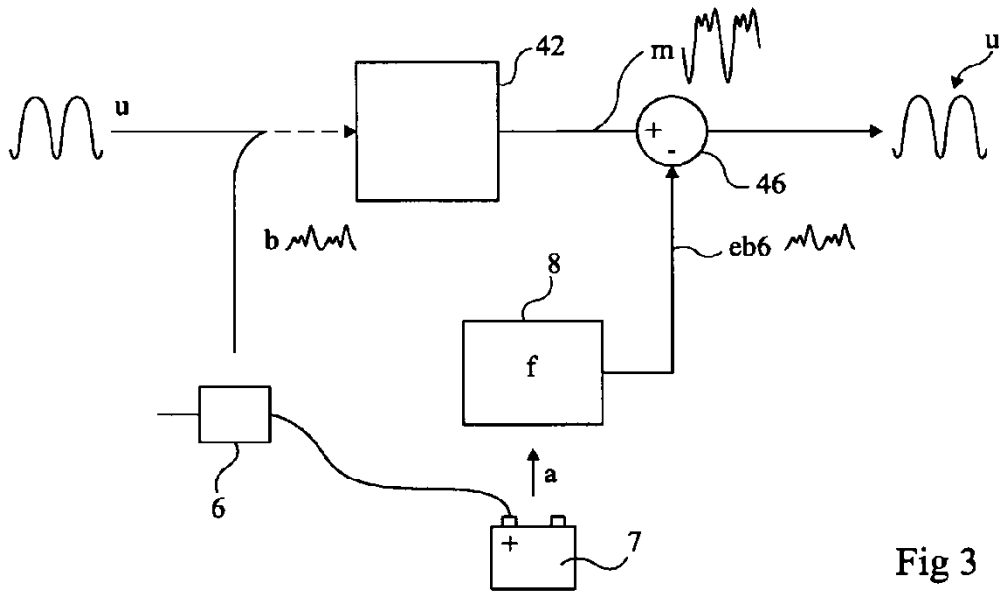


Fig 3

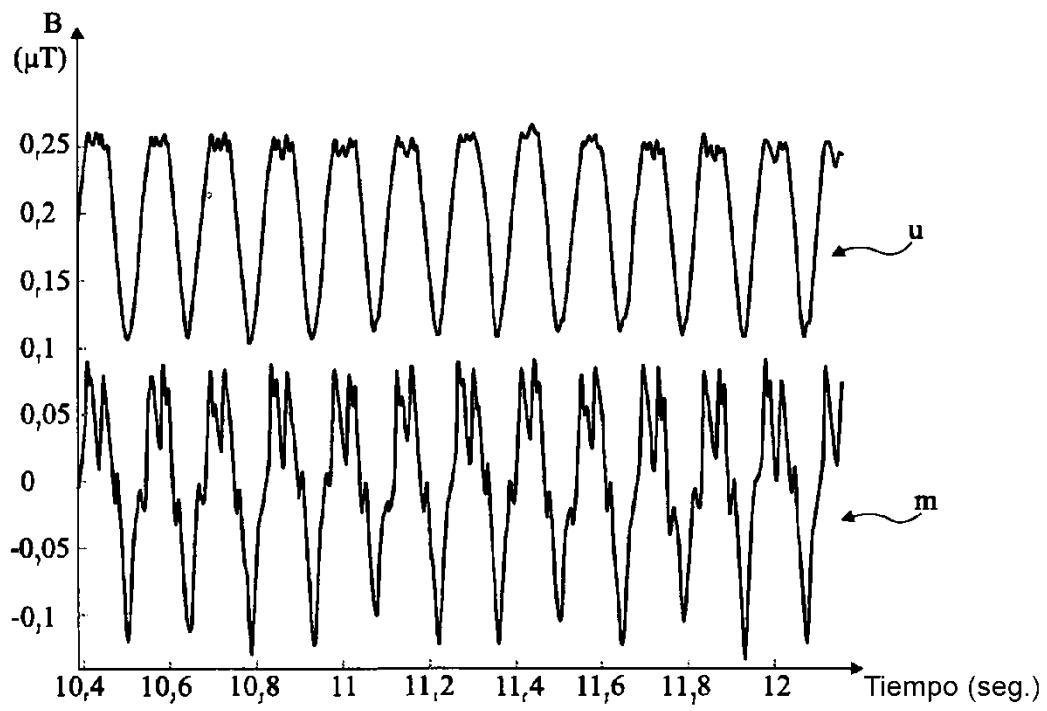


Fig 4

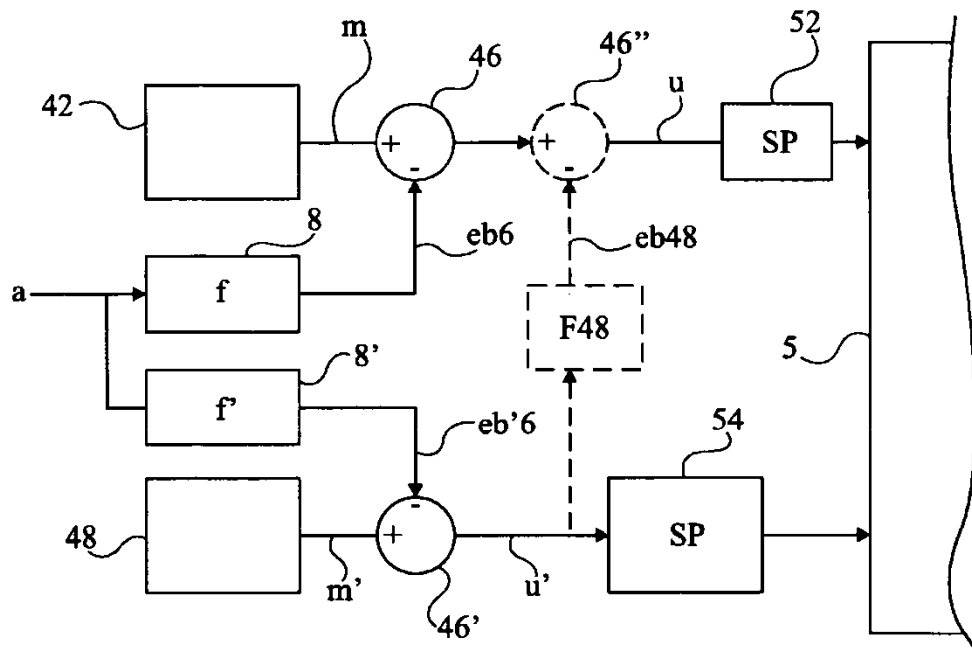


Fig 5