

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 404 605**

51 Int. Cl.:

**F04B 35/04** (2006.01)

**H02K 33/16** (2006.01)

**H02P 25/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2008 E 08867767 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2013 EP 2227634**

54 Título: **Compresor de gas accionado mediante un motor lineal y que tiene un detector de impacto entre un cilindro y un pistón, procedimiento de detección**

30 Prioridad:

**28.12.2007 BR PI0705049**

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

**28.05.2013**

73 Titular/es:

**WHIRLPOOL S.A. (100.0%)  
Avenida das Nações Unidas 12995 32º andar  
Brooklin Novo  
04578-000 São Paulo - SP, BR**

72 Inventor/es:

**BERNHARD LILIE, DIETMAR ERICH;  
FERREIRA, NERIAN FERNANDO;  
KNIES, MARCELO y  
DAINEZ, PAULO SERGIO**

74 Agente/Representante:

**ZEA CHECA, Bernabé**

ES 2 404 605 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

Compresor de gas accionado mediante un motor lineal y que tiene un detector de impacto entre un cilindro y un pistón, procedimiento de detección”

5

La presente invención describe un procedimiento capaz de detectar si se produce un impacto o una colisión entre un cilindro y un pistón, accionado por un motor lineal, en un compresor de gas.

La presente invención también describe un dispositivo electrónico capaz de detectar si se produce un impacto o una colisión entre un cilindro y un pistón, accionado por un motor lineal, en un compresor de gas.

10

La presente invención también describe un compresor de gas que comprende el dispositivo mencionado anteriormente.

La presente invención describe, además, un sistema de control para un conjunto de cilindro y pistón, accionado por un motor lineal que comprende el dispositivo mencionado anteriormente.

15

**Descripción de la técnica anterior**

Actualmente, es común el uso de conjuntos de pistón y cilindro accionados por motores lineales. Este tipo de conjunto se aplica ventajosamente, por ejemplo, a compresores lineales en sistemas de refrigeración, tales como frigoríficos y aparatos de aire acondicionado. Los compresores lineales presentan un bajo consumo de energía y, por lo tanto, son muy eficientes para la aplicación en cuestión.

20

El compresor lineal normalmente comprende un pistón que se desplaza dentro de un cilindro. La culata de este cilindro normalmente aloja unas válvulas de aspiración de gas y unas válvulas de descarga de gas, que regulan la entrada de gas a baja presión y la salida de gas a alta presión desde el interior del cilindro. El desplazamiento axial del pistón dentro del cilindro del compresor lineal comprime el gas que ha entrado por la válvula de aspiración, aumentando la presión del mismo, y descargándolo por la válvula de descarga a una zona de alta presión.

25

Alternativamente, existen configuraciones de compresores lineales en los que la válvula de aspiración va colocada en el pistón, o en los que la placa de la válvula puede no existir, en cuyo caso la válvula de descarga cubre toda la parte superior del cilindro.

30

El compresor lineal debe ser capaz de controlar el desplazamiento del pistón dentro del cilindro para evitar que el pistón choque con la culata del cilindro o con otros componentes dispuestos en el otro extremo de la trayectoria de pistón, lo que provoca un ruido fuerte y desagradable, además de desgaste y rasgaduras del equipo. Sin embargo, con el fin de optimizar la eficiencia y el rendimiento del compresor lineal y minimizar el consumo de energía del compresor, es deseable que el pistón se desplace tanto como sea posible en el interior del cilindro, aproximándose tanto como sea posible a la culata del pistón sin chocar con ésta.

35

40

Normalmente, dicho control del desplazamiento del pistón se realiza mediante unos sensores capaces de identificar la posición del pistón. En este caso, la amplitud de desplazamiento del cilindro cuando el compresor está en funcionamiento debe conocerse con precisión, y cuanto mayor sea el error estimado de esta amplitud, mayor será la distancia de seguridad que tenga que existir entre el punto de desplazamiento máximo del pistón y la culata del cilindro para evitar la colisión de los mismos. Esta distancia de seguridad supone una pérdida de eficacia del compresor.

45

Ciertos mecanismos y sistemas que controlan el desplazamiento axial del pistón dentro del cilindro de un compresor lineal son ya conocidos en el estado de la técnica. Éstos incluyen el documento JP 11336661, que describe una unidad de control de la posición del pistón que utiliza señales de posición discretas medidas por un sensor de posición y posteriormente las interpola para determinar la posición de avance máximo del pistón. Con esta solución, es posible alcanzar un alto grado de precisión de la amplitud del desplazamiento del pistón. Sin embargo, la medición de la amplitud del desplazamiento del pistón no se realiza en el sitio de interés que mide la distancia entre el pistón y la culata del cilindro. Ésta es la razón por la que el sistema descrito en este documento está sometido a tolerancias en la posición del conjunto del sensor de posición.

50

55

El documento BR 0001404-4 describe un sensor de posición particularmente aplicable para la detección de la posición de un compresor axialmente desplazable. El compresor comprende una compuerta de válvula que queda dispuesta entre la culata y un cuerpo hueco donde se desplaza el pistón. El sensor comprende una sonda conectada eléctricamente a un circuito de control, pudiendo la sonda capturar el paso del pistón por un punto del cuerpo hueco y comunicarse con el circuito de control. Este sistema, por lo tanto, es capaz de medir la distancia entre el pistón y la culata del cilindro, pero la arquitectura del circuito eléctrico utilizado como transductor de posición del cilindro genera un ruido eléctrico indeseable, debido a los fallos de contacto eléctrico, lo que genera lecturas inexactas.

60

El documento BR 0203724-6 propone otra manera de detectar la posición del pistón en un compresor lineal para evitar que éste choque con la placa de transferencia de fluido cuando se producen variaciones en las condiciones de funcionamiento del compresor o incluso en la tensión de alimentación. La solución propuesta en este documento mide la distancia entre el pistón y la placa de fluido directamente en la parte superior del pistón, y por lo tanto se trata de una solución muy precisa. Sin embargo, esta arquitectura necesita espacio para instalar el sensor de la placa de la válvula y es más costoso.

Los documentos del estado de la técnica mencionados anteriormente describen soluciones basadas en la medición directa de la posición y el desplazamiento del pistón por medio de sensores específicos y, aparentemente, no son capaces de casar con precisión un buen control con un bajo coste. Además, dichas soluciones implican una cierta complejidad de implementación, lo que dificulta el proceso de producción, ya que se requiere una alta precisión de montaje. Además, el uso de un sensor de posición o de desplazamiento requiere la asignación de espacio adicional en el compresor, lo cual es indeseable ya que dificulta el desarrollo de un producto compacto que ocupe un espacio optimizado.

El documento US 5342176 propone un procedimiento para predecir la amplitud de funcionamiento del pistón mediante el control de las variables del motor, tales como la corriente y la tensión aplicada al motor lineal de imanes permanentes. En otras palabras, el propio motor lineal es el transductor de posición del pistón. Esta solución presenta la ventaja de prescindir del uso de un transductor adicional, tal como un sensor, en el interior del compresor. Sin embargo, el procedimiento propuesto presenta el gran inconveniente de tener una precisión muy baja, lo que provoca una pérdida de rendimiento considerable para el compresor, ya que requiere una gran distancia de seguridad entre el pistón y la culata del cilindro con el fin de evitar la colisión. El documento US 2003/0161734 describe un aparato y un procedimiento para controlar un compresor lineal, que comprende las características técnicas definidas en los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 11. El aparato incluye una unidad de detección de corriente para detectar corriente, una unidad de control para determinar si se produce una colisión entre un pistón y una válvula y controlar una carrera del compresor lineal, y una unidad de accionamiento del compresor para realizar la regulación de la carrera del compresor lineal. El procedimiento incluye preestablecer una carrera máxima y un punto de colisión de acuerdo a una carga, aumentar y reducir selectivamente una carrera del compresor lineal de acuerdo con una variación de la carga, y controlar de la carrera. Para este fin, el procedimiento compara la corriente máxima del motor medida antes de que el pistón se encuentre en el punto muerto superior con la corriente medida cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior. Después de eso, el procedimiento compara el resultado de esta comparación con la primera corriente medida en el instante en que el pistón experimenta un impacto.

### 35 **Objetivos de la invención**

Un primer objetivo de la invención consiste en disponer una metodología para detectar un impacto entre un cilindro y un pistón accionado por un motor lineal que prescinda de la utilización de un sensor.

Un segundo objetivo de la invención consiste en disponer un detector de impacto entre un cilindro y un pistón accionado por un motor lineal, que tenga un bajo coste y prescinda del uso de un sensor.

Un tercer objetivo de la invención consiste en disponer un compresor de gas capaz de detectar el impacto entre un cilindro y un pistón accionado por un motor lineal, que tenga un bajo coste y prescinda del uso de un sensor.

Un cuarto objetivo de la invención consiste en disponer un sistema de control capaz de evitar el impacto del pistón con el cilindro, que presente una buena precisión.

### **Breve descripción de la invención**

El primer objetivo de la presente invención se consigue mediante un procedimiento de detección del impacto entre un cilindro y un pistón accionado por un motor lineal, que comprende las etapas de:

- i) obtención de una señal de referencia asociada a una salida eléctrica del motor lineal antes de que el pistón llegue al punto muerto superior;
- ii) obtención de una señal de detección asociada a dicha salida eléctrica del motor lineal después de que el pistón llegue al punto muerto superior;
- iii) comparación entre la señal de referencia y la señal de detección; y
- iv) registro de la existencia de impacto cuando el resultado de la comparación de la etapa iii indica que la señal de detección presenta una variación que deriva del impacto entre el cilindro y el pistón considerando una tolerancia preestablecida.

El segundo objetivo de la presente invención se consigue disponiendo un detector de impacto entre un cilindro y un pistón accionado por un motor lineal que comprende por lo menos un circuito de acondicionamiento conectado eléctricamente al motor lineal, en el que el circuito de acondicionamiento comprende: por lo menos un filtro configurado para seleccionar una gama de altas frecuencias de una señal eléctrica que proviene del motor; por lo menos un medio comparador conectado eléctricamente al filtro y capaz de comparar una señal de referencia procedente del filtro con una señal de detección, y el medio comparador está configurado para obtener la señal de referencia antes de que el pistón llegue al punto muerto superior, y obtener la señal de detección después de que el pistón llegue al punto muerto superior; y por lo menos un medio de control de la señal eléctrica asociada a la salida del medio comparador, y el medio de control está configurado para detectar el impacto cuando el medio comparador indica que la señal de detección presenta una variación respecto a la señal de referencia, teniendo en cuenta una tolerancia preestablecida.

El tercer objetivo de la presente invención se consigue disponiendo un compresor de gas que comprende por lo menos un cilindro y un pistón accionado por un motor lineal; y por lo menos un detector de impacto entre el cilindro y el pistón, estando el detector conectado eléctricamente al motor y siendo según lo mencionado anteriormente.

El cuarto objetivo de la presente invención se consigue disponiendo un sistema de control para el cilindro y el conjunto de pistón accionado por un motor lineal, comprendiendo el sistema de control por lo menos un controlador conectado operativamente al motor, y por lo menos un detector de impacto entre el cilindro y el pistón, estando el detector conectado eléctricamente al controlador y siendo según lo mencionado anteriormente.

### Descripción resumida de los dibujos

La presente invención se describirá a continuación con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista en sección transversal de un compresor al cual se aplica el procedimiento de detección de impacto entre el cilindro y pistón de acuerdo con la presente invención;
- la figura 2 representa un gráfica que ilustra las curvas del motor lineal en una situación en la que no se produce impacto entre el cilindro y el pistón;
- la figura 3 representa una gráfica que ilustra las curvas del motor lineal en una primera situación en la cual se produce impacto entre el cilindro y el pistón;
- la figura 4 representa una gráfica que ilustra las curvas del motor lineal en una segunda situación en la que se produce impacto entre el cilindro y el pistón;
- la figura 5 representa una ampliación de la zona resaltada de la gráfica mostrada en la figura 4, que muestra la región que ilustra el impacto entre el cilindro y el pistón;
- la figura 6 representa un diagrama de bloques que ilustra los elementos de un detector de impacto entre el cilindro y el pistón, objeto de la presente invención; y
- la figura 7 representa un diagrama de bloques que ilustra un sistema de control de un conjunto de cilindro y pistón, objeto de la presente invención.

### Descripción detallada de los dibujos

#### Conjunto de pistón y cilindro accionado por motor lineal

La figura 1 ilustra un compresor con motor lineal al cual se aplica el conjunto de pistón y cilindro accionado por motor lineal que tiene un detector de impacto entre el cilindro 2 y el pistón 1 de acuerdo con la presente invención.

El conjunto de pistón y cilindro, ilustrado en una realización preferida en la figura 1, comprende un cilindro 2, que tiene una placa de válvula en su extremo superior, también conocida como culata de válvula. Esta culata de válvula comprende una válvula de aspiración de aire 3a que permite la entrada de aire a baja presión en el cilindro 2, y una válvula de descarga de aire 3b que descarga aire a alta presión fuera del cilindro 2, si el conjunto de pistón y cilindro se aplica a un compresor de aire.

En otras aplicaciones del conjunto de pistón y cilindro, la válvula de aspiración y de descarga 3a y 3b, que comunican con el interior del cilindro 2, pueden funcionar con otros tipos de fluidos. Por ejemplo, si el conjunto de pistón y cilindro se aplica a una bomba, las válvulas 3a y 3b pueden permitir la entrada y descarga de otro tipo de fluido, tal como agua.

El conjunto de pistón y cilindro también comprende un pistón 1 que se desplaza en el interior del cilindro 2, constituyendo conjuntamente un conjunto resonante. En el interior del cilindro 2, el pistón 1 realiza un movimiento lineal alternativo, ejerciendo una acción de compresión del gas que ha entrado en el interior del cilindro 2 por la

## ES 2 404 605 T3

válvula de aspiración 3a, hasta el punto en que este gas puede ser descargado al lado de alta presión, a través de la válvula de descarga 3b.

5 El pistón 1 está conectado a por lo menos un imán 5, de manera que el desplazamiento del pistón 1 provoca el desplazamiento del imán correspondiente 5 y viceversa. El imán 5 está dispuesto preferiblemente alrededor de la superficie exterior del pistón 1, tal como puede apreciarse en la figura 1. En realizaciones alternativas de la invención, el imán puede estar conectado al pistón 1 de maneras distintas, por ejemplo, fijado a un vástago que esté conectado al pistón 1.

10 El conjunto de pistón y cilindro tiene también una estructura de soporte 4 que puede servir de apoyo para el pistón 1 y/o de guía para el desplazamiento del pistón 1 y/o el imán 5. A lo largo de por lo menos parte de la estructura de soporte 4, se forma un espacio de aire 12 en el cual se desplace el imán.

15 En una realización preferida de la invención mostrada en la figura 1, dos muelles helicoidales 7a y 7b van montados contra el pistón 1, a cada lado del mismo, y dichos muelles preferiblemente están siempre comprimidos. El pistón 1, va conjuntamente con las partes móviles del accionador y los muelles helicoidales, para el conjunto resonante del compresor.

20 El actuador del conjunto de pistón y cilindro comprende por lo menos una bobina de motor 6 alimentada eléctricamente para producir un campo magnético. La bobina de motor 6 tiene que quedar dispuesta de manera que el campo magnético generado actúe por lo tanto en la trayectoria de desplazamiento del imán 5 del pistón 1.

25 Por lo tanto, al alimentar eléctricamente la bobina del motor se genera un flujo magnético a lo largo de por lo menos una parte del espacio de aire 12, y que puede ser variable y controlarse, de acuerdo con la tensión de alimentación aplicada a la bobina del motor 6. Por consiguiente, la variación del campo magnético generado por la bobina del motor 6 como resultado de la tensión aplicada a la misma induce el imán 5 para que realice un movimiento alternativo a lo largo del espacio de aire 12, haciendo que el pistón 1 se aleje y se acerque a la placa de la válvula 3a y 3b del cilindro 2, comprimiendo de este modo el gas que entra en el cilindro 2. La amplitud de operación del pistón 1 corresponde a la amplitud de desplazamiento total del pistón 1 en el interior del cilindro 2.

30 La amplitud de operación del pistón 1 se regula por el equilibrio de la energía generada por el actuador y la energía consumida por el mecanismo en la compresión de gas y otras pérdidas. Para obtener la máxima capacidad de bombeo del conjunto de pistón y cilindro, es necesario operar a una amplitud en la que el pistón 1 se desplace tan cerca como sea posible de las placas de válvula 3a, 3b, pero sin impactar o chocar con éstas. Este impacto no es deseable, ya que produce un ruido fuerte, y es más, el hecho de que se produzcan sucesivos impactos continuamente durante el uso del equipo puede producir daños al mismo.

### Procedimiento para detectar un impacto entre el cilindro y el pistón accionado por un motor lineal

40 El enfoque de la presente invención consiste en una metodología capaz de detectar por lo menos un impacto entre el pistón 1 y el cilindro 2 de manera que un sistema de control adecuado sea capaz de reducir la incidencia e incluso impedir futuros impactos en base a información proporcionada por esta metodología.

45 El procedimiento para detectar un impacto entre el cilindro 2 y el pistón 1 accionado por un motor lineal comprende una primera etapa i) de obtener una señal de referencia  $S_r$ , asociada a una salida eléctrica del motor lineal, durante un intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$ . Preferiblemente, se usa la salida eléctrica del motor lineal en una señal de tensión eléctrica, pero pueden utilizarse otras magnitudes tales como, por ejemplo, la corriente eléctrica. Esta salida eléctrica es tratada por un filtro que sólo permite el paso de una gama de altas frecuencias. Para la presente invención, una gama de altas frecuencias comprende la frecuencia que puede darse por la respuesta del impacto 50 entre el cilindro y el pistón. Dicha frecuencia es relativamente mayor que la frecuencia de funcionamiento normal del compresor. De este modo, el filtro se ajusta para separar la frecuencia de funcionamiento del compresor a partir de la frecuencia de la señal resultante de impacto entre el cilindro y el pistón. Por consiguiente, la señal de referencia  $S_r$  es una señal filtrada de la salida eléctrica del motor lineal. En las figuras 2 a 5, la señal eléctrica filtrada está representada por la curva "B" y la señal original está representada por la curva "A".

55 El intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$  corresponde a una "ventana de tiempo" transcurrido entre un primer instante  $t_1$  y un segundo instante  $t_2$ , en el que el segundo instante  $t_2$  se produce después del primer instante  $t_1$  ( $t_2 > t_1$ ). El segundo instante  $t_2$  corresponde al instante en que el pistón 1 llega al punto muerto superior o punto máximo. En este instante  $t_2$ , la señal de tensión eléctrica alcanza el valor cero, tal como puede apreciarse en las gráficas de 2 a 5 (punto de intersección de la curva de tensión en el eje de abscisas o de tiempo). De este modo, en la presente 60 invención, esta intersección puede utilizarse para determinar el instante en el que el pistón 1 alcanza su punto máximo cuando podría chocar con el cilindro 2.

El primer instante  $t_1$  puede determinarse a partir del segundo instante  $t_2$ , de manera que se resta un valor de tiempo del segundo instante  $t_2$ , en el que dicho valor corresponde en módulo al valor del intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$ . Preferiblemente, el valor del intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$  está preestablecido. Sin embargo, pueden utilizarse otras formas de determinación de este intervalo, tal como, por ejemplo, técnicas inteligentes basadas en sistemas de aprendizaje.

En una situación ideal, no debe producirse ningún impacto entre el pistón 1 y el cilindro 2, es decir, después de que el pistón 1 llegue al punto muerto superior en el instante  $t_2$ , éste no debe colisionar con el cilindro 2. Sin embargo, esta situación no siempre es posible, principalmente por una solución simple y de bajo coste, ya que el conjunto motor-cilindro-pistón a menudo está sometido a perturbaciones y acciones externas que son difíciles de cuantificar en la fase de proyecto. Por consiguiente, a menudo el impacto es inevitable y, por lo tanto, la presente metodología de esta invención proporciona una solución para detectar este impacto, de modo que puede operarse un sistema de control para impedir/evitar impactos futuros o por lo menos reducir la incidencia de los mismos.

Esta metodología también puede utilizarse para ajustar sensores de posición utilizados para determinar la posición del pistón, tales como los descritos en el estado de la técnica.

La segunda etapa ii) de este procedimiento consiste en obtener una señal de detección  $S_d$  asociada a dicha salida eléctrica del motor lineal durante un intervalo de tiempo de detección  $\Delta t_d$  transcurrido entre el segundo instante  $t_2$  y un tercer instante  $t_3$ , en el que el tercer instante  $t_3$  se produce después del segundo instante  $t_2$ . Al igual que en la determinación del intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$ , el intervalo de detección de tiempo  $\Delta t_d$  preferiblemente, aunque no obligatoriamente, también está preestablecido.

La siguiente etapa iii) del procedimiento de la presente invención consiste en comparar la señal de referencia  $S_r$  con la señal de detección  $S_d$ . Dicha comparación puede realizarse utilizando distintas técnicas, tales como la identificación de señales, análisis espectral, y otras técnicas matemáticas. Es preferible utilizar la técnica de detectar el máximo (pico) de la señal de detección  $S_d$ , la cual se detallará a continuación.

La cuarta y última etapa iv) consiste en registrar la existencia de impacto cuando el resultado de la comparación de la etapa iii indica que la señal de detección  $S_d$  presenta una variación derivada de impacto entre el cilindro 2 y el pistón 1. Esta indicación (determinación de la existencia de un impacto) se consigue teniendo en cuenta una tolerancia preestablecida en una variación admisible entre la señal de referencia  $S_r$  y la señal de detección  $S_d$ . Obviamente, dicha tolerancia depende directamente de la técnica de comparación adoptada para la etapa iii.

Aunque esta metodología se basa preferiblemente en la detección de la existencia de impacto entre el cilindro 2 y el pistón 1 en el dominio de tiempo, opcionalmente puede basarse en otros dominios de espacio de muestra, tales como, por ejemplo, en el dominio de fase.

#### Técnica de detección del máximo

Tal como se ha mencionado anteriormente, preferiblemente se utiliza la técnica de detección del máximo (pico) de la señal de detección  $S_d$ , dado que es fácil de implementar (desarrollo y producción), y no requiere una plataforma de hardware compleja o de coste elevado.

En dicha técnica, en la etapa III, la diferencia en módulo (valor absoluto) se calcula entre el valor máximo  $V_p$  de la señal de referencia  $V_r$  y un valor de referencia  $V_r$  de la señal de referencia de  $S_r$ . En consecuencia, en la etapa iv la existencia de impacto se registra cuando el resultado del cálculo de la etapa iii es mayor que el valor de tolerancia preestablecido  $\delta$  que, a su vez puede determinarse experimentalmente o calcularse teniendo en cuenta el ruido o perturbación de la señal.

El valor de referencia  $V_r$  de la señal de referencia  $S_r$  se obtiene en la etapa i, es decir, durante el intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$ . Dicho valor de referencia  $V_r$  del motor se obtiene preferiblemente en el primer instante  $t_1$  o en el segundo instante  $t_2$ . Sin embargo, el valor de referencia  $V_r$  puede obtenerse en cualquier instante comprendido en el intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$ , y el valor de tolerancia  $\delta$  varía en función de la variación del valor de referencia  $V_r$ .

El valor pico  $V_p$  de la señal de detección  $S_d$  se obtiene en la etapa ii, es decir, durante el intervalo de tiempo de detección  $\Delta t_d$ . Dicho valor debe considerarse en módulo, es decir, el valor pico  $V_p$  se determina en relación con el eje de abscisas de la gráfica.

En la figura 2 puede observarse que el valor pico  $V_p$  es el valor de la tensión en el segundo instante  $t_2$  debido a que durante el intervalo de tiempo de detección  $\Delta t_d$ , el valor de la tensión en el segundo instante  $t_2$  corresponde al mayor valor (pico) de la señal de detección  $S_d$ . Como que el resultado de la suma (en módulo) entre el valor de

referencia  $V_r$ , obtenido en el primer instante  $t_1$ , y el valor de tolerancia  $\delta$  era mayor que el valor pico  $V_p$ , puede concluirse que no se produjo impacto entre el cilindro 2 y el pistón 1.

En la figura 3 puede observarse que el valor pico  $V_p$  se produjo durante el intervalo de tiempo de detección  $\Delta t_d$ .

- 5 Como que el resultado de la suma (en módulo) entre el valor de referencia  $V_r$ , obtenido en el primer instante  $t_1$ , y el valor de tolerancia  $\delta$  era menor que el valor pico  $V_p$ , puede concluirse que se produjo impacto entre el cilindro 2 y el pistón 1. La figura 5 muestra una situación similar; sin embargo, el impacto se produce en el lado positivo de la señal de tensión eléctrica.
- 10 Nótese que en las figuras 2 a 5, el valor pico sólo es manifiesto en la señal eléctrica filtrada (curva "B").

Existen varias maneras de implementar el procedimiento de la presente invención, y una de las posibles realizaciones consiste en atribuir al valor de referencia  $V_r$  el valor máximo de la señal de referencia  $S_r$  (que se produjo durante el intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$ ), y el impacto se detecta cuando el nivel de la señal de

- 15 detección  $S_d$  (que se produjo durante el intervalo de tiempo de detección  $\Delta t_d$ ) alcanza el valor de referencia  $V_r$  más el valor de tolerancia  $\delta$ .

Alternativamente, es posible determinar el valor pico  $V_p$  mediante las siguientes sub-etapas:

- 20 a) realizar un muestreo de un número finito de valores de comparación  $V_c$  de la señal de referencia  $S_r$ ;  
 b) calcular el módulo de la diferencia entre cada uno de los valores de comparación  $V_c$  y los valores de la señal de detección  $S_d$ ;  
 c) realizar una comparación entre todos los valores calculados en la sub-etapa b);  
 d) seleccionar el valor mayor obtenido en la sub-etapa c); y  
 25 e) atribuir el valor obtenido en la sub-etapa d) como valor pico  $V_p$ .

Determinar y obtener el valor de la señal eléctrica, correspondiente al instante en que se produjo el impacto (valor pico  $V_p$ ), permite ajustar los sensores de posición asociables a conjuntos de cilindro y pistón para ciertos modelos de compresor. Tal como se ha descrito anteriormente, este valor de la señal eléctrica se obtiene en la situación en

30 que el pistón 1 alcanza su posición máxima en el interior del cilindro 2, es decir, el punto muerto superior. Consecuentemente, en un proceso de ajuste del sensor de posición, el valor pico  $V_p$  puede utilizarse como valor en el que el sensor de posición debe interpretarse como que corresponde a la posición máxima que alcanza el pistón dentro del cilindro.

- 35 Opcionalmente, pueden utilizarse otras técnicas de ajuste del sensor para medir la posición del pistón 1 dentro del cilindro 2 aplicando el procedimiento de la presente invención. Análogamente, este procedimiento también puede utilizarse para ajustar un dispositivo capaz de estimar la posición del pistón 1 dentro del cilindro 2, en lugar del sensor de posición per se.

#### 40 Detector de impacto entre el cilindro y el pistón

El procedimiento de la presente invención puede implementarse mediante un dispositivo detector que comprenda una plataforma de hardware, tal como una placa electrónica que tenga componentes y/o microprocesadores capaces de ejecutar las etapas de esta metodología. Así, la metodología puede implementarse mediante una

45 placa electrónica que esté compuesta totalmente por componentes analógicos y/o digitales, que formen un circuito electrónico, prescindiendo así del uso de un software (procesado en el microcontrolador o microprocesador). Dicha implementación no se detallará aquí dado que se trata de conocimiento común para un experto en la materia. En la figura 6 se ilustra esquemáticamente una realización preferida del detector.

- 50 En consecuencia, esta plataforma de hardware es un circuito de acondicionamiento (tratamiento) 200 que comprende por lo menos un filtro 201 configurado para seleccionar una gama de altas frecuencias de una señal eléctrica que sale del motor, bloqueando las frecuencias medias y bajas de la señal.

- El circuito de acondicionamiento 200 también comprende por lo menos un medio comparador 202 conectado
- 55 eléctricamente al filtro 201, y el medio comparador 202 está configurado para comparar la señal de referencia  $S_r$  que proviene del filtro 201 con la señal de detección  $S_d$ , también procedente del filtro 201.

- La señal de referencia  $S_r$  se obtiene durante el intervalo de tiempo de referencia  $\Delta t_r$  transcurrido entre el primer instante  $t_1$  y el segundo instante  $t_2$ , en el que el segundo instante  $t_2$ , que se produce después del primer instante  $t_1$ ,
- 60 corresponde al instante en el que el pistón 1 llega al punto muerto superior.

La señal de detección  $S_d$  se obtiene durante el intervalo de tiempo de detección  $\Delta t_d$  transcurrido entre el segundo instante  $t_2$  y el tercer instante  $t_3$ , en el que el tercer instante  $t_3$  se produce después del segundo instante  $t_2$ .

El circuito de acondicionamiento 200 también comprende por lo menos un medio de control 203 de la señal eléctrica, asociado a la salida 202 del medio comparador 202, configurado para recibir la información de la existencia de impacto. Opcionalmente, el medio de control 203 y el medio comparador 202 pueden estar incluidos en un único componente o dispositivo.

La detección de un impacto a través de un medio de control 203 se produce cuando el medio comparador 202 indica que la señal de detección Sd presenta una variación respecto a la señal de referencia Sr, considerando una tolerancia preestablecida.

10

Preferiblemente, el medio comparador 202 realiza la comparación restando el valor de referencia Vr de la detección de la señal Sd, en el que el valor de referencia Vr corresponde a un valor preestablecido de la señal de referencia Sr. La detección de un impacto a través de un medio de control 203 se produce cuando el nivel de la señal de detección Sd supera el valor de referencia Vr más un valor de tolerancia preestablecido  $\delta$ .

15

Por consiguiente, el detector funciona como un equivalente a un sensor, y su principal objetivo es identificar si el impacto del pistón 1 con el cilindro 2 se produjo en el punto máximo o punto muerto superior.

El cilindro 2 y el pistón 1 accionado por un motor lineal, tal como se ilustra en la figura 1, y el circuito de acondicionamiento 200 conectado eléctricamente al motor forman un equipo compresor de gas completo 100, que es también un objetivo de la presente invención.

20

## Sistema de control

Todavía haciendo referencia a la figura 1, el pistón 1 del conjunto de pistón y cilindro de acuerdo con la invención está conectado al imán 5, que se mueve en una trayectoria de desplazamiento que comprende un espacio de aire 12 formado entre la parte de soporte 4, y la bobina del motor 6 acoplada al estator 10. Este movimiento del imán induce el movimiento alternativo del pistón 1 dentro del cilindro 2, comprimiendo el gas que ha entrado en el interior del cilindro 2 por la válvula de aspiración 3a, y descargando el gas de alta presión a través de la válvula de descarga 3b.

30

El compresor lineal va montado dentro de un bastidor 11. El espacio formado entre el compresor y el bastidor constituye una cámara de baja presión 13, donde queda contenido el gas de baja presión. La válvula de aspiración 3a del cilindro 2 comunica con la cámara de baja presión 13 y permite que el gas entre en el cilindro 2. La válvula de descarga 3b del cilindro 2 descarga el gas de alta presión, que fue comprimido en el interior del cilindro 2 por el movimiento de compresión del pistón 1, hacia una zona de alta presión herméticamente aislada de la cámara de baja presión.

35

La amplitud de desplazamiento del pistón 1 dentro del cilindro 2 puede controlarse mediante un sistema de control adecuado.

40

En este sentido, el detector de impacto puede estar constituido por un sistema de control que opere analógicamente a un sensor, tal como se ilustra en el diagrama de bloques de la figura 7. Dicho sistema controla el cilindro 2 y un conjunto de pistón 1 accionado por un motor lineal, tal como ya se ha descrito anteriormente. El sistema comprende por lo menos un controlador conectado operativamente al motor, y el detector de impacto está conectado eléctricamente a dicho controlador.

45

Pueden adoptarse diversas técnicas de control conocidas, tales como control PID, siempre con el fin de evitar y/o reducir la existencia de impactos entre el pistón 1 y el cilindro 2.

50

Preferiblemente, la variable de control es la tensión del motor, sin embargo, pueden utilizarse otras magnitudes para controlar la posición del pistón 1, siempre que sean adecuadas para esta aplicación.

Este sistema de control presenta una buena precisión, ya que se basa indirectamente en un sistema de aprendizaje de acuerdo con el comportamiento individual del compresor, y la información obtenida de las colisiones que se han producido se almacena y se utiliza para evitar/reducir futuras colisiones.

55

Por consiguiente, el equipo de compresión de acuerdo con la invención es capaz de operar para optimizar su capacidad de compresión, ya que tiene una distancia de seguridad anti-colisión significativamente reducida, y por consiguiente optimizar también el consumo de energía del equipo.

60

En consecuencia, tal como puede comprenderse claramente a partir de la descripción anterior, la presente invención es capaz de evitar la necesidad de medir la amplitud de desplazamiento del pistón 1 dentro del cilindro 2, presentando una alta precisión.

- 5 Adicionalmente, el equipo para detectar la amplitud de desplazamiento del pistón 1 dentro del cilindro 2 es del todo sencilla, ya que esencialmente consiste en una placa electrónica situada en cualquier lugar adecuado, y la señal generada por esta placa, o una variación específica que experimente esta señal, es suficiente para indicar que el pistón 1 ha chocado con el cilindro 2. De este modo, el equipo prescinde del uso de sensores, reduciéndose de este modo los costes.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para detectar un impacto entre un cilindro (2) y un pistón (1) accionado por un motor lineal, que comprende las etapas de:
- 5
- i) obtención de una señal de referencia (Sr) asociada a una salida eléctrica del motor lineal;
  - ii) obtención de una señal de detección (Sd) asociada a dicha salida eléctrica del motor lineal;
  - iii) comparación entre la señal de referencia (Sr) y la señal de detección (Sd); y
  - iv) registro de la existencia de impacto cuando el resultado de la comparación de la etapa iii indica que
- 10 la señal de detección (Sd) presenta una variación derivada de un impacto entre el cilindro (2) y el pistón (1) teniendo en cuenta una tolerancia preestablecida,
- estando el procedimiento caracterizado por el hecho de que
- 15 la señal de referencia (Sr) se obtiene durante un intervalo de tiempo de referencia ( $\Delta t_r$ ) transcurrido entre un primer instante (t1) y un segundo instante (t2), en el que el segundo instante (t2) se produce después del primer instante (t1), y el segundo instante (t2) corresponde al instante en el que el pistón (1) alcanza el punto muerto superior; y
- 20 la señal de detección (Sd) se obtiene durante un intervalo de tiempo de detección ( $\Delta t_d$ ) transcurrido entre un segundo instante (t2) y un tercer instante (t3), en el que el tercer instante (t3) se produce después del segundo instante (t2).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la señal de referencia (Sr) de la etapa i y la señal de detección (Sd) de la etapa ii son señales filtradas a partir de la salida eléctrica del motor, y dichas señales contienen componentes de altas frecuencias de la salida eléctrica del motor.
- 25
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que:
- en la etapa i se obtiene un valor de referencia (Vr) de la señal de referencia (Sr);
  - en la etapa ii se obtiene un valor pico (Vp) de la señal de detección (Sd);
  - en la etapa iii se calcula la diferencia entre el valor pico (Vp) y el valor de referencia (Vr); y
  - en la etapa iv se registra la existencia de impacto cuando el resultado del cálculo de la etapa iii) es mayor que un valor de tolerancia preestablecido  $\delta$ .
- 30
- 35
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el tiempo de referencia ( $\Delta t_r$ ) transcurrido entre el primer instante (t1) y el segundo instante (t2) está preestablecido.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el tiempo de detección ( $\Delta t_d$ ) transcurrido entre el segundo instante (t2) y el tercer instante (t3) está preestablecido.
- 40
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que en la etapa i, el valor de referencia (Vr) del motor se obtiene en el primer instante (t1) o en el segundo instante (t2).
- 45
7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que en la etapa i, el valor de referencia (Vr) del motor corresponde al valor máximo de la señal de referencia (Sr).
8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la etapa ii comprende las siguientes sub-etapas:
- 50
- iiia) realizar un muestreo de un número finito de valores de comparación (Vc) de la señal de referencia (Sr);
  - iiib) calcular el módulo de la diferencia entre cada valor de comparación (Vc) y los valores de la señal de detección (Sd),
  - iiic) realizar una comparación entre todos los valores calculados en la sub-etapa iiib);
  - iiid) seleccionar el valor mayor obtenido en la sub-etapa iiic); y
  - iiie) atribuir el valor obtenido en la sub-etapa iiid) como valor pico (Vp).
- 55
9. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la detección de impacto en la etapa iv permite ajustar con precisión un sensor para medir la posición del pistón (1) en el interior del cilindro (2), o permite ajustar con precisión un dispositivo capaz de estimar la posición del pistón (1) en el interior del cilindro (2).
- 60

10. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que en la etapa ii, el valor pico ( $V_p$ ) que se produjo en el instante de detección se utiliza para ajustar con precisión los sensores de posición del pistón (1) en el interior del cilindro (2), y el valor pico ( $V_p$ ) corresponde a la posición máxima que alcanza el pistón (1) en el interior del cilindro (2).

5

11. Detector de impacto entre un cilindro (2) y un pistón (1) accionado por un motor lineal que comprende por lo menos un circuito de acondicionamiento (200) conectado eléctricamente al motor lineal,

en el que el circuito de acondicionamiento (200) comprende por lo menos:

10

- un filtro (201) configurado para seleccionar una gama de altas frecuencias de una señal eléctrica que proviene del motor;

- un medio comparador (202) conectado eléctricamente al filtro (201), siendo capaz el medio comparador (202) de comparar una señal de referencia ( $S_r$ ) que proviene del filtro (201) con una señal de detección ( $S_d$ ), y el medio comparador está configurado para:

15

- obtener la señal de referencia ( $S_r$ ); y
- obtener la señal de detección ( $S_d$ ); y

20

- un medio de control (203) de la señal eléctrica asociada a la salida del medio comparador (202),

en el que el medio de control (203) está configurado para detectar un impacto cuando el medio comparador (202) indica que la señal de detección ( $S_d$ ) presenta una variación respecto a la señal de referencia ( $S_r$ ), considerando un margen de tolerancia preestablecido,

25

estando el detector de impacto caracterizado por el hecho de que la señal de referencia ( $S_r$ ) se obtiene durante un intervalo de tiempo de referencia ( $\Delta t_r$ ) transcurrido entre un primer instante ( $t_1$ ) y un segundo instante ( $t_2$ ), en el que el segundo instante ( $t_2$ ) se produce después del primer instante ( $t_1$ ), y el segundo instante ( $t_2$ ) corresponde al instante en el que el pistón (1) alcanza el punto muerto superior; y

30

la señal de detección ( $S_d$ ) se obtiene durante un intervalo de tiempo de detección ( $\Delta t_d$ ) transcurrido entre el segundo instante ( $t_2$ ) y un tercer instante ( $t_3$ ), en el que el tercer instante ( $t_3$ ) se produce después del segundo instante ( $t_2$ ).

35

12. Detector de impacto según la reivindicación 11, caracterizado por el hecho de que el medio comparador (202) está configurado para restar un valor de referencia ( $V_r$ ) de la señal de detección ( $S_d$ ), en el que el valor de referencia ( $V_r$ ) corresponde a un valor obtenido de la señal de referencia ( $S_r$ ), y el medio de control (203) está configurado para detectar el impacto cuando el nivel de la señal de detección ( $S_d$ ) supera el valor de referencia ( $V_r$ ) más un valor de tolerancia preestablecido ( $\delta$ ).

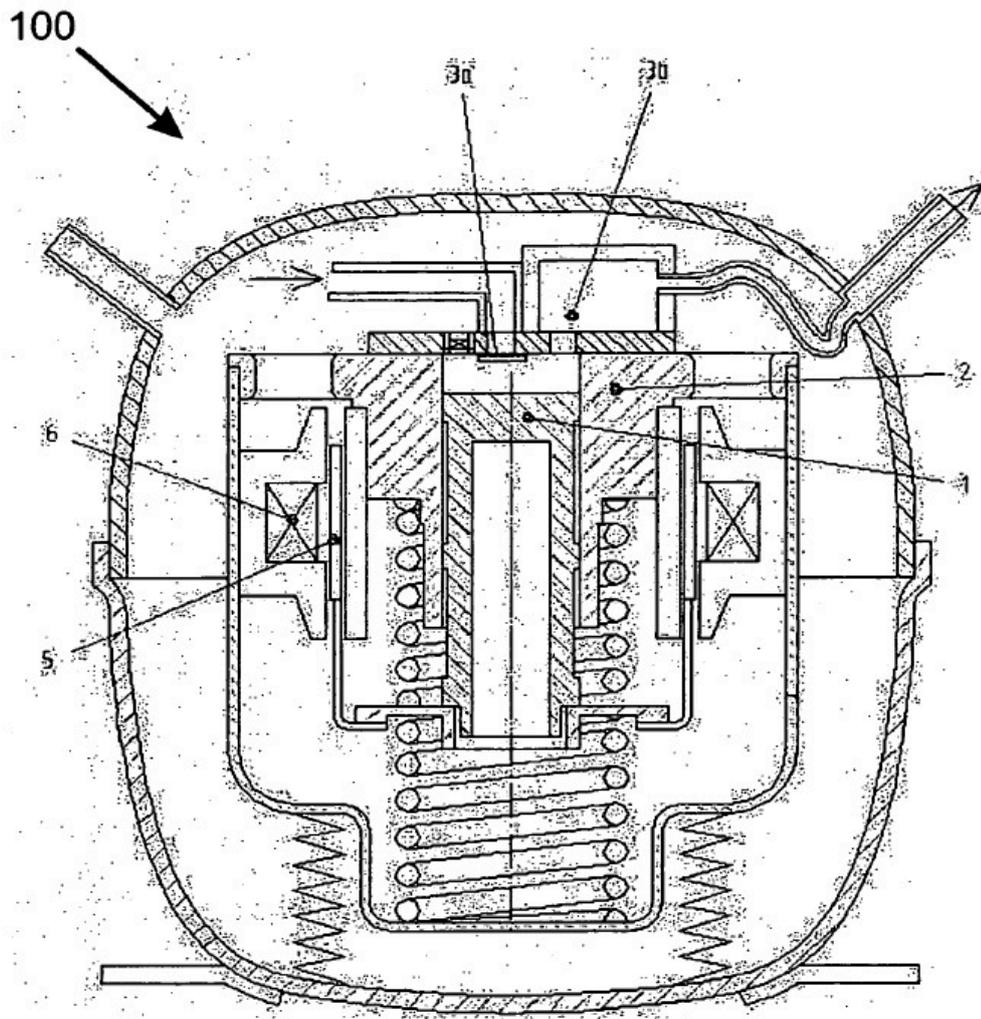
40

13. Compresor de gas (100) que comprende por lo menos un cilindro (2) y un pistón (1) accionado por un motor lineal, estando caracterizado el compresor de gas (100) por el hecho de que comprende por lo menos un detector de impacto entre el cilindro (2) y el pistón (1), estando el detector conectado eléctricamente al motor, siendo el detector según se define en las reivindicaciones 11 y 12.

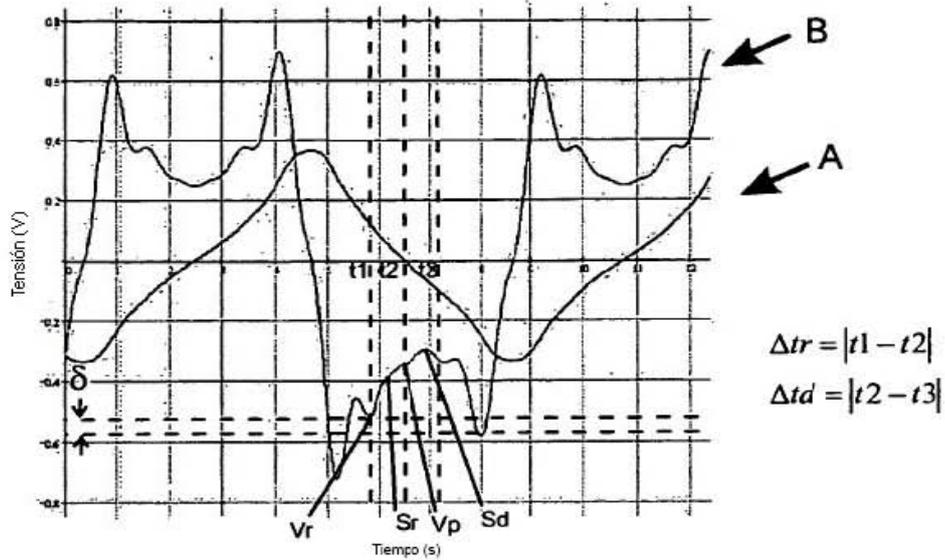
45

14. Sistema de control para un conjunto de cilindro (2) y pistón (1) accionado por un motor lineal, comprendiendo el sistema de control por lo menos un controlador conectado operativamente al motor, estando caracterizado el sistema de control por el hecho de que comprende también por lo menos un detector de impacto entre el cilindro (2) y el pistón (1), estando el detector conectado eléctricamente al controlador, siendo el detector según se define en las reivindicaciones 11 y 12.

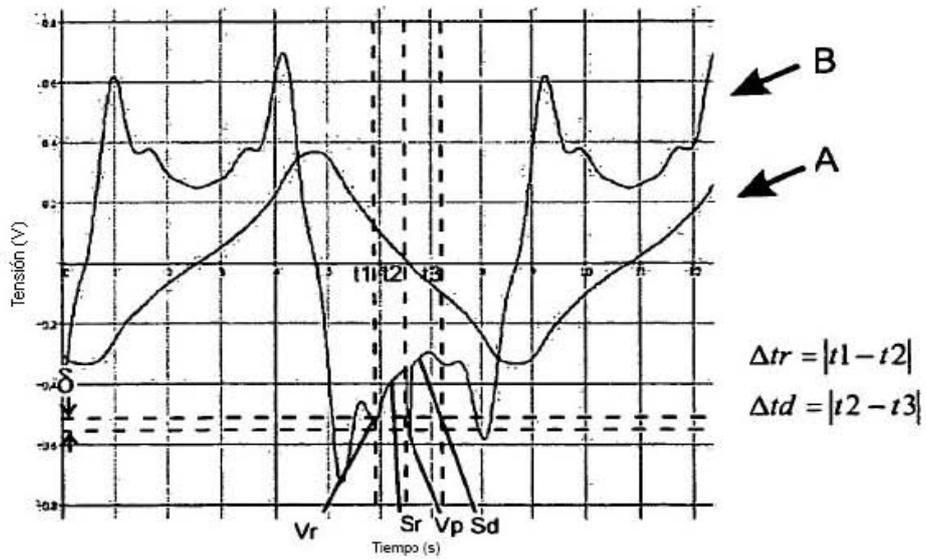
50



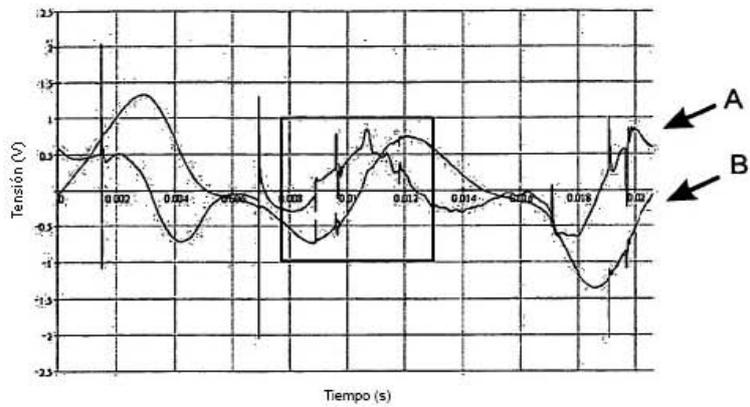
**Fig. 1**



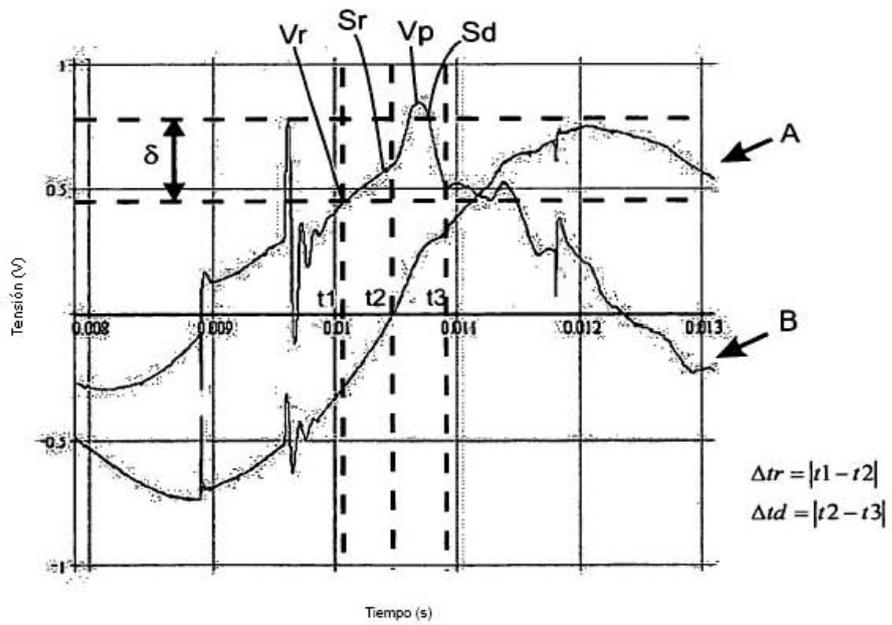
**Fig. 2**



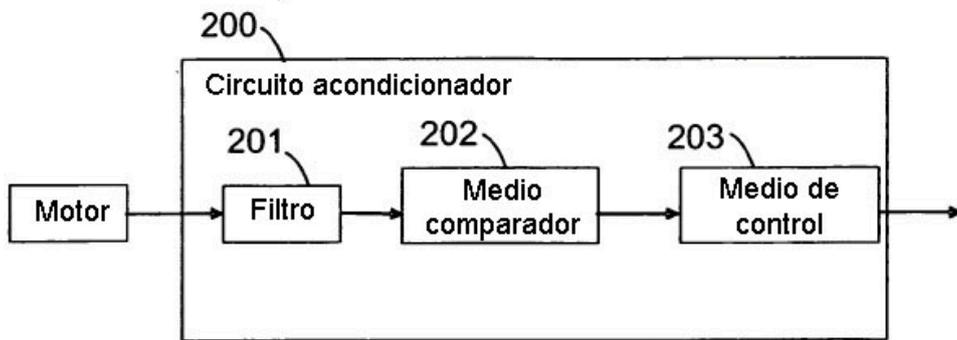
**Fig. 3**



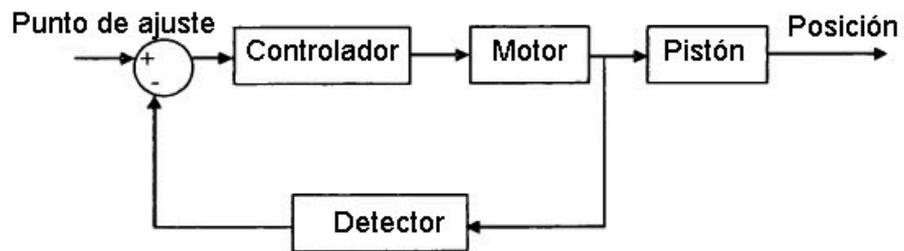
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

10

- JP 11336661 B
- BR 00014044
- BR 02037246
- US 5342176 A
- US 20030161734 A