

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 607**

51 Int. Cl.:

**F04B 35/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2008 PCT/BR2008/000401**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.07.2009 WO09082800**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2008 E 08867797 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2232071**

54 Título: **Combinación de pistón y cilindro accionada por motor lineal con sistema de reconocimiento de la posición del pistón y compresor de motor lineal**

30 Prioridad:

**28.12.2007 BR PI0704947**

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

**12.04.2017**

73 Titular/es:

**WHIRLPOOL S.A. (100.0%)  
Av. das Nações Unidas, 12.995, 32º andar  
Brooklin Novo  
04578-000 São Paulo SP, BR**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**ZEA CHECA, Bernabé**

ES 2 608 607 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**

Combinación de pistón y cilindro accionada por motor lineal con sistema de reconocimiento de la posición del pistón y compresor de motor lineal

5

Esta solicitud reivindica prioridad de la patente brasileña nº PI0704947-1 presentada el 28 de diciembre de 2007.

La presente invención describe una combinación de pistón y cilindro accionada por motor lineal, con sistema de reconocimiento de la posición del pistón, que es capaz de detectar la amplitud de funcionamiento del pistón y maximizar la capacidad de compresión del pistón: La invención describe también un compresor de motor lineal al cual se aplica una combinación de pistón y cilindro de este tipo, así como un sensor inductivo aplicable al compresor que es el objeto de la presente invención.

10

Descripción de la técnica anterior

15

En la actualidad, el uso de combinaciones de pistón y cilindro accionados por motores lineales es muy común. Este tipo de combinación de pistón y cilindro se aplica ventajosamente, por ejemplo, a compresores lineales, en sistemas de refrigeración, tales como neveras 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 mueve dentro de un cilindro. La cabeza de este cilindro aloja unas válvulas de aspiración 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 movimiento 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 a través de la válvula de descarga a una zona de alta presión.

25

El compresor lineal debe ser capaz de identificar la posición y controlar el desplazamiento del pistón dentro del cilindro para evitar que el pistón colisione con la cabeza del cilindro, o con otros componentes dispuestos en el otro extremo de la trayectoria de pistón, lo que produce un ruido fuerte y desagradable, además de desgaste de los equipos.

30

Sin embargo, para 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 dentro del cilindro, acercándose lo más posible a la cabeza del pistón sin colisionar con ella. Para que esto sea posible, la amplitud de desplazamiento del cilindro cuando el compresor está en funcionamiento debe conocerse con precisión, considerando que contra más grande se considere el error estimado de esta amplitud, mayor será la distancia de seguridad entre el punto máximo de la trayectoria del pistón y la cabeza del cilindro, para evitar la colisión de los mismos. Esta distancia de seguridad proporciona una pérdida de eficiencia del compresor.

35

Ciertos mecanismos y sistemas que controlan el desplazamiento axial del pistón dentro del cilindro de un compresor son ya conocidos en la técnica anterior. Éstos incluyen el caso de la patente americana 5.342.176, que propone un procedimiento para prever la amplitud de funcionamiento del pistón mediante el control de las variables del motor, tales como la corriente y la tensión aplicadas 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 de la utilización de un transductor adicional, tal como un sensor, en el interior del compresor. Sin embargo, el procedimiento propuesto tiene el principal inconveniente de tener muy baja precisión, lo que provoca una considerable pérdida de rendimiento para el compresor, ya que requiere una gran distancia de seguridad entre el pistón y la cabeza del cilindro con el fin de evitar la colisión.

45

La patente JP 11336661 describe una unidad de control de la posición de un pistón, que utiliza señales de posición discretas medidas por un sensor de posición y posteriormente las interpola para determinar la posición de máximo avance del pistón. Con esta solución, es posible obtener un alto grado de exactitud de la amplitud de desplazamiento del pistón. Sin embargo, la medición de la amplitud de desplazamiento del pistón no se realiza en una posición conveniente donde se mide la distancia entre el pistón y la cabeza del cilindro. Por esta razón, el sistema de esta invención está sujeto a tolerancias en la posición de montaje del sensor de posición.

50

55

La solicitud de patente BR 0001404-4 describe un sensor de posición particularmente apropiado para la detección de la posición de un compresor axialmente desplazable. El compresor comprende una lámina de válvula que está situada entre la cabeza y un cuerpo hueco donde se mueve el pistón. El sensor comprende una sonda conectada eléctricamente a un circuito de control, siendo la sonda capaz de capturar el paso del pistón por un punto del cuerpo hueco y enviar una señal para el circuito de control. Este sistema, por lo tanto, es capaz de medir la distancia entre el pistón y la cabeza del cilindro, pero la arquitectura del circuito eléctrico utilizado como transductor de posición del cilindro genera ruido eléctrico no deseado, debido a los fallos de contacto eléctrico, lo que genera lecturas inexactas.

60

5 La solicitud de patente BR 0203724-6 propone otra manera de detectar la posición del pistón en un compresor lineal, para evitar que colisione con la placa de transferencia de fluido cuando se producen variaciones en las condiciones de funcionamiento del compresor, o incluso en la tensión de la fuente. La solución propuesta en esta patente mide la distancia entre el pistón y la placa de fluido directamente en la parte superior del pistón y, por lo tanto, es una solución muy precisa. Sin embargo, esta arquitectura requiere un espacio para instalar el sensor en la placa de válvula, además de ser más costosa.

10 Ninguno de los documentos de la técnica anterior es capaz, por lo tanto, de combinar una buena precisión de control y determinación de la posición del pistón con un bajo coste en un sistema de medición de desplazamiento del pistón que mida la distancia directamente entre el pistón y la cabeza del cilindro donde se encuentra situada la placa de válvula.

15 DE 10314007 A1 (Leybold Vakuum GmbH) publicada el 7 de octubre de 2004, y WO 00/63555 A (Leybold Vakuum GmbH) publicada el 7 de octubre de 2000, describen ambas un compresor con un pistón accionado por bobinas, y un sensor en forma de bobina utilizado para determinar la posición del pistón para utilizarse en el control del pistón, para evitar que colisione con la placa de válvula.

#### 20 Objetivos de la invención

Un primer objetivo de la invención es disponer un medio para medir la amplitud de desplazamiento del pistón dentro del cilindro que proporcione una señal libre de ruido eléctrico y que presente una alta precisión y definición.

25 Otro objetivo de la invención es disponer una combinación de pistón y cilindro capaz de detectar la amplitud de desplazamiento del pistón dentro del cilindro que prescindiera del uso de circuitos electrónicos para encargarse de la señal de un sensor de posición, por medio de un equipo simple y de bajo coste.

30 También es un objetivo de la invención evitar el impacto del pistón con la cabeza del cilindro y con la placa de válvula, así como con cualquier otro elemento que pueda estar dispuesto en el otro extremo de la trayectoria del pistón.

#### Breve descripción de la invención

35 Los objetivos de la invención se consiguen por medio de una combinación de pistón y cilindro tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, los objetivos de la invención se consiguen por medio de un compresor de motor lineal tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

#### Breve descripción de los dibujos

40 La presente invención se describirá ahora con mayor detalle en base a un ejemplo de realización representado en los dibujos. Las figuras muestran:

45 Figura 1 - es una vista en sección transversal de un compresor de motor lineal común;  
Figura 2 - es una vista en perspectiva de una bobina asociable a una combinación de pistón y cilindro de la presente invención, y a la cual está acoplado un sensor inductivo;  
Figura 2A - es una vista esquemática, en sección transversal, de la combinación de pistón y cilindro con el sistema de reconocimiento de la posición del pistón de la presente invención, con el pistón en una primera posición;  
50 Figura 2B - es una vista esquemática del corte A-A de la combinación de pistón y cilindro ilustrada en la figura 2A, con el pistón en una primera posición;  
Figura 3A - es una vista esquemática, en sección transversal, de la combinación de pistón y cilindro que ilustrada en la figura 3A, con el pistón en una segunda posición;  
Figura 3B - es una vista esquemática del corte A-A de la combinación de pistón y cilindro ilustrada en la figura 3A, con el pistón en una segunda posición;  
55 Figura 4A - es una vista esquemática, en sección transversal, del mecanismo de pistón y cilindro del compresor de la presente invención, en una primera posición;  
Figura 4B - es una vista esquemática, en sección transversal, del mecanismo de pistón y cilindro del compresor de la presente invención, en una primera posición;  
Figura 5 - es una gráfica que representa la variación del flujo magnético de la señal generada por el sensor en base a la variación de la posición del imán dentro de su trayectoria de desplazamiento;  
60 Figura 6 - es una gráfica que representa la señal de la tensión generada por el sensor con el tiempo, durante algunos ciclos de desplazamiento del pistón.

Descripción detallada de los dibujos

5 La figura 1 ilustra un compresor con un motor lineal al cual puede aplicarse la combinación de pistón y cilindro accionado por motor lineal con sistema de reconocimiento de la posición del pistón de acuerdo con la presente invención.

10 La combinación de pistón y cilindro de la figura 1 comprende un cilindro 2, el cual comprende una placa de válvula en su extremo superior también denominada cabeza de válvula. Esta placa 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, si la combinación de pistón y cilindro se aplica a un compresor de aire.

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

20 La combinación de pistón y cilindro también comprende un pistón 1 que se mueve dentro del cilindro 2, los cuales constituyen, conjuntamente, una combinación de resonancia. Dentro del cilindro 2, el pistón realiza un movimiento lineal alternativo, ejerciendo una acción de comprimir el gas que ha entrado en el interior del cilindro por la válvula de aspiración 3a, hasta el punto de que este gas puede ser descargado al lado de alta presión, a través de la válvula de descarga 3b.

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

30 La combinación de pistón y cilindro también tiene una estructura de soporte 4 que puede actuar de soporte para el pistón 1 y/o como guía para el desplazamiento del pistón 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 donde se mueve el imán.

35 Dos muelles helicoidales 7a y 7b están montados contra el pistón, a ambos lados del mismo, y preferiblemente dichos muelles están siempre comprimidos. El pistón, conjuntamente con las partes móviles del actuador y los muelles helicoidales, forman la combinación resonante del compresor.

40 El actuador de la combinación de pistón y cilindro comprende por lo menos un bobinado de motor 6, accionado eléctricamente para producir un campo magnético. El bobinado de motor debe estar dispuesto de manera que el campo magnético así generado actúe sobre la trayectoria de desplazamiento del imán 5 del pistón 1.

45 En una realización preferida de la invención ilustrada en las figuras 2, 2A, 2B, 3A y 3B, aplicada al compresor de la figura 1, la estructura de soporte 4 de la combinación de pistón y cilindro comprende dos piezas metálicas en forma de E, y un bobinado de motor 6 está acoplado a la pata central de cada una de estas partes. El espacio formado entre las dos partes metálicas acopladas a los bobinados del motor constituye el espacio de aire 12 que conforma la trayectoria de desplazamiento del imán 5.

50 Por lo tanto, cuando bobinado de motor es accionado eléctricamente, éste genera un flujo magnético, por lo menos a lo largo de parte del espacio de aire 12, y que puede ser variable y controlado, de acuerdo con la tensión de alimentación aplicada al bobinado de motor. En consecuencia, la variación del campo magnético generado por el bobinado de motor como resultado de la tensión aplicada al mismo induce al imán 5 a moverse con un movimiento alternativo a lo largo del espacio de aire 12, haciendo que el pistón se aleje y se acerque a la placa de válvula 3a y 3b de la cilindro, comprimiendo de este modo el gas que ha entrado en el interior del cilindro 2. La amplitud de funcionamiento del pistón corresponde a la amplitud de desplazamiento total del pistón 1 dentro del cilindro 2.

55 La amplitud de funcionamiento del pistón está regulada 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 de la combinación de pistón y cilindro, es necesario funcionar a una amplitud en la que el pistón 1 se mueva lo más cerca posible de la placa de válvula 3a, 3b, pero sin colisión. Para asegurar su viabilidad, la amplitud de funcionamiento del pistón debe ser conocida con precisión. Cuanto mayor sea el error estimado de esta amplitud de desplazamiento, mayor debe ser la distancia de seguridad entre el pistón y la placa de válvula con el fin de evitar la colisión. Tal colisión no es deseable, ya que produce un fuerte ruido y puede dañar el equipo.

60

Por esta razón, la combinación de pistón y cilindro de la presente invención comprende un sistema de accionamiento de motor lineal que reconoce la posición del pistón 1 con el fin de permitir que la combinación funcione con la mayor amplitud de funcionamiento posible, optimizando la capacidad de bombeo del pistón 1 y el cilindro 2.

5 En las figuras 2A, 2B, 3A y 3B se ilustra con mayor detalle una realización preferida del mecanismo de actuación del pistón y reconocimiento de la posición del pistón en la combinación de pistón y cilindro.

10 En un punto de la trayectoria de desplazamiento del imán 5 hay dispuesto un sensor inductivo 8 conectado al pistón 1. De acuerdo con los principios del electromagnetismo, dispositivos inductivos, tales como inductores o bobinas, transforman una variación de un campo magnético en tensión, visto en los terminales de la bobina. De esta manera, puesto que el sensor inductivo 8 está dispuesto en la trayectoria de desplazamiento del imán, está sometido a variaciones del campo magnético producido por el imán 5 como resultado de su desplazamiento en el interior del espacio de aire 12, o en otros puntos de su trayectoria de desplazamiento. Por lo tanto, el sensor inductivo 8 es capaz de identificar la posición del pistón controlando el campo magnético producido por el imán 5, y emite una señal de tensión en respuesta a la variación del campo magnético observado.

15 Sin embargo, de acuerdo con la presente invención, el principal objetivo del sensor inductivo es identificar cuándo ha llegado el pistón a un punto máximo de su amplitud de funcionamiento, sin colisionar con el cilindro, considerándose este punto máximo la posición de control del pistón, o el punto muerto superior. Por lo tanto, el sensor debe estar configurado de manera que una velocidad de desplazamiento del imán no interfiera con la determinación de la posición de control.

20 En una realización preferida de la invención, el sensor inductivo 8 está realizado preferiblemente en forma de bobina simple, denominado aquí como bobina de sensor. Además, para obtener una mayor independencia de la velocidad en la determinación de la posición de control, se construye una bobina de sensor preferiblemente con unas dimensiones estrechas en la dirección de desplazamiento del imán, y siendo alargada transversalmente a la dirección de desplazamiento del imán. La forma alargada permite obtener una mayor tensión de salida de la bobina de sensor sin interferir en la resolución de la posición del sensor 8. En consecuencia, existe una mayor variación de la señal generada por el sensor a causa de un desplazamiento significativamente menor del pistón dentro del cilindro, lo que aumenta la resolución del sensor y disminuye la susceptibilidad del sistema a errores debidos a perturbaciones de ruido. Esta configuración del sensor 8 también presenta una baja impedancia lo que proporciona una señal libre de ruido eléctrico, contribuyendo, además, a la buena precisión del sensor.

25 En una realización alternativa de la invención, el sensor 8 puede estar configurado como una bobina que tenga un formato más ancho. Esto permite que el sensor mida una mayor distancia de desplazamiento del pistón y, por lo tanto, puede detectar con antelación que el pistón 1 se acerca. Este formato más ancho permite al sensor medir dos puntos diferentes del pistón dentro del cilindro. Sin embargo, el aumento de la anchura del sensor provoca una pérdida de resolución, ya que la señal generada es más suave, y varía menos a causa del desplazamiento del pistón dentro del cilindro, haciendo que la medición de la posición sea menos precisa.

30 Para detectar con precisión la posición de control del pistón, el sensor 8 debe colocarse dentro de la trayectoria del recorrido de desplazamiento del imán, exactamente en la posición a la que llega por el borde inferior de por lo menos uno de los imanes 5, cuando el pistón llega a la posición de control. Por lo tanto, cuando el borde del imán 5 pasa por el sensor, el sensor emite una señal que indica que el pistón ha llegado a su posición de control, o punto muerto superior.

35 Tal como puede apreciarse en la figura 2, en una realización preferida de la invención, el sensor 8 está conectado al bobinado de motor 6, estando fijado al bobinado de motor 6 por medio de una pata, y parte de la bobina del sensor 8 está orientada hacia el espacio de aire donde se mueve el imán 5. En este caso, la combinación de pistón y cilindro de acuerdo con la invención se dispone previamente de modo que esta posición en la cual está dispuesto el sensor coincida exactamente con la posición del imán, cuando el pistón 1 se encuentra en el punto muerto superior (posición de control).

40 Las figuras 2a, 2b, 3a y 3b ilustran un ejemplo de realización de la combinación de pistón y cilindro en dos instantes diferentes del ciclo de compresión, con el fin de demostrar cómo funciona el sistema de reconocimiento de la posición del pistón. En estas figuras, el sensor está situado en la misma posición ilustrada en la figura 2.

45 Las figuras 2a y 2b muestran la situación en la que el cilindro se encuentra alejado de la placa de válvula, y los imanes 5 se mueven a lo largo del espacio de aire, y uno de los imanes 5 se mueve a través de la parte frontal del sensor inductivo 8. La figura 2b muestra la vista resultante del corte AA de la figura 2a. Las figuras 3a y 3b ilustran un segundo instante del ciclo de compresión, en el que el pistón ha llegado a su posición de control, es decir, en su mayor aproximación a la cabeza del cilindro y a la placa de válvula 3a y 3b. En este punto, el borde inferior de uno de los imanes 5 coincide con la posición del extremo superior del sensor 8, tal como puede apreciarse en detalle en

la figura 3b. Como consecuencia, existe una variación del campo magnético generado por el imán 5 sobre el sensor inductivo 8, lo que produce una mayor variación de la tensión entre los terminales del sensor, generándose una señal eléctrica que indica que el pistón 1 ha llegado a la posición de control.

5 En el ejemplo de las figuras 2 y 3, los imanes 5 siempre permanecen dentro del espacio de aire 12 formado entre las estructuras de soporte 4 conectadas a los bobinados del motor 6. En este caso, el espacio de aire 12 coincide con la trayectoria de desplazamiento del imán 5.

10 Las figuras 4a y 4b muestran una segunda realización del sistema de accionamiento de la combinación de pistón y cilindro de la presente invención. Estas dos figuras ilustran una vista en corte longitudinal del sistema de accionamiento del pistón en forma de cilindro. El sistema de accionamiento tiene un estator cilíndrico 10, en cuyo interior hay formada una cavidad, en la cual hay conectado un bobinado de motor 6 que genera el campo eléctrico que induce el desplazamiento del imán 5. Una plancha de retorno 9, que lleva a cabo una función correspondiente a la estructura de soporte 4, también cilíndrica, rodea el estator 10, de manera que entre la superficie interior de la plancha de retorno 9 y la superficie exterior del estator 10 hay formado un espacio de aire 12 a lo largo del cual el imán 5 realiza un movimiento alternativo. El sensor inductivo 8 está dispuesto dentro del espacio de aire 12, en el punto que coincide con el extremo inferior del imán 5, cuando el pistón llega a su posición más próxima a la cabeza del cilindro, sin colisionar. Preferiblemente, el estator 10 puede estar provisto de un pequeño rebaje para alojar el sensor.

20 Este sensor 8 comprende preferiblemente también una bobina de sensor que presenta una configuración estrecha en la dirección de desplazamiento del imán 5, y un formato transversalmente alargado a la dirección de desplazamiento del imán, pero es necesario que la bobina de sensor sea curva con el fin de seguir la curvatura de su lugar de alojamiento.

25 La figura 4a ilustra un instante en el que el pistón 1 se encuentra alejado de la cabeza del cilindro 2, y el imán 5 se mueve a través de la parte frontal del sensor inductivo 8. La figura 4b muestra el instante en que el pistón 1 ha llegado a su posición de control dentro de la amplitud de funcionamiento de la combinación de pistón y cilindro y, en consecuencia, el borde inferior del imán 5 se encuentra a la misma altura que el borde superior del sensor inductivo 8, dentro de su recorrido de desplazamiento. En este punto, habrá una mayor variación del campo magnético en el sensor 8, produciendo así una diferencia de tensión entre los terminales del sensor, y generándose una señal de tensión eléctrica correspondiente, que indica que el pistón 1 ha llegado a la posición de control.

35 El compresor lineal que tiene la combinación de pistón y cilindro que se describe aquí es igualmente capaz de detectar la posición del pistón dentro del cilindro, de acuerdo con los mismos principios también descritos aquí, mejorando así el rendimiento del compresor en términos de consumo de energía y capacidad de bombeo. Volviendo a la figura 1, el pistón 1 de la combinación de pistón y cilindro de acuerdo con la invención está conectada 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 conectada al estator 10. Este movimiento del imán induce el movimiento alternativo del pistón 1 dentro del cilindro 2, de modo que comprime el gas que ha entrado en el interior del cilindro por la válvula de aspiración 3a, y descarga el gas de alta presión a través de la válvula de descarga 3b.

45 El compresor lineal está montado dentro de un chasis 11. El espacio formado entre el compresor y el chasis constituye una cámara de baja presión 13, en la cual está contenido el gas a baja presión. La válvula de aspiración 3a del cilindro se comunica con la cámara de baja presión 13 y permite la entrada de aire dentro del cilindro 2. La válvula de descarga 3b del cilindro descarga el aire a alta presión, el cual se comprime en el interior del cilindro por el movimiento del pistón de compresión, a una zona de alta presión aislada herméticamente de la cámara de baja presión.

50 Un sensor inductivo 8 (no ilustrado en la figura 1), al igual que la bobina de sensor alargada transversalmente respecto a la dirección de desplazamiento del imán, y estrecha en la dirección de desplazamiento del imán, está dispuesto en la trayectoria de desplazamiento del imán 5, y puede estar dentro o fuera del espacio de aire 12, en un punto correspondiente a la posición alcanzada por el imán 5 cuando el pistón se encuentra en la posición de control, en su máxima aproximación a la cabeza sin colisionar. La variación del campo magnético emitido por el imán sobre el sensor inductivo, producido por el hecho de que el imán 5 se aleja del sensor 8, produce una diferencia de tensión entre los terminales del sensor inductivo, generándose una señal de tensión que indica que el pistón ha llegado a la posición de control.

60 Por lo tanto, la amplitud de desplazamiento del pistón 2 dentro del cilindro puede controlarse en virtud del hecho de que el sistema de reconocimiento detecta cuándo el cilindro ha llegado a la posición de control. En consecuencia, el compresor de acuerdo con la invención es capaz de funcionar con el fin de optimizar su capacidad de compresión, ya que tiene una distancia de seguridad anticolidión significativamente reducida y, por consiguiente, optimizando también el consumo de energía del equipo.

La gráfica de la figura 5 muestra la variación del flujo magnético de la señal generada por el sensor 8 como resultado de la variación de la posición del imán 5 mostrado en milímetros. La línea vertical designada como B (izquierda) corresponde al punto máximo inferior de desplazamiento del pistón (o punto muerto inferior) y la línea vertical designada como A (derecha) corresponde al punto muerto superior o posición de control del pistón. Preferiblemente, el imán no debe moverse más allá de estas líneas verticales A y B, con el fin de garantizar una distancia de seguridad respecto a la placa de válvula, o a cualquier otro elemento con el que pueda colisionar en el extremo inferior de la trayectoria.

El sensor debe indicar proporcionalmente la aproximación del pistón. En consecuencia, en una realización preferida de la invención y con el fin de obtener el resultado más preciso posible desde el sensor, las líneas verticales A y B del punto muerto superior y punto muerto inferior deben colocarse respecto a la señal del sensor, en las partes de esta señal en las que se forma una rampa ascendente (punto muerto superior) y una rampa descendente (punto muerto inferior), que son las zonas en las que la señal del sensor es lo más lineal posible. Más a la derecha, existe un punto de inflexión y, de allí en adelante, la variación de la señal comienza a disminuir, lo que reduce la resolución del sensor.

Si se utiliza un sensor con una bobina más ancha, la curva de variación del flujo magnético de la señal se hace más plana y más suave. Así, en lugar de lograr medir la variación de la posición del sensor entre aproximadamente 6 y 7,5 mm, sería posible medir entre aproximadamente 4 y 8 mm, pero la resolución del sensor sería menor, puesto que la variación de la señal también sería menor debido a una misma variación de la posición. Por lo tanto, el sensor estaría más sujeto a errores a causa de la interferencia de ruido.

La gráfica de la figura 6 representa la señal de tensión generada por el sensor con el tiempo, durante algunos ciclos de desplazamiento del pistón. De nuevo, las líneas verticales designadas como A corresponden a las posiciones de punto muerto superior y las líneas verticales designadas como B corresponden a las posiciones de punto muerto inferior del pistón. La señal de tensión emitida por el sensor se genera mediante la siguiente ecuación:

$$V_{\text{sensor}} = f(x) \times v_{\text{imán}}$$

donde:

$V_{\text{sensor}}$  es la tensión de la señal generada por el sensor;  
 $f(x)$  es la señal mostrada en la gráfica de la figura 5, es decir, la variación del flujo magnético de la señal generada por el sensor; y  
 $v_{\text{imán}}$  es la velocidad de desplazamiento del imán.

Los motores de imanes permanentes generan una señal relativa a su fuerza contraelectromotriz que es proporcional a la velocidad de desplazamiento del imán y del pistón (señal  $v_{\text{imán}}$ ). Dado que el motor es resonante, existe un punto máximo en el centro de la trayectoria de desplazamiento en el que la velocidad es máxima, y dos pasos por cero en los dos extremos de la trayectoria, que son el punto muerto superior e inferior. La velocidad del imán es prácticamente una senoide. Dado que, en el punto muerto superior e inferior, la velocidad del imán es igual a cero, multiplicando entonces la señal  $f(x)$  por la señal  $v_{\text{imán}}$ , el resultado, que es  $V_{\text{sensor}}$ , es igual a cero en estos puntos. Es por esto que, en la gráfica de la figura 6, en todas las líneas discontinuas verticales A y B, la señal de tensión del sensor es cero.

Por lo tanto, en base a esta señal, es posible reconocer cuándo el pistón se acerca a cualquiera de los extremos de la trayectoria. En el caso de la presente invención, este cruce puede utilizarse para determinar que el pistón ha llegado a su punto máximo y que entonces puede colisionar con la placa de válvula.

Por lo tanto, el sensor de corriente genera dos señales, una para el punto muerto superior y otra para el punto muerto inferior, pero la posición está optimizada para tener la mejor señal en el punto muerto superior, debido a que el sensor se encuentra en la posición a la que llega el borde del imán, cuando el pistón se encuentra en posición de punto muerto superior. Podría hacerse entonces también un análisis del punto muerto inferior, pero con menos precisión debido a la posición actual del sensor.

De acuerdo con la presente invención, el sistema de reconocimiento de la posición del pistón también puede utilizarse para detectar el punto muerto inferior del pistón dentro del cilindro, lo cual puede ser importante en el caso de riesgo de colisión del pistón con cualquier otro componente, cuando está volviendo. Esta realización de la invención puede conseguirse utilizando un segundo sensor inductivo 8, pero asignado a otra posición, para detectar cuándo el borde del imán 5 se encuentra en la posición correspondiente al punto muerto inferior. En otras palabras, en este caso, el sensor 8 debe estar dispuesto en el lugar que alcanza el borde superior de por lo menos uno de los

imanes 5, cuando el pistón llega a la posición de punto muerto inferior. Por lo tanto, cuando el borde del imán 5 pasa por el sensor, el sensor emite una señal que indica que el pistón ha llegado a su posición de punto muerto inferior.

5 Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, sólo puede utilizarse un sensor inductivo 8 para medir simultáneamente el punto muerto superior y el punto muerto inferior, o pueden utilizarse dos sensores 8, cada uno colocado adecuadamente para llevar a cabo una de estas funciones.

10 Tal como puede entenderse claramente en la descripción anterior, la presente invención puede proporcionar un medio para medir la amplitud de desplazamiento del pistón dentro del cilindro con una elevada precisión. Además, la señal que indica que el pistón ha llegado a su posición de control, o punto muerto inferior, está libre de problemas de ruido eléctrico, lo que también contribuye a la precisión del sistema.

15 Además, el equipo para detectar la amplitud del desplazamiento del pistón dentro del cilindro es muy simple, ya que consiste esencialmente en un sensor dispuesto en una posición estratégica para identificar la posición del cilindro, y la señal generada por este sensor, o una variación específica que experimente esta señal, es suficiente para indicar que el pistón ha llegado a la posición de control. Por lo tanto, el equipo prescinde de la utilización de circuitos electrónicos para ocuparse de la señal del sensor de posición.

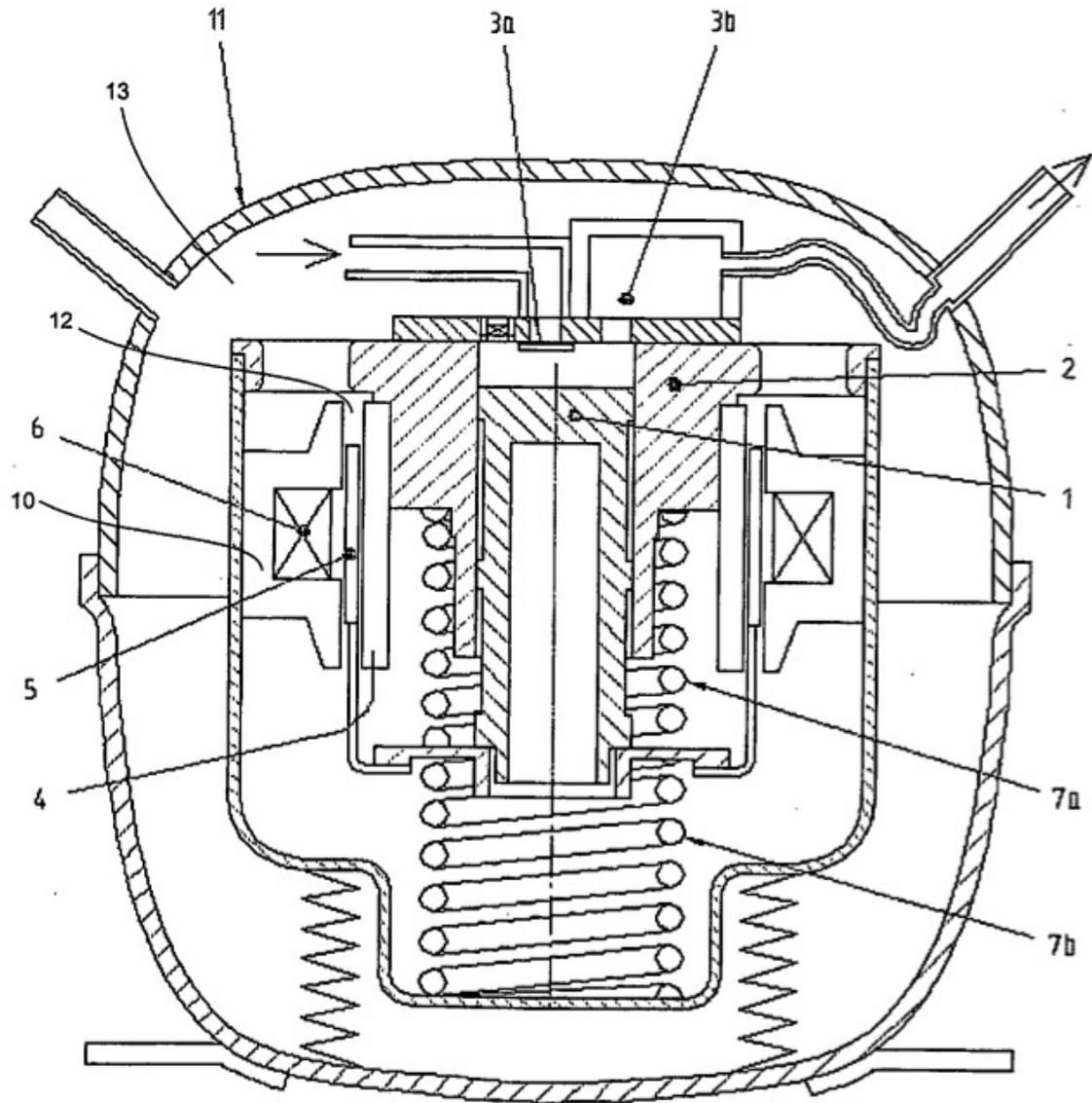
**REIVINDICACIONES**

1. Combinación de pistón y cilindro accionada por motor lineal con sistema de reconocimiento de la posición del pistón para proporcionar una máxima capacidad de funcionamiento de la combinación de pistón y cilindro, evitando una colisión del pistón con una cabeza de cilindro, que comprende una estructura de soporte (4) que forma un espacio de aire (12); un bobinado de motor (6) que genera un flujo magnético variable por lo menos a lo largo de parte del espacio de aire (12); un cilindro (2) que tiene una cabeza en uno de sus extremos;
- 5 un pistón (1) conectado a un imán (5), siendo excitado el imán por el flujo magnético del bobinado de motor (6) para moverse dentro de una trayectoria de desplazamiento que incluye por lo menos parcialmente el espacio de aire (12); provocando el desplazamiento del imán que el pistón (1) realice un movimiento alternativo dentro del cilindro (2); y un sensor inductivo (8);
- 10 caracterizada por el hecho de que el sensor inductivo (8) está dispuesto en un punto de la trayectoria de desplazamiento del imán (5) que coincide con la posición del imán (5), cuando el pistón (1) llega a una posición más cercana a la cabeza sin colisionar, de manera que cuando el pistón (1) llega a esta posición en la trayectoria de desplazamiento, la posición del borde del imán más alejada de la cabeza coincide con la posición del extremo del sensor más cerca de la cabeza, induciendo de este modo una variación en el campo magnético aplicado por el imán (5) sobre el sensor inductivo que resulta de la posición correspondiente del imán, y el sensor inductivo configurado para generar una señal de tensión resultante de esta variación de campo magnético.
- 15 2. Combinación de pistón y cilindro de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que el sensor inductivo (8) comprende una bobina de sensor dispuesta a lo largo de la dirección de desplazamiento del imán.
- 25 3. Combinación de pistón y cilindro de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada por el hecho de que una bobina de sensor (8) es alargada transversalmente a la dirección de desplazamiento del imán, y estrecha en la dirección de desplazamiento del imán.
- 30 4. Combinación de pistón y cilindro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por el hecho de que comprende, además, un segundo sensor inductivo (8) dispuesto en un punto de la trayectoria de desplazamiento del imán coincidiendo con la posición del imán (5), cuando el pistón (1) llega a una posición más alejada de la cabeza, de manera que cuando el pistón (1) llega a una posición más alejada de la cabeza del cilindro, la posición del borde del imán más cerca de la cabeza coincide con la posición del extremo del sensor más alejado de la cabeza, y la variación del campo magnético aplicado por el imán (5) sobre el segundo sensor inductivo produce una diferencia de tensión entre los terminales del segundo sensor inductivo (8).
- 35 5. Combinación de pistón y cilindro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por el hecho de que el sensor inductivo (8) está dispuesto dentro del espacio de aire (12).
- 40 6. Combinación de pistón y cilindro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por el hecho de que el sensor inductivo (8) está dispuesto fuera del espacio de aire (12).
- 45 7. Compresor de motor lineal que tiene una combinación de pistón y cilindro de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la placa de válvula se encuentra en el extremo superior del cilindro y permite la entrada de aire a baja presión en el cilindro, desde una cámara de aire de baja presión (13), y descarga aire a alta presión fuera del cilindro (2).
- 50 8. Compresor de motor lineal de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por el hecho de que el sensor inductivo (8) comprende una bobina de sensor dispuesta a lo largo de la dirección de desplazamiento del imán.
- 55 9. Compresor de motor lineal de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por el hecho de que una bobina de sensor (8) es alargada transversalmente a la dirección de desplazamiento del imán, y estrecha en la dirección de desplazamiento del imán.
- 60 10. Compresor de motor lineal de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por el hecho de que comprende, además, un segundo sensor inductivo (8) dispuesto en un punto de la trayectoria de desplazamiento del imán (5) que coincide con la posición del imán, cuando el pistón (1) llega a una posición más alejada de la placa de válvula, de manera que, cuando el pistón (1) llega a una posición más alejada de la placa de válvula, la posición del borde del imán más cercana a la cabeza coincide con la posición del segundo extremo del sensor inductivo más alejada de la cabeza, y la variación del campo magnético aplicado por el imán (5) sobre el segundo sensor inductivo produce una diferencia de tensión entre los terminales del segundo sensor inductivo (8).

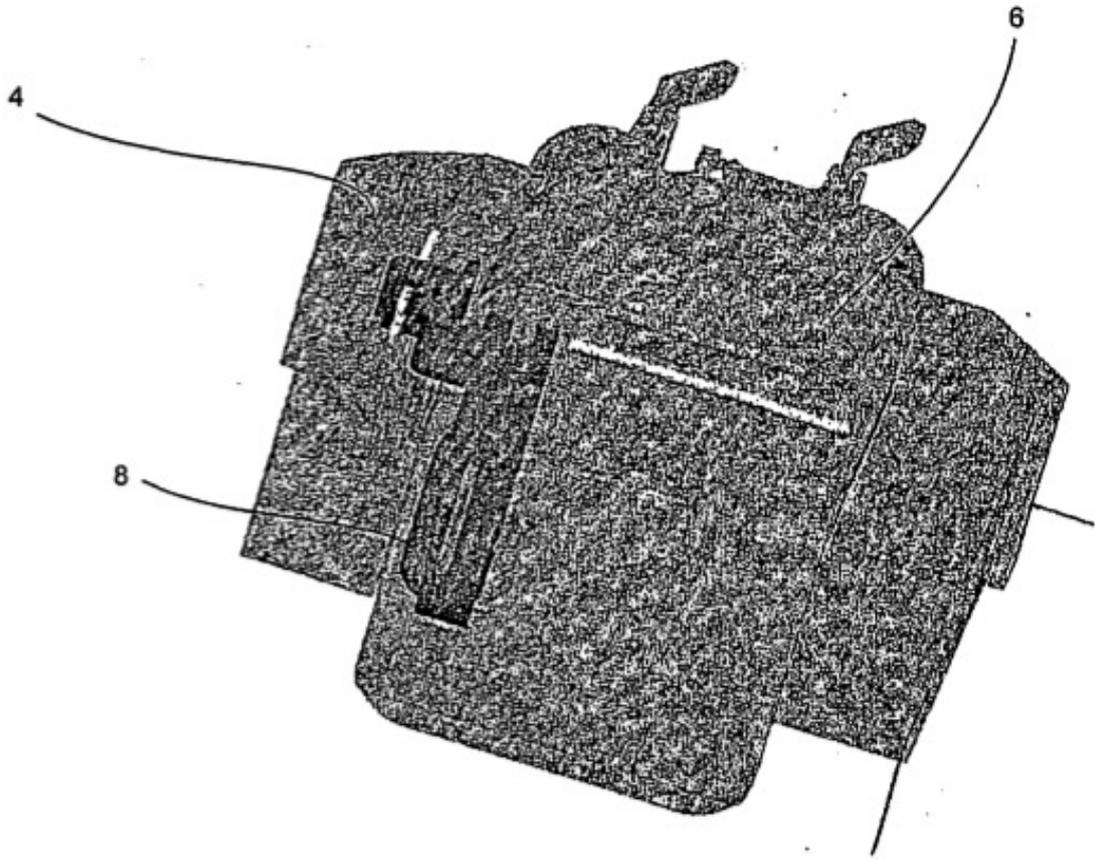
## ES 2 608 607 T3

11. Compresor de motor lineal de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por el hecho de que el sensor inductivo (8) está dispuesto dentro del espacio de aire (12).

5 12. Compresor de motor lineal de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por el hecho de que el sensor inductivo (8) está dispuesto fuera del espacio de aire (12).

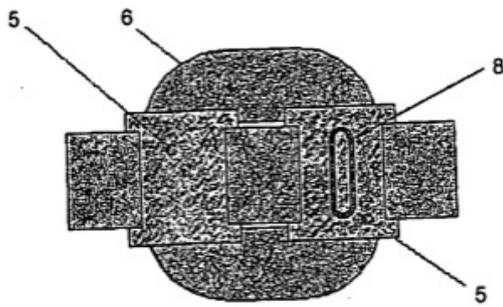
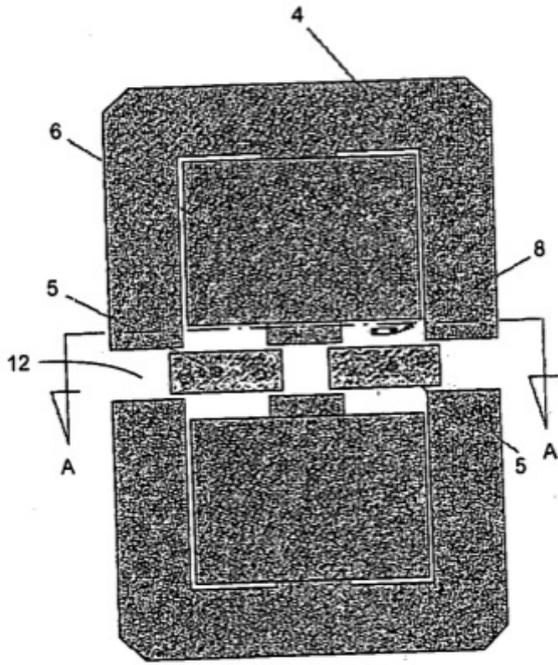


**Fig.1**



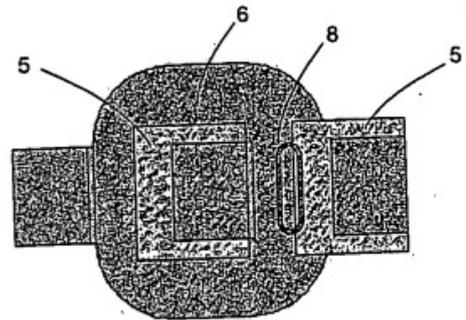
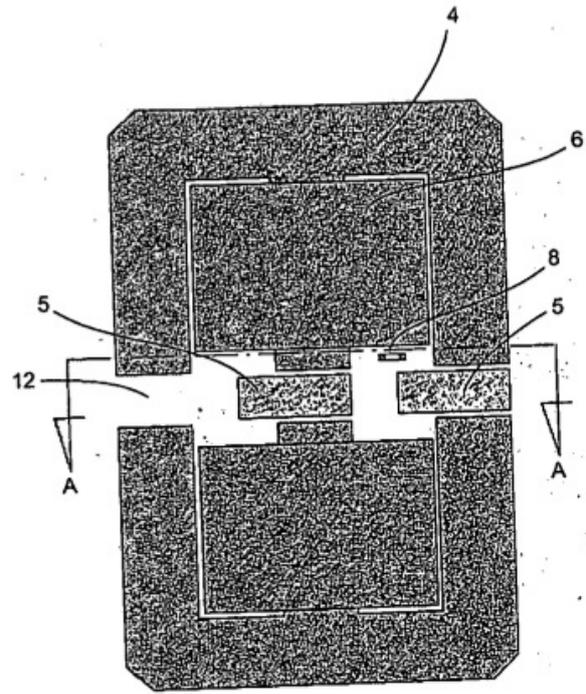
**Fig.2**

**Fig.2A**

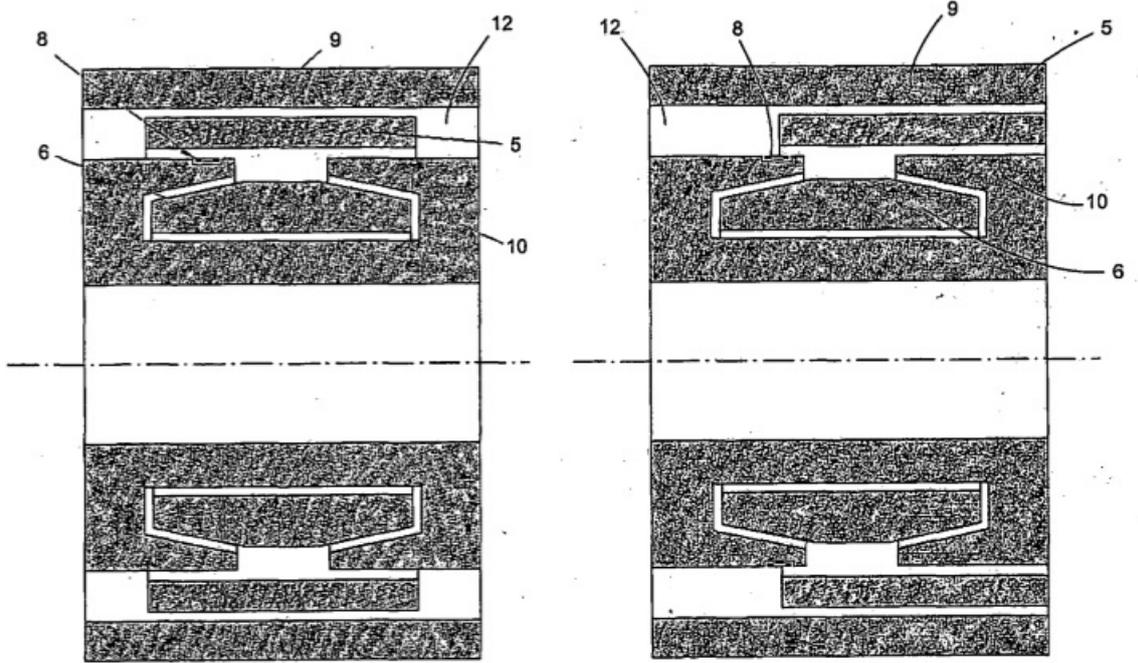


**Fig.2B**

**Fig.3A**

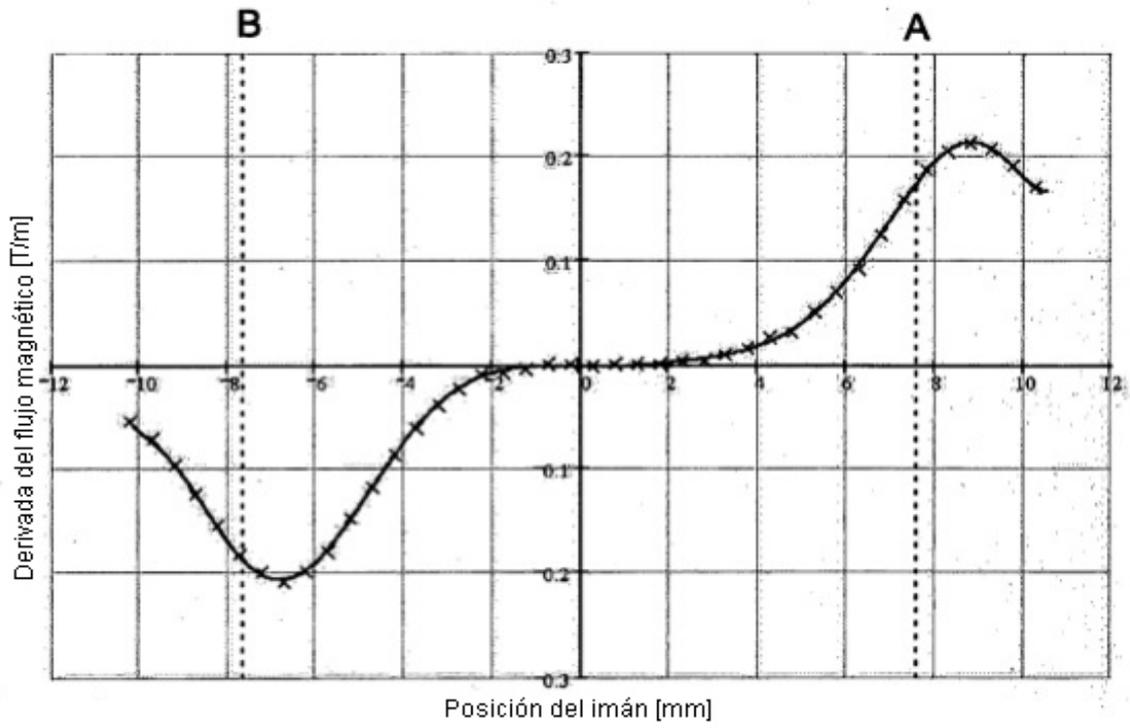


**Fig.3B**

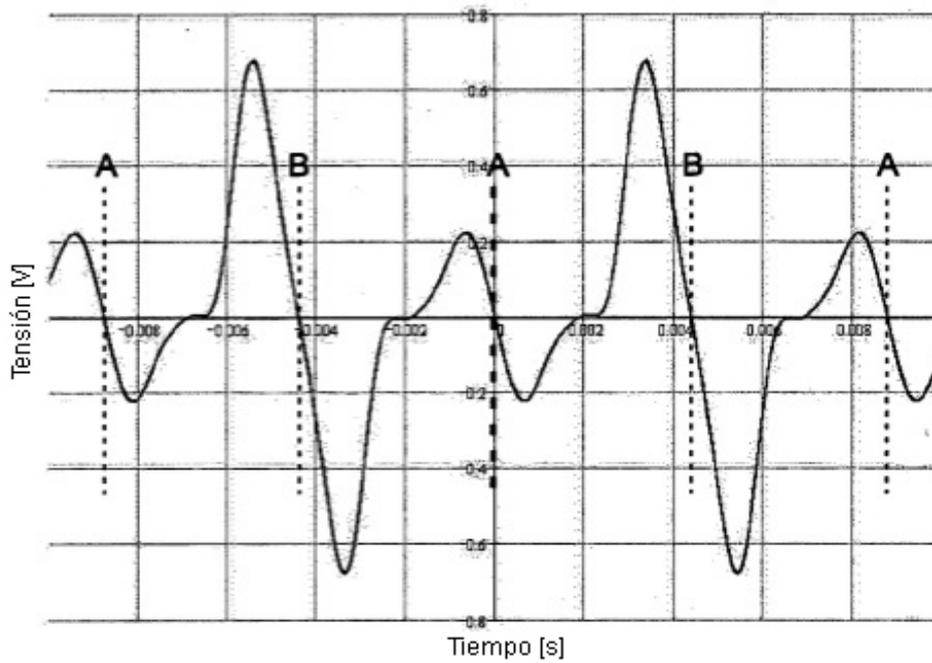


**Fig.4A**

**Fig.4B**



**Fig.5**



**Fig.6**

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *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

- BR PI07049471 [0001]
- US 5342176 A [0007]
- JP 11336661 B [0008]
- BR 00014044 [0009]
- BR 02037246 [0010]
- DE 10314007 A1 [0012]
- WO 0063555 A [0012]