

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 852**

51 Int. Cl.:
F04B 35/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09713095 .9**
- 96 Fecha de presentación: **20.02.2009**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2250373**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.11.2010**

54 Título: **Sistema y método para controlar un compresor lineal**

30 Prioridad:
22.02.2008 BR PI0800251

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2012

73 Titular/es:
Whirlpool S.A.
Avenida das Nações Unidas 12995 32º andar
Brooklin Novo
04578-000 São Paulo - SP, BR

72 Inventor/es:
DAINEZ, Paulo Sergio;
ERICH BERNHARD LILIE, Dietmar;
FERREIRA, Nerian Fernando y
KNIES, Marcelo

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 381 852 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

Sistema y método para controlar un compresor lineal

5 La presente invención está relacionada con un sistema y un método para controlar un compresor lineal, capaz de un ajuste fino del compresor cuando sea necesario, durante su período de funcionamiento, de modo que el compresor funcione a capacidad máxima, en el que el pistón alcanza la amplitud máxima de desplazamiento, acercándose a la culata tan cerca como sea posible sin chocar con ella. El sistema y el método según la invención también están pensados para controlar el funcionamiento del compresor lineal durante su período de funcionamiento, procurando maximizar además sus prestaciones y reducir u optimizar su consumo de potencia. Los compresores lineales de este tipo se aplican generalmente a refrigeradores, unidades de acondicionamiento de aire y a veces a bombas de fluidos.

Descripción de la tecnología de vanguardia

Actualmente, el uso de compresores lineales accionados por motores lineales es común en sistemas de refrigeración, tales como refrigeradores y aparatos de acondicionamiento de aire. Los compresores lineales presentan bajo consumo de energía y, por lo tanto, son sumamente eficientes para la aplicación en cuestión.

15 El compresor lineal comprende normalmente un pistón que se mueve en vaivén dentro de un cilindro. La culata de este cilindro normalmente alberga unas válvulas de succión 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 dentro del cilindro. El movimiento axial del pistón dentro del cilindro del compresor lineal comprime el gas que ha podido entrar por la válvula de succión, aumentando la presión del mismo, y lo descarga por la válvula de descarga a una zona de alta presión.

20 El compresor lineal debe ser capaz de identificar la posición y controlar el desplazamiento del pistón dentro del cilindro para evitar que el pistón choque con la culata, lo que provoca un ruido fuerte y desagradable, además de desgastar y romper el equipo, reduciendo de este modo su durabilidad.

25 Al mismo tiempo, para optimizar la eficiencia y las prestaciones del compresor lineal y minimizar el consumo de potencia del compresor, es deseable que el pistón sea desplazado tanto como sea posible dentro del cilindro, acercándose tanto como sea posible a la cabeza del pistón sin chocar con ella. Para que esto sea posible, la amplitud de desplazamiento del cilindro cuando el compresor está en funcionamiento debe ser conocida con precisión, y cuanto más grande sea el error estimado de esta amplitud, más grande tendrá que ser la distancia de seguridad entre el punto máximo de desplazamiento del pistón y la culata para evitar el choque del mismo. Esta distancia de seguridad proporciona una pérdida en la eficiencia del compresor. Si las prestaciones del compresor no están optimizadas, a menudo será necesario sobredimensionar el diseño del compresor para las condiciones en las que va a funcionar, aumentando el coste del equipo, así como su consumo de potencia.

30 Ya se conocen determinados sistemas de control de desplazamiento y reconocimiento de posición del pistón dentro del cilindro sin tecnología de vanguardia, aplicados particularmente a motores y/o compresores lineales, que simultáneamente ajustan de forma fina la amplitud de desplazamiento del pistón.

35 La tecnología de vanguardia actual puede resumirse en dos grupos de sistemas. El primero se refiere al control de compresores sin un sensor. En este método de control, no hay sensor real (físico) instalado en el compresor. El control lee otras variables del sistema tales como: corriente y/o voltaje del compresor, temperatura del evaporador, frecuencia de funcionamiento y estima la carrera del pistón.

40 El segundo grupo de sistemas comprende un control con un sensor. En este caso, un sensor mide el desplazamiento y/o la distancia entre la pieza fija, por ejemplo, la culata o cualquier otro punto y el pistón, o cualquier punto de una pieza móvil, o sólo la distancia límite para un funcionamiento seguro. Con este método, puede ser necesario un ajuste fino durante la fase de producción del compresor o durante su funcionamiento.

45 La solicitud de patente internacional WO0148379 describe un método para controlar un compresor diseñado para controlar la carrera del pistón de un compresor lineal, permitiendo al pistón avanzar hasta el final de su carrera mecánica en condiciones extremas de carga, sin permitir al pistón chocar con el sistema de válvulas. Se aplica un voltaje medio a un motor lineal, que controla el movimiento del pistón. Se mide un primer tiempo de movimiento del pistón y se compara con un tiempo de movimiento previsto. El voltaje aplicado al motor es alterado, si el primer tiempo de movimiento es diferente del tiempo de movimiento previsto, siendo el tiempo de movimiento previsto de tal manera que el movimiento del pistón alcanzará un punto máximo (M) que está substancialmente cerca del final de la carrera del pistón.

55 El documento de patente WO2005006537 describe un método para controlar el movimiento de un motor eléctrico, que es alimentado por un voltaje total proporcional al voltaje de la red. El método comprende la etapas de hacer una primera medición del nivel de voltaje de la red en un primer momento de medición; hacer una segunda medición del nivel de voltaje de la red en un segundo momento de medición; calcular el valor de la derivada de los valores medidos en la función del primer y del segundo momento de medición para obtener un valor de un voltaje

proporcional de la red; y alterar el valor del voltaje total alimentado al motor, proporcionalmente al valor de la red proporcional.

El documento de patente WO2005071265 describe el funcionamiento de un compresor lineal en resonancia con su mayor eficiencia posible durante su funcionamiento. El compresor lineal comprende un pistón accionado por un motor lineal, el pistón tiene una amplitud de desplazamiento controlada por medio de un voltaje controlado que tiene una frecuencia de voltaje aplicada al motor lineal y ajustada por una unidad de procesamiento. La amplitud de desplazamiento del pistón es controlada dinámicamente en función de una demanda variable del sistema de refrigeración. La unidad de procesamiento ajusta la amplitud de desplazamiento del pistón de modo que el compresor lineal sea mantenido dinámicamente en resonancia por todas las variaciones de demanda del sistema de refrigeración.

El documento de patente W02005054676, que representa la técnica previa más cercana, está relacionado con un sistema para controlar una bomba de fluidos provista de unos medios para calibrar el respectivo funcionamiento en el momento del primer uso o en los casos de problemas causados por fallos eléctricos o mecánicos. La bomba de fluidos está provista de un conjunto de detección de posición de pistón y un controlador electrónico asociado con el conjunto de sensor. El controlador electrónico monitorizará el desplazamiento del pistón dentro del respectivo cilindro al detectar una señal de impacto. La señal de impacto es transmitida por el conjunto de sensor cuando se produce un impacto del pistón con el final de la carrera. El controlador electrónico aumenta sucesivamente la carrera de desplazamiento del pistón con una señal de disparador hasta la aparición del impacto para guardar un valor máximo de desplazamiento de pistón.

El documento de patente WO03044365 está relacionado con un compresor de gas de pistón libre que comprende un cilindro, un pistón que se mueve en vaivén dentro del cilindro y un motor eléctrico lineal de vaivén acoplado al pistón que tiene por lo menos un devanado de excitación. Se obtiene una medición del tiempo de vaivén del pistón, se detecta cualquier cambio en el tiempo de vaivén y se ajusta la entrada de potencia a dicho devanado de excitación como respuesta a cualquier cambio detectado en el tiempo de vaivén.

El documento de patente WO0079671 describe un motor lineal que tiene un estátor acortado, en el que los imanes de la armadura son controlados para moverse en vaivén a un mayor desplazamiento máximo que para un motor lineal equivalente convencional, utilizando un mínimo de sensores. El motor lineal es accionado a su frecuencia resonante. Se hace una determinación de la corriente máxima basándose en la relación con la frecuencia resonante y la temperatura/presión de evaporación del vapor que entra al compresor. La corriente entonces es limitada para controlar el desplazamiento máximo para evitar daños.

El documento de patente DE 19918930 describe un controlador de potencia para un compresor lineal, el dispositivo tiene un regulador de voltaje para alimentar un voltaje de accionamiento para un compresor, una unidad de cálculo de carrera para recibir un voltaje y una corriente detectados por un sensor de voltaje y corriente cuando el compresor está siendo accionado y calcular una carrera a partir de ellos, un sensor de detección de choque para detectar una vibración en un momento en el que un pistón choca con una válvula de salida cuando el compresor está siendo accionado. El dispositivo también tiene una unidad de detección de choque para detectar si se genera una señal anómala basándose en la vibración detectada por el sensor, un microordenador para determinar una carrera de demanda de control basándose en la carrera calculada y una unidad de accionamiento para enviar una señal correspondiente de voltaje de accionamiento al regulador de voltaje.

Como se ha indicado, ninguno de los documentos anteriores propone el control y el ajuste fino del desplazamiento del pistón dentro del cilindro combinando una técnica de control de compresores sin un sensor y una técnica de control de compresores con un sensor.

Objetivos de la invención

Un primer objetivo de la invención es controlar la carrera del pistón de una compresión lineal, permitiendo al pistón avanzar hasta el final de su carrera mecánica, sin chocar con la parte superior del cilindro, y optimizar la capacidad del compresor.

Otro objetivo de la invención es implementar un sistema automático de ajuste fino durante el funcionamiento normal del compresor que dispensa con el procedimiento de ajuste fino durante el proceso de producción o ensamblaje, y que es capaz de hacer funcionar el pistón con la menor distancia posible desde el final de la carrera del compresor.

Un objetivo adicional de la invención es asegurar la viabilidad del uso de sensores menos precisos o con derivadas de ganancia y compensación, sin dificultar las prestaciones del sistema en términos de eficiencia y de capacidad máxima.

Es todavía un objetivo adicional de la invención permitir que la ganancia y la compensación de la señal del sensor sean ajustadas basándose en la situación de trabajo del sensor.

Todavía otro objetivo de la invención es implementar una solución sencilla para lograr los objetivos antes mencionados de modo que pueda aplicarse a la producción industrial a escala.

Breve descripción de la invención

Los objetivos de la invención se logran mediante un sistema de control de compresor lineal que comprende un motor lineal que acciona el movimiento en vaivén de un pistón dentro de un cilindro, dicho sistema también comprende un circuito de detección de posición que genera una señal de desplazamiento que indica la amplitud de desplazamiento del pistón; un circuito de detección de impacto que genera una señal de impacto que indica la aparición de impacto del pistón con una culata; un circuito de control que aplica una señal variable de accionamiento en el motor lineal, el circuito de control recibe la señal de desplazamiento y la señal de impacto, y calcula, basándose en estas señales y en la señal de accionamiento, por lo menos un parámetro de límite de prevención de impacto para la señal de desplazamiento, el circuito de control varía la señal de accionamiento del motor, compara la señal de desplazamiento que resulta de la variación de la señal de accionamiento con el parámetro de límite de prevención de impacto y ajusta la señal de accionamiento del motor basándose en el resultado de la comparación.

El parámetro de límite de prevención de impacto para la señal de desplazamiento del pistón determina un límite para la amplitud máxima de desplazamiento del pistón sin impacto entre el pistón y la culata.

El circuito de control del sistema según la invención comprende preferiblemente un procesador de datos que procesa la señal de desplazamiento, la señal de impacto y la señal de accionamiento, y calcula el parámetro de límite de prevención de impacto, y un comparador que compara el parámetro de límite de prevención de impacto con la señal de desplazamiento y emite una señal que indica si la señal de desplazamiento está dentro de una zona de funcionamiento seguro anti-impacto. El circuito de control recibe unas señales que indican las condiciones de funcionamiento del compresor y calcula la nueva señal de accionamiento del motor basándose también en estas señales de condiciones de funcionamiento del compresor.

El sistema de control según la invención es aplicado preferiblemente a un sistema de refrigeración, en el que el circuito de control recibe unas señales que indican las condiciones de funcionamiento del sistema de refrigeración y calcula la nueva señal de accionamiento del motor basándose también en estas señales del sistema de refrigeración.

El parámetro de límite de prevención de impacto es proporcional a la variación de la señal de desplazamiento en el momento de impacto, y se calcula con la ecuación

$$SLOPE_{min} = K1 \times Period + K2 \times Power - Offset_{max}$$

Donde:

Slope_min es el valor de variación de la señal de desplazamiento en el momento de impacto;

K1 y K2 son respectivamente constantes de compensación de período y de potencia de la señal de accionamiento;

Períod y Power son los valores de período y de potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto; y

Offset_max es el parámetro de límite de prevención de impacto.

El parámetro de límite de prevención de impacto Offset también se puede calcular añadiendo al valor Offset_max un componente ΔSafety que es una constante que corresponde a la distancia de seguridad entre la amplitud máxima de desplazamiento del pistón y la culata.

El circuito de detección de posición y el circuito de detección de impacto del pistón pueden integrarse en un mismo circuito de sensor.

El circuito de control puede comprender una memoria que guarda por lo menos algunos parámetros de las señales de desplazamiento y de impacto y de la señal de accionamiento, y los valores de parámetros calculados por el circuito de control. El circuito de control aumenta preferiblemente la señal de accionamiento del motor si el resultado de la comparación muestra que la señal de desplazamiento está dentro de una zona de funcionamiento seguro anti-impacto, y reduce la señal de accionamiento del motor si el resultado de la comparación muestra que la señal de desplazamiento está fuera de una zona de funcionamiento seguro anti-impacto.

Los objetivos de la invención también pueden conseguirse mediante un método de control de compresor lineal que tiene un pistón accionado por un motor lineal y que se desplaza dentro de un cilindro, un circuito de detección de posición que emite una señal que indica el desplazamiento del pistón dentro del cilindro, y un circuito de detección de impacto del pistón con la culata, en el que el método comprende las etapas siguientes:

(a) llevar a cabo la rutina de ajuste fino del compresor lineal que comprende:

- detectar un impacto del pistón con la culata;

- medir la señal de accionamiento en el momento de impacto entre el pistón y la culata;

- medir la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto entre el pistón y la culata;
 - calcular un parámetro de límite de prevención de impacto basándose en los valores medidos de la señal de accionamiento y la señal de desplazamiento (SD) con el impacto del pistón con la culata de cilindro;
 - llevar a cabo una rutina de control del compresor lineal que comprende las etapas de:
- 5
- medir la señal de accionamiento y la señal de desplazamiento (SD);
 - calcular un valor de límite que un parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) puede asumir sin impacto entre el pistón y la culata, basándose en la señal de accionamiento medida y el parámetro de límite de prevención de impacto calculado en la rutina de ajuste fino, y determinar una zona de funcionamiento seguro anti-impacto para el parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD);
- 10
- comparar el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) con el valor de límite calculado del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD);
 - si el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) está dentro de la zona de funcionamiento seguro anti-impacto, variar la señal de accionamiento para aumentar la eficiencia del compresor lineal;
- 15
- si el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) está fuera de la zona de funcionamiento seguro anti-impacto, variar la señal de accionamiento para reducir la eficiencia del compresor lineal;
 - detectar cuando ha habido un impacto del pistón con la culata y, en caso de impacto, ejecutar la rutina de ajuste fino para calcular de nuevo la variable anti-impacto de ajuste y, en caso de no haber impacto, ejecutar la rutina de control.
- 20
- El parámetro de control de la señal de desplazamiento calculado en el método de la presente invención es el valor de variación o el valor derivado de la señal de desplazamiento (SD). Este parámetro de límite se calcula con la ecuación
- $$\text{SLOPE}_{min} = K1 \times \text{Period} + K2 \times \text{Power} - \text{Offset}_{max}$$
- donde:
- 25
- Slope_min es el valor de variación o el valor de la derivada de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto;
- K1 y K2 son respectivamente constantes de compensación de período y de potencia de la señal de accionamiento;
- Period y Power son los valores de período y de potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto; y
- Offset_max es el parámetro de límite de prevención de impacto.
- 30
- El parámetro de límite de prevención de impacto Offset también se puede calcular añadiendo al valor Offset_max un componente ΔSafety que es una constante que corresponde a la distancia de seguridad entre la amplitud máxima de desplazamiento del pistón y la culata. Además, el parámetro de límite de prevención de impacto Offset puede calcularse utilizando el promedio aritmético de por lo menos tres valores de Offset calculados en tres momentos diferentes.
- 35
- En el método de control según la invención, la etapa de calcular un valor de límite que un parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) puede asumir sin impacto entre el pistón y la culata comprende calcular la derivada SLOPE_lim de la señal de desplazamiento (SD) con la ecuación
- $$\text{SLOPE}_{lim} = K1 \times \text{Period} + K2 \times \text{Power} - \text{Offset}$$
- y la etapa de comparar el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) con el valor de límite del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) comprende comparar el valor medido Slope_measured de la derivada de la señal de desplazamiento (SD) con el valor calculado SLOPE_lim; y la etapa de variar la señal de accionamiento para aumentar la eficiencia del compresor lineal comprende aumentar el voltaje de la señal de accionamiento; y la etapa de variar la señal de accionamiento para reducir la eficiencia del compresor lineal comprende reducir el voltaje de la señal de accionamiento.
- 40
- 45
- El método de la invención también puede comprender una etapa para adquirir las señales que indican las condiciones de funcionamiento del compresor, que son consideradas en la etapa de variar la señal de accionamiento, y una etapa para guardar por lo menos algunos de los valores de las señales generadas por el circuito de control, los valores de las señales se introducen al circuito de control y los valores de los parámetros son calculados por el circuito de control. Además, con el método de la presente invención, la variación de la señal de

desplazamiento (SD) es medida en un intervalo de tiempo en el que la amplitud de la señal de desplazamiento (SD) varía entre un valor predeterminado de referencia y cero.

5 Como alternativa, los medios para controlar el funcionamiento del compresor lineal comparan la señal de desplazamiento (SD) generada como respuesta a la señal de accionamiento con el parámetro de límite de prevención de impacto, y ajustan la señal de accionamiento del motor basándose en el resultado de la comparación. El parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) es preferiblemente el valor de variación o el valor de la derivada de la señal de desplazamiento (SD).

10 Finalmente, los objetivos de la invención se consiguen también mediante un método de control de compresor lineal, que controla el funcionamiento del compresor lineal basándose en una señal de desplazamiento (SD) de un pistón dentro de un cilindro del compresor, y en una señal de impacto (SI) del pistón con una culata dentro de un cilindro, y durante el control del funcionamiento del compresor lineal, el método comprende una etapa para calcular, basándose en las señales de desplazamiento (SD) y de impacto (SI), por lo menos un parámetro de límite de prevención de impacto para la señal de desplazamiento (SD), que es proporcional al valor de variación de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto, y definir una zona de funcionamiento seguro anti-impacto basada en este parámetro.

15 El método puede comprender la etapa de comparar la señal de desplazamiento (SD) generada como respuesta a la señal de accionamiento con el parámetro de límite de prevención de impacto, y ajustar la señal de accionamiento del motor basándose en el resultado de la comparación. El parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) puede ser el valor de variación o el valor derivado de la señal de desplazamiento (SD).

20 **Descripción resumida de los dibujos**

La presente invención se describirá a continuación con mayor detalle basándose en un ejemplo de ejecución representado en los dibujos. Los dibujos muestran:

Figura 1 - es una vista en sección transversal de un compresor al que se aplica el sistema para controlar un compresor lineal según la presente invención;

25 Figura 2A - es un diagrama de bloques de una parte del circuito de control utilizada para implementar el método y el sistema según la presente invención, que recibe unas señales de desplazamiento de pistón y de impacto;

Figura 2B - es un diagrama de bloques de una segunda realización de la parte del circuito de control utilizada para implementar el método y el sistema según la presente invención, que recibe señales de desplazamiento de pistón y de impacto;

30 Figura 3 - es una representación más detallada de la realización del circuito de control utilizado para implementar el método y el sistema según la presente invención ilustrada en la figura 2B;

Figura 4 - un diagrama de bloques de una realización preferida del circuito de control del sistema de la presente invención;

35 Figura 5 - es una representación comparativa del comportamiento de la señal de determinación de impacto DI y de la señal de determinación de posición pistón DP;

Figura 6 - es una representación comparativa de la señal de desplazamiento del pistón SD, para dos amplitudes diferentes de desplazamiento del pistón;

Figura 7 - es una representación del comportamiento de la señal de desplazamiento generada por el circuito para detectar la posición del pistón, la señal de corriente al compresor y la señal de comparador;

40 Figura 8 - es un diagrama de flujo de una parte del método de control de compresor lineal de la presente invención que muestra el flujo de la rutina de ajuste fino con la rutina de control de funcionamiento del pistón;

Figura 9 - es un diagrama de flujo de la rutina de control de funcionamiento del pistón del método de la presente invención;

45 Figura 10 - es un diagrama de flujo de una primera realización de la rutina de ajuste fino del método de la presente invención;

Figura 10B - es un diagrama de flujo de una segunda realización de la rutina de ajuste fino del método de la presente invención;

Figura 11 - es un gráfico que muestra los valores de pendiente de la señal de desplazamiento en el límite de impacto en varias condiciones de funcionamiento del compresor;

Figura 12 - es un gráfico que muestra la variación de potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto, para diferentes condiciones de temperatura del condensador y el evaporador;

Figura 13 - es un gráfico que ilustra la variación de frecuencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto, basándose en diferentes condiciones de temperatura del condensador y el evaporador;

- 5 Figura 14 - es un gráfico que ilustra la relación entre el desplazamiento máximo logrado por el pistón y la pendiente de la señal de desplazamiento, bajo diferentes condiciones de temperatura del evaporador.

Figura 15 - es un gráfico que ilustra una correlación entre el período de la señal de accionamiento y la señal de desplazamiento SD, en el límite de impacto del pistón con el cilindro del compresor.

Descripción detallada de los dibujos

- 10 El sistema de control de compresor lineal 10 según la invención se aplica a un compresor que tiene un pistón 1 que se desplaza en vaivén dentro de un cilindro 2, acercándose y alejándose de la culata, y el movimiento del pistón es accionado por un motor lineal. Un ejemplo de un compresor lineal al que se aplica el sistema de control de la presente invención se ilustra en la figura 1.

- 15 El pistón está acoplado a por lo menos un imán 5, de tal manera que el desplazamiento del pistón produce un desplazamiento correspondiente del imán y viceversa.

El dispositivo de accionamiento de la combinación de pistón y cilindro comprende por lo menos una bobina 6 de motor lineal, alimentada eléctricamente con el fin de producir un campo magnético. La bobina del motor debe disponerse de tal manera que el campo magnético generado con ella actúa en el imán 5 del pistón 1, haciendo que se desplace en respuesta a la variación de este campo magnético.

- 20 Por lo tanto, cuando la bobina del motor es alimentada eléctricamente, genera un flujo magnético que puede ser variable y controlado, de acuerdo con el voltaje de alimentación. La variación del campo magnético generado por la bobina del motor como resultado del voltaje aplicado a la misma induce al imán 5 para desplazarse en vaivén, haciendo que el pistón se desplace en la misma proporción. La amplitud de funcionamiento del pistón corresponde al desplazamiento total, también denominado como carrera del pistón 1 dentro del cilindro 2.

- 25 Para obtener la máxima capacidad de bombeo de la combinación de pistón y cilindro, es necesario un funcionamiento con una amplitud en la que el pistón se acerque tanto como sea posible a la culata que tiene un panel 3a, 3b de válvulas, pero sin que haya choque entre el pistón y la culata. Para que esto sea posible, la amplitud de funcionamiento del pistón debe conocerse con precisión. Cuanto más grande sea el error estimado de esta amplitud de desplazamiento del pistón, más grande tendrá que ser la distancia de seguridad entre el pistón y el panel de válvulas para evitar el choque, reduciendo de este modo la carrera del pistón y por consiguiente sus prestaciones. Este choque no es deseable, ya que provoca un ruido fuerte y puede dañar el equipo.

- 30 Esto es por lo que un circuito para detectar la posición del pistón del sistema de control según la invención realiza el reconocimiento de la posición del pistón 1, para permitir que la combinación funcione con la mayor amplitud de funcionamiento posible, optimizando la capacidad de bombeo del pistón 1 y el cilindro 2. Además, como se demuestra más adelante, es ventajoso que el sistema conozca la amplitud de desplazamiento del pistón para controlar si el compresor está funcionando en la condición de carga exigida por el sistema de refrigeración en cada periodo de tiempo.

- 35 En una realización preferida de la invención aplicada al compresor 10 de la figura 1, el circuito para detectar la posición del pistón comprende un sensor inductivo 8 dispuesto en un punto de la carrera de desplazamiento del imán 5 conectado al pistón 1. De este modo, el sensor inductivo 8 es sometido a las variaciones de campo magnético producidas por el imán 5 resultante de su desplazamiento, en términos de velocidad y su posición. El circuito para detectar la posición del pistón emite una señal de desplazamiento SD, como respuesta a la variación observada del campo magnético, que tiene un formato para permitir la identificación del momento en el que el pistón ha alcanzado su máxima amplitud de funcionamiento y también la máxima posición lograda.

- 45 En una realización preferida de la invención, el sensor inductivo 8 se realiza preferiblemente en forma de una simple bobina, denominada en lo sucesivo como bobina de sensor, que preferiblemente se estrecha hacia el desplazamiento del imán, y alargada transversalmente hacia el desplazamiento del imán. Para que el sensor 8 detecte la posición precisa de control del pistón, debe colocarse preferiblemente dentro de la carrera de desplazamiento del imán, exactamente en la posición obtenida por el borde inferior del imán 5, cuando el pistón alcanza la posición de control (máxima amplitud de funcionamiento) tan cerca como sea posible de la culata, pero sin choque.

- 50 La señal de desplazamiento SD del pistón, generada por un circuito de detección o un sensor de desplazamiento, adopta una forma de impulsos, como puede verse en la figura 6, que ilustra la forma de onda de la señal de desplazamiento para dos condiciones de funcionamiento diferentes del compresor. La sección de la señal SD entre

los picos positivo y negativo es aproximadamente lineal. Es en esta sección lineal donde el sistema y el método según la invención miden la derivada de la señal SD, para calcular la máxima posición de desplazamiento del pistón.

5 Sobre la base de la figura 6, puede observarse que determinados parámetros de la señal de sensor varían, dependiendo de la longitud de la carrera de desplazamiento del pistón. En la figura 6, la señal representada en líneas de puntos corresponde a una situación en la que el pistón funciona con la carrera de desplazamiento más reducida, logrando una distancia mínima de la culata de aproximadamente 0,8 mm, cuando está en la máxima posición dentro de su carrera de desplazamiento. La señal representada en líneas continuas corresponde a un funcionamiento de pistón con una mayor amplitud de funcionamiento, en la que el pistón alcanza una distancia mínima de 0,2 mm de la culata, cuando alcanza su posición máxima dentro de su carrera de desplazamiento.

10 Obsérvese, por lo tanto, que cuanto más grande es la carrera de desplazamiento del pistón, más grande es la amplitud de la señal de desplazamiento del pistón. Sin embargo, la forma de onda de la señal es en esencia la misma para cualquier amplitud de funcionamiento del pistón, principalmente en términos de frecuencia. Los puntos de máximo y mínimo absolutos y relativos de la señal de desplazamiento SD, así como los puntos en los que la señal SD cruza el eje horizontal, cuando el voltaje de la señal es igual a 0, se producen en el mismo instante de tiempo para ambas señales de desplazamiento en las dos diferentes condiciones de funcionamiento.

15 En la realización preferida de la presente invención que utiliza el sensor inductivo 8 para medir la posición del pistón, la pendiente de la señal de desplazamiento del pistón es el parámetro por el que se calculará la amplitud de desplazamiento de pistón. Esta pendiente no es mayor que la variación de la amplitud de la señal en un intervalo de tiempo, o de una derivada de esta señal en este intervalo. Para medir la derivada de la señal de desplazamiento SD, es posible medir su valor de voltaje para un tiempo fijo, o medir el tiempo para un voltaje fijo, o también tomar lecturas simultáneas de voltaje y tiempo y calcular la derivada. En una realización alternativa de la invención, la señal de desplazamiento SD también podría introducirse en un convertidor A/D y en vez de medir la derivada en un intervalo de tiempo, se mediría la señal de desplazamiento SD en x puntos de tiempo, y a continuación se calcularían las mediciones promedio para encontrar la derivada.

25 Este parámetro de variación o pendiente de la señal de desplazamiento SD también es utilizado por el método y el sistema de la presente invención para verificar si el pistón está funcionando dentro de su zona de seguridad, evitando choques, y para calcular la distancia de seguridad entre el pistón y la culata, cuando el compresor está funcionando a carga máxima, en el que la carrera de desplazamiento del pistón debe ser tan grande como sea posible.

30 La derivada de la señal es medida en la sección lineal entre el pico positivo y el negativo. Entonces cuanto mayor es la amplitud del desplazamiento del pistón, más grande será la derivada de la señal medida, porque más rápida debería ser la variación de la señal SD al variar desde el punto máximo a una amplitud igual a 0, dado que la frecuencia de la señal no cambia en función de la amplitud de funcionamiento del pistón. Por consiguiente se puede concluir que la variación de la señal de desplazamiento, o su derivada, en un intervalo de tiempo también es proporcional a su amplitud de funcionamiento, e indicativa de su posición. Por ejemplo, cuando la señal de desplazamiento alcanza sus puntos de máximo y mínimo, esto significa que el pistón respectivamente ha alcanzado la posición más cercana y más alejada de la culata, esto es, los puntos de amplitud máxima de su carrera de desplazamiento. En estos puntos, la derivada de la señal de desplazamiento es igual a 0.

40 El uso de un sensor inductivo 8 del tipo descrito en esta memoria es ventajoso, porque su forma alargada permite obtener un mayor voltaje de la señal de desplazamiento SD generada por la bobina de sensor sin interferencias con la resolución de posición del sensor.

45 En consecuencia, hay una mayor variación de la señal generada por el sensor por motivo de un desplazamiento significativamente reducido del pistón dentro del cilindro, que aumenta la resolución del sensor y disminuye la susceptibilidad del sistema a errores debido perturbaciones por ruido. Esta configuración del sensor 8 también tiene baja impedancia, lo que proporciona una señal sin ruido eléctrico, contribuyendo además a la buena precisión del sensor.

Sin embargo, la presente invención, no se limita al uso de este sensor. Es posible aplicar cualquier otro tipo de sensor que mida la posición del pistón dentro del cilindro.

50 El sistema de control según la invención también tiene un circuito de detección de impacto del pistón con la culata, que genera una señal de impacto SI que indica la aparición o no de impacto del pistón con la culata. Esta señal de impacto puede ser generada de muchas maneras diferentes, sin apartarse del alcance de protección de la presente invención. La señal SI puede ser producida por medio de una rutina sin sensor, por medio de procesamiento de las señales eléctricas generadas por el compresor y su motor, y basándose en una señal de sensor.

55 Cuando el circuito de detección de impacto detecta el impacto del pistón con la culata, la señal de impacto SI enviada con ello supone una forma indicativa de impacto. La detección del impacto puede ser llevada a cabo por el mismo sensor que detecta el desplazamiento del pistón, o también por un sensor adicional aplicado a la combinación de pistón y cilindro, diseñado exclusivamente para detectar impacto. En otra realización de la

invención, la detección de impacto puede ser realizada analizando las señales eléctricas emitidas por el propio compresor.

En una realización de la invención, el circuito de detección de impacto y el circuito de detección de posición son circuitos independientes que generan señales independientes. Generalmente, determinados tipos de sensores utilizados para realizar la presente invención, así como los circuitos de procesamiento de señal que procesan las señales de impacto SI y la señal de desplazamiento SD enviadas por el sensor ya son conocidos en las técnicas previas citadas anteriormente. Sin embargo, las técnicas para procesar las señales varían de las enseñanzas de estos documentos de la tecnología de vanguardia, especialmente en virtud del hecho de que la presente invención combina una técnica de control de compresores sin un sensor y una técnica de control de compresores con ayuda de un sensor, que no está propuesto por ninguno de los documentos citados de la tecnología de vanguardia.

En una realización preferida, dichos circuitos y sistemas pueden ser implementados basándose en la técnica descrita en el documento WO 2005/71265. En este caso, como se muestra en la figura 2A, dos señales diferentes son enviadas a un circuito de control, la señal de desplazamiento SD generada por el circuito con un sensor y una señal de impacto SI generada por el circuito sin un sensor. Estas dos señales son tratadas por separado dentro del circuito de control.

En otra realización de la invención, los circuitos de detección de impacto y de detección de posición de pistón pueden ser alojados en un único circuito de sensores que realiza las dos funciones simultáneamente. Esta unión de los dos circuitos de detección de posición y de impacto puede ser llevada a cabo por medio de un sensor piezoeléctrico (PZT) dispuesto en la cabeza del pistón. Un sensor de este tipo puede verse, por ejemplo, en el documento WO 2004/104419. Tal como se ha descrito, este sensor es un acelerómetro que mide la aceleración del pistón durante su desplazamiento y genera una señal de salida substancialmente sinusoidal de frecuencia esencialmente baja. El sensor PZT comprende cristales, de tal manera que cuando hay un choque entre el pistón y el cilindro, los cristales del sensor son comprimidos provocando una deformación de la señal de aceleración del pistón generada por el sensor, en forma de un componente en la alta frecuencia en un punto máximo de la señal.

Esta segunda realización de la invención se muestra en la figura 2B, en la que sólo se envía una señal de sensor al circuito de control, que contiene la información de desplazamiento SD y de impacto SI. Esta señal se aplica a dos circuitos independiente de tratamiento que procesan la señal y extraen por separado la información acerca de la posición y del impacto. La figura 3 es una ilustración más detallada del procesamiento separado de la señal del sensor PZT y se describe con más detalle más adelante.

La señal de impacto SI es introducida al circuito de control, que procesa esta señal, por medio de un circuito de detección de impacto y genera directamente una señal DI de determinación de impacto. La señal SD es enviada a un circuito de tratamiento de la señal del sensor que procesa esta señal y extrae la información acerca de la posición y la amplitud del funcionamiento del pistón en función de su forma de onda, y puede generar, por ejemplo, una señal de determinación de posición DP.

La figura 5 ilustra un ejemplo de señales de determinación de posición DP y señales de determinación de impacto DI generadas después de interpretar y procesar las señales de desplazamiento SD y de impacto SI en el circuito de control, que pueden aplicarse a la presente invención, y que se describe en el documento WO 2005/71265. La señal de determinación de impacto DI, en este caso, es generada en forma binaria. Cuando no se detecta impacto, el valor de la señal es igual a 0 voltios. Cuando se produce impacto, la señal enviada por el sensor llega a ser, por ejemplo, igual a 1 voltio, formando una onda cuadrada. En el mismo instante en el tiempo, el valor de la señal DP es proporcional al desplazamiento máximo del pistón.

Para controlar el funcionamiento del pistón, el circuito de control del sistema según la invención envía una señal de control a un inversor, que a su vez aplica la señal de accionamiento a un motor lineal. Este motor lineal produce el movimiento del pistón en el compresor. La señal de accionamiento aplicada al motor del compresor lineal puede ser variada en voltaje o en potencia, como en frecuencia o periodo, en función de las condiciones de trabajo en las que debe funcionar el compresor. La frecuencia y la potencia de la señal de accionamiento determinan el movimiento oscilatorio del pistón.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques de una realización preferida de un circuito de control. El circuito de control está conectado a la salida del circuito de detección de posición y a la salida del circuito de detección de impacto, y recibe la señal de detección de impacto SI y la señal de detección de posición SD del pistón generadas por los respectivos circuitos de detección. El circuito de control también recibe la señal de accionamiento del motor lineal en forma de una señal de voltaje ST y una señal de corriente SC.

El circuito de control comprende unos medios de procesamiento de datos que procesan la señal de desplazamiento SD del pistón y la señal de impacto SI, o las señales derivadas de las mismas y generan una señal de control del inversor. Los medios de procesamiento de datos tienen un procesador de datos, que puede ser, por ejemplo, un microcontrolador y es responsable de las etapas de procesamiento de datos y para la generación de la señal de control del inversor.

5 El circuito de control es capaz de realizar una rutina de ajuste fino del movimiento y la carrera máxima del pistón. En esta rutina, el circuito de control analiza las señales de desplazamiento SD y/o las señales de impacto SI conjuntamente con la señal de accionamiento del motor lineal, y por medio de determinadas ecuaciones matemáticas calcula el máximo desplazamiento posible que el pistón puede realizar (máxima amplitud de funcionamiento), sin chocar con la culata, y utilizando un margen de seguridad significativamente reducido contra el choque.

10 Además, el procesador del circuito de control calcula los valores o intervalos de valores que por lo menos un parámetro de señales de desplazamiento SD y/o señales de impacto SI debe adoptar cuando el pistón está trabajando para evitar el choque con el cilindro, cuando funciona con la máxima amplitud de funcionamiento, o para garantizar que el pistón está funcionando con una amplitud de desplazamiento adecuada para la carga solicitada por el compresor.

El circuito de control también es capaz de ejecutar una etapa de detección de impacto, en la que, en una realización preferida de la invención, analiza la señal de impacto SI generada por el circuito de detección de impacto, e identifica si se produce impacto entre el pistón y la culata.

15 El circuito de control también realiza una rutina de control de funcionamiento de pistón en la que identifica la amplitud de desplazamiento del pistón y reconoce si se ha producido o no impacto del pistón y la culata, basándose en el formato o en el valor de la señal de desplazamiento SD en aislamiento, o en combinación con los datos de la señal de accionamiento del motor lineal o con los datos de un circuito de refrigeración al que se aplica el compresor. El reconocimiento de la aparición de impacto es realizado comparando las lecturas de datos de desplazamiento de
20 pistón en un determinado momento con los valores calculados en la rutina de ajuste fino para impedir el choque con el cilindro.

Como puede verse en la figura 3, para realizar estas funciones de control y ajuste fino del pistón, el circuito de control comprende por lo menos un comparador de señales, diseñado para comparar la señal de desplazamiento SD con los valores de determinados parámetros que esta señal debe asumir calculados en la etapa de ajuste. El comparador recibe, por lo tanto, la señal de desplazamiento SD en una entrada y la señal REF con el valor de referencia de por lo menos un parámetro en otra entrada, y genera una señal de salida que indica que la señal de desplazamiento está dentro o fuera del intervalo de valores que puede asumir. La señal de referencia informa preferiblemente del valor de voltaje de referencia que será utilizado para calcular la derivada de la señal de desplazamiento SD. La señal de salida del comparador es introducida en el procesador, como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 3.
25
30

Realizar esta rutina de ajuste conjuntamente con la rutina de detección de impacto permite el uso de sensores de posición y de impacto de baja precisión, porque esta baja precisión es compensada por la precisión aumentada proporcionada por el uso combinado de estas dos tecnologías para detectar un impacto con un sensor y sin un sensor.

35 El procesador también recibe los datos relacionados con las condiciones de funcionamiento del propio compresor y/o del equipo al que se aplica el compresor. Aquí, se considera que el compresor es aplicado al circuito de refrigeración de un refrigerador, con el fin de comprender el trabajo de este sistema de control de compresor conjuntamente con el equipo al que está asociado el compresor.

40 El procesador del circuito de control puede, en este caso, recibir datos de un evaporador, elementos de control de presión, condensador, sensores de temperatura o cualesquiera otros elementos que componen el circuito de refrigeración del refrigerador. Los datos recibidos por el procesador comprenden, por ejemplo, la corriente de entrada, potencia, voltaje de alimentación, factor de potencia y resistencia en ohmios de estos dispositivos del circuito de refrigeración, señales de sensor que indican la temperatura del ambiente refrigerado, entre otros. Mediante estas señales, el circuito de control determina la carga y las condiciones de funcionamiento en las que debe trabajar el compresor. Esta información es importante, debido al hecho de que la señal de sensor varía significativamente en función de la carga y las condiciones de funcionamiento del compresor (por ejemplo, la temperatura del evaporador y el condensador), como puede verse en los gráficos de las figuras 11 a 15. Por consiguiente, el sistema de control según la invención puede interpretar la señal del sensor de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del compresor y controlar el compresor de modo que funcione de una manera coherente con las condiciones exigidas por el refrigerador, pero sin choque entre el pistón y la culata.
45
50

En la realización de la invención en la que se hace uso de un sensor como el explicado en el documento WO 200571265, y el esquema ilustrado en la figura 3 utilizando un sensor de tipo PZT, que envía en una misma señal la información acerca de la posición del pistón SD y el impacto del pistón SI, la señal de sensor PZT debe ser primero sometida a un tratamiento para extraer de forma separada la información acerca de la posición y del impacto del pistón, generando dos señales diferentes, conteniendo cada una sólo un tipo de información.
55

Para realizar este tratamiento, se pueden utilizar dos filtros, a los que se introduce la señal del sensor PZT. Preferiblemente, la señal del sensor PZT es aplicada a un filtro de paso de banda, que filtra la señal en un intervalo de frecuencias, por ejemplo, de 5 a 500 Hz. La señal filtrada por el filtro de paso de banda corresponde a la señal de

posición de pistón. La señal del sensor PZT es aplicada simultáneamente también a un filtro de paso alto, que filtra la señal en un intervalo de frecuencias superior a 5 kHz. La señal filtrada por el filtro de paso alto corresponde a la señal de impacto de pistón. La señal del desplazamiento SD del pistón se introduce entonces en el comparador, mientras que la señal de impacto SI es introducida directamente al procesador.

5 Los datos relacionados con la señal de desplazamiento SD y de impacto SI, tal como voltaje, corriente y frecuencia, así como los datos del equipo al que se aplica el compresor, por ejemplo el refrigerador, y que son adquiridos por el procesador, son guardados por el circuito de control, preferiblemente en una memoria interna del circuito. Los datos acerca del voltaje y la frecuencia de funcionamiento del motor también son guardados en esta memoria no ilustrada en los dibujos.

10 La presente invención también describe un método de ajuste fino y control de un compresor lineal, que puede utilizarse en compresores aplicados a refrigeradores, aparatos de acondicionamiento de aire o a veces a bombas de fluidos. El sistema según la invención descrito anteriormente puede ser utilizado según la metodología descrita a continuación.

15 Este método es capaz de ajustar de forma fina el funcionamiento del compresor lineal, de modo que funcione a su capacidad máxima, con el pistón en una mayor amplitud posible de funcionamiento sin chocar con la culata. El ajuste puede ser realizado siempre que sea necesario, por ejemplo, cuando se detecta un fallo de funcionamiento en el equipo al que se aplica el compresor, o cuando se identifica que el compresor está funcionando por debajo de su capacidad máxima, o que el pistón está chocando con el cilindro, o siempre que el compresor o el equipo al que se aplica estén encendidos. Puede establecerse un ajuste fino periódico en un momento predefinido. Este momento se
20 establecerá según las características del circuito de detección de posición.

Este tipo de ajuste fino normalmente no es posible en compresores de tecnología de vanguardia que, hablando generalmente, permiten un ajuste fino sólo cuando son fabricados.

25 El método de la invención comprende una primera etapa para aplicar la señal de accionamiento a un motor lineal, que acciona un pistón que se desplaza en vaivén dentro de un cilindro, en un compresor. La señal de accionamiento del motor determina la velocidad y la amplitud de funcionamiento del pistón del compresor, que debe variarse en función de la carga de funcionamiento del compresor y de las temperaturas del evaporador y del condensador. Los parámetros de frecuencia o período y de amplitud de la señal de accionamiento del motor lineal se miden y se guardan preferiblemente en una memoria.

30 Poco después del arranque, preferiblemente el método de la invención realiza una rutina de ajuste fino del compresor. La rutina de ajuste fino del compresor es realizada principalmente para detectar en qué amplitud de funcionamiento se produce el choque del pistón, para garantizar que el compresor siempre funcione en condiciones seguras, y evitará el choque, y el desgaste y rotura subsiguiente del equipo y el ruido acústico. Generalmente, esta rutina es realizada cuando se enciende el compresor, pero también puede ser llevada a cabo cuando hay un cambio en las condiciones de funcionamiento y de carga del compresor, o para corregir inestabilidades en el sistema, entre
35 otros. Esta rutina del método de la presente invención se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 9.

Cuando se ejecuta la rutina de ajuste fino, por ejemplo, cuando el equipo de compresor es encendido, el pistón empieza a trabajar, con el pistón funcionando en su mínima amplitud de funcionamiento. Entonces, se realiza una etapa para medir la amplitud de desplazamiento del pistón, ya que es una etapa para detectar el impacto del pistón con la culata.

40 La etapa de detección de impacto puede ser llevada a cabo por un sensor de impacto que es aplicado a la combinación de pistón y cilindro y que genera una señal cuando hay un impacto del pistón con la culata. Cuando este sensor detecta un impacto del pistón con la culata, la señal de impacto SI enviada supone con ello una forma indicativa de impacto. Si el sistema no está estabilizado, esta rutina de detección de impacto puede ser llevada a cabo otra vez.

45 Según una realización preferida de la invención, la etapa de medir la amplitud de funcionamiento del cilindro es llevada a cabo con ayuda de un sensor inductivo 8 del tipo descrito anteriormente, que emite la señal de desplazamiento SD del pistón, cuya derivada indica la amplitud de desplazamiento del pistón. De este modo, en esta etapa de detectar el desplazamiento del pistón de la rutina de ajuste fino, la derivada de la señal de desplazamiento SD se calcula en la sección lineal de esta señal. Esta derivada es representada por la "pendiente" variable, que es
50 guardada en un dispositivo de memoria.

Si no se ha detectado impacto del pistón con la culata, un voltaje de la señal aplicada al motor lineal es aumentado progresivamente en pequeñas cantidades, provocando un correspondiente aumento en la amplitud de funcionamiento o en la carrera de desplazamiento del pistón. Para cada aumento de voltaje de la señal de accionamiento, se realiza una etapa para detectar el impacto y medir la amplitud de funcionamiento del pistón.

55 La detección de impacto y medición de la amplitud de funcionamiento del pistón puede ser realizada, preferiblemente, una vez para cada ciclo de funcionamiento del compresor. El voltaje y la frecuencia de la señal de accionamiento en cada ciclo pueden ser debidamente guardados.

Siempre que no se detecte impacto entre el pistón y la culata, las etapas de medir la amplitud de desplazamiento de pistón y detectar impacto son llevadas a cabo sucesivamente, seguido por un pequeño aumento del voltaje de la señal de accionamiento.

5 Cuando se detecta impacto del pistón con el compresor, entonces el voltaje de la señal de accionamiento del motor se reduce ligeramente. Este nuevo valor de voltaje de la señal de accionamiento puede ser registrado como un nuevo máximo valor de voltaje de la señal de accionamiento, y el valor de la amplitud de desplazamiento conseguido por el pistón es registrado como valor máximo de carrera de desplazamiento.

10 Además, el último valor de la variable "Slope" que corresponde a la derivada de la señal SD cuando se produce impacto es atribuido a una variable "SLOPEmin", que identifica el valor de la derivada de la señal SD cuando se produce impacto. Como se ha mencionado anteriormente, el desplazamiento del pistón dentro del cilindro depende de los parámetros de período y potencia de esta señal de accionamiento.

15 El período o la frecuencia y la potencia de la señal de accionamiento del motor lineal en el momento que se ha producido impacto también se conoce. Estos valores son aplicados a la ecuación I de abajo, que relaciona la pendiente de la señal de desplazamiento SD con la frecuencia y el período de la señal de accionamiento y calcula un parámetro llamado Offset_max:

$$SLOPEmin = K1 \times Period + K2 \times Power - Offset_max \text{ (ecuación I)}$$

20 Como se ha mencionado anteriormente, los valores de período y de potencia de la señal de accionamiento del motor lineal varían dependiendo de las condiciones de funcionamiento del compresor, tal como la temperatura del evaporador y el condensador. Por lo tanto, en la ecuación I, es necesario ajustar los valores de período y de potencia para corregir las distorsiones de la señal de sensor, que se hace multiplicando el período y la potencia por los respectivos coeficientes angulares K1 y K2, que son unas constantes experimentales obtenidas en fase de diseño con pruebas de sensores. La variable "Offset" es un parámetro de ajuste fino del sensor, que es proporcional a la pendiente de la señal SD cuando se produce impacto del pistón con el cilindro, en las condiciones de potencia y de período de la señal de accionamiento. Aplicando los valores conocidos a la ecuación I, se obtiene el valor Offset_max, que será utilizado en la rutina principal del compresor para impedir el impacto. El valor Offset_max corresponde a un valor máximo que puede asumir el parámetro Offset, sin aplicar ninguna distancia de seguridad para evitar el choque del pistón con el cilindro.

30 En una realización alternativa de la invención mostrada en la figura 10, esta rutina de ajuste fino puede ser realizada por lo menos tres veces en una serie, para obtener por lo menos tres valores diferentes de Offset calculado (Offset1, Offset2, Offset3) dependiendo de las otras lecturas variables. Entonces se calcula el valor promedio de Offset_medio de los tres valores de Offset medidos y se calcula la diferencia entre el valor promedio Offset_medio y cada uno de los valores calculados entre Offset1, Offset2 y Offset3, obteniendo de este modo los valores Δ1, Δ2, Δ3 que corresponden al módulo de cada una de estas diferencias. Los valores Δ1, Δ2 y Δ3 son comparados con un valor de límite L. Si ninguno de los valores Δ1, Δ2, Δ3 es mayor que L, entonces el ajuste fino se concluye con éxito. Si cualquiera de los valores Δ1, Δ2, Δ3 es mayor que L, entonces se reanuda el ajuste fino del compresor y se calculan otra vez tres valores Offset_max diferentes. El parámetro L utilizado para ajustar el valor Offset_max es un valor determinado en la fase de diseño del método según la invención.

35 En una realización de la invención, el valor Offset_max calculado por los métodos anteriores puede aplicarse directamente a la rutina de control de funcionamiento del pistón sin la necesidad de un ajuste fino adicional.

40 Según otra realización de la invención, después de definir el valor Offset_max según cualquiera de las formas ilustradas en las figuras 9 y 10, se calcula un valor final de Offset, que se ajusta fino con una distancia de seguridad para evitar el impacto con la culata. Este valor final de Offset será calculado por la fórmula II siguiente, a la que se aplican los valores medidos de Slope_min, el período y la potencia de la señal de accionamiento utilizados para calcular el Offset_max, y los parámetros ya conocidos K1 y K2:

$$45 \quad Offset = K1 \times Period + K2 \times Power - Slope_min - \Delta safety \text{ (ecuación II)}$$

La variable ΔSafety corresponde a una distancia de seguridad definida también en el laboratorio, que debe ser descontada de la amplitud de funcionamiento del pistón para impedir que el pistón choque con la culata. Este valor final de Offset será utilizado para el control del funcionamiento del pistón durante el funcionamiento normal del compresor, con el objetivo de evitar el impacto entre el pistón y la culata.

50 Después de calcular el valor de Offset ajustado fino con la distancia de seguridad, y con el valor de pendiente Slope_min de la señal de desplazamiento SD, se apaga la rutina de ajuste fino, y el compresor comienza a funcionar normalmente, siendo controlado por las etapas del método de la presente invención que lleva a cabo el control del compresor de modo que funciona con seguridad, sin la aparición de choques y/o con la carga de trabajo deseada, evitando un gasto de potencia. El método completo según la invención incluyendo la rutina de ajuste fino y la rutina de control de funcionamiento de pistón se ilustra en la figura 8 combinada con la figura 9.

55

Después de apagar la rutina de ajuste fino, comienza la rutina de control de funcionamiento de pistón, también denominada como la rutina de control de Slope de la señal de desplazamiento SD. En esta rutina, los valores de Slope de la señal de desplazamiento SD, y de los valores de potencia y período de la señal de accionamiento se miden periódicamente, mientras el compresor está en funcionamiento, preferiblemente una vez para cada ciclo del compresor o con intervalos más grandes. Los valores de período y de potencia son aplicados a la ecuación III siguiente, que es similar a la ecuación I, pero ya utiliza el valor de Offset ajustado fino con la distancia de seguridad Δ Safety.

$$SLOPE_lim = K1 \times Period + K2 \times Power - Offset \text{ (Ecuación III)}$$

Esta ecuación se utiliza para calcular el valor de límite de Offset, denominado en esta memoria como Slope_lim, que será el límite inferior del valor que puede asumir la pendiente o Slope de la señal SD, garantizando que no habrá choque bajo esas condiciones de funcionamiento del compresor.

Luego, el valor medido de la pendiente, denominado en esta memoria como Slope_measured, se compara con el valor límite calculado Slope_lim. Si Slope_measured es mayor que Slope_lim, entonces el compresor todavía está funcionando en su margen anti-impacto de seguridad, o con una amplitud por debajo de la amplitud necesaria, de modo que el compresor funciona con la carga solicitada. Entonces, es posible aumentar ligeramente la potencia o el voltaje de la señal de accionamiento del motor lineal. Como resultado de este aumento en la potencia de la señal de accionamiento, de nuevo se hace una comprobación para averiguar si se ha producido impacto entre el pistón y el cilindro por medio de una etapa de detección de impacto llevada a cabo de la misma manera que la descrita para la etapa de detección de impacto realizada durante la rutina de ajuste fino.

Estas etapas de aumento de potencia y de detección de impacto se realizan sucesivamente, hasta que se detecta un impacto. Cuando se detecta un impacto, entonces se realiza otra vez la rutina de ajuste fino, para calcular un valor de Offset nuevamente ajustado fino.

En una realización alternativa de la invención no ilustrada, durante la rutina de control de funcionamiento de pistón, cuando no se detecta impacto del pistón con el cilindro en la etapa de detección de impacto, puede llevarse a cabo una etapa para comprobar si el tiempo en el que el sistema está con un valor medido de la pendiente Slope_measured que es superior al límite calculado Slope_lim es mayor que un período específico, por ejemplo, una hora. Si no, se continúa la misma rutina de control de funcionamiento de pistón.

Por otro lado, si este tiempo de funcionamiento es más de 1 hora, entonces la rutina de ajuste se realiza otra vez para calcular un valor nuevamente ajustado fino de Offset.

Volviendo al control del compresor, si el valor medido de la pendiente Slope_measured de la señal de desplazamiento SD es mayor o igual al límite calculado Slope_lim, entonces el compresor está funcionando con una amplitud de funcionamiento mayor que la amplitud considerada segura y se corre el riesgo de chocar con la culata. Así que la potencia o el voltaje de la señal de accionamiento del motor lineal puede disminuirse ligeramente, de modo que el compresor reanude su funcionamiento dentro de la amplitud de funcionamiento seguro. Después, el método según la invención se mueve otra vez a la etapa de verificación si se ha producido impacto entre el pistón y el cilindro como resultado de este cambio de potencia de la señal de accionamiento. Si se produce impacto, entonces vuelve de nuevo a la rutina de ajuste fino. Si no hay impacto, vuelve a la etapa de medir la potencia y el período de la señal de accionamiento, y el período de la señal de desplazamiento SD, para calcular el valor Slope_lim, y continúa realizando las etapas sucesivas de la rutina de control de compresor.

Al realizarse la rutina de control del compresor conjuntamente con la rutina de ajuste fino, se reduce significativamente la frecuencia de choques del pistón con la culata. Sin embargo, al mismo tiempo, el pistón es controlado para llegar a una posición muy cercana a la culata, maximizando su amplitud de funcionamiento, así como las prestaciones del compresor. Dado que el aumento y la reducción en el voltaje de la señal de accionamiento del motor lineal son cantidades sumamente reducidas, esto permite un ajuste fino preciso del compresor, con una distancia de seguridad significativamente reducida entre el pistón y el cilindro, al funcionar a su capacidad máxima.

La figura 7 muestra el comportamiento de la señal de desplazamiento SD generada por el circuito para detectar la posición del pistón, junto con la señal de corriente del compresor I_c , y con la señal de comparador SC que indica que el pistón ha alcanzado su posición máxima en la carrera de desplazamiento. Esta última señal SC es generada en la salida del comparador que compara el Slope_measured de la señal de desplazamiento SD con el límite calculado Slope_lim.

Cabe señalar que la señal del comparador SC forma un impulso cuadrado que tiene una longitud igual al intervalo de tiempo en el que la señal de desplazamiento SD es mayor que V_{ref} , esto es, cuando el pistón está cerca de su posición máxima en la carrera de desplazamiento. La señal del comparador SC tiene la forma de una onda cuadrada, con impulsos indicativos de los momentos en los que el pistón ha obtenido su posición máxima en la carrera de desplazamiento. Observando el comportamiento de la señal de corriente del compresor I_c , también cabe señalar que en los momentos en los que la señal de desplazamiento SD asume sus valores máximo y mínimo, $I_c = 0$.

Los gráficos mostrados en las figuras 11 a 15 muestran cómo el valor de pendiente de la señal de desplazamiento SD, así como la frecuencia y la potencia de la señal de accionamiento, varía dependiendo de las condiciones de funcionamiento del compresor.

5 La Figura 11 muestra los valores de la pendiente de la señal de desplazamiento SD en el límite de impacto (equivalente a la variable Slope_measured en la rutina de ajuste fino) en varias condiciones de funcionamiento del compresor. El eje de ordenadas muestra la temperatura del condensador, y cada una de las líneas ilustradas en el gráfico muestra los valores de Slope_measured para una determinada temperatura del evaporador.

10 El gráfico de la figura 12 muestra cómo varía la potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto, para diferentes condiciones de temperatura del condensador y del evaporador. El gráfico de la figura 13 relaciona mutuamente la frecuencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto, con las diferentes condiciones de temperatura del condensador y el evaporador. Los gráficos 11 a 13 demuestran que los parámetros de frecuencia y potencia de la señal de accionamiento, así como el valor de pendiente de la señal de desplazamiento, varían significativamente dependiendo de las condiciones de funcionamiento del compresor, y esto es por lo que deben ser tenidos en cuenta al calcular el valor de Offset, que es el parámetro creado para poner en correlación todas estas variables para impedir el impacto del pistón 1 con la culata.

15 La figura 14 muestra un gráfico que pone en correlación el desplazamiento máximo del pistón con el correspondiente valor medido de Slope de la señal de desplazamiento SD, en diferentes condiciones de temperatura del evaporador. El eje de ordenadas comienza a aparecer en un valor negativo, porque el valor 0 en este gráfico corresponde a la posición del panel de válvulas. Es posible apreciar en este gráfico que para la condición de temperatura del evaporador, el valor de pendiente de la señal SD disminuye, a medida que aumenta la amplitud de desplazamiento de pistón, esto es, cuanto más cerca se aproxime el pistón del panel de válvulas.

20 El gráfico de la figura 15 muestra la correlación sólo entre el período de la señal de accionamiento y la señal de desplazamiento SD, esto es, sin compensar la potencia de la señal de accionamiento. Este gráfico ilustra una línea que corresponde al valor Slope_lim teórico, y los valores Slope_measured en el momento de impacto para tres condiciones diferentes de temperatura del evaporador. Los resultados de este gráfico muestran que si solamente se utiliza la compensación del período, el compresor funcionará más bien lejos del límite teórico Slope_lim, dado que los valores de Slope_measured son bastante lejanos de la recta correspondiente a Slope_lim, principalmente en casos de temperaturas -18° y -25° C del evaporador. Idealmente, el compresor debe funcionar tan cerca como sea posible del límite, porque de otro modo sería necesario sobredimensionar el compresor para funcionar a la misma capacidad. Cuando el compresor funciona cerca de su límite, esto significa que trabaja en el modo optimizado, extrayendo la máxima capacidad del compresor.

25 La zona por encima de la recta del límite teórico Slope_lim corresponde a una zona de funcionamiento seguro, esto es, cuando los valores de Slope_measured están dentro de esta región, es seguro que no se producirá impacto. Puede ser que a veces el sistema funcione con un Slope_measured fuera de la zona de funcionamiento seguro, y todavía no haya impacto, porque la aparición de impacto depende de otros parámetros. Así, utilizando sólo la compensación de período se garantiza una zona de funcionamiento seguro, pero en algunas condiciones habrá un sobredimensionado del compresor, y en otras condiciones, estará muy cerca del límite anti-impacto de seguridad. En una situación ideal en la que el compresor será utilizado en su manera más optimizada posible, todas las curvas de Slope_measured estarían una encima de otra y en la curva del límite teórico Slope_lim. Esto es posible si se añade otro término de compensación, a saber la potencia.

30 Basado en la descripción de la invención establecida en esta memoria, es obvio que la combinación de técnicas de ajuste fino y técnicas de control de desplazamiento de pistón, con y sin un sensor, proporciona unas prestaciones más precisas y eficientes para el compresor que las citadas en la tecnología de vanguardia. Esta asociación también permite, en determinados casos preferidos, el uso de un sensor menos preciso, más sencillo y más barato, que no debe llevar a cabo una medición directa y lectura física de la distancia entre el pistón y la culata, pero que hace una medición indirecta por medio de inducción electromagnética. Esto también reduce la posibilidad de daños al sensor, porque no se expone a choques entre el pistón y la culata. Aun así, si la precisión de medición del sensor es inferior en relación con los que miden la distancia directamente, estas menores prestaciones son compensadas por la asociación con la técnica de ajuste fino y control sin sensor y basado en otras señales eléctricas del compresor.

35 El sistema y el método de la presente invención también podrían ser utilizados para controlar una combinación de pistón y cilindro para evitar el impacto del pistón con cualquier pieza dispuesta en el extremo opuesto a la culata. En este caso, el circuito de detección de impacto debe configurarse para detectar el final de la carrera y el impacto del pistón en el lado opuesto a la culata. Las otras características del sistema podrían mantenerse y solamente ser adaptadas a este pequeño cambio de disposición del circuito de detección de impacto y el circuito de detección de posición. En otra realización alternativa, el sistema y el método de la presente invención podrían ser configurados para evitar simultáneamente el impacto en ambos finales de carrera de desplazamiento de pistón. Esta tarea podría ser realizada por medio de dos circuitos diferentes de detección de impacto y de detección de posición, cada par de circuitos diseñados para monitorizar un final de la carrera del pistón, o también por medio de un único circuito de detección de impacto y un único circuito de detección de posición capaces de detectar el impacto y medir la posición del desplazamiento del pistón en ambos finales simultáneamente.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para controlar un compresor lineal que comprende:
 un motor lineal que acciona el movimiento en vaivén de un pistón (1) dentro de un cilindro (2);
 un circuito de detección de posición que genera una señal de desplazamiento (SD) que indica la amplitud de desplazamiento del pistón;
 un circuito de detección de impactos que genera una señal de impacto (SI) que indica la aparición de impacto del pistón (1) con una culata;
 un circuito de control que aplica una señal variable de accionamiento en el motor lineal,
 el sistema se caracteriza porque
- 10 el circuito de control recibe la señal de desplazamiento (SD) y la señal de impacto (SI), y calcula, basándose en estas señales y en la señal de accionamiento, por lo menos un parámetro de límite de prevención de impacto para la señal de desplazamiento (SD), que es proporcional al valor de variación o el valor derivado de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto, definiendo una zona de seguridad anti-impacto basándose en este parámetro, en el que el parámetro de límite de prevención de impacto es calculado con la ecuación
- 15 $SLOPE_{min} - K1 \times Period + K2 \times Power - Offset_{max}$
 donde:
 Slope_min es el valor de variación o el valor de la derivada de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto;
- 20 K1 y K2 son respectivamente unas constantes de compensación de período y de potencia de la señal de accionamiento;
 Períod y Power son los valores de período y de potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto; y
 Offset_max es el parámetro de límite de prevención de impacto, el circuito de control compara la señal de desplazamiento (SD) generada como respuesta a la señal de accionamiento con el parámetro de límite de prevención de impacto, y ajusta la señal de accionamiento del motor basándose en el resultado de la comparación.
- 25 2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque el parámetro de límite de prevención de impacto para la señal de desplazamiento (SD) del pistón determina un límite para la amplitud máxima de desplazamiento del pistón sin impacto entre el pistón y la culata.
- 30 3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el circuito de control recibe unas señales que indican las condiciones de funcionamiento del compresor y calcula la nueva señal de accionamiento del motor basándose también en estas señales de condiciones de funcionamiento del compresor.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por ser aplicado a un sistema de refrigeración, en el que el circuito de control recibe unas señales que indican las condiciones de funcionamiento del sistema de refrigeración y calcula la nueva señal de accionamiento del motor basándose también en estas señales del sistema de refrigeración.
- 35 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el parámetro de límite de prevención de impacto Offset se calcula añadiendo al valor Offset_max un componente $\Delta Safety$ que es una constante que corresponde a la distancia de seguridad entre la amplitud máxima de desplazamiento del pistón y la culata.
- 40 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el parámetro de límite de prevención de impacto se calcula utilizando el promedio aritmético de por lo menos tres valores del parámetro de límite de prevención de impacto calculados en tres momentos diferentes.
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el circuito de control comprende una memoria que guarda por lo menos algunos parámetros de las señales de desplazamiento (SD) y las señales de impacto (SI) y de la señal de accionamiento y los valores de los parámetros calculados por el circuito de control.
- 45 8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el circuito de control aumenta la señal de accionamiento del motor si el resultado de la comparación muestra que la señal de desplazamiento (SD) está dentro de la zona de funcionamiento seguro anti-impacto y reduce la señal de accionamiento del motor si el resultado de la comparación muestra que la señal de desplazamiento (SD) está fuera de la zona de funcionamiento seguro anti-impacto.

9. Método para controlar un compresor lineal que tiene un pistón (1) accionado por un motor lineal y que se desplaza dentro de un cilindro (2), un circuito de detección de posición que emite una señal (SD) que indica el desplazamiento del pistón dentro del cilindro y el circuito de detección de impacto del pistón con la culata emite una señal (SI) que indica el impacto del pistón con la culata,

5 el método comprende las etapas de:

(a) llevar a cabo una rutina de ajuste fino en el compresor lineal que comprende:

- detectar un impacto del pistón (1) con la culata;
- medir la señal de accionamiento en el momento de impacto entre el pistón y la culata;
- medir la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto entre el pistón y la culata;

10 caracterizado porque comprende además las siguientes etapas:

- calcular un parámetro de límite de prevención de impacto basándose en las mediciones de la señal de accionamiento y la señal de desplazamiento (SD) con el impacto del pistón con la culata, en el que el parámetro de límite de prevención de impacto es proporcional al valor de variación o el valor derivado de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto, y el parámetro de límite de prevención de impacto se calcula con la ecuación

15

$$SLOPE_{min} = K1 \times Period + K2 \times Power - Offset_max$$

donde:

Slope_min es el valor de variación o el valor de la derivada de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto;

20 K1 y K2 son respectivamente unas constantes de compensación de período y de potencia de la señal de accionamiento;

Períod y Power son los valores de período y de potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto; y

Offset_max es el parámetro de límite de prevención de impacto,

(b) llevar a cabo una rutina de control en el compresor lineal que comprende las etapas de:

25 - medir la señal de accionamiento y la señal de desplazamiento (SD);

- calcular un valor de límite que un parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) puede asumir sin impacto entre el pistón y la culata, en función de la señal de accionamiento medida y del parámetro de límite de prevención de impacto calculado en la rutina de ajuste fino, y determinar una zona de funcionamiento seguro anti-impacto para el parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD);

30 - comparar el valor medido del parámetro de la señal de desplazamiento (SD) con el valor de límite calculado del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD);

- si el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) está dentro de la zona de funcionamiento seguro anti-impacto, variar la señal de accionamiento para aumentar la eficiencia del compresor lineal;

35 - si el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) está fuera de la zona de funcionamiento seguro anti-impacto, variar la señal de accionamiento para reducir la eficiencia del compresor lineal;

- detectar la aparición de impacto del pistón con la culata analizando la señal de impacto (SI), y si no se produce impacto, ejecutar la rutina de ajuste fino para calcular de nuevo la variable anti-impacto de ajuste fino, y si no se produce impacto, ejecutar la rutina de control.

40 10. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque el parámetro de límite de prevención de impacto Offset se calcula añadiendo al valor Offset_max un componente $\Delta Safety$ que es una constante que corresponde a la distancia de seguridad entre la amplitud máxima de desplazamiento del pistón y la culata.

11. Método según una de las reivindicaciones 9 o 10, caracterizado porque

45 - la etapa de calcular un valor de límite que un parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) puede asumir sin impacto entre el pistón y la culata comprende calcular la derivada $SLOPE_{lim}$ de la señal de desplazamiento (SD) con la ecuación

$SLOPE_{lim} = K1 \times Period + K2 \times Power - Offset$ (Ecuación III)

- 5 - la etapa de comparar el valor medido del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) con el valor de límite calculado del parámetro de control de la señal de desplazamiento (SD) comprende la comparación del valor medido de $Slope_{measured}$ de la derivada de la señal de desplazamiento (SD) con el valor calculado de $SLOPE_{lim}$;
- la etapa de variar la señal de accionamiento para aumentar la eficiencia del compresor lineal comprende aumentar el voltaje de la señal de accionamiento; y
- la etapa de variar la señal de accionamiento para reducir la eficiencia del compresor lineal comprende disminuir el voltaje de la señal de accionamiento.
- 10 12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por comprender además una etapa para adquirir las señales que indican las condiciones de funcionamiento del compresor, que se consideran en la etapa de variar la señal de accionamiento.
- 15 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por comprender una etapa de guardar por lo menos algunos de los valores de las señales generadas por el circuito de control, los valores de las señales alimentan al circuito del control y los valores de los parámetros calculados por el circuito de control.
14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado porque la variación de la señal de desplazamiento (SD) es medida en un intervalo de tiempo en el que la amplitud de la señal de desplazamiento (SD) varía entre un valor predeterminado de referencia y cero.
- 20 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, caracterizado porque el parámetro de límite de prevención de impacto se calcula utilizando el promedio aritmético de por lo menos tres valores del parámetro de límite de prevención de impacto calculados en tres momentos diferentes.
- 25 16. Método para controlar un compresor lineal, caracterizado por controlar el funcionamiento del compresor lineal basándose en una señal de desplazamiento (SD) de un pistón (1) dentro de un cilindro (2) del compresor, y en una señal de impacto (SI) del pistón (1) con una culata dentro de un cilindro (2), y durante el control del funcionamiento del compresor lineal, el método comprende una etapa para calcular, basándose en las señales de desplazamiento (SD) y de impacto (SI), por lo menos un parámetro de límite de prevención de impacto para la señal de desplazamiento (SD), que es proporcional al valor de variación o el valor derivado de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto, y definir una zona de funcionamiento seguro anti-impacto basada en este parámetro, en el que el parámetro de límite de prevención de impacto es calculado con la ecuación
- 30 $SLOPE_{min} = K1 \times Period + K2 \times Power - Offset_{max}$
- donde:
- $Slope_{min}$ es el valor de variación o el valor de la derivada de la señal de desplazamiento (SD) en el momento de impacto;
- 35 $K1$ y $K2$ son respectivamente unas constantes de compensación de período y de potencia de la señal de accionamiento;
- $Period$ y $Power$ son los valores de período y de potencia de la señal de accionamiento en el momento de impacto; y
- $Offset_{max}$ es el parámetro de límite de prevención de impacto.
- 40 17. Método para controlar un compresor lineal según la reivindicación 16, caracterizado porque comprende la etapa de comparar la señal de desplazamiento (SD) generada como respuesta a la señal de accionamiento con el parámetro de límite de prevención de impacto, y ajustar la señal de accionamiento del motor basándose en el resultado de la comparación.

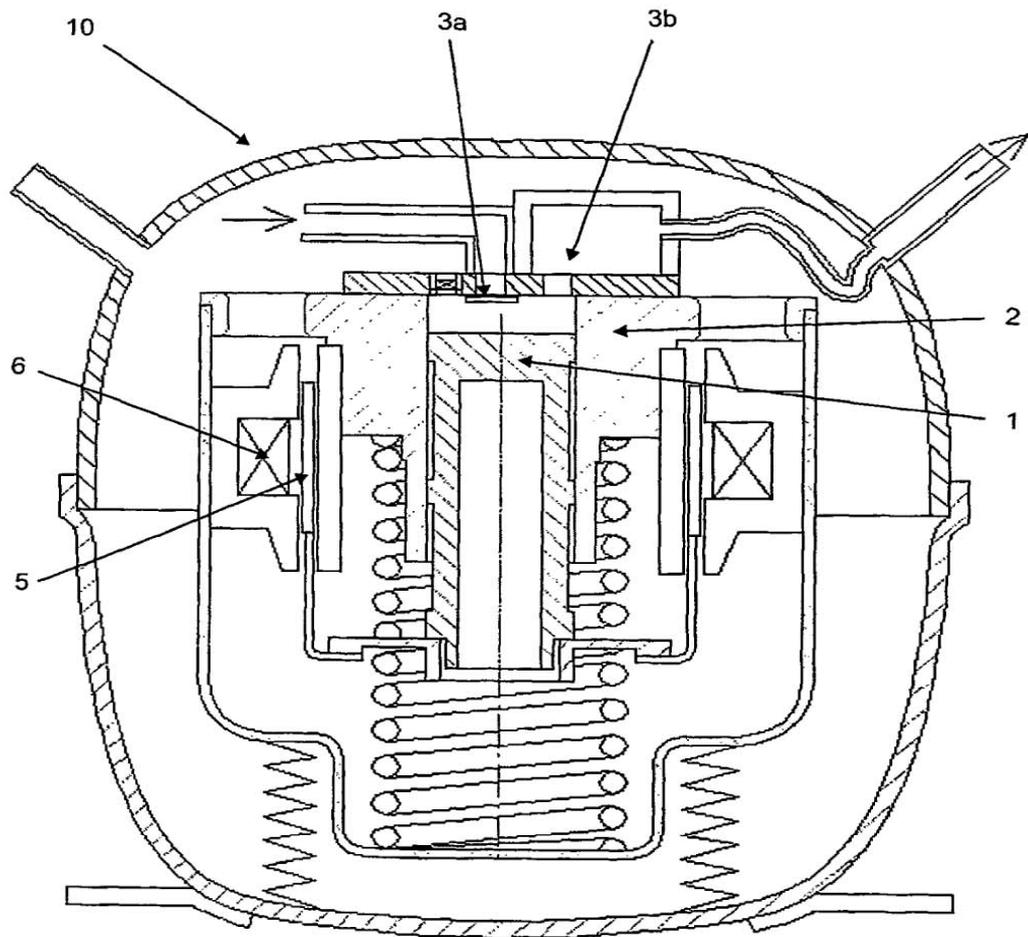
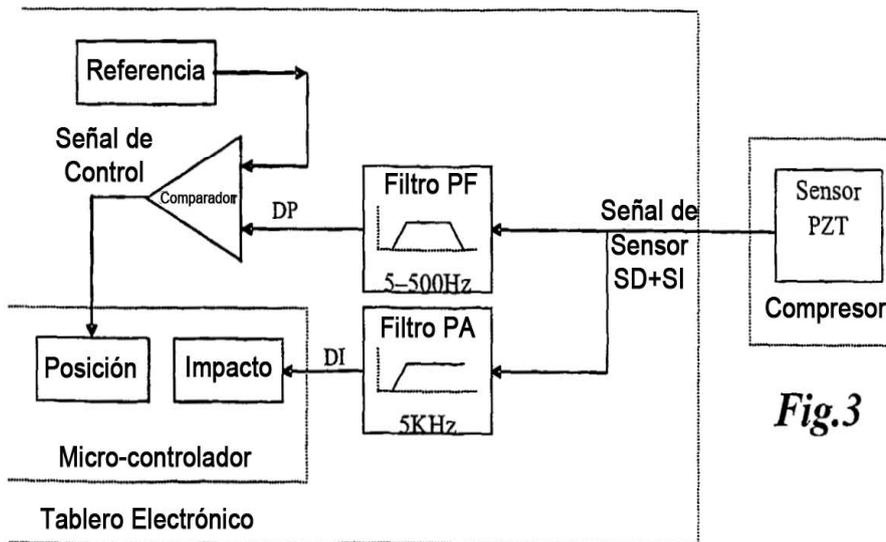
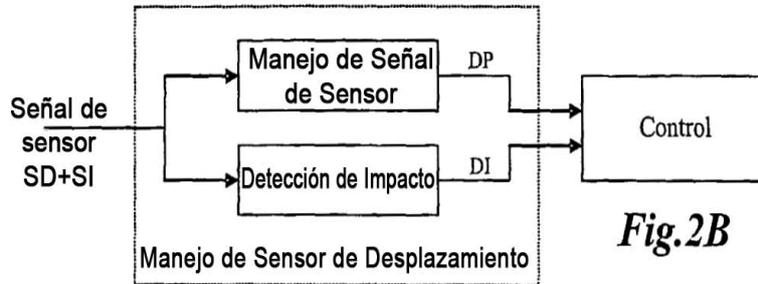
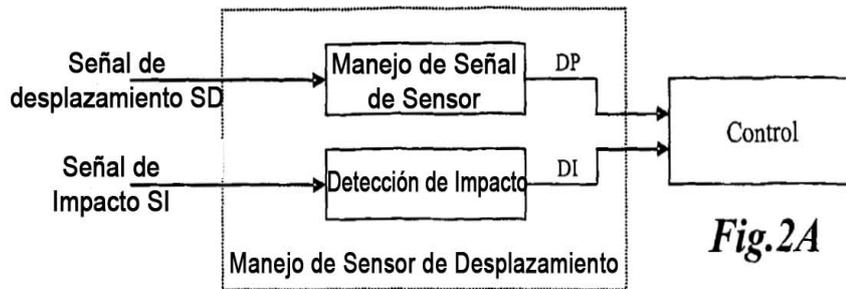


Fig.1



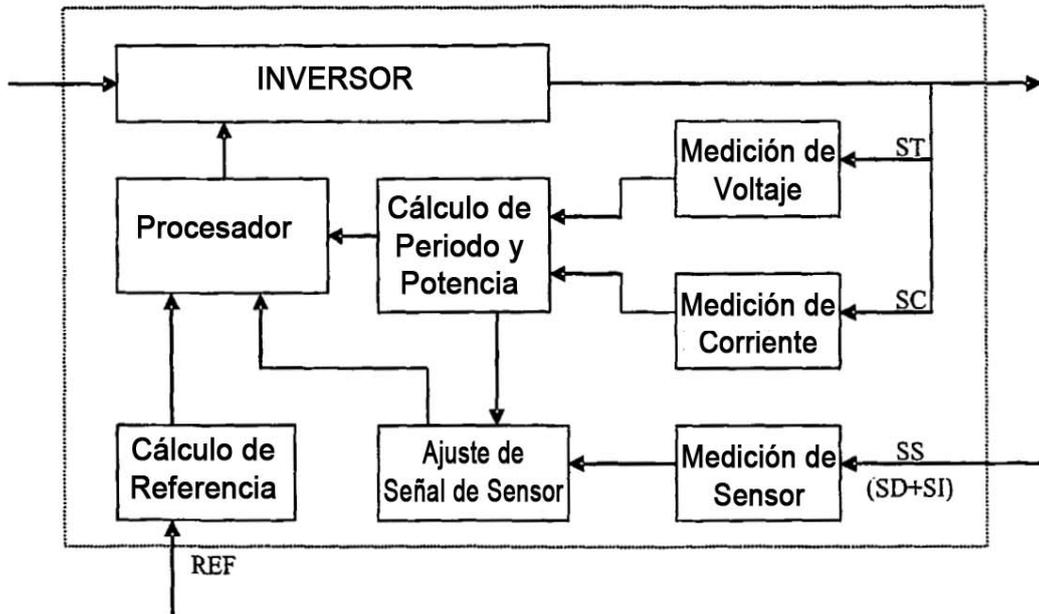


Fig.4

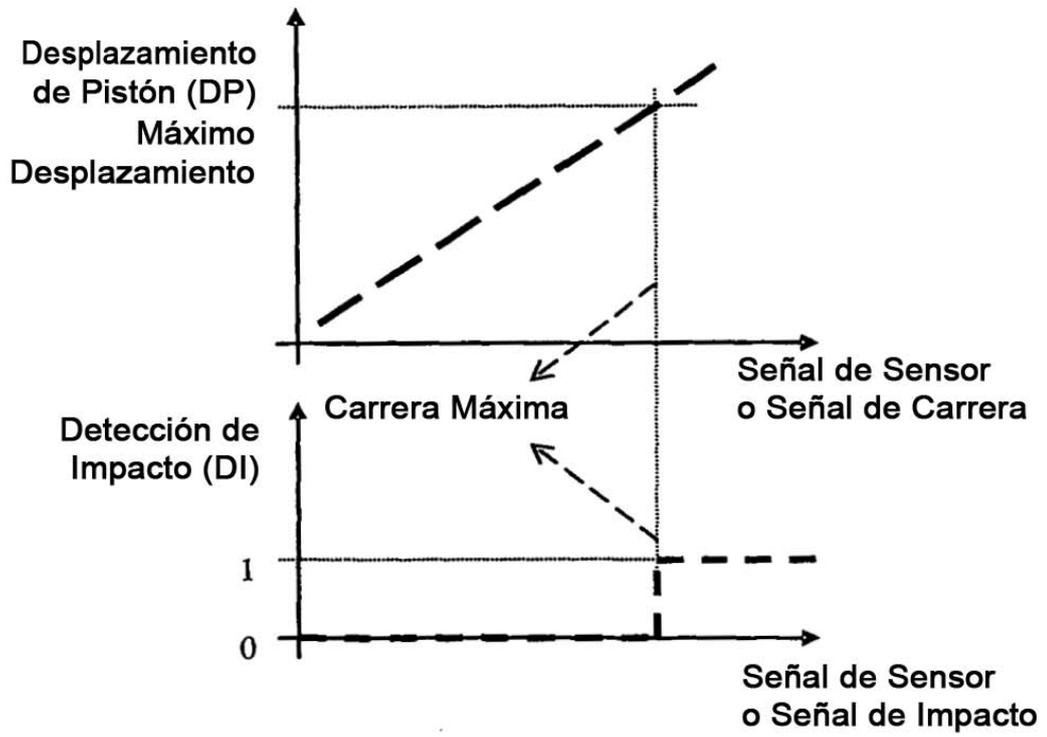


Fig.5

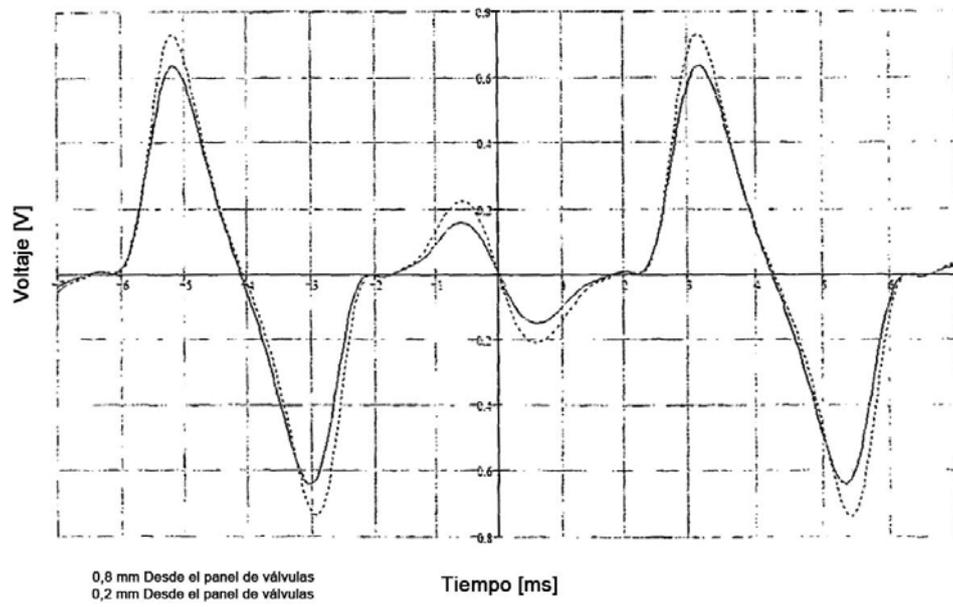


Fig.6

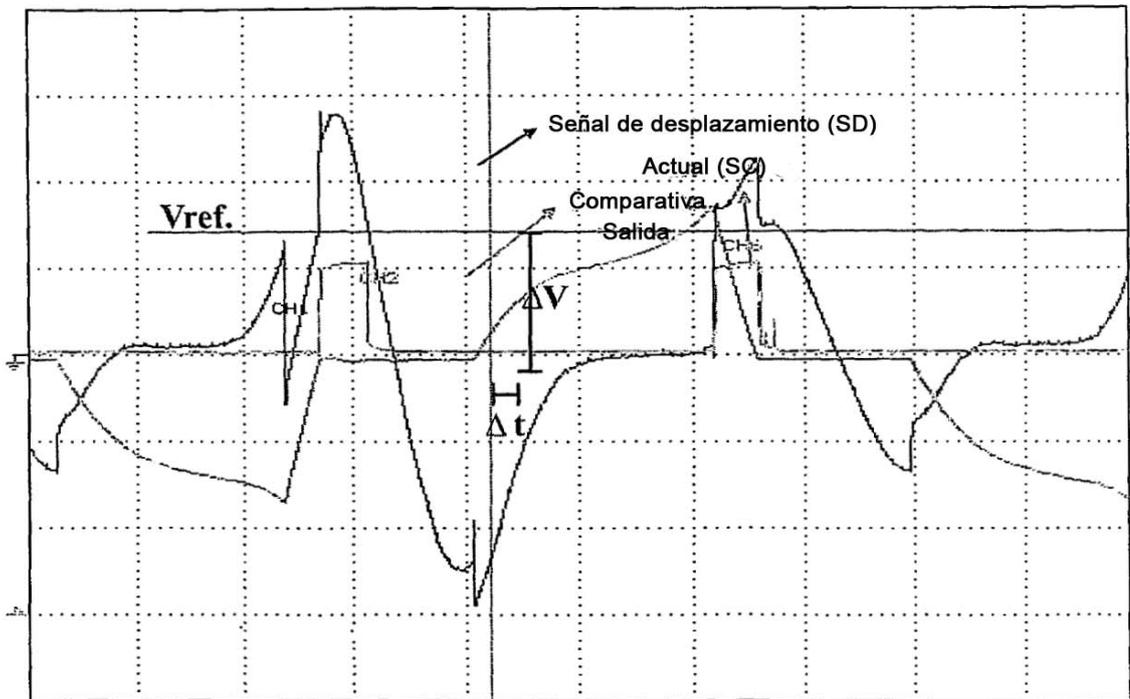


Fig.7

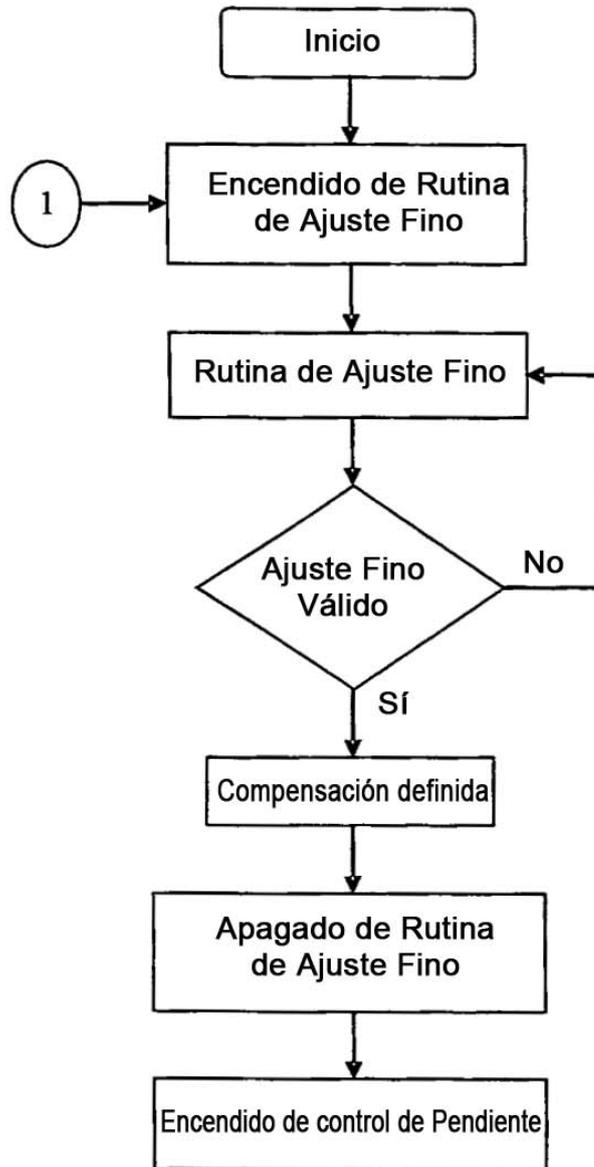


Fig.8

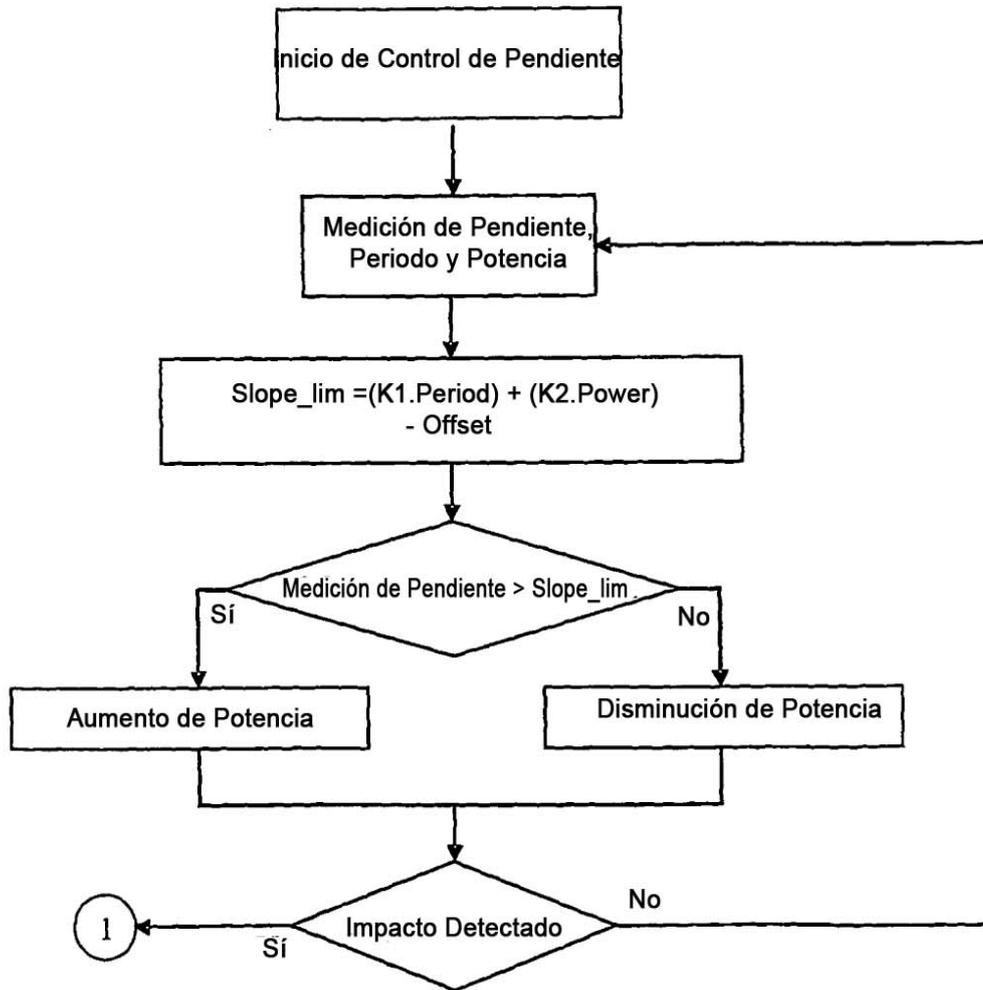


Fig.9

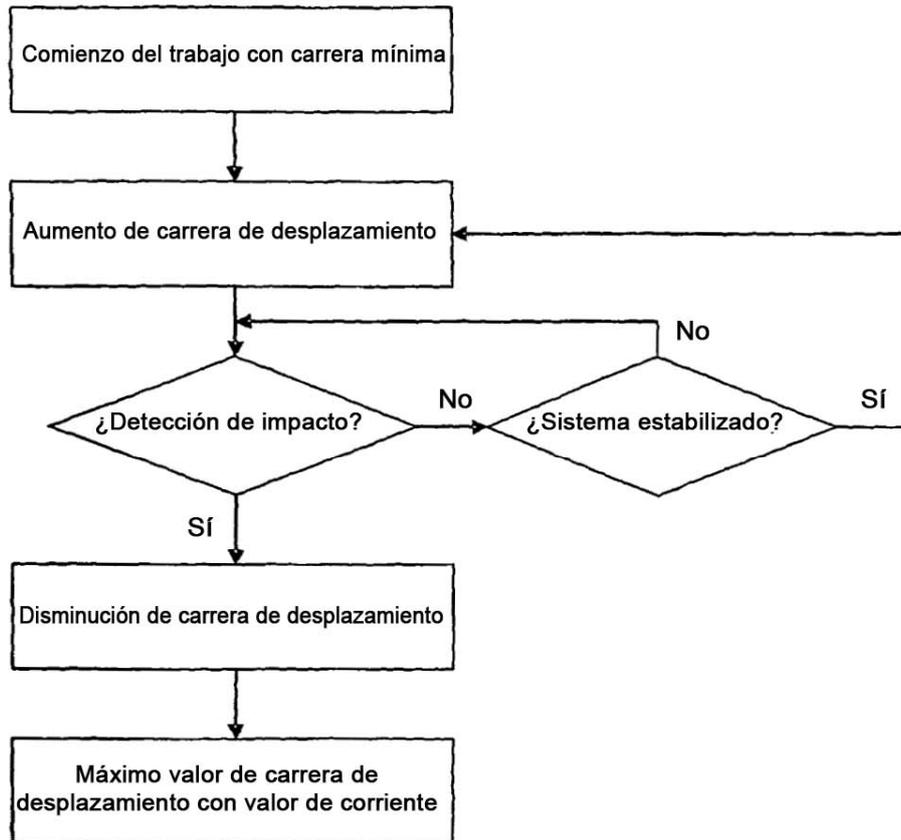


Fig.10A

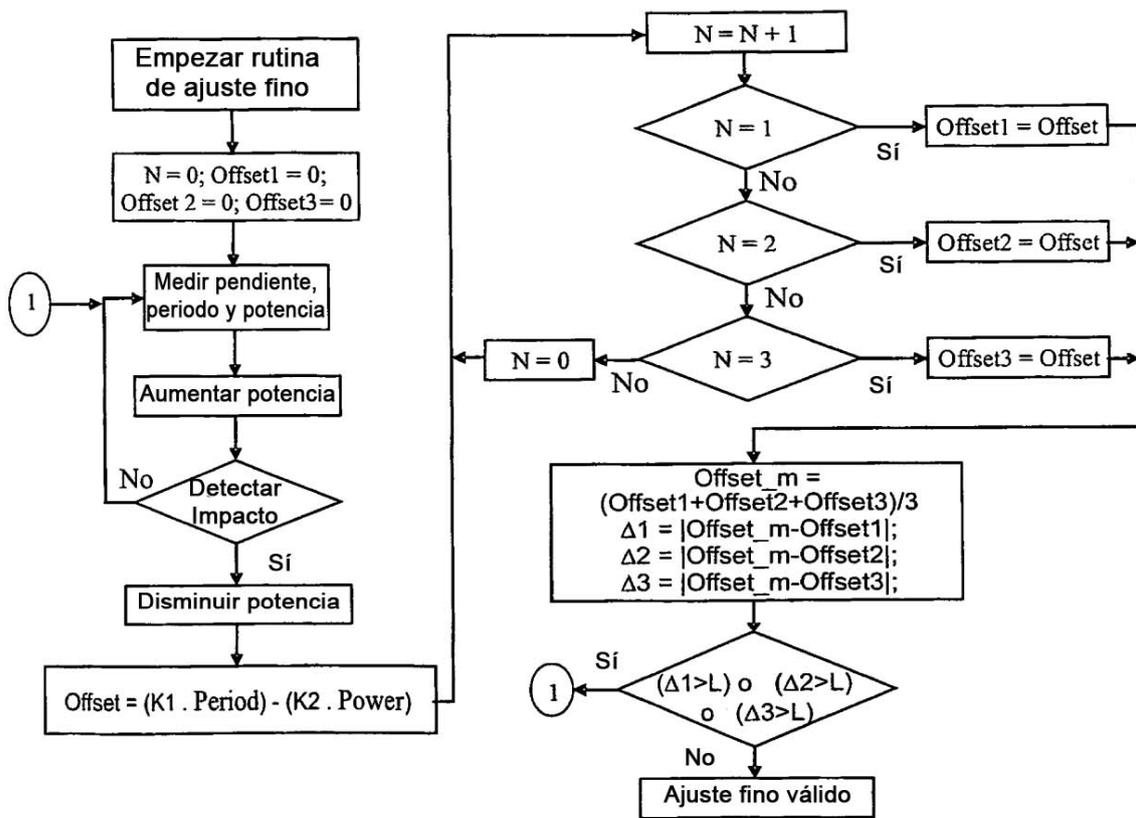


Fig.10B

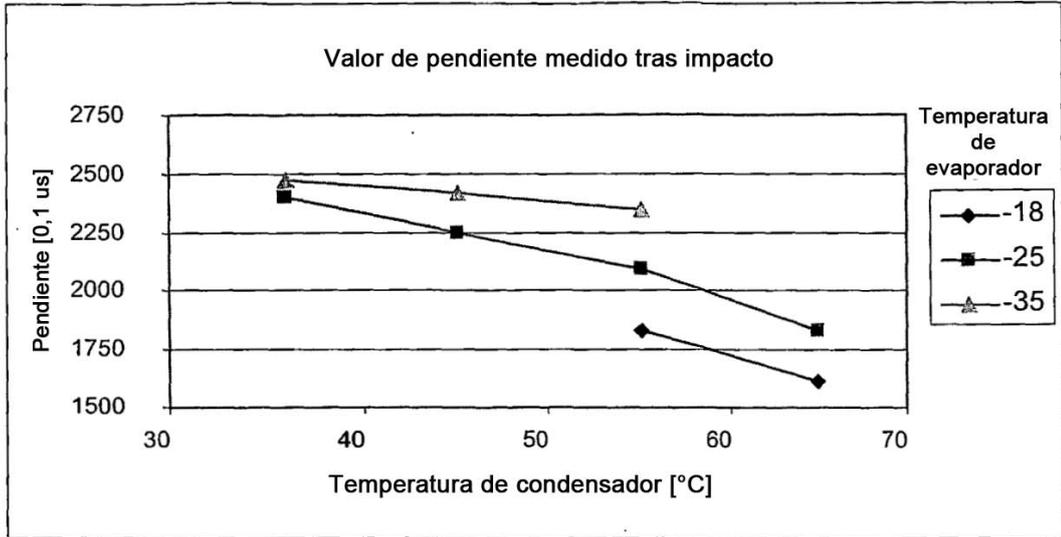


Fig.11

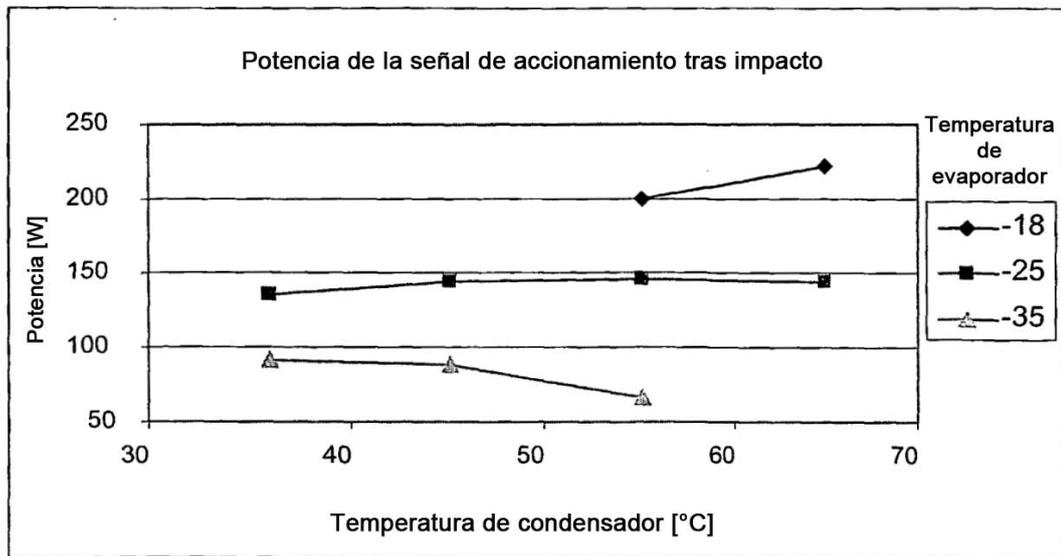


Fig.12

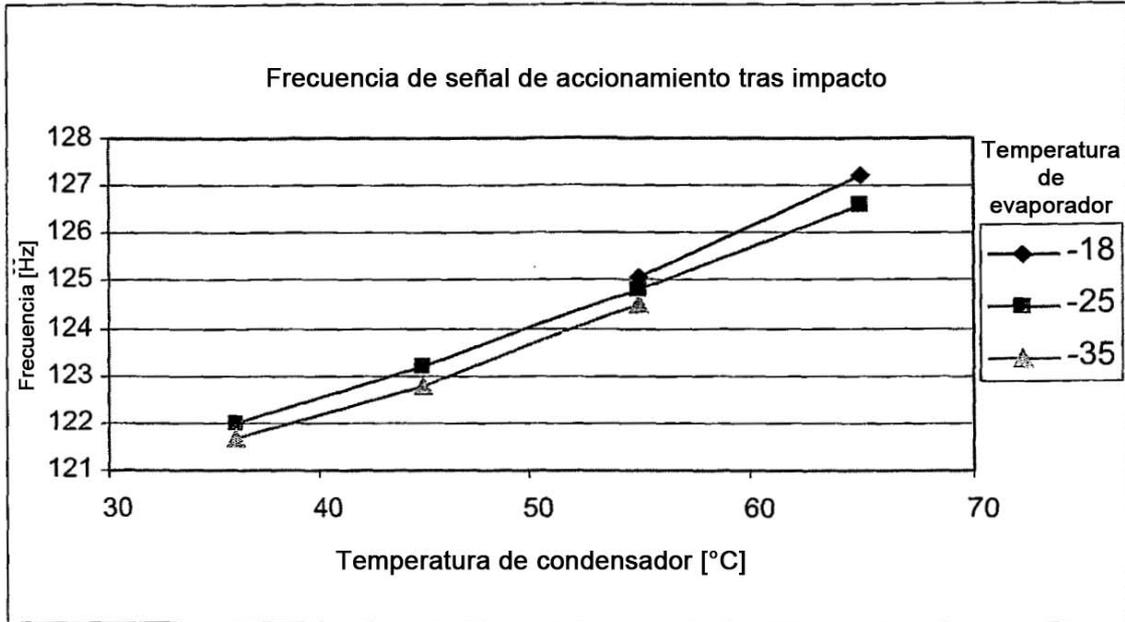


Fig.13

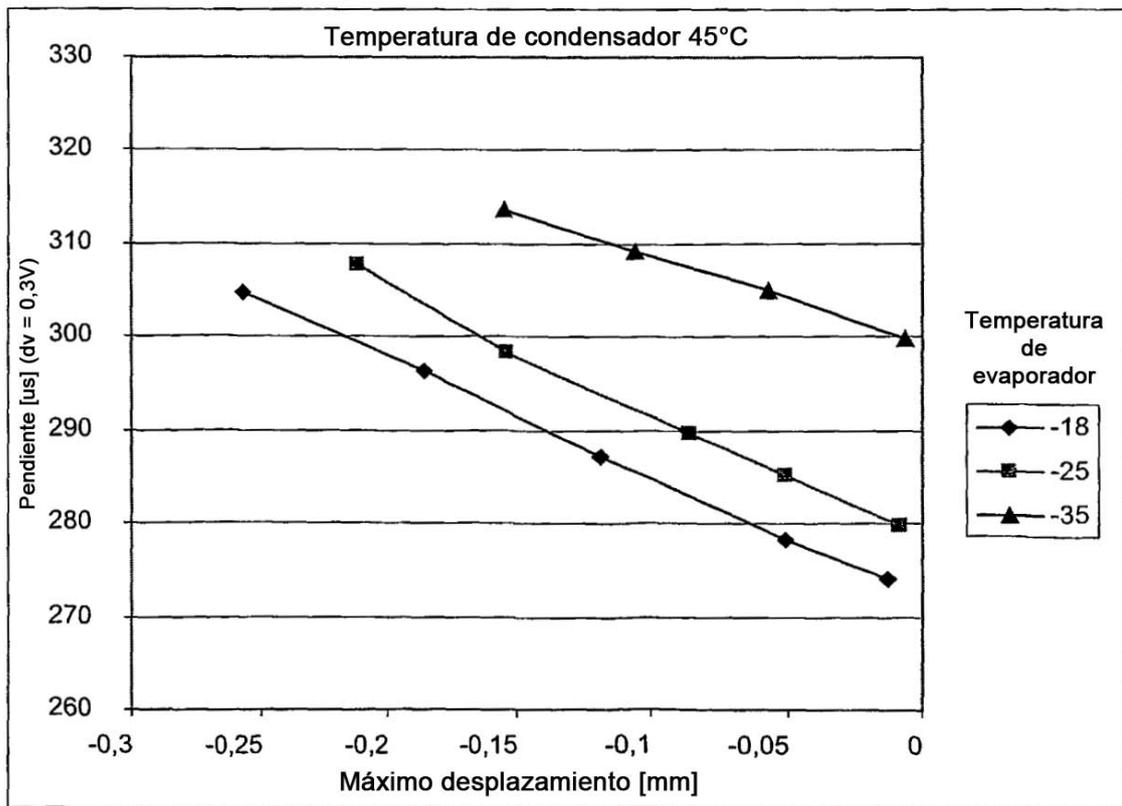


Fig.14

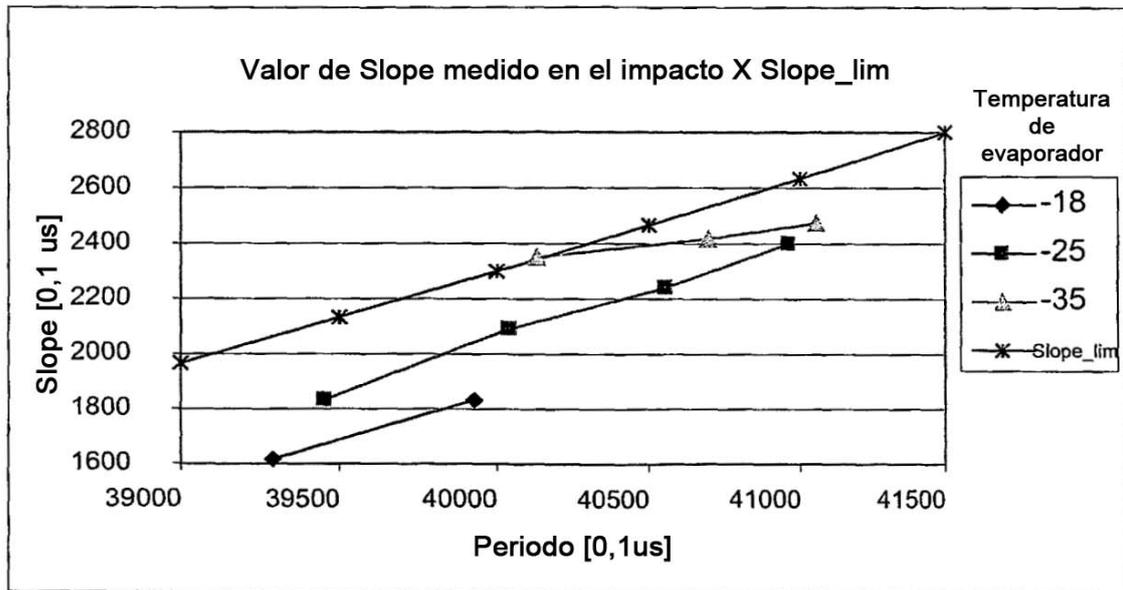


Fig.15