



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 022**

51 Int. Cl.:
F04B 35/04 (2006.01)
F04B 49/06 (2006.01)
H02K 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05700228 .9**
96 Fecha de presentación : **19.01.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1709328**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.10.2006**

54 Título: **Motor lineal, compresor lineal, método para controlar un compresor lineal, sistema de refrigeración y compresor lineal que controla un sistema.**

30 Prioridad: **22.01.2004 BR 0400108**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.09.2011

73 Titular/es: **WHIRLPOOL S.A.**
Rua Rui Barbosa, 1020
89219-901 Joinville SC, BR

72 Inventor/es: **Dainez, Paulo, Sérgio;**
Bernhard Lilie, Dietmar, Erich y
Thiessen, Marcio Roberto

74 Agente: **Aznárez Urbieto, Pablo**

ES 2 365 022 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

Motor lineal, compresor lineal, método para controlar un compresor lineal, sistema de refrigeración y compresor lineal que controla un sistema.

5 Esta solicitud reivindica la prioridad del caso de patente brasileña N° P10400108-7 presentada el 22 de enero de 2004.

La presente invención se refiere a un motor lineal, a un compresor lineal, a un método para controlar un compresor lineal, a un sistema de refrigeración, así como a un compresor lineal que controla un sistema con el propósito de hacer funcionar un compresor lineal en resonancia, para que este último tenga el máximo rendimiento en todo su funcionamiento.

10 **Antecedentes de la Invención**

Un motor resonante lineal comprende esencialmente un motor lineal, por ejemplo un motor lineal acoplado a un mecanismo resonante, el cual puede incluir un resorte, o una carga cualquiera que produzca un efecto de resorte, para generar un movimiento resonante entre el motor lineal y la carga. Las aplicaciones de este tipo de motor lineal pueden incluir bombas para transporte de fluidos en general, que pueden accionar cargas variables.

15 Los ejemplos típicos de este tipo de construcción son los motores lineales empleados en compresores lineales que se aplican a menudo a sistemas de refrigeración, debido a su rendimiento en términos de economía de energía eléctrica. Un compresor lineal 100 empleado en un sistema de refrigeración está montado, como se muestra en la figura 1, normalmente dentro de una caja (no representada), encontrándose a baja presión el gas contenido en esta caja y siendo aspirado y comprimido por el compresor lineal para su liberación en un entorno de alta presión 7.

20 El mecanismo de compresión del gas tiene lugar mediante el movimiento axial del pistón 1 dentro de un cilindro 2 que tiene una cabeza 3. Las válvulas de aspiración 3a y de descarga 3b están posicionadas en la cabeza 3, regulando estas válvulas la entrada y salida del gas dentro y fuera del cilindro 2. El pistón 1 es accionado por un motor lineal 10, que está compuesto de un estator 411 que tiene una bobina 11 y un soporte 4. El estator 411, a su vez, acciona un imán 5 que impulsa el accionador, en este caso el pistón 1, estando asociado el accionador a un resorte de tipo helicoidal 8, formando la unidad resonante del compresor lineal 100.

25 La unidad resonante, accionada por el motor lineal 10, tiene la función de producir un movimiento lineal de vaivén, provocando el movimiento del pistón 1 dentro del cilindro 2 para ejercer una acción compresora que comprime el gas admitido por la válvula de aspiración 3a, hasta el punto en el que este último puede ser descargado del lado de alta presión a través de la válvula de descarga 3b dentro de la tubería 7.

30 La amplitud del funcionamiento del compresor lineal 100 es regulada por el equilibrio entre la potencia generada por el motor lineal 10 y la potencia consumida por el mecanismo en la compresión del gas más otras pérdidas.

Otra característica del mecanismo lineal es la posibilidad de variar su capacidad de bombeo, reduciendo la potencia del motor eléctrico, reduciendo a su vez la amplitud de la operación la capacidad de bombeo.

35 Un parámetro que debe ser variado para controlar la amplitud del compresor lineal puede ser el voltaje de alimentación del motor eléctrico. Desde el voltaje de alimentación del motor eléctrico hasta lograr la amplitud deseada, existen varias impedancias reflejadas, tales como la resistencia eléctrica del motor eléctrico, la inductancia del motor eléctrico, la capacitancia si se utiliza un capacitor, la fuerza contraelectromotriz, las impedancias del sistema resonante (masa / resorte) y el trabajo de compresión con sus pérdidas inherentes. La impedancia de este sistema depende de la frecuencia de actuación del sistema, es decir, la frecuencia del voltaje aplicado al motor eléctrico. A cierta frecuencia la salida de este sistema es óptima, y esto ocurre cuando el sistema mecánico entra en resonancia; a esta frecuencia la salida del compresor lineal es máxima.

40 **Efecto "Amortiguador a Gas"**

45 La frecuencia de resonancia del mecanismo no está perfectamente fijada. Cuando se comprime, el gas tiene un efecto mecánico similar al de un resorte (también llamado "amortiguador a gas"), este "amortiguador a gas" es realizado principalmente por dos factores: la distancia entre el pistón y el plato de válvula y las presiones que el compresor lineal utiliza.

50 La distancia entre el pistón y el plato se modifica cuando se reduce la carrera del pistón, generando un incremento del "amortiguador a gas" y en la resonancia del mecanismo (este efecto es el más importante para la estabilidad de funcionamiento del mecanismo). En un sistema de refrigeración, estos dos factores modifican sustancialmente, las presiones que varían desde el momento en el que el sistema se enciende hasta que alcanza la condición de funcionamiento, la condición de funcionamiento se realiza por medio de la temperatura ambiente y la temperatura interna del enfriador, la distancia pistón / plato se modifica cuando el sistema necesita más o menos energía para su funcionamiento. De esta manera, la frecuencia de resonancia del sistema mecánico varía debido a varios factores.

Sistema de Refrigeración / Enfriador / Refrigeradores Utilizables con las Enseñanzas de la Presente Invención

Existen básicamente dos tipos de enfriadores: los enfriadores simples y los enfriadores electrónicos. Además de la aplicación a enfriadores en general, las enseñanzas de la presente invención se pueden aplicar a sistemas de refrigeración en general, por ejemplo, sistemas de acondicionamiento de aire. En este caso, la única diferencia conceptual reside en el hecho de que el sistema de acondicionamiento de aire se aplica a una sala (o entorno enfriado), mientras que en el caso de un enfriador o un refrigerador, el sistema se utiliza en un armario cerrado.

De todas formas, los enfriadores o sistemas de refrigeración electrónicos están provistos de circuitos electrónicos que tienen la capacidad de analizar la temperatura interna del enfriador y hacer ajustes en la capacidad del compresor lineal para hacerlo funcionar de la manera más eficaz posible.

Los enfriadores o sistemas de refrigeración simples no están provistos de electrónica, teniendo solamente un circuito que enciende y apaga el compresor lineal (termostato "on/off") de vez en cuando, sin ser capaz, sin embargo, de actuar sobre la capacidad del mismo.

A pesar de funcionar de manera eficaz, los enfriadores electrónicos tienen evidentemente un coste más alto en comparación con los enfriadores simples.

De acuerdo con las enseñanzas de la presente invención, es posible proporcionar un compresor lineal con capacidad electrónica para ajustar la capacidad respectiva según la necesidad del sistema de refrigeración, incluso en los casos en los que se emplean enfriadores simples. Con este propósito, el compresor lineal debe ser capaz de analizar la capacidad de refrigeración necesaria para la condición requerida en el entorno de un enfriador, sobre la base de las mediciones realizadas en el voltaje y la corriente de alimentación del motor eléctrico que acciona el compresor lineal.

Descripción de la Técnica Anterior

Una de las formas para obtener un rendimiento mejorado en sistemas que implican compresores lineales consiste en acercar lo más posible el pistón al extremo de carrera respectivo. Se pueden encontrar ejemplos de estas técnicas en los documentos US 5.156.005 y US 5.342.176. En estos dos documentos, se describe el control sobre la distancia del pistón. Sin embargo, ninguna de estas técnicas prevé un control sobre la amplitud para que el compresor lineal funcione en resonancia, para que, sobre la base de las enseñanzas de estos documentos, el compresor lineal pueda funcionar a bajo rendimiento según sus condiciones de carga.

Se descubre una técnica anterior en la US 2004005222. De acuerdo con esta solución, descubre un motor lineal que acciona en vaivén el compresor lineal. Un controlador de amplitud que ajusta la corriente de salida o el voltaje de salida en un primer ciclo de control para que la amplitud del elemento móvil sea un valor constante deseado. Un controlador resonante que ajusta la frecuencia de salida del convertidor en un segundo ciclo de control que es más largo que el primer ciclo de control para que la corriente de salida del convertidor sea sustancialmente mínima a condición de que la amplitud sea sustancialmente constante.

Otra técnica anterior que describe un sistema que controla el movimiento del pistón de un compresor lineal, se descubre en el documento WO 01/54253. De acuerdo con las enseñanzas de este documento, se prevén un sistema y un método aplicables a un compresor lineal, según lo cual la medición de una primera onda cuadrada se obtiene mediante la integración de la corriente aplicada al motor eléctrico y una segunda onda cuadrada se obtiene del voltaje aplicado al motor eléctrico. Sobre la base de estas mediciones, el control sobre el movimiento del pistón se lleva a cabo por medio de un TRIAC, que evalúa la diferencia entre las fases de la primera onda cuadrada y de la segunda onda cuadrada. De esta forma, el pistón del compresor lineal funciona en una posición más cercana del plato de válvula.

Este documento WO 01/54253, no enfoca el problema del desequilibrio relacionado con el efecto "amortiguador a gas", y uno de los objetivos de la invención descritos en este documento de la técnica anterior consiste en obtener una mayor estabilidad de funcionamiento, y así el sistema puede funcionar en condiciones no ideales en términos de rendimiento.

Además, otro inconveniente que resulta de la construcción propuesta en el documento WO 01/54253, reside en el hecho de que se controle la fase por medio de ondas cuadradas. Este enfoque hace que, para obtener la diferencia entre las fases, es necesario emplear circuitos electrónicos o programas informáticos que realicen la integración de la corriente, que generen la primera y la segunda ondas cuadradas descritas aquí y que calculen la diferencia en fase entre la primera onda y la segunda onda cuadrada. Sin embargo, esta construcción y el proceso descrito aquí, tienen un alto coste de fabricación además de menos fiabilidad, ya que necesita circuitos para llevar a cabo estas conversiones, lo que, debido al gran número de componentes implicados, reduce la fiabilidad del sistema, ya que cada componente electrónico añadido representa una mayor probabilidad de fallo. La opción de instalar un dispositivo descrito en el documento por medio de un programa informático es de un alto coste, ya que en este caso, con el enfoque utilizado, será necesario tener un microcontrolador excesivamente sofisticado y, por lo tanto, mayores costes.

Además, la aplicación de compresores lineales en los sistemas de refrigeración depende de la utilización de termostatos electrónicos capaces de dar información al control, por medio de una señal de mando, sobre la capacidad en la que el compresor lineal debería funcionar. Esto hace que el sistema sea complejo y no permite la aplicación del compresor lineal en ningún sistema.

5 Otra posibilidad consiste en accionar el compresor lineal en una capacidad fija y utilizar el termostato convencional (tipo "On/Off"). Ello, sin embargo, subutiliza los recursos disponibles en el control.

Objetivos de la Invención

10 Los objetivos de la presente invención consisten en un motor lineal, un compresor lineal, un método para controlarlo, así como un enfriador / refrigerador que no necesita piezas electrónicas, pero que tiene al mismo tiempo la capacidad de ajustar la capacidad según la demanda. En otras palabras, de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención, el enfriador verá el compresor lineal con piezas electrónicas como si este último fuese un compresor lineal corriente, manteniendo por lo tanto sin cambios las características de los enfriadores / refrigeradores simples y transfiriendo la totalidad del control electrónico al compresor lineal.

15 Además, un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un motor resonante lineal que pueda funcionar de una manera controlada por lo que a la distancia de su desplazamiento se refiere, sin que haga falta utilizar un control electrónico externo.

Por lo tanto, se pretende:

- 20 • Ajustar la capacidad de funcionamiento del sistema de refrigeración mediante la utilización de un compresor lineal, sin que haga falta un termostato complejo, permitiendo la utilización del compresor lineal en cualquier tipo de sistema.
- Permitir la utilización del compresor lineal en cualquier sistema con un termostato convencional (tipo "On/Off") y permitir además el ajuste de la capacidad de funcionamiento, utilizando por lo tanto la totalidad del potencial del compresor lineal.
- 25 • Optimizar el funcionamiento del compresor lineal, para tener el sistema funcionando siempre a su máximo rendimiento posible.
- Hacer funcionar un motor resonante lineal, sin que haga falta utilizar un circuito externo que controle su comportamiento; este último debe funcionar siempre en condiciones óptimas de funcionamiento.

Resumen de la Invención

30 Tal como se ha descrito anteriormente, la frecuencia de resonancia del mecanismo varía en función de las presiones y de la amplitud de funcionamiento del compresor lineal. Como las presiones son variables y no controlables (al menos directamente) en ciertos momentos, el compresor lineal puede funcionar fuera de resonancia, lo que da por resultado una pérdida de rendimiento. Por otra parte, la distancia de desplazamiento o carrera de pistón es una variable controlable, de manera que de acuerdo con la presente invención, se prevé variar / ajustar la carrera de funcionamiento para minimizar o poner a cero la fase entre la corriente y la velocidad del pistón, para mantener el mecanismo en perfecta sintonía y por consiguiente con el mejor rendimiento. Al analizar un sistema de refrigeración, se puede observar que la presión de aspiración del compresor lineal sube cuando la puerta del enfriador está abierta o se añade una nueva carga térmica al sistema. En esta situación, la estrategia de mantener la fase minimizada mediante la variación de la amplitud de funcionamiento hace que el compresor lineal incremente la carrera, cumpliendo así con la necesidad del sistema de quitar el calor añadido.

40 Es importante observar que, a pesar de hacer referencia a la lectura de la fase entre la corriente y la velocidad del pistón, se debe entender que esta fase se puede obtener mediante la lectura de otros parámetros; por ejemplo, se puede sustituir la velocidad del pistón por el desplazamiento del pistón, que se encuentra a 90° uno con respecto al otro, y utilizar esta información para leer la fase mediante la posición del pistón como referencia, por alguna conveniencia constructiva del circuito de control. También es posible sustituir la velocidad por la fuerza contraelectromotriz (CEMF) es decir en fase, por el objetivo de medir la fase entre la corriente y la dinámica del mecanismo (por ejemplo, la CEMF). Preferentemente, se utiliza el promedio de la fase de corriente y la fase de la CEMF, lo que da por resultado la fase del motor eléctrico.

Se puede obtener la CEMF mediante la fórmula:

$$CEMF = k \times \frac{\partial D_p}{\partial t}$$

en la que k es una constante, δDp es la derivada de desplazamiento del pistón y δt es la derivada de tiempo.

Como el movimiento del pistón es aproximadamente sinusoidal, es posible saber cuando el desplazamiento es máximo, la CEMF está pasando por cero. Para detectar este valor, basta con tener un sensor de proximidad, que indicará un pico de señal cuando el pistón está cerca, por ejemplo, de su extremo de carrera. Por lo tanto, para medir la fase de la CEMF, se mide el punto de máximo desplazamiento del pistón.

Con respecto al comportamiento de la resonancia, se sabe que, a medida que la distancia de desplazamiento del pistón aumenta, la frecuencia de resonancia del compresor lineal baja, mientras que cuanto más grande es la carga demandada por el sistema de refrigeración más alta es la frecuencia de resonancia.

Este fenómeno ocurre debido a que, cuando la presión de aspiración aumenta (demandada por el sistema de refrigeración a la válvula de aspiración del compresor lineal), significa que se ha introducido en el enfriador una carga térmica. Esta masa más caliente eleva la temperatura del entorno interno del sistema de refrigeración, causando una elevación en la presión de evaporación, ya que el líquido refrigerante se encuentra en un estado líquido saturado, y se puede concluir que la presión y la temperatura están interconectadas intrínsecamente. Por lo tanto, el hecho de colocar algo más caliente en el enfriador, resultará en una elevación de la presión, subiendo la presión del gas sobre el pistón, provocando que la resonancia del mecanismo se reduzca, lo que ocasionará un cambio de fase en el compresor lineal.

En la práctica, esto significa que, a medida que aumenta el calor dentro del enfriador, la carga del sistema sube también, provocando que la frecuencia de resonancia del sistema se incremente, y la carrera del pistón debe incrementarse, lo que da por resultado una reducción de la frecuencia de resonancia, ya que la carrera del pistón es más larga. En este caso, aquella diferencia por la que la frecuencia de resonancia ha aumentado en función de la carga añadida al sistema, puede provocar que el sistema funcione de nuevo a la frecuencia anterior (o frecuencia de resonancia), incrementando el desplazamiento del pistón, llevando la unidad a funcionar en frecuencia de resonancia.

Por otra parte, una disminución en la carga del sistema (alimentos congelados, bajando la temperatura ambiente) conduce a un incremento en la fase del sistema, lo que puede convertir la fase en positiva y compensarla con una reducción en la capacidad del sistema hasta que la fase alcance el valor cero.

De esta forma, mientras el cambio de fase sea positivo, se debe reducir la capacidad del enfriador, para que el sistema funcione de nuevo en resonancia y, cuando el cambio de fase es negativo, la capacidad del compresor lineal debe ser aumentada para que el sistema funcione de nuevo en resonancia.

Un primer aspecto de la presente invención tal como se enuncia en la reivindicación 1, proporciona un compresor lineal aplicable a un sistema de refrigeración, comprendiendo el compresor lineal un pistón accionado por un motor lineal, teniendo el pistón una distancia de desplazamiento controlada por un voltaje eléctrico controlado (V_M), generando el voltaje eléctrico controlado (V_M) una corriente de alimentación (i_A) que circula en el motor lineal y teniendo una frecuencia de voltaje (F_{VM}) aplicada al motor lineal y ajustada por una unidad de procesamiento.

La unidad de procesamiento está configurada para controlar dinámicamente la distancia de desplazamiento del pistón en función de la demanda variable del sistema de refrigeración, teniendo el compresor lineal una frecuencia de resonancia.

El compresor lineal se caracteriza porque

la unidad de procesamiento está configurada para medir una fase de alimentación (Φ_C) de la corriente de alimentación (i_A) y una fase dinámica (Φ_P) del pistón del compresor lineal,

estando configurada además la unidad de procesamiento para medir la diferencia entre la fase de alimentación (Φ_C) y la fase dinámica (Φ_P) y establecer una fase medida (Φ_{PC}), ajustando la unidad de procesamiento el voltaje controlado (V_M) para que el valor de la fase medida (Φ_{PC}) sea nulo, de modo tal que se mantenga dinámicamente el compresor lineal en resonancia durante todas las variaciones en la demanda del sistema de refrigeración.

Un aspecto relacionado con la presente invención proporciona un método según la reivindicación 9 para controlar un compresor lineal, comprendiendo el compresor lineal un pistón accionado por un motor lineal, teniendo el pistón un voltaje controlado, teniendo el voltaje controlado una frecuencia de voltaje aplicada al motor lineal y ajustada por una unidad de procesamiento, generando el voltaje controlado una corriente de alimentación que circula en el motor lineal, caracterizándose el método porque comprende las etapas de:

- medir una fase de alimentación de la corriente de alimentación y una fase dinámica del pistón del compresor lineal, y
- medir la diferencia entre la fase de alimentación y la dinámica y establecer una fase medida,
- ajustar la distancia de desplazamiento en función de una variación en la demanda del compresor lineal para que el valor de la fase medida sea nulo, para que el compresor lineal se mantenga dinámicamente en resonancia durante todas las variaciones en la demanda del sistema de refrigeración.

Un segundo aspecto de la presente invención proporciona un compresor lineal según la reivindicación 14 aplicable a un sistema de refrigeración, comprendiendo el compresor lineal un pistón accionado por un motor lineal, siendo alimentado el motor lineal por un voltaje controlado (V_M) que tiene una frecuencia de voltaje (F_{VP}) del motor lineal y que genera una capacidad del compresor lineal, siendo ajustada la frecuencia de voltaje (F_{VP}) por una unidad de procesamiento.

El compresor lineal se caracteriza porque

la unidad de procesamiento está configurada para medir la frecuencia de alimentación (f_{VP}) del motor lineal y compensar la frecuencia de alimentación (f_{VP}) mediante la comparación de la medición con una frecuencia de referencia (FR) y

la unidad de procesamiento está configurada además para incrementar la capacidad del compresor lineal si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es superior a la frecuencia de referencia (FR), o reducir la capacidad del compresor lineal si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es inferior a la frecuencia de referencia (FR).

Un aspecto relacionado con la presente invención proporciona un método según la reivindicación 15 para controlar un compresor lineal, comprendiendo el compresor lineal un pistón accionado por un motor lineal, siendo alimentado el motor lineal por un voltaje controlado (V_M) que tiene una frecuencia de voltaje (F_{VP}) del motor lineal y genera una capacidad del compresor lineal, caracterizándose el método porque comprende las siguientes etapas de:

medir la frecuencia de alimentación (f_{VP}) del motor lineal y compensar la frecuencia de alimentación (f_{VP}) mediante la comparación de la medición con una frecuencia de referencia (FR) e

incrementar la capacidad del compresor lineal si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es superior a la frecuencia de referencia (FR), o reducir la capacidad del compresor lineal si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es inferior a la frecuencia de referencia (FR).

Breve Descripción de las Figuras

Se describe ahora la presente invención de forma más detallada con referencia a las realizaciones representadas en los dibujos. Las figuras muestran:

- La Figura 1, una vista esquemática de un compresor lineal.
- La Figura 2, un diagrama del sistema de control del compresor lineal y del sistema de refrigeración de la presente invención.
- La Figura 3, un diagrama de bloques del sistema de control, del compresor lineal y del sistema de refrigeración, que ilustra su utilización con un termostato convencional.
- La Figura 4, un diagrama de bloques del sistema de control de la presente invención.
- La Figura 5, un diagrama de bloques del algoritmo de control automático de la capacidad aplicable al compresor lineal y al sistema de refrigeración de la presente invención.
- La Figura 6, una curva de la carga del motor eléctrico en función de la fase.
- La Figura 7, una curva de la capacidad del motor eléctrico en función de la fase para varias cargas.
- La Figura 8, un diagrama de tiempos que ilustra las formas de ondas de la red de voltaje, fuerza contraelectromotriz (CEMF), corriente del motor eléctrico, posición del pistón y señal del sensor en la situación en la que está funcionando el compresor lineal a la resonancia ($\Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C = 0$).
- La Figura 9, un diagrama de tiempos que ilustra las formas de ondas de la red de voltaje, fuerza contraelectromotriz (CEMF), corriente del motor eléctrico, posición del pistón y señal del sensor en la situación en la que está funcionando el compresor lineal por encima de la resonancia ($\Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C > 0$).
- La Figura 10, un diagrama de tiempos que ilustra las formas de ondas de la red de voltaje, fuerza contraelectromotriz (CEMF), corriente del motor eléctrico, posición del pistón y señal del sensor en la situación en la que está funcionando el compresor lineal por debajo de la resonancia ($\Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C < 0$).
- La Figura 11, un diagrama de flujo del método para controlar el compresor lineal de la presente invención.
- La Figura 12, una curva de la carga del motor eléctrico en función de la fase, cuando se emplean las enseñanzas de la presente invención, de acuerdo con una segunda realización preferente.
- La Figura 13, una curva de la capacidad del motor eléctrico en función de la fase para varias cargas cuando se emplean las enseñanzas de la presente invención, de acuerdo con una segunda realización preferente.

- La Figura 14, un diagrama de flujo del método para controlar el compresor lineal, de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

Descripción Detallada de las Figuras

5 Como se puede observar, la Figura 2 ilustra un sistema que comprende un enfriador / refrigerador electrónico. En este caso, un termostato electrónico 25 está integrado en el sistema de refrigeración 20 y proporciona una señal de referencia para la unidad de procesamiento 22. La unidad de procesamiento 22, a su vez, controla el compresor lineal 100, recibiendo una señal del sensor SS que corresponde al desplazamiento del pistón 1.

Controles Electrónicos

10 La Figura 3 ilustra un sistema de refrigeración 20 aplicado a un enfriador simple. Como se puede observar, en este caso, el sistema de refrigeración 20 proporciona solamente una señal que enciende y apaga la unidad de procesamiento 22. De esta forma, el sistema de refrigeración 20 puede atender todas las piezas electrónicas previstas en los enfriadores / sistemas de refrigeración que incluyen electrónica. Además, con esta construcción, la unidad de procesamiento 22 se puede integrar en el compresor lineal 100 (véase indicación 31), que puede ser suministrado para varios fabricantes de enfriadores / refrigeradores / sistemas de refrigeración 20, dando como resultado un equipo con gran flexibilidad en comparación con las piezas del equipo de la técnica anterior. Un sensor de proximidad 30 asociado a la unidad de procesamiento 22 dará la posición del pistón 1 cuando este último se acerque al extremo de carrera respectivo. En la práctica, variaciones menores en la carrera del pistón corresponden a grandes variaciones en la capacidad del compresor lineal, de forma tal que, a modo de ejemplo, para una carrera máxima de 8,5 mm (capacidad máxima) la carrera mínima sería de aproximadamente 6,5 mm (capacidad cercana a cero), es decir, aproximadamente 2 mm de distancia de variación de la carrera para que la capacidad varíe de cero al máximo.

20 La Figura 4 ilustra un detalle de la unidad de procesamiento 22. Como se puede observar, la unidad de procesamiento 22 comprende un microcontrolador 40, que controla un TRIAC 41 a través de un orificio 42. El microcontrolador 40 recibe las señales de detección del cero del voltaje ZT de red V_{AC} , así como la señal cero de la corriente ZC a la salida del TRIAC 41. Una señal de referencia de desplazamiento REF puede ser suministrada por el enfriador, si se utiliza un enfriador electrónico. La señal principal para la presente invención se refiere a la señal de desplazamiento DP, que se obtiene de la señal SS del sensor de proximidad 30 y que debe ser tratada, por ejemplo, de acuerdo con las enseñanzas del documento de patente brasileña PI 0301969-1. Opcionalmente, se puede utilizar el valor de la corriente de alimentación i_A en un momento diferente de ZC; con este propósito, se deben hacer los ajustes necesarios con el fin de tener las mediciones correctas.

Algoritmo de Control

30 La Figura 5 ilustra el algoritmo de acuerdo con una primera realización de la presente invención para obtener el voltaje controlado V_M que se debe aplicar al motor lineal 10, para que se pueda mantener el compresor lineal 100 en resonancia. Como se puede observar, para calcular el valor del voltaje controlado V_M , es necesario calcular una fase medida Φ_{PC} , que se obtiene de la diferencia entre la fase dinámica Φ_P y la fase de alimentación de corriente Φ_C :

$$35 \quad \Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C$$

El cálculo de la fase de corriente o fase de alimentación Φ_C se realiza a partir del cero de la corriente ZC y a partir del cero del voltaje ZT, mientras que el cálculo de la fase de desplazamiento del pistón o fase dinámica Φ_P se realiza a partir de la señal de desplazamiento del pistón DP y a partir del cero del voltaje ZT.

40 Además con respecto a la obtención de la fase de alimentación Φ_C , puede que la corriente de alimentación i_A no pase por cero, lo que posibilitaría la captura de un momento predefinido para establecer el cero de la corriente ZC. Esta posibilidad se puede observar, por ejemplo, en las Figuras 8, 9 y 10, en las que la corriente de alimentación i_A se queda en cero durante cierto período de tiempo. En este caso, se debe considerar el momento predefinido como punto medio de permanencia de la corriente de alimentación i_A en cero.

45 A partir de los valores de la fase dinámica Φ_P y la fase de alimentación Φ_P , se puede obtener el valor de la fase medida Φ_{PC} y obtener el valor de referencia del máximo desplazamiento del pistón DP_{REF} (desplazamiento con el que se espera conseguir una posición física definida). Este valor se puede obtener por medio del algoritmo de la Figura 11.

Una vez obtenido el valor de referencia del máximo desplazamiento del pistón DP_{REF} , basta con restar del mismo el máximo desplazamiento del pistón DP_{MAX} mediante la ecuación:

$$E_{DP} = DP_{REF} - DP_{MAX}$$

50 para obtener el valor de error E_{DP} entre el máximo desplazamiento del pistón de referencia DP_{REF} y el máximo de desplazamiento del pistón DP_{MAX} .

A partir de este resultado es posible obtener el valor de un voltaje de control V_P , ya que su valor es en función del error E_{DP} . Se puede observar esta relación en el diagrama de flujo de la Figura 11. Aquí, se puede cambiar la

capacidad en aumento por DP_{REF} en aumento, y puede cambiar la capacidad decreciente por DP_{REF} decreciente. Como alternativa, se puede utilizar también, por ejemplo, un método tradicional tal como un algoritmo PID para modificar DP_{REF} ; en este caso, el cálculo se haría a partir de la siguiente ecuación:

$$DP_{REF} = K_P \times \phi_{PC} + K_D \times \left(\frac{\partial \phi_{PC}}{\partial T} \right) + Ki \times \int \phi_{PC} \times \partial T$$

5 en la que K_P es una constante proporcional, K_D es una constante derivativa y K_i es una constante integral, como se conoce por la nomenclatura clásica en control.

10 Además, se puede aumentar o disminuir directamente el valor del voltaje de control V_P , ya que este valor es función de Φ_{PC} . En este caso, en el diagrama de flujo de la Figura 11, se puede cambiar la capacidad en aumento por V_P en aumento, y puede cambiar la capacidad decreciente por V_P decreciente, para que en esta opción se pueda utilizar también algún método tradicional tal como el algoritmo PID para modificar V_P a partir de Φ_{PC} por medio de la siguiente ecuación:

$$V_P = K_P \times \phi_{PC} + K_D \times \left(\frac{\partial \phi_{PC}}{\partial t} \right) + Ki \times \int \phi_{PC} \times \partial t$$

Las constantes son las mismas que las que se describen anteriormente.

15 A partir del valor del voltaje de control V_P , es posible ajustar el voltaje controlado V_M calculando el ángulo de disparo del TRIAC.

20 Según el gráfico de las Figuras 6 y 7, los incrementos en la carga del sistema (incremento en la temperatura ambiente, incremento en la carga térmica en el sistema) conducen a una reducción en la fase del sistema. Si este incremento en la carga es grande (véase la línea de rayas con indicación de "carga máxima" en la Figura 7), la fase irá hacia valores negativos; esto puede ser compensado por un incremento en la capacidad del sistema (incremento en la carrera del pistón 1), lo que aumentará la fase, de modo que incrementos sucesivos en la capacidad llevan la fase hacia el valor cero, es decir que el sistema estará funcionando en resonancia. De forma equivalente, una reducción en la carga (véase la línea de rayas con indicación de "carga mínima" en la Figura 7), la fase irá hacia valores positivos, y esta variación puede ser compensada por un incremento en la fase, de modo que incrementos sucesivos llevan el valor de la fase hacia cero, es decir que el sistema estará funcionando en resonancia.

25 Por lo que a la forma de realizar el incremento y la reducción en la fase se refiere, se debe prever la lectura de la fase de alimentación Φ_C y de la fase dinámica Φ_P cada ciclo o semiciclo. Así, cada vez que la fase medida Φ_{PC} es distinta de cero, el sistema de control debería actuar sobre el desplazamiento del pistón, y la lectura de la fase dinámica Φ_{PC} se puede realizar de acuerdo con las enseñanzas del documento de patente brasileña PI 0300010-9.

30 La amplitud de las disminuciones debe tomar en consideración la reacción del sistema en respuesta al incremento / disminución provocada por el sistema de control. Así, si el valor del incremento / disminución es alto, se necesitará un tiempo de estabilización más largo; en el caso contrario, el tiempo de estabilización será más corto. Típicamente, el tiempo de estabilización depende de las constantes de tiempo del compresor y del sistema de refrigeración. A modo de ejemplo, se puede optar por esperar un tiempo predeterminado, por ejemplo aproximadamente 10 a 60 segundos, o monitorear la fase del sistema hasta que este último se quede constante.

35 Opcionalmente, es posible utilizar valores variables de incremento / disminución. En este caso, si la fase medida Φ_{PC} es grande, se pueden utilizar incrementos / disminuciones más grandes, y reducir este valor a medida que el valor de la fase medida Φ_{PC} se acerca a cero. En este caso, se puede optar por un valor de referencia del 1% de incremento / disminución.

40 La Figura 8 muestra un diagrama de tiempo que ilustra las formas de ondas del voltaje de la red V_{AC} , de la fuerza contraelectromotriz (CEMF), de la corriente i_A del motor lineal 10, de la posición del pistón DP y de la señal del sensor de proximidad (no representado) en la situación en la que el compresor lineal 100 está funcionando en resonancia, es decir, cuando $\Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C = 0$.

45 Como se puede observar, en la situación de resonancia, el desplazamiento del pistón es máximo cuando la corriente de alimentación i_A del motor lineal 10 pasa por cero, momento en el que el sensor de proximidad muestra una señal medible (véase la indicación 80). En esta condición, el compresor lineal 100 funciona en la condición óptima, ya

que en este caso la corriente de alimentación i_A pasa por cero en el momento en el que el pistón 1 está cambiando de dirección en su trayectoria, es decir que pasa por un momento de máximo desplazamiento, cuando no hace falta la aplicación de ninguna fuerza sobre él, ya que cuando el pistón 1 se encuentra en medio desplazamiento (véase la indicación 82) la corriente de alimentación i_A y la CEMF son máximas, impulsando el pistón 1 de la forma más eficaz posible.

En la Figura 9, se puede observar que el compresor lineal 100 está funcionando por encima de la resonancia, es decir que la CEMF está con retraso con respecto a la corriente de alimentación i_A del motor lineal 10. En este caso, la ecuación es $\Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C > 0$, y se debería aumentar la capacidad del compresor lineal 100 elevando el voltaje controlado V_M . Se puede observar que, en esta situación, cuando el pistón 1 se encuentra al máximo desplazamiento de su trayectoria, momento en el que no se debería aplicar ninguna corriente de alimentación i_A al motor lineal 10, la corriente de alimentación i_A tiene ya un valor significativo en ese momento. De acuerdo con la misma situación de cambio de fase, en el momento en el que el pistón 1 se encuentra en el medio de su trayectoria (véase la indicación 90), momento en el que se debería aplicar la máxima corriente de alimentación i_A al motor lineal 10, la corriente de alimentación i_A ha experimentado ya una disminución en su nivel, de modo que en ambas situaciones existe una pérdida de energía y, por lo tanto, un rendimiento reducido en el funcionamiento del compresor lineal 100 en su conjunto.

En la Figura 10, se puede observar que el compresor lineal está funcionando por debajo de la resonancia; en este caso, la CEMF está adelantada con respecto a la corriente de alimentación i_A del motor lineal 10, y entonces la ecuación es $\Phi_{PC} = \Phi_P - \Phi_C < 0$. En este caso, se debería incrementar la capacidad del compresor lineal 100, para que el sistema funcione en resonancia.

Como se puede observar, en esta situación hay un retraso en las fases, lo que provoca que el compresor lineal funcione con bajo rendimiento, ya que en el momento en el que el desplazamiento del pistón es máximo, situación en la que no se debería aplicar ninguna corriente de alimentación i_A al motor lineal 10, se puede observar que la corriente de alimentación i_A no es nula. Además, en el momento en el que el pistón 1 se encuentra en el medio del desplazamiento (véase la indicación 101), momento en el que se debería aplicar un máximo de corriente de alimentación i_A al motor lineal 10, la corriente de alimentación i_A no es máxima, de modo que, en este caso también, el rendimiento del compresor lineal 100 se ve reducido.

Aplicación en Compresores Lineales

Estructuralmente, el compresor lineal 100 y el sistema de control de un compresor lineal 100 tienen las siguientes características:

El compresor lineal 100 comprende un pistón 1 y es accionado por el motor lineal 10, lo cual provoca una distancia de desplazamiento que será controlada a través del voltaje controlado V_M , teniendo este voltaje controlado V_M una frecuencia de voltaje f_P . La distancia de desplazamiento del pistón 1 está controlada dinámicamente en función de la demanda variable del sistema de refrigeración 20, a través de la unidad de procesamiento 22, que ajusta la distancia de desplazamiento del pistón, de modo que el compresor lineal 100 se mantendrá dinámicamente en resonancia durante todas las variaciones de demanda del sistema de refrigeración 20, es decir, para que su distancia de desplazamiento se ajuste durante todos los cambios que resulten de las variaciones en la carga demandada por el sistema de refrigeración 20, impulsando el compresor lineal para que funcione en resonancia. El sistema para controlar el compresor lineal 100, cuando se toma aisladamente, debería ser aplicable al compresor lineal para realizar el ajuste dinámico de la distancia de desplazamiento, para que el compresor lineal funcione en resonancia.

Aplicación en los Sistemas de Refrigeración

El sistema de refrigeración 20, que puede incluir un enfriador / refrigerador o un sistema de acondicionamiento del aire y sistemas análogos, tal como se ha comentado ya, debe comprender un termostato on/off accionado por el compresor lineal 100, para que la distancia de desplazamiento del pistón esté controlada dinámicamente en función de la demanda variable del sistema de refrigeración 20 durante el período en el que el termostato enciende el compresor lineal. La unidad de procesamiento 22 debe ajustar dinámicamente la distancia de desplazamiento del pistón, para mantener en resonancia el compresor lineal durante todas las variaciones de demanda del sistema de refrigeración 20.

Con el fin de controlar el compresor lineal 100, el sistema de control y el sistema de refrigeración 20 de la presente invención están provistos de un método de control del compresor lineal 100 que sigue el diagrama de flujo ilustrado en la Figura 11.

El control de la distancia de desplazamiento del pistón 1 se realiza por medio de un voltaje controlado V_M , que es ajustado por la unidad de procesamiento 22. Con el fin de ajustar el nivel del voltaje controlado V_M , se puede optar por seguir las enseñanzas del documento de patente brasileño PI 907432-0.

Aplicación en Motores Lineales

Debe tenerse en cuenta que, con un control utilizable en compresores lineales en general, se puede hacer uso de las enseñanzas de la presente invención en un motor lineal 10 aplicado a otros tipos de utilización. En este caso, un

accionador (no representado) tiene la misma función que el pistón 1 utilizado en el compresor 100, es decir que el accionador recibe la fuerza generada en el estator 411, desplazando la carga y formando una unidad resonante que tendrá una frecuencia de resonancia.

5 De forma análoga a como se prevé para el control en el compresor lineal 100, el accionador tiene una distancia de desplazamiento que será controlada por medio del voltaje controlado V_M desde la unidad de procesamiento 22, de modo que la unidad resonante se mantendrá dinámicamente en resonancia durante todas las variaciones de carga.

El control sobre el motor lineal 10 se puede realizar también por medio de la unidad de procesamiento 22, que mide la fase de alimentación Φ_C de la corriente de alimentación i_A y de la fase dinámica Φ_P , en este caso del accionador más que del pistón, y ajusta el voltaje controlado V_M , de modo que el valor de la fase medida Φ_{PC} será nulo.

10 Asimismo, se puede controlar el motor lineal 10 mediante la utilización de un convertidor de frecuencia variable, que debería ser ajustado dinámicamente a la frecuencia de voltaje f_{VM} del voltaje controlado V_M a un valor igual al valor de la frecuencia de resonancia de la unidad resonante, a medida que tienen lugar variaciones de carga.

Método de Control por Ajuste de Fase

15 Con el fin de llevar a cabo el método de control, la unidad de procesamiento 22 monitorea la distancia de desplazamiento del pistón 1 durante todo el funcionamiento del compresor lineal 100 y ajusta dinámicamente la distancia de desplazamiento en función de una variación en la demanda del compresor lineal 100, de modo que el compresor lineal 100 se mantendrá en resonancia durante todas las variaciones en la demanda del sistema de refrigeración 20.

20 Para impulsar el compresor lineal 100 para que funcione en resonancia, se mide la fase de alimentación Φ_C de una corriente de alimentación i_A y la fase dinámica Φ_P del pistón 1 del compresor lineal 100 y se mide la diferencia entre las fases medidas para establecer la fase medida Φ_{PC} .

25 Después de la etapa de establecimiento de la fase medida Φ_{PC} , se debe incrementar la distancia de desplazamiento del pistón 1 cuando el valor de la fase medida Φ_{PC} es positivo o una etapa de reducción de la distancia de desplazamiento del pistón 1 cuando el valor de la fase medida Φ_{PC} es negativo, y se debería incrementar o reducir siempre el desplazamiento del pistón 1 a un valor necesario para que la fase medida Φ_{PC} sea nula.

Preferentemente, después de la etapa de incrementar o reducir la distancia de desplazamiento del pistón 1, se debe esperar hasta que haya pasado un tiempo de estabilización antes de volver a medir la diferencia entre la fase de alimentación Φ_C y la fase dinámica Φ_P .

Método de Control por Ajuste de la Frecuencia de Fase

30 De acuerdo con una segunda realización preferente de la presente invención, existe otra forma de controlar el compresor para controlar la frecuencia aplicada al motor para mantenerlo funcionando siempre en resonancia.

35 En este caso, el control se realiza a través de la frecuencia variable mediante la utilización de un convertidor de frecuencia variable (no representado). De esta forma, cuando se cambie la carga aplicada al compresor lineal 100, habrá también un cambio en la fase dinámica Φ_P del sistema, el cual será detectado por el sistema de control de la presente invención, con el fin de modificar la frecuencia para que el compresor funcione en resonancia. Este control se realiza dinámicamente mediante el ajuste de la frecuencia de voltaje f_{VP} , a través del convertidor de frecuencia variable, a un valor igual a la frecuencia de resonancia del compresor lineal 100, a medida que tienen lugar las variaciones en la demanda del sistema de refrigeración 20.

40 Las formas de realizar este tipo de ajuste pueden incluir, por ejemplo, la variación de la frecuencia para minimizar la corriente de alimentación o si no la variación de la frecuencia para poner a cero la fase entre la corriente y la CEMF.

45 Como se puede observar en las Figuras 12 y 13, cuando la carga aumenta, la frecuencia del compresor lineal 100 aumenta, y se debe incrementar la capacidad respectiva, para que el sistema funcione en resonancia y viceversa, cuando la carga se reduce, es decir que el sistema debe incrementar la carrera del pistón 1 / capacidad / compresor 100 y, cuando la frecuencia disminuye, el sistema de control debe disminuir la carrera / capacidad. De la misma forma que en la primera realización preferente de la presente invención, es posible hacer funcionar el sistema de refrigeración por medio de un simple termostato de tipo "On/Off", manteniendo el mismo concepto de ajuste del pistón 1 (capacidad del compresor 100) mediante la variación de la frecuencia.

50 A este respecto, se puede observar que el concepto básico entre la primera realización preferente de la presente invención y la segunda realización es similar, es decir que se puede observar el efecto del cambio en la carga aplicada al compresor con respecto a la frecuencia de resonancia, y, con esta información, modificar la carrera del pistón (capacidad del compresor).

Con el método de control en esta realización, se puede continuar de acuerdo con el diagrama de flujo mostrado en la Figura 14 y siguiendo estas etapas:

medir la frecuencia de alimentación del motor lineal 10, que es la frecuencia de voltaje f_{VP} , y luego realizar la compensación de esta medición con el valor de una frecuencia de referencia FR, que es normalmente de 50 ó 60 Hz.

5 En esta etapa de compensación, si la frecuencia de voltaje f_{VP} es superior a la frecuencia de referencia FR, se debe incrementar la capacidad del compresor lineal 100. Si la frecuencia de voltaje f_{VP} es inferior a la frecuencia de referencia FR, se debe reducir la capacidad del compresor lineal 100.

10 Para que estos métodos de la primera y la segunda realización funcionen en la mejor condición posible para el sistema, el compresor lineal 100 debe ser diseñado para funcionar en resonancia cuando el sistema está estabilizado y a baja capacidad (en esta condición, el sistema debe funcionar el 80% del tiempo). De esta forma, cuando sea necesaria mayor capacidad, el algoritmo aumentará la capacidad del compresor lineal 100.

15 Otra capacidad que debe tener el algoritmo es la función de congelación máxima (rápida). En un congelador, cuando esta función esté activa, el compresor lineal 100 funcionará durante 24 horas sin ciclos; en sistemas con capacidad variable, el compresor lineal debe funcionar a la capacidad máxima, sin tener en cuenta la carga o la temperatura interna. Para realizar esta función, el algoritmo puede medir el tiempo del ciclo, si este tiempo es superior a una referencia (por ejemplo, 2 horas), el algoritmo irá hasta la capacidad máxima independientemente de la condición de la fase y volverá a funcionar normalmente sólo cuando los ciclos del sistema o cuando 24 horas hayan pasado.

Las Ventajas de la Solución Propuesta son las siguientes:

- 20 • permite aplicar el compresor lineal en simples sistemas provistos de termostato convencional y utilizar las ventajas de la capacidad variable;
- reduce costes del sistema de enfriamiento / refrigeración 20;
- optimiza el funcionamiento del compresor lineal (el compresor lineal trabaja siempre al máximo rendimiento);
- mejora el rendimiento del compresor lineal;
- 25 • existe una corrección en la capacidad de bombeo del compresor lineal, adaptada a la necesidad del sistema de refrigeración 20.

Habiendo descrito ejemplos de las realizaciones preferentes, se debe entender que el alcance de la presente invención abarca otras variaciones posibles, siendo limitadas solamente por el contenido de las reivindicaciones adjuntas, que incluyen los posibles equivalentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Compresor lineal (100) aplicable a un sistema de refrigeración (20), comprendiendo el compresor lineal (100) un pistón (1) accionado por un motor lineal (10), teniendo el pistón (1) una distancia de desplazamiento controlada por un voltaje eléctrico controlado (V_M), generando el voltaje eléctrico controlado (V_M) una corriente de alimentación (i_A) que circula en el motor lineal (10) y teniendo una frecuencia de voltaje (F_{VM}) aplicada al motor lineal (10) y ajustada por una unidad de procesamiento (22),
- estando la unidad de procesamiento (22) configurada para controlar dinámicamente la distancia de desplazamiento del pistón (1) en función de la demanda variable del sistema de refrigeración (20), teniendo el compresor lineal (100) una frecuencia de resonancia,
- 10 compresor lineal (100) **caracterizado porque** la unidad de procesamiento (22) está configurada para medir una fase de alimentación (Φ_C) de la corriente de alimentación (i_A) y una fase dinámica (Φ_P) del pistón (1) del compresor lineal (100),
- estando configurada además la unidad de procesamiento (22) para medir la diferencia entre la fase de alimentación (Φ_C) y la fase dinámica (Φ_P) y establecer una fase medida (Φ_{PC}), ajustando la unidad de procesamiento (22) el voltaje controlado (V_M) para que el valor de la fase medida (Φ_{PC}) sea nulo, de modo tal que se mantenga dinámicamente el compresor lineal (100) en resonancia durante todas las variaciones en la demanda del sistema de refrigeración.
- 15 2. Compresor lineal según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el voltaje controlado (V_M) disminuye cuando el valor de la fase medida (Φ_{PC}) es positivo y aumenta cuando el valor de la fase medida (Φ_{PC}) es negativo.
3. Compresor lineal según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la fase de alimentación (Φ_C) se obtiene a partir de un momento predefinido de la corriente de alimentación (i_A).
- 20 4. Compresor lineal según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el momento predefinido de la corriente de alimentación (i_A) es el paso de la corriente de alimentación (i_A) por cero.
5. Compresor lineal según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el momento predefinido se obtiene en el punto medio de permanencia de la corriente de alimentación (i_A) en cero.
6. Compresor lineal según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la fase dinámica (Φ_P) se obtiene de una señal de desplazamiento del pistón (1) (DP).
- 25 7. Compresor lineal según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el valor de la fase dinámica (Φ_P) se obtiene por medio de un sensor (30) de desplazamiento asociado eléctricamente a la unidad de procesamiento (22).
8. Compresor lineal según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el valor de la fase dinámica (Φ_P) se obtiene de la posición de desplazamiento del pistón (1) (DP).
- 30 9. Método para controlar un compresor lineal (100), compresor lineal (100) que comprende un pistón (1) accionado por un motor lineal (10),
- teniendo el pistón (1) un voltaje controlado (V_M), teniendo el voltaje controlado (V_M) una frecuencia de voltaje (f_{VM}) aplicada al motor lineal (10) y ajustada por una unidad de procesamiento (22),
- generando el voltaje controlado (V_M) una corriente de alimentación (i_A) que circula en el motor lineal (10),
- método **caracterizado porque** comprende las etapas de:
- 35
- medir una fase de alimentación (Φ_C) de la corriente de alimentación (i_A) y una fase dinámica (Φ_P) del pistón (1) del compresor lineal (100), y
 - medir la diferencia entre la fase de alimentación (Φ_C) y la dinámica (Φ_P) y establecer una fase medida (Φ_{PC}),
 - ajustar dinámicamente la distancia de desplazamiento en función de una variación en la demanda del compresor lineal (100) para que el valor de la fase medida (Φ_{PC}) sea nulo, para que el compresor lineal (100) se mantenga dinámicamente en resonancia durante todas las variaciones en la demanda del sistema de refrigeración.
- 40
10. Método según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, después de la etapa de establecer la fase medida (Φ_{PC}), existe una etapa de incremento de la distancia de desplazamiento del pistón (1) cuando el valor de la fase medida (Φ_{PC}) es positivo o una etapa de disminución de la distancia de desplazamiento del pistón (1) cuando el valor de la fase medida (Φ_{PC}) es negativo.
- 45
11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado porque**, después de la etapa de incremento o disminución de la distancia de desplazamiento del pistón (1), se prevé esperar que haya pasado un tiempo de estabilización.

12. Método según la reivindicación 11, **caracterizado porque**, después de que haya pasado el tiempo de estabilización, existe una nueva medición de la diferencia entre la fase de alimentación (Φ_C) y la fase dinámica (Φ_P).

5 13. Compresor lineal (100) aplicable a un sistema de refrigeración (20), comprendiendo el compresor lineal (100) un pistón (1) accionado por un motor lineal (10), siendo alimentado el motor lineal (10) por un voltaje controlado (V_M) que tiene una frecuencia de voltaje (F_{VP}) del motor lineal (10) y que genera una capacidad del compresor lineal (100), siendo ajustada la frecuencia de voltaje (F_{VP}) por una unidad de procesamiento (22);

compresor lineal (100) **caracterizado porque**

10 la unidad de procesamiento (22) está configurada para medir la frecuencia de alimentación (f_{VP}) del motor lineal (10) y compensar la frecuencia de alimentación (f_{VP}) mediante la comparación de la medida con una frecuencia de referencia (FR) y

la unidad de procesamiento (22) está configurada además para incrementar la capacidad del compresor lineal (100) si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es superior a la frecuencia de referencia (FR), o reducir la capacidad del compresor lineal (100) si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es inferior a la frecuencia de referencia (FR).

15 14. Método para controlar un compresor lineal (100), comprendiendo el compresor lineal (100) un pistón (1) accionado por un motor lineal (10), siendo alimentado el motor lineal (10) por un voltaje controlado (V_M) que tiene una frecuencia de voltaje (F_{VP}) del motor lineal (10) y genera una capacidad del compresor lineal (100),

método **caracterizado porque** comprende las siguiente etapas de:

20 medir la frecuencia de alimentación (f_{VP}) del motor lineal (10) y compensar la frecuencia de alimentación (f_{VP}) mediante la comparación de la medición con una frecuencia de referencia (FR) e incrementar la capacidad del compresor lineal (100) si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es superior a la frecuencia de referencia (FR), o reducir la capacidad del compresor lineal (100) si la frecuencia de voltaje (f_{VP}) es inferior a la frecuencia de referencia (FR).

15. Método según la reivindicación 14, **caracterizado porque**, después de la etapa de incrementar o reducir la capacidad del compresor lineal (100), existe una etapa de esperar que haya pasado un tiempo de estabilización.

25 16. Método según la reivindicación 15, **caracterizado porque**, después de que haya pasado el tiempo de estabilización, la frecuencia de alimentación del motor lineal (100) se vuelve a medir.

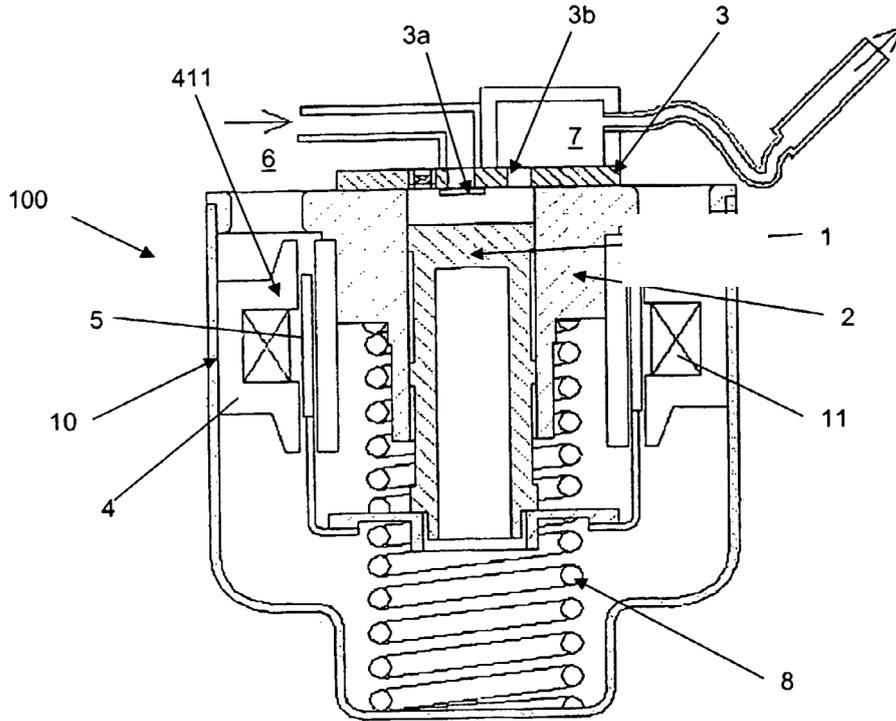


FIG. 1

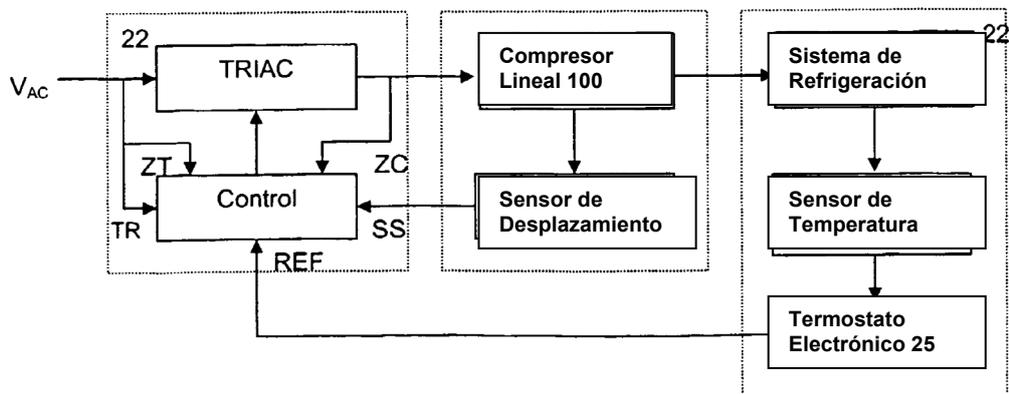


FIG. 2

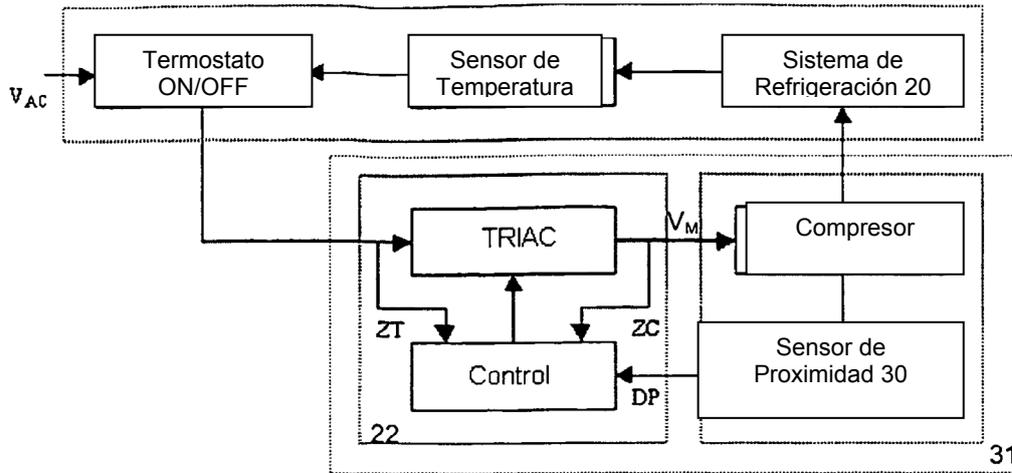


FIG. 3

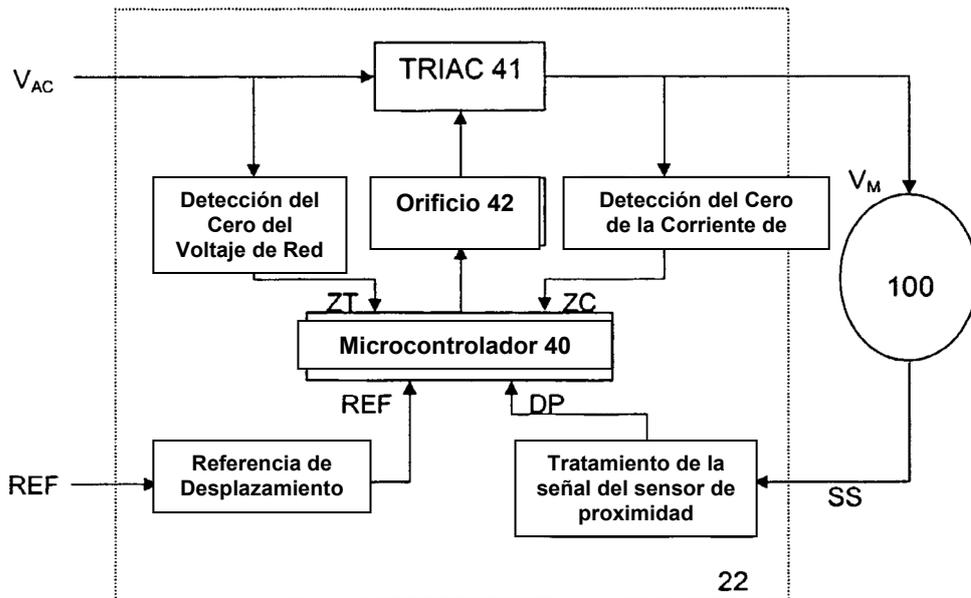


FIG. 4

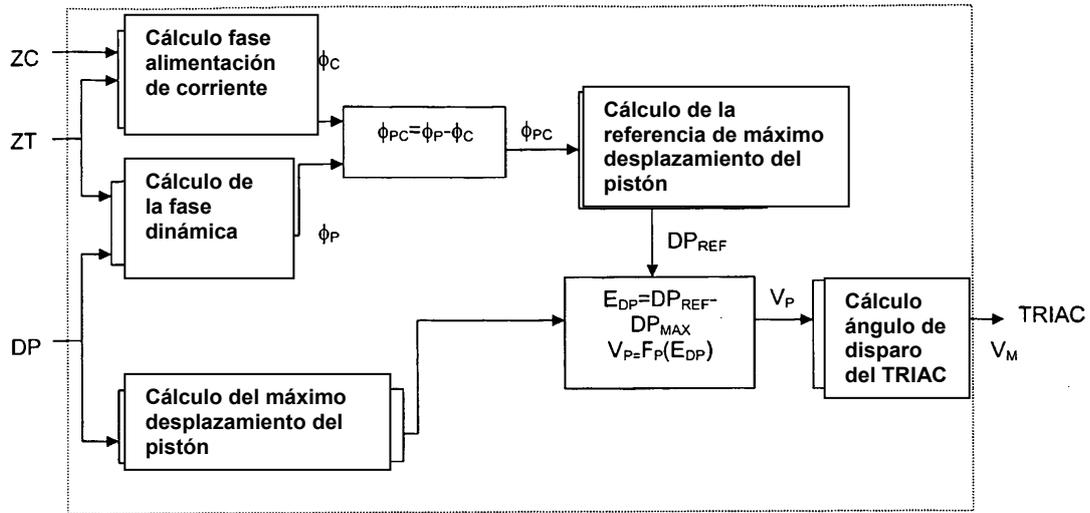


FIG. 5

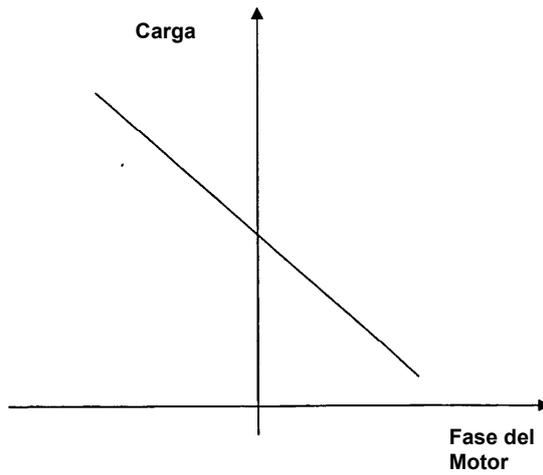


FIG. 6

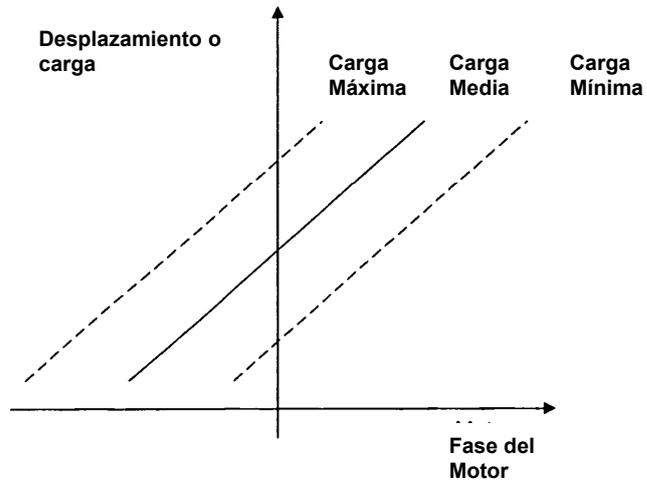


FIG. 7

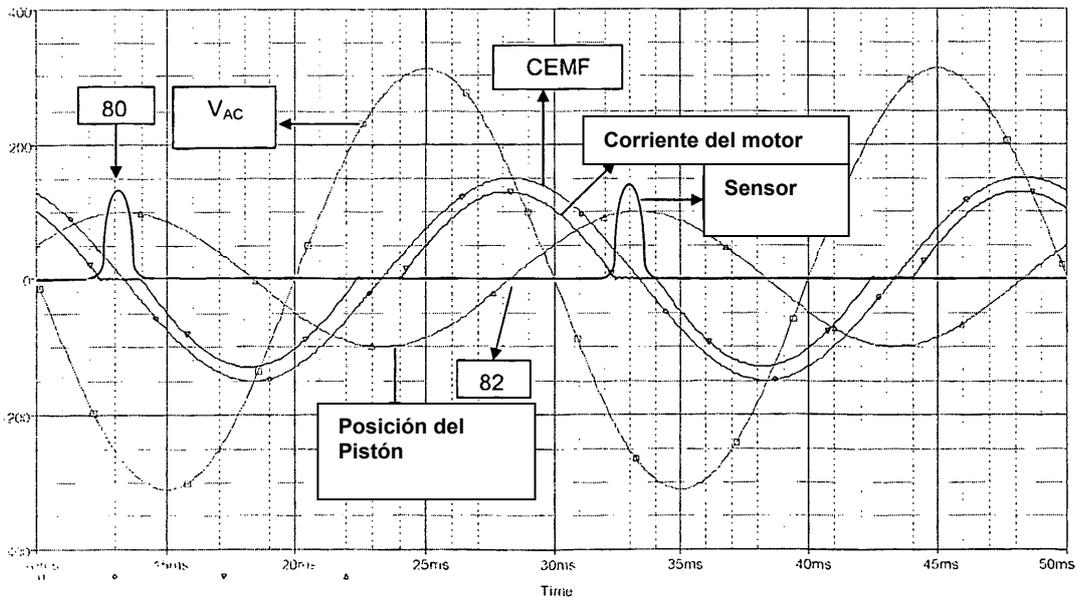


FIG. 8

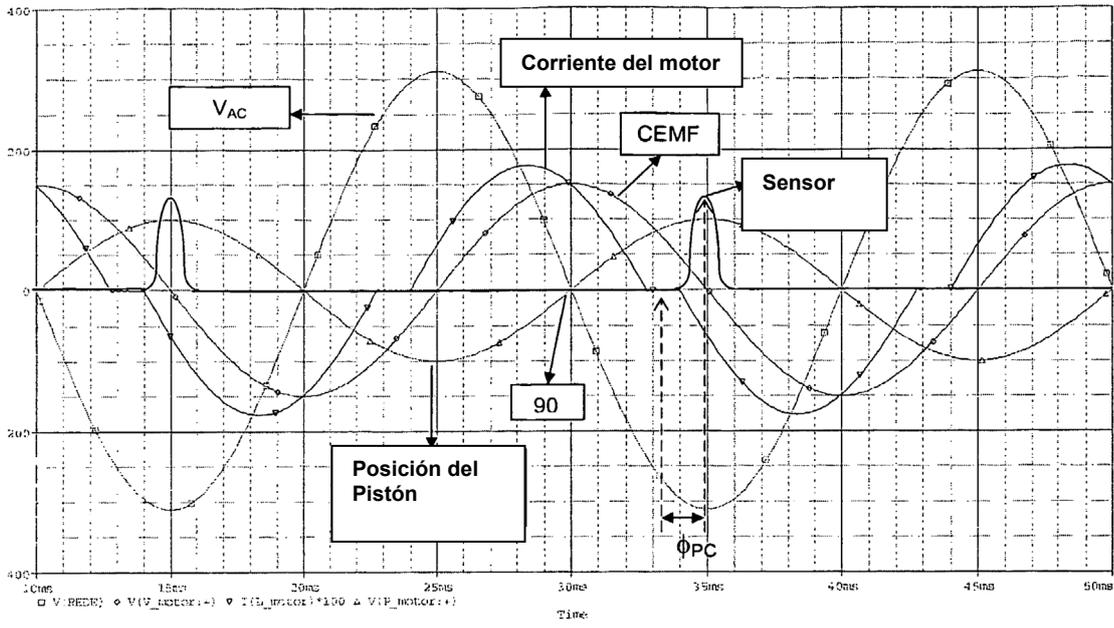


FIG. 9

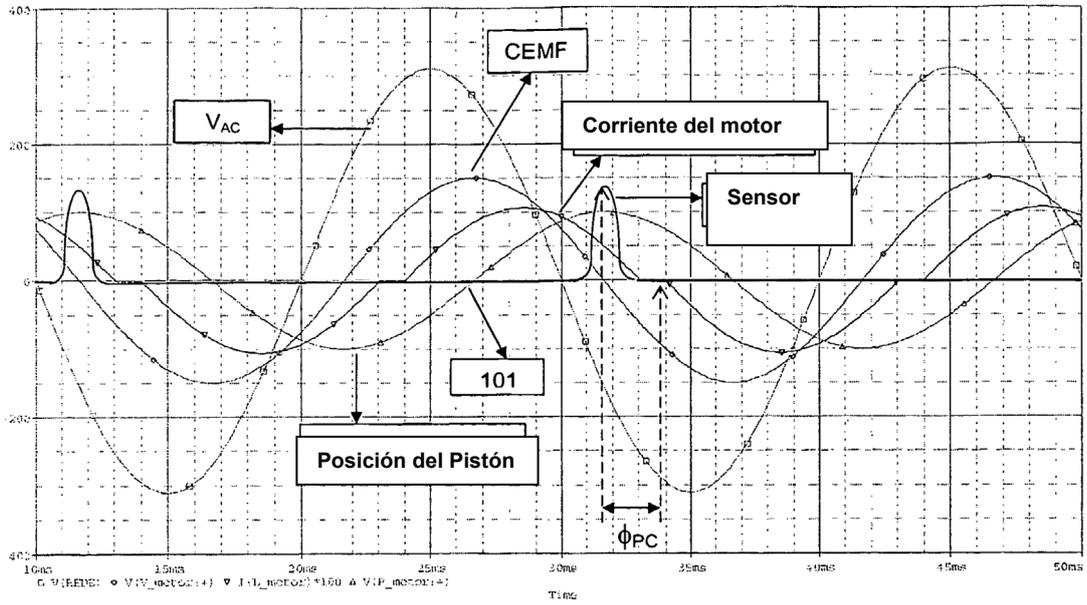


FIG. 10

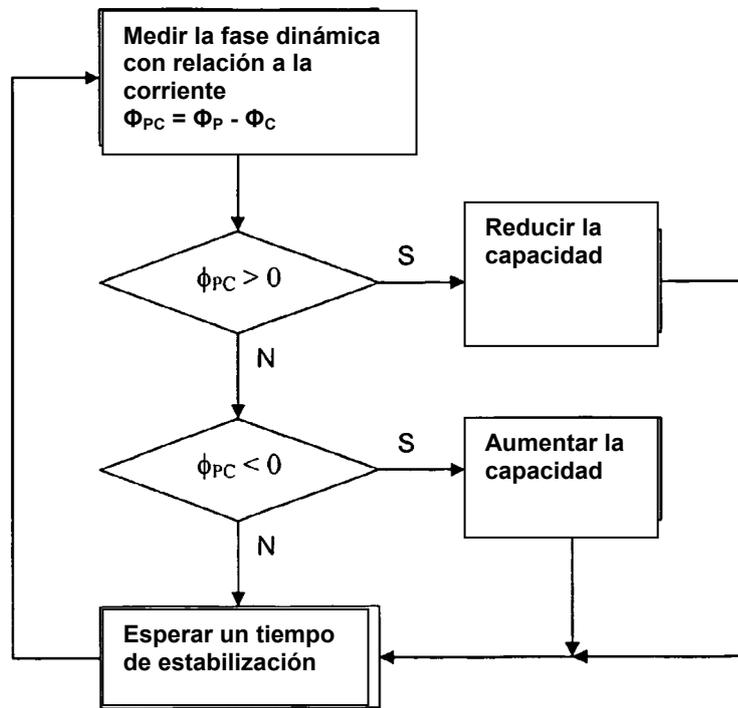


FIG. 11

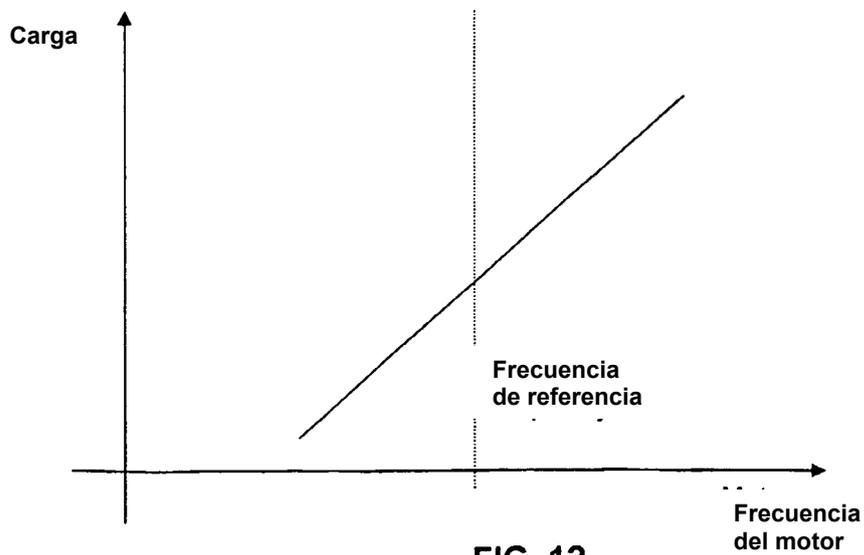


FIG. 12

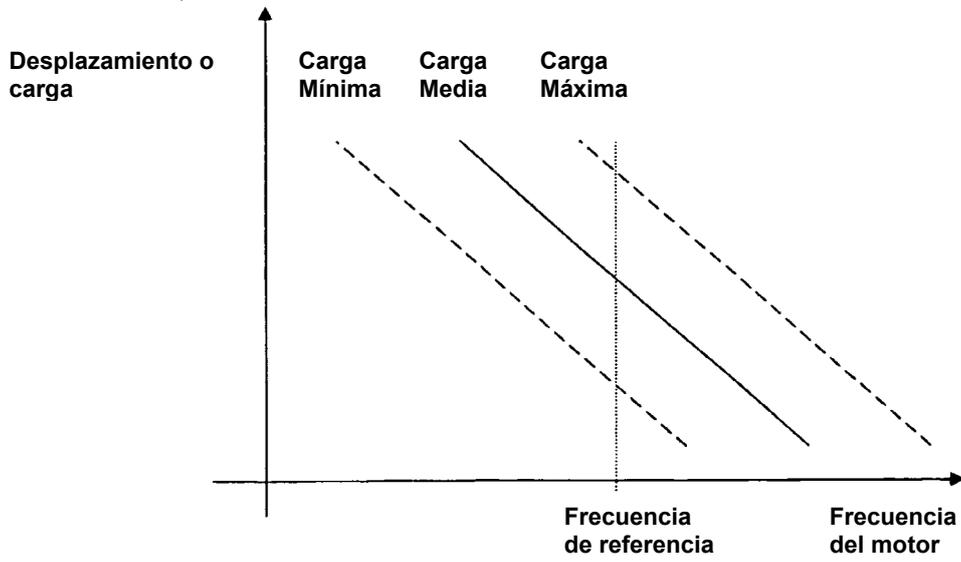


FIG. 13

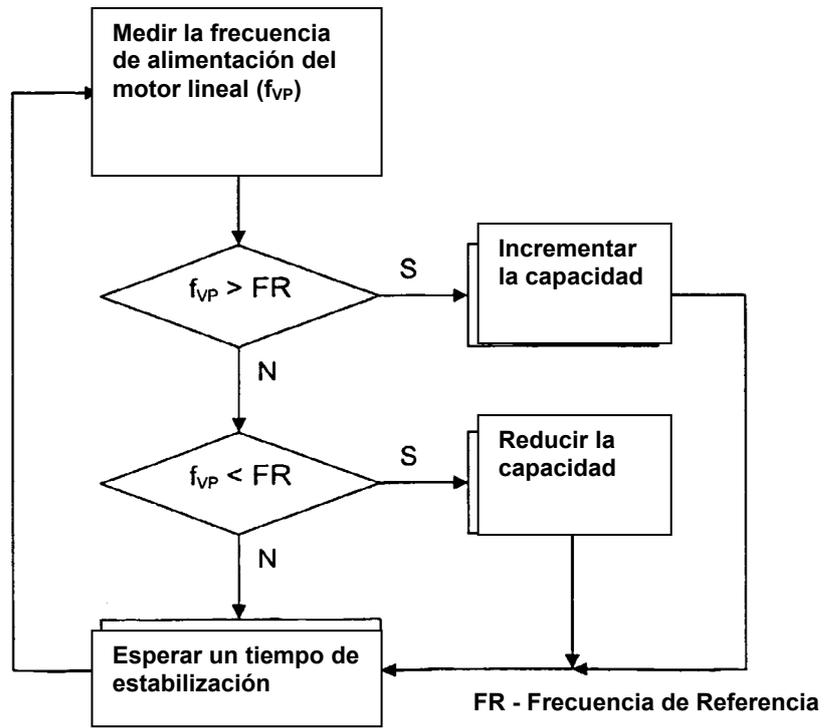


FIG. 14