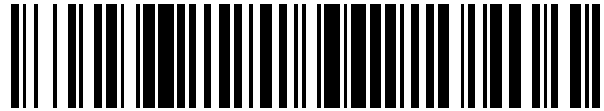


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 948**

51 Int. Cl.:

**F04B 35/04** (2006.01)  
**F04B 49/06** (2006.01)  
**F04B 49/10** (2006.01)  
**F04B 51/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2016 E 16275121 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3135910**

54 Título: **Procedimiento y sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal, y compresor lineal**

30 Prioridad:

**31.08.2015 BR 102015021009**

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

**07.11.2019**

73 Titular/es:

**EMBRACO INDÚSTRIA DE COMPRESSORES E SOLUÇÕES EM REFRIGERAÇÃO LTDA. (100.0%)  
Rua Rui Barbosa, 1020, Distrito Industrial  
89219-100 Joinville, SC, BR**

72 Inventor/es:

**LILIE, DIETMAR ERICH BERNHARD;  
SANTOS, MARIO HENRIQUE FARIAS y  
DE FIGUEIREDO MARIA, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

**ES 2 729 948 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**

Procedimiento y sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal, y compresor lineal

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal. Más específicamente, se refiere a un procedimiento y a un sistema para la protección y el diagnóstico basados en la diferencia entre los tiempos de aspiración y compresión de un compresor lineal resonante.

Descripción de la técnica anterior

10 La búsqueda de sistemas y procedimientos que brinden una protección eficiente a un compresor lineal es constante, de modo que algunos procedimientos y sistemas conocidos utilizan sensores para controlar el desplazamiento del pistón, sensores de vibración o dispositivos eléctricos que miden, por ejemplo, los valores de tensión y de corriente aplicados al compresor.

15 Es aconsejable que los procedimientos de protección utilicen la menor cantidad posible de componentes adicionales, de modo que un procedimiento basado en parámetros físicos del compresor se convierta en una ventaja principalmente en términos financieros.

20 La técnica anterior da a conocer medios para controlar el compresor lineal, por ejemplo, la publicación internacional WO 00/16482 se basa en el cruce por cero de la tensión para el ajuste consiguiente de la frecuencia de funcionamiento del compresor lo más cerca posible de su frecuencia de resonancia.

25 Además, el documento US 6.812.597, a pesar de medir los tiempos de ciclo del compresor, trata tales tiempos de manera independiente, sin utilizar una señal relativa, tal como se propone en la presente invención. El análisis de los tiempos de ciclo de manera independiente está más sujeto a variaciones entre compresores, lo que implica un control no tan fiable.

30 Además, la patente US 6.616.414 utiliza señales eléctricas y parámetros del motor del compresor lineal para controlar la carrera del pistón. Tales parámetros comprenden la corriente eléctrica, la tensión aplicada, la resistencia, la inductancia, entre otros.

35 Aunque los procedimientos y sistemas mencionados anteriormente tienen ventajas en algunos aspectos, ninguno de ellos se basa en el cálculo de la diferencia entre los semiciclos de funcionamiento (avance y retroceso) del compresor. Además, funcionan como procedimientos para accionar el compresor, no para su diagnóstico y protección.

40 Al calcular tal diferencia, se reducen las variaciones que pueden tener lugar entre diferentes compresores, lo que hace posible su aplicación a compresores lineales resonantes que utilizan cualquier gas de enfriamiento.

45 El documento EP 1664533 B1 (Fisher & Paykel Appliances Ltd.), publicado el 24 de febrero de 2010, da a conocer un compresor de gas de pistón libre que tiene un cilindro y un pistón, el pistón puede tener un movimiento alternativo dentro del cilindro en carreras alternas de compresión y expansión. Un motor eléctrico lineal alternativo está acoplado de manera accionable al pistón. Un controlador está programado para controlar o ajustar la entrada de potencia al motor lineal sobre la base de una relación que incluye, como mínimo, una de las duraciones de la carrera de compresión o la carrera de expansión actuales, siendo la relación indicativa de la posición del punto muerto superior (TDC, top dead centre) del pistón, incluso en ausencia de cualquier colisión. En la realización preferente, el controlador obtiene una medida que refleja la diferencia entre la duración de la carrera de compresión y la duración de la carrera de expansión y ajusta la entrada de potencia en respuesta a la medida obtenida.

50 La presente invención tiene como objetivo la protección de un procedimiento y un sistema aplicados a un compresor lineal resonante, que proponen detectar la rotura del compresor, el impacto del pistón contra la placa de válvulas y las resonancias no deseadas del mecanismo, entre otros aspectos.

55 El procedimiento y el sistema propuestos se basan en la medición de los tiempos de avance y retroceso del pistón del compresor. Preferiblemente, tales tiempos se determinan a partir de la posición del pistón y, más específicamente, del cruce por cero de la fuerza contraelectromotriz (CEMF/FCGM) del motor eléctrico del compresor lineal.

60 Al restar el tiempo de retroceso (aspiración) del tiempo de avance (compresión), se obtiene un parámetro de decisión de determinación para lograr los objetivos de la presente invención.

65 A partir de la determinación de este parámetro de decisión, se puede detectar el funcionamiento incorrecto del compresor e impedir futuros fallos, funcionando así como un parámetro de decisión y diagnóstico del compresor lineal.

Objetivos de la invención

La presente invención tiene el objetivo de dar a conocer un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal resonante, que monitoricen los ciclos de compresión y aspiración del compresor.

5 Un objetivo adicional de la presente invención es dar a conocer un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal resonante que apague definitivamente el compresor, en caso de que se detecte un funcionamiento anómalo del mismo.

10 Un tercer objetivo de la presente invención es dar a conocer un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal resonante, que tome como base la medición del tiempo de avance (compresión) del compresor y del tiempo de retroceso (aspiración) del compresor.

15 Un cuarto objetivo de la presente invención es dar a conocer un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal resonante, que se basan en un parámetro de decisión calculado a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración total y el tiempo de compresión total del compresor lineal.

20 Un quinto objetivo de la presente invención es dar a conocer un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal resonante, que impidan daños a los componentes internos del compresor al calcular el parámetro de decisión.

25 Un objetivo adicional de la presente invención es dar a conocer un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal resonante, que utilicen el parámetro de decisión para diagnosticar posibles fallos en el funcionamiento del compresor lineal.

Breve descripción de la invención.

30 Según aspectos de la invención, se da a conocer un procedimiento para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal, y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal, tal como se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

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

La figura 1 es una ilustración de bloques del funcionamiento de un compresor lineal, en la que la figura 1(a) representa el semiciclo de aspiración, y la figura 1(b) representa el semiciclo de compresión;

40 la figura 2 es un gráfico del desplazamiento del pistón en función del tiempo en un compresor lineal resonante;

la figura 3 es una representación de bloques del procedimiento para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal tal como se propone en la presente invención;

45 la figura 4 es una representación de bloques del sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal tal como se propone en la presente invención;

50 la figura 5 es una representación gráfica del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en un funcionamiento normal de un compresor lineal;

la figura 6 es una representación gráfica del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en un funcionamiento anómalo del compresor lineal;

55 la figura 7 es una representación gráfica adicional del

El procedimiento se puede caracterizar por comprender la etapa de interrumpir la alimentación eléctrica del compresor lineal (2), si el parámetro de decisión es menor que cero.

60 El procedimiento se puede caracterizar por comprender la etapa de establecer el límite máximo de funcionamiento (B) del compresor lineal (2) a partir del funcionamiento del compresor lineal (2) en condiciones de funcionamiento máximo.

El procedimiento se puede caracterizar por comprender las etapas de:

65 - reducir la potencia aplicada al compresor lineal (2), si el valor obtenido para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es mayor que el límite máximo de funcionamiento (B), alternativamente,

- aumentar la potencia aplicada al compresor lineal (2), si el valor obtenido para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que el intervalo de normalidad.

5 El procedimiento se puede caracterizar por que, después de la etapa de continuar con la alimentación eléctrica del compresor lineal (2), se lleva a cabo de nuevo la etapa de detección del tiempo de aspiración ( $t_s$ ) del compresor lineal (2).

10 Según otro aspecto de la invención, se da a conocer un procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2), comprendiendo el compresor lineal (2) como mínimo un control electrónico (11), estando el procedimiento caracterizado por que, en cada ciclo de trabajo del compresor lineal (2), comprende las etapas de:

- calcular un parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) a partir de la detección del tiempo de aspiración ( $t_s$ ) y del tiempo de compresión ( $t_c$ ) del compresor lineal (2),
- 15 - establecer un intervalo de normalidad del compresor lineal (2), siendo el intervalo de normalidad equivalente a valores para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) iguales a cero,
- establecer un límite máximo de funcionamiento (B) del compresor lineal (2), a partir del funcionamiento del compresor lineal (2) en condiciones de funcionamiento máximo,
- 20 - interrumpir la alimentación eléctrica del compresor (2) si el valor calculado para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es mayor que el intervalo de normalidad o menor que el límite máximo de funcionamiento (B), alternativamente,
- 25 - continuar con la alimentación eléctrica del compresor.

El procedimiento se puede caracterizar por comprender las etapas de:

- calcular un parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) a partir de los valores calculados para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ),
- 30 - calcular la diferencia entre el último valor calculado para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) y el último valor para el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ),
- 35 - verificar si el valor absoluto de la diferencia calculada en la etapa anterior es mayor que un patrón de resonancia,
- interrumpir la alimentación eléctrica del compresor lineal (2) si el valor absoluto de la diferencia calculada es mayor que el patrón de resonancia, alternativamente,
- 40 - continuar con la alimentación eléctrica del compresor.

El procedimiento se puede caracterizar por comprender, en cada ciclo de trabajo del compresor lineal (2), las etapas de:

- 45 - detectar el tiempo de aspiración ( $t_s$ ) del compresor lineal (2);
- detectar el tiempo de compresión ( $t_c$ ) del compresor lineal;
- 50 - posteriormente, calcular un parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) equivalente a la diferencia entre el tiempo de compresión ( $t_c$ ) y el tiempo de aspiración ( $t_s$ ).

55 Según otro aspecto de la invención, se da a conocer un sistema para la protección y el diagnóstico (13) de un compresor lineal (2), pudiendo asociarse eléctricamente el compresor lineal (2) con una fuente de alimentación (V) y comprendiendo como mínimo:

un control electrónico (11) dotado, como mínimo, de una memoria interna (10), pudiendo almacenar la memoria interna (10) un parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) del compresor lineal (2) en cada ciclo de trabajo del compresor lineal (2), de modo que:

60 el sistema para la protección y el diagnóstico (13) se caracteriza por que determina el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración ( $t_s$ ) y el tiempo de compresión ( $t_c$ ) del compresor lineal (2); y

el sistema está configurado para interrumpir la asociación eléctrica con la fuente de alimentación (V) y el compresor lineal (2), si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que un intervalo de normalidad o mayor que un límite máximo de funcionamiento (B).

5 El sistema se puede caracterizar por que el control electrónico (11) está configurado para determinar un parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) en cada ciclo de trabajo del compresor lineal y además está configurado para determinar un indicador de variabilidad (K) del compresor lineal (2), estando relacionado el indicador de variabilidad (K) con el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) y el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ).

10 El sistema se puede caracterizar por estar configurado para interrumpir la asociación eléctrica entre el compresor lineal (2) y la fuente de alimentación (V) si el valor absoluto del indicador de variabilidad (K) es mayor que un patrón de resonancia establecido previamente.

15 El sistema se puede caracterizar por que la alimentación eléctrica entre el compresor lineal (2) y la fuente de alimentación (V) continúa, si el valor absoluto del indicador de variabilidad (K) es menor que el patrón de desplazamiento.

20 Según otro aspecto de la invención, se da a conocer un compresor lineal (2) de un equipo de enfriamiento, pudiendo asociarse eléctricamente el compresor lineal (2) con una fuente de alimentación y comprendiendo como mínimo una memoria interna (10) y un control electrónico (11), estando el compresor lineal (2) **caracterizado por que** determina un parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración ( $t_s$ ) y el tiempo de compresión ( $t_c$ ) del compresor (2).

25 El compresor lineal (2) se puede caracterizar por que el control electrónico está configurado para interrumpir la asociación eléctrica entre el compresor (2) y la fuente de alimentación si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que un intervalo de normalidad o mayor que un límite máximo de funcionamiento (B), siendo el intervalo de normalidad equivalente a valores para el parámetro de decisión iguales a cero y el límite máximo de funcionamiento (B) establecido a partir del funcionamiento del compresor lineal (2) en condiciones de funcionamiento máximo.

### 30 Breve descripción de los dibujos

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

35 La figura 1 es una ilustración de bloques del funcionamiento de un compresor lineal, en la que la figura 1(a) representa el semiciclo de aspiración, y la figura 1(b) representa el semiciclo de compresión;

la figura 2 es un gráfico del desplazamiento del pistón en función del tiempo en un compresor lineal resonante;

40 la figura 3 es una representación de bloques del procedimiento para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal tal como se propone en la presente invención;

la figura 4 es una representación de bloques del sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal tal como se propone en la presente invención;

45 la figura 5 es una representación gráfica del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en un funcionamiento normal de un compresor lineal;

50 la figura 6 es una representación gráfica del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en un funcionamiento anómalo del compresor lineal;

la figura 7 es una representación gráfica adicional del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en un funcionamiento anómalo de un compresor lineal;

55 la figura 8 es una representación gráfica de la variabilidad del parámetro de decisión en un funcionamiento anómalo de un compresor lineal; y

la figura 9 es una representación gráfica adicional del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en un funcionamiento anómalo de un compresor lineal.

### 60 Descripción detallada de las figuras

65 Tal como se sabe ya, el funcionamiento de un compresor lineal 2 tiene lugar básicamente mediante la aspiración y la compresión de un gas de enfriamiento, configurando así un tiempo de aspiración (retroceso del pistón) y un tiempo de compresión (avance del pistón).

Por avance del pistón se debe entender la compresión del gas y la consiguiente descarga del mismo. Por retroceso del pistón se debe entender una nueva expansión del gas y la aspiración del mismo.

5 Debido a la presión ejercida por el gas durante el ciclo de compresión, el tiempo respectivo para comprimirlo termina siendo más corto en comparación con el tiempo de aspiración.

10 Las figuras 1(a) y (b) representan una ilustración de bloques del pistón de un compresor lineal 2, que indica su desplazamiento durante los semiciclos de trabajo (aspiración/compresión) del compresor lineal 2, lo que permite darse cuenta, mediante la visualización simplificada del compresor lineal 2, de por qué el tiempo de compresión es más corto que el tiempo de aspiración.

15 Por ciclos de trabajo del compresor, o tiempos de compresión y de aspiración, se debe entender el semiciclo de avance del compresor (compresión), que comprende la compresión y la descarga del gas de enfriamiento.

Del mismo modo, para el semiciclo de retroceso del compresor (aspiración), se produce una nueva expansión y aspiración del gas de enfriamiento.

20 Con referencia a la figura 1(a), representa el funcionamiento del compresor en su semiciclo de aspiración. Se observa que un pistón 15 está dispuesto en la parte superior de la cámara 14, y por medio del desplazamiento del resorte 17, el pistón se desplaza hasta la parte inferior de la cámara 14, iniciando así el ciclo de compresión, tal como se indica en la figura 1(b).

25 En la figura 1(b), es posible observar que en el semiciclo de compresión del compresor lineal 2, el desplazamiento del pistón 15 experimenta una resistencia a la presión ejercida por el gas de enfriamiento, actuando este último como un resorte, indicado en la figura 1(b) con la referencia 16. De este modo, el tiempo de compresión se vuelve más corto que el tiempo de aspiración.

30 En una realización, el cálculo del tiempo de aspiración  $t_s$  del compresor 2 indicado en la figura 1(a) se puede obtener a partir de la expresión (1), como sigue:

$$t_s = \pi \sqrt{\frac{M}{K}}, \text{ expresión (1),}$$

35 donde M es equivalente a la masa del pistón 15 y K se refiere a la constante del resorte 17 que se muestra en las figuras 1(a) y (b).

De modo similar, una realización para obtener el tiempo de compresión  $t_c$  del compresor 2 ilustrado en la figura 1(b) se representa mediante la siguiente expresión (2):

40 
$$t_c = \pi \sqrt{\frac{M}{K+K_g}}, \text{ expresión (2),}$$

45 donde  $K_g$  es equivalente a la fuerza ejercida por el gas, opuesta al desplazamiento del pistón, tal como se ilustra en la figura 1(b), indicada por el número de referencia 16. En una realización preferente, considerando que la constante K del resorte es de 95000 N/m y la masa del es  $M = 0,18$  kg, se tendría un tiempo de aspiración  $t_s = 4324$ , 4  $\mu$ s. Admitiendo la constante  $K_g$  como de 5000 N/m, se tendría un tiempo de compresión menor que  $t_s$ , siendo  $t_c = 4214$ , 9  $\mu$ s.

50 La figura 2 ilustra un gráfico del desplazamiento del pistón 15, en milímetros, en función del tiempo, en milisegundos de un compresor lineal. En este gráfico se observa más claramente el tiempo de compresión  $t_c$  y el tiempo de aspiración  $t_s$  mencionados previamente.

55 La presente invención propone un procedimiento y un sistema para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal 2 basados en el tiempo de compresión  $t_c$  y el tiempo de aspiración  $t_s$  para detectar posibles anomalías en el funcionamiento del compresor y en sus componentes, permitiendo así, si se desea, la interrupción definitiva del funcionamiento del compresor, en caso de que se detecte una anomalía.

Con este propósito, el procedimiento y el sistema propuestos utilizan un parámetro de decisión  $\Delta T$ , parámetro que se determina preferiblemente a partir de la siguiente expresión 3:

60 
$$\Delta T = t_s - t_c, \text{ expresión 3}$$

Según la expresión anterior, el parámetro  $\Delta T$  depende solo del tiempo de aspiración  $t_s$  y el tiempo de compresión  $t_c$ .

La figura 3 es una representación de bloques del procedimiento para la protección y el diagnóstico 1 del compresor lineal 2, tal como se propone en la presente invención. Para una mejor comprensión de la invención, dicho procedimiento para la protección y el diagnóstico 1 se denominará en lo sucesivo solo como el procedimiento 1.

El procedimiento 1 en cuestión comprende una primera etapa de detección del tiempo de aspiración  $t_s$  del compresor lineal, a continuación dicho procedimiento 1 comprende la etapa de detección del tiempo de compresión  $t_c$  del compresor lineal.

Continuando con la descripción, el procedimiento 1 propuesto en la presente invención comprende la etapa de calcular el parámetro de decisión  $\Delta T$ .

Tal como se mencionó ya, el parámetro de decisión  $\Delta T$  se calcula a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración  $t_s$  y el tiempo de compresión  $t_c$ , como se indica mediante la expresión:

$$\Delta T = t_s - t_c,$$

Tal como se mencionó ya, tal parámetro  $\Delta T$  se determina preferiblemente por medio de la señal de la CEMF (fuerza contraelectromotriz (FCEM)) del motor eléctrico del compresor lineal, más precisamente a partir del cruce por cero de la FCEM.

La obtención del parámetro de decisión  $\Delta T$  por medio de la FCEM/CEMF es solo una característica preferente de la presente invención, de modo que, alternativamente, el tiempo de aspiración  $t_s$  y la prueba de compresión  $t_c$  se pueden obtener de otras maneras.

Sólo a modo de ejemplo, los tiempos  $t_c$  y  $t_s$  se pueden obtener utilizando un sensor de carrera para el pistón, así como mediante cualquier procedimiento para estimar la posición, velocidad o aceleración del mismo. Los dispositivos de estimación a través de parámetros eléctricos del motor también permiten conseguir dichos tiempos.

El procedimiento 1 propuesto comprende además la etapa de almacenar dicho parámetro de decisión  $\Delta T$  en una memoria interna 10 de un control electrónico del compresor lineal 2. Dicha etapa se debe realizar simultáneamente en la etapa de calcular el parámetro de decisión  $\Delta T$  indicada anteriormente.

Es importante señalar que las etapas mencionadas anteriormente se deben llevar a cabo en cada ciclo de trabajo del compresor lineal. Por tanto, en el transcurso del funcionamiento del compresor 2, los nuevos valores del parámetro de decisión  $\Delta T$  se almacenarán en la memoria 10 del control electrónico 11. Se deben mantener los valores almacenados previamente.

Por tanto, y también haciendo referencia a la figura 3, resulta posible calcular un parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  del compresor lineal. El parámetro promedio  $\Delta T_m$  se debe calcular a partir de los valores de  $\Delta T$  almacenados previamente en la memoria 10 del control electrónico 11.

De este modo, en cada ciclo de trabajo del compresor lineal 2 se almacenará un nuevo valor del parámetro de decisión  $\Delta T$  y se establecerá un nuevo parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$ .

El procedimiento para la protección y el diagnóstico de un compresor lineal 1 tal como se propone en la presente invención toma como base los valores de  $\Delta T$  y  $\Delta T_m$  para detectar anomalías en el funcionamiento del compresor 2 y, como resultado, interrumpir su funcionamiento.

Más específicamente con respecto al parámetro de decisión  $\Delta T$ , si este último se inserta en un área de funcionamiento definida previamente del compresor lineal, este hecho indicará que el compresor está en condiciones de funcionamiento normal.

La obtención del parámetro de decisión  $\Delta T$  fuera de los límites del área de funcionamiento indicará una posible anomalía en el funcionamiento del compresor.

Por ejemplo, considerando que el área de funcionamiento está delimitada por un intervalo de normalidad y por un límite máximo de funcionamiento B, la obtención de un parámetro de decisión  $\Delta T$  menor que el intervalo de normalidad puede indicar la aparición de anomalías en el bombeo del gas de enfriamiento.

De modo similar, la obtención de un parámetro de decisión  $\Delta T$  mayor que el límite máximo de funcionamiento B puede representar una colisión del pistón contra la placa de válvulas del compresor lineal 2.

La figura 5 representa un gráfico del parámetro de decisión  $\Delta T$  en función de la potencia aplicada al compresor lineal; en este gráfico se puede ver el área de funcionamiento, el intervalo de normalidad y el límite máximo de funcionamiento B.

5 El intervalo de normalidad se conoce como el límite inferior del área de funcionamiento y representa valores para el parámetro de decisión iguales a cero. Por tanto, la obtención de cualquier valor  $\Delta T$  inferior es una indicación de anomalía en el funcionamiento del compresor lineal 2.

10 Por otro lado, se hace referencia al límite máximo de funcionamiento mediante la curva B en el gráfico mostrado en la figura 5, y representa el límite máximo del área de funcionamiento regular del compresor lineal. Por tanto, cualquier valor de  $\Delta T$  mayor que el límite máximo del funcionamiento B representa una indicación de anomalía en el funcionamiento del compresor lineal 2.

15 En armonía con lo anterior, el área de funcionamiento regular del compresor lineal se indica en el gráfico en cuestión mediante la zona sombreada dispuesta entre el límite máximo de funcionamiento B y el intervalo de normalidad ( $\Delta T = 0$ ). Por tanto, cualquier valor obtenido para el parámetro de decisión  $\Delta T$  que esté dentro del área sombreada indica el funcionamiento del compresor en su comportamiento normal y aceptable, tal como se indica mediante la línea continua mostrada en la figura 5 y que hace referencia al parámetro de decisión  $\Delta T$ .

20 En un gráfico del parámetro de decisión  $\Delta T$  en función de la potencia aplicada al compresor, el límite máximo de funcionamiento B se puede obtener a partir del funcionamiento del compresor 2 en todas sus condiciones de utilización, estableciendo así la relación máxima aceptable para los tiempos de compresión y de aspiración y los límites máximos de funcionamiento del compresor.

25 Por ejemplo, si el compresor 2 se utiliza en un equipo de enfriamiento, la curva B se obtiene a partir del funcionamiento del compresor 2 en condiciones preferentes de condensación máxima, evaporación máxima y mínima, entre otras.

30 Más específicamente, la curva que se refiere al límite máximo de funcionamiento B se obtiene a partir de las características técnicas que abarcan la "envolvente" de funcionamiento del compresor.

35 Por tanto, el parámetro de decisión se puede utilizar como un medio de diagnóstico del funcionamiento de un compresor lineal y la predicción de fallos. En una realización preferente, se puede detectar la colisión del pistón del compresor lineal 2 contra la placa de válvulas, lo que implicaría un aumento en el valor del parámetro de decisión  $\Delta T$ .

40 Con tal adición,  $\Delta T$  superaría la zona delimitada por el límite máximo de funcionamiento B, tal como se indica en la figura 6 de la presente solicitud. La situación opuesta, en la que  $\Delta T$  adopta valores menores que el delimitado por el intervalo de normalidad ( $\Delta T = 0$ ), se indica en la figura 7.

De manera similar, aparecerá una indicación de anomalías en el funcionamiento del compresor lineal 2 cuando el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  sea mayor que un límite máximo de normalidad.

45 Si el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  es mayor que el límite máximo de normalidad mediante un número determinado de ciclos de trabajo  $n$  del compresor 2, el procedimiento para la protección y el diagnóstico está configurado preferiblemente para apagar definitivamente el compresor lineal resonante 2.

50 Si el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  es menor que el límite máximo de normalidad, el procedimiento 1 propuesto está configurado para continuar con la alimentación eléctrica del compresor lineal 2, ya que en este escenario no existen indicios de anomalías en el funcionamiento del compresor 2.

55 Adicionalmente, tal como se mencionó ya, a partir del cálculo del parámetro de decisión  $\Delta T$  mediante la diferencia entre el tiempo de aspiración  $t_s$  y el tiempo de compresión  $t_c$ , se puede comparar el parámetro  $\Delta T$  con un intervalo de normalidad configurado previamente en la memoria interna 10 del control electrónico 11.

Por tanto, se debe comparar el valor de  $\Delta T$  con el intervalo de normalidad y, si  $\Delta T$  es menor que dicho intervalo de normalidad o mayor que el límite máximo de funcionamiento B, mediante un número determinado de ciclos de trabajo  $n$  del compresor 2, puede interrumpirse el suministro de potencia del compresor 2.

60 Además, a partir de la determinación del parámetro de decisión  $\Delta T$  y de su valor promedio  $\Delta T_m$ , en la figura 3 se observa que el procedimiento 1 propuesto puede detectar problemas en el funcionamiento del compresor 2 por medio de un indicador de variabilidad K.



Por ejemplo, a partir del indicador de variabilidad K, se puede interrumpir preferiblemente el funcionamiento del compresor cuando se detecta que este último está funcionando a frecuencias de resonancia no deseadas, lo que puede conllevar vibraciones excesivas y, como resultado, dañar el producto.

- 5 Con este propósito, el indicador de variabilidad K se debe calcular preferiblemente en cada ciclo de trabajo del compresor lineal 2, a partir de la siguiente expresión 4 :

$$K = \Delta T_m - \Delta t, \text{ expresión 4}$$

- 10 Si el valor absoluto (valor del módulo) del indicador de variabilidad K es mayor que un patrón de resonancia, este hecho indicará el funcionamiento del compresor en frecuencias de resonancia no deseadas.

Por tanto, si esto tiene lugar, el procedimiento 1 propuesto en el presente documento está configurado preferiblemente para interrumpir el suministro de potencia del compresor 2. Si ningún valor K supera el patrón de resonancia A, el compresor 2 continuará funcionando normalmente.

La figura 8 es una representación preferente para el comportamiento del indicador de variabilidad K en función del tiempo. En esta figura, el patrón de resonancia está indicado por la línea discontinua A. Se observa que el indicador de variabilidad K adopta valores ( $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$  y  $K_9$ ) mayores que el patrón de resonancia A, lo que puede indicar un funcionamiento del compresor en frecuencias de resonancia no deseadas.

Por tanto, a partir del parámetro de decisión  $\Delta T$  y de su comparación con el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  (indicador de variabilidad K), se puede diagnosticar e impedir el funcionamiento del compresor 2 en frecuencias no deseadas. Por ejemplo, si el indicador de variabilidad K es mayor que el patrón de desplazamiento, puede interrumpirse el suministro de potencia del compresor 2.

Tal como se mencionó anteriormente, la curva representada para el indicador de variabilidad K es solo una representación preferente para tal parámetro.

- 30 Se debe mencionar que la fórmula expuesta para obtener el indicador de variabilidad K es solo una preferente, de modo que se puede usar cualquier otra fórmula para el cálculo de dispersión, como por ejemplo, la desviación estándar.

Además, el indicador de variabilidad K es útil en el diagnóstico de fallos que conducen al compresor a un comportamiento impredecible, por ejemplo, un comportamiento diferente para cada ciclo de funcionamiento. Por otro lado, el parámetro de decisión  $\Delta T$  es útil en el diagnóstico de fallos que conducen al compresor a un comportamiento no deseado pero regular en cada ciclo de trabajo (tal como la colisión del pistón contra la placa de válvulas).

Además, en la figura 9 se muestra una representación típica del comportamiento del parámetro de decisión  $\Delta T$  en una condición de fallo del compresor lineal 2, que muestra un gráfico del parámetro de decisión  $\Delta T$  en función del tiempo.

Tal como se puede observar, el comportamiento del parámetro de decisión  $\Delta T$  revela una alta variabilidad y valores todavía negativos, como por ejemplo  $\Delta T_1$ .

Si se opta por la secuencia de suministro de potencia del compresor lineal 2 a partir de los parámetros  $\Delta T$ ,  $\Delta T_m$  y K, el procedimiento 1 propuesto está configurado para llevar a cabo de nuevo la etapa de detección del tiempo de aspiración  $t_s$  del compresor lineal 2, reiniciando así las etapas mencionadas anteriormente.

50 También con respecto al parámetro de decisión  $\Delta T$ , este último depende de las condiciones de funcionamiento del compresor, tales como la temperatura ambiente, la temperatura del enfriador y el congelador, la potencia de funcionamiento, y también de parámetros mecánicos como la masa del pistón, la masa del kit, el diámetro del pistón y la rigidez del resorte. De este modo, cada compresor 2 tendrá un comportamiento para el parámetro de decisión  $\Delta T$  específico, incluso si la potencia aplicada a cada compresor 2 es la misma.

Las variaciones de la potencia afectarán el valor de  $\Delta T$  directamente, y cuanto mayor sea la potencia, mayor será el valor del parámetro de decisión  $\Delta T$ .

60 Las variaciones de la masa del pistón (desgaste) también afectarán a  $\Delta T$ . Se puede establecer que una variación del 10 % en la masa del pistón hará que  $\Delta T$  varíe en un 0,4 %. De manera similar, una variación del 10 % en la masa del kit afectará a  $\Delta T$  en un 0,6 %.

Las variaciones de la rigidez del resorte son el factor que más afecta a  $\Delta T$ , estando relacionada también tal variación con la variación en la potencia aplicada al compresor. Las pruebas llevadas a cabo mostraron que una variación del 10 % en la rigidez del resorte afectará a  $\Delta T$  en un 13 %.

5 Además, es válido mencionar que llevar a cabo el procedimiento propuesto en el presente documento no se debe limitar inicialmente a llevar a cabo la etapa de detección del tiempo de aspiración  $t_s$  y luego el tiempo de compresión  $t_c$  del compresor lineal. Se puede detectar primero el tiempo de compresión  $t_c$  y luego detectar el tiempo de aspiración  $t_s$ .

10 De modo similar, el parámetro de decisión  $\Delta T$  se puede calcular mediante la resta entre el tiempo de compresión  $t_c$  y el tiempo de aspiración  $t_s$ , en este caso, el valor obtenido sería negativo y se deben realizar las adaptaciones debidas en el procedimiento propuesto, y en la consiguiente verificación de la aceptación del valor de  $\Delta T$  obtenido (así como del indicador  $K$  y de  $\Delta T_m$ ).

15 La presente invención se refiere además a un sistema 13 para la protección de un compresor lineal 2, que puede llevar a cabo las etapas del procedimiento descrito anteriormente, la figura 4 es una representación de bloques del sistema 13 propuesto.

20 Con este propósito, dicho compresor 2 debe comprender como mínimo una memoria interna 10 para almacenar el parámetro de decisión  $\Delta T$  en cada ciclo de trabajo del compresor lineal. Tal como se mencionó ya, el parámetro de decisión  $\Delta T$  se calcula a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración  $t_s$  y el tiempo de compresión  $t_c$  del compresor 2.

25 Además, el sistema 13 propuesto está configurado preferiblemente para interrumpir la asociación eléctrica entre una fuente de alimentación  $V$  y el compresor lineal 2, si el parámetro de decisión  $\Delta T$  es menor que un límite máximo de funcionamiento  $B$  mediante un número determinado de ciclos de trabajo "n" del compresor lineal 2.

30 Además, dicho sistema de protección 13 puede determinar un parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  en cada ciclo de trabajo del compresor lineal e interrumpir preferiblemente la asociación eléctrica entre el compresor 2 y la fuente de alimentación  $V$ , si dicho parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  es mayor que un límite máximo de normalidad mediante un número determinado de ciclos de trabajo "n" del compresor 2.

35 Además, el sistema 13 está configurado para detectar un indicador de variabilidad  $K$  mediante la expresión 4 mostrada anteriormente. Tal como se mencionó ya, mediante del indicador de variabilidad  $K$  se puede determinar el funcionamiento del compresor 2 en frecuencias de resonancia no deseadas y, como resultado, interrumpir el suministro de potencia, si se desea.

40 Finalmente, la presente invención se refiere además a un compresor lineal 2 de un elemento de equipo de enfriamiento, pudiendo asociarse eléctricamente dicho compresor lineal 2 con una fuente de alimentación  $V$  y comprendiendo como mínimo una memoria interna 10 y un control electrónico 11.

45 El compresor lineal 2 propuesto está configurado para determinar el parámetro de decisión  $\Delta T$  a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración  $t_s$  y el tiempo de compresión  $t_c$  del compresor 2. Además, el control electrónico 11 está configurado para interrumpir preferiblemente la asociación eléctrica entre el compresor 2 y la fuente de alimentación  $V$ , si el parámetro de decisión  $\Delta T$  es menor que el intervalo de normalidad o mayor que un límite máximo de funcionamiento  $B$ .

50 Además, el compresor lineal 2 está configurado para determinar el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$ , de modo que, si  $\Delta T_m$  es mayor que el límite máximo de normalidad, el control electrónico 11 interrumpirá la alimentación eléctrica del compresor 2.

55 En armonía con el procedimiento 1 y el sistema 13 descritos, el compresor 2 está configurado para determinar un indicador de variabilidad  $K$  y, al comparar el indicador  $K$  con un patrón de resonancia, se puede detectar el funcionamiento del compresor 2 en frecuencias de resonancia no deseadas.

Con respecto al límite máximo de normalidad y al límite máximo de funcionamiento  $B$ , estos se almacenan previamente en la memoria interna 10 del compresor lineal 2 a partir de los valores promedio de  $\Delta T_m$  que se considera que se aceptan.

60 De modo similar, el intervalo de normalidad se establece previamente en la memoria interna 11 a partir de los valores de  $\Delta T$  que se consideran aceptables. En los gráficos que se muestran en las figuras 5, 6 y 7, el intervalo de normalidad se indica siendo igual a cero ( $\Delta T = 0$ ).

65 De manera similar, los valores aceptables para el indicador de variabilidad  $K$  se establecen previamente en la memoria interna 11 del compresor lineal 2, ya que este último depende de  $\Delta T$  y  $\Delta T_m$ .

El procedimiento y el sistema propuestos para la protección y el diagnóstico, a partir del cálculo del parámetro de decisión  $\Delta T$ , permiten la detección previa de daño a los componentes del compresor lineal 2, permitiendo asimismo una fácil visualización del funcionamiento anómalo del compresor.

5 Además, a partir del cálculo del parámetro de decisión  $\Delta T$ , se puede proteger el compresor frente a impactos muy intensos contra la placa de válvulas, así como identificar el límite de la carrera del pistón del compresor. De este modo, se puede usar el parámetro de decisión  $\Delta T$  en técnicas de control de la carrera del pistón del compresor lineal 2, así como un medio (parámetro) para monitorizar su funcionamiento.

10 Además, dicho procedimiento y sistema se pueden aplicar a compresores lineales resonantes que utilizan cualquier gas de enfriamiento, ya que se basan únicamente en la monitorización de los ciclos de compresión y aspiración del compresor.

15 Además, no se debe interrumpir necesariamente el suministro de potencia del compresor, si el valor obtenido para el parámetro de decisión  $\Delta T$ , el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  y el indicador de variabilidad K están fuera de los límites aceptables.

20 En una realización alternativa, la obtención de un parámetro de decisión  $\Delta T$  mayor que el límite máximo de funcionamiento se puede usar como información (diagnóstico) para deducir automáticamente la potencia de aplicación del compresor, reduciendo así el valor de  $\Delta T$  obtenido y haciendo que el compresor funcione normalmente.

25 Habiéndose descrito un ejemplo preferente de realización, se debe entender que el alcance de la presente invención abarca otras posibles variaciones, que están limitadas únicamente por el contenido de las reivindicaciones adjuntas, que incluyen los posibles equivalentes.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2), comprendiendo el compresor lineal (2) como mínimo un control electrónico (11), comprendiendo el procedimiento para la protección y el diagnóstico (1), en cada ciclo de trabajo del compresor lineal (2), las etapas de:
- detectar el tiempo de aspiración ( $t_s$ ) del compresor lineal (2);
  - detectar el tiempo de compresión ( $t_c$ ) del compresor lineal (2);
  - posteriormente, calcular un parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) equivalente a la diferencia entre el tiempo de aspiración ( $t_s$ ) y el tiempo de compresión ( $t_c$ );
  - calcular un parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) que representa un promedio de los valores calculados del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ); y
  - calcular un indicador de variabilidad (K) del compresor lineal (2) en cada ciclo de trabajo del compresor lineal (2), estando relacionado el indicador de variabilidad (K) con el parámetro de decisión promedio  $\Delta T_m$  y con el parámetro de decisión ( $\Delta T$ );
- en el que el procedimiento comprende además como mínimo uno de:
- determinar si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que un intervalo de normalidad o mayor que un límite máximo de funcionamiento (B), siendo el intervalo de normalidad equivalente a los valores del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) iguales a cero; y
  - determinar si el valor absoluto del indicador de variabilidad (K) es mayor que un patrón de resonancia (A), estando relacionado el patrón de resonancia (A) con el funcionamiento del compresor (2) en frecuencias de resonancia no deseadas.
2. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 1, estando el procedimiento **caracterizado por que** de manera concomitante a la etapa de calcular el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ), almacena el valor calculado del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) en una memoria interna (10) del control electrónico (11).
3. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 2, estando el procedimiento **caracterizado por que**, después de la etapa de almacenar el valor calculado del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ), se calcula el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ).
4. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 3, estando el procedimiento **caracterizado por que**, después de la etapa de calcular el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ), se interrumpe la alimentación eléctrica del compresor lineal (2), si el valor del parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) es mayor que un límite máximo de normalidad mediante un número determinado de ciclos de trabajo del compresor lineal (2).
5. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 3, estando el procedimiento **caracterizado por que**, después de la etapa de calcular el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ), la alimentación eléctrica del compresor lineal (2) continúa, si el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) es menor que el límite máximo de normalidad.
6. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 3, **caracterizado por** la interrupción de la alimentación eléctrica del compresor lineal (2), si el valor absoluto del indicador de variabilidad (K) es mayor que el patrón de resonancia (A).
7. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 6, **caracterizado por** mantener la alimentación eléctrica del compresor lineal (2), si el valor absoluto del indicador de variabilidad (K) es menor que el patrón de resonancia (A).
8. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 3, estando el procedimiento **caracterizado por que** comprende además la etapa de interrumpir la alimentación eléctrica del compresor lineal (2) si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que el intervalo de normalidad o mayor que el límite máximo de funcionamiento (B).
9. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 9, estando el procedimiento **caracterizado por que** comprende además la etapa de mantener la alimentación eléctrica del

compresor lineal (2), si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es mayor que el intervalo de normalidad y menor que el límite máximo de funcionamiento (B).

5 10. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 9, **caracterizado por que** comprende además la etapa de interrumpir la alimentación eléctrica del compresor lineal (2), si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que cero.

10 11. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 10, **caracterizado por que** comprende la etapa de establecer el límite máximo de funcionamiento (B) del compresor lineal (2) a partir del funcionamiento del compresor lineal (2) en condiciones de funcionamiento máximo.

12. Procedimiento para la protección y el diagnóstico (1) de un compresor lineal (2) según la reivindicación 2, **caracterizado por que** comprende las etapas de:

15 - reducir la potencia aplicada al compresor lineal (2), si el valor obtenido para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es mayor que el límite máximo de funcionamiento (B), alternativamente,

- aumentar la potencia aplicada al compresor lineal (2), si el valor obtenido para el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que el intervalo de normalidad.

20 13. Sistema para la protección y el diagnóstico (13) de un compresor lineal (2), pudiendo asociarse eléctricamente el compresor lineal (2) con una fuente de alimentación (V) y comprendiendo como mínimo:

25 un control electrónico (11) dotado de como mínimo una memoria interna (10), pudiendo almacenar la memoria interna (10) un parámetro de decisión ( $\Delta T$ ), un parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) y un indicador de variabilidad (K) del compresor lineal (2) en cada ciclo de trabajo del compresor lineal (2), de modo que:

30 el sistema (13) está configurado para determinar el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) a partir de la diferencia entre el tiempo de aspiración ( $t_s$ ) y el tiempo de compresión ( $t_c$ ) del compresor lineal (2);

35 el sistema (13) está configurado además para calcular el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ), representando el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) un promedio de los valores calculados del parámetro de decisión ( $\Delta T$ ), y para calcular el indicador de variabilidad (K), estando relacionado el indicador de variabilidad (K) con el parámetro de decisión promedio ( $\Delta T_m$ ) y con el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ); y

el sistema (13) está configurado además para interrumpir la asociación eléctrica entre la fuente de alimentación (V) y el compresor lineal (2), si el parámetro de decisión ( $\Delta T$ ) es menor que un intervalo de normalidad o mayor que un límite máximo de funcionamiento (B); y

40 el sistema (13) está configurado además para interrumpir la asociación eléctrica entre la fuente de alimentación (V) y el compresor lineal (2) si el valor absoluto del indicador de variabilidad (K) es mayor que un patrón de resonancia (A), estando relacionado el patrón de resonancia (A) con el funcionamiento del compresor (2) a frecuencias de resonancia no deseadas.

45

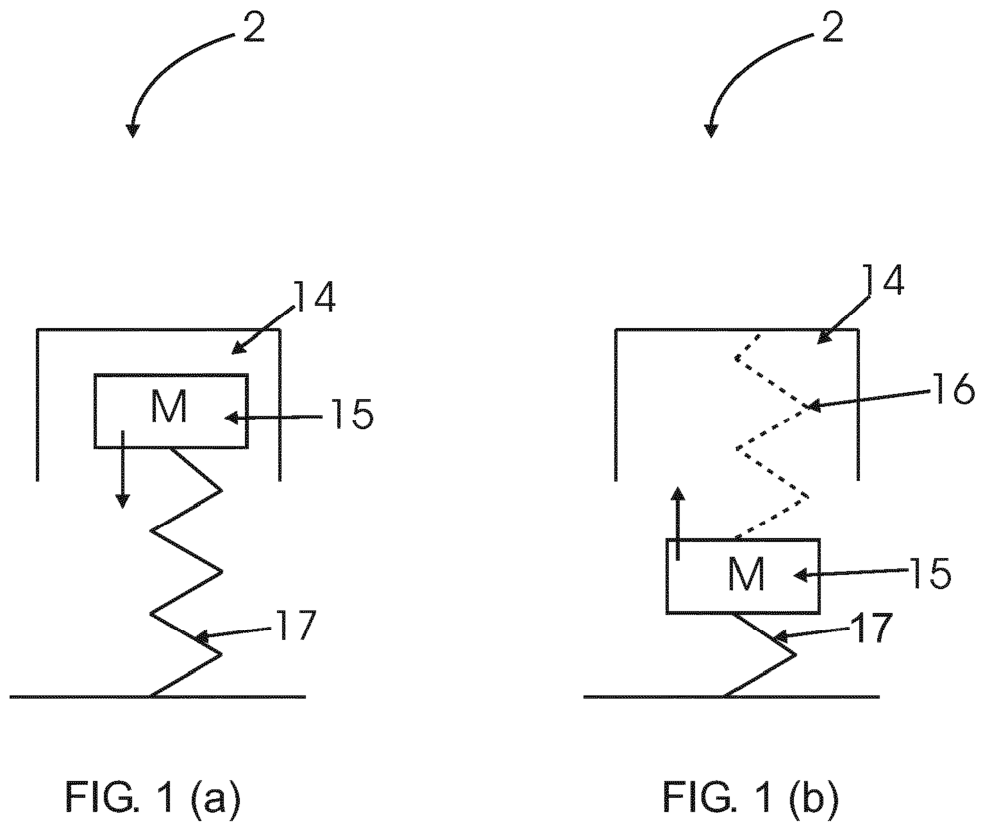


FIG. 1

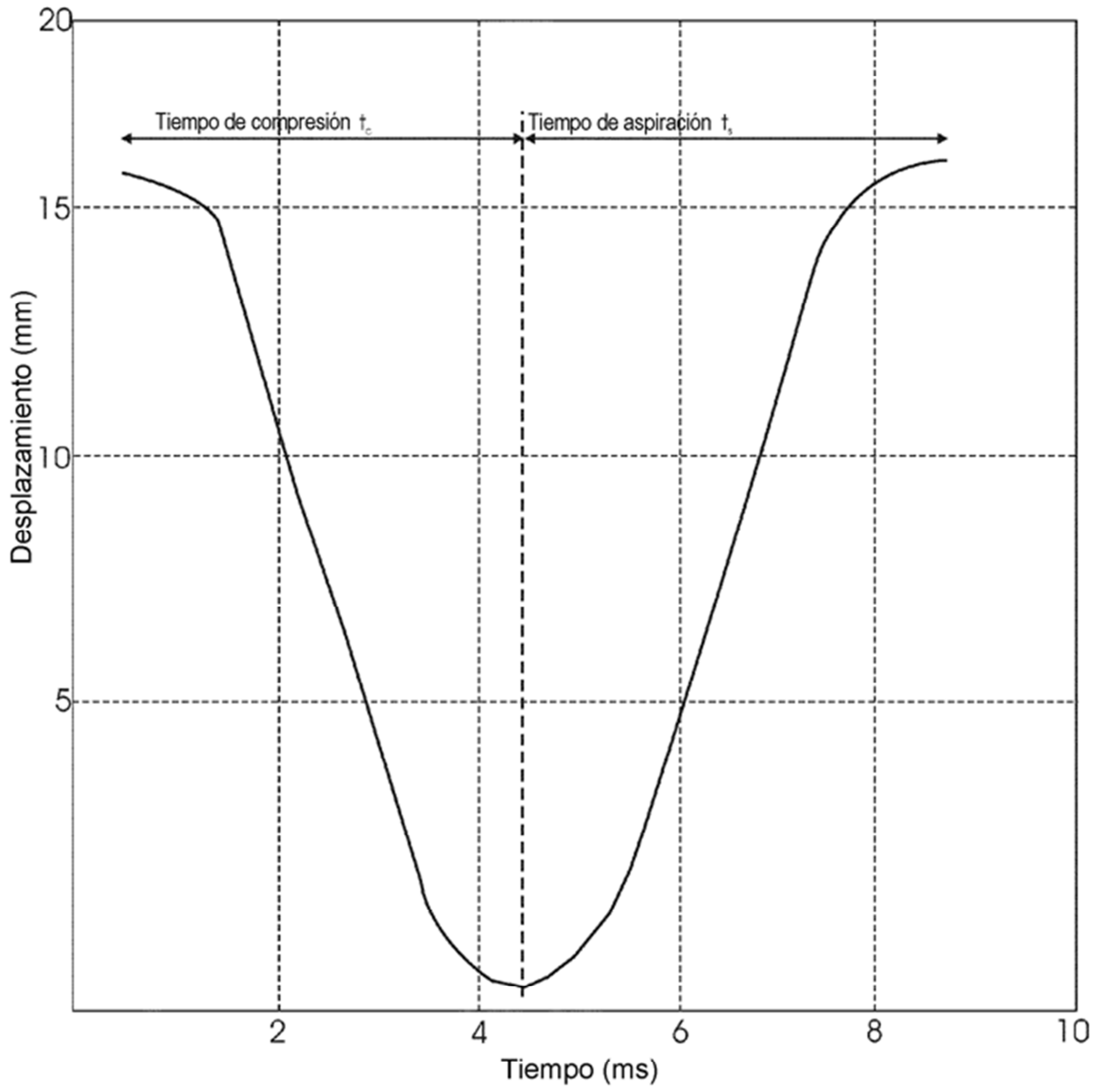


FIG. 2

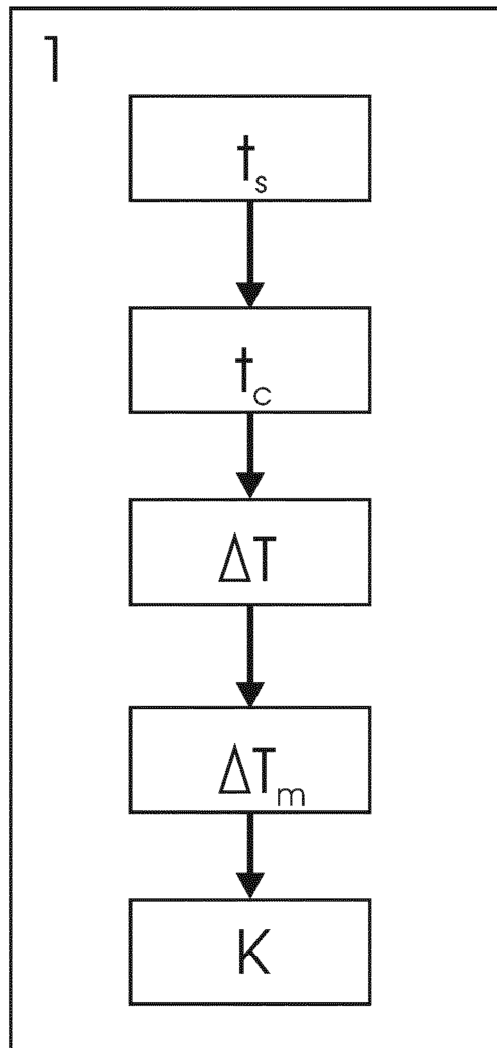


FIG. 3



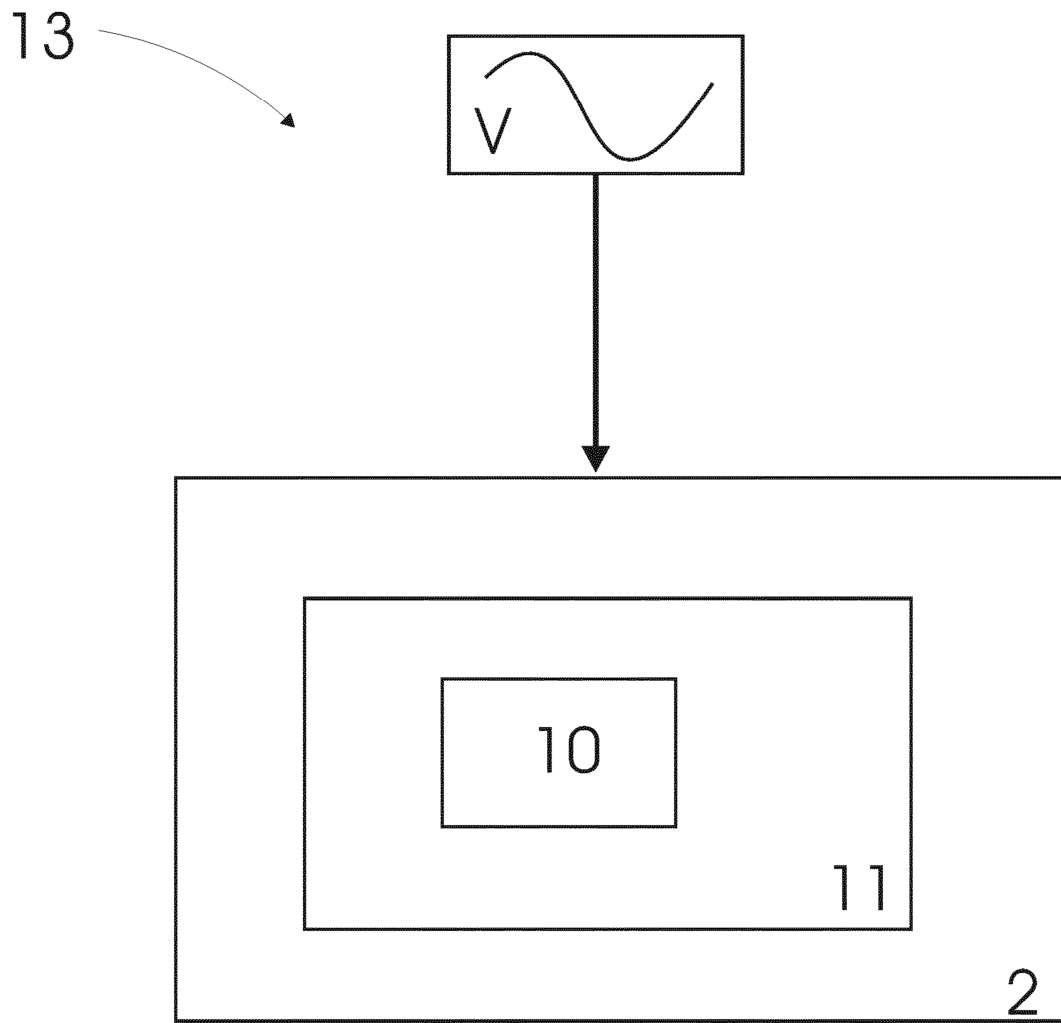


FIG. 4

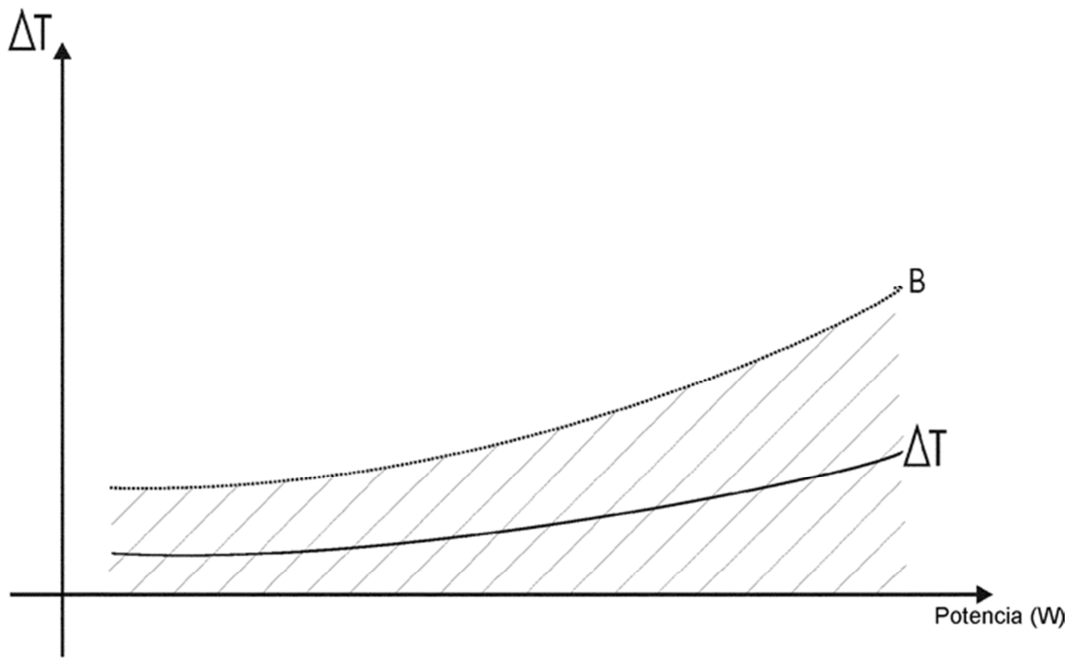


FIG. 5

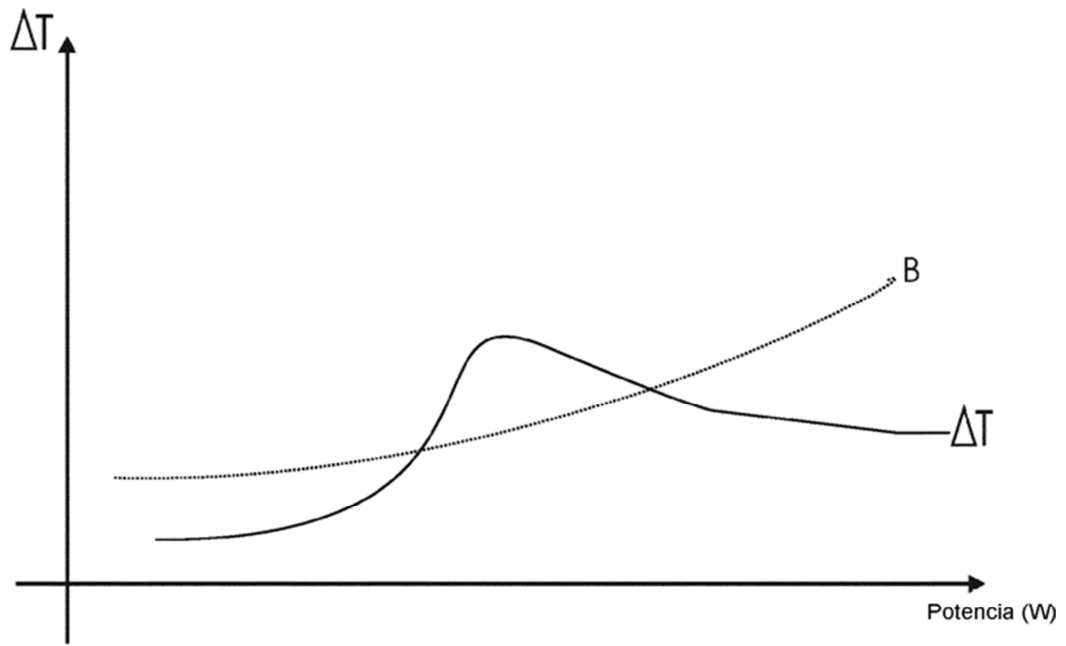


FIG. 6

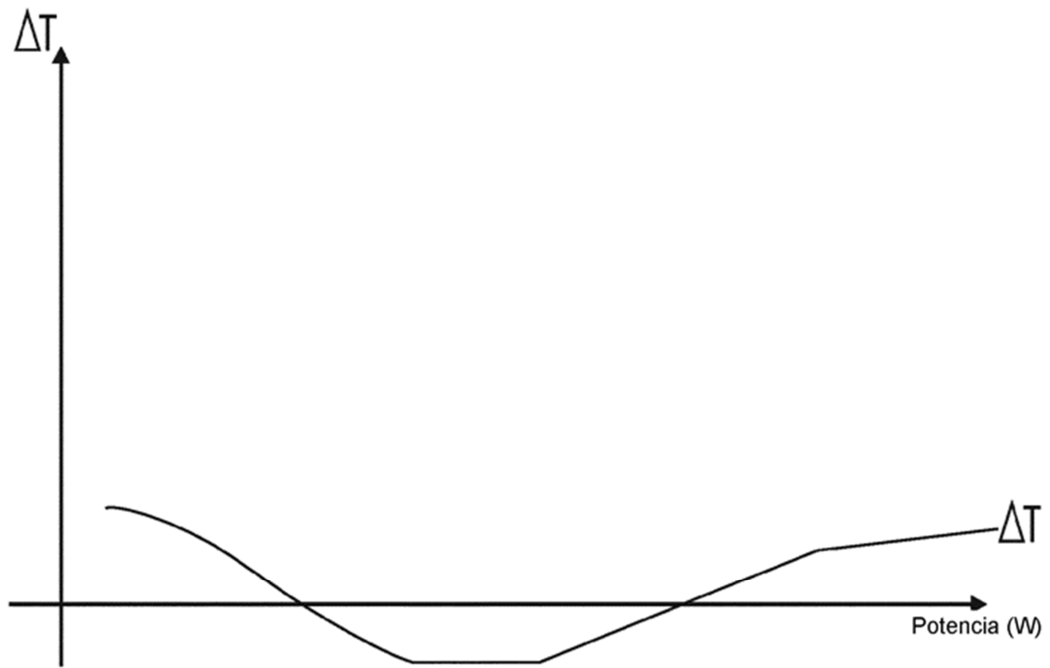


FIG. 7

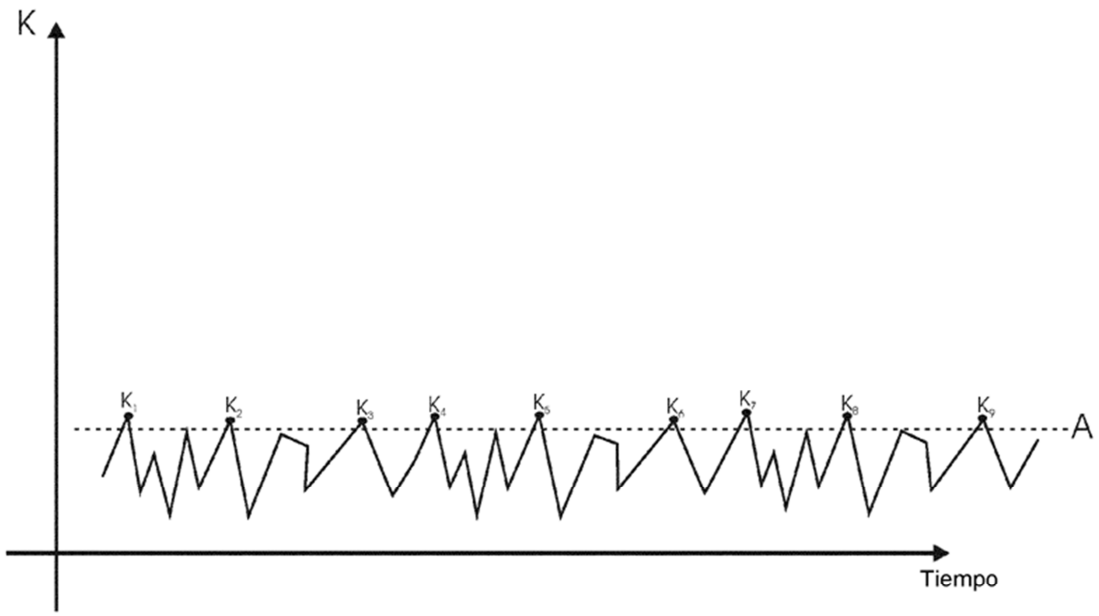


FIG. 8

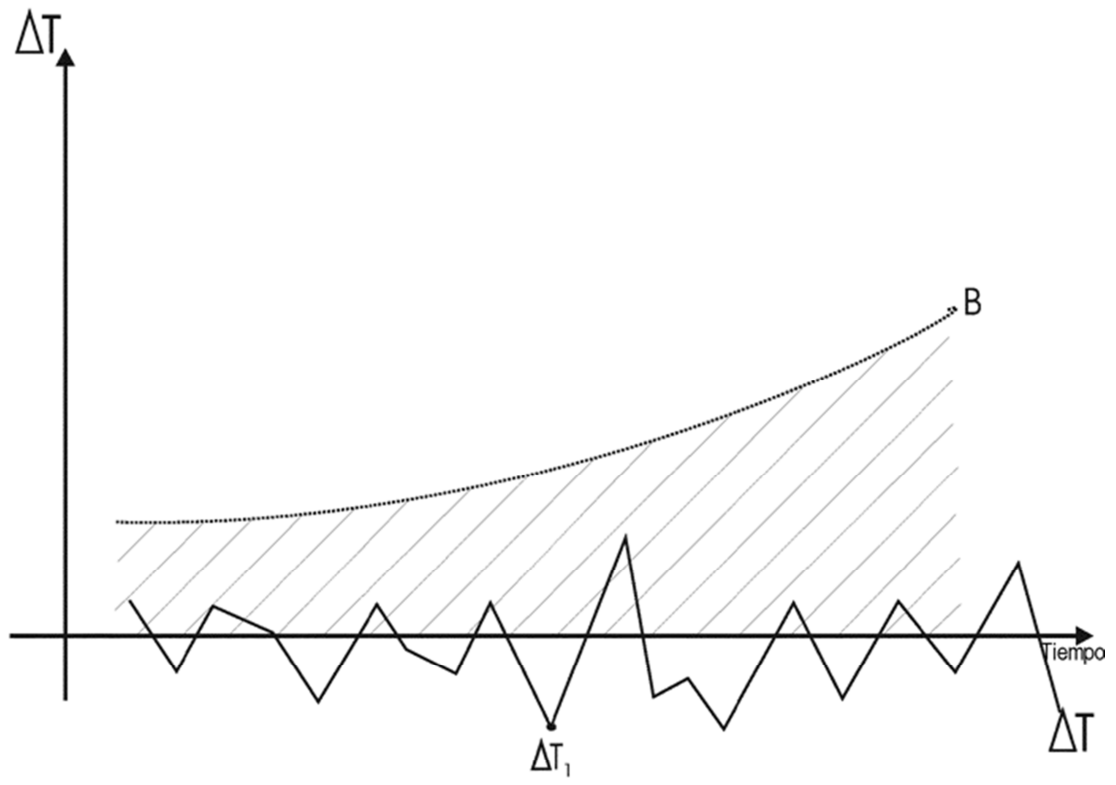


FIG. 9