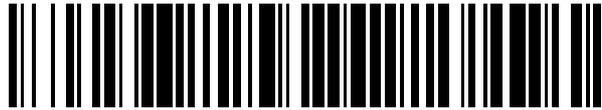


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 538**

51 Int. Cl.:

**F25B 49/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2013 PCT/DK2013/050236**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2014 WO14029402**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2013 E 13741966 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 2888541**

54 Título: **Un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor durante el arranque**

30 Prioridad:

**23.08.2012 DK 201200517**

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

**02.12.2020**

73 Titular/es:

**DANFOSS A/S (100.0%)  
Nordborgvej 81  
6430 Nordborg, DK**

72 Inventor/es:

**IZADI-ZAMANABADI, ROOZBEH;  
JENSEN, HANS JOERGEN y  
JENSEN, LARS**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 797 538 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

Un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor durante el arranque

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor, tal como un sistema de refrigeración, un sistema de aire acondicionado o una bomba de calor, durante el arranque del sistema de compresión de vapor. El procedimiento de la invención permite que el evaporador del sistema de compresión de vapor se cargue rápidamente sin arriesgar que el refrigerante líquido pase a través del evaporador y entre en la línea de succión.

### Antecedentes de la invención

10 Un sistema de compresión de vapor normalmente comprende un compresor, un condensador, un dispositivo de expansión, por ejemplo, en forma de una válvula de expansión, y un evaporador dispuesto en una ruta del refrigerante. El refrigerante circula en la ruta del refrigerante, y se comprime y expande alternativamente, mientras que el intercambio de calor se lleva a cabo en el condensador y el evaporador, lo que proporciona de esta manera calentamiento o enfriamiento para un volumen cerrado.

15 Cuando se inicia un sistema de compresión de vapor, por ejemplo, al iniciar el compresor, se desconoce la cantidad de refrigerante presente en el evaporador, o el grado de carga del evaporador. Para obtener una máxima eficiencia de enfriamiento, es conveniente alcanzar el máximo grado de carga del evaporador lo más rápido posible. Por otro lado, debe asegurarse que se evite que el refrigerante líquido pase a través del evaporador y entre en la línea de succión, ya que puede dañar el compresor si el refrigerante líquido lo alcanza.

20 El documento US 5,771,703 divulga un sistema de control para controlar el flujo de refrigerante en un sistema de compresión de vapor. El sistema de control provoca un uso óptimo del serpentín evaporador al garantizar que el refrigerante en el serpentín esté en estado líquido. Un sensor de temperatura en la salida del serpentín evaporador detecta la temperatura del refrigerante y el sistema de control regula el flujo de refrigerante para que el punto de secado del líquido, es decir, la transición entre el estado líquido y el estado de sobrecalentamiento, se produzca en los alrededores de este sensor. De esta manera, el sistema de compresión de vapor funciona a un sobrecalentamiento óptimo durante el funcionamiento normal.

25 El documento EP 0 146 486 A2 describe un procedimiento y un aparato para controlar una válvula de expansión de refrigerante en un sistema refrigerante que comprende un compresor, un condensador enfriado por aire, una válvula de expansión de refrigerante y un evaporador dispuesto a lo largo de un conducto de succión. El procedimiento para controlar este sistema refrigerante comprende las etapas de determinar una señal de sobrecalentamiento como la diferencia de temperaturas del refrigerante en el evaporador y al salir del evaporador, generar una señal de sobrecalentamiento correspondiente, generar una tasa de sobrecalentamiento de la señal de cambio, agregar valores respectivos de la señal de sobrecalentamiento y la tasa de sobrecalentamiento de la señal de cambio, comparar esta combinación con un valor de sobrecalentamiento deseado predeterminado, y en base a esta comparación controlar un paso de refrigerante del evaporador al condensador por medio de la válvula de expansión.

30 El documento EP 1 707 903 A2 divulga un sistema de control de válvula y un procedimiento de control de válvula. Un sistema de ciclo de refrigeración comprende un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador, dispuestos a lo largo de un conducto para que circule un refrigerante a través del mismo. El procedimiento para controlar el sistema del ciclo del refrigerante comprende las etapas de detectar una temperatura del refrigerante a la entrada del evaporador, detectar una temperatura del refrigerante a la salida del evaporador, calcular el grado de sobrecalentamiento al restar la temperatura de entrada de la temperatura de salida, comparar el grado calculado de sobrecalentamiento con un valor de ajuste predeterminado de grado de sobrecalentamiento, y en base a dicha comparación determinar un grado de apertura de la válvula para una operación de control de la válvula.

35 Además, cada uno de los documentos EP 0 146 486 A2 y EP 1 707 903 A2 divulga un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

### Descripción de la invención

Es un objeto de las realizaciones de la invención proporcionar un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor durante el arranque, que permita alcanzar rápidamente un grado de carga óptimo del evaporador, sin riesgo de inundación del evaporador, independientemente del grado de carga inicial del evaporador.

50 La presente invención proporciona un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor durante el arranque como se define en la reivindicación 1.

La presente invención proporciona un procedimiento para controlar un sistema de compresión de vapor. En el presente contexto, el término "sistema de compresión de vapor" debe interpretarse en el sentido de cualquier sistema en el que un flujo de un medio de fluido, tal como un refrigerante, circula y se comprime y expande alternativamente, lo que

proporciona de esta manera la refrigeración o el calentamiento de un volumen. Por lo tanto, el sistema de compresión de vapor puede ser un sistema de refrigeración, un sistema de aire acondicionado, una bomba de calor, etc. El sistema de compresión de vapor, por lo tanto, comprende un compresor, un condensador, un dispositivo de expansión, por ejemplo, en forma de una válvula de expansión, y un evaporador, dispuestos a lo largo de una ruta del refrigerante.

5 El compresor puede tener la forma de un único compresor, por ejemplo, un compresor de velocidad fija, un compresor de dos etapas o un compresor de velocidad variable. Alternativamente, el compresor puede tener la forma de un conjunto de compresores que comprende dos o más compresores individuales. Cada uno de los compresores en el conjunto de compresores puede ser un compresor de velocidad fija, un compresor de dos etapas o un compresor de velocidad variable.

10 El dispositivo de expansión es de un tipo que tiene un grado de apertura variable. Por lo tanto, al ajustar el grado de apertura del dispositivo de expansión, puede controlarse el flujo de refrigerante que se suministra al evaporador.

El evaporador puede tener la forma de un único evaporador que comprende un único serpentín de evaporación o dos o más serpentines de evaporación dispuestos en paralelo. Como alternativa, el evaporador puede comprender dos o más evaporadores dispuestos en paralelo en la ruta del refrigerante.

15 De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, el sistema de compresión de vapor se controla durante el arranque del sistema de compresión de vapor. En el presente contexto, el término "arranque" debe interpretarse como una situación en la que se inicia por primera vez el funcionamiento del sistema de compresión de vapor, o una situación en la que se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor después de que el funcionamiento del sistema de compresión de vapor se detiene por un período de tiempo. En tales situaciones, se desconoce la cantidad de refrigerante presente en el evaporador, o el grado de carga del evaporador. Por lo tanto, no se sabe si el evaporador está cerca de un grado máximo de carga, es decir, si está casi lleno o si el evaporador está casi vacío. Esto se describirá más adelante.

20 De acuerdo con el procedimiento de la invención, inicialmente se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor. Luego una primera temperatura,  $T_1$ , de refrigerante que ingresa al evaporador, y una segunda temperatura,  $T_2$ , de refrigerante que sale del evaporador se monitorean. En el presente contexto, el término 'monitorear' debe interpretarse en el sentido de que la temperatura relevante se mide durante un cierto período de tiempo, en lugar de una medición puntual de la temperatura. Por lo tanto, al monitorear las temperaturas, se obtienen conjuntos de datos que representan el desarrollo de la primera temperatura y de la segunda temperatura en función del tiempo. Los conjuntos de datos obtenidos pueden, por ejemplo, estar en forma de una serie de mediciones de temperatura discretas o muestreadas, o en forma de mediciones de temperatura sustancialmente continuas.

25 En base a las temperaturas monitoreadas, una primera tasa de cambio,  $\Delta T_1$ , de la primera temperatura y una segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ , de la segunda temperatura se derivan. La primera tasa de cambio,  $\Delta T_1$ , luego se compara con la segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ . En base a la etapa de comparación, se determina un estado de carga de refrigerante del evaporador.

30 En el presente contexto, el término "estado de carga de refrigerante" debe interpretarse en el sentido de un estado del evaporador que se relaciona con el grado de carga del evaporador. El estado de carga de refrigerante puede ser simplemente si el evaporador está lleno o casi lleno, o si el evaporador no está lleno, por ejemplo, casi vacío. Alternativamente, el estado de carga de refrigerante puede ser una medida más precisa para el grado de carga, por ejemplo, que corresponde a 'lleno o casi lleno', 'aproximadamente medio lleno' y 'vacío o casi vacío'. Como otra alternativa, el estado de carga de refrigerante puede ser simplemente el grado de carga.

35 En cualquier caso, una vez que se determina el estado de carga de refrigerante, al menos es posible determinar si el evaporador está lleno o casi lleno, o si el evaporador no está lleno. Como se describió anteriormente, es conveniente obtener un grado de carga máximo del evaporador lo más rápido posible, debido a que de ese modo se obtiene una capacidad de enfriamiento máxima. Sin embargo, también debe garantizarse que no se permita que el refrigerante líquido pase a través del evaporador y entre en la línea de succión, ya que puede dañar el compresor si el refrigerante líquido llega al compresor. Por lo tanto, es una ventaja de la presente invención que el estado de carga de refrigerante del evaporador se determine como se describió anteriormente, debido a que permite una carga relativamente agresiva del evaporador si resulta que el evaporador no está lleno, mientras que un enfoque más cuidadoso se puede seleccionar si resulta que el evaporador está lleno o casi lleno. De esta manera, puede garantizarse que el evaporador se cargue lo más rápido posible, lo que evita que el refrigerante líquido pase a través del evaporador.

40 Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, el grado de apertura del dispositivo de expansión se controla de acuerdo con una primera estrategia de control en el caso de que se determine que el evaporador está lleno o casi lleno, y el grado de apertura del dispositivo de expansión se controla de acuerdo con una segunda estrategia de control en el caso de que se determine que el evaporador no está lleno.

45 La primera estrategia de control comprende la etapa de disminuir gradualmente el grado de apertura del dispositivo de expansión. Dado que la primera estrategia de control se selecciona en el caso en que el evaporador está lleno o casi lleno, debe adoptarse un enfoque cuidadoso para garantizar que el refrigerante líquido no pueda pasar a través del evaporador. Si se asume que se ha seleccionado inicialmente un grado de apertura intermedio del dispositivo de

expansión, que proporciona un suministro intermedio de refrigerante al evaporador, será apropiado disminuir el grado de apertura del dispositivo de expansión en este caso, lo que reduce de esta manera el suministro de refrigerante al evaporador. Además, dado que ya se ha establecido que el evaporador está lleno o casi lleno, el grado de carga máximo ya se ha alcanzado, o casi se ha alcanzado, y el sistema de compresión de vapor ya está en funcionamiento a la máxima capacidad de enfriamiento. Por lo tanto, no se requiere un alto suministro de refrigerante al evaporador en este caso.

En este caso el procedimiento comprende además las etapas de:

- monitorear una diferencia entre la primera temperatura,  $T_1$  y la segunda temperatura,  $T_2$ , durante la etapa de disminuir gradualmente el grado de apertura del dispositivo de expansión, e
- interrumpir la disminución del grado de apertura del dispositivo de expansión en el caso de que la diferencia entre la primera temperatura,  $T_1$  y la segunda temperatura,  $T_2$ , exceda un valor umbral predeterminado.

Como se describió anteriormente, cuando disminuye el grado de apertura del dispositivo de expansión, también disminuye el suministro de refrigerante al evaporador. De esta manera, el grado de carga del evaporador también disminuirá. A medida que disminuye el grado de carga, una parte creciente del evaporador contiene refrigerante gaseoso, y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador aumentará. Por lo tanto, la diferencia entre la temperatura del refrigerante que ingresa al evaporador, es decir,  $T_1$ , y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, es decir,  $T_2$ , aumentará. Cuando la diferencia de temperatura alcanza el valor umbral predeterminado, es una indicación de que el grado de carga es tan bajo que el sistema de compresión de vapor ya no funciona de manera eficiente. Por lo tanto, ya no es conveniente disminuir el grado de apertura del dispositivo de expansión y, por lo tanto, la disminución del grado de apertura se interrumpe.

La segunda estrategia de control comprende la etapa de aumentar gradualmente el grado de apertura del dispositivo de expansión. Dado que la segunda estrategia de control se selecciona en el caso de que el evaporador no esté lleno, es seguro adoptar un enfoque agresivo para garantizar que se alcance rápidamente un grado de carga máximo. Si se asume que se selecciona inicialmente un grado de apertura intermedio del dispositivo de expansión, que proporciona un suministro intermedio de refrigerante al evaporador, será seguro aumentar el grado de apertura del dispositivo de expansión en este caso, lo que aumenta de esta manera el suministro de refrigerante al evaporador, y de ese modo puede alcanzarse un grado de carga máximo más rápido. Como ya se estableció que el evaporador no está lleno, esto puede hacerse de manera segura sin correr el riesgo de que el refrigerante líquido pase por el evaporador y entre en la línea de succión.

el procedimiento comprende además las etapas de:

- monitorear la segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ , durante la etapa de aumentar gradualmente el grado de apertura del dispositivo de expansión, e
- interrumpir el aumento del grado de apertura del dispositivo de expansión en el caso de que el valor numérico de la segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ , exceda un valor umbral predeterminado.

Como se describió anteriormente, cuando se aumenta el grado de apertura del dispositivo de expansión, también se aumenta el suministro de refrigerante al evaporador, y por lo tanto se aumenta el grado de carga del evaporador. Cuando se alcanza el grado de carga máximo, la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, es decir,  $T_2$ , disminuye drásticamente hacia la temperatura de evaporación, debido a que la zona gaseosa dentro del evaporador se elimina o casi se elimina. Por lo tanto, cuando una disminución tan drástica de  $T_2$  se detecta, es una indicación de que el evaporador está lleno o casi lleno y, por lo tanto, ya no es seguro aumentar el grado de apertura del dispositivo de expansión. Por lo tanto, el aumento del grado de apertura se interrumpe.

El procedimiento puede comprender además la etapa de:

- monitorear la segunda temperatura,  $T_2$ , durante la etapa de aumentar gradualmente el grado de apertura del dispositivo de expansión,

y la etapa de interrumpir el aumento del grado de apertura solo puede realizarse si la segunda temperatura disminuye en una cantidad predeterminada en comparación con un valor de temperatura inicial de la segunda temperatura.

En algunos casos, puede producirse una disminución drástica de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador poco después de la puesta en marcha del sistema de compresión de vapor, aunque no se alcance aun el grado máximo de carga. Por lo tanto, para evitar que el aumento en el grado de apertura del dispositivo de expansión se interrumpa erróneamente en este caso, se monitorea la segunda temperatura para garantizar que la temperatura del refrigerante que sale del evaporador se reduce a un nivel que indica que se alcanzó el estado de carga máximo antes de que se interrumpa el aumento en el grado de apertura.

El procedimiento puede comprender además la etapa de disminuir el grado de apertura del dispositivo de expansión a un grado de apertura inicial después de la etapa de interrumpir el aumento del grado de apertura del dispositivo de expansión. De acuerdo con esta realización, el aumento en el grado de apertura del dispositivo de expansión no solo

se interrumpe, sino que el grado de apertura también se reduce a un grado de apertura inicial, por ejemplo, a un grado de apertura intermedio que fue seleccionado antes de que se inicie el aumento en el grado de apertura del dispositivo de expansión.

5 Como una alternativa, el aumento en el grado de apertura del dispositivo de expansión puede simplemente interrumpirse, y el grado de apertura puede mantenerse al nivel que se alcanzó cuando se interrumpió el aumento.

10 La etapa de monitorear una primera temperatura,  $T_1$ , puede realizarse por medio de un primer sensor de temperatura dispuesto en la ruta del refrigerante en una abertura de entrada del evaporador, y/o la etapa de monitorear una segunda temperatura,  $T_2$ , puede realizarse por medio de un segundo sensor de temperatura dispuesto en la ruta del refrigerante en una abertura de salida del evaporador. De acuerdo con esta realización, las temperaturas se miden directamente por medio de sensores de temperatura dispuestos directamente en contacto con el flujo de refrigerante.

Como una alternativa, puede aplicarse una medición más indirecta de una o ambas temperaturas, por ejemplo, por medio de sensores de temperatura dispuestos en una parte externa de la tubería que forma la ruta del refrigerante.

15 En el caso de que las temperaturas se midan por medio de sensores de temperatura dispuestos en la ruta del refrigerante como se describe anteriormente, el procedimiento puede comprender además la etapa de calibrar el primer sensor de temperatura.

La etapa de calibrar el primer sensor de temperatura puede realizarse durante el arranque del sistema de compresión de vapor. Alternativa o adicionalmente, la etapa de calibrar el primer sensor de temperatura puede realizarse durante el funcionamiento normal del sistema de compresión de vapor.

La calibración del primer sensor de temperatura puede, por ejemplo, realizarse mediante las etapas de:

- 20
- aumentar y disminuir alternativamente el grado de apertura del dispositivo de expansión entre un grado de apertura máximo y un grado de apertura mínimo, lo que define de esta manera una pluralidad de ciclos del grado de apertura del dispositivo de expansión,
- 25
- al menos para una parte de cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, al monitorear la temperatura del refrigerante que ingresa al evaporador por medio del primer sensor de temperatura,  $S_1$  y al monitorear una temperatura de refrigerante que sale del evaporador por medio del segundo sensor de temperatura,  $S_2$ ,
- para cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, que registra una temperatura máxima,  $T_{1, \text{máx}}$ , medida por el primer sensor de temperatura,  $S_1$  y que registra una temperatura mínima,  $T_{2, \text{mín}}$ , medida por el segundo sensor de temperatura,  $S_2$ ,
- 30
- para cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, al calcular un valor de calibración,  $\Delta T_1$ , como  $\Delta T_1 = C - (T_{2, \text{mín}} - T_{1, \text{máx}})$ , donde  $C$  es una constante,
  - al seleccionar un valor de calibración máximo,  $\Delta T_{1, \text{máx}}$ , entre los valores de calibración,  $\Delta T_1$ , calculado para cada uno de la pluralidad de ciclos del grado de apertura del dispositivo de expansión, y
- 35
- al ajustar las mediciones de temperatura realizadas por el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , en una cantidad definida por  $\Delta T_{1, \text{máx}}$ .

40 Como alternativa,  $\Delta T_1$  podría calcularse de la siguiente manera. Para cada ciclo, la diferencia de temperatura,  $T_2 - T_1$ , se monitorea, es decir, se obtienen diferencias de temperatura que ocurren en cualquier momento dado, o en puntos seleccionados en el tiempo, durante el ciclo. Entonces la diferencia mínima de temperatura,  $\min(T_2 - T_1)$  se selecciona. Finalmente,  $\Delta T_1$  se calcula como  $\Delta T_1 = C - \min(T_2 - T_1)$ . Este enfoque puede ser apropiado en el caso de que el evaporador sea relativamente corto, mientras que el enfoque descrito anteriormente puede ser apropiado para evaporadores más largos.

La etapa de la puesta en marcha del sistema de compresión de vapor puede comprender la operación de arranque del compresor.

### Breve descripción de los dibujos

45 La invención se describirá ahora en detalles adicionales con referencia a los dibujos acompañantes en los que:

La Figura 1 es una vista esquemática de una parte de un sistema de compresión de vapor utilizado para realizar el procedimiento de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 2 es una vista esquemática de una parte de un sistema de compresión de vapor utilizado para realizar el procedimiento de acuerdo con una realización alternativa de la invención.

La Figura 3 es un gráfico que ilustra el grado de apertura, la temperatura de entrada y la temperatura de salida durante el arranque de un sistema de compresión de vapor de acuerdo con una primera estrategia de control.

La Figura 4 es un gráfico que ilustra el grado de apertura, la temperatura de entrada y la temperatura de salida durante el arranque de un sistema de compresión de vapor de acuerdo con una segunda estrategia de control, y

5 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención.

**Descripción detallada de los dibujos**

La Figura 1 es una vista esquemática de una parte de un sistema de compresión de vapor 1. El sistema de compresión de vapor 1 comprende un compresor 2, un condensador (no mostrado), un dispositivo de expansión 3, en forma de una válvula de expansión electrónica (EEV), y un evaporador 4, dispuesto a lo largo de una ruta del refrigerante 5. Un primer sensor de temperatura 6 se dispone en la ruta del refrigerante 5 en una abertura de entrada del evaporador 4, y un segundo sensor de temperatura 7 se dispone en la ruta del refrigerante 5 en una abertura de salida del evaporador 4. Por lo tanto, el primer sensor de temperatura 6 mide la temperatura,  $T_1$ , del refrigerante que ingresa al evaporador 4, y el segundo sensor de temperatura 7 mide la temperatura,  $T_2$ , del refrigerante que sale del evaporador 4.

Las señales de temperatura,  $T_1$  y  $T_2$ , se comunican a un dispositivo de control 8 con el fin de controlar el grado de apertura del dispositivo de expansión 3 de tal manera que se obtenga un valor de sobrecalentamiento óptimo. En consecuencia, el dispositivo de control 8 se adapta para generar y suministrar una señal de control al dispositivo de expansión 3.

Además, el dispositivo de control 8 recibe una señal de ENCENDIDO/APAGADO del compresor 2 que indica si el compresor se encuentra en funcionamiento o no. Esta información también se tiene en cuenta cuando se genera la señal de control al dispositivo de expansión 3.

Durante el arranque del sistema de compresión de vapor 1, por ejemplo, cuando se inicia el compresor 2, el sistema de compresión de vapor 1 puede funcionar de acuerdo con una realización de la invención. Por lo tanto, sobre la base de las mediciones de temperatura realizadas por los sensores de temperatura 6, 7, puede establecerse si el evaporador 4 está lleno o casi lleno, o si el evaporador 4 no está lleno, y el grado de apertura del dispositivo de expansión 3 entonces puede controlarse de acuerdo con el grado de carga del evaporador 4, como se describió anteriormente. Esto se describirá en más detalle a continuación.

La Figura 2 es una vista esquemática de una parte de un sistema de compresión de vapor 1, que es similar al sistema de compresión de vapor 1 de la Figura 1. En el sistema de compresión de vapor 1 de la Figura 2, el evaporador 4 es de un tipo que comprende tres serpentines de evaporación. En consecuencia, un distribuidor 9 se dispone en la ruta del refrigerante 5 entre el dispositivo de expansión 3 y el evaporador 4. El distribuidor 9 divide el flujo de refrigerante desde el dispositivo de expansión 3 en tres caminos, cada uno de los cuales ingresa a una bobina de evaporación del evaporador 4. De manera similar, un recolector 10 recoge el refrigerante que sale del evaporador 4 a través de los tres serpentines de evaporación en un solo flujo de refrigerante.

El primer sensor de temperatura 6 se dispone en uno de los tres pasos de flujo, entre el distribuidor 9 y el evaporador 4. Por lo tanto, el primer sensor de temperatura 6 mide la temperatura del refrigerante que ingresa a una de los serpentines de evaporación. El segundo sensor de temperatura 7 se dispone en el flujo de refrigerante recolectado que sale del recolector 10. Por lo tanto, el segundo sensor de temperatura 7 mide la temperatura del refrigerante recogido de los tres serpentines de evaporación y, por lo tanto, la temperatura del refrigerante que realmente ingresa a la línea de succión en lugar de la temperatura del refrigerante que sale de una de los serpentines de evaporación.

Las temperaturas medidas por medio de los sensores de temperatura 6, 7 mostrados en la Figura 2 también pueden usarse como base para determinar si el evaporador está lleno o casi lleno, o si el evaporador no está lleno.

La Figura 3 es un gráfico que ilustra el grado de apertura 11 de un dispositivo de expansión de un sistema de compresión de vapor, la temperatura 12 del refrigerante que ingresa a un evaporador del sistema de compresión de vapor, y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador, en función del tiempo. El sistema de compresión de vapor puede ser del tipo que se muestra en la Figura 1 o del tipo que se muestra en la Figura 2. En este caso, la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador se mide por medio del primer sensor de temperatura 6, y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador se mide por medio del segundo sensor de temperatura 7.

El gráfico de la Figura 3 ilustra un procedimiento para controlar el grado de apertura del dispositivo de expansión durante el arranque del sistema de compresión de vapor en el caso de que el evaporador esté lleno o casi lleno cuando se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor.

En el momento 14 que se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor, y el grado de apertura 11 de la válvula de expansión aumenta a un nivel intermedio. La temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador se monitorean. Más particularmente, se deriva la tasa de cambio de cada una de las temperaturas monitoreadas 12, 13, y las tasas de cambio se comparan entre sí.

En la situación ilustrada en la Figura 3, la tasa de cambio de la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador es sustancialmente idéntica a la tasa de cambio de la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador. En otras palabras, la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador disminuyen sustancialmente de la misma manera inmediatamente después de que se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor. Esto es una indicación de que el evaporador está lleno o casi lleno, ya que en este caso el sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador es muy pequeño. Por lo tanto, en base al monitoreo de las temperaturas de refrigerante 12, 13 y en las tasas de cambio derivadas de las temperaturas 12, 13, puede establecerse que el evaporador está lleno o casi lleno.

Como el evaporador está lleno o casi lleno, existe el riesgo de que el refrigerante líquido salga del evaporador y entre en la línea de succión. Como se describió anteriormente, esto no es conveniente, ya que el refrigerante líquido puede causar daños si se le permite llegar al compresor. Por lo tanto, para evitar que el refrigerante líquido salga del evaporador, el suministro de refrigerante al evaporador disminuye al disminuir gradualmente el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión.

Mientras el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión disminuye gradualmente, se monitorea la diferencia entre la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador. Puede verse en la Figura 3 que, en un determinado momento, la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador comienza a aumentar, mientras que la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador disminuye. De esta manera, la diferencia de temperatura entre las temperaturas medidas 12, 13 aumenta. Esto es una indicación de que el grado de carga del evaporador disminuyó a un nivel en el que el sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador ya no es mínimo y, por lo tanto, el sistema de compresión de vapor no funciona de manera óptima. Por lo tanto, ya no es conveniente disminuir el suministro de refrigerante al evaporador, y la disminución del grado de apertura 11 del dispositivo de expansión se interrumpe cuando se detecta este comportamiento. Además, el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión puede incrementarse posteriormente gradualmente, hasta que se detecte que el evaporador está nuevamente lleno o casi lleno. Sin embargo, esto no se ilustra en la Figura 3.

La Figura 4 también es un gráfico que ilustra el grado de apertura 11 de un dispositivo de expansión de un sistema de compresión de vapor, la temperatura 12 del refrigerante que ingresa a un evaporador del sistema de compresión de vapor, y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador, en función del tiempo. El sistema de compresión de vapor puede ser del tipo que se muestra en la Figura 1 o del tipo que se muestra en la Figura 2. En este caso, la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador se mide por medio del primer sensor de temperatura 6, y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador se mide por medio del segundo sensor de temperatura 7.

El gráfico de la Figura 4 ilustra un procedimiento para controlar el grado de apertura del dispositivo de expansión durante el arranque del sistema de compresión de vapor en el caso de que el evaporador no esté lleno cuando se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor.

En el momento 14 que se inicia el funcionamiento del sistema de compresión de vapor, y el grado de apertura 11 de la válvula de expansión aumenta a un nivel intermedio. La temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador y la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador se monitorean. Más particularmente, se deriva la tasa de cambio de cada una de las temperaturas monitoreadas 12, 13, y las tasas de cambio se comparan entre sí. Este es exactamente el mismo procedimiento que se describió anteriormente con referencia a la Figura 3. Por lo tanto, cada vez que se inicia el sistema de compresión de vapor, se selecciona el nivel intermedio del grado de apertura 11 del dispositivo de expansión, y las tasas de cambio de las temperaturas del refrigerante 12, 13 se monitorean con el fin de determinar si el evaporador está lleno o casi lleno, o si el evaporador no está lleno.

En la situación ilustrada en la Figura 4, la temperatura 12 del refrigerante que ingresa al evaporador disminuye más rápido que la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador. Esto indica que el refrigerante gaseoso y calentado sale del evaporador y, por lo tanto, el evaporador no está lleno. Es conveniente alcanzar un grado de carga máximo del evaporador lo más rápido posible, debido a que el funcionamiento más eficiente del sistema de compresión de vapor se obtiene al grado de carga máximo. Por lo tanto, cuando se detecta esta situación, el suministro de refrigerante al evaporador aumenta al aumentar gradualmente el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión. Además, esto puede hacerse de manera segura, ya que se estableció que el evaporador no está lleno y, por lo tanto, no existe el riesgo de que un mayor suministro de refrigerante al evaporador provoque el paso de refrigerante líquido a través del evaporador.

Mientras se aumenta gradualmente el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión, se monitorea la tasa de cambio de la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador. Puede verse en la Figura 4 que, en cierto momento, la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador disminuye drásticamente. Esto es una indicación de que el evaporador está lleno o casi lleno, ya que en este caso la temperatura 13 del refrigerante que sale del evaporador se acercará rápidamente a la temperatura del líquido, ya que el refrigerante gaseoso que sale del evaporador ya no se calienta en el evaporador. Cuando el evaporador está lleno o casi lleno, existe el riesgo de que el refrigerante líquido pueda pasar a través del evaporador y, por lo tanto, ya no es conveniente aumentar el suministro de refrigerante al evaporador, y el aumento gradual en el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión, por lo tanto, se interrumpe. Además, el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión se reduce al nivel inicial, intermedio

en este punto. Posteriormente, el grado de apertura 11 del dispositivo de expansión se controla de una manera habitual con el fin de obtener un valor de sobrecalentamiento óptimo.

5 Las Figuras 3 y 4 ilustran que cada vez que se inicia el sistema de compresión de vapor, se realizan los mismos pasos iniciales y se selecciona un grado de apertura intermedio 11 del dispositivo de expansión. Luego se determina, en base a las tasas de cambio monitoreadas de las temperaturas 12, 13, si el evaporador está lleno o casi lleno, o si el evaporador no está lleno. Si se determina que el evaporador está lleno o casi lleno, se selecciona el enfoque cuidadoso ilustrado en la Figura 3 con el fin de evitar que el refrigerante líquido pase a través del evaporador. Si se determina que el evaporador no está lleno, se selecciona el enfoque más agresivo ilustrado en la Figura 4 con el fin de asegurar que se alcance el grado de carga máximo lo más rápido posible.

10 Por lo tanto, independientemente de si el evaporador está inicialmente lleno o no, se garantiza que se alcance rápidamente un grado máximo de carga, mientras se garantiza que no se permite que el refrigerante líquido pase a través del evaporador.

15 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustran un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención. El procedimiento se inicia en la etapa 15, donde se inicia el sistema de compresión de vapor, y se selecciona un bajo grado de apertura del dispositivo de expansión. Luego se monitorea la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que ingresa al evaporador y la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador. Si no sucede nada, el procedimiento se agota y se inicia una alarma en la etapa 16, que informa al operador que el grado de apertura del dispositivo de expansión es bajo.

20 Si se determina que la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que ingresa al evaporador, o la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador está por debajo de un valor umbral dado, el grado de apertura del dispositivo de expansión aumenta a un nivel intermedio nivel, en la etapa 17.

25 Si luego se determina que la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador está por encima del umbral después de un tiempo, es una indicación de que el valor de sobrecalentamiento aún es alto. Por lo tanto, el grado de apertura del dispositivo de expansión, en este caso, aumenta gradualmente, en la etapa 18. Si no sucede nada, el procedimiento se agota y se inicia una alarma en la etapa 16.

30 Si, después de la etapa 18, se determina que la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador está por debajo del valor umbral, y que la temperatura o el refrigerante que sale del evaporador disminuyó significativamente desde el arranque, es una indicación de que el valor de sobrecalentamiento disminuye. Por lo tanto, el aumento gradual en el grado de apertura del dispositivo de expansión se interrumpe, y el grado de apertura se reduce al valor intermedio inicial, en la etapa 19.

Luego, en la etapa 20, el grado de apertura del dispositivo de expansión se ajusta para obtener la estabilización del sobrecalentamiento en el intervalo de 5-15 K.

35 Si, en la etapa 17, se determina que la tasa de cambio de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador está por debajo del valor umbral, y que la temperatura del refrigerante que sale del evaporador disminuyó significativamente desde el arranque, es una indicación de que el valor de sobrecalentamiento disminuye. Luego, el procedimiento continúa con la etapa 20, descrita anteriormente.

Una vez que el valor de sobrecalentamiento se encuentra dentro de la banda deseada, finaliza el procedimiento de arranque y comienza el control normal del grado de apertura del dispositivo de expansión, en la etapa 21.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de control de un sistema de compresión de vapor (1) durante el arranque, comprendiendo el sistema de compresión de vapor (1) un compresor (2), un condensador, un dispositivo de expansión (3) que tiene un grado de apertura variable (11) y un evaporador (4) dispuesto a lo largo de una ruta del refrigerante (5), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- puesta en marcha del sistema de compresión de vapor (1),
  - monitorear una primera temperatura (12),  $T_1$ , de refrigerante que ingresa al evaporador (4),
  - monitorear una segunda temperatura (13),  $T_2$ , de refrigerante que sale del evaporador (4), **caracterizado por** las etapas de:
- derivar una primera tasa de cambio,  $\Delta T_1$ , de la primera temperatura (12) y una segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ , de la segunda temperatura (13),
- comparar la primera tasa de cambio,  $\Delta T_1$ , con la segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ ,
- en base a la etapa de comparación, determinar un estado de carga de refrigerante del evaporador (4), en el que se determina que el evaporador (4) está lleno o casi lleno cuando la primera tasa de cambio  $\Delta T_1$  es sustancialmente idéntica a la segunda tasa de cambio  $\Delta T_2$  y
- controlar el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3) de acuerdo con una primera estrategia de control en el caso de que se determine que el evaporador (4) está lleno o casi lleno, y controlar el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3) de acuerdo con una segunda estrategia de control en el caso de que se determine que el evaporador (4) no está lleno, en el que la primera estrategia de control comprende la etapa de disminuir gradualmente el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3), y la segunda estrategia de control comprende la etapa de aumentar gradualmente el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3), comprendiendo además las etapas de:
- monitorear una diferencia entre la primera temperatura (12),  $T_1$  y la segunda temperatura (13),  $T_2$ , durante la etapa de disminuir gradualmente el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3), e
  - interrumpir la disminución del grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3) en el caso de que la diferencia entre la primera temperatura (12),  $T_1$  y la segunda temperatura (13),  $T_2$ , exceda un valor umbral predeterminado
  - monitorear de la segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ , durante la etapa de aumentar gradualmente el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3), e
  - interrumpir el aumento del grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3) en el caso de que el valor numérico de la segunda tasa de cambio,  $\Delta T_2$ , exceda un valor umbral predeterminado.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
- monitorear la segunda temperatura (13),  $T_2$ , durante la etapa de aumentar gradualmente el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3),
- en el que la etapa de interrumpir el aumento del grado de apertura (11) solo se realiza si la segunda temperatura (13) ha disminuido en una cantidad predeterminada en comparación con un valor de temperatura inicial de la segunda temperatura (13).
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además la etapa de disminuir el grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3) a un grado de apertura inicial (11) después de la etapa de interrumpir el aumento del grado de apertura (11) del dispositivo de expansión (3).
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de monitorear una primera temperatura (12),  $T_1$ , se realiza por medio de un primer sensor de temperatura (6) dispuesto en la ruta del refrigerante (5) en una abertura de entrada del evaporador (4), y/o la etapa de monitorear una segunda temperatura (13),  $T_2$ , se realiza por medio de un segundo sensor de temperatura (7) dispuesto en la ruta del refrigerante (5) en una abertura de salida del evaporador (4).
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además la etapa de calibrar el primer sensor de temperatura (6).
6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la etapa de calibrar el primer sensor de temperatura (6) se realiza durante el arranque del sistema de compresión de vapor (1).

7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de puesta en marcha del sistema de compresión de vapor (1) comprende la puesta en marcha del compresor (2).



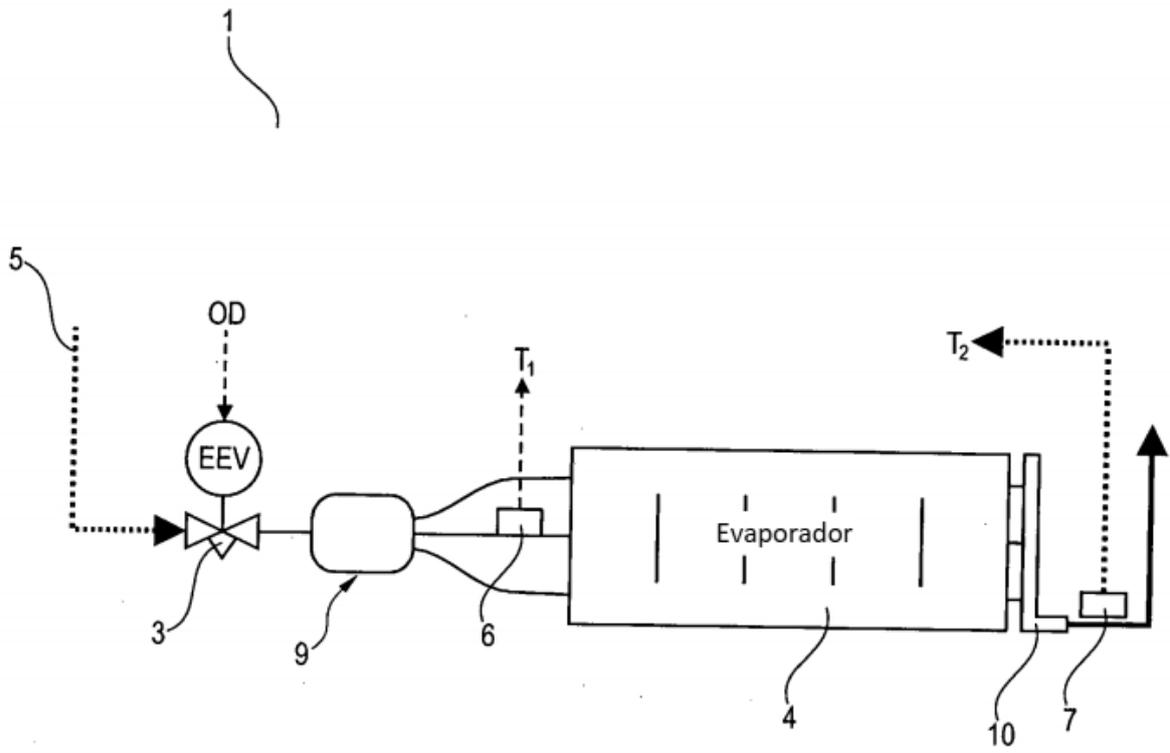


Figura 2

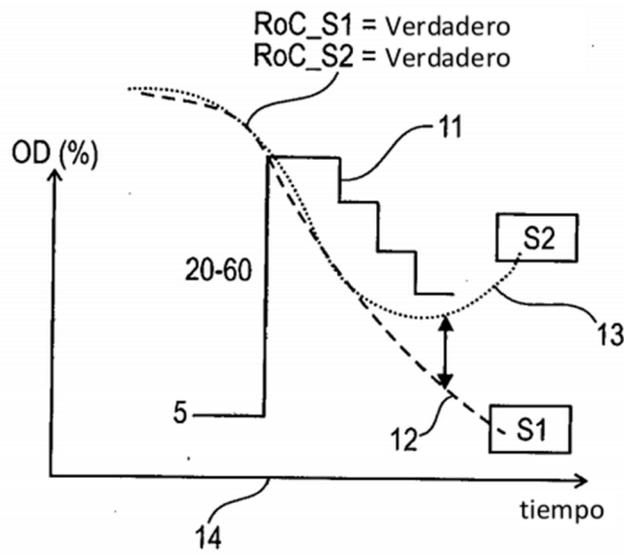


Figura 3

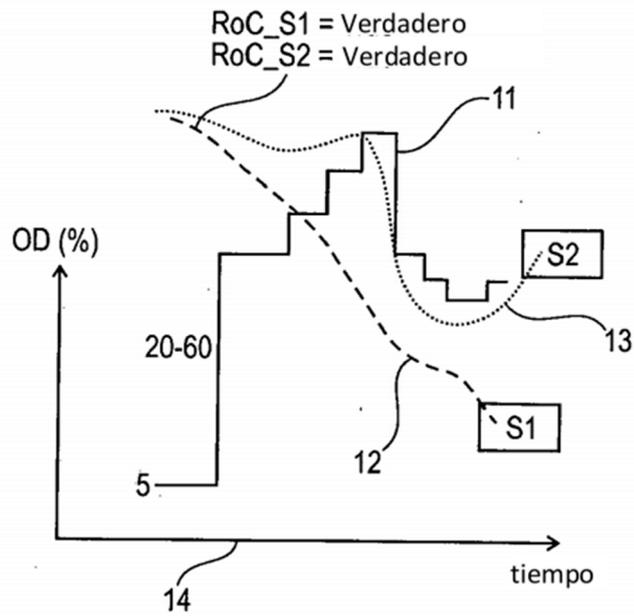


Figura 4

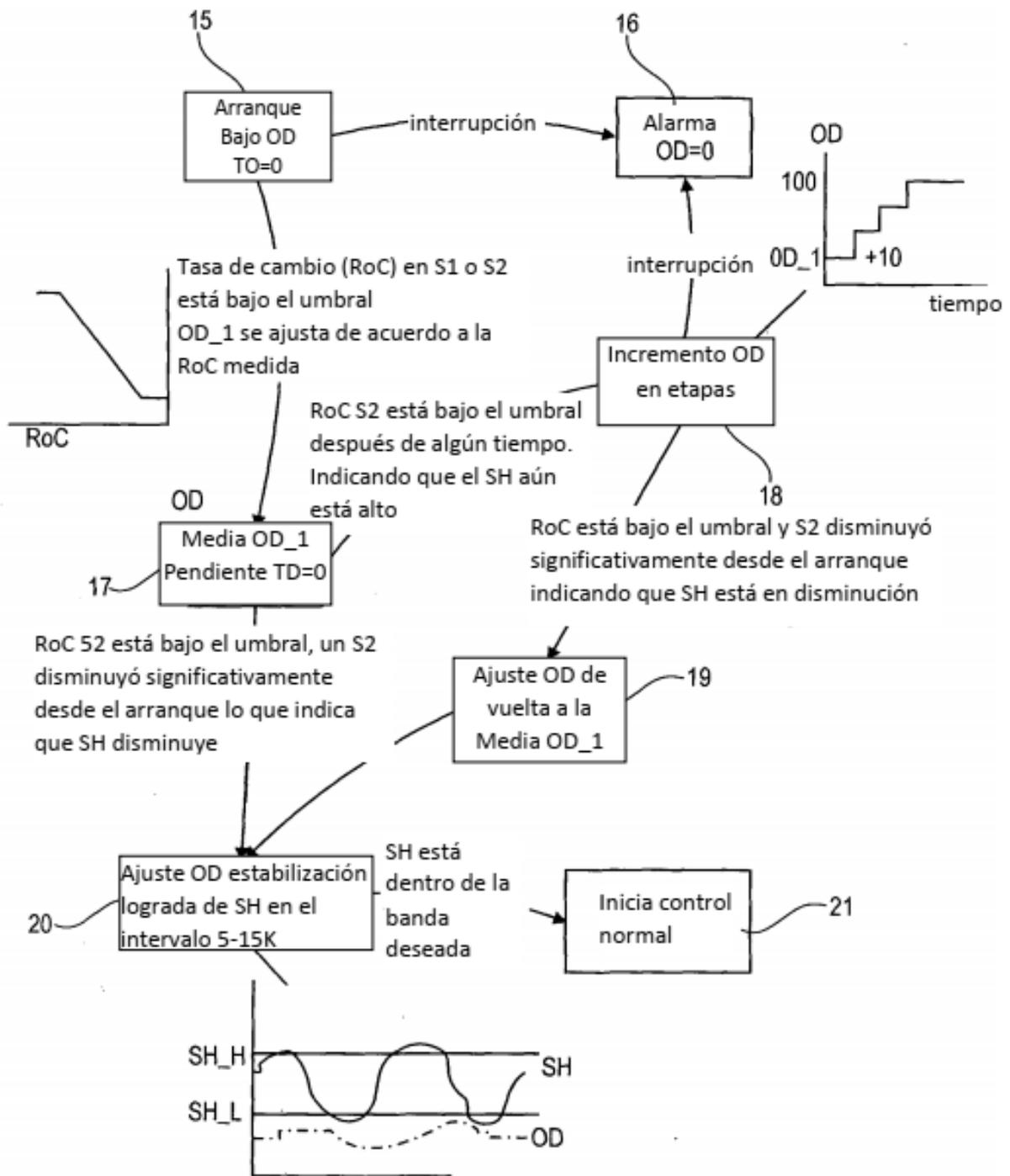


Figura 5