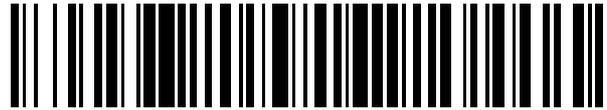


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 178**

51 Int. Cl.:

**F25B 41/06** (2006.01)

**F25B 49/02** (2006.01)

**G01K 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2013 E 13740205 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2888540**

54 Título: **Método para calibrar un sensor de temperatura de un sistema de compresión de vapor**

30 Prioridad:

**23.08.2012 DK 201200518**

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

**26.09.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**IZADI-ZAMANABADI, ROOZBEH y  
ANDERSEN, CASPER LINDHOLDT**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 584 178 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**

Método para calibrar un sensor de temperatura de un sistema de compresión de vapor

**CAMPO DE LA INVENCION**

5 La presente invención se refiere a un método para calibrar un sensor de temperatura dispuesto en un sistema de compresión de vapor, tal como un sistema de refrigeración, un sistema de aire acondicionado o una bomba de calor. El método de la invención permite que un sensor de temperatura del sistema de compresión de vapor, tal como un sensor de temperatura usado para determinar el sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador, sea calibrado de una manera sencilla.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 Un sistema de compresión de vapor normalmente comprende un compresor, un condensador, un dispositivo de expansión, por ejemplo en la forma de una válvula de expansión, y un evaporador dispuesto en una trayectoria de refrigerante. El refrigerante que fluye en la trayectoria de refrigerante es comprimido y expandido de forma alterna, y tiene lugar intercambio de calor en el condensador y en el evaporador. Con ello se proporciona enfriamiento o calentamiento a un volumen cerrado.

15 El suministro de refrigerante al evaporador es controlado a menudo sobre la base del sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador. El sobrecalentamiento es la diferencia entre la temperatura del refrigerante que sale del evaporador y el punto de rocío del refrigerante que sale del evaporador. Un valor de sobrecalentamiento alto indica que el refrigerante que sale del evaporador es gaseoso, y que el refrigerante gaseoso ha sido calentado en el evaporador. De acuerdo con ello, un valor de sobrecalentamiento alto indica que la capacidad de refrigeración  
20 potencial del evaporador no se utiliza de una manera eficiente.

Por otro lado, un sobrecalentamiento nulo indica que puede estar pasando refrigerante líquido a través del evaporador y entrando en el conducto de aspiración. Esto es una desventaja, dado que puede causar daño al compresor si se permite que llegue refrigerante líquido al compresor. Por lo tanto, es deseable manejar el sistema de compresión de vapor de una manera tal que el sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador sea  
25 pequeño, pero positivo. Con el fin de conseguir esto, el sobrecalentamiento del refrigerador que sale del evaporador debe ser monitorizado durante la operación del sistema de compresión de vapor. Esto puede hacerse, por ejemplo, midiendo la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador. Alternativamente, pueden ser medidas la temperatura y la presión del refrigerante que sale del evaporador. En cualquier caso, con el fin de ser capaces de controlar el sistema de compresión de vapor para  
30 obtener de forma precisa un valor deseado bajo de sobrecalentamiento, es necesario que los sensores usados para medir la temperatura y/o la presión del refrigerante que fluye por la trayectoria del refrigerante estén apropiadamente calibrados.

El documento JP 2008 202911 da a conocer un aparato de refrigeración que realiza una calibración de un sensor de temperatura de refrigerante dispuesto a la entrada y a la salida de un evaporador. Una parte de control incluye una  
35 parte de control de operación para establecer el estado en el que el refrigerante está saturado a la entrada y a la salida del evaporador en el estado operativo del dispositivo de refrigeración. Una parte de calibración de sensores de temperatura está dispuesta para tomar los valores de detección de los dos sensores de temperatura de refrigerante en el estado operativo de saturación establecido por la parte de control de operación, y calibrar un error de los sensores de temperatura de refrigerante. Una parte de control de corrección almacena el resultado de calibración de la parte de calibración de sensores de temperatura, y los valores de detección de los sensores de temperatura de refrigerante son corregidos sobre la base del resultado de calibración. En el método del documento JP 2008 202911, el evaporador es inundado con el fin de calibrar los sensores de temperatura, introduciendo con  
40 ello el riesgo de que entre refrigerante líquido en el conducto de aspiración y llegue al compresor.

El documento EP1965168 da a conocer un sistema de compresión de vapor y un método de calibración para un sensor de temperatura que mide la temperatura a la entrada y a la salida del evaporador. La temperatura y la presión a la salida del evaporador son medidas con el fin de calcular el sobrecalentamiento. El valor de calibración es el valor mínimo de sobrecalentamiento calculado durante la calibración y es comparado con un valor óptimo de sobrecalentamiento.

**DESCRIPCION DE LA INVENCION**

50 Constituye un objeto de realizaciones de la invención proporcionar un método para calibrar un sensor de temperatura dispuesto en un sistema de compresión de vapor, en que dicho método permita una calibración sencilla y precisa del sensor.

Constituye otro objeto de realizaciones de la invención proporcionar un método para calibrar un sensor de temperatura dispuesto en un sistema de compresión de vapor, en que dicho método permita la calibración precisa del sensor, incluso durante la operación del sistema de compresión de vapor.

5 Constituye otro objeto más de realizaciones de la invención proporcionar un método para calibrar un sensor de temperatura dispuesto en un sistema de compresión de vapor, en que el método pueda ser realizado sin inundar el evaporador.

10 La presente invención proporciona un método para calibrar un sensor de temperatura dispuesto en un sistema de compresión de vapor, en que el sistema de compresión de vapor comprende un compresor, un condensador, un dispositivo de expansión que tiene un grado de apertura variable, y un evaporador dispuesto a lo largo de una trayectoria del refrigerante, en que el sistema de compresión de vapor tiene además un primer sensor de temperatura,  $S_1$ , dispuesto en la trayectoria del refrigerante en una abertura de entrada del evaporador, y un segundo sensor de temperatura,  $S_2$ , dispuesto en la trayectoria del refrigerante en una abertura de salida del evaporador, en que el método comprende los pasos de:

15 - incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura del dispositivo de expansión entre un grado de apertura máximo y un grado de apertura mínimo, definiendo con ello una pluralidad de ciclos del grado de apertura del dispositivo de expansión,

20 - al menos para una parte de cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, monitorizar una temperatura del refrigerante que entra en el evaporador por medio del primer sensor de temperatura,  $S_1$ , y monitorizar una temperatura del 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, registrar una temperatura máxima,  $T_{1,max}$ , medida por el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , y registrar una temperatura mínima,  $T_{2,min}$ , medida por el segundo sensor de temperatura,  $S_2$ ,

25 - para cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, calcular un valor de calibración,  $\Delta T_1$ , como  $\Delta T_1 = C - (T_{2,min} - T_{1,max})$ , donde C es una constante,

- seleccionar un valor de calibración máximo,  $\Delta T_{1,max}$ , entre los valores de calibración,  $\Delta T_1$ , calculados para cada uno de la pluralidad de ciclos del grado de apertura del dispositivo de expansión, y

- ajustar las medidas de temperatura realizadas por el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , en una cantidad definida por  $\Delta T_{1,max}$ .

30 El método de la presente invención se refiere a la calibración de un sensor de temperatura. De este modo, por medio del método de la presente invención puede asegurarse que las medidas de temperatura realizadas por medio del sensor de temperatura que es calibrado son precisas y fiables.

35 El sensor de temperatura está dispuesto en un sistema de compresión de vapor. En el presente contexto, debe interpretarse que el término "sistema de compresión de vapor" significa cualquier sistema en el que un flujo de un medio fluido, tal como un refrigerante, circula y es comprimido y expandido de forma alterna, proporcionando con ello o bien enfriamiento o bien calentamiento de un volumen. De este modo, 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 la forma de una válvula de expansión, y un evaporador, dispuestos a lo largo de una trayectoria del refrigerante.

40 El compresor puede tener la forma de un compresor único, 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 bastidor de compresores que comprende dos o más compresores individuales. Cada uno de los compresores en el bastidor de compresores podría ser un compresor de velocidad fija, un compresor de dos etapas

45 o un compresor de velocidad variable.

El dispositivo de expansión es de un tipo que tiene un grado de apertura variable. De este modo, ajustando el grado de apertura del dispositivo de expansión, puede controlarse el flujo de refrigerante que es suministrado al evaporador.

50 El evaporador puede tener la forma de un evaporador único que comprende un serpentín de evaporador único o dos o más serpentines de evaporador dispuestos en paralelo. Alternativamente, el evaporador puede comprender dos o más evaporadores dispuestos en paralelo en la trayectoria del refrigerante.

El sistema de compresión de vapor comprende además un primer sensor de temperatura,  $S_1$ , dispuesto en la trayectoria del refrigerante en una abertura de entrada del evaporador, y un segundo sensor de temperatura,  $S_2$ , dispuesto en la trayectoria del refrigerante en una abertura de salida del evaporador. De este modo, por medio de los sensores de temperatura,  $S_1$  y  $S_2$ , es posible medir la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador.

De acuerdo con el método de la invención, el grado de apertura del dispositivo de expansión es incrementado y reducido de forma alterna inicialmente entre un grado de apertura máximo y un grado de apertura mínimo. Con ello, se definen una pluralidad de ciclos del grado de apertura del dispositivo de expansión, es decir al menos dos ciclos, tal como 4-5 ciclos, o incluso más ciclos. El grado de apertura del dispositivo de expansión puede ser incrementado y reducido de una manera gradual, por ejemplo definiendo un patrón sustancialmente sinusoidal o triangular del grado de apertura en función del tiempo. Alternativamente, el grado de apertura puede ser desplazado abruptamente desde el grado de apertura máximo a la apertura mínima, y desplazado abruptamente de vuelta al grado de apertura máximo tras un cierto periodo de tiempo.

Debe observarse que un ciclo del grado de apertura es un periodo completo de incremento y reducción del grado de apertura del dispositivo de expansión, por ejemplo desde que se alcanza el grado de apertura máximo hasta la siguiente vez que se alcanza el grado de apertura máximo.

Durante el incremento y la reducción alternos del grado de apertura del dispositivo de expansión, una temperatura del refrigerante que entra en el evaporador es monitorizada por medio del primer sensor de temperatura,  $S_1$ . Similarmente, una temperatura del refrigerante que sale del evaporador es monitorizada por medio del segundo sensor de temperatura,  $S_2$ . La monitorización de las temperaturas tiene lugar al menos durante una parte de cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión. Así, la monitorización puede tener lugar durante toda la duración de cada ciclo. Alternativamente, la monitorización puede tener lugar sólo durante una parte de la duración de cada ciclo, por ejemplo sólo cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión está debajo de un cierto nivel.

Luego, para cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, son registradas una temperatura máxima,  $T_{1,max}$ , y una temperatura mínima,  $T_{2,min}$ . La temperatura máxima,  $T_{1,max}$ , es la máxima temperatura que es medida por el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , durante el ciclo en cuestión. La temperatura mínima,  $T_{2,min}$ , es la mínima temperatura que es medida por el segundo sensor de temperatura,  $S_2$ , durante el ciclo en cuestión.

Luego, un valor de calibración,  $\Delta T_1$ , es calculado para cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión.  $\Delta T_1$  es calculado como  $\Delta T_1 = C - (T_{2,min} - T_{1,max})$ , donde  $C$  es una constante. Así, el valor de calibración,  $\Delta T_1$ , es una medida de lo cercana que es la diferencia entre la temperatura mínima medida por el segundo sensor de temperatura y la temperatura máxima medida por el primer sensor de temperatura al valor constante,  $C$ , para un ciclo dado.

Cuando el grado de llenado del evaporador es máximo, es decir, cuando hay refrigerante líquido a través de todo el evaporador, la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador es cercana a la temperatura del refrigerante que sale del evaporador. Así, en este caso, la diferencia de temperatura entre la temperatura medida por medio del primer sensor de temperatura,  $S_1$ , y la temperatura medida por medio del segundo sensor de temperatura,  $S_2$ , es pequeña. Cuando el grado de llenado es menor, es decir, cuando hay refrigerante gaseoso en una zona cerca de la abertura de salida del evaporador, la temperatura del refrigerante que sale del evaporador es mayor que la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador. Así, en este caso, la temperatura medida por medio del primer sensor de temperatura,  $S_1$ , es menor que la temperatura medida por medio del segundo sensor de temperatura,  $S_2$ .

Cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es incrementado, el suministro de refrigerante al evaporador es incrementado. Con ello, el grado de llenado del evaporador es también incrementado. Similarmente, cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es reducido, el suministro de refrigerante al evaporador es reducido. Con ello, el grado de llenado del evaporador también es reducido. De acuerdo con ello, cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es incrementado y reducido de forma alterna como se ha descrito anteriormente, el grado de llenado del evaporador también es incrementado y reducido de forma alterna. Preferiblemente, el grado de llenado es incrementado y reducido de forma alterna entre un grado de llenado máximo correspondiente a un estado de inundación del evaporador, es decir un estado en el que hay refrigerante líquido a través de todo el evaporador, y grados de llenado más bajos, en los que hay refrigerante gaseoso en una zona cercana a la abertura de salida del evaporador. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente, las temperaturas medidas por los sensores de temperatura,  $S_1$  y  $S_2$ , también se incrementarán y reducirán.

Además, cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es bajo, el flujo de masa del refrigerante hacia el evaporador es bajo. Esto resulta en una presión baja del refrigerante que es suministrado al evaporador. Esto tiene

la consecuencia de que la temperatura del refrigerante que es suministrado al evaporador es también baja. Similarmente, cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es alto, el flujo de masa del refrigerante hacia el evaporador es alto. Esto resulta en una presión alta y, consecuentemente, una temperatura alta del refrigerante que es suministrado al evaporador. Consecuentemente, cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es reducido, la temperatura del refrigerante que es suministrado al evaporador es incrementada, y cuando el grado de apertura del dispositivo de expansión es incrementado, la temperatura del refrigerante que es suministrado al evaporador es reducida.

Así, para cada ciclo del grado de apertura del dispositivo de expansión, las temperaturas medidas por el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , y el segundo sensor de temperatura,  $S_2$ , alcanzarán un valor máximo y un valor mínimo. Como se ha descrito anteriormente, para el grado de llenado máximo del evaporador, la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador está en un máximo, y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador está en un mínimo. Además, en este caso, la diferencia de temperatura entre la temperatura del refrigerante que sale del evaporador y la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador representa el valor óptimo de sobrecalentamiento. Así, hallando estos valores de temperatura máximo y mínimo, y comparando la diferencia entre los valores de temperatura hallados con el valor óptimo de sobrecalentamiento, puede obtenerse una calibración de uno de los sensores de temperatura con relación al otro sensor de temperatura.

Alternativamente,  $\Delta T_1$  podría ser calculado de la siguiente manera. Para cada ciclo, la diferencia de temperatura,  $T_2 - T_1$ , es monitorizada, es decir que son obtenidas las diferencias de temperatura que se producen en cualquier instante dado, o en puntos seleccionados en el tiempo, durante el ciclo. Entonces es seleccionada la diferencia mínima de temperatura,  $\min(T_2 - T_1)$ . Finalmente,  $\Delta T_1$  es calculado como  $\Delta T_1 = C - \min(T_2 - T_1)$ . Esta aproximación puede ser apropiada en el caso en el que el evaporador es relativamente corto, mientras que la aproximación anteriormente descrita puede ser apropiada para evaporadores más largos.

De acuerdo con la presente invención, un valor de calibración máximo,  $\Delta T_{1,max}$ , es seleccionado entre los valores de calibración,  $\Delta T_1$ , calculados para cada uno de la pluralidad de ciclos del grado de apertura de la válvula de expansión. Repitiendo el incremento y la reducción en el grado de apertura del dispositivo de expansión, y seleccionando el valor de calibración máximo, es decir el valor de calibración correspondiente a la situación en la que la diferencia de temperatura entre  $T_{2,in}$  y  $T_{1,max}$  es mínima, se asegura que es seleccionado un verdadero estado de inundación, es decir un estado con un valor óptimo de sobrecalentamiento, para el proceso de calibración.

Finalmente, las medidas de temperatura realizadas por el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , son ajustadas subsiguientemente en una cantidad definida por  $\Delta T_{1,max}$ . Con ello, el primer sensor de temperatura,  $S_1$ , ha sido calibrado con relación al segundo sensor,  $S_2$ , y las medidas subsiguientes del valor de sobrecalentamiento son fiables.

El paso de incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura del dispositivo de expansión puede realizarse sobre la base de medidas realizadas por el segundo sensor de temperatura,  $S_2$ . Cuando el grado de llenado del evaporador alcanza el máximo, la temperatura del refrigerante que sale del evaporador se reducirá significativamente. Una reducción significativa en la temperatura medida por medio del segundo sensor de temperatura puede indicar por lo tanto que se ha alcanzado una situación así. El grado de apertura de la válvula de expansión puede ser controlado por lo tanto de una manera tal que es seleccionado el grado de apertura máximo siempre y cuando el grado de llenado sea menor que el máximo. Cuando es detectada una reducción significativa en la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura, el grado de apertura del dispositivo de expansión puede ser reducido al grado de apertura mínimo, donde es mantenido durante un cierto periodo de tiempo antes de ser nuevamente incrementado al grado de apertura máximo. Por ejemplo, el grado de apertura puede ser incrementado cuando es detectado un incremento significativo en la temperatura medida por medio del segundo sensor de temperatura,  $S_2$ . Alternativamente, simplemente puede permitirse que transcurra un intervalo de tiempo fijo antes de que sea incrementado el grado de apertura.

Así, el paso de monitorizar una temperatura del refrigerante que sale del evaporador puede comprender monitorizar un comportamiento dinámico de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, y el paso de incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura del dispositivo de expansión puede ser realizado sobre la base del comportamiento dinámico de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador. El comportamiento dinámico de la temperatura del refrigerante que sale del evaporador puede ser la reducción significativa anteriormente descrita, que indica que se ha alcanzado una situación de grado de llenado máximo del evaporador.

El método puede comprender además el paso de repetir los pasos del método una vez transcurrido un periodo de tiempo. Un sensor de temperatura puede estar sujeto a una deriva de temperatura, y puede ser deseable por lo tanto repetir el procedimiento de calibración tras un tiempo, por ejemplo a intervalos de tiempo regulares. Esto puede hacerse sencillamente por medio del método de la presente invención, dado que la calibración es realizada por medio de sensores que están ya presentes en el sistema de compresión de vapor.

Otras razones para realizar la calibración de sensores de temperatura, bien inicialmente o bien como un proceso repetido como se ha descrito anteriormente, podrían ser las siguientes.

5 El sensor de temperatura,  $S_1$ , puede estar dispuesto en una posición no óptima. Por ejemplo, puede estar fijado a una tubería de refrigerante a una distancia relativamente grande de la entrada del evaporador. En el caso en el que la tubería no esté adecuadamente aislada, hay un riesgo de que tenga lugar un intercambio de calor sustancial, lo que afectaría a la temperatura de evaporación real. Esto debe ser compensado en la medida de temperatura realizada por el sensor de temperatura.

10 Como otro ejemplo, la estructura física del evaporador, tal como las dimensiones o el tamaño del evaporador, pueden causar una caída de presión sustancial a través del evaporador, es decir desde la abertura de entrada del evaporador a la abertura de salida del evaporador. Esto generará un sesgo en las medidas de temperatura realizadas por medio del sensor de temperatura, y este sesgo debe ser compensado.

Como otro ejemplo más, puede existir un sesgo de medida en casos en los que el refrigerante aplicado es una mezcla de diferentes refrigerantes, lo que causa un deslizamiento de temperatura a través del evaporador. Este deslizamiento de temperatura también debe ser compensado.

15 De acuerdo con una realización, la constante  $C$  puede corresponder a un valor de sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador durante un estado de inundación del evaporador. Puede hacerse referencia a este valor como valor óptimo de sobrecalentamiento. El valor óptimo de sobrecalentamiento depende del tipo de sistema de compresión de vapor y del tipo de refrigerante usado. Sin embargo, para un tipo dado de sistema de compresión de vapor y un tipo dado de refrigerante, puede ser determinado el valor óptimo de sobrecalentamiento, y este valor puede ser usado subsiguientemente para todos los sistemas de compresión de vapor idénticos que aplican el mismo refrigerante. Un valor óptimo de sobrecalentamiento típico podría ser de aproximadamente 1-2 K.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención será descrita ahora en mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

25 la figura 1 es una vista en forma de diagrama de una parte de un sistema de compresión de vapor usado para realizar el método de acuerdo con una realización de la invención, y

la figura 2 es un gráfico que ilustra variaciones de temperatura de un refrigerante al incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura de un dispositivo de expansión.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

30 La figura 1 es una vista en forma de diagrama 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 la forma de una válvula de expansión electrónica (VEE), y un evaporador 4, dispuesto a lo largo de una trayectoria de refrigerante 5. Un primer sensor de temperatura 6 está dispuesto en la trayectoria de refrigerante 5 en una abertura de entrada del evaporador 4, y un segundo sensor de temperatura 7 está dispuesto en la trayectoria de refrigerante 5 en una abertura de salida del evaporador 4. Así, el primer sensor de temperatura 6 mide la temperatura,  $T_1$ , del refrigerante que entra en el evaporador 4, y el segundo sensor de temperatura 7 mide la temperatura,  $T_2$ , del refrigerante que sale del evaporador 4.

40 Las señales de temperatura,  $T_1$  y  $T_2$ , son comunicadas a un dispositivo de control 8 con el fin de controlar el grado de apertura del dispositivo de expansión 3 de una manera tal que se obtiene un valor óptimo de sobrecalentamiento. De acuerdo con ello, el dispositivo de control 8 está adaptado 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 (ON/OFF) desde el compresor 2 que indica si el compresor está operando o no. Esta información es tomada también en consideración cuando es generada la señal de control para el dispositivo de expansión 3.

45 El primer sensor de temperatura 6 puede ser calibrado de la manera anteriormente descrita. Esto será descrito adicionalmente a continuación con referencia a la figura 2.

La figura 2 es un gráfico que ilustra variaciones de temperatura del refrigerante al incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura de un dispositivo de expansión. El gráfico de la figura 2 puede, por ejemplo, ser obtenido mediante medidas realizadas por los sensores de temperatura 6, 7 mostrados en la figura 1.

En el gráfico de la figura 2, el grado de apertura de un dispositivo de expansión, por ejemplo, el dispositivo de expansión 3 ilustrado en la figura 1, en función del tiempo está ilustrado mediante la línea continua 9. Puede verse que el grado de apertura 9 alterna entre un grado de apertura máximo y un grado de apertura mínimo, y que el grado de apertura 9 es conmutado abruptamente entre los grados de apertura máximo y mínimo. Esto es repetido, definiéndose con ello una pluralidad de ciclos del grado de apertura 9 del dispositivo de expansión. En la figura 2 se muestra aproximadamente 1½ ciclo.

Mientras que el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión es alternado como se ha descrito anteriormente, son medidas la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador y la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, por ejemplo por medio de los sensores de temperatura 6, 7 ilustrados en la figura 1. La línea de puntos 10 de la figura 2 ilustra la temperatura del refrigerante que entra en el evaporador, es decir la temperatura medida por medio del primer sensor de temperatura 6, en función del tiempo. La línea de rayas 11 ilustra la temperatura del refrigerante que sale del evaporador, es decir la temperatura medida por medio del segundo sensor de temperatura 7, en función del tiempo.

En el gráfico de la figura 2, el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión es inicialmente el grado de apertura mínimo. De acuerdo con ello, el suministro de refrigerante al evaporador es bajo, y el grado de llenado del evaporador se reducirá por lo tanto gradualmente. Además, la presión del refrigerante que entra en el evaporador es baja. En consecuencia, la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador se reduce, como se ha descrito anteriormente. Además, la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador se incrementa, dado que una parte creciente del evaporador contendrá refrigerante gaseoso, y por lo tanto una parte creciente del intercambio de calor que tiene lugar en el evaporador será usada para calentar refrigerante gaseoso, en vez de para evaporar refrigerante.

En un cierto punto en el tiempo, el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión es conmutado al grado de apertura máximo. Con ello, el suministro de refrigerante al evaporador es incrementado significativamente, incrementando con ello el flujo de masa de refrigerante hacia el evaporador e incrementando la presión del refrigerante que entra en el evaporador. El suministro incrementado de refrigerante al evaporador provoca además que el grado de llenado del evaporador se incremente.

Así, el incremento en el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión provoca que la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador se incremente. Además, el incremento en el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión provoca que la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador se reduzca. De acuerdo con ello, la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador y la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador se aproximan entre sí.

En un punto posterior en el tiempo, el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión es nuevamente conmutado al grado de apertura mínimo. Con ello, el suministro de refrigerante al evaporador es reducido significativamente, reduciendo con ello el flujo de masa de refrigerante hacia el evaporador y reduciendo la presión del refrigerante que entra en el evaporador. El suministro reducido de refrigerante al evaporador provoca además que el grado de llenado del evaporador se incremente hacia el grado de llenado máximo.

Así, la reducción en el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión provoca que la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador se reduzca. Además, la reducción en el grado de apertura 9 del dispositivo de expansión provoca que la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador se incremente. De acuerdo con ello, la diferencia de temperatura entre la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador y la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador es incrementada.

El incremento y la reducción alternas del grado de apertura 9 del dispositivo de expansión son repetidas un número deseado de veces, definiendo con ello una pluralidad de ciclos del grado de apertura del dispositivo de expansión. Esto resulta en que las temperaturas 10, 11 del refrigerante que entra en y sale del evaporador se incrementen y reduzcan de forma alterna como se ha descrito anteriormente. De acuerdo con ello, para cada uno de los ciclos del grado de apertura 9 del dispositivo de expansión, la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador alcanza un valor máximo, y la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador alcanza un valor mínimo. Esto ocurrirá casi simultáneamente, en que la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador alcanza su valor máximo poco antes de que la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador alcance su valor mínimo, debido al tiempo que necesita el refrigerante para atravesar el evaporador. Este suceso indica que el evaporador ha alcanzado un estado de inundación o grado de llenado máximo, y la diferencia de temperatura entre la temperatura 11 mínima del refrigerante que sale del evaporador y la temperatura 10 máxima del refrigerante que entra en el evaporador corresponde al valor de sobrecalentamiento en este estado.

Por lo tanto, para cada ciclo del grado de apertura 9 del dispositivo de expansión, un valor de calibración,  $\Delta T_1$ , puede ser calculado como  $\Delta T_1 = C \cdot (T_{2,\min} - T_{2,\max})$ , donde C es una constante que corresponde al valor de sobrecalentamiento

en un estado de inundación del evaporador,  $T_{2,\min}$  es el valor mínimo de la temperatura 11 del refrigerante que sale del evaporador, y  $T_{1,\max}$  es el valor máximo de la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador. Así,  $\Delta T_1$  representa la diferencia entre el valor de sobrecalentamiento real y el valor de sobrecalentamiento medido, y es por lo tanto una medida de una lectura errónea o mala calibración de los sensores de temperatura uno con relación a otro.

5 Entre los valores de calibración calculados es seleccionado un valor máximo,  $\Delta T_{1,\max}$ . Con ello se asegura que el valor de calibración que es seleccionado representa la situación en la que el evaporador está realmente en un estado de inundación, y el valor de calibración refleja por lo tanto verdaderamente la posible lectura errónea de los sensores de temperatura.

10 Finalmente, las medidas de temperatura subsiguientes realizadas por el primer sensor de temperatura, es decir el sensor de temperatura que mide la temperatura 10 del refrigerante que entra en el evaporador, son ajustadas en una cantidad correspondiente a  $\Delta T_{1,\max}$ . Con ello, los valores de sobrecalentamiento que son determinados subsiguientemente sobre la base de medidas realizadas por medio de los sensores de temperatura primero y segundo serán precisos, y con ello puede obtenerse un control preciso del dispositivo de expansión.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para calibrar un sensor de temperatura (6) dispuesto en un sistema de compresión de vapor (1), en que el sistema de compresión de vapor (1) comprende un compresor (2), un condensador, un dispositivo de expansión (3) que tiene un grado de apertura (9) variable, y un evaporador (4) dispuesto a lo largo de una trayectoria de refrigerante (5), en que el sistema de compresión de vapor (1) tiene además un primer sensor de temperatura (6),  $S_1$ , dispuesto en la trayectoria de refrigerante (5) en una abertura de entrada del evaporador (4), y un segundo sensor de temperatura (7),  $S_2$ , dispuesto en la trayectoria de refrigerante (5) en una abertura de salida del evaporador (4), en que el método comprende los pasos de:
- 10 - incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3) entre un grado de apertura máximo y un grado de apertura mínimo, definiendo con ello una pluralidad de ciclos del grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3),
- 15 - al menos para una parte de cada ciclo del grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3), monitorizar una temperatura (10) del refrigerante que entra en el evaporador (4) por medio del primer sensor de temperatura (6),  $S_1$ , y monitorizar una temperatura (11) del refrigerante que sale del evaporador (4) por medio del segundo sensor de temperatura (7),  $S_2$ ,
- para cada ciclo del grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3), registrar una temperatura máxima,  $T_{1,max}$ , medida por el primer sensor de temperatura (6),  $S_1$ , y registrar una temperatura mínima,  $T_{2,min}$ , medida por el segundo sensor de temperatura (7),  $S_2$ ,
- 20 - para cada ciclo del grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3), calcular un valor de calibración,  $\Delta T_1$ , como  $\Delta T_1 = C - (T_{2,min} - T_{1,max})$ , donde C es una constante,
- seleccionar un valor de calibración máximo,  $\Delta T_{1,max}$ , entre los valores de calibración,  $\Delta T_1$ , calculados para cada uno de la pluralidad de ciclos del grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3), y
- 25 - ajustar las medidas de temperatura realizadas por el primer sensor de temperatura (6),  $S_1$ , en una cantidad definida por  $\Delta T_{1,max}$ .
2. Un método según la reivindicación 1, en que el paso de incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3) es realizado sobre la base de medidas realizadas por el segundo sensor de temperatura (7),  $S_2$ .
- 30 3. Un método según la reivindicación 2, en que el paso de monitorizar una temperatura (11) del refrigerante que sale del evaporador (4) comprende monitorizar un comportamiento dinámico de la temperatura (11) del refrigerante que sale del evaporador (4), y en que el paso de incrementar y reducir de forma alterna el grado de apertura (9) del dispositivo de expansión (3) es realizado sobre la base del comportamiento dinámico de la temperatura (11) del refrigerante que sale del evaporador (4).
- 35 4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además el paso de repetir los pasos del método una vez transcurrido un periodo de tiempo.
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que C corresponde a un valor de sobrecalentamiento del refrigerante que sale del evaporador (4) durante un estado de inundación del evaporador (4).

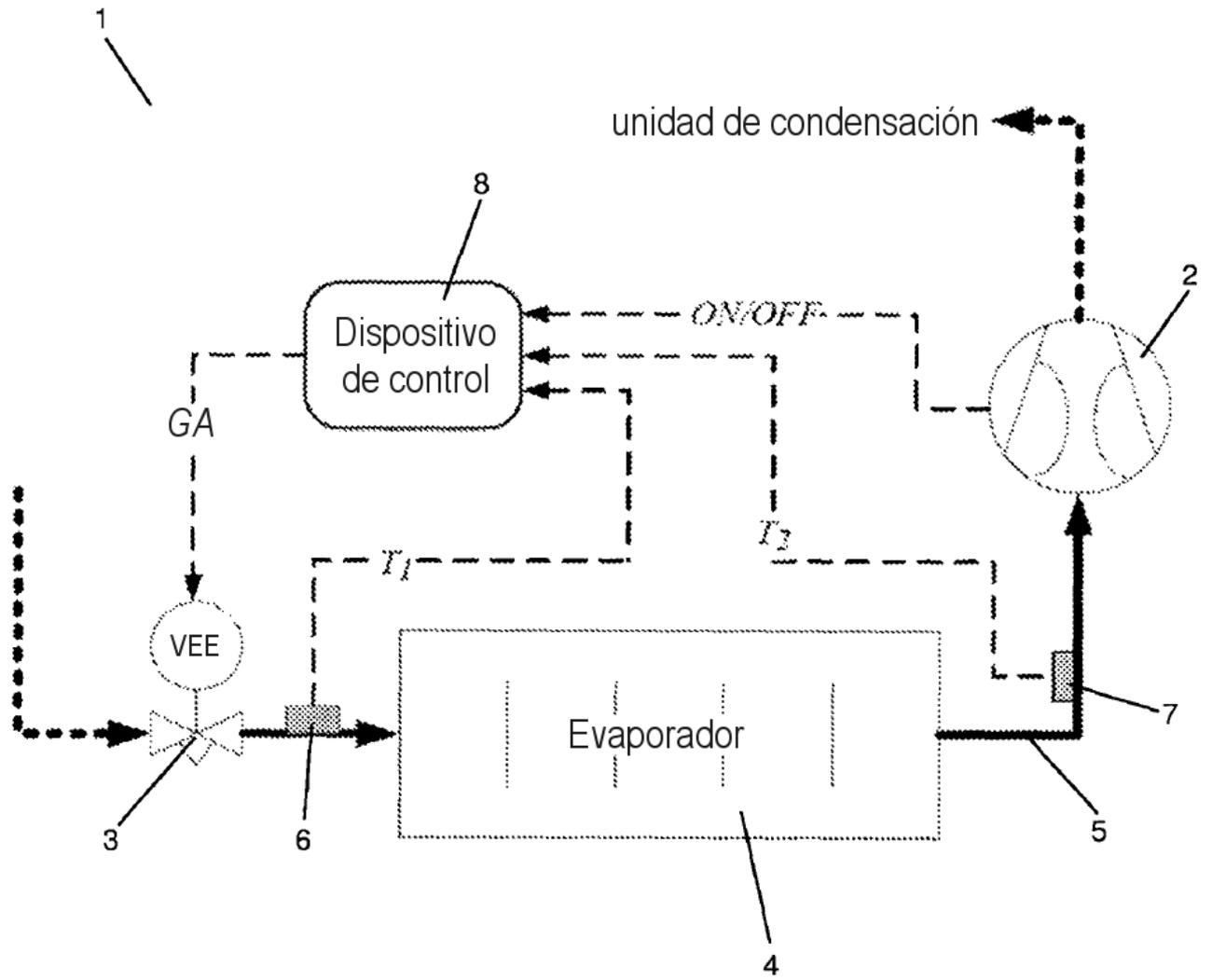


Fig. 1

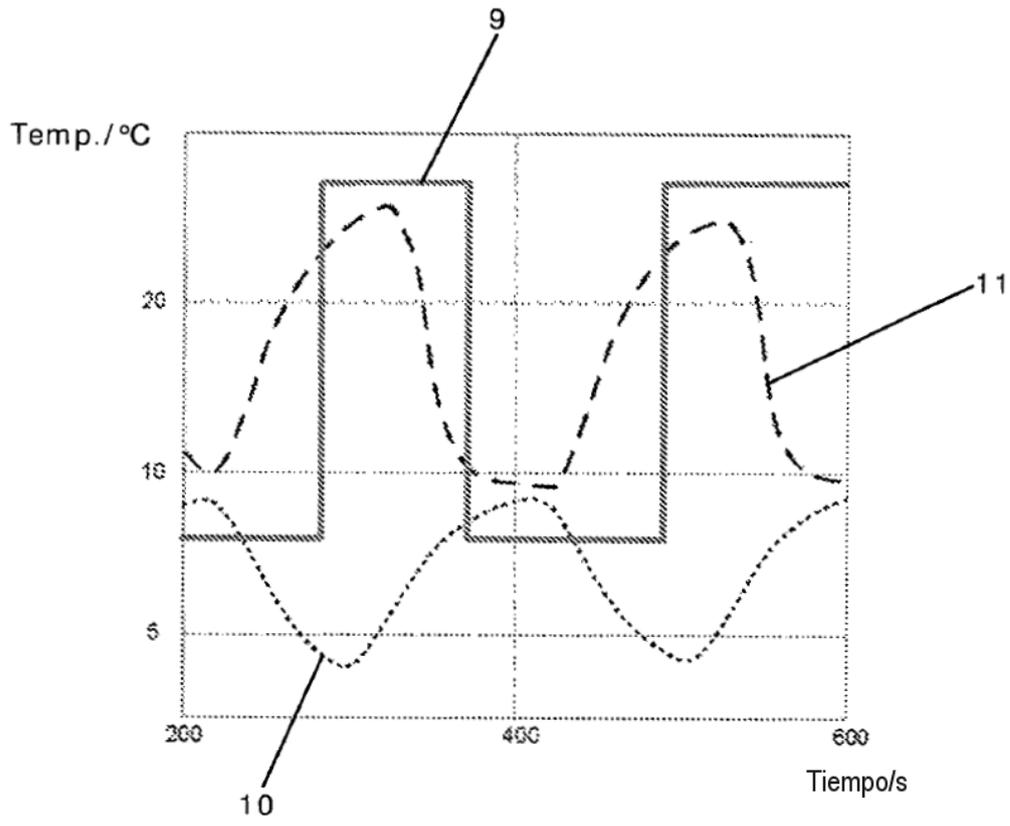


Fig. 2