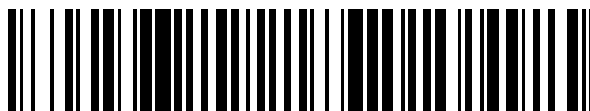


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 399**

51 Int. Cl.:

F25B 39/02 (2006.01)
F25B 49/02 (2006.01)
F28F 27/02 (2006.01)
F28D 1/03 (2006.01)
F28D 9/00 (2006.01)
F28F 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2012** **E 12171918 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018** **EP 2674697**

54 Título: **Intercambiador de calor de placas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.02.2019

73 Titular/es:

ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
PO Box 73
221 00 Lund, SE

72 Inventor/es:

BERTILSSON, KLAS;
NYANDER, ANDERS y
ZORZIN, ALVARO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 700 399 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

Intercambiador de calor de placas

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere en general a un sistema para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador. Además, la invención se refiere a un método para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador.

10

Técnica anterior

La presente invención se refiere generalmente a un sistema que comprende un evaporador y, en particular, a un evaporador en forma de un intercambiador de calor de placas. En general, un evaporador está diseñado para la evaporación de un fluido, como un agente de enfriamiento, para diversas aplicaciones, como aire acondicionado, sistemas de enfriamiento, sistemas de bomba de calor, etc. Por lo tanto, el evaporador se puede utilizar en un sistema de dos fases que maneja un fluido en forma líquida y en forma gaseosa.

15

20

25

30

En caso de que el evaporador sea un intercambiador de calor de placas, esto puede a modo de ejemplo incluir un paquete de placas, que incluye varias primeras y segundas placas de intercambiador de calor. Las placas están unidas permanentemente entre sí y dispuestas una al lado de la otra de manera que se forma un primer espacio entre placas, formando un primer pasaje de fluido, entre cada par de las primeras placas de intercambiador de calor adyacentes y las segundas placas de intercambiador de calor, y un segundo espacio entre placas, formando un segundo pasaje de fluido, entre cada par de segundas placas de intercambiador de calor adyacentes y primeras placas de intercambiador de calor. Los espacios intermedios de la primera placa y los espacios intermedios de la segunda placa están separados entre sí y se proporcionan uno al lado del otro en un orden alterno en el paquete de placas. Sustancialmente cada placa de intercambiador de calor tiene al menos una primera ventanilla de inspección y una segunda ventanilla de inspección, donde las primeras ventanillas de inspección forman un primer canal de entrada a los primeros espacios intermedios de placas y las segundas ventanillas de inspección forman un primer canal de salida de los primeros espacios intermedios de placas y en donde el paquete de placas incluye un espacio separado para cada uno de dichos espacios intermedios de la primera placa, cuyo espacio está cerrado para los espacios intermedios de la segunda placa.

35

40

En este intercambiador de general de calor de placas de la técnica anterior para ser utilizado en un sistema de dos fases se introduce en forma líquida un primer fluido, tal como un agente de enfriamiento, en la válvula, pero se expande cuando se sale de la válvula debido a la caída de presión en un fluido parcialmente evaporado en un extremo del primer canal de entrada, es decir, el primer orificio de acceso, para distribución adicional a lo largo del primer canal de entrada y adicionalmente en cada uno de los espacios intermedios individuales de la primera placa durante la evaporación en forma gaseosa. Siempre existe el riesgo de que el contenido de energía del fluido suministrado sea demasiado alto, por lo que una parte del flujo suministrado al canal de entrada a través de su puerto de entrada se encontrará con el extremo posterior del canal de entrada y se reflejará en la dirección opuesta. De este modo, el flujo en el canal de entrada es muy caótico y difícil de predecir y controlar.

45

50

Además, la caída de presión del agente de enfriamiento puede aumentar con la distancia desde la entrada hasta el primer canal de entrada, con lo que se verá afectada la distribución del primer fluido entre los espacios intermedios entre placas individuales. Se sabe que el cambio de flujo angular al que deben pasar las gotitas del primer fluido al entrar en los espacios intermedios de la placa individual desde el primer canal de entrada contribuye a una distribución desigual. Otro parámetro más que influye son las diferencias dimensionales entre los espacios intermedios individuales de la primera placa, lo que da como resultado que cada espacio intermedio de la primera placa tiene su propia eficiencia. También se debe saber que el funcionamiento y el rendimiento de un espacio intermedio de primera placa individual depende de su posición en un paquete de placas. Los espacios intermedios más externos a cada lado del paquete de placas tienden a comportarse de forma diferente a los que se encuentran en el medio del paquete de placas.

55

60

Como resultado de esto, es muy difícil, o incluso imposible, para optimizar el funcionamiento y la eficiencia de un evaporador en su conjunto, asegurar que todo el líquido suministrado al evaporador se evapora completamente antes de salir de la salida del evaporador y, especialmente, antes de llegar a la entrada de un compresor para ser dispuesto aguas abajo de la salida del evaporador. De hecho, es suficiente que haya un espacio intermedio de la primera placa que funciona mal para que se produzca la evaporación insuficiente del evaporador en su conjunto. A modo de ejemplo, si un único espacio intermedio de la primera placa está inundado, es decir, es incapaz de evaporar la cantidad completa de fluido suministrado al mismo, se producirán gotitas aguas abajo de la salida del evaporador. Generalmente, evaporación total significa que el fluido evaporado debe haber alcanzado la temperatura de sobrecalentamiento por lo que el fluido evaporado comprende solo fluido gaseoso seco, es decir, el fluido evaporado debería tener una temperatura superior a la temperatura de saturación a una presión predominante.

65

El propósito de hacer funcionar el evaporador tan cerca como sea posible de una temperatura de punto de ajuste de sobrecalentamiento, sin importar el modo de funcionamiento, es importante para obtener un factor de utilización tan alto como sea posible. Por lo tanto, es de importancia económica. Además, tiene una influencia sobre otros componentes que cooperan con el evaporador, como un compresor, ya que los compresores normalmente son sensibles al contenido de líquido. Cualquier gota que permanezca en el fluido evaporado cuando llegue a la entrada del compresor puede dañarlo. Además, existe un interés económico de que el evaporador funcione tan cerca como sea posible de la temperatura de sobrecalentamiento ya que una vez que el fluido ha alcanzado la temperatura de sobrecalentamiento, el fluido está completamente seco y no hay ganancia al aumentar la temperatura adicionalmente. El punto de ajuste de temperatura de sobrecalentamiento anterior está determinado por el fabricante del sistema para incorporar un cierto margen de seguridad deseado contra el riesgo de recibir líquido en el compresor. Los problemas discutidos anteriormente se acentúan cuando se cambia la carga del evaporador. Esto puede ser, a modo de ejemplo, el caso cuando se cambia el tipo de funcionamiento de un sistema de aire acondicionado, de una temperatura a otra, lo que significa que se cambia la cantidad de fluido a suministrar al evaporador.

Los documentos EP2156112B1 y WO2008151639A1 proporcionan un método para controlar la distribución de enfriamiento entre al menos dos evaporadores de tal manera que la capacidad de enfriamiento de los evaporadores calentados por aire se utiliza en la mayor medida posible. Esto se realiza controlando un sobrecalentamiento de enfriamiento en una salida común de los evaporadores. Además, esto se hace alterando un flujo másico de enfriamiento a través de un evaporador seleccionado mientras se mantiene sustancialmente constante el flujo másico total de enfriamiento a través de todos los evaporadores. El flujo es controlado por una sola válvula que es una válvula de expansión. Así, los dos documentos proporcionan una solución para controlar el funcionamiento de una pluralidad de evaporadores calentados por aire, evaluándose en este método cada evaporador como una unidad completa y controlándose en este método cada unidad en vista de los evaporadores adicionales dispuestos en el mismo circuito.

Otros ejemplos de documentos que describen sistemas que comprenden múltiples evaporadores y/o múltiples intercambiadores de calor son US6415619B1 y EP0750166A2. En el documento US6415619B1, se utilizan evaporadores múltiples para enfriar un sistema informático de componentes múltiples. En el documento EP0750166A2, se describe una pluralidad de intercambiadores de calor interiores. Además, estos dos documentos proporcionan soluciones para controlar el funcionamiento de una pluralidad de intercambiadores de calor y/o evaporadores en un sistema, en el que cada evaporador/intercambiador de calor se evalúa como una unidad completa. El documento GB 2229295 A divulga un sistema para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

En general, la eficiencia de evaporadores y en especial intercambiadores de calor de placas a carga parcial es una cuestión en alza. Se enfoca más en cómo el evaporador se desempeña a diferentes funciones de funcionamiento en lugar de medirse en un solo modo de funcionamiento. A modo de ejemplo, las pruebas a escala de laboratorio han demostrado que un sistema de aire acondicionado puede ahorrar entre un 4 % y un 10 % de su consumo de energía simplemente mejorando la función del evaporador a carga parcial para un intercambiador de calor de placas soldadas. Además, un sistema de evaporador normalmente solo funciona a plena capacidad durante el 3 % del tiempo, mientras que la mayoría de los evaporadores están diseñados y ajustados para un funcionamiento de plena capacidad.

Sumario

El objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de evaporador mejorado que remedia los problemas mencionados anteriormente. Especialmente está dirigido a un evaporador y a un método que permite un mejor control y distribución del suministro del primer fluido, tal como el agente de enfriamiento, entre los pasajes de fluido para mejorar así su eficacia del intercambiador de calor de placa sin importar el estado de funcionamiento.

Este objetivo se consigue mediante un sistema para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador, comprendiendo el sistema un evaporador, una pluralidad de disposiciones de inyector, una disposición de sensor y un controlador, en el que el evaporador comprende una salida, una pluralidad de pasajes de fluido y al menos una entrada para el suministro de un fluido a la salida a través de la pluralidad de pasajes de fluido durante la evaporación del fluido, cada disposición de inyector comprende al menos un inyector y al menos una válvula, y estando dispuesta cada disposición de inyector para suministrar un flujo del fluido a al menos uno de los pasajes de fluido a través de al menos una entrada del evaporador, la disposición de sensor está dispuesta para medir la temperatura y la presión del fluido evaporado, o la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, y el controlador está configurado para evaluar individualmente cada uno de los pasajes de fluido en función de la información recibida de la disposición del sensor y para comunicarse con cada una de las válvulas de las disposiciones de inyector para controlar, Basándose en las evaluaciones respectivas, la cantidad de fluido a suministrar por cada disposición de inyector a cada pasaje de fluido en el evaporador para que el evaporador funcione hacia un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste.

Con un sistema que tiene esta configuración, se puede supervisar el funcionamiento de cada pasaje de fluido o

una menor cantidad de pasajes de fluido, por lo que la contribución de cada pasaje de fluido individuo para el rendimiento global del evaporador se puede ajustar para que el evaporador funcione hacia un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste.

- 5 El término "contenido de líquido" se define a continuación como fluido en una fase líquida o una fase mixta líquida/gaseosa. Puede ser a modo de ejemplo en forma de gotitas.

Siempre que la disposición de sensor está dispuesta para medir la temperatura y la presión, el valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste puede a modo de ejemplo decidirlo el fabricante del sistema para proteger
10 contra el riesgo de que entre líquido en el compresor. En el caso de que la disposición del sensor esté dispuesta para medir la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, el valor de sobrecalentamiento del punto de referencia puede manejarse de una manera "digital", en donde la presencia de cualquier contenido líquido es un indicador de que la cantidad de fluido suministrado al pasaje de fluido evaluado es demasiado alta para una evaporación completa, o alternatively, la ausencia de cualquier contenido de líquido es un indicador de que la
15 cantidad de fluido suministrado al pasaje de fluido es insuficiente y puede aumentarse.

Al operar el sistema de la invención de forma continua, para cada pasaje de fluido sucesivo se puede optimizar el funcionamiento del evaporador de forma iterativa con vistas a un modo operativo deseado. Esto permite optimizar el tamaño/las dimensiones del evaporador. Además, por último, se puede reducir el consumo de energía requerido
20 para hacer funcionar un sistema que comprende el evaporador como un componente. También permite la posibilidad de utilizar un compresor más pequeño para ser dispuesto aguas abajo del evaporador.

Cada inyector en una disposición de inyector puede estar dispuesto para comunicarse con una válvula, o alternatively, una pluralidad de inyectores en una disposición de inyector puede estar dispuesto para comunicarse con una válvula. Por consiguiente, una misma válvula puede controlar la cantidad de fluido
25 suministrado a cada pasaje de fluido basándose en las instrucciones recibidas desde el controlador.

Cada disposición de inyector puede estar dispuesta para comunicarse con un pasaje de fluido, o alternatively, cada disposición de inyector puede estar dispuesta para comunicarse con al menos dos pasajes de fluido. Esto permite controlar el funcionamiento de cada pasaje de fluido o un número menor de pasajes de fluido, por lo que puede ajustarse y optimizarse la contribución de cada pasaje de fluido individual al rendimiento global del evaporador.
30

La disposición de sensor puede estar dispuesta en un sistema de tubo que conecta la salida del evaporador con una entrada de un compresor. De ese modo, la temperatura inherente del sistema de tubo se puede usar para contribuir adicionalmente a la evaporación de cualquier contenido de líquido restante en el fluido después de la salida del evaporador.
35

El controlador puede ser un regulador PID. Un regulador PID es un regulador bien conocido en el campo de la ingeniería de control automático. El regulador PID se puede usar para encontrar de forma relativamente rápida el punto de consigna sin causar ninguna oscilación automática del sistema.
40

El evaporador puede ser un intercambiador de calor de placas. El intercambiador de calor de placas puede ser, a modo de ejemplo, un intercambiador de calor de placas que tiene un primer y un segundo pasajes de fluido y cuatro orificios de puerto que permiten un flujo de dos fluidos. Debe entenderse que la invención es igualmente aplicable a los intercambiadores de calor de placas que tienen diferentes configuraciones en términos del número de pasajes de fluido, el número de orificios de puerto y el número de fluidos a manipular.
45

La disposición de sensor puede comprender al menos un sensor de temperatura y al menos un sensor de presión. Los dos sensores no deben tener la misma posición.
50

Alternatively, en el caso en que la disposición de sensor está dispuesta para medir la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, la disposición de sensor puede ser al menos un sensor de temperatura. El sensor de temperatura se puede usar para determinar una tendencia a la disminución de la temperatura como se ve durante un período de medición o se puede usar para determinar una temperatura inestable como se ve durante un período de medición. Tanto la tendencia a la disminución de la temperatura como a la inestable pueden usarse como entrada al controlador para establecer la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado ya que el contenido líquido, es decir, un flujo de fluido en fase líquida o en una fase mezcla líquida/gaseosa indicará una temperatura más baja en el sensor de temperatura que un flujo de fluido gaseoso seco completamente evaporado.
55

Según otro aspecto, la invención se refiere a un método para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador, el evaporador que comprende al menos una entrada, una pluralidad de pasajes de fluido y una salida, y el evaporador se incluye en un sistema más que comprende una disposición de sensor, un controlador y una pluralidad de disposiciones de inyector, comprendiendo cada disposición de inyector al menos un inyector y al menos una válvula, por lo que el método comprende las etapas de:
60
65

- a) suministrar a través de una entrada del evaporador una cantidad predeterminada de fluido mediante una primera disposición de inyector a un primer pasaje de fluido para la evaporación del fluido durante su pasaje a la salida del evaporador,
- b) medir mediante la disposición del sensor la temperatura y la presión del fluido evaporado o la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado,
- c) determinar, mediante el controlador, la diferencia entre un valor de supercalentamiento de punto de ajuste y los valores medidos de la temperatura y la presión del fluido evaporado, o la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, resultante de la cantidad determinada previamente de fluido suministrado,
- d) determinar, mediante el controlador, una cantidad ajustada de fluido a ser suministrado por la válvula de la primera disposición de inyector al primer pasaje de fluido requerido para alcanzar el valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste, y
- e) repitiendo continuamente las etapas a) - d) de forma individual para cada disposición de inyector y cada pasaje de fluido del evaporador para controlar continuamente el funcionamiento del evaporador para que el evaporador funcione hacia un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste.

Mediante el método, el funcionamiento de cada pasaje de fluido o un menor número de pasajes de fluido puede ser controlado, por lo que la contribución de cada pasaje de fluido individuo para el rendimiento global del evaporador se puede ajustar de forma continua para que el evaporador para operar hacia un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste con un flujo optimizado a través de cada pasaje de fluido. La optimización puede ser una maximización de la cantidad de fluido suministrado.

Siempre que la disposición de sensor está dispuesta para medir la temperatura y la presión, el valor de sobrecalentamiento de punto de referencia puede a modo de ejemplo ser la temperatura de sobrecalentamiento para el fluido específico usado en el sistema.

Alternativamente, el valor de sobrecalentamiento puede ser la temperatura de sobrecalentamiento calculada para el fluido específico usado en el sistema como ajustado con un margen de seguridad predeterminado. En caso de que la disposición del sensor esté dispuesta para medir la presencia de cualquier contenido de líquido en el evaporador, el valor de sobrecalentamiento del punto de ajuste puede manejarse de manera "digital", donde la presencia de cualquier contenido de líquido es un indicador de que la cantidad de fluido suministrado al pasaje de fluido evaluado es demasiado alta para una evaporación completa, o alternatively, ninguna presencia de cualquier contenido de líquido es un indicador de que la cantidad de fluido suministrado al pasaje de fluido es insuficiente y puede aumentarse.

Además, mediante el método, siguiendo y ajustando continuamente el funcionamiento de los pasajes de fluido individuales o grupos de pasajes de fluido, puede optimizarse el funcionamiento del evaporador de forma iterativa con vistas a un modo de funcionamiento deseado. Más precisamente, repitiendo las etapas del método para cada disposición de inyector consecutivo y para cada pasaje de fluido, se puede tener en cuenta cualquier desequilibrio en el evaporador en su conjunto entre las pluralidades de pasajes de fluido. Esto permite que el tamaño/dimensiones del evaporador se reduzca, lo que a su vez permite una reducción de costes. Por último, se puede reducir el consumo de energía requerido para hacer funcionar un sistema que comprende el evaporador como un componente.

Se puede hacer funcionar el sistema durante un período de tiempo en un modo predeterminado antes de iniciar la etapa a). En el caso del evaporador 54 que forma parte de un sistema de acondicionamiento de aire, esto puede ser a modo de ejemplo un modo operativo correspondiente a una oficina durante la hora de trabajo normal, tal como 20 °C. De este modo, todos los componentes del sistema tendrán la posibilidad de ser acondicionados antes de iniciar el proceso de optimización.

En el caso en que la disposición de sensor está dispuesta para medir la temperatura y la presión del fluido evaporado, el método puede comprender además las etapas de:

- convertir, mediante el controlador, la presión medida P_m en una temperatura de saturación T_s , determinando la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento real T_{shA} , que prevalece en el punto específico de tiempo cuando se midieron la temperatura y la presión, comparando la temperatura medida T_m con la temperatura de saturación T_s ;
- determinar la diferencia de temperatura ΔT entre un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste que es una temperatura de sobrecalentamiento de ajuste T_{shT} y la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento real T_{shA} ; y determinar, basándose en la diferencia de temperatura, la necesidad de cualquier ajuste de la cantidad de fluido suministrado por la válvula de la primera disposición de inyector al primer pasaje de fluido, y dar instrucciones a la válvula de la primera disposición de inyector para ajustar la cantidad de fluido a ser suministrado por la primera disposición de inyector al primer pasaje de fluido en consecuencia.

La conversión de la presión medida en una temperatura de saturación se pueden hacer mediante el controlador usando información preprogramado específico para el fluido utilizado en el evaporador. Tal información está fácilmente disponible en gráficos o tablas que representan la presión de vapor frente a la temperatura para un fluido

específico.

En el caso de la disposición de sensor es un sensor de humedad, el método puede comprender además las etapas de, siempre que el sensor genera una señal recibida por el controlador que indica la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, dar instrucciones a la válvula de la primera disposición de inyector para reducir la cantidad de fluido suministrada al primer pasaje de fluido, o siempre que el sensor genere una señal recibida por el controlador que indique que no hay contenido de líquido en el fluido evaporado, ordenando a la válvula de la primera disposición de inyector que incremente la cantidad de fluido suministrado al primer pasaje de fluido.

Esto puede hacerse siendo el sensor de humedad un sensor de temperatura que determina una tendencia de disminución de la temperatura como se ha visto durante un período de medición o determinación de una temperatura inestable como se ha visto durante un período de medición. Tanto la tendencia de la temperatura decreciente como la de temperatura inestable pueden usarse como entrada al controlador para establecer la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado ya que una fase líquida o un fluido mixto líquido/gaseoso tendrán una temperatura inferior a la máxima flujo de fluido gaseoso seco y evaporado.

En el caso de que la disposición de sensor comprenda al menos dos sensores de humedad, el método puede comprender además la etapa de comparar las señales recibidas por el controlador a partir de los al menos dos sensores que indican la presencia o la no presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado para determinar si ordenar a la válvula de la primera disposición de inyector que aumente, disminuya o mantenga la cantidad de fluido suministrada al primer pasaje de fluido, y dar instrucciones a la válvula de la primera disposición de inyector para que ajuste en consecuencia la cantidad de fluido que debe suministrar la primera disposición de inyector al primer pasaje de fluido.

De nuevo, esto puede hacerse mediante el uso de sensores de humedad en forma de sensores de temperatura, determinando una tendencia de disminución de la temperatura como se ha visto durante un período de medición o determinando una temperatura inestable como se ha visto durante un período de medición. Comparando las señales recibidas por el controlador de al menos dos sensores, es posible que el controlador determine cualquier contribución de un sistema de tubo que conecta la salida del evaporador con la entrada de un compresor a la evaporación. El sistema de tubo normalmente está caliente, por lo que cualquier contacto entre cualquier contenido líquido restante en el fluido evaporado aguas abajo de la salida del evaporador puede provocar una evaporación cuando dicho contenido líquido entra en contacto con el sistema de tubo en su camino hacia un compresor aguas abajo.

El método puede comprender, además, antes de continuar a la etapa e), la etapa de comunicar la cantidad de fluido ajustada determinada a la válvula de la primera disposición del inyector y ajustar la válvula para suministrar una cantidad ajustada de fluido.

Por lo tanto, según esta realización, se evalúa el funcionamiento de un primer pasaje de fluido y se ajusta su suministro de fluido antes de continuar la evaluación y el ajuste del funcionamiento de los pasajes de fluido posteriores.

Alternativamente, el método puede comprender además una etapa de comunicar la cantidad ajustada determinada de líquido a las válvulas de cada disposición de inyector y ajustar las válvulas para suministrar una cantidad ajustada de fluido a todos los pasajes de fluido del evaporador. Por lo tanto, de acuerdo con esta realización, el funcionamiento de cada pasaje de fluido se evalúa antes de que se ajusten todas las válvulas y su suministro de fluido.

Cuando el funcionamiento del evaporador ha sido activado para alcanza el valor de sobrecalentamiento de punto de referencia, el método puede comprender además la etapa de ajustar el valor de sobrecalentamiento de punto de referencia antes de repetir las etapas del método con el propósito de proporcionar de nuevo un control continuo del funcionamiento del evaporador para que el evaporador funcione hacia el valor de sobrecalentamiento del punto de referencia ajustado. De acuerdo con esta realización, es posible refinar continuamente el funcionamiento del evaporador y sus primeros pasajes de fluido individuales.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán realizaciones de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra esquemáticamente un circuito de enfriamiento de la técnica anterior que es un sistema mecánico de compresión de vapor.

La figura 2 muestra esquemáticamente una vista lateral de un intercambiador de calor de placas típico.

La figura 3 muestra esquemáticamente una vista frontal del intercambiador de calor de placas de la figura 1.

La figura 4 muestra esquemáticamente una sección transversal a lo largo de un borde de un intercambiador de

calor de placas de la técnica anterior.

La figura 5 describe un circuito de enfriamiento relacionado con el sistema de la invención.

La figura 6 muestra esquemáticamente una sección transversal a lo largo de un borde de un intercambiador de calor de placas que aplica el sistema de la invención.

5 La figura 7 describe las etapas del método de la invención usando sensores para detectar temperatura y presión.

La figura 8 describe las etapas del método de la invención que usa sensores para detectar cualquier contenido líquido.

Descripción detallada

10 Un intercambiador de calor 1 normalmente puede ser incluido como un evaporador en un circuito de enfriamiento. Un sistema de enfriamiento de la técnica anterior, véase la figura 1, que es un sistema mecánico de compresión de vapor, normalmente comprende un compresor 51, un condensador 52, una válvula de expansión 53 y un evaporador 54. El circuito puede comprender además un sensor de presión 55 y un sensor de temperatura 56 dispuesto entre la salida del evaporador y la entrada del compresor. El círculo de enfriamiento de dicho sistema comienza cuando un
15 agente de enfriamiento entra en el compresor 51 en forma gaseosa a baja presión y con baja temperatura. El compresor 51 comprime el agente de enfriamiento a un estado gaseoso a alta presión y alta temperatura antes de entrar en el condensador 52. El condensador 52 lleva el gas a alta presión y alta temperatura a un líquido a alta temperatura transfiriendo calor a un medio de temperatura más baja, tal como agua o aire. El líquido a alta temperatura entra luego en la válvula de expansión 53 donde la válvula de expansión permite que una porción del agente de enfriamiento ingrese al evaporador 54. La válvula de expansión 53 tiene la función de expandir el agente de enfriamiento desde el lado de alta a baja presión, y de ajustar el flujo. Para que la temperatura más alta se enfríe, el flujo dentro del evaporador debe limitarse para mantener baja la presión y permitir la expansión de regreso a la forma gaseosa. La válvula de expansión 53 puede ser operada por un controlador 57 basándose en las señales recibidas desde el sensor de presión 55 y el sensor de temperatura 56. La información puede usarse para indicar
20 que el funcionamiento general del evaporador 54 basado en la llamada temperatura de supercalentamiento es indicativa de cualquier contenido de líquido que permanezca en el fluido después de abandonar el evaporador 54.

Volviendo ahora a las figuras 2 a 4 se describe un evaporador típico en forma de un intercambiador de calor de placas 1. Debe entenderse que el intercambiador de calor 1 puede ser de cualquier tipo, tal como un intercambiador de calor de placas, un intercambiador de calor de tubos y carcasas, un intercambiador de calor en espiral, etc. Sin embargo, la invención se tratará en lo sucesivo aplicada a una placa intercambiador de calor 1, aunque la invención no debe limitarse a esto.

El intercambiador de calor de placas 1 incluye un paquete de placas P, que está formado por varias placas del intercambiador de calor A, B, que se proporcionan una al lado de la otra. Las placas de intercambiador de calor incluyen en la realización descrita dos placas diferentes, que a continuación se denominan placas de intercambiador de calor primera y segunda A y B. Las placas de intercambiador de calor A, B están dispuestas una al lado de la otra de manera que se forma un primer pasaje de fluido 3 entre cada par de primeras placas de intercambiador de calor A y segundas placas de intercambiador de calor B adyacentes, y se forma un segundo pasaje de fluido 4 entre cada
35 par de segundas placas de intercambiador de calor adyacentes B y primeras placas de intercambiador de calor A. El paquete de placas P adicionalmente incluye una placa de extremo superior 6 y una placa de extremo inferior 7 dispuesta en un lado respectivo del paquete de placas P.

Como se desprende especialmente de las figuras 3 y 4, sustancialmente cada placa del intercambiador de calor A, B tiene cuatro ventanillas de inspección 8. Las primeras ventanillas de inspección 8 forman un primer canal de entrada 9 a los primeros pasajes de fluido 3, que se extiende sustancialmente a través del paquete de placas completo P, es decir, todas las placas A, B y la placa de extremo superior 6. Las segundas ventanillas de inspección 8 forman un primer canal de salida 10 desde los primeros pasajes de fluido 3, que también se extiende sustancialmente a través del paquete de placas completo P, es decir, todas las placas A, B y la placa de extremo superior 6. Las terceras ventanillas de inspección 8 forman un segundo canal de entrada 11 a los segundos pasajes de fluido 4, y las cuartas ventanillas de inspección 8 forman un segundo canal de salida 12 desde los segundos pasajes de fluido 4. Además, estos dos canales 11 y 12 se extienden sustancialmente a través del paquete de placas completo P, es decir, todas las placas A, B y la placa extrema superior 6.

Volviendo ahora a la figura 5, será discutida una primera forma de realización del sistema de la invención. El sistema comprende un evaporador 54 en forma de un intercambiador de calor de placas. La salida 13 del evaporador 54 está conectada a la entrada 14 de un compresor 51 a través de un sistema de tubo 15. Además, la salida 16 del compresor 51 es a través de otro sistema de tubo 17 conectado a la entrada 18 de un condensador 52. Además, la salida 19 del condensador 52 está conectada a una pluralidad de disposiciones de inyector 25a, 25b, cada
45 disposición de inyector 25a, 25b comprende una válvula 22a, 22b y un inyector 23a, 23b, cuyas disposiciones de inyector 25a, 25b están conectadas a entradas de cada primer pasaje de fluido 3a, 3b del evaporador 54. Por lo tanto, se proporciona un sistema de circulación cerrado.

La pluralidad de disposiciones de inyectores 25a, 25b, véase la figura 6, están dispuestos para suministrar un flujo de un primer fluido a través de entradas 26a, 26b en los primeros pasajes de fluidos 3a, 3b para la evaporación del primer fluido antes de salir del evaporador 54 a través de su salida 13. Cada disposición de entrada 25a; 25b

comprende un inyector 23a; 23b y una válvula 22a; 22b. Las válvulas 22a; 22b están situadas preferiblemente en el exterior del evaporador 54, mientras que los inyectores 23a; 23b con boquillas 27a, 27b, si las hay, están posicionadas para extenderse dentro del evaporador 54 a través de las entradas 26a; 26b.

Las entradas 26a; 26b están en forma de orificios pasantes que tienen una extensión desde el exterior del paquete de placas P al interior del paquete de placas y más precisamente en los primeros pasajes individuales de fluido 3a; 3b. Los orificios pasantes pueden formarse mediante remodelación plástica, corte o perforación. El término remodelado plástico se refiere a una remodelación plástica no cortante tal como perforación térmica. El corte o la perforación pueden realizarse con una herramienta de corte. También se puede hacer mediante corte con láser o plasma. En la figura 6 se describe una sección transversal del área de entrada de un evaporador que se puede usar en el sistema de la invención. El canal de entrada 9 de la realización de la figura 4 ha sido reemplazado por cada primer pasaje de fluido 3 que recibe una disposición de inyector 25a; 25b a través de las entradas 26a; 26b.

Debe entenderse que cada disposición de entrada 25a; 25b puede comprender una pluralidad de inyectores 23a; 23b, en donde la pluralidad de inyectores se comunica con una válvula.

En su forma más simple, pueden omitirse las boquillas 27a; 27b por lo que cada inyector 23a; 23b puede estar formado por un orificio pasante (no descrito) o un tubo (no descrito) para la distribución del primer fluido.

Se ha de entender que el número de inyectores 23a; 23b puede ser menor que el número de primeros pasajes de fluido 3. De ese modo, cada inyector 23a; 23b puede estar dispuesto para suministrar su flujo del primer fluido a más de uno de los primeros pasajes de fluido 3. Esto puede hacerse posible porque cada inyector está dispuesto en un orificio pasante que tiene un diámetro que se extiende a través de dos o más pasajes de fluido, por lo que un mismo inyector puede suministrar fluido a más de un pasaje de fluido.

El sistema de la invención comprende además una disposición de sensor 28. En la realización descrita, la disposición de sensor 28 comprende un sensor de presión 29 y un sensor de temperatura 30. La disposición de sensor 28 puede estar dispuesta en el sistema de tubo 15 conectando la salida 13 del evaporador 54 a la entrada 14 del compresor 51 y más precisamente en o después de la salida 13 del evaporador, pero antes de la entrada 14 del compresor 51. Los dos sensores 29, 30 no deben tener la misma posición dentro del sistema. También puede ser posible disponer la disposición del sensor o una parte del mismo en el canal de salida (no descrito) del evaporador 54.

El sensor de presión 29 está dispuesto de preferencia después de la salida 13 del evaporador 54 en una sección inferior más o menos recta del sistema de tubo 15 que conecta el evaporador 54 al compresor 51. Dependiendo de la configuración del sistema de tubo 15, se puede preferir, como regla general, que el sensor de presión 29 esté dispuesto a una distancia después de un doblez del tubo correspondiente a al menos diez veces el diámetro interno del tubo, y en una distancia antes de una curva de tubo correspondiente a más de cinco veces el diámetro interno del tubo.

El sensor de presión 29 está dispuesto para medir la presión del primer fluido se evapora, de la siguiente identificado como la presión medida Pm.

El sensor de presión 29 puede a modo de ejemplo ser un sensor de presión de 4-20 mA con un rango de 0-25 bar.

El sensor de temperatura 30 está dispuesto preferiblemente en el sistema de tubo 15 después de una curva de tubo. Se prefiere que el sensor de temperatura 30 esté dispuesto más cerca de la entrada 14 del compresor 51 que de la salida 13 del evaporador 54. Posicionando el sensor de temperatura 30 después de una curvatura de tubo, es más probable que cualquier contenido de líquido restante en el fluido evaporado se evapore mientras se encuentra con las paredes del tubo curvado y por lo tanto se fuerza a cambiar su dirección de flujo. También hay una evaporación producida por el contenido de líquido restante que absorbe calor del flujo de fluido supercalentado circundante.

El sensor de temperatura 30 puede ser un sensor de temperatura estándar de medición de la temperatura en el fluido identificada como la temperatura medida Tm.

El sistema comprende además un controlador 57 dispuesto para comunicarse con la disposición de sensor 28 y las válvulas individuales 22a; 22b de las disposiciones de inyector 25a; 25b. El controlador 57 puede ser, a modo de ejemplo, un regulador PID.

Los valores medidos con respecto a la presión Pm y la temperatura Tm se comunican al controlador 57 que está dispuesto para regular el sistema basándose en la denominada temperatura de sobrecalentamiento.

La temperatura de sobrecalentamiento, al ser un parámetro físico bien conocido en la técnica, se define como la diferencia de temperatura entre la temperatura actual y la temperatura saturada a una presión predominante, es decir, no hay ningún contenido líquido restante en el fluido. La diferencia de temperatura de sobrecalentamiento es única para un fluido dado y para una temperatura y una presión dadas y la temperatura de súper calentamiento se

puede encontrar en gráficos o tablas.

En general, cuanto más cerca esté la temperatura medida T_m de la temperatura de saturación, más eficiente se vuelve el sistema. Es decir, la cantidad de fluido suministrado al evaporador se evapora por completo y no se sobrecalienta innecesariamente.

Sin embargo, cuanto más cerca está la temperatura medida T_m de la temperatura de saturación, más cerca está de inundar el sistema con el líquido no evaporado, es decir, el evaporador es incapaz de evaporar la cantidad suministrada de líquido. Únicamente con fines ilustrativos, la temperatura de sobrecalentamiento puede considerarse digital, ya sea que haya una evaporación completa sin contenido líquido o que haya una evaporación incompleta con contenido líquido contenido en el flujo gaseoso aguas abajo del evaporador.

Con el fin de optimizar el funcionamiento de un evaporador se desea tener la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento tan baja como sea posible. Sin embargo, dado que un compresor es sensible al contenido de líquido y por ello puede dañarse, es una práctica común utilizar un margen de seguridad de algunos grados al diseñar un sistema de evaporación. Normalmente, un margen de seguridad normal para un evaporador de la técnica anterior es 5 °K (-268,15 °C), es decir, la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento es 5 °K (-268,15 °C). Sin embargo, se debe entender que se puede elegir otro valor del margen de seguridad. En su forma más simple, el margen de seguridad se debe considerar como una constante decidida para el uso previsto del evaporador. Sin embargo, debe entenderse que también existe el deseo de usar un margen de seguridad tan bajo como sea posible, ya que existe un interés económico en que el evaporador funcione tan cerca de la temperatura de saturación como sea posible. Durante el funcionamiento del sistema de la invención, esta constante se usará como una temperatura de sobrecalentamiento de punto de ajuste T_{shT} , es decir, un valor objetivo, hacia el cual se controlará dinámicamente el funcionamiento del evaporador 554. Esto se realizará optimizando la contribución de cada primer pasaje de fluido 3a, 3b al rendimiento general del evaporador 54. Más precisamente, el concepto inventivo subyacente es controlar, mediante el uso de una válvula 22a, 22b y un inyector 23a, 23b por pasaje de fluido 3a, 3b, la cantidad de fluido suministrada a cada pasaje de fluido 3a, 3b, para así optimizar la evaporación de cada pasaje de fluido y también para maximizar la cantidad de fluido suministrada a la misma. Esto se puede hacer operando y evaluando cada pasaje de fluido 3a, 3b individualmente de una manera que se describirá a continuación.

A continuación, el principio general para establecer la condición del funcionamiento, es decir, sobrecalentamiento o no, se describirá con referencia a la figura 7. Para facilitar la comprensión, el siguiente ejemplo se basará en un sistema que comprende un evaporador 54 con un primer pasaje de fluido 3a que se suministra con el primer fluido a través de una disposición de inyector 25a que comprende un inyector 23a y una válvula 22a. Además, el ejemplo se basa en la suposición de que el sistema ha funcionado durante un período de tiempo en un modo predeterminado. En el caso del evaporador 54 que forma parte de un sistema de acondicionamiento de aire, esto puede ser a modo de ejemplo un modo operativo correspondiente a una oficina durante la hora de trabajo normal, tal como 20 °C.

Al primer pasaje de fluido 100 se le suministra una cantidad de flujo conocida del primer fluido. Se supone que esta cantidad de flujo conocida corresponde a una cantidad que debe evaporarse por completo antes de abandonar el primer pasaje de fluido o poco después, es decir, se supone que corresponde al requerido para alcanzar la temperatura de sobrecalentamiento T_{shT} decidida.

La disposición de sensor aguas abajo de la salida del evaporador mide 200 la temperatura predominante T_m y la presión P_m . Estos valores son recibidos por el controlador 57.

El controlador 57 convierte 300 el P_m presión medida en una temperatura de saturación T_s . La temperatura de saturación T_s es específica para un agente de enfriamiento predeterminado, es decir, el primer fluido utilizado en el sistema. A modo de ejemplo, suponiendo que el primer fluido utilizado sea un agente de enfriamiento conocido como R410A, la temperatura de saturación T_s se puede calcular utilizando la siguiente fórmula específica para R410A:

$$T_s = 0,0058P_m^3 - 0,3141P_m^2 + 7,8908P_m - 46,0049.$$

La fórmula dada anteriormente refleja la curva de un diagrama en el que la temperatura de saturación se representa gráficamente frente a la presión. Debe entenderse que la presión de saturación puede calcularse de varias maneras, dependiendo, por ejemplo, de diferentes métodos de interpolación, diferentes niveles de precisión, etc. Además, debe entenderse que solo puede evaluarse una sección limitada de la curva. Además, debe entenderse que, en lugar de calcular la temperatura de saturación T_s , el controlador puede configurarse para obtener el valor correspondiente utilizando una tabla que contiene los valores correspondientes.

El controlador 57 establece 400 la diferencia de temperatura real de sobrecalentamiento T_{sha} que prevalece en el punto de tiempo específico cuando la medición se realizó mediante la comparación de la temperatura medida T_m con la temperatura de saturación T_s calculada, mediante el uso de la fórmula:

$$T_{sha} = T_m - T_s.$$

Por lo tanto, el controlador 57 ha establecido ahora la diferencia prevaleciente de sobrecalentamiento real TshA y conoce el punto de ajuste TshT de temperatura de sobrecalentamiento. La siguiente etapa es decidir la diferencia de temperatura ΔT 500 entre la temperatura de sobrecalentamiento de ajuste TshT y la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento real TshA usando la fórmula:

$$\Delta T = T_{shT} - T_{shA}$$

De acuerdo con el valor de la diferencia de temperatura ΔT , se evalúa 600 el rendimiento predominante del pasaje de fluido 3a. Si ΔT es negativo, el pasaje de fluido se alimenta con una cantidad insuficiente de fluido, por lo que el controlador puede indicar a la válvula que aumente la cantidad de fluido suministrado al pasaje de fluido. Si, por otro lado, ΔT es positivo, el pasaje de fluido se alimenta con demasiado fluido, por lo que el controlador puede indicar a la válvula que disminuya la cantidad de fluido suministrado al pasaje de fluido. Si $\Delta T = 0$, el rendimiento del pasaje de fluido se optimiza y no se requieren cambios en la cantidad de flujo suministrado.

Debe saberse que no existe una correlación entre ΔT y la cantidad requerida de primer fluido a suministrar. Los ejemplos no limitantes de parámetros de influencia son el diseño del pasaje de fluido 3a, el tamaño del pasaje de fluido 3a y las variaciones dimensionales dentro del pasaje de fluido 3a. Como regla general, un ΔT grande es indicativo de la posibilidad de un ajuste grande, mientras que un ΔT pequeño es indicativo de la posibilidad de un pequeño ajuste. El controlador puede, a modo de ejemplo, programarse para usar diferentes correcciones porcentuales dependiendo del valor absoluto de la diferencia de temperatura.

Basándose en el ajuste determinado, se acciona 700 la válvula 22a para ajustar en consecuencia el flujo.

El proceso anterior se describe basándose en un evaporador 5, que comprende solamente un pasaje de fluido 3a. Sin embargo, debe entenderse que para un evaporador 54 que comprende normalmente una pluralidad de primeros pasajes de fluido 3a, 3b, el ciclo descrito anteriormente se repite 800 sometiendo cada pasaje de fluido 3b consecutivo, y su disposición de inyector 25b relacionado, al mismo método para con ello optimizar gradualmente, paso a paso, el rendimiento del evaporador 54 en su conjunto y también maximizar la cantidad de fluido manejado por el evaporador en su conjunto.

Ha de entenderse que al evaluar un pasaje de fluido 3a, los pasajes de fluido 3b restantes y sus disposiciones de inyector relacionados 25b pueden ser operados de una manera conocida con el fin de ser capaz de evaluar el comportamiento del pasaje de fluido evaluado. Después de terminar el evaporador completo 54, el proceso puede comenzar de nuevo con el primer pasaje de fluido 3a.

También debe entenderse que un sistema de evaporación como tal es un sistema bastante lento ya que los componentes, es decir, el evaporador 54, el compresor 51, el condensador 52 y el agua/líquido/aire ambiente que deben enfriarse, tienen cada uno su propia influencia sobre el rendimiento general del sistema. Por lo tanto, para que los cambios en las cantidades de flujo tengan efecto, no se deben realizar cambios rápidos.

En el ejemplo dado anteriormente el flujo suministrado a un primer pasaje de fluido 3a evaluado se ajusta antes de continuar con la evaluación del pasaje de fluido 3b posterior. En una realización alternativa, el controlador 57 está dispuesto para almacenar en su memoria el valor determinado del ajuste de flujo requerido en cada pasaje de fluido 3a, 3b evaluado. Una vez que todos los pasajes de fluido 3a, 3b se han evaluado de la misma manera, el controlador 57 ordena a cada válvula individual 22a, 22b que realice el ajuste de flujo requerido. Por lo tanto, todos los ajustes de flujo se pueden hacer al mismo tiempo.

Como alternativa a la disposición de sensor 28 que comprende un sensor de presión 29 y un sensor de la temperatura 30, la disposición de sensor 28 puede comprender al menos un sensor dispuesto para detectar la presencia de cualquier contenido líquido. El contenido líquido puede estar en forma líquida o en fase mixta líquida/gaseosa. Un ejemplo de un sensor adecuado es un sensor de temperatura 30.

La presencia de cualquier contenido líquido demuestra que la evaporación es insuficiente y que el flujo de fluido primero debe ser reducido. Como se discutió anteriormente, cuanto más cerca esté la temperatura de sobrecalentamiento, más cerca estará de inundar el sistema con fluido no evaporado. Dado que la temperatura de sobrecalentamiento puede considerarse digital, existe una evaporación completa con solo gas seco, o hay una evaporación incompleta con un contenido de líquido en el fluido aguas abajo del evaporador.

En el caso en que la disposición de sensor 28 comprende un sensor para detectar la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, tal sensor/sensores deben estar preferiblemente dispuestos en el sistema de tubo que conecta la salida del evaporador a la entrada del compresor. Por lo tanto, la posición puede ser la misma que en el sistema descrito anteriormente con relación a la figura 5. La única diferencia es que puede omitirse el sensor de presión 29. Se prefiere que los sensores/sensores estén adaptados para detectar la presencia de cualquier contenido de líquido, por ejemplo, que un sensor de temperatura 30 esté dispuesto en una posición más cercana a la entrada 14 del compresor 51 que a la salida 13 del evaporador 54. Además, se prefiere que dicho

- sensor de temperatura 30 se disponga en el sistema de tubo 15 después de al menos un doblez del tubo para permitir que al menos parte del contenido líquido restante se evapore durante el contacto con las paredes interiores del sistema de tubo 15 o mientras se pone en contacto con el flujo de fluido gaseoso que lo rodea. Así, si se mide directamente después de la salida 13 del evaporador 54, puede detectarse una baja cantidad de contenido líquido, mientras que, si se mide más aguas abajo, tal contenido líquido puede haberse evaporado a lo largo del sistema de tubo por lo que el flujo gaseoso que llega al compresor está seco. Por lo tanto, se prefiere que una disposición de sensor 28 basada en la detección de la presencia de cualquier contenido de líquido comprenda al menos dos sensores 30a, 30b dispuestos en diferentes posiciones a lo largo del sistema de tubo.
- En el siguiente principio general para establecer la condición de funcionamiento, es decir, sobrecalentamiento para un sistema que utiliza una disposición de sensor basado en la detección de cualquier contenido líquido se describirá con referencia a la figura 8. El sistema de evaporación como tal tiene el mismo diseño general que el descrito previamente con referencia a la figura 6, por lo que se hace referencia al mismo.
- Para facilitar la comprensión, el siguiente ejemplo se basa en un sistema que comprende un evaporador 54 con solamente un solo pasaje de fluido 3a al que se suministra el primer fluido a través de una disposición de inyector 25a que comprende un inyector 23a y una válvula 22a. Además, el ejemplo se basa en la suposición de que el sistema ha funcionado durante un período de tiempo en un modo operativo predeterminado.
- Al primer pasaje 3a fluido se le suministra una cantidad de flujo conocida del primer fluido 1000. Se supone que esta cantidad de flujo conocida corresponde a una cantidad a evaporar por completo antes de abandonar el primer pasaje de fluido 3a o poco después, es decir, se supone que corresponde al requerido para alcanzar la temperatura de sobrecalentamiento TshT decidida.
- La disposición de sensor 28 aguas abajo de la salida del evaporador mide la presencia de cualquier contenido líquido 1100. La señal generada por la disposición de sensor 28 es recibida 1200 por un controlador 57. El controlador puede ser un regulador PID.
- El controlador evalúa 1300 la señal recibida. En su forma más simple, la señal puede ser una señal digital: 1 - no se detectó contenido líquido; 0 - contenido líquido detectado. Más precisamente, una señal que tiene el valor 1 indica que el fluido evaporado tiene una temperatura medida Tm correspondiente o que está por encima de la temperatura de sobrecalentamiento Tsh. Asimismo, una señal que tiene el valor 0 indica que el fluido evaporado tiene una temperatura que está por debajo de la temperatura de sobrecalentamiento.
- En el caso en que la disposición de sensor 28 comprende dos sensores de temperatura 30a, 30b dispuestos en diferentes posiciones a lo largo de la extensión longitudinal del sistema de tubo 15, los dos sensores 30a, 30b pueden indicar valores diferentes. Si ambos sensores de temperatura 30a, 30b indican 0, esto significa que el gas tiene un contenido líquido y la evaporación es insuficiente. La cantidad de primer fluido suministrado al pasaje de fluido 3a evaluado debe restringirse ya que el sistema está inundado.
- Si el sensor de temperatura 30a, el más cercano al evaporador, indica 0 pero el segundo sensor 30b, aguas abajo del mismo, indica 1, esto significa que el pasaje de fluido 3a evaluado está funcionando bien ya que todo el líquido suministrado se evapora completamente. También es un buen indicador de que, si se realiza algún ajuste de flujo, el flujo suministrado debería reducirse o aumentarse para evitar inundaciones.
- Si los dos sensores 30a, 30b indican 1, esto significa que todo el líquido suministrado al pasaje de fluido 3a evaluado se evapora. Esto significa que el pasaje de fluido 3a evaluado no está funcionando de forma óptima y que es posible aumentar la cantidad de primer fluido suministrado al pasaje de fluido evaluado.
- Aunque se han descrito anteriormente uno 30 o dos sensores de temperatura 30a, 30b, debe entenderse que pueden estar dispuestos más de dos sensores de temperatura, trabajando los sensores con el mismo principio.
- El controlador 57 puede estar dispuesto para que, al recibir una señal que indica la presencia o la no presencia de cualquier contenido líquido, determine 1400 un ajuste adecuado del flujo de primer fluido que debe proporcionar la válvula 22a en una disposición de inyector individual 25a al pasaje de fluido 3a evaluado para optimizar su rendimiento. Basándose en este ajuste determinado, la válvula 22a puede hacerse funcionar 1500 en consecuencia para ajustar el flujo.
- El controlador 57 puede utilizar diferentes rangos de ajustes en función de una verosimilitud determinada de la cercanía a la temperatura de sobrecalentamiento.
- El proceso anterior se describe basado en un evaporador 54 que comprende solamente un pasaje de fluido 3a. Sin embargo, debe entenderse que para un evaporador 54 que normalmente comprende una pluralidad de primeros pasajes de fluido 3a, el ciclo descrito anteriormente se repite 1600 aplicando consecutivamente a cada pasaje de fluido 3b; 3c y su disposición de inyector relacionado 25b, 25c el mismo método para de este modo optimizar gradualmente paso a paso el rendimiento del evaporador en su conjunto.

Ha de entenderse que, al evaluar un pasaje de fluido 3a, los pasajes de fluido 3b, 3c restantes y su disposición de inyector 25b, 25c relacionada deben hacerse funcionar de una manera conocida con el fin de poder evaluar el rendimiento del pasaje de fluido 3a evaluado. Después de terminar el evaporador completo, el proceso puede comenzar de nuevo con el primer pasaje de fluido.

En el ejemplo dado anteriormente, el flujo suministrado a un primer pasaje 3a evaluado se ajusta antes de continuar con la evaluación del pasaje de fluido 3b posterior. En una realización alternativa, el controlador está dispuesto para almacenar en su memoria el valor determinado del ajuste de flujo requerido en cada pasaje de fluido 3a, 3b evaluado. Una vez que todos los pasajes de flujo 3a, 3b se han evaluado de la misma manera, el controlador 57 puede dar instrucciones a cada válvula individual 22a, 22b para realizar el ajuste de flujo requerido. Por lo tanto, todos los ajustes de flujo se pueden hacer al mismo tiempo.

Por consiguiente, mediante la invención, cada primer pasaje de fluido 3a, 3b puede funcionar de manera optimizada basándose en su condición inherente, tal como posición dentro del paquete de placas P o diferencias dimensionales entre las dos placas de intercambio de calor A, B que delimitan el primer pasaje de fluido 3. Esto permite que se optimice el funcionamiento del evaporador 54 en su conjunto. Además, esto permite un mejor grado de utilización del sistema completo del que forma parte el evaporador.

El controlador 57 puede almacenar todos los datos de medición recibidos en una memoria para su uso al determinar los ajustes de flujo. Además, el controlador 57 puede estar dispuesto para usar el historial de dicha información almacenada cuando se determinan los ajustes de flujo requeridos.

Independientemente de cómo estén dispuestas las disposiciones de inyectores, se prefiere que el flujo se dirija esencialmente en una dirección en paralelo a la dirección de flujo a través del evaporador. Por lo tanto, se puede evitar cualquier redirección indebida del flujo de fluido. En el caso de que el evaporador sea un intercambiador de calor de placas, esto significa en paralelo con el plano general de la primera y la segunda placas de intercambiador de calor.

La invención se ha descrito como aplicada a un evaporador que es un intercambiador de calor de placas. Sin embargo, debe entenderse que la invención es aplicable independientemente de la forma del evaporador.

Los inyectores de las disposiciones de inyectores se describen estando dispuestos a través de orificios que se extienden desde el exterior del paquete de placas en los pasajes de fluido individuales. Debe entenderse que esta es solo una posible realización. A modo de ejemplo, los inyectores de las disposiciones de inyector pueden extenderse a cualquier puerto de entrada o similar dependiendo del diseño del evaporador. Esto puede hacerse a modo de ejemplo mediante una inserción a lo largo de un canal de entrada.

La invención generalmente ha sido descrita sobre la base de un intercambiador de calor de placa que tiene espacios intermedios primero y segundo de placas y cuatro orificios que permiten un flujo de dos fluidos. Debe entenderse que la invención es aplicable también para intercambiadores de calor de placas que tienen diferentes configuraciones en términos del número de espacios intermedios de placas, el número de orificios de puertos y el número de fluidos a manipular.

Debe entenderse que el controlador puede usarse también para otros fines, tales como el control del circuito de enfriamiento como tal.

La invención no se limita a la realización descrita, sino que puede variarse y modificarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones, que en parte se ha descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador, comprendiendo el sistema un evaporador (54), una pluralidad de disposiciones de inyector (25a, 25b), una disposición de sensor (28) y un controlador (57), en donde el evaporador (54) comprende una salida (13), una pluralidad de pasajes de fluido (3) y al menos una entrada (26a, 26b) para el suministro de un fluido a la salida (13) a través de la pluralidad de pasajes de fluido (3) durante la evaporación del fluido, cada disposición de inyector (25a, 25b) comprende al menos un inyector (23a, 23b) y al menos una válvula (22a, 22b), y cada disposición de inyector (25a, 25b) está dispuesta para suministrar un flujo del fluido a al menos uno de los pasajes de fluido (3) a través de al menos una entrada (26a, 26b) del evaporador (54), la disposición de sensor (28) está dispuesta para medir la temperatura (T_m) y la presión (P_m) del fluido evaporado, o la presencia de cualquier contenido de líquido en el fluido evaporado, y un controlador (57), caracterizado por que el controlador (57) está configurado para evaluar individualmente cada uno de los pasajes de fluido en función de la información recibida de la disposición de sensor y comunicarse con cada una de las válvulas (22a, 22b) de las disposiciones de inyector (25a, 25b) para controlar, basándose en las evaluaciones respectivas, la cantidad de fluido que debe ser suministrado por cada disposición de inyector (25a, 25b) a cada pasaje de fluido (3) en el evaporador (3) para que el evaporador (54) funcione hacia un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste (T_{shT}).
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que cada inyector (23a, 23b) en una disposición de inyector (25a, 25b) está dispuesto para comunicarse con una válvula (22a, 22b) o en donde una pluralidad de inyectores (23a, 23b) en una disposición de inyector (25a, 25b) están dispuestos para comunicarse con una válvula (22a, 22b).
3. Sistema según la reivindicación 1, en el que cada disposición de inyector (25a, 25b) está dispuesta para comunicarse con un pasaje de fluido (3), o en donde cada disposición de inyector (25a, 25b) está dispuesta para comunicarse con al menos dos pasajes de fluido (3).
4. Sistema según la reivindicación 1, en el que la disposición de sensor (28) está dispuesta en un sistema de tubo (15) que conecta la salida del evaporador (13) a una entrada de un compresor (14).
5. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador (57) es un regulador PID.
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el evaporador (54) es un intercambiador de calor de placas (1).
7. Sistema según la reivindicación 1, en el que la disposición de sensor (28) comprende al menos un sensor de temperatura (30) y al menos un sensor de presión (29).
8. Sistema según la reivindicación 1, en el que la disposición de sensor (28) dispuesta para medir la presencia de cualquier contenido de líquido en el fluido evaporado es al menos un sensor de temperatura (30).
9. Método para el control dinámico del funcionamiento de un evaporador (54), comprendiendo el evaporador al menos una entrada (26a, 26b), una pluralidad de pasajes de fluido (3) y una salida (13), y estando incluido el evaporador (54) en un sistema que comprende además una disposición de sensor (28), un controlador (57) y una pluralidad de disposiciones de inyector (25a, 25b), comprendiendo cada disposición de inyector al menos un inyector (23a, 23b) y al menos una válvula (22a, 22b), por lo que el método comprende las etapas de:
 - a) suministrar a través de una entrada (26a, 26b) del evaporador (54) una cantidad predeterminada de fluido mediante una primera disposición de inyector (25a) a un primer pasaje de fluido (3) para la evaporación del fluido durante su paso a la salida del evaporador (13),
 - b) medir mediante la disposición del sensor (28) la temperatura y la presión (T_m , P_m) del fluido evaporado o la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado,
 - c) determinar, mediante el controlador (57), la diferencia ΔT entre un valor de supercalentamiento de punto de ajuste (T_{shT}) y los valores medidos de la temperatura (T_m) y la presión (P_m) del fluido evaporado, o la presencia de cualquier contenido líquido en el fluido evaporado, resultante de la cantidad predeterminada de fluido suministrado,
 - d) determinar, mediante el controlador, una cantidad ajustada de fluido que debe suministrar la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) al primer pasaje de fluido (3) requerida para alcanzar el valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste (T_{shT}) y
 - e) repetir continuamente las etapas a) - d) de forma individual para cada disposición de inyector (25b) y cada pasaje de fluido (3) del evaporador (54) para controlar continuamente el funcionamiento del evaporador (54) para que el evaporador funcione hacia el valor de sobrecalentamiento del punto de ajuste (T_{shT}).
10. Método según la reivindicación 9, en el que se hace funcionar el sistema durante un período de tiempo en una tarea de funcionamiento predeterminada antes de iniciar la etapa a).
11. Método según la reivindicación 9, que comprende además las etapas:

- convertir, mediante el controlador (57), la presión medida (P_m) en una temperatura de saturación (T_s),
determinar la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento real (T_{shA}) que prevalece en el punto específico de tiempo cuando se midieron la temperatura y la presión, comparando la temperatura medida T_m con la temperatura de saturación (T_s),
5 determinar la diferencia de temperatura (ΔT) entre un valor de sobrecalentamiento de punto de ajuste que es una temperatura de sobrecalentamiento de punto de ajuste (T_{shT}) y la diferencia de temperatura de sobrecalentamiento real (T_{shA}) y determinar, en función de la diferencia de temperatura (ΔT), la necesidad de cualquier ajuste de la cantidad de fluido suministrado por la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) al primer pasaje de fluido (3), y
10 dar instrucciones a la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) para ajustar en consecuencia la cantidad de fluido que debe suministrar la primera disposición de inyector (25a) al primer pasaje de fluido (3).
12. Método según la reivindicación 9, en el que la disposición de sensor (28) es un sensor de humedad (28; 30), comprendiendo el método además la etapa de, siempre que el sensor (28; 30) genere una señal recibida por el controlador (57) indicando presencia de cualquier contenido de líquido en el fluido evaporado, dar instrucciones a la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) para reducir la cantidad de fluido suministrada al primer pasaje de fluido (3), o siempre que el sensor (28; 30) genere una señal recibida por el controlador (57) que indica la ausencia de contenido líquido en el fluido evaporado, dar instrucciones a la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) para aumentar la cantidad de fluido suministrado al primer pasaje de fluido (3).
15
20
13. Método según la reivindicación 9, en el que la disposición de sensor (28) comprende al menos dos sensores de humedad (28; 30), comprendiendo el método además las etapas de comparar las señales recibidas por el controlador (57) de al menos dos sensores (28; 30) indicando la presencia o la no presencia de contenido de líquido en el fluido evaporado para determinar si ordenar a la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) que aumente, disminuya o mantenga la cantidad de fluido suministrada al primer pasaje de fluido (3), y dar instrucciones a la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) para ajustar en consecuencia la cantidad de fluido que debe suministrar la primera disposición de inyector (25a) al primer pasaje de fluido (3).
25
30
14. Método según la reivindicación 9, que comprende, además, antes de continuar con la etapa e), la etapa de comunicar la cantidad ajustada determinada de fluido a la válvula (22a) de la primera disposición de inyector (25a) y ajustar la válvula (22a) para suministrar una cantidad ajustada de fluido.
15. Método según la reivindicación 9, que comprende además una etapa de comunicar la cantidad ajustada determinada de fluido a las válvulas (22a, 22b) de cada disposición de inyector (25a, 25b) y ajustar las válvulas (22a, 22b) para suministrar una cantidad ajustada de fluido a todos los pasajes de fluido (3) del evaporador (54).
35
16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9-15, cuando el funcionamiento del evaporador (54) ha sido activado a un modo operativo que cumple el valor de sobrecalentamiento de ajuste (T_{shT}), que comprende además la etapa de ajuste del valor de sobrecalentamiento del punto de ajuste (T_{shT}) y luego repetir el método de la reivindicación 9, con el fin de proporcionar un control continuo del funcionamiento del evaporador (54) para que el evaporador funcione hacia el valor de sobrecalentamiento del punto de ajuste ajustado (T_{shT}).
40

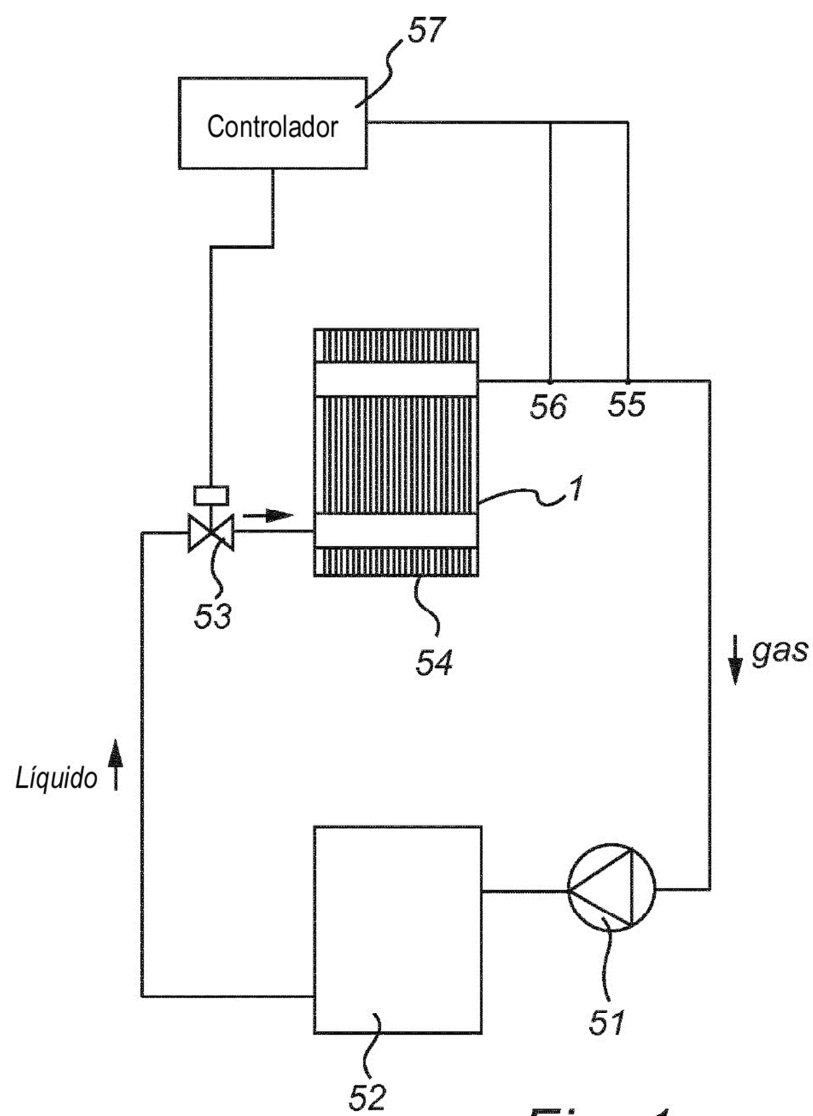


Fig. 1

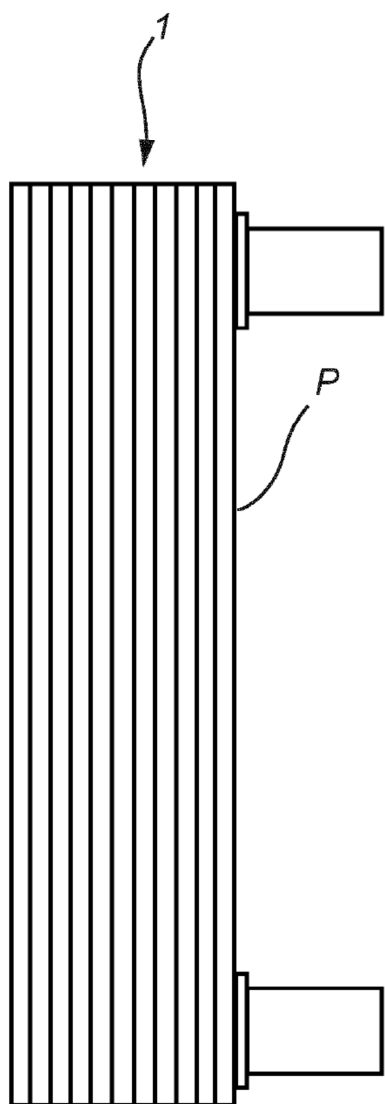


Fig. 2

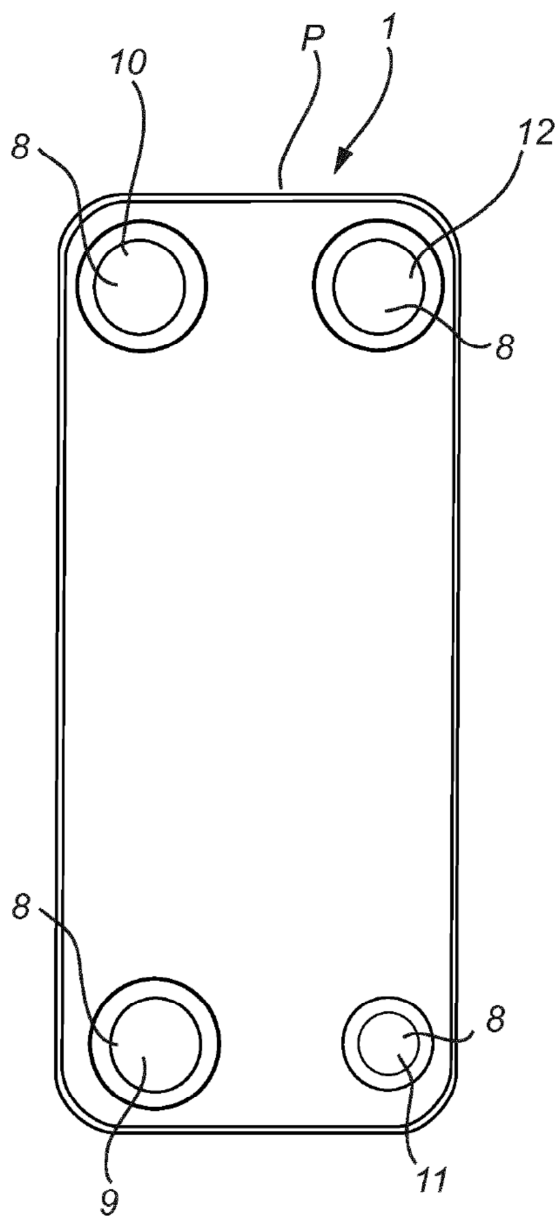


Fig. 3

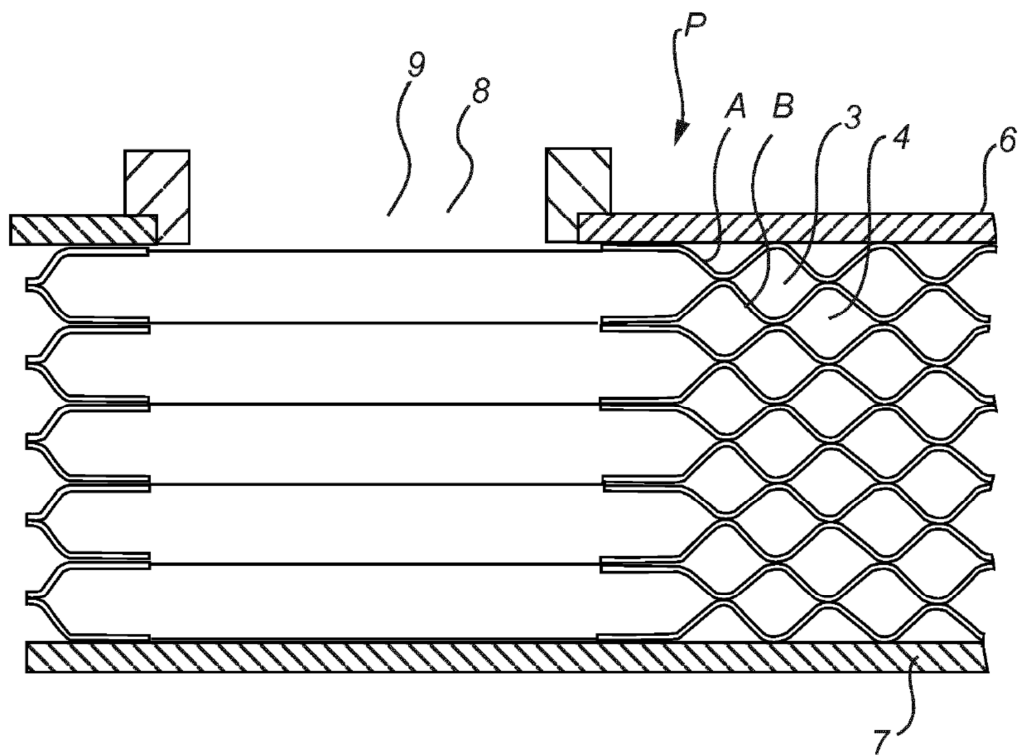


Fig. 4

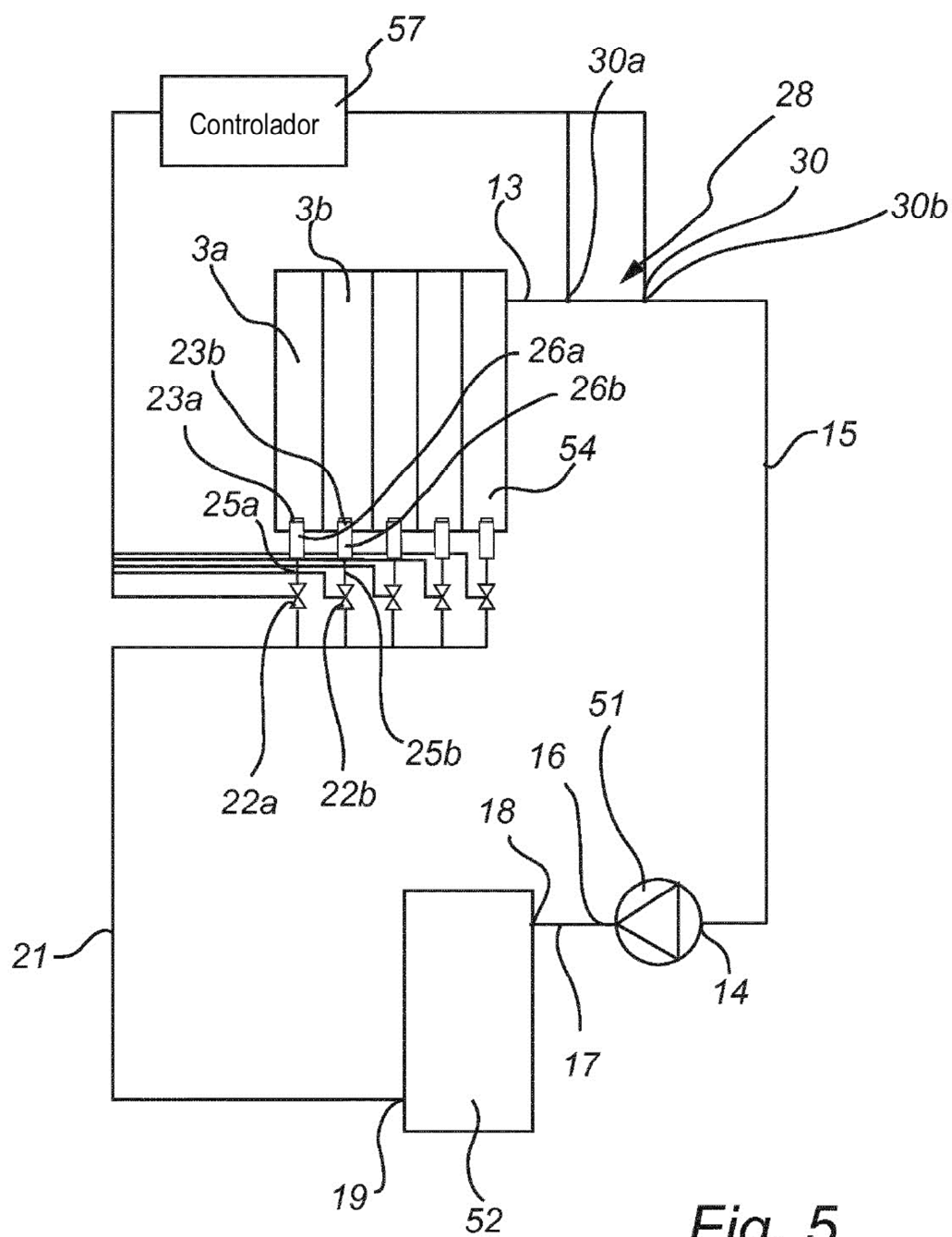


Fig. 5

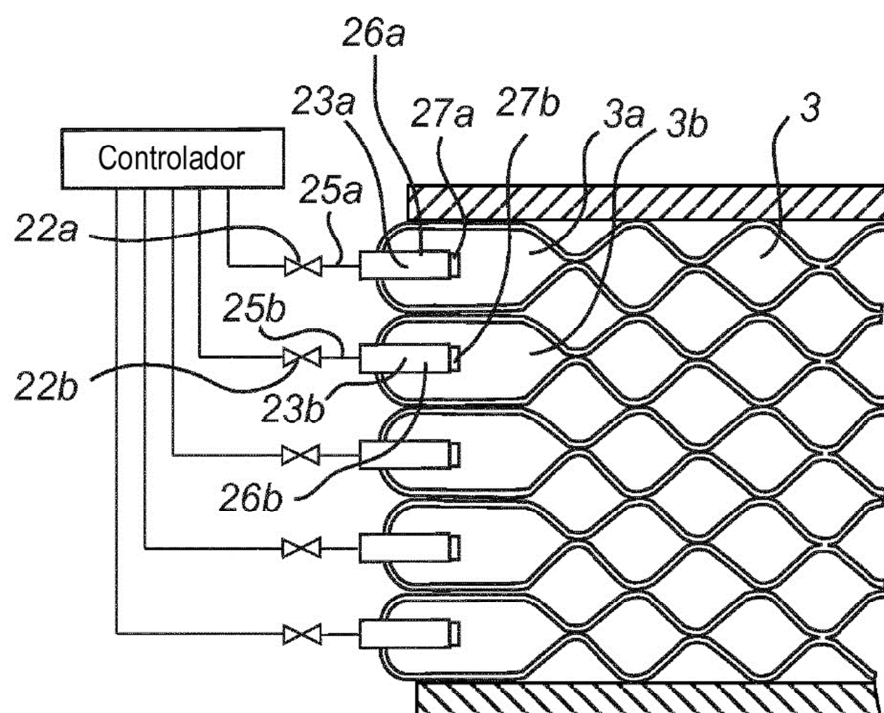


Fig. 6

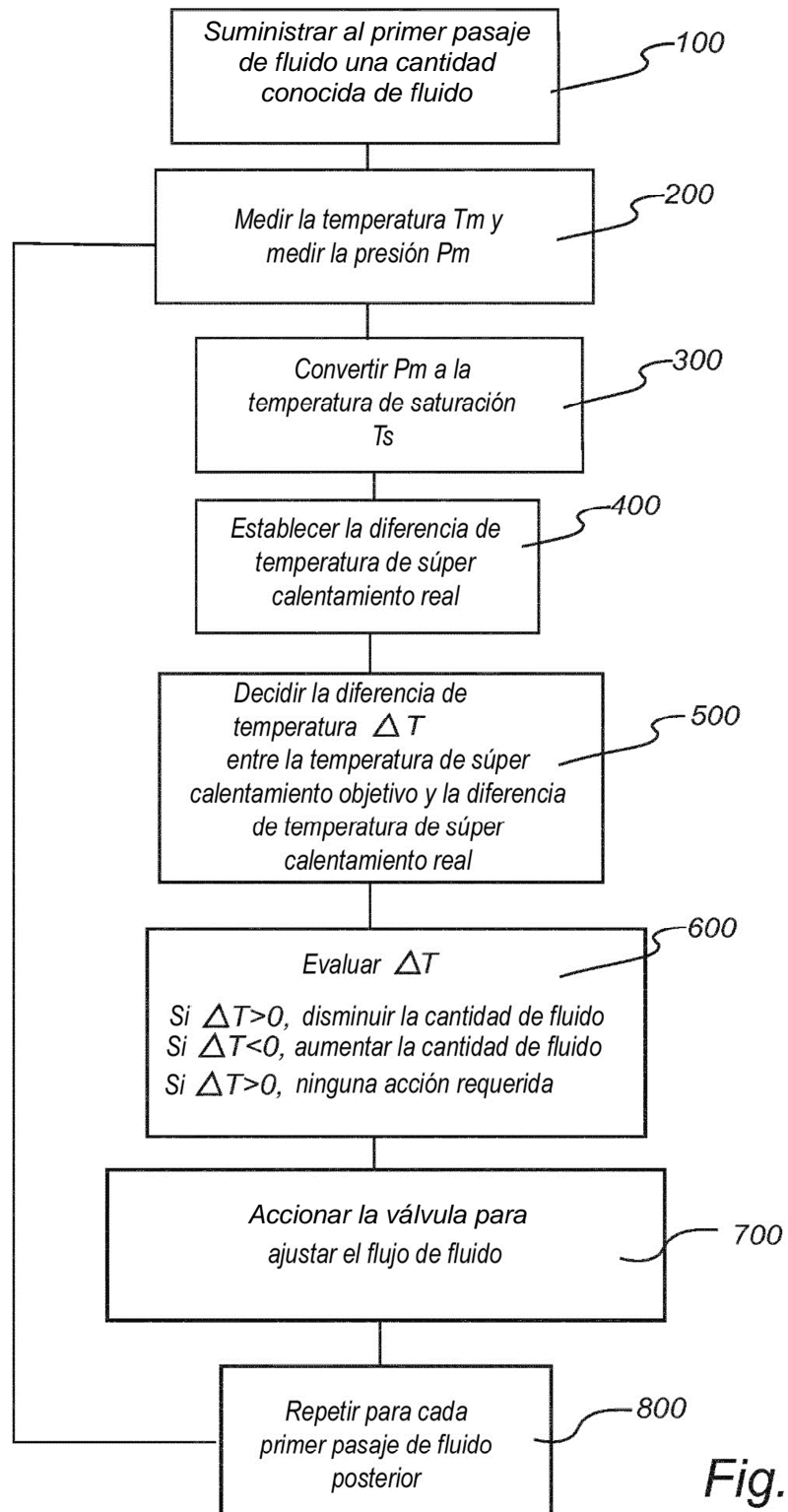


Fig. 7

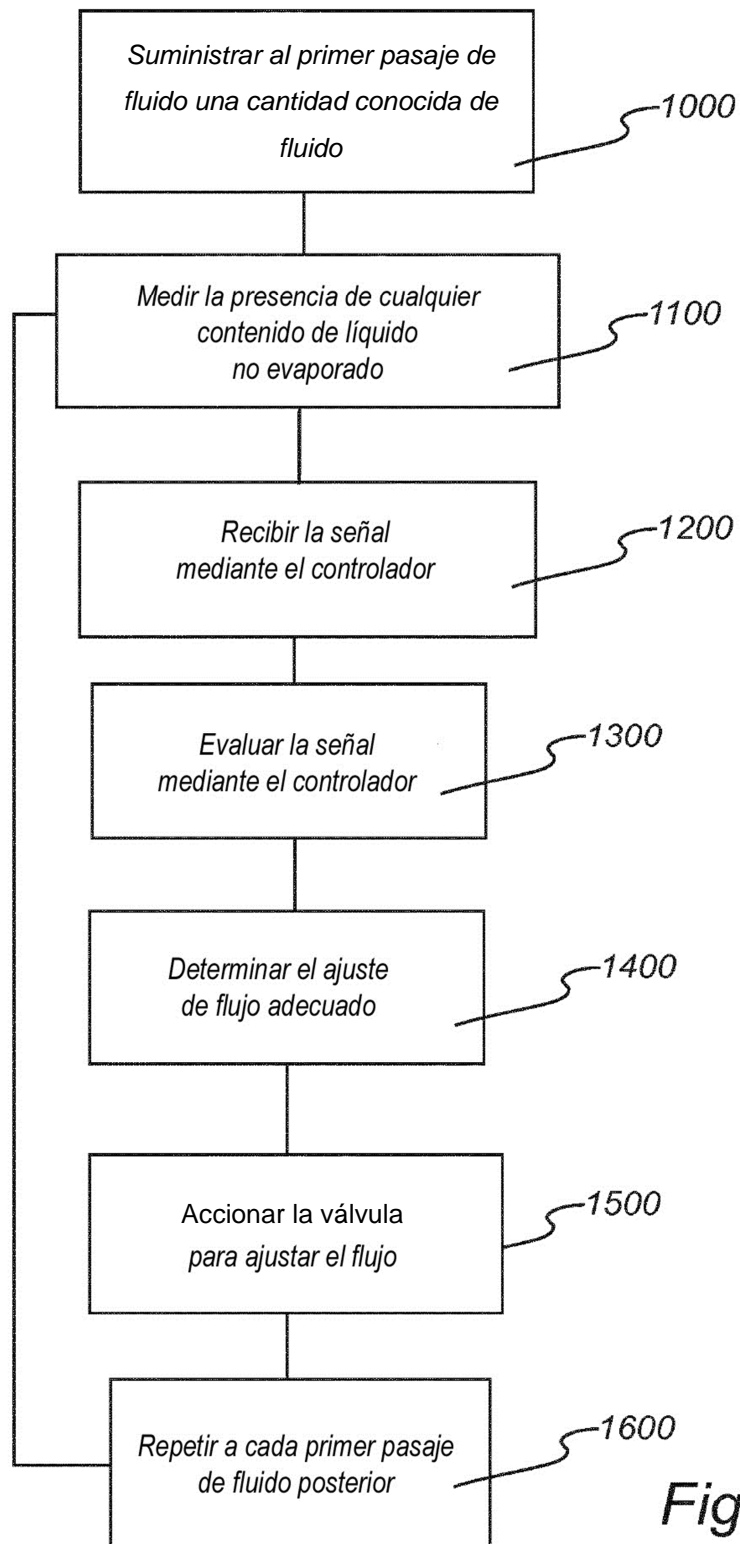


Fig. 8