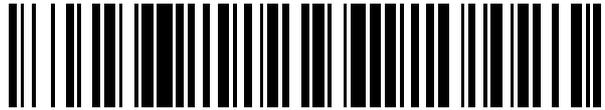


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 445 518**

51 Int. Cl.:

F25B 43/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2009 E 09792395 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2338013**

54 Título: **Detección y estimación de un gas no condensable en un sistema de refrigeración subambiente**

30 Prioridad:

19.09.2008 US 233905

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

03.03.2014

73 Titular/es:

**RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 02451-1449, US**

72 Inventor/es:

WYATT, WILLIAM, G.

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 445 518 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

Detección y estimación de un gas no condensable en un sistema de refrigeración subambiente

Campo técnico de la divulgación

5 Esta divulgación se refiere, en general, al campo de los sistemas de refrigeración, y más concretamente, a la detección y estimación de un gas no condensable en un sistema de refrigeración subambiente.

Antecedentes

Una variedad de diferentes tipos de estructuras pueden generar en funcionamiento calor o energía térmica. Para evitar que tales estructuras se recalienten se puede utilizar una variedad de diferentes tipos de sistemas de refrigeración para disipar la energía térmica, incluyendo sistemas de refrigeración subambiente (SACS).

10 Teóricamente, un bucle de refrigeración debe contener tan sólo un refrigerante. En la práctica, sin embargo, posiblemente se pueden filtrar gases no condensables, tales como aire exterior (aire infiltrado), en el bucle de refrigeración por diversas razones tales como, por ejemplo, daños en el sistema, juntas envejecidas, o fugas en conectores. Así pues, para un sistema grande con potencialmente muchas más conexiones y conectores, un SACS tendrá casi con seguridad filtraciones de aire en el sistema. En la medida en que los gases no condensables, tales como aire, se acumulan en el sistema, estos pueden disminuir significativamente la capacidad de retirada de calor y la eficiencia del sistema. Adicionalmente, la presencia de tales gases no condensables (esto es, aire infiltrado) dentro del sistema puede afectar al nivel de refrigerante en un intercambiador de calor de condensación.

20 El documento GB2276229 describe sistemas y procedimientos para purgar gases no condensables de una unidad de refrigeración. La purga a través de una válvula responde a una comparación en un controlador programable entre la presión de vapor real medida en un punto seleccionado y la presión conocida de un refrigerante sin contaminar en el punto seleccionado.

25 El documento DE3517220 describe una instalación de refrigeración que tiene un sistema de soplado que contiene un conmutador de seguridad de soplado que tiene sensores de temperatura para detectar la diferencia de temperatura entre el refrigerante en un evaporador y el refrigerante en un condensador, y para emitir señales eléctricas (que indican las temperaturas detectadas) a un conjunto de control electrónico.

El documento US 4531375 describe un sistema de refrigeración que tiene un sistema de purga con un sistema de control de microordenador para monitorizar el funcionamiento de una bomba de purga para determinar si la bomba de purga ha funcionado de modo continuo durante un periodo de tiempo superior a un periodo de tiempo predeterminado, y para anular el funcionamiento normal de la bomba de purga si este es el caso.

30 El documento US4484453 describe un procedimiento para mantener una concentración preseleccionada de gases no condensables en un condensador. Un elemento de temperatura detecta una temperatura de amoníaco condensado y envía una señal, en base a la temperatura, a un controlador de presión, que utiliza la señal para reducir la presión del condensador de un valor predeterminado a un valor calculado. El controlador de presión detecta asimismo la presión real en el condensador, compara la presión real con el valor calculado, y realiza ajustes en la válvula automática hasta que la presión real en el condensador es aproximadamente igual al valor calculado.

35 El documento JP3001058 describe un refrigerador de absorción que incluye un sensor de detección de concentración para detectar la presión parcial de gas de hidrógeno en una cámara de almacenamiento de gas, y un comparador.

El documento JP54054355 describe un dispositivo de purga automática para un refrigerador de absorción.

Finalmente, el documento JP1088074 describe un descargador de gas no condensable para un refrigerador de absorción.

40 Sumario de la divulgación

De acuerdo con la presente invención, se propone un procedimiento para estimar un gas no condensable en un sistema de refrigeración en la reivindicación 1, y se propone un sistema para estimar un gas no condensable en un sistema de refrigeración en la reivindicación 9.

45 En ciertos modos de realización, se pueden tomar mediciones de un nivel de líquido de un condensador, un diferencial de temperatura entre un evaporador y el condensador, un diferencial de presión entre el evaporador y el condensador, un gradiente de temperatura del condensador, y/o un gradiente de presión del condensador. En ciertos modos de realización, se pueden tomar mediciones en una entrada del condensador y en una salida del evaporador. En ciertos modos de realización, se pueden tomar mediciones dentro del condensador y entre medias del condensador y el evaporador.

Ciertos modos de realización de la descripción pueden proporcionar numerosas ventajas técnicas. Por ejemplo, una

ventaja técnica de un modo de realización puede incluir la capacidad de detectar y estimar filtraciones de gas no condensable en un sistema de refrigeración subambiente. Otras ventajas técnicas de otros modos de realización pueden incluir la capacidad de determinar cuándo se debe retirar aire infiltrado de un sistema de refrigeración subambiente. Ventajas técnicas adicionales de otros modos de realización pueden incluir la capacidad de permitir que los sistemas de refrigeración funcionen durante períodos más largos con una eficiencia mejorada. Otras ventajas técnicas de otros modos de realización pueden incluir la capacidad de retirar selectivamente aire de una sección o secciones de un sistema de refrigeración subambiente. Todavía otras ventajas técnicas de otros modos de realización pueden incluir una capacidad mejorada de monitorizar y controlar un sistema de refrigeración.

Aunque se han enumerado anteriormente ventajas específicas, diversos modos de realización pueden incluir todas, algunas, o ninguna de las ventajas enumeradas. Adicionalmente, otras ventajas técnicas pueden volverse fácilmente aparentes para aquellos expertos en la técnica tras revisar las siguientes figuras y descripción.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de modos de realización ejemplares de la presente invención y de sus ventajas, se hace referencia a continuación a la siguiente descripción, tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de refrigeración ejemplar que se puede usar junto con los modos de realización divulgados aquí; y

la figura 2 es un diagrama de flujo del procedimiento para estimar un gas no condensable en un sistema de refrigeración de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

Se debe entender al comienzo que, aunque se ilustran a continuación modos de realización de la presente descripción, la presente descripción se puede implementar utilizando cualquier número de técnicas, ya sean conocidas en la actualidad o en existencia. La presente descripción no debe limitarse en modo alguno a los modos de realización, dibujos y técnicas ilustradas a continuación, incluyendo los modos de realización e implementación ilustrados y descritos aquí. Adicionalmente, los dibujos no están dibujados necesariamente a escala.

Un sistema de refrigeración subambiente (SACS) incluye generalmente un bucle cerrado de fluido con un evaporador, un condensador, y una bomba. El evaporador hierve el líquido y alimenta la mezcla de líquido/vapor al condensador. El condensador retira calor (energía térmica) mientras condensa el vapor, y alimenta el líquido condensado a la bomba. La bomba devuelve el líquido al evaporador para completar el bucle. El evaporador absorbe calor (energía térmica) de una fuente, tal como una electrónica caliente, y el condensador transfiere calor (energía térmica) a una fuente de refrigeración, tal como el aire ambiental.

Un SACS puede estar diseñado para transferir calor por ebullición forzada bifásica desde una fuente de calor a mayor temperatura a un sumidero de calor a menor temperatura. En muchos casos, el aire ambiental es un sumidero de calor deseable. Pueden surgir dificultades con sistema de refrigeración, tal como un SACS, cuando el sumidero de calor disponible (por ejemplo, el aire ambiental) tiene una temperatura superior a la temperatura deseada de la fuente de calor (por ejemplo, la electrónica caliente).

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de refrigeración 10 ejemplar que se puede usar en ciertos modos de realización. Aunque los detalles de un sistema de refrigeración se describen a continuación, se debe entender expresamente que otros sistemas de refrigeración se pueden usar junto con modos de realización de la descripción.

El sistema de refrigeración 10 de la figura 1 se muestra refrigerando una estructura 12 que está expuesta a energía térmica o la genera. La estructura 12 puede ser cualquiera de una variedad de estructuras, incluyendo, aunque sin limitarse a, componentes electrónicos, circuitos, ordenadores, y servidores. Debido a que la estructura 12 puede variar enormemente, los detalles de la estructura 12 no se ilustran ni se describen. El sistema de refrigeración 10 de la figura 1 incluye una tubería de vapor 61, una tubería de líquido 71, intercambiadores de calor 23 y 24, una bomba 46, orificios de entrada 47 y 48, un intercambiador de calor de condensación 41, un depósito de expansión 42, y un controlador de presión 51.

La estructura 12 puede estar dispuesta y diseñada para conducir calor (energía térmica) hacia los intercambiadores de calor 23, 24. Para recibir esta energía térmica, o calor, el intercambiador de calor 23, 24 puede estar dispuesto en un borde de la estructura 12 (por ejemplo, como un termosifón, tubería de calor, u otro dispositivo), o se puede extender a través de porciones de la estructura 12, por ejemplo a través de un plano térmico de la estructura 12. En algunos casos, los intercambiadores de calor 23, 24 se pueden extender hasta los componentes de la estructura 12, recibiendo directamente la energía térmica de los componentes. Aunque se muestran dos intercambiadores de calor 23, 24 en el sistema de refrigeración 10 de la figura 1, en otros sistemas de refrigeración se puede utilizar un intercambiador de calor o más de dos intercambiadores de calor para refrigerar la estructura 12.

En funcionamiento, un fluido refrigerante fluye a través de cada uno de los intercambiadores de calor 23, 24. Como se discutirá más adelante, este fluido refrigerante puede ser un fluido refrigerante bifásico, que entra en conductos de entrada 25 de los intercambiadores de calor 23, 24 en forma líquida. La absorción de calor de la estructura 12 provoca que parte o todo el líquido refrigerante hierva y se vaporice de tal modo que algo o todo el fluido refrigerante abandona los conductos de salida 27 de los intercambiadores de calor 23, 24 en fase vapor. Para facilitar tal absorción o transferencia de energía térmica, los intercambiadores de calor 23, 24 pueden estar revestidos de aletas en forma de agujas o de otros dispositivos similares que, entre otras cosas, aumentan la superficie de contacto entre el fluido refrigerante y las paredes de los intercambiadores de calor 23, 24. Adicionalmente, en algunos casos, el fluido refrigerante se puede forzar o pulverizar en los intercambiadores de calor 23, 24 para asegurar un contacto fluido entre el fluido refrigerante y las paredes de los intercambiadores de calor 23, 24.

El fluido refrigerante abandona los conductos de salida 27 y fluye a través de la tubería de vapor 61, el intercambiador de calor de condensación 41, el depósito de expansión 42, la bomba 46, la tubería de líquido 71, y un orificio respectivo de dos orificios 47 y 48, con el fin de alcanzar de nuevo los conductos de entrada 25 del intercambiador de calor 23, 24. La bomba 46 puede provocar que el fluido refrigerante circule a lo largo del bucle mostrado en la figura 1. En algunos casos, la bomba 46 puede utilizar accionamientos magnéticos, que no requieren juntas que se pueden desgastar o fugar con el tiempo. Aunque la línea de vapor 61 utiliza el término "vapor" y la línea de líquido 71 utiliza el término "líquido", cada línea respectiva puede tener fluido en una fase diferente. Por ejemplo, la línea de líquido 71 puede contener algo de vapor, y la línea de vapor 61 puede contener algo de líquido.

Volviendo de nuevo en mayor detalle al fluido refrigerante, una técnica altamente eficiente para retirar calor de una superficie es hervir y vaporizar un líquido, un fluido refrigerante, que está en contacto con la superficie. A medida que el líquido se vaporiza en este proceso, inherentemente absorbe calor para efectuar tal vaporización. La cantidad de calor que se puede absorber por unidad de volumen de un líquido se conoce comúnmente como el "calor latente de vaporización" del líquido. Cuanto mayor sea el calor latente de vaporización, mayor será la cantidad de calor que se puede absorber por unidad de volumen del líquido que está siendo vaporizado.

El fluido refrigerante utilizado en el sistema de la figura 1 puede incluir, aunque no se limita a, mezclas de anticongelante y agua o tan sólo agua. En algunos ejemplos, el anticongelante puede ser etilenglicol, propilenglicol, metanol, u otro anticongelante adecuado. En otros ejemplos, la mezcla puede incluir asimismo un fluorocarburo inerte. En algunos casos, el fluido refrigerante puede absorber una cantidad sustancial de calor a medida que se vaporiza, y puede tener así un calor latente de vaporización muy alto.

El agua hierve a una temperatura de, aproximadamente, 100 °C a presión atmosférica de 14,7 libras por pulgada cuadrada absolutas (psia) (101.325 Pa). En algunos casos, la temperatura de ebullición del fluido refrigerante se puede reducir hasta entre 55-65 °C sometiendo el fluido refrigerante a una presión subambiente, por ejemplo, una presión entre 1 y 4 psia (6.894,75-27.579,02 Pa), tal como 2-3 psia (13.789,51-20.684,27 Pa).

Volviendo de nuevo en más detalle el sistema 10, los orificios 47 y 48 pueden facilitar una división adecuada del fluido refrigerante entre intercambiadores de calor 23, 24 respectivos, y puede contribuir además a crear una gran caída de presión entre la salida de la bomba 46 y el intercambiador de calor 23, 24 en el cual se vaporiza el fluido refrigerante. Los orificios 47 y 48 pueden permitir que la presión del fluido refrigerante aguas abajo de los mismos sea sustancialmente inferior a la presión del fluido refrigerante entre la bomba 46 y los orificios 47 y 48, que en este modo de realización se muestra como aproximadamente 12 psia (82.737,08 Pa). Los orificios 47 y 48 pueden tener el mismo tamaño o pueden tener diferentes tamaños con el fin de dividir el refrigerante de un modo proporcional que facilite un perfil de refrigeración deseado.

En un ejemplo, el fluido refrigerante que fluye desde la bomba 46 hasta los orificios 47 y 48 a través de la tubería de líquido 71 puede tener una temperatura de, aproximadamente, 55 °C a 65 °C y una presión de, aproximadamente, 12 psia (82.737,08 Pa), como se refirió anteriormente. Tras pasar a través de los orificios 47 48, el fluido refrigerante debe tener todavía una temperatura de, aproximadamente, 55 °C a 65 °C, pero puede tener igualmente una presión inferior en el intervalo de, aproximadamente, 2 psia a 3 psia (13.789,51-20.684,27 Pa). Debido a esta reducción de presión, algo o todo el fluido refrigerante puede hervir o vaporizarse a medida que pasa a través del intercambiador de calor 23 y 24 y absorbe calor de los mismos.

Tras abandonar los puertos de salida 27 del intercambiador de calor 23, 24, el vapor refrigerante subambiente viaja a lo largo de la línea de vapor 61 hasta el intercambiador de calor de condensación 41 en el que el calor, o la energía térmica, se puede transferir del fluido refrigerante subambiente al flujo de fluido. El flujo de fluido en algunos ejemplos puede tener una temperatura inferior a 50 °C. En otros ejemplos, el flujo puede tener una temperatura inferior a 40 °C. En ciertos casos, a medida que se retira calor del fluido refrigerante, cualquier porción del fluido que esté en una fase vapor se condensa de tal modo que sustancialmente todo el fluido refrigerante está en forma líquida cuando abandona el intercambiador de calor de condensación 41. En este punto, el fluido refrigerante puede tener una temperatura de, aproximadamente, 55 °C a 65 °C y una presión subambiente de, aproximadamente, 2 psia a 3 psia (13.789,51-20.684,27

Pa). El fluido refrigerante puede fluir a continuación hasta la bomba 46, que puede aumentar la presión del fluido refrigerante hasta un valor en el intervalo de, aproximadamente, 12 psia (82.737,08 Pa).

En algunos ejemplos, un flujo de fluido (ya sea gas o líquido) se puede forzar a fluir a través del intercambiador de calor de condensación 41, por ejemplo mediante un ventilador u otro dispositivo adecuado. En modos de realización concretos, el flujo puede ser un fluido ambiente. El intercambiador de calor de condensación 41 transfiere calor del fluido refrigerante al flujo de fluido ambiente, provocando así que una porción del fluido refrigerante que está en la fase vapor se condense de nuevo a una fase líquida. Se puede proporcionar una derivación de líquido 49 para fluido refrigerante líquido que o bien ha abandonado los intercambiadores de calor 23, 24 o se puede haber condensado a partir de un fluido refrigerante vapor durante su viaje hacia el intercambiador de calor de condensación 41. El intercambiador de calor de condensación 41 puede ser una torre de refrigeración.

El fluido refrigerante líquido que abandona el intercambiador de calor de condensación 41 se puede suministrar a un depósito de expansión 42. Como los fluidos ocupan típicamente más volumen en su fase vapor que en su fase líquida, se puede proporcionar el depósito de expansión 42 con el fin de absorber el volumen de fluido refrigerante líquido que es desplazado cuando algo o todo el refrigerante en el sistema cambia de su fase líquida a su fase vapor. Un depósito de expansión 42, conjuntamente con el controlador de presión 51, puede controlar la presión en el bucle de refrigeración. La cantidad de fluido refrigerante que está en su fase vapor puede variar a lo largo del tiempo, debido en parte al hecho de que la cantidad de calor o de energía térmica producida por la estructura 12 puede variar a lo largo del tiempo, ya que la estructura 12 funciona en diversos modos de funcionamiento.

El controlador de presión 51 puede mantener el refrigerante a una presión subambiente, tal como, aproximadamente, 2-3 psia (13.789,51-20.684,27 Pa), a lo largo de la porción del bucle que se extiende de los orificios 47 y 48 hasta la bomba 46, en concreto a través de los intercambiadores de calor 23 y 24, el intercambiador de calor de condensación 41, y el depósito de expansión 42. En algunos ejemplos, unos fuelles metálicos se pueden utilizar en el depósito de expansión 42, conectados al bucle utilizando uniones soldadas. En algunos ejemplos, el controlador de presión 51 puede controlar la presión del bucle utilizando un actuador lineal motorizado que es parte de los fuelles metálicos del depósito de expansión 42, o utilizando una pequeña bomba de engranajes para evacuar el bucle hasta el nivel de presión deseado. El fluido refrigerante retirado se puede almacenar en los fuelles metálicos cuyas conexiones de fluido están soldadas. En otras configuraciones, el controlador de presión 51 puede utilizar otros dispositivos adecuados capaces de controlar la presión. El controlador de presión 51 puede incluir un dispositivo de cálculo con una interfaz, lógica, un procesador, memoria, u otros componentes adecuados. Aunque se mencionan medidas de presión y temperatura específicas en la descripción, se indica explícitamente que diversos modos de realización pueden implementar y/o funcionar bajo presiones y temperaturas mayores o menores a aquellas mencionadas específicamente.

Se apreciará que el sistema de la figura 1 puede funcionar sin un sistema de refrigeración. En el contexto de circuitos electrónicos, tales como los que se pueden usar en la estructura 12, la ausencia de un sistema de refrigeración puede dar como resultado una reducción significativa del tamaño, peso, y consumo de potencia de la estructura proporcionada para refrigerar los componentes del circuito de la estructura 12.

Aunque se describe un ejemplo concreto de un sistema de refrigeración con referencia a la figura 1, se apreciará que el sistema de la figura 1 se incluye tan sólo a modo de ejemplo, y modos de realización de la descripción son aplicables similarmente a una amplia variedad de sistemas de refrigeración no descritos.

En ciertos ejemplos, puede ser deseable mantener un punto de ebullición constante para el fluido refrigerante, independientemente de la carga térmica o del sumidero de calor. A medida que se produce más o menos calor, se puede necesitar más o menos área activa en el intercambiador de calor de condensación 41 para condensar el vapor resultante. De modo similar, a medida que la temperatura de un sumidero de calor varía (por ejemplo variando la temperatura del aire ambiental), se puede necesitar más o menos área activa en el intercambiador de calor de condensación 41 para condensar el vapor resultante. La presión dentro del intercambiador de calor de condensación 41 se puede usar como un indicador del punto de ebullición. En ciertos ejemplos, se puede mantener constante un punto de ebullición manteniendo una presión constante en el intercambiador de calor de condensación 41. Dado un punto de ebullición controlado, una carga térmica variable, y ningún control sobre el sumidero de calor, se puede ajustar un nivel de refrigerante en un intercambiador de calor de condensación 41 para controlar el área del intercambiador 41 que puede condensar un refrigerante vaporizado. Por consiguiente, en ciertos ejemplos, el nivel de refrigerante adecuado en el intercambiador de calor de condensación corresponde a aquel en el que el área activa de un intercambiador de calor de condensación 41 retira una carga térmica mientras mantiene el punto de ebullición en un nivel deseado, representado en la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = KA(T_{boil} - T_{air})$$

en donde \dot{Q} representa la velocidad de retirada de calor del vapor y/o fluido, K representa el coeficiente de transferencia de calor global del vapor y/o fluido al aire ambiental, A representa el área de transferencia de calor consistente con la

definición de K (por ejemplo, el área de condensación interior para el vapor, o el área de contacto con el aire de refrigeración exterior asociada con el área de condensación interior correspondiente), T_{boil} representa la temperatura de ebullición del vapor de saturación local, y T_{air} representa la temperatura del aire ambiental en un punto alejado de la fuente de transferencia de calor. Nótese que A puede variar dependiendo de la altura de líquido en el intercambiador de calor.

5 Teóricamente, un bucle de refrigeración como el discutido anteriormente debe contener tan sólo un refrigerante. En la práctica, sin embargo, gases no condensables tales como aire exterior (aire infiltrado) pueden filtrarse en el bucle de refrigeración por diversas razones tales como, por ejemplo, daños en el sistema, juntas envejecidas, o fugas en conectores. Así pues, para un sistema grande con potencialmente muchas más conexiones y conectores, un SACS
10 tenderá casi con seguridad filtraciones de aire en el sistema. Los gases no condensables se pueden originar a partir de gases disueltos en la carga inicial del líquido refrigerante, o en cantidades adicionales de refrigerante añadidas al sistema para completar las pérdidas de refrigerante durante el funcionamiento normal. En el funcionamiento normal del SACS, el aire tenderá a concentrarse en el condensador con la mayor concentración justo por encima del nivel de agua. En la medida en que los gases no condensables tales como el aire se acumulan en el sistema, estos pueden disminuir significativamente la capacidad de retirada de calor y la eficiencia del sistema. Adicionalmente, la presencia de tales gases
15 no condensables (esto es, aire infiltrado) dentro del sistema puede afectar al nivel de refrigerante en un intercambiador de calor de condensación.

La concentración de aire en un condensador puede ser indeseable debido a que baja el coeficiente de transferencia de calor de condensación y reduce la capacidad de retirada de calor de un intercambiador de calor dado, o requiere un sumidero de calor de menor temperatura para la misma temperatura de ebullición en el evaporador. Adicionalmente, en el
20 caso de un fluido refrigerante (por ejemplo, agua) con una densidad similar a la del aire infiltrado, puede no existir una separación clara entre vapor de refrigerante y el aire infiltrado en un intercambiador de calor de condensación.

En ejemplos concretos de un SACS, el nivel de líquido refrigerante en un intercambiador de calor puede disminuir a medida que la concentración de aire en el condensador aumenta. Este efecto puede ocurrir debido a que la presión total en el intercambiador de calor aumenta a medida que la concentración de aire aumenta. Con un nivel de refrigerante menor (por ejemplo, resultado de una retirada de refrigerante del condensador para controlar la temperatura y/o el área activa), el área activa del condensador para disipar calor puede aumentar. El contenido de aire se puede monitorizar para permitir el control del nivel de refrigerante, por ejemplo. En diversas aplicaciones, cambios en los requerimientos de retirada de calor para un SACS pueden afectar al nivel de refrigerante deseado en el condensador. Además, la temperatura del aire de refrigeración e incluso la velocidad del aire de refrigeración pueden afectar al nivel de refrigerante deseado en el condensador. En ciertos ejemplos, el contenido de aire del vapor de refrigeración en el condensador se debe monitorizar para obtener un control deseado del nivel de refrigerante y del área activa en intercambiador de calor.
30

Por consiguiente, los modos de realización de la invención enseñan procedimientos para estimar un contenido no condensable de vapor de refrigeración en un SACS.

De acuerdo con ciertos modos de realización, se puede crear una tabla de referencia para estimar el aire en un SACS, o
35 determinar cuándo se acumula aire en exceso en un condensador. Se puede generar una tabla de referencia en base a diversas propiedades del sistema. Tales propiedades pueden cambiar dependiendo de la cantidad de aire en el sistema. Los datos contenidos en tales tablas de referencia se pueden usar, en ciertos modos de realización, para un análisis de diseño de experimentos (DOE) para generar una expresión analítica (o superficie) útil para predicciones y control. Como se utiliza aquí, los términos “expresión” y “superficie” se utilizan de modo intercambiable. Tal análisis de DOE puede dar
40 como resultado una expresión que describe una superficie analítica utilizando un número limitado de puntos de datos.

Por ejemplo, como se explica a continuación, se pueden tomar mediciones para un SACS en un ambiente controlado, tal como un ambiente en el que se controlan la carga térmica y la cantidad de aire en el sistema. Tales mediciones pueden incluir mediciones de propiedades que se pueden usar para estimar la cantidad de aire en un SACS, tales como una temperatura, una presión, un nivel de líquido, una velocidad, y/o un gradiente de cualquiera de tales mediciones, y tales mediciones se pueden tomar o realizar en, o cerca de, cualquier componente practicable de un SACS. Los datos obtenidos en tales procedimientos se pueden usar para generar expresiones analíticas.
45

Las tablas generadas se pueden usar para estimar una cantidad de aire contenido en un SACS en base a las mediciones operacionales. De este modo, se pueden utilizar mediciones experimentales para generar modelos útiles para interpretar mediciones del “mundo real”. La presente descripción puede referirse ocasionalmente a mediciones como
50 “experimentales”, “operacionales”, o de otro modo, y el significado de tales frases estará claro para el experto en la técnica. Ciertos ejemplos de procedimientos se describen a continuación, de acuerdo con ciertos modos de realización.

Los procedimientos se pueden realizar de cualquier modo adecuado. Como ejemplo, los procedimientos se pueden realizar mediante un componente que incluye un interfaz, lógica, memoria, y/o cualquier otro elemento adecuado. Un interfaz recibe entradas, envía salidas, procesa las entradas y/o salidas, y/o realiza otra operación adecuada. Un interfaz puede comprender hardware y/o software.
55

La lógica realiza las operaciones del componente, por ejemplo, ejecuta instrucciones para generar salidas a partir de entradas. La lógica puede incluir hardware, software, y/u otra lógica. La lógica puede estar codificada en uno o más medios tangibles u otra memoria, y puede realizar operaciones cuando se ejecuta por un ordenador. Cierta lógica, tal como un procesador, puede gestionar el funcionamiento de un componente. Ejemplos de procesadores incluyen uno o más ordenadores, uno o más microprocesadores, una o más aplicaciones, y/u otra lógica.

Una memoria almacena información. Una memoria puede comprender uno o más medios de almacenamiento tangibles, legibles por un ordenador, y/o ejecutables por un ordenador. Ejemplos de memorias incluyen memoria de ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM) o memoria sólo de lectura (ROM)), medios de almacenamiento masivo (por ejemplo, un disco duro), medios de almacenamiento retirables (por ejemplo, un disco compacto (CD) o un videodisco digital (DVD)), almacenamiento en bases de datos y/o en red (por ejemplo, un servidor), y/u otro medio legible por ordenador.

La figura 2 es un diagrama de flujo de un modo de realización de acuerdo con la invención de un procedimiento para estimar gases no condensables en un sistema de refrigeración. En ciertos modos de realización, se toman mediciones de una propiedad que se puede utilizar para estimar gases no condensables en el sistema de refrigeración para diferentes cargas térmicas y diferentes concentraciones de gas no condensable en el sistema de refrigeración. Se puede generar una tabla de referencia para las mediciones.

El procedimiento comienza en la etapa 110, en la que se establece la concentración de gas no condensable en el sistema de refrigeración. La concentración se puede establecer controlando la cantidad de gas en el sistema. La carga térmica de un condensador del sistema de refrigeración se establece en la etapa 114. Una propiedad que se puede usar para estimar el aire en el sistema de refrigeración se mide en la etapa 118. Ejemplos de mediciones se discuten a continuación. Una carga térmica siguiente se puede seleccionar en la etapa 122. Si se hace así, el procedimiento vuelve a la etapa 114 para establecer la siguiente carga térmica. Si no, el procedimiento pasa a la etapa 126. Una concentración de un gas no condensable se puede seleccionar en la etapa 126. Si se hace así, el procedimiento vuelve a la etapa 110 para establecer la siguiente concentración. Si no, el procedimiento pasa a la etapa 130, en la que las mediciones se almacenan en un conjunto de datos. A continuación se discuten detalles de diversos modos de realización para realizar el procedimiento.

En modos de realización concretos, se puede generar un conjunto de datos que comienza sin gases no condensables en el sistema, estableciendo una carga térmica medida, y midiendo y grabando un nivel de líquido correspondiente en el condensador como dato del nivel de líquido. Las mediciones se pueden repetir para diversas cargas térmicas para construir el primer conjunto de datos. La concentración de aire en el condensador se puede aumentar a continuación hasta un valor conocido, y se pueden repetir las mediciones, variando la carga térmica a lo largo de un espectro, para generar un segundo conjunto de datos. Este proceso se puede repetir para diversas concentraciones de aire variando la carga térmica hasta que existan suficientes datos para un análisis de DOE. Por consiguiente, en ciertos modos de realización se pueden generar una tabla de referencia y una expresión de DOE en base a la concentración de aire en el condensador y a la carga térmica.

De acuerdo con ciertos modos de realización, se pueden utilizar procedimientos adicionales para generar tablas de referencia y/o tablas de referencia mejoradas. Por ejemplo, en ciertos modos de realización, una tabla de referencia y una expresión de DOE se pueden basar en un diferencial de presión y temperatura entre un evaporador (por ejemplo, un intercambiador de calor 23 en la figura 1) y un condensador (por ejemplo, el intercambiador de calor de condensación 41 en la figura 1) para un SACS. En ciertos modos de realización de un SACS, habrá un diferencial de presión entre un evaporador y un condensador y un flujo de vapor y una caída de presión resultante entre ambos. Por ejemplo, esta relación se puede expresar matemáticamente como:

$$P_{v\text{-}evap} > P_{v\text{-}cond}$$

en donde $P_{v\text{-}evap}$ representa la presión de vapor del fluido (refrigerante) que abandona el evaporador, y $P_{v\text{-}cond}$ representa la presión de vapor del fluido en el condensador.

Por consiguiente, la temperatura en el condensador puede ser menor que la temperatura que abandona el evaporador, ya que el fluido refrigerante está, por diseño, en un estado saturado. Utilizando este conocimiento, se pueden generar una tabla de referencia y/o una expresión de DOE utilizando mediciones de presión y temperatura en el evaporador y separadamente en el condensador, variando consecuentemente la carga térmica y los niveles de aire. Estas mediciones se pueden realizar asimismo sin aire atrapado, y con otras variaciones tales como una entrada de calor y un rechazo de calor.

Las mediciones se pueden tomar dentro y/o fuera del condensador y/o evaporador en ciertos modos de realización. En ciertos modos de realización, se puede tomar una primera medición cerca de una entrada de un condensador, y se puede tomar una segunda medición cerca de una salida de un evaporador. En algunos modos de realización, una primera medición se puede tomar dentro de un condensador y una segunda medición se puede tomar entre el condensador y el evaporador. Se debe entender que las mediciones discutidas en la descripción se deben tomar en cualquier punto

practicable y no se deben limitar en base a los ejemplos concretos descritos.

En ciertos modos de realización, una fuga de aire y la concentración resultante de aire en un condensador de un SACS afecta a los niveles. La presencia de aire en el vapor de refrigeración en el condensador puede provocar una presión adicional dentro del condensador y como resultado un nivel de agua bajo en el condensador para mantener una velocidad deseada de retirada de calor. Por consiguiente, en ciertos modos de realización, la presión total en el condensador puede desviarse de la presión de saturación a una temperatura concreta. Expresada matemáticamente, por ejemplo:

$$P_{total-cond} = P_{v-cond} + P_{air}$$

en donde $P_{total-cond}$ representa a la presión total en el condensador, y P_{air} representa la presión parcial adicional en el condensador provocada por el aire acumulado.

Así pues, el diferencial de presión permite medir la temperatura y la presión total en el evaporador y el condensador, añadiendo datos a una tabla de referencia. Como resultado, en ciertos modos de realización se puede construir una tabla de referencia midiendo la presión y/o la temperatura en el condensador y en el intercambiador, variando la carga térmica a niveles conocidos sin aire en el sistema, añadiendo una cantidad conocida de aire, variando de nuevo la carga térmica con una cantidad aumentada de aire en el sistema, y repitiendo sistemáticamente el proceso para diversas cantidades de aire. Tal tabla de referencia puede estar basada en la presión en una posición concreta en el condensador por encima del nivel de agua, y en una carga térmica para una presión y una temperatura dadas en el evaporador. Adicionalmente se debe notar que, en modos de realización concretos, la carga térmica puede estar relacionada directamente con el flujo másico de vapor entre el evaporador y el condensador. Así pues, la carga térmica puede estar relacionada directamente asimismo con la caída de presión entre el evaporador y el condensador.

Como ejemplo adicional de un procedimiento para crear una tabla de referencia de acuerdo con ciertos modos de realización, una tabla de referencia y una expresión de DOE pueden estar basados en el gradiente de concentración aire/vapor en un condensador. Durante el funcionamiento cuando existe una tasa de aire infiltrado relativamente baja, un condensador SACS puede tener un gradiente de concentración de aire/vapor. Por ejemplo, en ciertos modos de realización, la mayor concentración de aire en un condensador puede estar justo por encima del nivel de líquido refrigerante. A medida que la retirada de calor desde el condensador progresa, la presión de vapor local puede permanecer en un estado de saturación. Así pues, puede haber un gradiente de presión de vapor a lo largo del condensador y un gradiente de temperatura resultante en el condensador, correspondiendo el gradiente a la dirección de flujo.

En ciertos modos de realización, la condensación y el flujo resultante pueden tender a arrastrar aire hacia el condensador, mientras que la difusión puede tender a dispersar el aire uniformemente en el condensador. Este gradiente puede variar a medida que varía la carga térmica (y el caudal correspondiente). Con este gradiente de concentración debido a la difusión en el condensador, el gradiente de temperatura resultante en el condensador se puede medir y registrar como una función de la carga térmica y del gradiente de concentración para generar una tabla de referencia. En ciertos modos de realización, por ejemplo, considérese el efecto de una adición del 10% de aire (por presión) en el vapor de refrigerante (por ejemplo, agua) en un condensador. A una temperatura de 110 °F (43,33 °C), la presión de saturación de vapor es de 1,2750 psia (8.790,81 Pa). Si esta presión representara en su lugar el 90% de vapor de agua y el 10% de aire (asumiendo que ambos fueran gases ideales), la presión del vapor de agua sería entonces de 1,1475 psia (7.911,73 Pa). Esta nueva presión corresponde a una temperatura de saturación de 106,37 °F (41,32 °C). Por consiguiente, el cambio de temperatura de 3,63 °F (2,02 °C) se puede medir fácilmente. Tales mediciones proporcionan la base para crear una tabla de referencia de acuerdo con ciertos modos de realización.

Por consiguiente, en ciertos modos de realización, se puede generar una tabla de referencia monitorizando el gradiente de temperatura en el condensador tal como, por ejemplo, midiendo la diferencia entre dos o más posiciones dispuestas en un condensador. Tal procedimiento puede incluir medir una primera temperatura, por ejemplo, justo por encima de un nivel de refrigerante en el condensador, y una segunda temperatura cerca de una entrada de vapor en un condensador sin aire en el condensador, y tomar subsecuentemente mediciones adicionales bajo diversas cargas térmicas. Un volumen medido de aire se puede añadir al sistema, la carga térmica variada, y los gradientes de temperatura resultantes se pueden usar adicionalmente para la tabla de referencia. Esto se puede repetir tanto como sea necesario con diversos niveles de aire en el sistema. Una variación en el caudal/velocidad del aire de refrigeración se puede incluir asimismo en ciertos modos de realización para generar una tabla de referencia. Además, se pueden añadir puntos de medición adicionales, y la posición de los puntos de medición se puede alterar. En ciertos modos de realización, los puntos de medición se pueden situar en cualquier sitio practicable sobre, en, alrededor, o cerca de un condensador. A continuación, se puede introducir una cantidad medida de aire en el condensador, resultando en un gradiente debido a la condensación y difusión. Se tomarían mediciones adicionales consiguientemente, y se realizarían iteraciones adicionales hasta que existan suficientes datos para generar una tabla de referencia.

Ciertos modos de realización de cualquiera de los procedimientos descritos pueden incluir y/o incorporar procedimientos adicionales para generar, por ejemplo, tablas de referencia mejoradas. Por ejemplo, una tabla de referencia construida de

5 acuerdo con cualquiera de los procedimientos anteriormente descritos puede incorporar adicionalmente otros datos y/o variables obtenidos de experimentos controlados, tales como datos relativos a un sumidero de calor o a una configuración o tipo de sistema concreto, para crear una tabla de referencia mejorada. Por ejemplo, una tabla de referencia y/o una tabla de referencia mejorada pueden incluir datos que tengan en cuenta un tipo concreto de sumidero de calor (por ejemplo, aire, líquido, etc.), un caudal (por ejemplo, un caudal de aire), la temperatura ambiente, cambios en el estado del sumidero de calor, y propiedades similares. Como ejemplo adicional, una tabla de referencia y/o una tabla de referencia mejorada pueden incluir adicionalmente datos relativos al estado de un intercambiador de calor, tales como daños, corrosión, o ensuciamiento de un intercambiador de calor. Además, una tabla de referencia mejorada puede incluir múltiples mediciones de acuerdo con diversos procedimientos tales como aquellos descritos anteriormente para conseguir una estimación precisa de aire en un sistema.

10 A pesar de los diversos ejemplos mencionados en la descripción con referencia a ciertos modos de realización, debe apreciarse que los ejemplos se proporcionan a efectos meramente ilustrativos, y diversos modos de realización pueden incluir datos adicionales que se puedan identificar como útiles para crear una tabla de referencia y/o un análisis de DOE. Consecuentemente, en modos de realización concretos se pueden combinar una, ninguna, o varias de las mediciones y/o tablas de referencia anteriormente descritas. Aunque ciertas mediciones pueden ser suficientes para proporcionar una tabla de referencia, se pueden incluir mediciones adicionales para proporcionar una precisión adicional en las estimaciones. Por ejemplo, se puede generar una tabla de referencia mejorada o avanzada a partir de datos relativos a la relación entre el nivel de líquido/carga térmica/contenido de aire en un sistema y la relación entre gradiente de temperatura/carga térmica/contenido de aire en el sistema. Tales modos de realización pueden proporcionar ventajas adicionales, tales como, por ejemplo, una precisión aumentada en las mediciones y/o una estimación del contenido de aire en un SACS. Además, los procedimientos descritos para crear tablas de referencias y/o tablas de referencia mejoradas pueden ser útiles para determinar la cantidad de aire en la mezcla de vapor en el condensador, y lo deseable de retirar el aire de un SACS.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para estimar un gas no condensable en un sistema de refrigeración (10), que comprende:
realizar lo siguiente para una pluralidad de concentraciones de un gas no condensable en un sistema de refrigeración (10) en un ambiente controlado:
- 5 establecer la concentración del gas no condensable en el sistema de refrigeración (10); y
realizar lo siguiente para una pluralidad de cargas térmicas de un condensador (41) para obtener una pluralidad de mediciones:
 establecer la carga térmica del condensador (41) del sistema de refrigeración (10); y
 medir una propiedad que se puede usar para estimar un gas no condensable en el sistema de refrigeración (10); y
- 10 almacenar las mediciones en un conjunto de datos.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo además el establecimiento de la concentración del gas no condensable en el sistema de refrigeración (10):
 controlar el volumen del gas no condensable en el sistema de refrigeración (10).
- 15 3. El procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo además la medición de la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en el sistema de refrigeración (10) cualquiera de:
 medir un nivel de líquido del condensador (41);
 medir un gradiente de temperatura del condensador (41);
 medir un gradiente de presión del condensador (41).
- 20 4. El procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo además la medición de la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en el sistema de refrigeración (10) cualquiera de:
 medir un diferencial de temperatura entre el condensador (41) y un evaporador (23) del sistema de refrigeración (10);
 medir un diferencial de presión entre el condensador (41) y el evaporador (23) del sistema de refrigeración.
- 25 5. El procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo además la medición de la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en un sistema de refrigeración (10):
 tomar una primera medición de la propiedad en una entrada del condensador (41); y
 tomar una segunda medición de la propiedad en una salida de un evaporador (23) del sistema de refrigeración (10).
- 30 6. El procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo además la medición de la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en un sistema de refrigeración (10):
 tomar una primera medición de la propiedad dentro del condensador (41); y
 tomar una segunda medición de la propiedad entre el condensador (41) y un evaporador (23) del sistema de refrigeración.
- 35 7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
 generar una tabla de referencia a partir del conjunto de datos.
8. Un medio legible por ordenador que incluye un código para estimar un gas no condensable en un sistema de refrigeración (10), siendo el código operable para realizar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 40 9. Un sistema para estimar un gas no condensable en un sistema de refrigeración (10), que comprende:
 medios para realizar lo siguiente para una pluralidad de concentraciones de un gas no condensable en un sistema

de refrigeración (10) en un ambiente controlado:

establecer la concentración del gas no condensable en el sistema de refrigeración (10); y

realizar lo siguiente para una pluralidad de cargas térmicas de un condensador (41) para obtener una pluralidad de mediciones:

- 5 establecer la carga térmica del condensador (41) del sistema de refrigeración (10); y
- medir una propiedad que se puede usar para estimar un gas no condensable en el sistema de refrigeración (10); y
- medios para almacenar las mediciones en un conjunto de datos.
- 10 10. El sistema de la reivindicación 9, en el que los medios para establecer la concentración del gas no condensable en el sistema de refrigeración (10) incluyen medios para controlar el volumen del gas no condensable en el sistema de refrigeración (10).
11. El sistema de la reivindicación 9, en el que los medios para medir la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en el sistema de refrigeración (10) incluyen cualquiera de:
- medios para medir un nivel de líquido del condensador (41);
- 15 medios para medir un gradiente de temperatura del condensador (41);
- medios para medir un gradiente de presión del condensador (41).
12. El sistema de la reivindicación 9, en el que los medios para medir la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en el sistema de refrigeración (10) incluyen cualquiera de:
- 20 medios para medir un diferencial de temperatura entre el condensador (41) y un evaporador (23) del sistema de refrigeración (10);
- medios para medir un diferencial de presión entre el condensador (41) y el evaporador (23) del sistema de refrigeración (10).
13. El sistema de la reivindicación 9, en el que los medios para medir la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en el sistema de refrigeración (10) incluyen:
- 25 medios para tomar una primera medición de la propiedad en una entrada del condensador (41); y
- medios para tomar una segunda medición de la propiedad en una salida de un evaporador (23) del sistema de refrigeración (10).
14. El sistema de la reivindicación 9, en el que los medios para medir la propiedad que se puede usar para estimar el gas no condensable en un sistema de refrigeración (10) incluyen:
- 30 medios para tomar una primera medición de la propiedad dentro del condensador (41); y
- medios para tomar una segunda medición de la propiedad entre el condensador (41) y un evaporador (23) del sistema de refrigeración (10).
15. El sistema de la reivindicación 9, que comprende además:
- medios para generar una tabla de referencia a partir del conjunto de datos.

35

