

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 341**

51 Int. Cl.:

F25B 49/02 (2006.01)

F24F 11/36 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.06.2020 PCT/JP2020/022690**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2020 WO20250889**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2020 E 20822389 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2023 EP 3985331**

54 Título: **Aparato de ciclo de refrigerante**

30 Prioridad:

14.06.2019 JP 2019111466

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.04.2024

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
Osaka Umeda Twin Towers South, 1-13-1, Umeda,
Kita-ku
Osaka-shi, Osaka 530-0001, JP**

72 Inventor/es:

YAJIMA, RYUUZABUROU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 966 341 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

Aparato de ciclo de refrigerante

Campo de la técnica

La presente invención se refiere a un aparato de ciclo de refrigerante.

5 Antecedentes de la técnica

En la "guideline of design construction for ensuring safety against refrigerant leakage from commercial air conditioners using mild flammability (A2L) refrigerants (JRA GL-16: 2017)", que es una guía de la The Jopan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association publicada el 1 de septiembre de 2017, se recoge el "Annex A (Prescription) Specifications of safety cutoff valves" y una especificación predeterminada se debe cumplir. Una de las especificaciones que deben cumplir las válvulas de corte de seguridad es una tasa de fuga de válvula cerrada. En concreto, cuando el fluido es aire y la presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de la válvula de corte de seguridad es de 1 MPa, se prescribe un valor de 300 (cm³/min) o menos como la tasa de fuga de la válvula cerrada que se debe satisfacer por la válvula de corte de seguridad.

Un ejemplo de un aparato de ciclo de refrigerante previamente conocido se deriva del Documento de Patente Europea de Número EP 2 631 571 A1, que constituye la base para la forma de dos partes de la reivindicación independiente 1.

Sumario de la invención

<Problema técnico>

La guía prescribe que una válvula de corte de seguridad adoptada como una medida de seguridad se debe colocar en una posición adecuada en un circuito de refrigerante que se va a cortar de modo que, en caso de fuga del refrigerante, la sala de estar (habitación) objetivo tenga una concentración máxima de fuga del refrigerante igual o menor de un cuarto del límite inferior de inflamabilidad (LFL, por sus siglas en inglés). Además, la guía también prescribe que el circuito de refrigerante se debe cortar según una señal procedente de un detector configurado para detectar una fuga del refrigerante.

La válvula de corte de seguridad está configurada para cortar una fuga del refrigerante procedente de un circuito de refrigerante hacia un espacio de fuga del refrigerante tras una fuga del refrigerante. El LFL es una concentración mínima del refrigerante especificada por la norma ISO 817 y que permite la propagación de la llama en un estado en el que el refrigerante y el aire se mezclan uniformemente. La concentración máxima de fuga del refrigerante se obtiene dividiendo la cantidad total del refrigerante en un circuito de refrigerante por la capacidad de un espacio que mantiene el refrigerante (un valor que se obtiene multiplicando la altura de la fuga por el área del piso).

En la guía, independientemente de si la válvula de corte de seguridad es una válvula de corte de seguridad del lado del gas (en adelante, una válvula de corte del lado del gas) o una válvula de corte de seguridad del lado del líquido (en adelante, una válvula de corte del lado del líquido), es necesario reducir la tasa de fuga de una válvula cerrada a la misma tasa de fuga o menos. En general, una tubería de conexión del refrigerante-gas tiene un diámetro de tubería grande y un diámetro de válvula de corte del lado del gas es mayor que el diámetro de una tubería de conexión del refrigerante-líquido y, por lo tanto, cuando se supone que la holgura de una parte de sello es uniforme, una longitud circunferencial de la parte del sello es larga. Por lo tanto, se aumenta el área de la holgura. En consecuencia, en el caso en que la presión diferencial de aire entre aguas arriba y aguas abajo sea la misma, la tasa de fuga de la válvula cerrada tiende a ser mayor en la válvula de corte del lado del gas que en la válvula de corte del lado del líquido. Para satisfacer el requisito de la guía, es necesario reducir la holgura de la válvula de corte del lado del gas y, por tanto, existe el problema de que esto aumenta el coste de fabricación o el coste de compra de la válvula de corte del lado del gas.

<Solución al problema>

Dichos problemas se resuelven por medio de un aparato de ciclo de refrigerante según la reivindicación independiente 1. A partir de las reivindicaciones dependientes se pueden derivar distintas realizaciones.

Un aparato de ciclo de refrigerante según un primer aspecto de la presente descripción es un aparato de ciclo de refrigerante que hace circular un refrigerante inflamable en un circuito de refrigerante. El aparato de ciclo de refrigerante incluye una válvula de corte del lado del gas, una válvula de corte del lado del líquido, una unidad de detección y una unidad de control. La válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido se disponen en lados opuestos de una primera parte del circuito de refrigerante. La unidad de detección detecta fugas del refrigerante de la primera parte en el espacio predeterminado. La unidad de control pone la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido en un estado de corte cuando la unidad de detección detecta una fuga del refrigerante desde la primera parte hacia el espacio predeterminado. Las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido son tasas de fuga de un gas que está una única fase gaseosa en un estado estándar en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido

cuando una presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido en el estado de corte es una presión predeterminada. La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas es mayor que la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido. La tasa de fuga de corte es sinónimo de una tasa de fuga de la válvula cerrada según la guía.

5 En el aparato de ciclo de refrigerante, la densidad del refrigerante que se va a cortar es diferente entre la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido. La válvula de corte del lado del gas corta el refrigerante-gas y la válvula de corte del lado del líquido corta el refrigerante-líquido. Por lo tanto, para reducir la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido, incluso en un caso en el que la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas aumente ligeramente, se puede suprimir la tasa total de fuga del refrigerante desde la primera parte hacia el espacio predeterminado a un ritmo prescrito. A la vista de esto, en un aparato de ciclo de refrigerante según un primer aspecto, la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas se hace mayor que la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido. En consecuencia, se puede reducir el coste de fabricación o de compra de la válvula de corte del lado del gas.

15 Un aparato de ciclo de refrigerante según un segundo aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según el primer aspecto. La tasa de fuga de corte es una tasa de fuga de aire cuando la temperatura es de 20°C y la presión predeterminada es 1 MPa. La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas es mayor de $300 \times R$ (cm³/min). La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido es menor de $300 \times R$ (cm³/min).

20 Un aparato de ciclo de refrigerante según un tercer aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según el primer aspecto. La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas es de 1,0 veces a 2,7 veces o menos el valor de $300 \times R$ (cm³/min). La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido es 0,94 veces o menos el valor de $300 \times R$ (cm³/min).

Con esta configuración, es posible suprimir el costo de fabricación o de compra de la válvula de corte del lado del gas y al mismo tiempo garantizar la seguridad en el momento de una fuga del refrigerante.

25 Un aparato de ciclo de refrigerante según un cuarto aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según el primer aspecto. La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas está en un intervalo de 1,6 veces a 2,7 veces el valor de $300 \times R$ (cm³/min). La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido está en un intervalo de 0,37 veces a 0,94 veces el valor de $300 \times R$ (cm³/min).

30 Con esta configuración, es posible suprimir el costo de fabricación o de compra de la válvula de corte del lado del gas y al mismo tiempo garantizar la seguridad en el momento de una fuga del refrigerante.

Un aparato de ciclo de refrigerante según un quinto aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según uno cualquiera de los aspectos segundo a cuarto, en el que $R = 1$.

Un aparato de ciclo de refrigerante según un sexto aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según uno cualquiera de los aspectos segundo a cuarto, en el que

$$R = (\rho_{md} \times V_{md} \times A_d) / (C_r \times (2 \times \Delta P_r / \rho_{lr})^{0.5} \times A_v \times \rho_{lr} + A_v \times (2 / (\lambda + 1))^{((\lambda + 1) / 2(\lambda - 1))} \times (\lambda \times P_{lr} \times \rho_{lg})^{0.5}).$$

35 A_v es el área de la sección de la holgura de la válvula (m²) de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido en el estado de corte.

ρ_{lr} es una densidad (kg/m³) del refrigerante en fase líquida.

ρ_{lg} es una densidad (kg/m³) del refrigerante en fase gaseosa.

40 P_{lr} es una presión (MPa) del refrigerante ubicado aguas arriba de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido.

λ es una relación del calor específico del refrigerante.

ρ_{md} es una densidad (kg/m³) de una mezcla gaseosa de aire y refrigerante que pasa a través de una holgura de una puerta que divide el interior y el exterior del espacio predeterminado.

45 V_{md} es una velocidad (m/s) de la mezcla gaseosa de aire y refrigerante que pasa a través de la holgura de la puerta que divide el interior y el exterior del espacio predeterminado.

A_d es un área (m²) de la holgura de la puerta que divide el interior y el exterior del espacio predeterminado.

ΔP_r es una diferencia de presión (Pa) entre el interior y el exterior de un orificio por donde fuga el refrigerante.

C_r es un coeficiente del caudal del refrigerante cuando el refrigerante en fase líquida pasa a través del orificio por donde se fuga el refrigerante.

C_r es 0,6.

5 En el aparato de ciclo de refrigerante según el sexto aspecto, en un caso ejemplar en el que se adopta R32 como el refrigerante, la primera parte del circuito de refrigerante está situada a una altura de 2,2 m desde el suelo del espacio predeterminado, y una cuarta parte de un límite inferior de inflamabilidad (LFL) especificado por la norma ISO 817 se corresponde con una concentración del refrigerante tolerable en el espacio predeterminado, $R = 1,96$.

Con esta configuración, se puede reducir aún más el coste de fabricación o de la compra de la válvula de corte del lado del gas.

10 Un aparato de ciclo de refrigerante según un séptimo aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según uno cualquiera de los aspectos segundo a cuarto, en el que R se determina basándose en al menos uno de una concentración promedio tolerable, una altura de fuga y un tipo del refrigerante. La concentración promedio tolerable es una concentración promedio del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado. La concentración promedio tolerable es una concentración en un intervalo en el que se reconoce que no hay riesgo de
15 combustión del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado. La altura de fuga es una posición de la primera parte en el espacio predeterminado cuando el refrigerante se fuga hacia el espacio predeterminado.

Con esta configuración, dado que R se calcula teniendo en cuenta el tamaño del espacio predeterminado equipado con el aparato de ciclo de refrigerante, la posición de la instalación del aparato de ciclo de refrigerante y el tipo del refrigerante, es posible obtener especificaciones de las tasas de fuga de corte que deben satisfacer la válvula de corte
20 del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido.

Un aparato de ciclo de refrigerante según un octavo aspecto de la presente descripción es el aparato de ciclo de refrigerante según uno cualquiera de los aspectos primero a séptimo. El refrigerante inflamable es un refrigerante ligeramente inflamable determinado como "Clase 2L" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013. El refrigerante inflamable es un refrigerante menos inflamable determinado como "Clase 2" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013.
25 El refrigerante inflamable es un refrigerante altamente inflamable determinado como "Clase 3" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama que ilustra una configuración esquemática de un acondicionador de aire como un aparato de ciclo de refrigerante según una realización.

30 La Figura 2 es un diagrama que ilustra un circuito de refrigerante del acondicionador de aire.

La Figura 3 es un diagrama que ilustra una habitación (espacio predeterminado) en la que se dispone el acondicionador de aire.

La Figura 4 es un diagrama de bloques de control del acondicionador de aire.

La Figura 5 es un diagrama que ilustra un flujo de control contra fugas del refrigerante.

35 La Figura 6 es un diagrama que ilustra las velocidades de fuga del refrigerante en una válvula de corte del lado del gas y en una válvula de corte del lado del líquido cuando la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido son válvulas que satisfacen el "Annex A (Prescription) Specifications of safety cutoff valves" de la guía de la The Japan Refrigerarían and Air Conditioning Industry Association.

40 La Figura 7 es un diagrama que ilustra una relación entre la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas.

Descripción de las realizaciones

(1) Configuración del acondicionador de aire

Como se ilustra en la Figura 1 y en la Figura 2, un acondicionador de aire 1 como aparato de ciclo de refrigerante según una realización está configurado para enfriar o calentar una habitación (espacio predeterminado) en una
45 arquitectura tal como un edificio por medio de un ciclo de enfriamiento por compresión de vapor. El acondicionador de aire 1 incluye principalmente una unidad del lado de la fuente de calor 2, una pluralidad de unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d conectadas a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, tuberías de conexión del refrigerante 5 y 6, y una unidad de control 19 (ver Figura 4). La pluralidad de unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d está conectada en paralelo a la unidad del lado de la fuente de calor 2. Las
50 tuberías de conexión del refrigerante 5 y 6 conectan la unidad del lado de la fuente de calor 2 y las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d a través de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d. La unidad de control 19 controla los dispositivos constituyentes de la unidad del lado de la fuente de calor 2, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c

y 3d, y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d.

5 Un circuito de refrigerante 10 está lleno de R32. Cuando un refrigerante inflamable se fuga del circuito de refrigerante 10 hacia el interior de una habitación (espacio predeterminado) SP (ver Figura 3) en la que, por lo tanto, aumenta la concentración del refrigerante, se puede provocar un accidente de combustión. Es necesario evitar un accidente de combustión de este tipo.

Las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d en el acondicionador de aire 1 se conmutan a operación de enfriamiento u operación de calefacción mediante un mecanismo de conmutación 22 de la unidad del lado de la fuente de calor 2.

(1-1) Tubería de conexión del refrigerante

10 Una tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 incluye principalmente una porción de tubería combinada que se extiende desde la unidad del lado de la fuente de calor 2, las primeras porciones de tubería bifurcada 5a, 5b, 5c y 5d, que se ramifican en una pluralidad (en la presente invención, cuatro) de tuberías que se dirigen hacia las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, y las segundas porciones de tubería bifurcada 5aa, 5bb, 5cc y 5dd que conectan las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente.

15 Una tubería de conexión del refrigerante-gas 6 incluye principalmente una porción de tubería combinada que se extiende desde la unidad del lado de la fuente de calor 2, las primeras porciones de tubería bifurcada 6a, 6b, 6c y 6d, que se ramifican en una pluralidad (en la presente invención, cuatro) de tuberías que se dirigen hacia las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, y las segundas porciones de tubería bifurcada 6aa, 6bb, 6cc y 6dd que conectan las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente.

20 (1-2) Unidad del lado de utilización

Las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d están instaladas en una habitación de un edificio o similar. Como se describió anteriormente, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d están conectadas a la unidad del lado de la fuente de calor 2 a través de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5, de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 y de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, y constituyen parte del circuito de refrigerante 10.

25 Las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se describirán a continuación en términos de sus configuraciones. Téngase en cuenta que dado que la configuración de la unidad del lado de utilización 3a es similar a las configuraciones de las unidades del lado de utilización 3b, 3c y 3d, en la presente invención sólo se describirá la configuración de la unidad del lado de utilización 3a. Para las configuraciones de las unidades del lado de utilización 3b, 3c y 3d, en lugar del subíndice "a" que indica cada parte de la unidad del lado de utilización 3a, se añade el subíndice "b", "c" o "d", respectivamente, y se omitirá la descripción de cada parte.

30 La unidad del lado de utilización 3a incluye principalmente una válvula de expansión del lado de utilización 51a y un intercambiador de calor del lado de utilización 52a. Además, la unidad del lado de utilización 3a incluye una tubería del refrigerante-líquido del lado de utilización 53a que conecta un extremo del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de utilización 52a a la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 (en la presente invención, la porción de tubería bifurcada 5aa) y una tubería del refrigerante-gas del lado de utilización 54a que conecta un extremo del lado del gas del intercambiador de calor del lado de utilización 52a a la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 (en la presente invención, la segunda porción de tubería bifurcada 6aa). La tubería del refrigerante-líquido del lado de utilización 53a, la válvula de expansión del lado de utilización 51a, el intercambiador de calor del lado de utilización 52a y la tubería del refrigerante-gas del lado de utilización 54a constituyen un circuito de utilización 3aa (primera parte) de la unidad del lado de utilización 3a.

La válvula de expansión del lado de utilización 51a es una válvula de expansión accionada eléctricamente configurada para descomprimir un refrigerante así como para ajustar el caudal del refrigerante que fluye en el intercambiador de calor del lado de utilización 52a, y se proporciona en la tubería del refrigerante-líquido del lado de utilización 53a.

45 El intercambiador de calor del lado de utilización 52a funciona como un evaporador del refrigerante para enfriar el aire del interior, o funciona como un radiador del refrigerante para calentar el aire del interior. En la presente invención, la unidad del lado de utilización 3a incluye un ventilador del lado de utilización 55a. El ventilador del lado de utilización 55a suministra al intercambiador de calor del lado de utilización 52a aire del interior como una fuente de enfriamiento o fuente de calefacción para el refrigerante que fluye en el intercambiador de calor del lado de utilización 52a. El ventilador del lado de utilización 55a es accionado por un motor de ventilador del lado de utilización 56a.

50 La unidad del lado de utilización 3a incluye varios sensores. Específicamente, la unidad del lado de utilización 3a incluye un sensor del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de utilización 57a configurado para detectar una temperatura del refrigerante en el extremo del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de utilización 52a, un sensor del lado del gas del intercambiador de calor del lado de utilización 57a configurado para detectar una temperatura del refrigerante en el extremo del lado del gas del intercambiador de calor del lado de utilización 52a, y un sensor del aire del interior 59a configurado para detectar una temperatura del aire del interior aspirado hacia la unidad del lado de utilización 3a. La unidad del lado de utilización 3a incluye además una unidad de detección de

fugas del refrigerante 79a configurada para detectar fugas del refrigerante. Ejemplos de la unidad de detección de fugas del refrigerante 79a pueden incluir un sensor de gases basado en semiconductores y una unidad de detección configurada para detectar una rápida disminución de la presión del refrigerante en la unidad del lado de utilización 3a. El sensor de gases basado en semiconductores adoptado como unidad de detección de fugas del refrigerante 79a está conectado a una unidad de control del lado de utilización 93a (ver Figura 4). Cuando la unidad de detección configurada para detectar una disminución rápida de la presión del refrigerante se adopta como unidad de detección de fugas del refrigerante 79a, se instala un sensor de presión en una tubería del refrigerante y se proporciona un algoritmo de detección para determinar la fuga del refrigerante basándose en un cambio en el valor del sensor en la unidad de control del lado de utilización 93a.

En la presente invención, la unidad de detección de fugas del refrigerante 79a se proporciona en la unidad del lado de utilización 3a. Sin embargo, la presente descripción no se limita a esta configuración, y la unidad de detección de fugas del refrigerante 79a se puede proporcionar alternativamente en un controlador remoto configurado para operar la unidad del lado de utilización 3a, en un espacio interior como un objetivo de acondicionamiento de aire de la unidad del lado de utilización 3a, o similar. Por ejemplo, la unidad de detección 79a se puede instalar en las proximidades de una parte inferior de un puerto de purga a través del cual se fuga el refrigerante desde la unidad del lado de utilización 3a hacia el espacio predeterminado SP, o en una posición inmediatamente debajo de la unidad del lado de utilización 3a o en el puerto de purga dentro de 10 m desde una porción de unión de una tubería interior en una dirección horizontal en el espacio predeterminado SP. En el caso en que la válvula de expansión del lado de utilización 51a instalada originalmente en la unidad del lado de utilización 3a tenga una función de corte completo, la válvula de expansión se puede usar como una válvula de corte del lado del líquido 71a.

(1-3) Unidad del lado de la fuente de calor

La unidad del lado de la fuente de calor 2 se instala fuera de una arquitectura tal como un edificio, por ejemplo en un tejado o en el suelo. Como se describió anteriormente, la unidad del lado de la fuente de calor 2 está conectada a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d a través de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5, a la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 y a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, para constituir parte del circuito de refrigerante 10.

La unidad del lado de la fuente de calor 2 incluye principalmente un compresor 21 y un intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23. Además, la unidad del lado de la fuente de calor 2 incluye el mecanismo de conmutación 22 como un mecanismo de conmutación de enfriamiento y calentamiento para cambiar entre un estado de operación de enfriamiento, en el que el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un radiador del refrigerante y los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d funcionan como evaporadores del refrigerante, y un estado de operación de calentamiento en el que el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un evaporador del refrigerante y los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d funcionan como radiadores del refrigerante. El mecanismo de conmutación 22 y un lado de succión del compresor 21 están conectados a través de una tubería del refrigerante aspirado 31. La tubería del refrigerante aspirado 31 está provista de un acumulador 29 que acumula temporalmente el refrigerante aspirado en el compresor 21. El mecanismo de conmutación 22 y un lado de descarga del compresor 21 están conectados a través de una tubería del refrigerante descargado 32. El mecanismo de conmutación 22 y un extremo del lado del gas del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 están conectados a través de una primera tubería del refrigerante-gas del lado de la fuente de calor 33. La tubería de conexión del refrigerante 5 y un extremo del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 están conectados a través de una tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34. La tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 y la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 están conectadas en una parte provista con una válvula de corte del lado del líquido 27. El mecanismo de conmutación 22 y la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 están conectados a través de una segunda tubería de refrigerante-gas del lado de la fuente de calor 35. La segunda tubería del refrigerante-gas del lado de la fuente de calor 35 y la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 están conectadas en una parte provista de una válvula de corte del lado del gas 28. La válvula de corte del lado del líquido 27 y la válvula de corte del lado del gas 28 están configuradas para abrirse y cerrarse manualmente. Durante el funcionamiento, la válvula de corte del lado del líquido 27 y la válvula de corte del lado del gas 28 están en un estado abierto.

El compresor 21 es un dispositivo para comprimir el refrigerante. Por ejemplo, se usa un compresor con una estructura cerrada en la que un elemento de compresión de desplazamiento positivo (no ilustrado) tal como uno de tipo rotativo o uno de tipo espiral se acciona para girar mediante un motor de compresor 21a.

El mecanismo de conmutación 22 está configurado para cambiar un flujo de refrigerante en el circuito de refrigerante 10, y se implementa a modo de ejemplo mediante una válvula de conmutación de cuatro vías. En un caso en el que el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un radiador del refrigerante y los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d funcionan cada uno como un evaporador del refrigerante (en lo sucesivo, denominado "estado de operación de enfriamiento"), el mecanismo de conmutación 22 conecta el lado de descarga del compresor 21 y el lado del gas del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 (ver una línea continua para el mecanismo de conmutación 22 en la Figura 2). En otro caso en el que el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un evaporador del refrigerante y los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d funcionan cada uno como un radiador del

refrigerante (en lo sucesivo, denominado "estado de operación de calefacción"), el mecanismo de conmutación 22 conecta el lado de succión del compresor 21 y el lado del gas del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 (ver una línea discontinua para el primer mecanismo de conmutación 22 en la Figura 2).

5 El intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un radiador del refrigerante, o funciona como un evaporador del refrigerante. La unidad del lado de la fuente de calor 2 incluye un ventilador del lado de la fuente de calor 24. El ventilador del lado de la fuente de calor 24 aspira aire del exterior hacia la unidad del lado de la fuente de calor 2, hace que el aire del exterior aspirado intercambie calor con el refrigerante en el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23, y descarga el aire del exterior habiendo intercambiado calor al exterior. El ventilador del lado de la fuente de calor 24 es accionado por un motor de ventilador del lado de la fuente de calor.

10 Durante la operación de enfriamiento, el acondicionador de aire 1 hace que el refrigerante fluya desde el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 a los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d, cada uno de los cuales funciona como un evaporador del refrigerante a través de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d. Durante la operación de calefacción, el acondicionador de aire 1 hace que el refrigerante fluya desde el compresor 21 a los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d, cada uno de los cuales funciona como un radiador del refrigerante a través de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 y las unidades relevo 4a, 4b, 4c y 4d. Durante la operación de enfriamiento, el mecanismo de conmutación 22 cambia al estado de operación de enfriamiento donde el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un radiador del refrigerante y el refrigerante fluye desde la unidad del lado de la fuente de calor 2 a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d a través de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d. Durante la operación de calentamiento, el mecanismo de conmutación 22 cambia al estado de operación de calentamiento donde el refrigerante fluye desde las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d a la unidad del lado de la fuente de calor 2 a través de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, y el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 funciona como un evaporador del refrigerante.

25 La tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 está provista en este caso de una válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25. La válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 es una válvula de expansión accionada eléctricamente configurada para descomprimir el refrigerante durante la operación de calentamiento, y se proporciona en la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34, en una parte adyacente al extremo del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23.

30 La tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 está conectada a una tubería de retorno del refrigerante 41 y está provista de un enfriador del refrigerante 45. La tubería de retorno del refrigerante 41 hace que parte del refrigerante que fluye en la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 se ramifique para ser enviado al compresor 21. El enfriador del refrigerante 45 enfría el refrigerante que fluye en la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 por medio del refrigerante que fluye en la tubería de retorno del refrigerante 41. La válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 se proporciona en la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34, en una parte más cercana al intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 que al enfriador del refrigerante 45.

40 La tubería del retorno del refrigerante 41 es una tubería del refrigerante que hace que el refrigerante se ramifique desde la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 y se envíe al lado de la succión del compresor 21. La tubería de retorno del refrigerante 41 incluye principalmente una tubería de entrada del retorno del refrigerante 42 y una tubería de salida del retorno del refrigerante 43. La tubería de entrada del retorno del refrigerante 42 hace que parte del refrigerante que fluye en la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 se ramifique en una porción entre el extremo del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 y la válvula de corte del lado del líquido 27 (una porción entre la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 y el enfriador del refrigerante 45 en este caso) y se envíe a una entrada, adyacente a la tubería del retorno del refrigerante 41, del enfriador del refrigerante 45. La tubería de entrada del retorno del refrigerante 42 está provista de una válvula de expansión del retorno del refrigerante 44. La válvula de expansión del retorno del refrigerante 44 descomprime el refrigerante que fluye en la tubería del retorno del refrigerante 41 además de ajustar el caudal del refrigerante que fluye en el enfriador del refrigerante 45. La válvula de expansión del retorno del refrigerante 44 se implementa mediante una válvula de expansión accionada eléctricamente. La tubería de salida del retorno del refrigerante 43 hace que el refrigerante se envíe desde una salida, adyacente a la tubería del retorno del refrigerante 41, del enfriador del refrigerante 45 a la tubería del refrigerante aspirado 31. La tubería de salida del retorno del refrigerante 43 de la tubería del retorno del refrigerante 41 está conectada a la tubería del refrigerante aspirado 31, en una porción adyacente a una entrada del acumulador 29. El enfriador del refrigerante 45 enfría el refrigerante que fluye en la tubería del refrigerante-líquido del lado de la fuente de calor 34 por medio del refrigerante que fluye en la tubería del retorno del refrigerante 41.

55 La unidad del lado de la fuente de calor 2 incluye varios sensores. Específicamente, la unidad del lado de la fuente de calor 2 incluye un sensor de presión de descarga 36 configurado para detectar una presión (presión de descarga) del refrigerante descargado desde el compresor 21, un sensor de temperatura de descarga 37 configurado para detectar una temperatura (temperatura de descarga) del refrigerante descargado desde el compresor 21, y un sensor de presión de succión 39 configurado para detectar una presión (presión de succión) del refrigerante aspirado al interior

del compresor 21. La unidad del lado de la fuente de calor 2 incluye además un sensor del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 38 configurado para detectar una temperatura (temperatura de salida del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor) del refrigerante en el extremo del lado del líquido del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23.

5 (1-4) Unidad de relevo

Las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d están instaladas en un espacio SP1 detrás de un techo de la habitación (espacio predeterminado) SP (ver Figura 3) en una arquitectura tal como un edificio. Las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d están interpuestas entre las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d y la unidad del lado de la fuente de calor 2, respectivamente, junto con la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 y la tubería de conexión del refrigerante-gas 6, y constituyen parte del circuito de refrigerante 10. Las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d pueden estar dispuestas cerca de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente. Alternativamente, las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d pueden estar dispuestas lejos de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, o pueden estar dispuestas juntas en una ubicación.

Las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d se describirán a continuación en términos de sus configuraciones. La unidad de relevo 4a y las unidades de relevo 4b, 4c y 4d están configuradas de manera similar. Por tanto, en la presente invención se describirá únicamente la configuración de la unidad de relevo 4a. Para las configuraciones de las unidades de relevo 4b, 4c y 4d, en lugar del subíndice "a" que indica cada parte de la unidad de relevo 4a, se añade el subíndice "b", "c" o "d", respectivamente, y se omitirá la descripción de cada parte.

La unidad de relevo 4a incluye principalmente una tubería de conexión del líquido 61a y una tubería de conexión del gas 62a.

La tubería de conexión del líquido 61a tiene un extremo conectado a la primera porción de la tubería de bifurcación 5a de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5, y el otro extremo está conectado a la segunda porción de la tubería de bifurcación 5aa de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5. La tubería de conexión del líquido 61a está provista de una válvula de corte 71a del lado del líquido. La válvula de corte del lado del líquido 71a se implementa mediante una válvula de expansión accionada eléctricamente.

La tubería de conexión del gas 62a tiene un extremo conectado a la primera porción de la tubería de bifurcación 6a de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6, y el otro extremo está conectado a la segunda porción de la tubería de bifurcación 6aa de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6. La tubería de conexión del gas 62a está provista de una válvula de corte 68a del lado del gas. La válvula de corte del lado del gas 68a se implementa mediante una válvula de expansión accionada eléctricamente.

La válvula de corte del lado del líquido 71a y la válvula de corte del lado del gas 68a se abren completamente cuando se realiza la operación de enfriamiento o la operación de calentamiento.

(1-5) Unidad de control

Como se ilustra en la Figura 4, la unidad de control 19 incluye una unidad de control del lado de la fuente de calor 92, unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d, y unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d, que están conectadas mediante líneas de transmisión 95 y 96. La unidad de control del lado de la fuente de calor 92 controla los dispositivos constituyentes de la unidad del lado de la fuente de calor 2. Las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d controlan los dispositivos constituyentes de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, respectivamente. Las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d controlan los dispositivos constituyentes de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente. La unidad de control del lado de la fuente de calor 92 proporcionada en la unidad del lado de la fuente de calor 2, las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d proporcionadas en las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d, y las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d proporcionadas en las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente, pueden intercambiar información, tal como una señal de control, entre sí a través de las líneas de transmisión 95 y 96.

La unidad de control del lado de la fuente de calor 92 incluye una placa de control montada con componentes eléctricos tales como un microordenador y una memoria, y está conectada a varios dispositivos constituyentes 21, 22, 24, 25 y 44 y a varios sensores 36, 37, 38, y 39 en la unidad del lado de la fuente de calor 2. Las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d incluyen cada una de ellas una placa de control montada con componentes eléctricos tales como un microordenador y una memoria, y están conectadas a las válvulas de corte del lado del gas 68a a 68d y a las válvulas de corte del lado del líquido 71a a 71d de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d. Las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d y la unidad de control del lado de la fuente de calor 92 están conectadas a través de la primera línea de transmisión 95. Las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d incluyen cada una de ellas una placa de control montada con componentes eléctricos tales como un microordenador y una memoria, y están conectadas a varios dispositivos constituyentes 51a a 51d y 55a a 55d de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d y a varios sensores 57a a 57d, 58a a 58d, 59a a 59d y 79a a 79d. Se supone que las unidades de detección de fugas del refrigerante 79a, 79b, 79c y 79d están conectadas a las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d mediante los cables 97a, 97b, 97c y 97d. Las unidades de control del lado

de utilización 93a, 93b, 93c y 93d y las unidades de control del lado de relevo 94a, 94b, 94c y 94d están conectadas a través de la segunda línea de transmisión 96.

De esta manera, la unidad de control 19 controla el funcionamiento de todo el acondicionador de aire 1. Específicamente, basándose en las señales de detección de varios sensores 36, 37, 38, 39, 57a a 57d, 58a a 58d, 59a a 59d, 79a a 79d, y similares como se describe anteriormente, la unidad de control 19 controla varios dispositivos constituyentes 21, 22, 24, 25, 44, de 51a a 51d, de 55a a 55d, de 68a a 68d y de 71a a 71d del acondicionador de aire 1 (en la presente invención, la unidad del lado de la fuente de calor 2, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d).

(2) Operación básica del acondicionador de aire

A continuación se describirá el acondicionador de aire 1 en términos de su funcionamiento básico. Como se describió anteriormente, el funcionamiento básico del acondicionador de aire 1 incluye la operación de enfriamiento y la operación de calefacción. Téngase en cuenta que el funcionamiento básico del acondicionador de aire 1 descrito a continuación se realiza mediante la unidad de control 19 que controla los dispositivos constituyentes del acondicionador de aire 1 (la unidad del lado de la fuente de calor 2, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d).

(2-1) Operación de enfriamiento

Durante la operación de enfriamiento en un caso ejemplar donde todas las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d realizan la operación de enfriamiento (una operación por cada uno de los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d funcionando como un evaporador del refrigerante y el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 que funciona como un radiador del refrigerante), el mecanismo de conmutación 22 cambia al estado de operación de enfriamiento (el estado representado por la línea continua para el mecanismo de conmutación 22 en la Figura 2) para accionar el compresor 21, el ventilador del lado de la fuente de calor 24 y los ventiladores del lado de utilización 55a, 55b, 55c y 55d. Además, las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d están completamente abiertas.

En la presente invención, varios dispositivos de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d son operados por las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d, respectivamente. Las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d transmiten información que indica que las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d realizarán la operación de enfriamiento a la unidad de control del lado de la fuente de calor 92 y a las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d a través de las líneas de transmisión 95 y 96. Varios dispositivos de la unidad del lado de la fuente de calor 2 y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d son operados por la unidad de control del lado de la fuente de calor 92 y las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d que reciben la información de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente.

Durante la operación de enfriamiento, un refrigerante de alta presión descargado desde el compresor 21 se envía al intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 a través del mecanismo de conmutación 22. El refrigerante enviado al intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 se condensa al ser enfriado intercambiando calor con el aire del exterior suministrado por el ventilador del lado de la fuente de calor 24 en el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 que funciona como un radiador del refrigerante. Este refrigerante sale de la unidad del lado de la fuente de calor 2 a través de la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25, del enfriador del refrigerante 45 y de la válvula de corte del lado del líquido 27. En el enfriador del refrigerante 45, el refrigerante que fluye en la tubería del retorno del refrigerante 41 enfría el refrigerante que sale de la unidad del lado de la fuente de calor 2.

El refrigerante que sale de la unidad del lado de la fuente de calor 2 se ramifica para enviarlo a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de la tubería de conexión 5 del refrigerante-líquido (la porción de tubería combinada y las primeras porciones de tubería bifurcada 5a, 5b, 5c y 5d). El refrigerante enviado a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d, respectivamente.

El refrigerante que sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d se envía a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d a través de las segundas porciones de tubería bifurcada 5aa, 5bb, 5cc y 5dd (porciones de tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 que conectan las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d), respectivamente. El refrigerante enviado a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se descomprime mediante las válvulas de expansión del lado de utilización 51a, 51b, 51c y 51d, y luego se envía a los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d, respectivamente. El refrigerante enviado a los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d se evapora al calentarse por el intercambio de calor con el aire del interior suministrado desde el interior de la habitación por los ventiladores del lado de utilización 55a, 55b, 55c y 55d en los intercambiadores de calor el lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d que funcionan como evaporadores del refrigerante, respectivamente. El refrigerante evaporado sale de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d. Mientras tanto, el aire del interior enfriado por los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a,

52b, 52c y 52d se envía al interior de la habitación, enfriando así la habitación.

5 El refrigerante que sale de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se envía a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de las segundas porciones de tubería de bifurcación 6aa, 6bb, 6cc y 6dd de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6, respectivamente. El refrigerante enviado a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d, respectivamente.

10 El refrigerante que sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d se envía a la unidad del lado de la fuente de calor 2 en un estado combinado a través de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 (la porción de tubería combinada y las primeras porciones de tubería ramificada 6a, 6b, 6c y 6d). El refrigerante enviado a la unidad del lado de la fuente de calor 2 es aspirado hacia el interior compresor 21 a través de la válvula de corte 28 del lado del gas, del mecanismo de conmutación 22 y del acumulador 29.

(2-2) Operación de calentamiento

15 Durante la operación de calentamiento en un caso ejemplar en el que todas las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d realizan la operación de calentamiento (una operación por cada uno de los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d que funcionan como un radiador del refrigerante y el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 que funciona como un evaporador del refrigerante), el mecanismo de conmutación 22 cambia al estado de operación de calentamiento (el estado representado por la línea discontinua para el mecanismo de conmutación 22 en la Figura 2) para accionar el compresor 21, el ventilador del lado de la fuente de calor 24 y los ventiladores del lado de utilización 55a, 55b, 55c y 55d. Además, las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d están completamente abiertas.

25 En la presente invención, varios dispositivos de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d son operados por las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d, respectivamente. Las unidades de control del lado de utilización 93a, 93b, 93c y 93d transmiten información que indica que las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d realizarán la operación de calentamiento a la unidad de control del lado de la fuente de calor 92 y a las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d a través de las líneas de transmisión 95 y 96. Varios dispositivos de la unidad del lado de la fuente de calor 2 y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d son operados por la unidad de control del lado de la fuente de calor 92 y las unidades de control del lado del relevo 94a, 94b, 94c y 94d que reciben la información de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente.

30 El refrigerante de alta presión descargado desde el compresor 21 sale de la unidad del lado de la fuente de calor 2 a través del mecanismo de conmutación 22 y de la válvula de corte 28 del lado del gas.

35 El refrigerante que sale de la unidad del lado de la fuente de calor 2 se envía a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 (la porción de tubería combinada y las primeras porciones de tubería ramificada 6a, 6b, 6c, y 6d). El refrigerante enviado a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d, respectivamente.

40 El refrigerante que sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d se envía a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d a través de las segundas porciones de tubería bifurcada 6aa, 6bb, 6cc y 6dd (porciones de la tubería de conexión del refrigerante-gas 6 que conecta las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d con las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d), respectivamente. El refrigerante enviado a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se envía a los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d, respectivamente. El refrigerante de alta presión enviado a los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d se condensa al ser enfriado al intercambiar calor con el aire del interior suministrado desde el interior de la habitación por los ventiladores del lado de utilización 55a, 55b, 55c y 55d en los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d que funcionan como radiadores del refrigerante, respectivamente. El refrigerante condensado se descomprime mediante las válvulas de expansión del lado de utilización 51a, 51b, 51c y 51d, y luego sale de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, respectivamente. Mientras tanto, el aire del interior calentado por los intercambiadores de calor del lado de utilización 52a, 52b, 52c y 52d se envía al interior de la habitación, calentando así la habitación.

50 El refrigerante que sale de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se envía a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de las segundas porciones de tubería bifurcada 5aa, 5bb, 5cc y 5dd (porciones de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 que conecta las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d), respectivamente. El refrigerante enviado a las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d a través de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d, respectivamente.

55 El refrigerante que sale de las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d se envía a la unidad del lado de la fuente de calor 2 en un estado combinado a través de la tubería de conexión del refrigerante-líquido 5 (la porción de tubería combinada y las primeras porciones de tubería ramificada 5a, 5b, 5c y 5d). El refrigerante enviado a la unidad del lado de la fuente de calor 2 se envía a la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 a través de la válvula de corte del lado del líquido 27 y del enfriador del refrigerante 45. El refrigerante enviado a la válvula de expansión del lado de la fuente

de calor 25 se descomprime por la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 y luego se envía al intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23. El refrigerante enviado al intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 intercambia calor con el aire del exterior suministrado por el ventilador del lado de la fuente de calor 24 para calentarse y por tanto se evapora. El refrigerante así evaporado es aspirado hacia el compresor 21 a través del mecanismo de conmutación 22 y del acumulador 29.

(3) Funcionamiento del acondicionador de aire bajo una fuga del refrigerante

El funcionamiento del acondicionador de aire 1 bajo fuga del refrigerante se describirá a continuación con referencia a un flujo de control ilustrado en la Figura 5. De manera similar a la operación básica descrita anteriormente, la siguiente operación del acondicionador de aire 1 bajo una fuga del refrigerante se realiza mediante la unidad de control 19 configurada para controlar los dispositivos constituyentes del acondicionador de aire 1 (la unidad del lado de la fuente de calor 2, las unidades de lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, y las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d).

Se realiza un control similar independientemente de cuál de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d tiene fugas de refrigerante. En el presente documento se describe un caso ejemplar de detección de fuga del refrigerante en la habitación equipada con la unidad del lado de utilización 3a.

En el Paso S1 en la Figura 5, la unidad de control 19 determina cuál de las unidades de detección de fugas del refrigerante 79a, 79b, 79c y 79d de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d detecta la fuga del refrigerante. En un caso en el que la unidad de detección de fugas del refrigerante 79a de la unidad del lado de utilización 3a detecte una fuga del refrigerante en el espacio predeterminado (habitación) equipado con la unidad del lado de utilización 3a, el flujo pasa al siguiente paso S2.

En el Paso S2, en la unidad del lado de utilización 3a con fugas del refrigerante, la unidad de control 19 emite una alarma a una persona en el espacio predeterminado de la unidad del lado de utilización 3a mediante el uso de un dispositivo de alarma (no ilustrado) que emite una alarma con un sonido de alarma, tal como un timbre, y enciende una luz.

A continuación, en el Paso S3, la unidad de control 19 determina si la unidad del lado de utilización 3a está realizando o no la operación de enfriamiento. En la presente invención, cuando la unidad del lado de utilización 3a está realizando la operación de calentamiento, o cuando la unidad del lado de utilización 3a está en un estado detenido o suspendido en el que no se realiza ni enfriamiento ni calentamiento, el flujo pasa del Paso S3 al Paso S4.

En el Paso S4, la unidad del lado de utilización 3a realiza la operación de enfriamiento para reducir la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a. Sin embargo, a diferencia de la operación de enfriamiento normal, la operación de enfriamiento en el Paso S4 es una operación en la que se da prioridad a reducir la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a. Cuando el acondicionador de aire 1 realiza la operación de calefacción, el mecanismo de conmutación 22 cambia al estado de operación de enfriamiento para hacer que el acondicionador de aire 1 realice la operación de enfriamiento. Cuando la unidad del lado de utilización 3a está en un estado detenido o suspendido, la unidad del lado de utilización 3a se pone en el estado de operación de enfriamiento para reducir la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a.

Siguiendo el Paso S4, en el Paso S5, la unidad de control 19 reduce el grado de abertura de la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 de la unidad del lado de la fuente de calor 2. En la operación de enfriamiento normal, la válvula 25 de expansión del lado de la fuente de calor está completamente abierta, pero aquí, el grado de abertura de la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 se reduce para reducir la presión del refrigerante que fluye hacia las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d. Obsérvese que la válvula de expansión del lado de utilización 51a de la unidad del lado de utilización 3a está en un estado completamente abierto.

En el Paso S5, la unidad de control 19 hace que el grado de abertura de la válvula de expansión del retorno del refrigerante 44 sea mayor que en la operación de enfriamiento normal para aumentar la cantidad del refrigerante que fluye a través de la tubería del retorno del refrigerante 41 que funciona como una ruta de derivación. Con esta operación, sale el refrigerante que irradia calor y condensa en el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23 y se dirige a las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, regresa más refrigerante al lado de succión del compresor 21 a través de la tubería de retorno del refrigerante 41. En otras palabras, una parte pequeña del refrigerante irradia calor al ser condensado en el intercambiador de calor del lado de la fuente de calor 23, y fluye hacia las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d. Este control conduce a una disminución más rápida de la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a con fugas del refrigerante. El refrigerante que ha circulado a través de la tubería del retorno del refrigerante 41 fluye hacia el interior del acumulador 29. Así, parte del refrigerante que ha circulado hacia el interior del mismo se puede acumular de ese modo en el acumulador 29.

Además, en el Paso S5, se puede disminuir el número de revoluciones del ventilador 55a del lado de utilización.

En el Paso S6, la unidad de control 19 determina si la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a se ha reducido lo suficiente o no basándose en los valores de los sensores del sensor del lado del líquido del intercambio de calor del lado de utilización 57a y del sensor del lado del gas del intercambio de calor del lado de utilización 58a de la unidad del lado de utilización 3a. Cuando la unidad de control 19 determina que los valores de los

sensores satisfacen condiciones predeterminadas y la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a se ha reducido lo suficiente, el flujo pasa del Paso S6 al Paso S7. En el Paso S6, también se monitorea el transcurso del tiempo, y si ha transcurrido un tiempo predeterminado después de realizar el Paso S5, la unidad de control 19 determina que la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a se ha reducido en cierta medida, y el flujo pasa al Paso S7.

Obsérvese que en el Paso S6, la unidad de control 19 monitorea la presión del refrigerante de la unidad del lado de utilización 3a, y controla sustancialmente que la presión del refrigerante en la unidad del lado de utilización 3a sea menor que la presión atmosférica. El flujo pasa del Paso S6 al Paso S7 antes de que la presión del refrigerante en la unidad del lado de utilización 3a sea menor que la presión atmosférica.

En el Paso S7, la unidad de control 19 cierra la válvula de corte del lado del líquido 71a y la válvula de corte del lado del gas 68a de la unidad de relevo 4a correspondiente a la unidad del lado de utilización 3a con una fuga del refrigerante. La unidad del lado de utilización 3a está así separada del circuito de refrigerante 10 con circulación del refrigerante, para detener sustancialmente el flujo del refrigerante desde la unidad del lado de la fuente de calor 2 a la unidad del lado de utilización 3a. Luego, en el Paso S7, la unidad de control 19 detiene todas las unidades, incluidas las unidades restantes del lado de utilización 3b, 3c y 3d y la unidad del lado de la fuente de calor 2.

(4) Diseño o selección de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido

Como se describió anteriormente, las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d se controlan para que se cierren al detectar una fuga del refrigerante (consulte el Paso S7 en la Figura 4). En otras palabras, si se detecta una fuga del refrigerante en cualquiera de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, la válvula de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c o 71d y la válvula de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c o 68d de la correspondiente unidad de relevo 4a, 4b, 4c o 4d se conmutan desde un estado de no corte al estado de corte en el que las válvulas de corte están cerradas.

En el acondicionador de aire 1 según la presente realización, la válvula de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c o 71d y la válvula de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c o 68d están diseñadas o seleccionadas de la siguiente manera.

(4-1) Respecto a la habitación (espacio predeterminado) equipada con una unidad de acondicionador de aire del lado de utilización

La información sobre una arquitectura equipada con el acondicionador de aire 1, específicamente, la información sobre la habitación equipada con las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d, se adquiere antes de la selección o del diseño de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido.

En este caso, las cuatro unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d así como las unidades de relevo 4a, 4b, 4c y 4d se disponen en el espacio SP1 detrás del techo de la habitación (espacio predeterminado) SP ilustrado en la Figura 3. La habitación SP tiene un piso FL que no está equipado con ninguna unidad del lado de utilización. En otras palabras, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se deben instalar en el techo y no se deben colocar en el suelo.

La habitación SP está provista de una puerta DR que permite a una persona entrar o salir de la habitación. La puerta DR está cerrada cuando ninguna persona entra o sale de la habitación. La puerta DR está provista por debajo de una holgura (parte socavada) UC. El techo de la habitación SP está provisto de un orificio de ventilación (no ilustrado). La holgura UC tiene un área de A_d (m²). En un caso ejemplar donde la holgura UC tiene 4 mm de altura y 800 mm de ancho, el área A_d de la holgura UC es 0,0032 (m²) obtenida multiplicando estos valores.

Las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se disponen en el espacio SP1 detrás del techo de la habitación SP, de modo que una distancia H desde el suelo FL hasta cada uno de los circuitos de utilización 3aa, 3bb, 3cc y 3dd de las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se supone que es igual a la altura (la altura del techo) de la habitación SP.

(4-2) Método para calcular las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido

A continuación se describe en orden un método para calcular una tasa de fuga de corte, que se requiere para diseñar o seleccionar la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido. La siguiente descripción se refiere en general a una válvula de corte del lado del gas y a una válvula de corte del lado del líquido, y a una unidad de utilización sin especificar ninguna de las válvulas de corte del lado del gas y ninguna de las válvulas de corte del lado del líquido, y las unidades de utilización incluidas únicamente en el acondicionador de aire 1 según la presente realización. Por lo tanto, la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido y la unidad de utilización se describirán sin usar números ni signos de referencia en los dibujos.

Además, en la presente realización, la tasa de fuga de corte se evalúa usando "aire" como gas que se encuentra en una única fase gaseosa en un estado estándar.

Como se describe en el apartado anterior "Sumario de la invención", en el "Annex A (Prescription) Specifications of safety cutoff valves" en la guía de la The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association, cuando el fluido es aire y una presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido es 1 MPa, se especifica el valor de 300 (cm³/min) o menos para la tasa de fuga de corte que deben satisfacer la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido. Es posible calcular la holgura de la válvula cuando la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido están cerradas, y las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido, que se asumen por la guía anteriormente mencionada, a partir de la misma tasa de fuga de corte solicitada uniformemente para la válvula de corte del lado del gas y para la válvula de corte del lado del líquido. Como se ilustra en la Figura 6, para la misma holgura de fuga, la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido es mayor que la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas. Esto se debe a que el refrigerante-líquido tiene una densidad mayor que el refrigerante-gas. Por lo tanto, si la velocidad de fuga del refrigerante se puede calcular a partir de la guía anteriormente mencionada, es posible calcular cuánto se puede aumentar la tasa de fuga de corte de la válvula de corte del lado del gas dentro de un intervalo que no exceda la velocidad de fuga del refrigerante.

Las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido cuando la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido satisfacen las especificaciones de la guía anteriormente mencionada son como se ilustran en la Figura 6.

En la Figura 6, un eje horizontal representa una temperatura de saturación correspondiente a una presión en el ciclo de refrigerante. Cuando se cambia la temperatura ambiente de la habitación (espacio predeterminado) donde se acumula el refrigerante-líquido o la temperatura del intercambiador de calor del lado de la fuente de calor, se cambia la temperatura de saturación correspondiente a la presión en el ciclo. En la presente invención, en primer lugar, la velocidad de fuga del refrigerante derivada de la tasa de fuga de corte en la guía anteriormente mencionada se puede calcular usando un método para calcular la tasa de fuga del refrigerante del refrigerante-líquido mediante una fórmula que usa el teorema de Bernoulli y calcular la tasa de fuga del refrigerante del refrigerante-gas mediante una fórmula que exprese un caudal de fluido compresible (primer método de cálculo). En segundo lugar, se puede usar un método para calcular la tasa de fuga del refrigerante usando un valor Cv que represente una tasa de fuga única para cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido (segundo método de cálculo). La velocidad de fuga del refrigerante también se puede calcular a partir del cálculo de la tasa de fuga descrita anteriormente. En la Figura 6, un valor según el primer método de cálculo se representa mediante una línea continua y un valor según el segundo método de cálculo se representa mediante una línea discontinua. En la presente invención, se tomó como un representante de refrigerante inflamable el R32, con un intervalo de combustibilidad A2L. De manera similar al R32, se puede aplicar la misma gráfica a otros refrigerantes inflamables estableciendo un valor de propiedad física a un valor de cada refrigerante.

(4-2-1) Cálculo del diámetro equivalente de la holgura de la válvula d_v cuando la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido están cerradas

En la guía anteriormente mencionada, cuando el fluido es aire y la presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido es 1 MPa, se prescribe el valor de 300 (cm³/min) o menos como tasa de fuga de corte que deben satisfacer la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido. A partir de estas condiciones, en primer lugar, se obtienen las holguras de las válvulas cuando la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido están cerradas.

Una área de la sección de la holgura de las válvulas A_v se obtiene a partir de un caudal volumétrico de aire, una presión absoluta a la entrada del aire, una densidad del aire y una relación del calor específico del aire, y luego se obtiene el diámetro equivalente de la holgura de las válvulas d_v , suponiendo que la sección tiene forma circular. Se supone que el aire tiene una relación del calor específico κ (20°C) de 1,40. Cuando una relación de presiones P_2/P_1 excede de $(2/(\kappa + 1)) \times (\kappa/(\kappa - 1))$, la velocidad del flujo excede la velocidad del sonido. A la presión diferencial anterior, $P_2/P_1 = (1 + 0,1013)/0,1013 = 10,87$, y $(2/(\kappa + 1)) \times (\kappa/(\kappa - 1)) = (2/2,4) \times 1,4/0,4 = 0,528$, la velocidad del flujo así supera una velocidad supersónica.

Un caudal másico G_a , un caudal volumétrico Q_a , y el diámetro equivalente de la holgura de las válvulas d_v se obtienen según las siguientes fórmulas. En el caso de que la velocidad del flujo exceda la velocidad del sonido,

(Fórmula 1)

$$G_a = A_v \times (2/(\kappa + 1))^{(\kappa - 1)/2(\kappa - 1)} \times (\kappa \times P_{1a} \times \rho_{1a})^{0,5},$$

(Fórmula 2):

$$A_v = Q_a \times \rho_{2a} \times (2/(\kappa + 1))^{(\kappa + 1)/2(\kappa - 1)} \times (\kappa \times P_{1a} \times \rho_{1a})^{(-0,5)},$$

y

ES 2 966 341 T3

(Fórmula 3):

$$d_v = (4 \times A_v / \pi)^{0.5}.$$

5 En la guía anteriormente mencionada, se define que las tasas de fuga de corte que deben satisfacer la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido son un valor de 300 (cm³/min) o menos, lo que se corresponde con 5×10^{-6} (m³/s). En la guía anteriormente mencionada, se establece la misma tasa de fuga de corte de 300 (cm³/min) o menos tanto para la válvula de corte del lado del gas como para la válvula de corte del lado del líquido. Por lo tanto, se supone la misma holgura de válvula tanto para la válvula de corte del lado del gas como para la válvula de corte del lado del líquido.

10 Esta condición se sustituye en la (Fórmula 2) para obtener A_v . El "Annex A (Prescription) Specifications of safety cutoff valves" anterior tolera una holgura de válvula (d_{vG}) y un área de la sección de la holgura de la válvula (A_{vG}) obtenidas mediante las siguientes fórmulas:

$$d_{vG} = d_{vL} = 5.47E - 5 \text{ (m)},$$

y

$$A_{vG} = A_{vL} = 2.24E - 9 \text{ (m}^2\text{)}.$$

15 (4-2-2) Cálculo de la velocidad de fuga del refrigerante según el primer método de cálculo

A continuación se calcula la velocidad de fuga G_r de un refrigerante que fuga a partir de la holgura de válvula obtenida (d_{vG}).

20 Este cálculo se realiza suponiendo que un refrigerante en fase líquida está ubicado aguas arriba de la válvula de corte vista desde la unidad del lado de utilización en una línea del lado del líquido (tubería de conexión del refrigerante-líquido) y que un refrigerante en fase gaseosa está ubicado aguas arriba de la válvula de corte vista desde la unidad del lado de utilización en una línea del lado del gas (tubería de conexión del refrigerante-gas).

Una velocidad de fuga del refrigerante en la línea del lado del líquido, es decir, la velocidad de fuga del refrigerante (G_{rL}) en la válvula de corte del lado del líquido se obtiene inicialmente según el teorema de Bernoulli suponiendo que un agujero de fuga sirve como orificio y un refrigerante en fase líquida pasa por el agujero de fuga, mediante

25 (Fórmula 4)

$$G_{rL} = C_r \times (2 \times \Delta P_r / \rho_{lrl})^{0.5} \times A_{vL} \times \rho_{lrl}.$$

30 A continuación, la velocidad de fuga del refrigerante en la línea del lado del gas, es decir, la velocidad de fuga del refrigerante (G_{rG}) en la válvula de corte del lado del gas excede la velocidad del sonido. Se supone que la relación del calor específico κ tiene un valor representativo igual al valor del gas saturado del refrigerante a 20°C. La velocidad de fuga del refrigerante (G_{rG}) en la línea del lado del gas se obtiene mediante

(Fórmula 5)

$$G_{rG} = A_{vG} \times (2 / (\lambda + 1))^{(\lambda - 1) / 2(\lambda - 1)} \times (\lambda \times P_{1r} \times \rho_{1rg})^{0.5}.$$

Cuando tanto la válvula de corte del lado del líquido como la válvula de corte del lado del gas están cerradas, la velocidad de fuga G_r del refrigerante que fluye hacia el espacio predeterminado se obtiene mediante

35 (Fórmula 6)

$$G_r = G_{rL} + G_{rG} = C_r \times (2 \times \Delta P_r / \rho_{lrl})^{0.5} \times A_{vL} \times \rho_{lrl} + A_{vG} \times (2 / (\lambda + 1))^{(\lambda - 1) / 2(\lambda - 1)} \times (\lambda \times P_{1r} \times \rho_{1rg})^{0.5}.$$

Ejemplos de variables que influyen en la velocidad de fuga del refrigerante a través de la holgura de la válvula de corte incluyen de (4-2-2-A) a (4-2-2-E). Las variables se calculan de la siguiente manera.

(4-2-2-A) Tipo del refrigerante

40 Se supone que el refrigerante se selecciona entre R32, R452B, R454B, R1234yf y R1234ze(E), y cada uno de los refrigerantes tiene un valor de propiedad física calculado según NIST Refprop V9.1.

(4-2-2-B) Temperatura ambiente que determina la presión del refrigerante aguas arriba de la válvula de corte después de que se detiene el acondicionador de aire, y la presión diferencial entre la presión del refrigerante y la presión

atmosférica

5 Después de que se detiene el acondicionador de aire, se puede suponer una presión del refrigerante más cercana a la de la unidad del lado de la fuente de calor (aguas arriba) que a la de la válvula de corte a determinar por una temperatura máxima fuera de una arquitectura. Según las condiciones de prueba de alta temperatura para los acondicionadores de aire en los EE.UU. (Tabla 1 mostrada a continuación), la temperatura exterior máxima se establece en 55°C y la presión del refrigerante aguas arriba de la válvula de corte se establece a una presión de saturación de 55°C.

[Tabla 1]

Condición de prueba	Exterior ^a		Interior		
	Temperatura de bulbo seco	Temperatura de bulbo seco	Temperatura del bulbo húmedo	Temperatura de rocío ^b	Humedad relativa ^b
	°C (°F)	°C (°F)	°C (°F)	°C (°F)	%
AHRI B ^c	27,8 (82)	26,7 (80,0)	19,4 (67)	15,8 (60,4)	50,9
AHRI A ^c	35,0 (95)	26,7 (80,0)	19,4 (67)	15,8 (60,4)	50,9
T3 * ^d	46 (114,8)	26,7 (80,0)	19 (66,2)	15,8 (60,4)	50,9
T3	46 (114,8)	29 (84,2)	19 (66,2)	13,7 (56,6)	39
Caliente	52 (125,6)	29 (84,2)	19 (66,2)	13,7 (56,6)	39
Extremo	55 (131)	29 (84,2)	19 (66,2)	13,7 (56,6)	39

^a No existe ninguna especificación para la humedad relativa exterior, ya que no tiene ningún impacto en el rendimiento.

^b Temperatura del punto de rocío y humedad relativa evaluadas a 0,973 atm (14,3 psi)

^c Según la norma AHRI 210/240

^d T3 * es una condición T3 modificada en la que la configuración interior es similar a las condiciones AHRI.

10 Fuente:

Evaluación de refrigerante alternativos para entornos de alta temperatura ambiente: alternativas R-22 y R-410A para aires acondicionados mini-split, ORNL, P5, 2015

(4-2-2-C) Densidad del líquido y densidad del gas

15 Una densidad (kg/m³) de un refrigerante en fase líquida y una densidad (kg/m³) de un refrigerante en fase gaseosa se calculan según NIST Refprop V9.1.

(4-2-2-D) Relación del calor específico

La relación del calor específico se calcula según NIST Refprop V9.1. Se adopta una relación del calor específico del gas saturado del refrigerante a 27°C.

(4-2-2-E) Estados del refrigerante en la línea del lado del líquido y en la línea del lado del gas

20 Después de llevar la válvula de corte al estado de corte, se asume si el refrigerante en la línea del lado del líquido y el refrigerante en la línea del lado del gas aguas arriba de la válvula de corte están en la fase líquida y en la fase gaseosa o están en la fase gaseosa, respectivamente. El cálculo se realiza asumiendo el primer caso en el que la velocidad de fuga del refrigerante calculada es mayor. En otras palabras, el cálculo se realiza después de que la válvula de corte se coloca en el estado de corte, suponiendo que el refrigerante en la línea del lado del líquido aguas arriba de la

25 válvula de corte está en la fase líquida y el refrigerante en la línea del lado del gas aguas arriba de la válvula de corte está en la fase gas.

Cuando las variables se calculan como se describe anteriormente, la velocidad de fuga de cada refrigerante que se fuga a través de la holgura de la válvula se indica en la Tabla 2 dada a continuación.

[Tabla 2]

Velocidad de fuga del refrigerante a través de la holgura de la válvula cuando la válvula de corte está cerrada

Refrigerante	Presión del refrigerante P_{1r} [MPa]	Densidad del líquido ρ_{1l} [kg/m ³]	Densidad del gas ρ_{1g} [kg/m ³]	Relación del calor específico λ [-]	Velocidad de fuga del lado del líquido G_{rL} [kg/h]	Velocidad de fuga del lado del gas G_{rG} [kg/h]	Suma de velocidades de fuga G_r [kg/h]
R32	3,52	808	115,0	1,71	0,377	0,125	0,502
R1234yf	1,46	967	87,0	1,21	0,261	0,062	0,323
R1234(E)	1,13	1.054	61,3	1,17	0,236	0,045	0,282
R452B	3,08	854	106,0	1,88	0,362	0,115	0,477
R454B	3,00	853	99,4	1,87	0,357	0,110	0,467

Condición) La temperatura ambiente es 55 [°C], la holgura de la válvula de corte se corresponde con 300 [cc/min] y la relación del calor específico es 27 [°C].

5 Las velocidades de fuga del refrigerante a diferentes temperaturas ambiente (temperaturas fuera de una arquitectura) se pueden obtener según la (Fórmula 4), la (Fórmula 5) y la (Fórmula 6) variando los valores de las propiedades físicas. La velocidad de fuga del refrigerante tiende a ser mayor cuanto mayor es la temperatura ambiente. De este modo, se pueden seleccionar o diseñar válvulas de corte adaptadas a diversas regiones obteniendo las velocidades de fuga del refrigerante según las condiciones de temperaturas exteriores (temperaturas exteriores máximas) en las distintas regiones.

10 (4-2-3) Cálculo de la velocidad de fuga del refrigerante según el segundo método de cálculo

Las fórmulas cuando las tasas de fuga en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido se calculan usando el valor Cv que representa la tasa de fuga única de cada válvula son las siguientes.

Cuando la tasa de fuga en la válvula de corte del lado del gas se obtiene usando el valor Cv,

(Fórmula 7)

15
$$C_v = Q \times 3600 \times (\rho/\rho_a \times (273 + 20))^{0.5} / (2519 \times P/1000000).$$

Cuando la tasa de fuga en la válvula de corte del lado del líquido se obtiene usando el valor Cv,

(Fórmula 8)

$$C_v = 0.02194 \times Q \times 1000 \times 60 \times (\rho/1000/\Delta p/1000000)^{0.5}.$$

20 En la guía anteriormente mencionada, las tasas de fuga en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido son un valor de 300 (cm³/min) o menos cuando el fluido es aire y la presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido es 1 MPa. Por lo tanto, cuando se usa (Fórmula 7), $C_v = 1,11 \times 10^{-4}$.

Las velocidades de fuga del refrigerante-gas y del refrigerante-líquido se pueden calcular usando el valor Cv según la (Fórmula 7) y la (Fórmula 8).

25 (4-3)

30 Las velocidades de fuga del refrigerante a través de las holguras de válvulas supuestas en la guía anteriormente mencionada se pueden obtener mediante el cálculo realizado en (4-1) a (4-2). A continuación, se calcula cuánto se puede aumentar la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas en función de las velocidades de fuga del refrigerante. Además, se calcula cuánto se reduce adecuadamente la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido con el aumento en la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas. Por lo tanto, la tasa de fuga de corte en cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido cambia de 300 (cm³/min) y se diseña o selecciona de modo que la suma de las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido sea equivalente a la suma de las

ES 2 966 341 T3

velocidades de fuga del refrigerante en el caso en que se suponga la misma holgura de válvula tanto para la válvula de corte del lado del gas como para la válvula de corte del lado del líquido según la guía anteriormente mencionada.

En este caso, el cambio en las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido es como se ilustra en la Figura 6.

- 5 Cuando se cambian las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido, la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas aumenta de g_0 a g_{00} , y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido disminuye de l_0 a l_{00} . En la presente invención, una relación entre la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas antes de cambiar las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido es como sigue:

$$(Fórmula 9): l_0/g_0 = X.$$

La relación entre la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas después de cambiar la tasa de fuga de corte y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas antes de cambiar la tasa de fuga de corte se calcula de la siguiente manera:

15 $(Fórmula 10): g_{00}/g_0 = Y.$

En un caso en el que se supone que la suma de las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido y en la válvula de corte del lado del gas no cambia antes y después de cambiar las tasas de fuga de corte,

$$(Fórmula 11): l_0 - l_{00} = g_{00} - g_0.$$

Cuando la (Fórmula 11) se modifica usando la (Fórmula 9) y la (Fórmula 10),

20 $(Fórmula 12): l_{00} = (X - Y + 1) \times g_0.$

Por lo tanto, el cambio en la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$(Fórmula 13): l_{00}/l_0 = 1 - (Y - 1)/X.$$

- 25 La Tabla 3 muestra un diámetro de tubería de la tubería de conexión del refrigerante-gas y un diámetro de tubería de la tubería de conexión del refrigerante-líquido.

[Tabla 3]

Capacidad [* 100 W]	Diámetro exterior de la tubería del líquido [mm]	Diámetro exterior de la tubería del gas [mm]	Relación entre los diámetros de las tuberías del gas y del líquido
40	6,4	12,7	1,98
45	6,4	12,7	1,98
50	6,4	12,7	1,98
56	6,4	12,7	1,98
63	6,4	12,7	1,98
80	9,5	15,9	1,67
112	9,5	15,9	1,67
140	9,5	15,9	1,67
160	9,5	15,9	1,67
224	9,5	25,4	2,67
280	12,7	25,4	2,00

Como se muestra en las columnas del diámetro de tubería del lado del líquido/gas en la Tabla 3, una relación entre el diámetro de la tubería de conexión del refrigerante del lado del gas y el diámetro de la tubería de conexión del refrigerante del lado del líquido está en un intervalo de aproximadamente 1,6 veces a aproximadamente 2,7 veces. La tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas con respecto a la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido aumenta en proporción a la relación entre los diámetros de las tuberías de conexión del refrigerante. La Figura 7 ilustra X que es una relación entre la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas. Cuando la presión en un ciclo de refrigerante se cambia en un intervalo desde una presión de saturación a 10°C a una presión de saturación a 55°C, X cambia en un intervalo de 2,7 veces a 10,8 veces.

- 5
- 10 En la presente invención, cuando $Y = 1,6$, $l_{00}/l_0 = 1 - 0,6/X$ según la Fórmula (13), y en este momento, cuando X se cambia en un intervalo de 2,7 veces a 10,8 veces, l_{00}/l_0 indica que el cambio en la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido cambia en un intervalo de 0,78 veces a 0,94 veces. Por lo tanto, en este caso, se puede diseñar o seleccionar una tasa máxima de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido en un intervalo de 0,78 veces a 0,94 veces el valor de 300 (cm³/min).
- 15 De manera similar, cuando $Y = 2,7$, $l_{00}/l_0 = 1 - 1,7/X$ según la Fórmula (13), y en este momento, cuando X se cambia en un intervalo de 2,7 veces a 10,8 veces, l_{00}/l_0 indica que el cambio en la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido cambia en un intervalo de 0,37 veces a 0,84 veces. Por lo tanto, en este caso, la tasa máxima de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido se puede diseñar o seleccionar en un intervalo de 0,37 veces a 0,84 veces el valor de 300 (cm³/min).
- 20 Estos resultados muestran que cuando la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas se cambia en un intervalo de 1,6 a 2,7 veces, l_{00}/l_0 , que es el cambio en la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido, cambia en un intervalo de 0,37 veces a 0,94 veces.

Como se describió anteriormente, la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas se puede aumentar en un intervalo de 1,0 veces a 2,7 veces o menos el valor de 300 (cm³/min), que es la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada. En este caso, la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido se establece dentro de un intervalo de 0,94 veces o menos el valor de 300 (cm³/min), que es la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada.

- 25
- 30 Siempre que las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido cambien dentro de este intervalo, la suma de las velocidades de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido es equivalente a la suma de las velocidades de fuga del refrigerante en el caso en que se suponga la misma holgura de válvula tanto para la válvula de corte del lado del gas como para la válvula de corte del lado del líquido según la guía anteriormente mencionada.

En el caso en que el diseño o la selección se realicen de manera más apropiada, cuando la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas se cambia en un intervalo de 1,6 veces a 2,7 veces el valor de 300 (cm³/min), que es la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada, la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido se cambia en un intervalo de 0,37 veces a 0,94 veces el valor de 300 (cm³/min), que es la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada.

- 35

(4-4)

A continuación, se supone que se instala una puerta en un espacio predeterminado (habitación) en el que está instalada la unidad del lado de utilización del acondicionador de aire. Hay una holgura debajo de la puerta y se considera que la fuga del refrigerante se descarga al exterior de la habitación a través de la holgura debajo de la puerta. En base a lo anterior, se establece la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte.

Primero, se calcula una velocidad de descarga del refrigerante G_d del refrigerante descargado al exterior de la habitación a través de la holgura debajo de la puerta.

45

$$(F\acute{o}rmula\ 14):\ G_d = \rho_{md} \times V_{md} \times A_d$$

$$(F\acute{o}rmula\ 15):\ V_{md} = C_d \times (2 \times \Delta p_d / \rho_{md})^{0,5}$$

$$(F\acute{o}rmula\ 16):\ \Delta p_d = (\rho_{md} - \rho_a) \times g \times h_s$$

$$(F\acute{o}rmula\ 17):\ \rho_{md} = \rho_{mr} + \rho_{ma}$$

$$(F\acute{o}rmula\ 18):\ \rho_{mr} = N/100 \times (U_r \times 10^{-3}) / (24,5 \times 10^{-3})$$

50

$$(F\acute{o}rmula\ 19):\ \rho_{ma} = (100 - N)/100 \times (U_a \times 10^{-3}) / (24,5 \times 10^{-3})$$

ES 2 966 341 T3

(Fórmula 20): $N = LFL/S$

Ejemplos de variables que influyen en la velocidad de descarga del refrigerante incluyen (4-4-1-A) y (4-4-1-B).

(4-4-1-A) Altura de fuga

5 (4-4-1-B) Coeficiente de seguridad para el límite inferior de inflamabilidad (LFL) de la concentración promedio del refrigerante en la habitación (espacio predeterminado)

10 Una altura de fuga es una posición de la primera parte en el espacio predeterminado en el que el refrigerante se fuga hacia el espacio predeterminado. La altura de fuga es de 2,2 m o similar cuando la unidad del lado de utilización se instala en el techo y es de 0,6 m o similar cuando la unidad del lado de utilización se coloca en el suelo (consulte IEC60335-2-40: 2016). Una concentración promedio tolerable es una concentración promedio del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado, y es una concentración del refrigerante en un intervalo en el que se reconoce que no hay riesgo de combustión del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado. La concentración promedio tolerable se obtiene dividiendo un LFL por un coeficiente de seguridad. La velocidad de descarga del refrigerante está influenciada por el coeficiente de seguridad establecido en 4 o 2, como se indica a modo de ejemplo en la Tabla 4 a mostrada continuación.

15 [Tabla 4]

Velocidad de descarga del refrigerante G_d [kg/h] del refrigerante descargado al exterior de la habitación a través de la holgura debajo de la puerta					
Concentración media tolerable		1/4 LFL	1/4 LFL	1/2 LFL	1/2 LFL
Altura de fuga		2,2 m	0,6 m	2,2 m	0,6 m
Refrigerante	R32	0,983	0,513	2,714	1,417
	R1234yf	1,152	0,594	3,149	1,645
	R1234ze(E)	1,220	0,637	3,374	1,762
	R452B	1,092	0,570	3,036	1,586
	R454B	1,063	0,555	2,957	1,544

(4-4-2)

A continuación se calcula una tasa máxima de fuga de corte (Q_{max}) de la válvula de corte en el estado de corte en el caso en que la puerta esté provista de holgura debajo de la misma.

20 Cuando la velocidad de descarga del refrigerante G_d del refrigerante descargado al exterior de la habitación (espacio predeterminado) a través de la holgura debajo de la puerta es mayor que la velocidad de fuga del refrigerante G_r a través de la holgura de la válvula cuando la válvula de corte está en el estado de corte, la tasa de fuga de corte puede ser mayor de 300 (cm^3/min). Como se mencionó anteriormente en (4-2-1), si la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido están configuradas para tener la misma tasa de fuga de corte máxima tolerable (Q_{max}), un factor multiplicador R para el valor de 300 (cm^3/min) especificado en las directrices de la The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association es idéntico para la válvula de corte del lado del gas y para la

25 válvula de corte del lado del líquido.

(Fórmula 21) $R = G_d/G_r$

(Fórmula 22): $Q_{max} = 300 \times R$

30 Supongamos en la presente invención que, antes de que las válvulas de corte pasen al estado de corte, se proporciona un refrigerante en fase líquida aguas arriba de la válvula de corte en la línea del lado del líquido, y se proporciona un refrigerante en fase gaseosa aguas arriba de la válvula de corte en la línea del lado del gas. La (Fórmula 23) se obtiene sustituyendo la (Fórmula 6) y la (Fórmula 15) en la (Fórmula 22).

(Fórmula 23):

$$R = (\rho_{md} \times V_{md} \times A_d) / (C_r \times (2 \times \Delta P_r / \rho_{lr})^{0.5} \times A_v \times \rho_{ld} + A_v \times (2 / (\lambda + 1))^{(\lambda + 1) / 2(\lambda - 1)} \times (\lambda \times P_{lr} \times \rho_{lrg})^{0.5})$$

35

ES 2 966 341 T3

El factor multiplicador tolerable R para cada uno de los refrigerantes se obtiene según la (Fórmula 23), como se indica a modo de ejemplo en la Tabla 5.

[Tabla 5]

Multiplicador tolerable R para la tasa máxima de fuga de aire tolerable Qv					
Concentración media tolerable		1/4LFL	1/4LFL	1/2LFL	1/2LFL
Altura de fuga		2,2 m	0,6 m	2,2 m	0,6 m
Refrigerante	R32	1,96	1,02	5,41	2,83
	R1234yf	3,57	1,84	9,76	5,10
	R1234ze(E)	4,33	2,26	11,98	6,26
	R452B	2,29	1,20	6,37	3,32
	R454B	2,28	1,19	6,33	3,31

5 (4-4-3)

Lo que se describe anteriormente es el cálculo de la tasa de fuga de corte y similares. Los símbolos y similares incluidos en las fórmulas indican lo siguiente de (4-4-3-1) a (4-4-3-3), a menos que se especifique lo contrario.

(4-4-3-1) Símbolos

- A: área (m² como unidad)
- 10 C: coeficiente de caudal
- d: diámetro equivalente (m como unidad)
- G: velocidad del caudal másico (kg·s⁻¹ como unidad)
- g: aceleración gravitacional (m·s⁻² como unidad)
- h: altura de fuga (m como unidad)
- 15 L: límite inferior de inflamabilidad del refrigerante (LFL) (kg·m⁻³ como unidad)
- N: concentración del volumen del refrigerante (% en volumen como unidad)
- P: presión (Pa como unidad)
- Q: velocidad del caudal volumétrico (m³·s⁻¹ como unidad)
- R: multiplicador tolerable para la tasa de fuga de la válvula
- 20 Δp: presión diferencial (Pa como unidad)
- S: coeficiente de seguridad
- U: peso molecular del refrigerante
- v: velocidad (m·s⁻¹ como unidad)
- 25 X: relación entre la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas
- Y: relación entre la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas antes del cambio y la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas después del cambio

(4-4-3-2) Letras griegas

- κ: relación del calor específico del aire
- 30 λ: relación del calor específico del refrigerante

p: concentración de masa ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ como unidad)

(4-4-3-3) Subíndices

a: aire

d: holgura debajo de la puerta

5 g: fase gaseosa

i: fase líquida

m: mezcla del refrigerante y aire

r: refrigerante

s: punto de fuga del refrigerante

10 v: válvula de corte

g: línea del lado del gas

l: línea del lado del líquido

1: aguas arriba

2: aguas abajo

15 $_{max}$: tolerancia

o: antes del cambio

oo: después del cambio

(5) Características del acondicionador de aire

(5-1)

20 En la "guideline of design construction for ensuring safety against refrigerant leakage from commercial air conditioners using mild flammability (A2L) refrigerants (JRA GL-16: 2017)", que es la guía de la The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association publicada el 1 de septiembre de 2017, se recoge el "Annex A (Prescription) Specifications of safety cutoff valves". En el "Annex A (Prescription) Specifications of safety cutoff valves", cuando el fluido es aire y la presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido es de 1 MPa, se prescribe el valor de 300 (cm^3/min) como la tasa de fuga de corte que deben satisfacer la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido.

30 La válvula de corte del lado del gas generalmente tiene un diámetro de válvula grande y, por lo tanto, la tasa de fuga de corte a la misma presión diferencial tiende a ser alta. Por otro lado, la válvula de corte del lado del líquido generalmente tiene un diámetro de válvula pequeño y la tasa de fuga de corte a la misma presión diferencial tiende a ser baja. En la guía anteriormente mencionada, se requiere suprimir uniformemente la tasa de fuga de corte a un valor de 300 (cm^3/min) o menos independientemente de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido. Sin embargo, diseñar o seleccionar una válvula de corte del lado del gas para que tenga un diámetro de válvula mayor que el diámetro de la válvula de corte del lado del líquido de modo que la tasa de fuga de corte sea equivalente a la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido conduce a un aumento de los costes de fabricación o de compra.

40 La velocidad de fuga del refrigerante supuesta en la guía se puede calcular a partir de la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada. Además, como se ilustra en la Figura 6, dado que el estado del refrigerante objetivo es diferente, en la misma holgura de válvula, la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido es mayor que la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del gas. En otras palabras, cuando la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido son iguales entre sí, la velocidad de fuga del refrigerante en la válvula de corte del lado del líquido es mayor que la presente en la válvula de corte del lado del gas y, por lo tanto, se fuga una gran cantidad del refrigerante hacia el espacio predeterminado.

45 A la vista de esto, en la presente realización, las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d son mayores que las de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d.

Como resultado, incluso en un caso en el que la velocidad de fuga del refrigerante en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d aumente, la velocidad de fuga del refrigerante en las válvulas de corte del lado del líquido

71a, 71b, 71c y 71d disminuye, de modo que es posible satisfacer la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada. Por lo tanto, es posible reducir el coste de fabricación de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d garantizando al mismo tiempo la seguridad.

(5-2)

- 5 En la presente realización, aquellos casos en los que la tasa de fuga de corte es mayor de $300 \times R$ (cm^3/min) se adoptan las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d. Por otro lado, aquellos casos en los que la tasa de fuga de corte es menor de $300 \times R$ (cm^3/min) se adoptan las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d. En consecuencia, es posible reducir el coste de fabricación de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d garantizando al mismo tiempo la seguridad. En la presente invención, se tiene en cuenta el valor de R calculado en (4-4) al cambiar las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido y en la válvula de corte del lado del gas. Por lo tanto, es posible reducir el coste de fabricación de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d garantizando al mismo tiempo la seguridad.

(5-3)

- 15 En la guía anteriormente mencionada, se requiere suprimir uniformemente las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido a un valor de 300 (cm^3/min) o menos. Sin embargo, en este caso, fabricar o comprar la válvula de corte del lado del gas con un diámetro de válvula relativamente grande da como resultado un aumento del coste. Por lo tanto, en la presente realización, la tasa de fuga de corte en cada una de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d se cambian a partir de $300 \times R$ (cm^3/min) y se diseñan o seleccionan de modo que las velocidades de fuga del refrigerante en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d sean equivalentes a la suma de las velocidades de fuga del refrigerante en un caso en el que se asume la misma holgura de válvula tanto para la válvula de corte del lado del gas como para la válvula de corte del lado del líquido según la guía anteriormente mencionada.

- 20 Según el cálculo mostrado en (4-3), cuando las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d se cambian de 1,0 veces a 2,7 veces o menos el valor de 300 (cm^3/min) y se diseñan o seleccionan, las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d se cambian a 0,94 veces o menos el valor de 300 (cm^3/min) y se diseñan o seleccionan.

De esta manera, el valor de R calculado en (4-4) se considera además para los valores numéricos de las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido seleccionada.

- 30 Como se describió anteriormente, cuando las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas se cambian de 1,0 a 2,7 veces o menos el valor de $300 \times R$ (cm^3/min) y se diseñan o seleccionan, las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d se cambian a 0,94 veces o menos el valor de $300 \times R$ (cm^3/min) y se diseñan o seleccionan. En este momento, las velocidades de fuga del refrigerante en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d son equivalentes a la suma de las velocidades de fuga del refrigerante en un caso en el que se supone la misma holgura de válvula para las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y para las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d según la guía anteriormente mencionada.

- 40 De esta manera, incluso cuando las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d exceden la tasa de fuga de corte de un valor de 300 (cm^3/min) prescrita en la guía anteriormente mencionada, las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d están diseñadas o seleccionadas para compensar la tasa de fuga de corte excedente. Como resultado, es posible suprimir un aumento en el coste de fabricación o de compra de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d garantizando al mismo tiempo la seguridad.

- 45 Más apropiadamente, las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d están diseñadas o seleccionadas de modo que cuando las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d estén en un intervalo de 1,6 veces a 2,7 veces el valor de $300 \times R$ (cm^3/min), las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d están en un intervalo de 0,37 veces a 0,94 veces el valor de $300 \times R$ (cm^3/min).

(5-4)

- 50 En el acondicionador de aire 1, la tasa máxima de fuga de corte requerida para la válvula de corte se calcula de la manera mencionada anteriormente de (4-3) a (4-4-2) según condiciones tales como el tamaño de la habitación (espacio predeterminado) SP equipada con las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d (el tamaño de la holgura UC debajo de la puerta DR o la altura del techo), el tipo del refrigerante (R32) y los lugares equipados con las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d (instaladas en el techo en lugar de colocarse en el suelo), para determinar las especificaciones de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d. En concreto, se calcula el factor multiplicador R para 300 (cm^3/min) como un valor de referencia de la tasa de fuga de corte en las especificaciones prescritas en el Anexo A de la guía, en cuanto a cuánto se puede aumentar la tasa tolerable de 300 (cm^3/min). El valor numérico específico del factor multiplicador R se obtiene

como se indica en la Tabla 5. En la presente invención, en el caso en que se adopte R32 como refrigerante, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d se instalan en el techo de la habitación SP, y el coeficiente de seguridad S se establece en 4, el factor multiplicador R es 1,96 como se indica en la Tabla 5.

5 Según el factor multiplicador R, las especificaciones de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d se determinan en el acondicionador de aire 1 de modo que la tasa máxima de fuga de corte es $300 \times 1,96$ (cm³/min) o menos. En comparación con el caso en el que las especificaciones se determinan según un valor de 300 (cm³/min) como valor de referencia, las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d tienen un costo de fabricación reducido o un costo de compra reducido, para reducir el costo de la introducción para el aire acondicionado 1 que usa el refrigerante (R32) capaz de prevenir el calentamiento global.

10 También en el acondicionador de aire 1 que incluye las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d con las especificaciones así determinadas, la cantidad del refrigerante que sale hacia la sala SP a través de la holgura de válvula de cada una de la válvula de corte del lado del líquido 71a y de la de la válvula de corte del lado del gas 68a después de que se detiene el acondicionador de aire 1 en el Paso S7 en la Figura 5 se suprime para permitir que la concentración del refrigerante se mantenga suficientemente por debajo del LFL en la habitación SP.

(5-5)

20 El factor multiplicador R para calcular cuánto se puede aumentar la tasa tolerable para el valor de referencia de la tasa de fuga de corte, tal como 300 (cm³/min) en la especificación prescrita en el Anexo A de la guía anteriormente mencionada, se determina en función de al menos una de las concentraciones promedio tolerables, de la altura de fuga o del tipo del refrigerante.

25 Como se describe en (4-4-1-A), la altura de fuga es la posición de la primera parte en el espacio predeterminado SP cuando el refrigerante se fuga hacia el espacio predeterminado SP. La altura de fuga es de 2,2 m o similar cuando la unidad del lado de utilización se instala en el techo y es de 0,6 m o similar cuando la unidad del lado de utilización se coloca en el suelo (consulte IEC60335-2-40: 2016).

Como se describe en (4-4-1-B), la concentración promedio tolerable es una concentración promedio del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado SP, y es una concentración del refrigerante en un intervalo en el que se reconoce que no hay riesgo de combustión del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado SP. La concentración promedio tolerable se obtiene dividiendo el LFL por el factor de seguridad.

30 El tipo del refrigerante se refiere al tipo del refrigerante que pertenece a cualquiera de los siguientes: un refrigerante ligeramente inflamable determinado como "Clase 2L" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013; un refrigerante menos inflamable determinado como "Clase 2" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013; y un refrigerante altamente inflamable determinado como "Clase 3" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013.

35 El factor multiplicador R se determina basándose en al menos uno cualquiera de estos y, específicamente, tiene un valor numérico en un intervalo de 1,02 a 11,98 como se muestra en la Tabla 5. Como resultado, se puede obtener la especificación de la tasa de fuga de corte que se debe satisfacer por la válvula de corte del lado del gas y por la válvula de corte del lado del líquido.

(5-6)

40 También es posible diseñar o seleccionar las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d simplemente calculando las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d con una R de 1 (R = 1) sin calcular el valor numérico del factor multiplicador R como se describió anteriormente en consideración de un caso en el que el espacio predeterminado SP no tiene la holgura UC debajo de la puerta DR.

(6) Ejemplo modificado

45 (6-1)

50 El acondicionador de aire 1 según la realización descrita anteriormente se instala en una habitación (espacio predeterminado SP) de una arquitectura tal como un edificio. Cuando el acondicionador de aire 1 se instala en un espacio con una arquitectura diferente, el diseño o la selección de las especificaciones de la válvula de corte se pueden cambiar según las condiciones del espacio predeterminado SP. Se pueden diseñar o seleccionar válvulas de corte apropiadas para diversos espacios, tales como un espacio en una planta, una cocina, un sensor de datos, una sala de computadoras y un espacio en una instalación comercial.

(6-2)

La realización anterior ejemplifica el R32 como el refrigerante que circula en el circuito de refrigerante 10 del acondicionador de aire 1. Cuando se adopta otro refrigerante inflamable, el factor multiplicador R se calcula según una

diferencia en las condiciones tales como el peso molecular del refrigerante o el LFL como se describe anteriormente, para diseñar o seleccionar las especificaciones de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d apropiadas para el factor de multiplicación R.

(6-3)

5 La realización anterior ejemplifica el flujo de control ilustrado en la Figura 5 como el funcionamiento del aire acondicionado 1 ante una fuga del refrigerante. El acondicionador de aire 1 puede adoptar alternativamente un funcionamiento diferente al funcionamiento en caso de fuga del refrigerante. Alternativamente, la operación de bombeo se puede realizar al detectar una fuga del refrigerante, y luego se puede controlar para que la válvula de corte esté cerrada.

10 (6-4)

En la realización anterior, en el Paso S4 y el Paso S5, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d realizan la operación de enfriamiento y la válvula de expansión del lado de la fuente de calor 25 disminuye su grado de apertura para disminuir la presión del refrigerante que fluye hacia las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d. Este control es meramente ejemplar y alternativamente podrá ser sustituido por un control diferente.

15 Tras la detección de una fuga del refrigerante en el espacio predeterminado SP equipado con la unidad del lado de utilización 3a, sólo la válvula de corte del lado del líquido 71a y la válvula de corte del lado del gas 68a de la unidad de relevo 4a correspondientes a la unidad del lado de utilización 3a se pueden alternativamente cerrar inmediatamente.

20 Tras la detección de una fuga del refrigerante en el espacio predeterminado SP equipado con la unidad del lado de utilización 3a, todavía se puede adoptar alternativamente un control para cerrar todas las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d y las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d para separar todas las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d de la unidad del lado de la fuente de calor 2, así como para detener el compresor 21 de la unidad del lado de la fuente de calor 2.

(6-5)

25 La realización anterior ejemplifica, como la unidad del lado de utilización, las unidades del lado de utilización 3a, 3b, 3c y 3d instaladas para ser colocadas en el techo. La válvula de corte está diseñada o seleccionada de manera similar, incluso en el caso de cualquier unidad del lado de utilización con otra forma. El factor de multiplicación R se puede obtener según la (Fórmula 23) incluso cuando la unidad del lado de utilización es del tipo colgante del techo, del tipo de colocación en el suelo, del tipo montado en la pared para ser montado sobre una pared lateral, o similar.

(6-6)

30 La válvula de corte del lado del gas generalmente tiene un diámetro de válvula grande y, por lo tanto, la tasa de fuga de corte a la misma presión diferencial tiende a ser alta. Por otro lado, la válvula de corte del lado del líquido generalmente tiene un diámetro de válvula pequeño y la tasa de fuga de corte a la misma presión diferencial tiende a ser baja. Por lo tanto, en la realización anterior, se ha supuesto que los diámetros de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d son mayores que los diámetros de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d. Sin embargo, incluso en el caso en el que los diámetros de las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d sean iguales o mayores que los diámetros de las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d, las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d se hacen más altas que la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada, y las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c, y 71d se hacen más bajas que la tasa de fuga de corte prescrita en la guía anteriormente mencionada, de modo que la velocidad de fuga del refrigerante se puede suprimir para que sea igual o menor que la velocidad de fuga del refrigerante supuesta en la guía anteriormente mencionada. Además de un modo en el que las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d se instalan una por una, también es concebible un modo en el que se instalen dos válvulas de corte del lado del gas y una válvula de corte en el lado del líquido.

45 (6-7)

En la presente realización, las tasas de fuga de corte en las válvulas de corte del lado del gas 68a, 68b, 68c y 68d y en las válvulas de corte del lado del líquido 71a, 71b, 71c y 71d se evalúan usando "aire" como el gas que está en una única fase gaseosa en estado estándar. Sin embargo, el gas para evaluar la tasa de fuga de corte no se limita al "aire", y puede ser cualquier tipo de gas que esté en una única fase gaseosa en estado estándar, incluido "nitrógeno" y similares.

Lista de signos de referencia

1: acondicionador de aire (aparato de ciclo de refrigerante)

3aa, 3bb, 3cc, 3dd: primera parte (circuito del lado de utilización)

ES 2 966 341 T3

10: circuito refrigerante

19: unidad de control

68a, 68b, 68c, 68d: válvula de corte del lado del gas

71a, 71b, 71c, 71d: válvula de corte del lado del líquido

5 79a, 79b, 79c, 79d: unidad de detección (unidad de detección de fugas del refrigerante)

SP: espacio predeterminado

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de ciclo de refrigerante (1) que hace circular un refrigerante inflamable en un circuito de refrigerante (10), comprendiendo el aparato de ciclo de refrigerante (1):
- 5 una válvula de corte del lado del gas (68a, 68b, 68c, 68d) y una válvula de corte del lado del líquido (71a, 71b, 71c, 71d) que se proporcionan en lados opuestos de una primera parte (3aa, 3bb, 3cc, 3dd) del circuito de refrigerante;
- una unidad de detección (79a, 79b, 79c, 79d) que detecta fugas del refrigerante desde la primera parte hacia un espacio predeterminado (SP); y
- 10 una unidad de control (19) que pone la válvula de corte del lado del gas y la válvula de corte del lado del líquido en un estado de corte cuando la unidad de detección detecta la fuga del refrigerante desde la primera parte hacia el espacio predeterminado,
- en donde las tasas de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas y en la válvula de corte del lado del líquido son tasas de fuga del gas que está en una única fase gaseosa en un estado estándar cuando existe una presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido en el estado de corte que es una presión predeterminada,
- 15 caracterizado por que
- la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas es mayor que la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido.
2. El aparato de ciclo de refrigerante según la reivindicación 1, en donde la tasa de fuga de corte es una tasa de fuga del aire cuando la temperatura es de 20°C y la presión predeterminada es de 1 MPa.
- 20 la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas es mayor de $300 \times R$ (cm³/min), y
- la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido es menor de $300 \times R$ (cm³/min),
- en donde $R = (\rho_{md} \times V_{md} \times A_d) / (C_r \times (2 \times \Delta P_r / \rho_{1r})^{0.5} \times A_v \times \rho_{1rl} + A_v \times (2 / (\lambda + 1))^{((\lambda + 1) / 2 (\lambda - 1))} \times (\lambda \times P_{1r} \times \rho_{1g})^{0.5})$, en el que A_v es el área de la sección de la holgura de la válvula (m²) de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido en el estado de corte,
- 25 ρ_{1rl} es una densidad (kg/m³) del refrigerante en fase líquida,
- ρ_{1g} es una densidad (kg/m³) del refrigerante en fase gaseosa,
- P_{1r} es una presión (MPa) del refrigerante ubicado aguas arriba de cada una de la válvula de corte del lado del gas y de la válvula de corte del lado del líquido,
- λ es una relación del calor específico del refrigerante,
- 30 ρ_{md} es una densidad (kg/m³) de una mezcla gaseosa de aire y refrigerante que pasa a través de una holgura de una puerta que divide el interior y el exterior del espacio predeterminado,
- V_{md} es una velocidad (m/s) de la mezcla gaseosa de aire y refrigerante que pasa a través de la holgura de la puerta que divide el interior y el exterior del espacio predeterminado,
- A_d es un área (m²) de la holgura de la puerta que divide el interior y el exterior del espacio predeterminado,
- 35 ΔP_r es una diferencia de presión (Pa) entre el interior y el exterior de un orificio por donde se fuga el refrigerante, y
- C_r es un coeficiente de caudal del refrigerante cuando el refrigerante en fase líquida pasa a través del orificio por donde se fuga el refrigerante, y es 0,6.
3. El aparato de ciclo de refrigerante según la reivindicación 1, en donde la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas es de 1,0 veces a 2,7 veces o menos el valor de $300 \times R$ (cm³/min), y la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido es 0,94 veces o menos el valor de $300 \times R$ (cm³/min).
4. El aparato de ciclo de refrigerante según la reivindicación 1, en donde la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del gas está en un intervalo de 1,6 veces a 2,7 veces el valor de $300 \times R$ (cm³/min), y la tasa de fuga de corte en la válvula de corte del lado del líquido está en un intervalo de 0,37 veces a 0,94 veces el valor de $300 \times R$ (cm³/min).
5. El aparato de ciclo de refrigerante según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde $R = 1$.
- 45 6. El aparato de ciclo de refrigerante según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde una concentración promedio tolerable es una concentración promedio del refrigerante que fuga hacia el espacio predeterminado, y es

una concentración en un intervalo en el que se reconoce que no hay riesgo de combustión del refrigerante que se fuga hacia el espacio predeterminado,

una altura de fuga es una posición de la primera parte en el espacio predeterminado cuando el refrigerante se fuga hacia el espacio predeterminado.

- 5 7. El aparato de ciclo de refrigerante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el refrigerante inflamable es un refrigerante ligeramente inflamable determinado como "Clase 2L" según la norma ANSI/ASHRAE 34-2013, un refrigerante menos inflamable determinado como "Clase 2" según la Norma ANSI/ASHRAE 34-2013, o un refrigerante altamente inflamable determinado como "Clase 3" según la Norma ANSI/ASHRAE 34-2013.

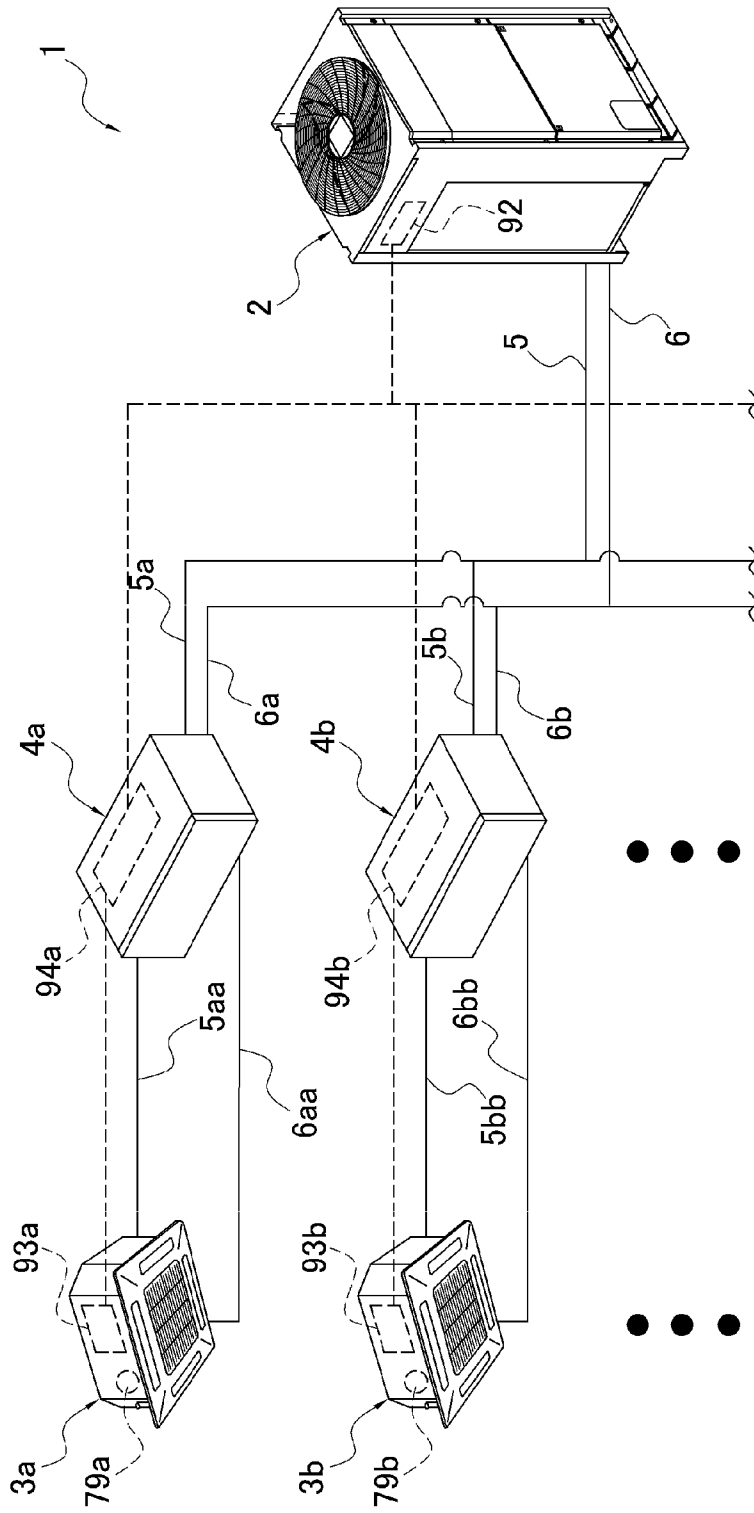


FIG. 1

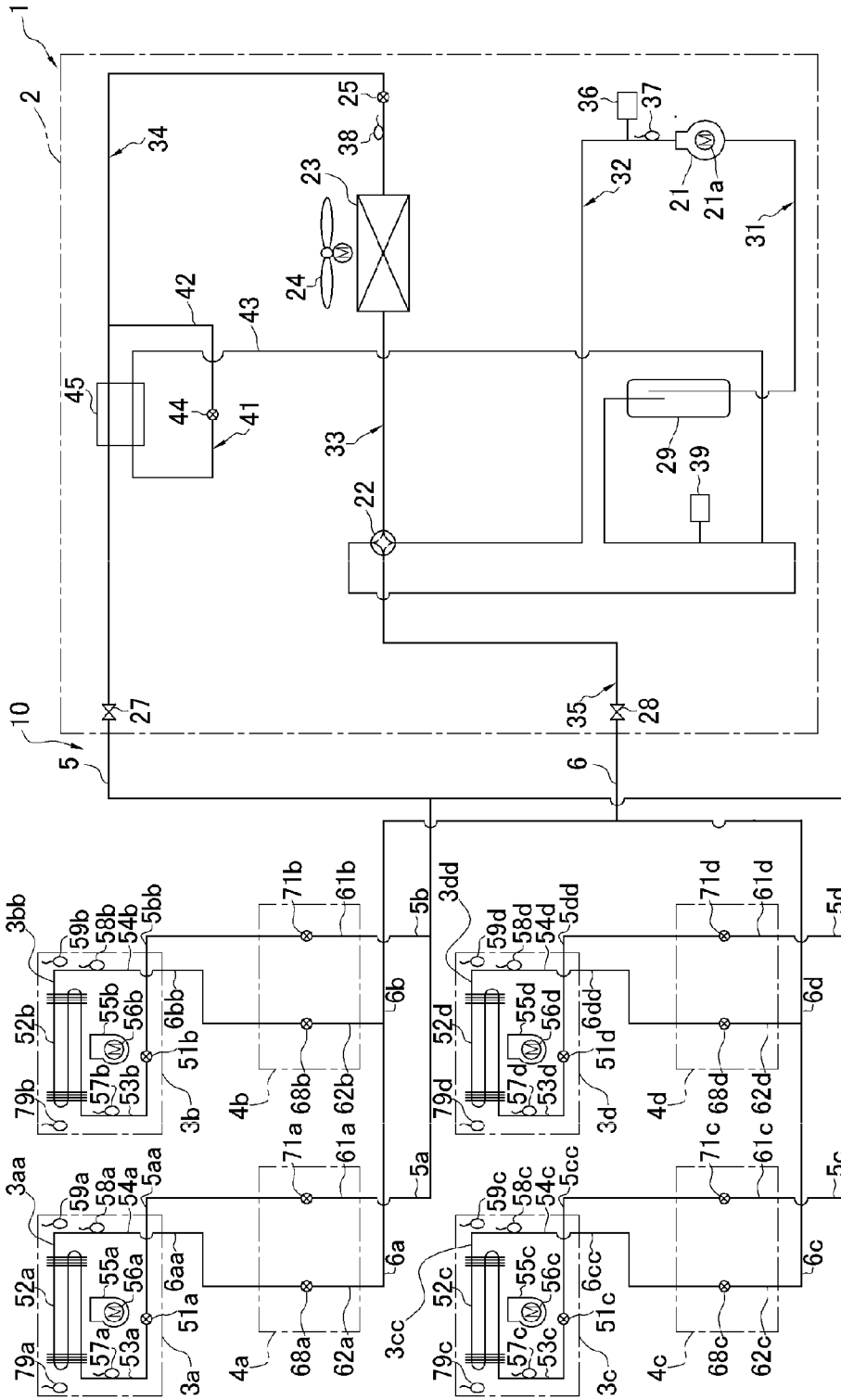


FIG. 2

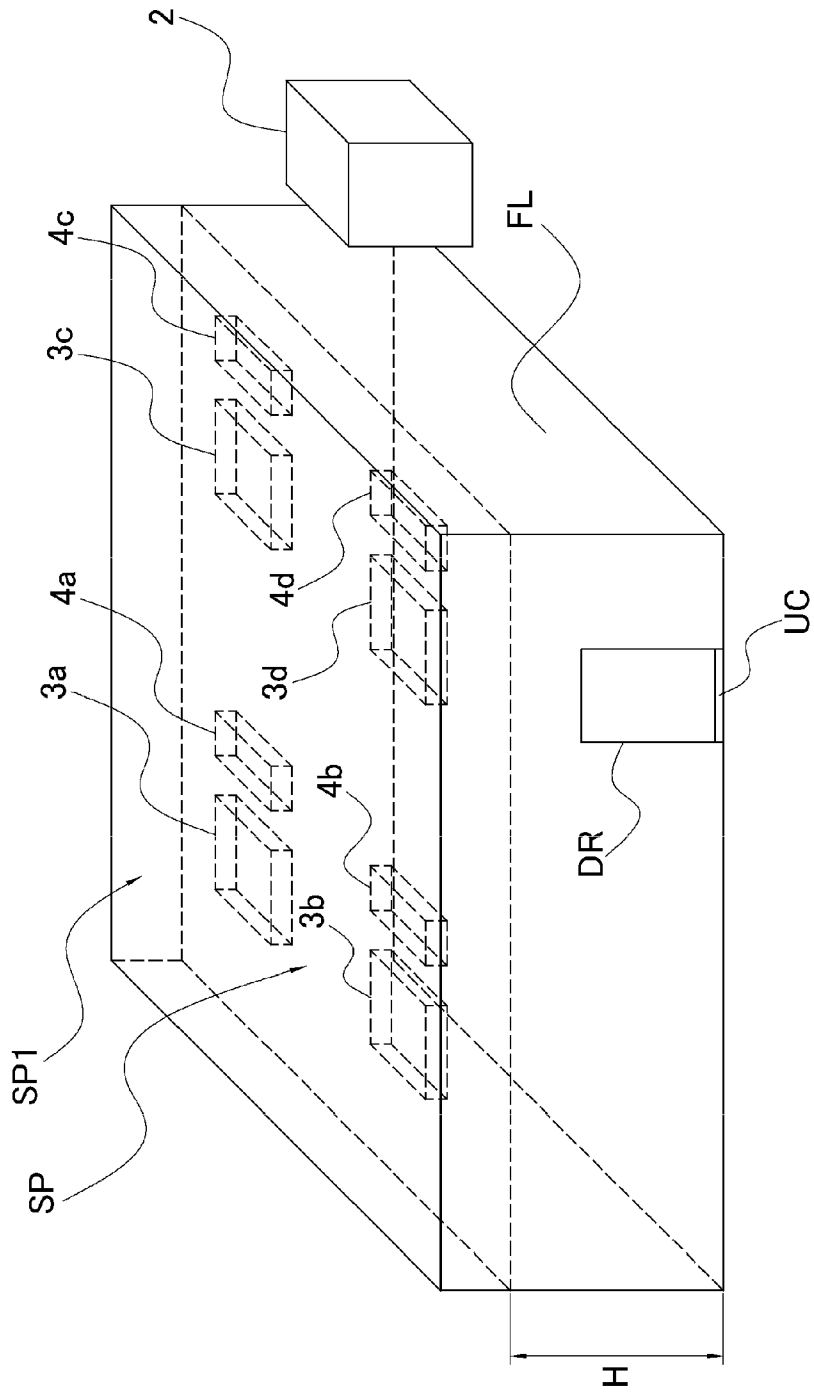


FIG. 3

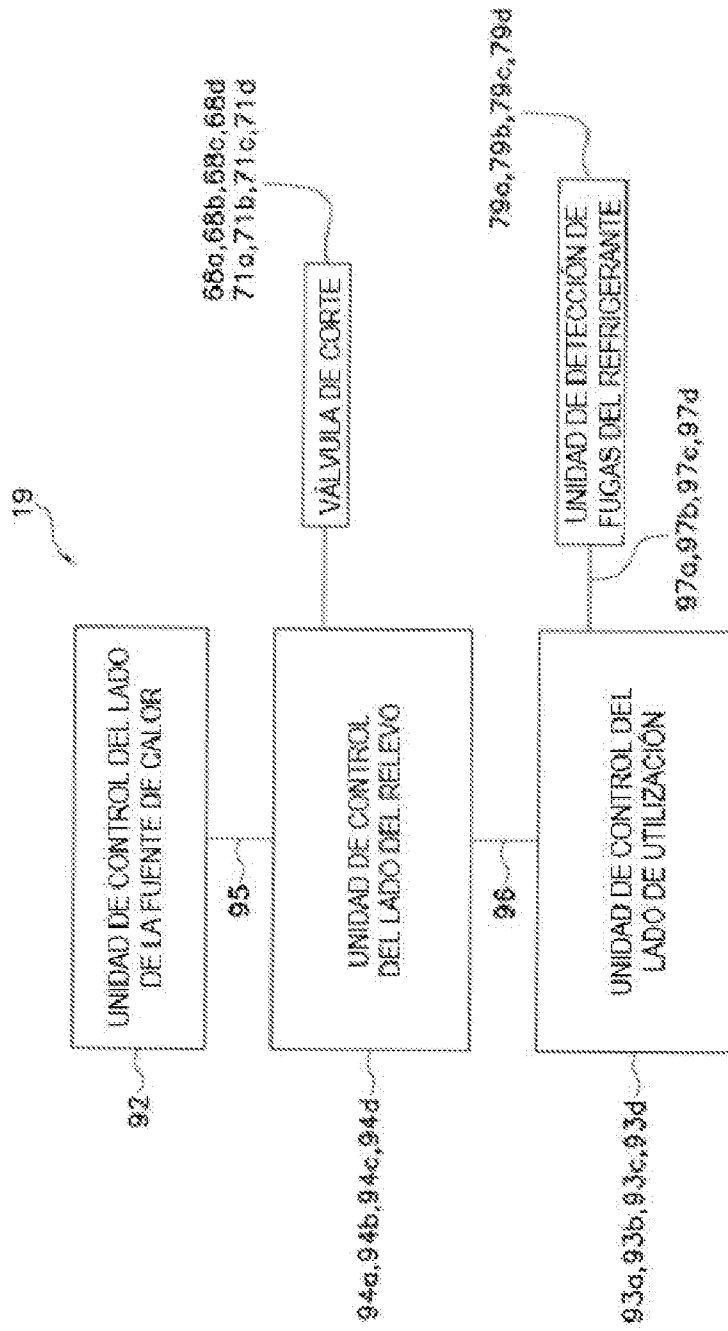


FIG. 4

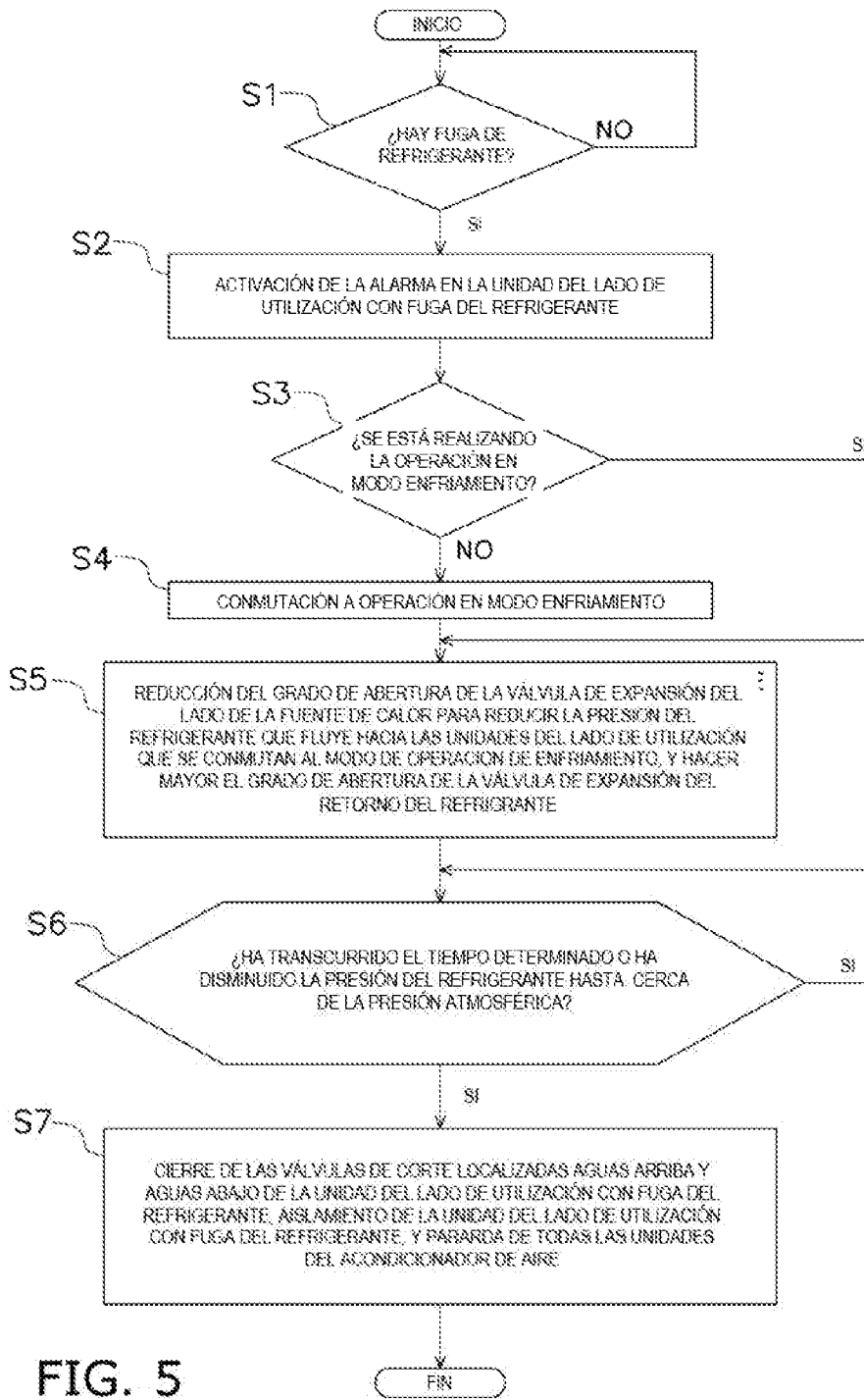


FIG. 5

FUGA DE REFRIGERANTE DESDE LA VÁLVULA DE CORTE (VÁLVULA DE 300 cc/mm Y 1 MPa)

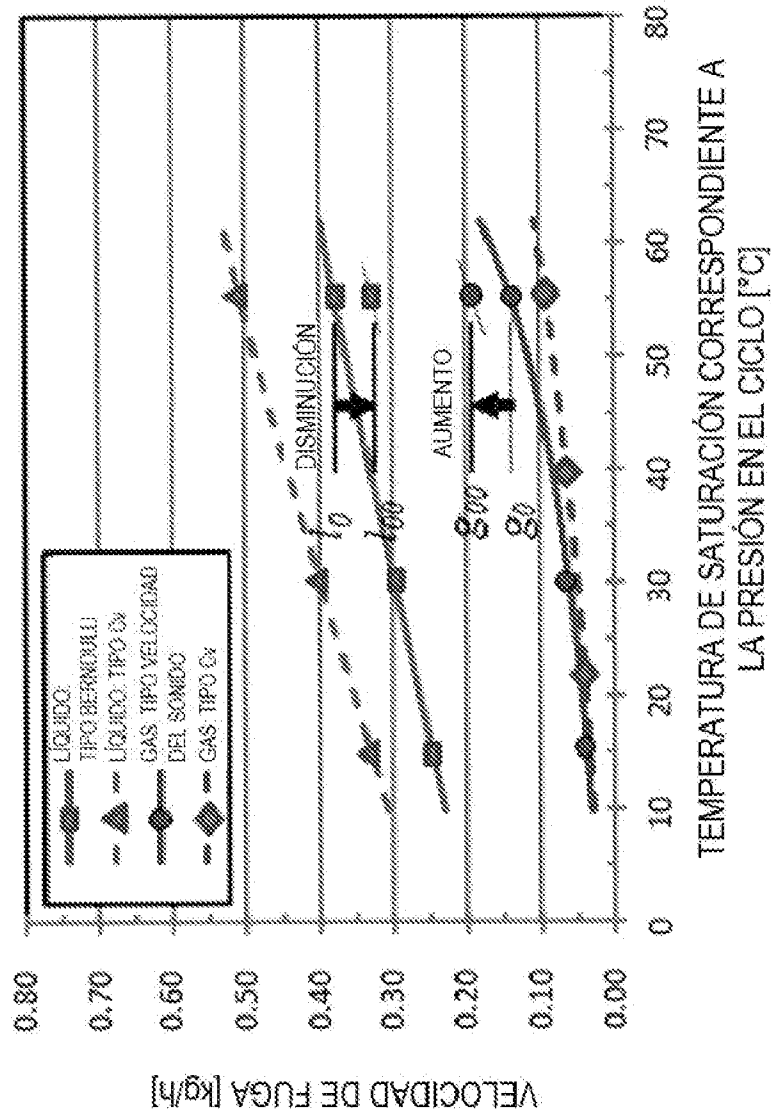


FIG. 6

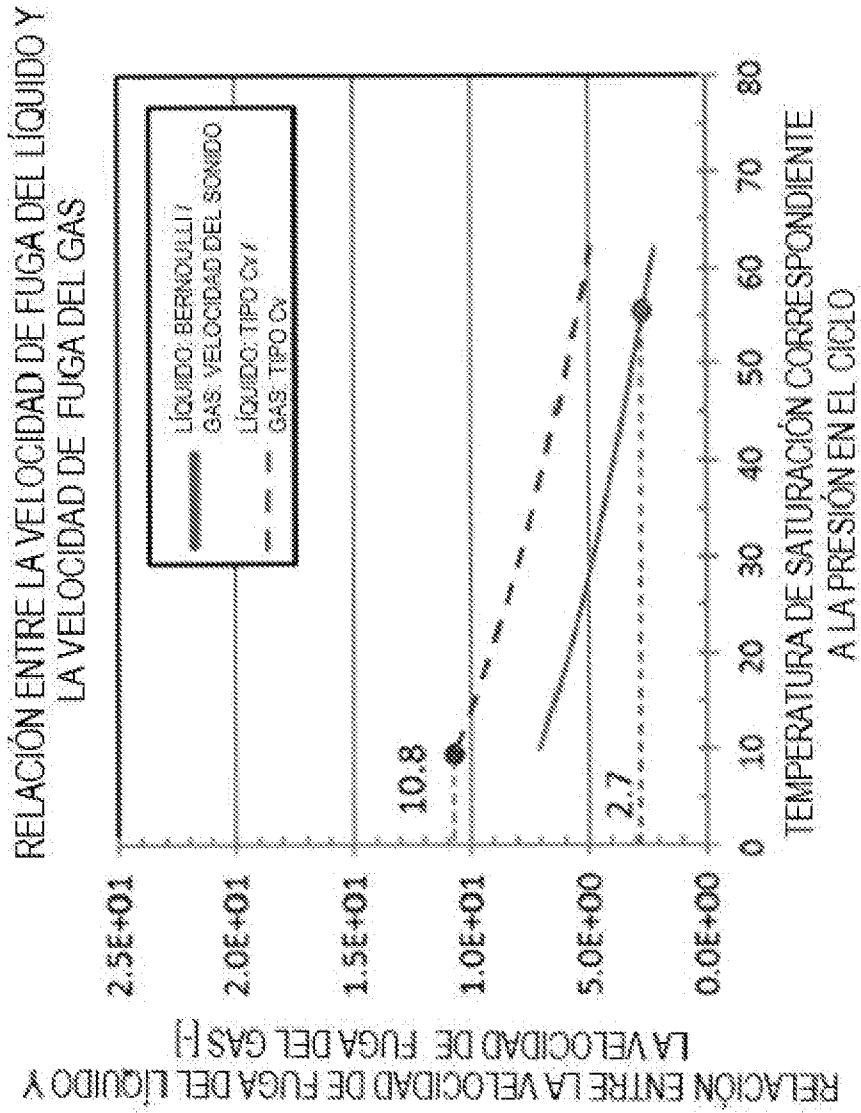


FIG. 7