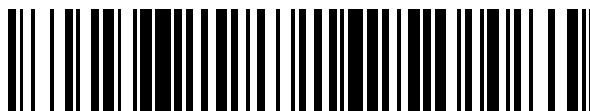


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 024**

51 Int. Cl.:

F25B 49/02	(2006.01)
F25B 1/00	(2006.01)
F25B 40/00	(2006.01)
F25B 9/00	(2006.01)
F25B 1/10	(2006.01)
F25B 5/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2014 PCT/US2014/036131**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2014 WO14179442**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2014 E 14791933 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 2999932**

54 Título: **Sistemas y métodos para control de presión en un sistema de refrigeración por CO₂**

30 Prioridad:

03.05.2013 US 201361819253 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2020

73 Titular/es:

**HILL PHOENIX INC. (100.0%)
1003 Sigman Road
Conyers, Georgia 30013, US**

72 Inventor/es:

**CHRISTENSEN, KIM, G.;
NEWEL, JEFFREY y
BITTNER, JOHN, D.**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 741 024 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

Sistemas y métodos para control de presión en un sistema de refrigeración por CO₂

5 Antecedentes

Esta sección pretende proporcionar un antecedente o contexto de la invención referida en las reivindicaciones. La descripción en el presente documento puede incluir conceptos que podrían aplicarse, pero no necesariamente son aquellos se han concebido o aplicado previamente. Por lo tanto, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, lo que se describe en esta sección no es la técnica anterior a la descripción y a las reivindicaciones en esta aplicación y no se admite que sea técnica anterior mediante inclusión en esta sección.

La presente descripción se refiere generalmente a un sistema de refrigeración que utiliza principalmente dióxido de carbono (es decir, CO₂) como refrigerante. La presente descripción se refiere más concretamente a sistemas y métodos para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ usando una válvula de derivación de gas y un compresor paralelo.

Los sistemas de refrigeración se utilizan a menudo para proporcionar enfriamiento a dispositivos de presentación visual de temperatura controlada (por ejemplo, vitrinas, expositores, etc.) en supermercados y otras instalaciones similares. Los sistemas de refrigeración por compresión de vapor son un tipo de sistema de refrigeración que proporciona dicho enfriamiento mediante la circulación de un refrigerante fluido (por ejemplo, un líquido y/o vapor) a través de un ciclo de compresión de vapor termodinámico. En un ciclo de compresión de vapor, el refrigerante normalmente (1) se comprime a un estado de alta temperatura/presión (por ejemplo, mediante un compresor del sistema de refrigeración), (2) se enfría/condensa a un estado de temperatura más baja (por ejemplo, en un refrigerador o condensador de gas que absorbe calor del refrigerante), (3) se expande a una presión más baja (por ejemplo, a través de una válvula de expansión) y (4) se evapora para proporcionar enfriamiento absorbiendo calor al refrigerante.

Algunos sistemas de refrigeración proporcionan un mecanismo para controlar la presión del refrigerante a medida que se hace circular y/o se almacena dentro del sistema de refrigeración. Por ejemplo, una válvula de alivio de presión puede utilizarse para ventilar o liberar el exceso de vapor refrigerante si la presión dentro del sistema de refrigeración (o un componente del mismo) excede un valor de presión umbral. Sin embargo, los mecanismos de control de presión convencionales pueden ser ineficientes y, a menudo, dar como resultado un desperdicio de energía o un rendimiento del sistema inferior al óptimo.

Un ejemplo de circuito de refrigeración para la circulación de un refrigerante se describe en el documento US 2008/196420. Este documento da a conocer un sistema de regulación de la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ según el preámbulo de la reivindicación 1.

40 Sumario

Una implementación de la presente divulgación es un sistema para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ según la reivindicación 1. El sistema para controlar la presión incluye un sistema de refrigeración por CO₂ que comprende un tanque receptor, un compresor, un refrigerador/condensador de gas; comprendiendo además el sistema un sensor de presión, una válvula de derivación de gas, un compresor paralelo y un controlador. El sensor de presión se configura para medir una presión dentro de un tanque receptor del sistema de refrigeración por CO₂. La válvula de derivación de gas se conecta en comunicación de fluido con una salida del tanque receptor y se dispone en serie con un compresor del sistema de refrigeración por CO₂. El compresor paralelo se conecta en comunicación de fluido con la salida del tanque receptor y se dispone en paralelo tanto con la válvula de derivación de gas como con el compresor del sistema de refrigeración por CO₂. El controlador se configura para recibir una medición de presión del sensor de presión y hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo, en respuesta a la medición de presión, para controlar la presión dentro del tanque receptor.

El controlador se configura además para determinar una presión dentro del tanque receptor basándose en la medición del sensor de presión y comparar la presión dentro del tanque receptor tanto con una primera presión umbral y con una segunda presión umbral. La segunda presión umbral es mayor que la primera presión umbral. El controlador se configura para controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando únicamente la válvula de derivación de gas en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor está entre la primera presión umbral y la segunda presión umbral. El controlador se configura para controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor excede la segunda presión umbral.

En algunas realizaciones, el controlador comprende un módulo de control extensivo configurado para recibir una indicación de un caudal de refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas. El módulo de control extensivo se configura además para recibir la medición de presión del sensor de presión y hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo, en respuesta tanto a la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ como a la medición de la presión. En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo se configura

además para comparar la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ con un valor umbral, indicando el valor umbral un caudal umbral a través de la válvula de derivación de gas, y activar el compresor paralelo en respuesta a la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ que excede al valor umbral. En algunas realizaciones, la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ es una de: una posición de la válvula de derivación de gas, un caudal volumétrico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas, y un caudal másico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas.

En algunas realizaciones, el controlador comprende un módulo de control intensivo configurado para recibir una indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂. Además, el módulo de control intensivo se configura para recibir la medición de presión del sensor de presión y hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo, en respuesta tanto a la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ como a la medición de la presión. En algunas realizaciones, la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ indica una temperatura de refrigerante de CO₂ a la salida de un refrigerador/condensador de gas del sistema de refrigeración CO₂. En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo se configura además para comparar la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ con un valor umbral, indicando el valor umbral una temperatura umbral para el refrigerante de CO₂, y activar el compresor paralelo en respuesta a la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ que excede el valor umbral.

En algunas realizaciones, el controlador se configura además para ajustar la primera presión umbral y la segunda presión umbral en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor excede la segunda presión umbral. En algunas realizaciones, ajustar la primera presión umbral implica aumentar la primera presión umbral a un primer valor de presión umbral ajustado. En algunas realizaciones, ajustar la segunda presión umbral implica disminuir la segunda presión umbral a un segundo valor de presión umbral ajustado inferior al primer valor de presión umbral ajustado.

En algunas realizaciones, después de ajustar la primera presión umbral y la segunda presión umbral, el controlador se configura para controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando solo el compresor paralelo en respuesta a la determinación de que la presión dentro del tanque receptor está entre la primera presión umbral ajustada y la segunda presión umbral ajustada. En algunas realizaciones, el controlador se configura adicionalmente para desactivar el compresor paralelo en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la segunda presión umbral ajustada.

En algunas realizaciones, el controlador se configura adicionalmente para restablecer la primera presión umbral y la segunda presión umbral a valores de presión umbral no ajustados en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la segunda presión umbral ajustada.

Otra implementación de la presente divulgación es un método para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ según la reivindicación 11. El método incluye recibir, en un controlador, una medición que indique una presión dentro de un tanque receptor del sistema de refrigeración por CO₂, hacer funcionar una válvula de derivación de gas dispuesta en serie con un compresor del sistema de refrigeración por CO₂ y hacer funcionar un compresor paralelo dispuesto en paralelo con la válvula de derivación de gas y el compresor del sistema de refrigeración por CO₂. La válvula de derivación de gas y el compresor paralelo se conectan ambos en comunicación de fluido con una salida del tanque receptor. La válvula de derivación de gas y el compresor paralelo se hacen funcionar en respuesta a la medición del sensor de presión para controlar la presión dentro del tanque receptor.

El método incluye determinar una presión dentro del tanque receptor utilizando la medición del sensor y comparar la presión dentro del tanque receptor tanto con una primera presión umbral como con una segunda presión umbral. La segunda presión umbral puede ser superior a la primera presión umbral. En algunas realizaciones, el método incluye controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando únicamente la válvula de derivación de gas en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor está entre la primera presión umbral y la segunda presión umbral. En algunas realizaciones, el método incluye controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor excede la segunda presión umbral.

En algunas realizaciones, el método incluye recibir una indicación de un caudal de refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas y hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo en respuesta tanto a la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ como a la medición del sensor de presión. En algunas realizaciones, el método incluye comparar la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ con un valor umbral, indicando el valor umbral un caudal umbral a través de la válvula de derivación de gas. El compresor paralelo podrá activarse en respuesta a la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ que excede el valor umbral. En algunas realizaciones, la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ es una de: una posición de la válvula de derivación de gas, un caudal volumétrico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas, y un caudal másico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas.

En algunas realizaciones, el método incluye recibir una indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ en una salida de un refrigerador/condensador de gas del sistema de refrigeración CO₂ y hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo en respuesta tanto a la indicación de la temperatura de refrigerante de

CO₂ como a la medición del sensor de presión. En algunas realizaciones, el método incluye comparar la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ con un valor umbral, indicando el valor umbral una temperatura umbral para el refrigerante de CO₂, y activar el compresor paralelo en respuesta a la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ que supera el valor umbral.

5 En algunas realizaciones, el método incluye ajustar la primera presión umbral y la segunda presión umbral en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor excede la segunda presión umbral. En algunas realizaciones, ajustar la primera presión umbral implica aumentar la primera presión umbral a un primer valor de presión umbral ajustado. En algunas realizaciones, ajustar la segunda presión umbral implica disminuir la segunda presión umbral a un segundo valor de presión umbral ajustado inferior al valor de la primera presión umbral ajustada.

10 En algunas realizaciones, el método incluye controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando solo el compresor paralelo en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor que está entre la primera presión umbral ajustada y la segunda presión umbral ajustada. En algunas realizaciones, el método incluye desactivar el compresor paralelo en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la segunda presión umbral ajustada.

15 En algunas realizaciones, el método incluye restablecer la primera presión umbral y la segunda presión umbral a valores de presión umbral no ajustados anteriores en respuesta a una determinación de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la segunda presión umbral ajustada.

20 Los expertos en la técnica apreciarán que el sumario es solo ilustrativo y no pretende ser de ninguna manera limitante. Otros aspectos, características inventivas y ventajas de los dispositivos y/o procesos descritos en el presente documento, definidos únicamente por las reivindicaciones, se volverán evidentes en la descripción detallada expuesta en el presente documento y tomada junto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 es una representación esquemática de un sistema de refrigeración por CO₂ que tiene un circuito de refrigeración por CO₂, un tanque receptor para contener una mezcla de refrigerante de CO₂ líquido y gaseoso, y una válvula de derivación de gas conectada en comunicación de fluido con el tanque receptor para controlar una presión dentro del tanque receptor, según un ejemplo.

30 La figura 2 es una representación esquemática del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 que tiene un compresor paralelo conectado en comunicación de fluido con el tanque receptor y dispuesto en paralelo con otros compresores del sistema de refrigeración por CO₂, sustituyendo el compresor paralelo la válvula de derivación de gas para controlar la presión dentro del tanque receptor, según un ejemplo.

35 La figura 3 es una representación esquemática del sistema de refrigeración CO₂ de la figura 1 que tiene el compresor paralelo de la figura 2, la válvula de derivación de gas de la figura 1 dispuesta en paralelo con el compresor paralelo, y un controlador configurado para proporcionar señales de control al compresor paralelo y válvula de derivación de gas para controlar la presión dentro del tanque receptor utilizando tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo, según una realización a modo de ejemplo.

40 La figura 4 es una representación esquemática del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 3 que tiene un módulo de AA flexible para integrar la refrigeración para cargas de aire acondicionado en la instalación, según una realización a modo de ejemplo.

45 La figura 5 es una representación esquemática del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 3 que tiene otro módulo de AA flexible para integrar el enfriamiento para cargas de aire acondicionado en la instalación, según otra realización a modo de ejemplo.

50 La figura 6 es una representación esquemática del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 3 que tiene todavía otro módulo de AA flexible para integrar la refrigeración para cargas de aire acondicionado en la instalación, según otra realización a modo de ejemplo.

55 La figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra el controlador de la figura 3 en mayor detalle, según una realización a modo de ejemplo.

60 La figura 8 es un diagrama de flujo de un proceso para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ por hacer funcionar tanto una válvula de derivación de gas como un compresor paralelo, según una realización a modo de ejemplo.

65 La figura 9 es un diagrama de flujo de un proceso para hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ basado en una propiedad extensiva del refrigerante de CO₂, según una realización a modo de ejemplo.

La figura 10 es un diagrama de flujo de un proceso para hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ basado en una propiedad intensiva del refrigerante de CO₂, según una realización a modo de ejemplo.

La figura 11 es un diagrama de flujo de otro proceso para hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂, según una realización a modo de ejemplo.

Descripción detallada

Haciendo referencia en general a las figuras, un sistema de refrigeración por CO₂ y componentes del mismo se muestran, según varias realizaciones a modo de ejemplo. El sistema de refrigeración por CO₂ puede ser un sistema de refrigeración por compresión gaseoso que utiliza principalmente dióxido de carbono (es decir, CO₂) como refrigerante. En algunas implementaciones, el sistema de refrigeración por CO₂ puede utilizarse para proporcionar refrigeración para dispositivos de presentación visual de temperatura controlada en un supermercado u otras instalaciones similares.

El sistema de refrigeración por CO₂ incluye un tanque receptor (por ejemplo, un tanque separador, un depósito de refrigerante, etc.) que contiene una mezcla de CO₂ líquido y vapor de CO₂, una válvula de derivación de gas y un compresor paralelo. La válvula de derivación de gas se dispone en serie con uno o más compresores del sistema de refrigeración por CO₂. La válvula de derivación de gas proporciona un mecanismo para controlar la presión del refrigerante de CO₂ dentro del tanque receptor mediante la ventilación del exceso de vapor de CO₂ al lado de succión de los compresores de sistema de refrigeración por CO₂. El compresor paralelo se dispone en paralelo tanto con la válvula de derivación de gas como con otros compresores del sistema de refrigeración por CO₂. El compresor paralelo proporciona un medio alternativo o suplementario para controlar la presión dentro del tanque receptor.

El sistema de refrigeración por CO₂ incluye un controlador para monitorizar y controlar la presión, temperatura y/o flujo del refrigerante de CO₂ en todo el sistema de refrigeración por CO₂. El controlador puede hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo (por ejemplo, según los diversos procesos de control descritos en este documento) para regular eficientemente la presión del refrigerante de CO₂ dentro del tanque receptor. Además, el controlador puede interactuar con otros instrumentos asociados con el sistema de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, dispositivos de medición, dispositivos de temporización, sensores de presión, sensores de temperatura, etc.) y proporcionar señales de control adecuadas a una variedad de componentes funcionales del sistema de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, compresores, válvulas, fuentes de alimentación, desviadores de flujo, etc.) para regular la presión, temperatura y/o el flujo en otros lugares dentro del sistema de refrigeración por CO₂. Ventajosamente, el controlador puede utilizarse para facilitar el funcionamiento eficiente del sistema de refrigeración por CO₂, reducir el consumo de energía y mejorar el rendimiento del sistema.

En algunos ejemplos, el sistema de refrigeración por CO₂ puede incluir uno o más módulos de acondicionamiento de aire flexibles (es decir, "módulos de AA"). Los módulos de AA pueden utilizarse para integrar cargas de acondicionamiento de aire (es decir, "cargas de AA") u otras cargas asociadas a la refrigeración de una instalación en la que se implementa el sistema de refrigeración por CO₂. Los módulos de AA pueden ser deseables cuando la instalación se encuentra en climas más cálidos, o lugares que tienen variaciones de temperatura diarias o estacionales que hacen que sea deseable el acondicionamiento de aire dentro de la instalación. Los módulos de AA flexibles son "flexibles" en el sentido de que pueden tener cualquiera de una amplia variedad de capacidades variando el tamaño, la capacidad y el número de intercambiadores de calor y/o compresores proporcionados en los módulos de AA. De manera ventajosa, los módulos de AA pueden mejorar o aumentar la eficiencia de los sistemas (por ejemplo, el sistema de refrigeración por CO₂, el sistema de AA, el sistema combinado, etc.) mediante los efectos sinérgicos de combinar la fuente de enfriamiento para ambos sistemas en una disposición de compresión paralela.

Antes de comentar más detalles sobre el sistema de refrigeración por CO₂ y/o los componentes del mismo, debe tenerse en cuenta que las referencias "frontal", "posterior", "trasero", "ascendente", "descendente", "interior", "exterior", "derecho" e "izquierdo" en esta descripción se utilizan simplemente para identificar los diversos elementos tal como están orientados en las figuras. Estos términos no pretenden limitar el elemento que describen, ya que los diversos elementos pueden orientarse de manera diferente en diversas aplicaciones.

Cabe señalar además que, para los propósitos de esta divulgación, el término "acoplado" significa la unión de dos miembros de manera directa o indirecta entre sí. Dicha unión puede ser de naturaleza estacionaria o de naturaleza móvil y/o tal unión puede permitir el flujo de fluidos, la transmisión de fuerzas, señales eléctricas u otros tipos de señales o la comunicación entre los dos miembros. Dicha unión podrá lograrse con los dos miembros o los dos miembros y miembros intermedios adicionales cualesquiera formados de manera solidaria como un único cuerpo unitario entre sí o con los dos miembros o los dos miembros y otros miembros intermedios cualesquiera que estén vinculados entre sí. Dicha unión puede ser de naturaleza permanente o, alternativamente, puede ser de naturaleza extraíble o liberable.

Haciendo referencia ahora a la figura 1, un sistema de refrigeración por CO₂ 100 se muestra según un ejemplo. El sistema de refrigeración por CO₂ 100 puede ser un sistema de refrigeración por compresión gaseoso que utiliza principalmente dióxido de carbono como refrigerante. El sistema de refrigeración por CO₂ 100 se muestra que incluye un sistema de tuberías, conductos u otros canales de fluidos (por ejemplo, conductos de fluidos 1, 3, 5, 7 y 9) para transportar el dióxido de carbono entre diversos componentes termodinámicos del sistema de refrigeración. Se ha demostrado que los componentes termodinámicos del sistema de refrigeración por CO₂ 100 incluyen un refrigerador/condensador de gas 2, una válvula de alta presión 4, un tanque receptor 6, una válvula de derivación de gas 8, una porción 10 del sistema de temperatura media ("TM") y una porción de sistema de temperatura baja ("TB") 20.

El refrigerador/condensador de gas 2 puede ser un intercambiador de calor u otro dispositivo similar para eliminar el calor del refrigerante de CO₂. El refrigerador/condensador de gas 2 se muestra recibiendo vapor de CO₂ del conducto de fluido 1. En algunos ejemplos, el vapor de CO₂ en el conducto de fluido 1 puede tener una presión dentro de un intervalo desde aproximadamente 4,5 MPa (45 bares) hasta aproximadamente 10 MPa (100 bares, es decir, alrededor de 640 psig a aproximadamente 1420 psig), dependiendo de la temperatura ambiente y otras condiciones de funcionamiento. En algunos ejemplos, el refrigerador/condensador de gas 2 puede condensar parcial o totalmente el vapor de CO₂ en CO₂ líquido (por ejemplo, si el funcionamiento del sistema está en una región subcrítica). El proceso de condensación puede dar como resultado un líquido de CO₂ totalmente saturado o una mezcla líquido-vapor (por ejemplo, que tiene una calidad termodinámica entre 0 y 1). En otros ejemplos, el refrigerador/condensador de gas 2 puede enfriar el vapor de CO₂ (por ejemplo, eliminando el sobrecalentamiento) sin condensar el vapor de CO₂ en CO₂ líquido (por ejemplo, si el funcionamiento del sistema está en una región supercrítica). En algunos ejemplos, el proceso de enfriamiento/condensación es un proceso isobárico. El refrigerador/condensador de gas 2 se muestra enviando del refrigerante de CO₂ refrigerado y/o condensado al interior del conducto de fluido 3.

La válvula de alta presión 4 recibe el refrigerante de CO₂ refrigerado y/o condensado del conducto de fluido 3 y envía el refrigerante de CO₂ al conducto de fluido 5. La válvula de alta presión 4 puede controlar la presión del refrigerante de CO₂ en el refrigerador/condensador de gas 2 mediante el control de una cantidad de refrigerante de CO₂ permitida para pasar a través de la válvula de alta presión 4. En algunos ejemplos, la válvula de alta presión 4 es una válvula de expansión térmica de alta presión (por ejemplo, si la presión en el conducto de fluido 3 es mayor que la presión en el conducto de fluido 5). En tales realizaciones, la válvula de alta presión 4 puede permitir que el refrigerante de CO₂ se expanda a un estado de presión más baja. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isentrópico y/o adiabático, lo que da como resultado una evaporación por vacío del refrigerante de CO₂ de alta presión a un estado de presión más baja y temperatura más baja. El proceso de expansión puede producir una mezcla líquida/gaseosa (por ejemplo, que tiene una calidad termodinámica entre 0 y 1). En algunas realizaciones, el refrigerante de CO₂ se expande a una presión de aproximadamente 3,8 MPa (38 bares, por ejemplo, aproximadamente 540 psig), que corresponde a una temperatura de aproximadamente 2,8 °C (37 °F). A continuación, el refrigerante de CO₂ fluye desde el conducto de fluido 5 al interior del tanque receptor 6.

El tanque receptor 6 recoge el refrigerante de CO₂ del conducto de fluido 5. En algunos ejemplos, el tanque receptor 6 puede ser un tanque separador u otro depósito de fluido. El tanque receptor 6 incluye una parte líquida de CO₂ y una parte de vapor de CO₂ y puede contener una mezcla parcialmente saturada de CO₂ líquido y vapor de CO₂. En algunos ejemplos, el tanque receptor 6 separa el CO₂ líquido del vapor de CO₂. El líquido de CO₂ puede salir del tanque receptor 6 a través de conductos de fluido 9. Los conductos de fluido 9 pueden ser líneas de líquido que conducen o bien a la parte 10 del sistema de TM o a la parte 20 del sistema de TB. El vapor de CO₂ puede salir del tanque receptor 6 a través del conducto de fluido 7. El conducto de fluido 7 se muestra conduciendo el vapor de CO₂ a la válvula de derivación de gas 8.

La válvula de derivación de gas 8 se muestra recibiendo el vapor de CO₂ del conducto 7 y enviando el refrigerante de CO₂ a la parte de sistema de TM 10. En algunos ejemplos, la válvula de derivación de gas 8 puede hacerse funcionar para regular o controlar la presión dentro del tanque receptor 6 (por ejemplo, ajustando una cantidad de refrigerante de CO₂ permitida para pasar a través de la válvula de derivación de gas 8). Por ejemplo, la válvula de derivación de gas 8 puede ajustarse (por ejemplo, abierta o cerrada variablemente) para ajustar el caudal másico, el caudal volumétrico u otros caudales del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8. La válvula de derivación de gas 8 puede abrirse y cerrarse (por ejemplo, de manera manual, automática, por un controlador, etc.) según sea necesario para regular la presión dentro del tanque receptor 6.

En algunos ejemplos, la válvula de derivación de gas 8 incluye un sensor para medir un caudal (por ejemplo, caudal másico, caudal volumétrico, etc.) del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8. En otras realizaciones, la válvula de derivación de gas 8 incluye un indicador (por ejemplo, una galga extensiométrica, un dial, etc.) a partir del cual puede determinarse la posición de la válvula de derivación de gas 8. Esta posición puede utilizarse para determinar el caudal del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8, ya que tales cantidades pueden ser proporcionales o estar relacionadas de otro modo.

En algunos ejemplos, la válvula de derivación de gas 8 puede ser una válvula de expansión térmica (por ejemplo, si la presión en el lado aguas abajo de la válvula de derivación de gas 8 es inferior a la presión en el conducto de fluido 7). Según un ejemplo, la presión dentro del tanque receptor 6 se regula por la válvula de derivación de gas 8 hasta

una presión de aproximadamente 3,8 MPa (38 bares), que corresponde a aproximadamente 2,8 °C (37 °F). Ventajosamente, este estado de presión/temperatura (es decir, aproximadamente 3,8 MPa (38 bares), aproximadamente 2,8 °C (37 °F)) puede facilitar el uso de tubos/tuberías de cobre para las líneas de CO₂ aguas abajo del sistema. Además, este estado de presión/temperatura puede permitir a tales tubos de cobre funcionar de una manera sustancialmente libre de heladas.

Todavía haciendo referencia a la figura 1, la parte de sistema de TM 10 se muestra que incluye una o más válvulas de expansión 11, uno o más evaporadores de TM 12, y uno o más compresores de TM 14. En varios ejemplos, puede estar presente cualquier número de válvulas de expansión 11, evaporadores de TM 12 y compresores de TM 14. Las válvulas de expansión 11 pueden ser válvulas de expansión electrónicas u otras válvulas de expansión similares. Las válvulas de expansión 11 se muestran recibiendo líquido refrigerante de CO₂ del conducto de fluido 9 y enviando el refrigerante de CO₂ a los evaporadores de TM 12. Las válvulas de expansión 11 pueden provocar que el refrigerante de CO₂ experimente una rápida caída de la presión, expandiendo de ese modo el refrigerante de CO₂ a una presión más baja y un estado de temperatura más baja. En algunos ejemplos, las válvulas de expansión 11 pueden expandir el refrigerante de CO₂ hasta una presión de aproximadamente 3,0 MPa (30bar). El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isentálpica y/o adiabática.

Los evaporadores de TM 12 se muestran recibiendo el refrigerante de CO₂ enfriado y expandido de las válvulas de expansión 11. En algunos ejemplos, los evaporadores de TM pueden asociarse con vitrinas o dispositivos de presentación visual (por ejemplo, si se implementa sistema de refrigeración por CO₂ 100 en un supermercado). Los evaporadores de TM 12 pueden configurarse para facilitar la transferencia de calor desde las vitrinas o dispositivos de presentación visual al refrigerante de CO₂. El calor añadido puede provocar que el refrigerante de CO₂ se evapore parcial o completamente. Según un ejemplo, el refrigerante de CO₂ se evapora completamente en los evaporadores de TM 12. En algunos ejemplos, el proceso de evaporación puede ser un proceso isobárico. Los evaporadores de TM 12 se muestran enviando el refrigerante de CO₂ a través de conductos de fluido 13, conduciendo a compresores de TM 14.

Los compresores de TM 14 comprimen el refrigerante de CO₂ en un gas sobrecalentado que tiene una presión dentro de un intervalo desde aproximadamente 4,5 MPa (45 bares) hasta aproximadamente 10 MPa (100 bares). La presión de salida de los compresores de TM 14 puede variar en función de la temperatura ambiente y de otras condiciones de funcionamiento. En algunos ejemplos, los compresores de TM 14 funcionan en modo transcrito. En funcionamiento, el gas de descarga de CO₂ sale de los compresores de TM 14 y fluye a través del conducto de fluido 1 hacia el refrigerador/condensador 2 de gas.

Todavía haciendo referencia la figura 1, se muestra que la parte de sistema de TB 20 incluye una o más válvulas de expansión 21, uno o más evaporadores de TB 22, y uno o más compresores de TB 24. En varios ejemplos, puede estar presente cualquier número de válvulas de expansión 21, evaporadores de TB 22 y compresores de TB 24. En algunos ejemplos, la parte de sistema de TB 20 puede omitirse y el sistema de refrigeración por CO₂ 100 puede funcionar con un módulo de AA que se interconecta solo con el sistema de TM 10.

Las válvulas de expansión 21 pueden ser válvulas de expansión electrónicas u otras válvulas de expansión similares. Las válvulas de expansión 21 se muestran recibiendo líquido refrigerante de CO₂ del conducto de fluido 9 y enviando el refrigerante de CO₂ a los evaporadores de TB 22. Las válvulas de expansión 21 pueden provocar que el refrigerante de CO₂ experimente una rápida caída de la presión, expandiendo así el refrigerante de CO₂ a una presión más baja y un estado de temperatura más baja. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isentálpico y/o adiabático. En algunos ejemplos, las válvulas de expansión 21 pueden expandir el refrigerante de CO₂ a una presión más baja que las válvulas de expansión 11, lo que da como resultado una temperatura más baja de refrigerante de CO₂. En consecuencia, la parte de sistema de TB 20 puede utilizarse junto con un sistema de congelación u otras vitrinas de presentación visual de temperatura más baja.

Los evaporadores de TB 22 se muestran recibiendo el refrigerante de CO₂ enfriado y expandido de las válvulas de expansión 21. En algunos ejemplos, los evaporadores de TB pueden asociarse con vitrinas o dispositivos de presentación visual (por ejemplo, si se implementa el sistema de refrigeración por CO₂ 100 en un supermercado). Los evaporadores de TB 22 pueden configurarse para facilitar la transferencia de calor de las vitrinas o dispositivos de presentación visual al refrigerante de CO₂. El calor añadido puede provocar que el refrigerante de CO₂ se evapore parcial o completamente. En algunos ejemplos, el proceso de evaporación puede ser un proceso isobárico. Los evaporadores de TB 22 se muestran enviando el refrigerante de CO₂ a través del conducto de fluido 23, conductora a los compresores de TB 24.

Los compresores de TB 24 comprimen el refrigerante de CO₂. En algunos ejemplos, los compresores de TB 24 pueden comprimir el refrigerante de CO₂ a una presión de aproximadamente 3,0 MPa (30 bares, por ejemplo, aproximadamente 425 psig) que tiene una temperatura de saturación de aproximadamente -5 °C (por ejemplo, aproximadamente 23 °F). Los compresores de TB 24 se muestran enviando el refrigerante de CO₂ a través del conducto de fluido 25. El conducto de fluido 25 puede conectarse en comunicación de fluido con el lado de succión (por ejemplo, aguas arriba) de los compresores de TM 14.

En algunos ejemplos, el vapor de CO₂ que se deriva a través de la válvula de derivación de gas 8 se mezcla con el gas refrigerante de CO₂ que sale de los evaporadores de TM 12 (por ejemplo, a través del conducto de fluido 13). El vapor de CO₂ derivado también puede mezclarse con el gas refrigerante de CO₂ de descarga que sale de los compresores de TB 24 (por ejemplo, a través del conducto de fluido 25). El gas refrigerante de CO₂ combinado puede suministrarse al lado de succión de los compresores de TM 14.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, se muestra el sistema de refrigeración por CO₂ 100, según otro ejemplo. El ejemplo ilustrado en la figura 2 incluye muchos de los mismos componentes descritos anteriormente con referencia a la figura 1. Por ejemplo, se muestra que el ejemplo mostrado en la figura 2 incluye el refrigerador/condensador de gas 2, la válvula de alta presión 4, el tanque receptor 6, la parte de sistema de TM 10, y la parte de sistema de TB 20. Sin embargo, el ejemplo que se muestra en la figura 2 difiere del ejemplo que se muestra en la figura 1 en que la válvula de derivación de gas 8 se ha retirado y sustituido por un compresor paralelo 36.

El compresor paralelo 36 puede disponerse en paralelo con otros compresores del sistema de refrigeración por CO₂ 100 (por ejemplo, compresores de TM 14, compresores de TB 24, etc.). Aunque solo se muestra un compresor paralelo 36, puede presentarse cualquier número de compresores paralelos. El compresor paralelo 36 puede conectarse en comunicación de fluido con el tanque receptor 6 y/o el conducto de fluido 7 a través de una línea de conexión 40. El compresor paralelo 36 puede utilizarse para extraer el vapor de CO₂ sin condensar del tanque receptor 6 como medio de control y regulación de la presión. De manera ventajosa, utilizar el compresor paralelo 36 para efectuar el control y la regulación de la presión puede proporcionar una alternativa más eficiente a las técnicas tradicionales de regulación de la presión, como derivar el vapor de CO₂ a través de la válvula de derivación 8 al lado de succión de presión más baja de los compresores de TM 14.

En algunas realizaciones, el compresor paralelo 36 puede hacerse funcionar (por ejemplo, por un controlador) para lograr una presión deseada dentro del tanque receptor 6. Por ejemplo, el controlador puede recibir mediciones de presión de un sensor de presión que monitoriza la presión dentro del tanque receptor 6 y activar o desactivar el compresor paralelo 36 basándose en las mediciones de presión. Cuando está activo, el compresor paralelo 36 comprime el vapor de CO₂ recibido a través de la línea de conexión 40 y descarga el vapor comprimido en la línea de conexión 42. La línea de conexión 42 puede conectarse en comunicación de fluido con el conducto de fluido 1. En consecuencia, el compresor paralelo 36 puede funcionar en paralelo con los compresores de TM 14 descargando el vapor de CO₂ comprimido en un conducto de fluido compartido (por ejemplo, conducto de fluido 1).

Haciendo referencia ahora a la figura 3, se muestra sistema de refrigeración por CO₂ 100, según una realización a modo de ejemplo. Se muestra que la realización ilustrada en la figura 3 incluye todos los mismos componentes descritos anteriormente con referencia a la figura 1. Por ejemplo, la realización que se muestra en la figura 3 incluye refrigerador/condensador de gas 2, válvula de alta presión 4, tanque receptor 6, válvula de derivación de gas 8, parte de sistema de TM 10, y parte de sistema de TB 20. Además, se muestra que la realización ilustrada en la figura 3 incluye el compresor paralelo 36, la línea de conexión 40, y la línea de conexión 42, tal como se describe con referencia a la figura 2.

Tal como se ilustra en la figura 3, la válvula de derivación de gas 8 puede disponerse en serie con los compresores de TM 14. En otras palabras, el vapor de CO₂ del tanque receptor 6 puede pasar a través tanto de la válvula de derivación de gas 8 como de los compresores de TM 14. Los compresores de TM 14 pueden comprimir el vapor de CO₂ que pasa a través de la válvula de derivación de gas 8 desde un estado de baja presión (por ejemplo, aproximadamente 30 bares o menos) hasta un estado de alta presión (por ejemplo, 45-100 bares). En algunas realizaciones, la presión inmediatamente aguas abajo de la válvula de derivación de gas 8 (es decir, en el conducto de fluido 13) es inferior a la presión inmediatamente aguas arriba de la válvula de derivación de gas 8 (es decir, en el conducto de fluido 7). Por lo tanto, el vapor de CO₂ que pasa a través de la válvula de derivación de gas 8 y los compresores de TM 14 pueden expandirse (por ejemplo, al pasar a través de la válvula de derivación de gas 8) y posteriormente recomprimirse (por ejemplo, por los compresores de TM 14). Esta expansión y recompresión puede ocurrir sin transferencias intermedias de calor hacia o desde el refrigerante de CO₂, lo que puede caracterizarse como un uso ineficiente de energía.

El compresor paralelo 36 puede disponerse en paralelo tanto con la válvula de derivación de gas 8 y como con los compresores de TM 14. En otras palabras, el vapor de CO₂ que sale del tanque receptor 6 puede pasar a través o bien del compresor paralelo 36 o de la combinación en serie de las válvulas de derivación de gas 8 y los compresores de TM 14. El compresor paralelo 36 puede recibir el vapor de CO₂ a una presión relativamente mayor (por ejemplo, del conducto de fluido 7) que el vapor de CO₂ recibido por los compresores de TM 14 (por ejemplo, del conducto de fluido 13). Este diferencial de presión puede corresponder al diferencial de presión a través de la válvula de derivación de gas 8. En algunas realizaciones, el compresor paralelo 36 puede requerir menos energía para comprimir una cantidad equivalente de vapor de CO₂ al estado de alta presión (por ejemplo, en el conducto de fluido 1) como resultado de la presión más alta de vapor de CO₂ que entra en el compresor paralelo 36. Por lo tanto, la ruta paralela que incluye el compresor paralelo 36 puede ser una alternativa más eficiente a la ruta, incluyendo la válvula de derivación de gas 8 y los compresores de TM 14.

Todavía haciendo referencia a la figura 3, el sistema de refrigeración por CO₂ 100 incluye un controlador 106. El controlador 106 puede recibir señales de datos electrónicos de diversos instrumentos o dispositivos dentro del sistema de refrigeración por CO₂ 100. Por ejemplo, el controlador 106 puede recibir ingreso de datos de dispositivos de temporización, dispositivos de medición (por ejemplo, sensores de presión, sensores de temperatura, sensores de flujo, etc.) y dispositivos de entrada de usuario (por ejemplo, un terminal de usuario, una interfaz de usuario remota o local, etc.). El controlador 106 puede utilizar la entrada para determinar las acciones de control adecuadas para uno o más dispositivos del sistema de refrigeración por CO₂ 100. Por ejemplo, el controlador 106 puede proporcionar señales de salida a componentes funcionales (por ejemplo, válvulas, fuentes de alimentación, desviadores de flujo, compresores, etc.) para controlar un estado o condición (por ejemplo, temperatura, presión, caudal, consumo de energía, etc.) del sistema 100.

En algunas realizaciones, el controlador 106 puede configurarse para hacer funcionar la válvula de derivación de gas 8 y/o el compresor paralelo 36 para mantener la presión de CO₂ dentro del tanque receptor en un punto de ajuste deseado o dentro de un intervalo deseado. En algunas realizaciones, el controlador 106 puede regular o controlar la presión del refrigerante de CO₂ dentro del refrigerador/condensador de gas 2 haciendo funcionar la válvula de alta presión 4. Ventajosamente, el controlador 106 puede hacer funcionar la válvula de alta presión 4 en coordinación con la válvula de derivación de gas 8 y/u otros componentes funcionales del sistema 100 para facilitar la funcionalidad de control mejorada y mantener un equilibrio adecuado de las presiones de CO₂, temperaturas, caudales u otras cantidades (por ejemplo, medidos o calculados) en diversos lugares del sistema 100 (por ejemplo, en los conductos de fluido 1, 3, 5, 7, 9, 13 o 25, en el refrigerador/condensador de gas 2, en el tanque receptor 6, en las líneas de conexión 40 y 42, etc.). El controlador 106 y varios procesos de control a modo de ejemplo se describen con mayor detalle con referencia a las figuras 7 a 11.

Haciendo referencia ahora a las figuras 4-6, en algunas realizaciones, el sistema de refrigeración por CO₂ 100 incluye un módulo integrado de aire acondicionado (AA) 30, 130 o 230. Haciendo referencia específicamente a la figura 4, se muestra que el módulo de AA 30 incluye un evaporador de AA 32 (por ejemplo, un enfriador de líquidos, una unidad de ventiloincubador, un intercambiador de calor, etc.), un dispositivo de expansión 34 (por ejemplo, una válvula de expansión electrónica) y al menos un compresor de AA 36. En algunas realizaciones, el módulo de AA flexible 30 incluye además un intercambiador de calor de línea de succión 37 y un acumulador de líquidos de CO₂ 39. El tamaño y la capacidad del módulo de AA 30 pueden variarse para adaptarse a cualquier carga o aplicación prevista variando el número y/o el tamaño de evaporadores, intercambiadores de calor y/o compresores dentro del módulo de AA 30.

Ventajosamente, el módulo de AA 30 puede conectarse fácilmente al sistema de refrigeración por CO₂ 100 utilizando un número relativamente pequeño (por ejemplo, un número mínimo) de puntos de conexión. Según una realización a modo de ejemplo, el módulo de AA 30 puede conectarse al sistema de refrigeración por CO₂ 100 en tres puntos de conexión: una conexión de línea de CO₂ líquida de alta presión 38, una conexión (derivación de gas) de línea de vapor de CO₂ de menor presión 40, y una línea de descarga de CO₂ 42 (al refrigerador/condensador de gas 2). Cada una de las conexiones 38, 40 y 42 puede facilitarse fácilmente utilizando mangueras flexibles, accesorios de desconexión rápida, válvulas altamente compatibles y otros componentes de hardware de "conexión y uso inmediato" convenientes. En algunas realizaciones, algunas o todas las conexiones 38, 40, y 42 pueden disponerse para aprovechar la diferencia de presiones entre refrigerador/condensador de gas 2 y el tanque receptor 6.

Tal como se muestra en la figura 4, cuando el módulo de AA 30 se instala en sistema de refrigeración por CO₂ 100, el compresor de AA 36 puede funcionar en paralelo con los compresores de TM 14. Por ejemplo, una parte del refrigerante de CO₂ a alta presión descargado del refrigerador/condensador de gas 2 (por ejemplo, en el conducto de fluido 3) puede dirigirse a través de la conexión de línea líquida de CO₂ 38 y a través del dispositivo de expansión 34. El dispositivo de expansión 34 puede permitir que el refrigerante de CO₂ a alta presión expanda un estado de temperatura más baja y de presión más baja. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isentálpico y/o adiabático. A continuación, el refrigerante de CO₂ expandido puede dirigirse al evaporador de AA 32. En algunas realizaciones, el dispositivo de expansión 34 ajusta la cantidad de CO₂ proporcionada al evaporador de AA 32 para mantener una temperatura de sobrecalentamiento deseada en (o cerca de) la salida del evaporador de AA 32. Después de pasar por el evaporador de AA 32, el refrigerante de CO₂ puede dirigirse a través del intercambiador de calor de la línea de succión 37 y del acumulador de líquido CO₂ 39 hacia el lado de succión (es decir, aguas arriba) del compresor de AA 36.

En algunas realizaciones, el evaporador de AA 32 actúa como un enfriador para proporcionar una fuente de refrigeración (por ejemplo, refrigeración de zonas de construcción, refrigeración de aire ambiente, etc.) para la instalación en la que se implementa el sistema de refrigeración por CO₂ 100. En algunas realizaciones, el evaporador de AA 32 absorbe el calor de un refrigerante de AA que circula a las cargas de AA en la instalación. En otras realizaciones, el evaporador de AA 32 puede utilizarse para proporcionar refrigeración directamente al aire en la instalación.

Según una realización a modo de ejemplo, el evaporador de AA 32 se hace funcionar para mantener una temperatura de refrigerante de CO₂ de aproximadamente 2.8 °C 37 °F (por ejemplo, que corresponde a una presión de aproximadamente 3,8 MPa (38 bares). El evaporador de AA 32 podrá mantener esta temperatura y/o presión en una entrada del evaporador de AA 32, una salida del evaporador de AA 32, o en otro lugar dentro del módulo de AA 30.

En otras realizaciones, el dispositivo de expansión 34 puede mantener una temperatura de refrigerante de CO₂ deseada. La temperatura de refrigerante de CO₂ mantenida por el evaporador de AA 32 o el dispositivo de expansión 34 (por ejemplo, aproximadamente 2,8 °C) puede ser adecuada en la mayoría de las aplicaciones para enfriar un suministro de elemento de refrigeración de AA (por ejemplo, agua, glicol u otro elemento de refrigeración de AA que expulsa el calor al refrigerante de CO₂). El elemento de refrigeración de AA puede enfriarse a una temperatura de aproximadamente 7,2 °C (45 °F) u otra temperatura deseable para aplicaciones de refrigeración de AA en muchos tipos de instalaciones.

Ventajosamente, la integración del módulo de AA 30 con sistema de refrigeración por CO₂ 100 puede aumentar la eficiencia del sistema de refrigeración por CO₂ 100. Por ejemplo, durante los períodos más cálidos (por ejemplo, meses de verano, mediodía, etc.) la presión del refrigerante de CO₂ dentro del refrigerador/condensador de gas 2 tiende a aumentar. Tales períodos más cálidos también pueden resultar en una mayor carga de refrigeración de AA necesaria para enfriar la instalación. Mediante la integración del módulo de AA 30 con el sistema de refrigeración 100, la capacidad adicional de CO₂ (por ejemplo, la presión más alta en el refrigerador/condensador de gas 2) puede utilizarse ventajosamente para proporcionar refrigeración a la instalación. Los efectos duales de las temperaturas ambientales más cálidas (por ejemplo, una presión más alta de refrigerante de CO₂ y un aumento de la necesidad de carga de refrigeración) pueden ambos abordarse y resolverse de manera eficiente y sinérgica integrando el módulo de AA 30 con el sistema de refrigeración por CO₂ 100.

Además, el módulo de AA 30 se puede utilizar para regular de manera más eficiente la presión de CO₂ en el tanque receptor 6. Tal regulación de la presión puede lograrse extrayendo el vapor de CO₂ directamente del tanque receptor 6, evitando (o minimizando) de ese modo la necesidad de desviar el vapor de CO₂ del tanque receptor 6 al lado de succión de menor presión de los compresores de TM 14 (por ejemplo, a través de la válvula de derivación de gas 8). Cuando el módulo de AA 30 se integra con el sistema de refrigeración por CO₂ 100, el vapor de CO₂ del tanque receptor 6 se proporciona a través de la conexión de línea vapor de CO₂ 40 al lado aguas abajo del evaporador de AA 32 y el lado de succión del compresor de AA 36. Tal integración puede establecer una trayectoria alternativa (o suplementaria) para desviar el vapor de CO₂ del tanque receptor 6, según sea necesario mantener la presión deseada (por ejemplo, aproximadamente 3,8 MPa (38 bares)) dentro del tanque receptor 6.

En algunas realizaciones, el módulo de AA 30 extrae su suministro de refrigerante de CO₂ de la línea 38, reduciendo así la cantidad de CO₂ que se recibe dentro del tanque receptor 6. En caso de que la presión en el tanque receptor 6 aumente por encima de la presión deseada (por ejemplo, 38 bares, etc.), el compresor de AA 36 puede extraer el vapor de CO₂ a través de la línea 40 vapor de CO₂ en una cantidad suficiente para mantener la presión deseada dentro del tanque receptor 6. La capacidad de utilizar la línea vapor de CO₂ 40 y el compresor de AA 36 como una ruta de derivación suplementaria para vapor de CO₂ del tanque receptor 6 proporciona una manera más eficiente de mantener la presión deseada en el tanque receptor 6 y evita o minimiza la necesidad de desviar directamente el vapor de CO₂ a través de válvula de derivación de gas 8 al lado de succión de menor presión de los compresores de TM 14.

Todavía haciendo referencia a la figura 4, en la intersección 41, el vapor de CO₂ descargado del evaporador de AA 32 puede mezclarse con la salida de vapor de CO₂ del tanque receptor 6 (por ejemplo, a través del conducto de fluido 7 y la línea de vapor 40, según sea necesario para la regulación de la presión). A continuación, el vapor de CO₂ mezclado puede dirigirse a través del intercambiador de calor de la línea de succión 37 y del acumulador de CO₂ líquido 39 hacia el lado de succión (por ejemplo, aguas arriba) del compresor de AA 36. El compresor de AA 36 comprime el vapor de CO₂ mezclado y descarga el refrigerante de CO₂ comprimido en la línea de conexión 42. La línea de conexión 42 puede conectarse en comunicación de fluido al conducto de fluido 1, formando así un cabezal de descarga común con compresores de TM 14. El cabezal de descarga común se muestra conduciendo al refrigerador/condensador de gas 2 para completar el ciclo.

El intercambiador de calor de la línea de succión 37 puede utilizarse para transferir calor del refrigerante de CO₂ a alta presión que sale del refrigerador/condensador de gas 2 (por ejemplo, a través del conducto de fluido 3) al refrigerante de CO₂ mezclado en o cerca de la intersección 41. El intercambiador de calor de la línea de succión 37 puede ayudar a enfriar/subenfriar el refrigerante de CO₂ a alta presión en el conducto de fluido 3. El intercambiador de calor de la línea de succión 37 también puede ayudar a garantizar que el refrigerante de CO₂ que se aproxima a la succión del compresor de AA 36 esté suficientemente sobrecalentado (por ejemplo, que tenga un sobrecalentamiento o que la temperatura exceda un valor umbral) para evitar la condensación o la formación de líquido en el lado aguas arriba del compresor de AA 36. En algunas realizaciones, el acumulador de líquido de CO₂ 39 también puede incluirse para evitar que cualquier líquido de CO₂ entre en el compresor de AA 36.

Todavía haciendo referencia a la figura 4, el módulo de AA 30 puede integrarse con el sistema de refrigeración por CO₂ 100 de tal manera que el sistema integrado puede adaptarse a una pérdida del compresor de AA 36 (por ejemplo, debido a un mal funcionamiento del equipo, mantenimiento, etc.), manteniendo la refrigeración de las cargas de AA y aun así proporcionando un control de la presión de CO₂ para el tanque receptor 6. Por ejemplo, en el caso de que el compresor de AA 36 se vuelva disfuncional, el vapor de CO₂ descargado del evaporador de AA 32 puede dirigirse automáticamente (es decir, tras la pérdida de succión del compresor de AA) de nuevo a través de la conexión de línea de vapor de CO₂ 40 hacia el conducto fluido 7. A medida que la presión del refrigerante de CO₂ aumenta en el tanque receptor 6 por encima del punto de ajuste deseado (por ejemplo, 3,8 MPa (38 bares)), el vapor de CO₂ puede desviarse

a través de la válvula de derivación de gas 8 y comprimirse por los compresores de TM 14. La disposición del compresor paralelo del compresor de AA 36 y los compresores de TM 14 permite el funcionamiento continuo del módulo de AA 30 en caso de que un compresor de AA 36 no funcione.

5 Haciendo referencia ahora a la figura 5, se muestra otro módulo flexible AA 130 para integrar cargas de refrigeración de AA en una instalación con sistema de refrigeración por CO₂ 100, según otra realización a modo de ejemplo. Se muestra que el módulo de AA 130 incluye un evaporador de AA 132 (por ejemplo, un enfriador de líquidos, una unidad de ventilconvector, un intercambiador de calor, etc.), un dispositivo de expansión 134 (por ejemplo, una válvula de expansión electrónica) y al menos un compresor de AA 136. En algunas realizaciones, el módulo de AA flexible 30
10 incluye además un intercambiador de calor de línea de succión 137 y un acumulador líquido de CO₂ 139. El evaporador de AA 132, el dispositivo de expansión 134, el compresor de AA 136, el intercambiador de calor de línea de succión 137 y el acumulador de líquido de CO₂ 139 pueden ser iguales o similares a los componentes análogos (por ejemplo, el evaporador de AA 32, el dispositivo de expansión 34, el compresor de AA 36, el intercambiador de calor de línea de succión 37 y el acumulador de líquido de CO₂ 39) del módulo de AA 30. El tamaño y la capacidad del módulo 130 de AA pueden variar para adaptarse a cualquier carga o aplicación prevista (por ejemplo, variando el número y/o el tamaño de evaporadores, intercambiadores de calor y/o compresores dentro del módulo 130 de AA.

En algunas realizaciones, el módulo de AA 130 puede conectarse fácilmente al sistema de refrigeración por CO₂ 100 por un número relativamente pequeño (por ejemplo, un número mínimo) de puntos de conexión. Según una realización a modo de ejemplo, el módulo de AA 130 puede conectarse al sistema de refrigeración por CO₂ 100 en tres puntos de conexión: una conexión de línea de CO₂ líquido 138, una conexión de línea de vapor de CO₂ 140 y una línea de descarga de CO₂ 142. La conexión de la línea de CO₂ líquido 138 se muestra conectando al conducto de fluido 9 y puede recibir líquido refrigerante de CO₂ del tanque receptor 6. La conexión de línea de vapor de CO₂ 140 se muestra conectada al conducto de fluido 7 y puede recibir CO₂ desviar del tanque receptor 6. La línea de descarga de CO₂ 142
25 se muestra conectando la salida (por ejemplo, lado aguas abajo) del compresor de AA 136 al conducto de fluido 1, conduciendo al refrigerador/condensador de gas 2. Cada una de las conexiones 138, 140 y 142 puede facilitarse fácilmente utilizando mangueras flexibles, accesorios de desconexión rápida, válvulas altamente compatibles y otros componentes de hardware de "conexión y uso inmediato" convenientes.

30 En funcionamiento, una parte del líquido refrigerante de CO₂ que sale del tanque receptor 6 (por ejemplo, a través del conducto de fluido 9) puede dirigirse a través de la conexión 138 de la línea líquida de CO₂ y a través del dispositivo de expansión 134. El dispositivo de expansión 134 puede permitir al líquido refrigerante de CO₂ expandir un estado de temperatura más baja y de presión más baja. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isentálpico y/o adiabático. A continuación, el refrigerante de CO₂ expandido puede dirigirse al evaporador de AA 132. En algunas realizaciones, el dispositivo de expansión 134 ajusta la cantidad de CO₂ proporcionada al evaporador de AA 132 para mantener una temperatura de sobrecalentamiento deseada en (o cerca de) la salida del evaporador de AA 132. Después de pasar por el evaporador de AA 132, el refrigerante de CO₂ puede dirigirse a través del intercambiador de calor de la línea de succión 137 y del acumulador líquido de CO₂ 139 al lado de succión (es decir, aguas arriba) del compresor de AA 136.

40 Todavía haciendo referencia a la figura 5, una diferencia primaria entre el módulo de AA 30 y el módulo de AA 130 es que el módulo de AA 130, evita la entrada de CO₂ de alta presión (por ejemplo, del conducto fluido 3) como fuente de CO₂. En su lugar, el módulo de AA 130 utiliza una fuente de menor presión de suministro de refrigerante de CO₂ (por ejemplo, a partir del conducto de fluido 9). El conducto de fluido 9 puede conectarse en comunicación de fluido con el tanque receptor 6 y puede funcionar a una presión equivalente o sustancialmente equivalente a la presión dentro del tanque receptor 6. En algunas realizaciones, el conducto de fluido 9 proporciona líquido refrigerante de CO₂ que tiene una presión de aproximadamente 3,8 MPa (38 bares).

50 En algunas implementaciones, el módulo de AA 130 puede utilizarse como alternativa o complemento al módulo de AA 30. La configuración proporcionada por el módulo de AA 130 puede ser deseable para implementaciones en las que el evaporador de AA 132 no está montado en un estante de refrigeración con los componentes del sistema de refrigeración por CO₂ 100. El módulo de AA 130 puede utilizarse para implementaciones en las que el evaporador de AA 132 está en otra parte de la instalación (por ejemplo, cerca de las cargas AA). Además, el refrigerante de CO₂ líquido de menor presión suministrado al módulo de AA 130 (por ejemplo, del conducto 9 del fluido en lugar del conducto 3) puede facilitar el uso de componentes de menor presión para el recorrido del refrigerante de CO₂ (por ejemplo, tubos de cobre, etc.).

60 En algunas realizaciones, el módulo de AA 130 puede incluir un dispositivo de reducción de presión 135. El dispositivo de reducción de presión 135 puede ser una válvula accionada por motor, una válvula de expansión manual, una válvula de expansión electrónica u otro elemento capaz de efectuar una reducción de presión en un flujo de fluido. El dispositivo de reducción de presión 135 puede colocarse en línea con la conexión de línea de vapor 140 (por ejemplo, entre el conducto de fluido 7 y la intersección 141). En algunas realizaciones, el dispositivo de reducción de presión 135 puede reducir la presión en la salida del evaporador de AA 132. En algunas realizaciones, el proceso de absorción de calor que se produce dentro del evaporador de AA 132 es un proceso sustancialmente isobárico. En otras palabras, la presión de CO₂ tanto en la entrada como en la salida del evaporador de AA 132 puede ser sustancialmente igual. Además, el vapor de CO₂ en el conducto de fluido 7 y el CO₂ líquido en el conducto de fluido 9 pueden tener

sustancialmente la misma presión, ya que ambos conductos de fluido 7 y 9 extraen refrigerante de CO₂ del tanque receptor 6. Por lo tanto, el dispositivo reductor de presión puede proporcionar una caída de presión sustancialmente equivalente a la caída de presión causada por el dispositivo de expansión 134.

5 En algunas realizaciones, la conexión de línea 140 puede utilizarse como una trayectoria alternativa (o suplementaria) para dirigir el vapor de CO₂ del tanque receptor 6 a la succión del compresor de AA 136. La conexión de línea 140 y el compresor de AA 136 pueden proporcionar un mecanismo más eficiente de controlar la presión en el tanque receptor 6 (por ejemplo, en lugar de desviar el vapor de CO₂ al lado de succión de los compresores de TM 14, tal como se describe con referencia al módulo de AA 30), aumentando así la eficiencia de sistema de refrigeración por CO₂ 100.

10 Haciendo referencia ahora a la figura 6, se muestra otro módulo de AA flexible 230 para integrar cargas de refrigeración en una instalación con sistema de refrigeración por CO₂ 100, según otra realización a modo de ejemplo. Se muestra que el módulo de AA 230 incluye un evaporador de AA 232 (por ejemplo, un enfriador líquido, una unidad de ventilconvector, un intercambiador de calor, etc.) y al menos un compresor de AA 236. En algunas realizaciones, el módulo de AA flexible 30 incluye además un intercambiador de calor de línea de succión 237 y un acumulador líquido de CO₂ 239. El evaporador de AA 232, el compresor de AA 236, el intercambiador de calor de la línea de succión 237 y el acumulador de CO₂ líquido 239 pueden ser iguales o similares a los componentes análogos (por ejemplo, el evaporador de AA 32, el compresor de AA 36, el intercambiador de calor de la línea de succión 37 y el acumulador líquido CO₂ 39) del módulo de AA 30. El módulo de AA 230 no requiere un dispositivo de expansión como se ha descrito anteriormente con referencia a los módulos de AA 30 y 130 (por ejemplo, dispositivos de expansión 34 y 134). El tamaño y la capacidad del módulo 230 de AA pueden variar para adaptarse a cualquier carga o aplicación prevista variando el número y/o el tamaño de evaporadores, intercambiadores de calor y/o compresores dentro del módulo 230 de AA.

25 Ventajosamente, el módulo 230 de AA puede conectarse fácilmente al sistema de refrigeración por CO₂ 100 utilizando un número relativamente pequeño (por ejemplo, un número mínimo) de puntos de conexión. Según una realización a modo de ejemplo, el módulo de AA 30 puede conectarse al sistema de refrigeración por CO₂ 100 en dos puntos de conexión: una conexión de línea de vapor de CO₂ 240 y una línea de descarga de CO₂ 242. La conexión de línea de vapor de CO₂ 240 se muestra conectada al conducto de fluido 7 y puede recibir (si es necesario) gas desviado CO₂ del tanque receptor 6. La línea de descarga de CO₂ 242 se muestra conectando la salida del compresor de AA 236 al conducto de fluido 1, que conduce al refrigerador/condensador de gas 2. Ambas conexiones 240 y 242 pueden facilitarse fácilmente utilizando mangueras flexibles, accesorios de desconexión rápida, válvulas altamente compatibles, y/u otros componentes de hardware de "conexión y uso inmediato" convenientes.

35 En algunas realizaciones, el módulo de AA 230 tiene una conexión de entrada 244 y una conexión de salida 246. Tanto la conexión de entrada 244 como la conexión de salida 246 pueden conectarse (por ejemplo, directa o indirectamente) a los respectivos puertos de entrada y salida del evaporador de AA 232. El evaporador de AA 232 puede colocarse en línea con el conducto de fluido 5 entre la válvula de alta presión 4 y el tanque receptor 6. El evaporador de AA 232 se muestra recibiendo un flujo de masa completo del refrigerante de CO₂ del refrigerador/condensador de gas 2 y la válvula de alta presión 4. El evaporador de AA 232 puede recibir el refrigerante de CO₂ como una mezcla líquido-vapor de la válvula de alta presión 4. En algunas realizaciones, la mezcla líquido-vapor de CO₂ se suministra al evaporador de AA 232 a una temperatura aproximada de 3 °C. En otras realizaciones, la mezcla líquido-vapor de CO₂ puede tener una temperatura diferente (por ejemplo, superior a 3°C, inferior a 3 °C) o una temperatura dentro de un intervalo (por ejemplo, incluyendo 3 °C o no incluyendo 3 °C).

45 Dentro del evaporador de AA 232, una parte del líquido CO₂ de la mezcla se evapora para enfriar un elemento de refrigeración de AA circulante (por ejemplo, agua, agua/glicol u otro elemento de refrigeración de AA que expulsa el calor al refrigerante de CO₂). En algunas realizaciones, el refrigerante de AA puede enfriarse desde aproximadamente 12°C hasta aproximadamente 7°C. En otras realizaciones, pueden utilizarse otras temperaturas o intervalos de temperatura. La cantidad de CO₂ líquido que se evapora puede depender de la carga de refrigeración (por ejemplo, el porcentaje de transferencia de calor, la refrigeración necesaria para alcanzar un punto de ajuste, etc.). Después de enfriar el refrigerante de AA, todo el flujo másico de la mezcla líquido-vapor de CO₂ puede salir del evaporador de AA 232 y del módulo de AA 230 (por ejemplo, a través de la conexión de salida 246) y dirigirse al tanque receptor 6.

55 El vapor refrigerante de CO₂ en el tanque receptor 6 puede salir del tanque receptor 6 a través del conducto de fluido 7. El conducto de fluido 7 se muestra conectado en comunicación de fluido con el lado de succión del compresor de AA 236 (por ejemplo, mediante conexión de línea de vapor 240). En algunas realizaciones, el vapor de CO₂ del tanque receptor 6 viaja a través del conducto de fluido 7 y la conexión de línea de vapor 240 y se comprime por el compresor de AA 236. El compresor de AA 236 puede controlarse para regular la presión del refrigerante de CO₂ dentro del tanque receptor 6. Este método de regulación de la presión puede proporcionar una alternativa más eficiente para desviar el vapor de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8.

65 Ventajosamente, el módulo 230 de AA proporciona un evaporador de AA que funciona "en línea" (por ejemplo, en serie, a través de una ruta de conexión lineal, etc.) para utilizar toda la mezcla de líquido-vapor de CO₂ proporcionada por la válvula de alta presión 4 para enfriar las cargas de AA. Este enfriamiento puede evaporar parte o la totalidad del líquido de la mezcla de CO₂. Después de salir del módulo de AA 230, el refrigerante de CO₂ (que tiene ahora un

mayor contenido de vapor) se dirige al tanque receptor 6. Desde el tanque receptor 6, el refrigerante de CO₂ puede dibujarse fácilmente por el compresor de AA 236 para controlar y/o mantener una presión deseada en el tanque receptor 6.

5 Haciendo referencia en general a las figuras 4-6, se muestra que cada una de las realizaciones ilustradas incluye un controlador 106. El controlador 106 puede recibir señales de datos electrónicos de uno o más dispositivos de medición (por ejemplo, sensores de presión, sensores de temperatura, sensores de flujo, etc.) ubicados dentro de los módulos de AA 30, 130 o 230 o en cualquier otro lugar dentro del sistema de refrigeración por CO₂ 100. El controlador 106 puede utilizar las señales de entrada para determinar las acciones de control adecuadas para los dispositivos de control del sistema de refrigeración por CO₂ 100 (por ejemplo, compresores, válvulas, desviadores de flujo, fuentes de alimentación, etc.).

15 En algunas realizaciones, el controlador 106 puede configurarse para hacer funcionar la válvula de variación de gas 8 y/o los compresores paralelos 36, 136 o 236 para mantener la presión de CO₂ dentro del tanque receptor 6 en un punto de ajuste deseado o dentro de un intervalo deseado. En algunas realizaciones, el controlador 106 hace funcionar la válvula de derivación de gas 8 y los compresores paralelos 36, 136, o 236 basándose en la temperatura de refrigerante de CO₂ en la salida del refrigerador/condensador de gas 2. En otras realizaciones, el controlador 106 hace funcionar la válvula de variación de gas 8 y los compresores paralelos 36, 136 o 236 basados en un caudal (por ejemplo, flujo másico, flujo volumétrico, etc.) del refrigerador de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8. El controlador 106 puede utilizar una posición de válvula de derivación de gas 8 como sustituto para el caudal de refrigerante de CO₂.

25 El controlador 106 puede incluir funciones de control de realimentación para hacer funcionar de manera adaptativa la válvula de derivación de gas 8 y los compresores paralelos 36, 136 o 236. Por ejemplo, el controlador 106 puede recibir un punto de ajuste (por ejemplo, un punto de ajuste de temperatura, un punto de ajuste de presión, un punto de ajuste de caudal, un punto de ajuste de uso de energía, etc.) y hacer funcionar uno o más componentes del sistema 100 para alcanzar el punto de ajuste. El punto de ajuste puede especificarse por un usuario (por ejemplo, a través de un dispositivo de entrada de usuario, una interfaz gráfica de usuario, una interfaz local, una interfaz remota, etc.) o determinarse automáticamente por el controlador 106 basándose en un historial de mediciones de datos.

30 El controlador 106 puede ser un controlador proporcional-integral (PI), un controlador proporcional-integral-derivado (PID), un controlador adaptativo de reconocimiento de patrones (PRAC), un controlador adaptativo de reconocimiento de modelos (MRAC), un controlador predictivo de modelo (MPC) o cualquier otro tipo de controlador que utilice cualquier tipo de funcionalidad de control. En algunas realizaciones, el controlador 106 es un controlador local para sistema de refrigeración por CO₂ 100. En otras realizaciones, el controlador 106 es un controlador supervisor para una pluralidad de subsistemas controlados (por ejemplo, un sistema de refrigeración, un sistema de AA, un sistema de iluminación, un sistema de seguridad, etc.). Por ejemplo, el controlador 106 puede ser un controlador de un sistema integral de gestión de edificios que incorpore el sistema de refrigeración por CO₂ 100. El controlador 106 se puede implementar de forma local, remota o como parte de un conjunto de alojado en la nube de aplicaciones de administración de edificios.

45 Haciendo referencia ahora a la figura 7, se muestra un diagrama de bloques del controlador 106, según una realización a modo de ejemplo. Se muestra que el controlador 106 incluye una interfaz de comunicaciones 150, y un circuito de procesamiento 160. La interfaz de comunicaciones 150 puede ser o incluir interfaces cableadas o inalámbricas (por ejemplo, clavijas, antenas, transmisores, receptores, transceptores, terminales de cable, etc.) para la conducción de comunicaciones electrónicas de datos. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 150 puede utilizarse para realizar comunicaciones de datos con la válvula de derivación de gas 8, los compresores paralelos 36, 136 o 236, el condensador/refrigerador de gas 2, diversos dispositivos de adquisición de datos dentro del sistema de refrigeración por CO₂ 100 (por ejemplo, sensores de temperatura, sensores de presión, sensores de flujo, etc.) y/u otros dispositivos externos o fuentes de datos. Las comunicaciones de datos pueden realizarse a través de una conexión directa (por ejemplo, una conexión por cable, una conexión inalámbrica a medida, etc.) o una conexión de red (por ejemplo, una conexión a Internet, una conexión LAN, WAN o WLAN, etc.). Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 150 puede incluir una tarjeta Ethernet y un puerto para enviar y recibir datos a través de un enlace o una red de comunicaciones basada en Ethernet. En otro ejemplo, la interfaz de comunicaciones 150 puede incluir un transceptor Wifi o un transceptor de teléfono celular o móvil para comunicarse a través de una red de comunicaciones inalámbricas.

55 Todavía haciendo referencia la figura 7, se muestra que el circuito de procesamiento 160 incluye un procesador 162 y la memoria 170. El procesador 162 puede implementarse como un procesador de propósito general, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una o más matrices de puertas programables por campo (FPGA), un grupo de componentes de procesamiento, un microcontrolador u otros componentes de procesamiento electrónico adecuados. La memoria 170 (por ejemplo, dispositivo de memoria, unidad de memoria, dispositivo de almacenamiento, etc.) puede ser uno o más dispositivos (por ejemplo, RAM, ROM, memoria de estado sólido, almacenamiento en disco duro, etc.) para almacenar datos y/o código informático para completar o facilitar los diversos procesos, capas y módulos descritos en la presente aplicación.

65

La memoria 170 puede ser o incluir memoria volátil o memoria no volátil. La memoria 170 puede incluir componentes de base de datos, componentes de código de objeto, componentes de *script*, o cualquier otro tipo de estructura de información para soportar las diversas actividades y estructuras de información descritas en la presente aplicación. Según una realización a modo de ejemplo, la memoria 170 se conecta de manera comunicada al procesador 162 a través del circuito de procesamiento 160 e incluye código informático para ejecutar (por ejemplo, mediante el circuito de procesamiento 160 y/o el procesador 162) uno o más procesos descritos en el presente documento. Se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de adquisición de datos 171, un módulo de salida de señal de control 172, y un módulo de almacenamiento de parámetros 173. Además, se muestra que la memoria 170 incluye una pluralidad de módulos de control que incluyen un módulo de control extensivo 174, un módulo de control intensivo 175, un módulo de control de sobrecalentamiento 176 y un módulo de control de descongelación 177.

El módulo de adquisición de datos 171 puede incluir instrucciones para recibir (por ejemplo, a través de la interfaz de comunicaciones 150) información sobre presión, temperatura, caudal u otras mediciones (es decir, "información de medición" o "datos de medición") de uno o más dispositivos de medición del sistema de refrigeración por CO₂ 100. En algunas realizaciones, las mediciones pueden recibirse como una señal de datos analógicos. El módulo 171 de adquisición de datos puede incluir un convertidor de analógico a digital para convertir la señal analógica en un valor de datos digitales. El módulo de adquisición de datos puede segmentar una señal de datos continua en valores de medición discretos mediante el muestreo periódico de la señal de datos recibida (por ejemplo, una vez por segundo, una vez por milisegundo, una vez por minuto, etc.). En algunas realizaciones, los datos de medición pueden recibirse como una tensión medida de uno o más dispositivos de medición. El módulo de adquisición de datos 171 puede convertir los valores de tensión en valores de presión, valores de temperatura, valores de caudal u otros tipos de valores de datos digitales utilizando una fórmula de conversión, una tabla de conversión u otros criterios de conversión.

En algunas realizaciones, el módulo de adquisición de datos 171 puede convertir los valores de datos recibidos en una cantidad o formato para su posterior procesamiento por el controlador 106. Por ejemplo, el módulo 171 de adquisición de datos puede recibir valores de datos que indican una posición de funcionamiento de válvula de derivación de gas 8. Esta posición puede utilizarse para determinar el caudal del refrigerante de CO₂ a través de válvula de derivación de gas 8, ya que tales cantidades pueden ser proporcionales o estar relacionadas de otro modo. El módulo de adquisición de datos 171 puede incluir la funcionalidad para convertir una medición de la posición de la válvula en un caudal del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8.

En algunas realizaciones, el módulo de adquisición de datos 171 envía valores de datos actuales para la presión dentro del tanque receptor 6, la temperatura en la salida del condensador/ enfriador de gas 2, la posición de la válvula o caudal a través de válvula de derivación de gas 8, u otros valores de datos correspondientes a otros dispositivos de medición del sistema de refrigeración por CO₂ 100. En algunas realizaciones, el módulo de adquisición de datos almacena los valores de datos procesados y/o convertidos en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota de tal manera que los datos puedan recuperarse y utilizarse por los módulos de control 174-177.

En algunas realizaciones, el módulo de adquisición de datos 171 puede adjuntar una marca de tiempo a los datos de medición recibidos para organizar los datos por tiempo. Si se utilizan varios dispositivos de medición para obtener los datos de medición, el módulo 171 podrá asignar un identificador (por ejemplo, una etiqueta, un distintivo, etc.) a cada medición para organizar los datos por fuente. Por ejemplo, el identificador puede indicar si la información de medición se recibe de un sensor de temperatura situado en una salida del refrigerador/condensador de gas 2, de un sensor de temperatura o presión situado dentro del tanque receptor 6, de un sensor de flujo situado en línea con la válvula de derivación de gas 8, o de la propia válvula de derivación de gas 8. El módulo 171 de adquisición de datos puede etiquetar o clasificar cada medición por tipo (por ejemplo, temperatura, presión, caudal, etc.) y asignar unidades apropiadas a cada medición (por ejemplo, grados Celsius (°C), Kelvin (K), bares, kilopascal (kPa), fuerza en libras por pulgada cuadrada (psi), etc.).

Todavía haciendo referencia a la figura 7, se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de salida de señal de control 172. El módulo 172 de salida de señal de control puede ser responsable de formatear y proporcionar una señal de control (por ejemplo, a través de la interfaz de comunicaciones 150) a varios componentes funcionales del sistema de refrigeración por CO₂ 100. Por ejemplo, el módulo de salida de la señal de control 172 puede proporcionar una señal de control a la válvula de derivación de gas 8 que indique a la válvula de derivación de gas 8 que abra, cierre o alcance una posición intermedia funcionamiento (por ejemplo, entre una posición completamente abierta y completamente cerrada). El módulo 172 de salida de la señal de control puede proporcionar una señal de control a los compresores paralelos 36, 136 o 236, compresores de TM 14 o compresores de TB 24 que indique a los compresores que se activen o se desactiven. El módulo 172 de salida de señal de control puede proporcionar una señal de control a las válvulas de expansión 11, 21, 34 y 134 o a la válvula de alta presión 4 que indique a dichas válvulas que se abran, se cierren o alcancen la posición deseada de funcionamiento. En algunas realizaciones, el módulo de salida de señal de control puede formatear la señal de salida a un formato adecuado (por ejemplo, lenguaje adecuado, sintaxis adecuada, etc.) tal como puede interpretarse y aplicarse por los diversos componentes funcionales del sistema de refrigeración por CO₂ 100.

Todavía haciendo referencia a la figura 7, se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de almacenamiento de parámetros 173. El módulo de almacenamiento de parámetros 173 puede almacenar la información de parámetros de umbral utilizada por los módulos de control 174-177 en la realización de los diversos procesos de control descritos en el presente documento. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento de parámetros 173 puede almacenar un valor umbral de posición de válvula "pos_{umbral}" para la válvula de derivación de gas 8. El módulo de control extensivo 174 puede comparar una posición actual de la válvula "pos_{derivación}" de la válvula de derivación de gas 8 (por ejemplo, determinada por el módulo de adquisición de datos 171) con el valor umbral de posición de la válvula para determinar si se deben activar o desactivar los compresores paralelos 36, 136 o 236. Como otro ejemplo, el módulo de almacenamiento de parámetros 173 puede almacenar un valor umbral de temperatura de salida "T_{umbral}" para el refrigerador/condensador de gas 2. El módulo de control intensivo 175 y el módulo de control del sobrecalentamiento 176 pueden comparar una temperatura de salida actual "T_{salida}" del refrigerante de CO₂ que sale del refrigerador/condensador de gas 2 (por ejemplo, determinada por el módulo de adquisición de datos 171) con el valor umbral de temperatura de salida "T_{salida}" para determinar si para activar o desactivar los compresores paralelos 36, 136 o 236. En algunas realizaciones, el módulo de almacenamiento de parámetros 173 puede almacenar un conjunto de valores de umbral alternativos o de respaldo como puede utilizarse durante un proceso de descongelación de gas caliente (por ejemplo, controlado por el módulo de control de descongelación 177).

En algunas realizaciones, el módulo de almacenamiento de parámetros 173 puede almacenar ajustes de configuración para sistema de refrigeración por CO₂ 100. Tales ajustes de configuración pueden incluir parámetros de control utilizados por el controlador 106 (por ejemplo, parámetros de ganancia proporcional, parámetros de tiempo integral, parámetros de punto de ajuste, etc.), parámetros de conversión para convertir los valores de datos recibidos en valores de temperatura o presión, parámetros del sistema para un modelo de sistema almacenado del sistema de refrigeración por CO₂ 100 (por ejemplo, tal como puede utilizarse para implementaciones en las que el controlador 106 utiliza una metodología de control predictivo modelo), u otros parámetros que pueden referenciarse por los módulos de memoria 171-177 en la realización de los diversos procesos de control descritos en el presente documento.

Todavía haciendo referencia a la figura 7, se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de control extensivo 174. El módulo de control extensivo 174 puede incluir instrucciones para controlar la presión dentro del tanque receptor 6 basándose en una extensa propiedad de sistema de refrigeración por CO₂ 100. Por ejemplo, el módulo de control extensivo 174 puede utilizar el caudal volumétrico o el caudal másico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8 como base para activar o desactivar los compresores paralelos 36, 136 o 236 o para abrir o cerrar la válvula de derivación de gas 8. El caudal másico o caudal volumétrico del refrigerante de CO₂ a través de válvula de derivación de gas 8 es una propiedad extensiva porque depende de la cantidad de refrigerante de CO₂ que pasa por la válvula de derivación de gas 8. En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 utiliza la posición de válvula de derivación de gas 8 (por ejemplo, un 10% abierto, un 15% abierto, un 40% abierto, etc.) como indicación del caudal másico o del caudal volumétrico, ya que tales cantidades pueden ser proporcionales o estar relacionadas de otro modo.

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 monitoriza una posición actual de pos_{derivación} de la válvula de derivación de gas 8. La posición actual de pos_{derivación} puede determinarse por el módulo de adquisición de datos 171 y almacenarse en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106. El módulo de control extensivo 174 puede comparar la posición actual de pos_{derivación} con un valor de posición de válvula umbral de pos_{umbral} almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. En una realización a modo de ejemplo, el pos_{umbral} puede ser una posición valvular de aproximadamente un 15% abierta. Sin embargo, en otras realizaciones, otros intervalos diversos de posiciones de válvula o posiciones de válvula puede utilizarse para el pos_{umbral} (por ejemplo, un 10% abierto, un 20% abierto, entre un 5% abierto y un 30% abierto, etc.). En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 activa el compresor paralelo 36, 136 o 236 en respuesta a el pos_{derivación} que excede el pos_{umbral}. Una vez que se ha activado el compresor paralelo 36, 136 o 236, el módulo de control extensivo 174 puede indicar el cierre de la válvula de derivación de gas 8.

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 determina una duración "t_{exceso}" para la cual la posición actual de pos_{derivación} ha superado el pos_{umbral}. Por ejemplo, el módulo de control extensivo 174 puede utilizar las marcas de tiempo registradas por el módulo de adquisición de datos 171 para determinar el tiempo t₀ más reciente para el cual el pos_{derivación} no superó el pos_{umbral}. El módulo de control extensivo 174 puede calcular el t_{exceso} restando un tiempo t₁ inmediatamente después de t₀ (por ejemplo, un tiempo en el que el pos_{derivación} primero excedió el pos_{umbral}, un tiempo de la siguiente medición de datos después de t₀, etc.) del tiempo actual t_k (por ejemplo, t_{exceso} = t_k - t₁). El módulo de control extensivo 174 puede comparar la duración de t_{exceso} con un valor de tiempo de umbral t_{umbral} almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. Si t_{exceso} excede t_{umbral} (por ejemplo, t_{exceso} > t_{umbral}), el módulo de control extensivo 174 puede activar el compresor paralelo 36, 136 o 236. En una realización a modo de ejemplo, el t_{umbral} puede ser de aproximadamente 120 segundos. Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse otros valores diversos para el t_{umbral} (por ejemplo, 30 segundos, 60 segundos, 180 segundos, etc.). En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 activa el compresor paralelo 36, 136 o 236 solo tanto si pos_{derivación} > pos_{umbral} como si t_{exceso} > t_{umbral}.

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 monitoriza una temperatura actual "T_{salida}" del refrigerante de CO₂ saliendo del refrigerador/condensador de gas 2. El módulo de control extensivo 174 puede garantizar que el

refrigerante de CO₂ que sale del refrigerador/condensador de gas 2 tiene la capacidad de proporcionar un sobrecalentamiento suficiente (por ejemplo, a través del intercambiador de calor 37, 137, 237) al refrigerante de CO₂ que fluye al compresor paralelo 36, 136 o 236. La temperatura actual T_{salida} puede determinarse mediante el módulo de adquisición de datos 171 y almacenarse en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106. El módulo de control extensivo 174 puede comparar la temperatura actual T_{salida} con un valor de temperatura umbral " $T_{\text{umbral_salida}}$ " almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. El valor de temperatura umbral $T_{\text{umbral_salida}}$ puede basarse en la temperatura $T_{\text{condensación}}$ a la que el refrigerante de CO₂ comienza a condensarse en una mezcla líquido-vapor. En algunas realizaciones, el valor de temperatura umbral $T_{\text{umbral_salida}}$ puede basarse en una cantidad de calor que se prevé transferir a través del intercambiador de calor 37, 137 o 237. En una realización a modo de ejemplo, $T_{\text{umbral_salida}}$ puede ser aproximadamente 4,4 °C (40 °F). En otras realizaciones, $T_{\text{umbral_salida}}$ puede tener otros valores (por ejemplo, aproximadamente 1,7 °C (35 °F), aproximadamente 7,2 °C (45 °F), dentro de un intervalo entre -1,1 °C (30 °F) y 10 °C (50 °F), etc.). En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 activa el compresor paralelo 36, 136 o 236 solo si $\text{pos}_{\text{derivación}} > \text{pos}_{\text{umbral}}$, $t_{\text{exceso}} > t_{\text{umbral}}$ y $T_{\text{salida}} > T_{\text{umbral_salida}}$. El módulo de control extensivo 174 puede monitorizar estos estados y desactivar el compresor paralelo si ya no se cumplen una o más de estas condiciones.

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 controla la presión dentro del tanque receptor 6 proporcionando señales de control a la válvula de derivación de gas 8 y/o al compresor paralelo 36, 136 o 236. Las señales de control pueden basarse en la presión " P_{rec} " dentro del tanque receptor 6. Por ejemplo, el módulo de control extensivo 174 puede comparar P_{rec} con un valor de presión umbral " P_{umbral} " almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. El módulo de control extensivo 174 puede hacer funcionar el compresor paralelo 36, 136, o 236 y la válvula de derivación de gas 8 basándose en un resultado de la comparación.

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 utiliza una pluralidad de valores de presión umbral para determinar si se debe activar el compresor paralelo 36, 136 o 236 y/o abrir la válvula de derivación de gas 8. Por ejemplo, el compresor paralelo puede tener un valor de presión umbral de " $P_{\text{umbral_comp}}$ " y válvula de derivación de gas 8 puede tener un valor de presión umbral de " $P_{\text{umbral_válvula}}$ ". $P_{\text{umbral_válvula}}$ puede establecerse inicialmente en un valor relativamente menor " P_{baja} " (por ejemplo, $P_{\text{umbral_válvula}} = P_{\text{baja}}$) y $P_{\text{umbral_comp}}$ inicialmente puede establecerse en un valor relativamente mayor P_{alta} (por ejemplo, $P_{\text{umbral_comp}} = P_{\text{alta}}$). En algunas implementaciones, P_{baja} puede ser de aproximadamente 4 MPa (40 bares) y P_{alta} puede ser de aproximadamente 4,2 MPa (42 bares). Estos valores numéricos están pensados para ser ilustrativos y no limitativos. En otras implementaciones, pueden utilizarse valores de presión más altos o más bajos para P_{baja} y/o P_{alta} (por ejemplo, distintos de 40 bares y 42 bares). En algunas realizaciones, $P_{\text{umbral_válvula}}$ puede tener un valor inicial de aproximadamente 30 bares. El valor inicial de $P_{\text{umbral_válvula}}$ puede ser igual a la presión del punto de ajuste $P_{\text{rec_punto de ajuste}}$ para tanque receptor 6 o basándose en la presión del punto de ajuste para tanque receptor 6 (por ejemplo, $P_{\text{rec_punto de ajuste}} + 10$ bares, $P_{\text{rec_punto de ajuste}} + 30$ bares, etc.). En algunas realizaciones, $P_{\text{umbral_válvula}}$ puede tener un valor inicial dentro de un intervalo de 30 bares a 50 bares.

En algunas realizaciones, siempre y cuando $\text{pos}_{\text{derivación}} < \text{pos}_{\text{umbral}}$, $t_{\text{exceso}} < t_{\text{umbral}}$ o $T_{\text{salida}} < T_{\text{umbral_salida}}$, el módulo de control extensivo 174 puede controlar P_{rec} abriendo y cerrando variablemente la válvula de derivación de gas 8. Sin embargo, si $\text{pos}_{\text{derivación}} > \text{pos}_{\text{umbral}}$, $t_{\text{exceso}} > t_{\text{umbral}}$ y $T_{\text{salida}} > T_{\text{umbral_salida}}$, el módulo de control extensivo 174 puede activar el compresor paralelo 36, 136 o 236. La activación del compresor paralelo puede ser gradual y suave (por ejemplo, un aumento en rampa de la velocidad de compresión, etc.).

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 ajusta de manera adaptativa los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y/o $P_{\text{umbral_comp}}$. Tal ajuste puede basarse en las actuales condiciones de funcionamiento del sistema de refrigeración por CO₂ 100 (por ejemplo, si la válvula de derivación de gas 8 está actualmente abierta, si el compresor paralelo 36, 136 o 236 está actualmente activo, etc.). Ventajosamente, el ajuste adaptativo de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ puede impedir que los compresores paralelos 36, 136 o 236 se activen y se desactiven rápidamente, reduciendo así el consumo de energía y prolongando la vida útil de los compresores paralelos. En algunas realizaciones, se ajustan los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$. En otras realizaciones, solo se ajusta uno de los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ o $P_{\text{umbral_comp}}$.

En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 ajusta los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ al activar el compresor paralelo 36, 136 o 236. El módulo de control extensivo 174 puede ajustar los valores de presión umbral intercambiando los valores por $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$. En otras palabras, al activar el compresor paralelo 36, 136 o 236, $P_{\text{umbral_válvula}}$ puede ajustarse a P_{alta} y $P_{\text{umbral_comp}}$ puede ajustarse a P_{baja} . En otras realizaciones, $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ pueden establecerse en otros valores (por ejemplo, distintos de P_{alta} y P_{baja}).

En algunas realizaciones, $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ pueden ajustarse de manera que $P_{\text{umbral_comp}} < P_{\text{umbral_válvula}}$. Al activar el compresor paralelo 36, 136 o 236, el módulo de control extensivo 174 puede indicar a la válvula de derivación de gas 8 que se cierre. La válvula de derivación de gas 8 puede cerrarse lenta y suavemente. El módulo de control extensivo 174 puede seguir regulando la presión dentro del tanque receptor 6 utilizando únicamente los compresores paralelos 36, 136 o 236 mientras que $P_{\text{umbral_comp}} < P_{\text{rec}} < P_{\text{umbral_válvula}}$. El módulo de control extensivo 174 puede aumentar o disminuir la velocidad del compresor paralelo para mantener P_{rec} en un punto de ajuste.

65

- En algunas realizaciones, si P_{rec} alcanza un valor por encima de $P_{umbral_válvula}$, el módulo de control extensivo 174 puede indicar a la válvula de derivación de gas 8 que se abra, utilizando de este modo tanto el compresor paralelo 36, 136 o 236 como la válvula de derivación de gas 8 para controlar P_{rec} . En algunas realizaciones, si el compresor paralelo se daña, pierde potencia o se vuelve disfuncional, puede utilizarse la válvula de derivación de gas 8 en lugar del compresor paralelo 36, 136, 236, independientemente de la presión dentro de P_{rec} . Ventajosamente, la válvula de derivación de gas 8 puede funcionar como mecanismo de reserva o regulación de la presión de seguridad en caso de fallo paralelo del compresor. En algunas realizaciones, si P_{rec} se reduce por debajo de P_{umbral_comp} , el módulo de control extensivo 174 puede indicar al compresor paralelo que se detenga.
- En algunas realizaciones, el módulo de control extensivo 174 ajusta los valores de $P_{umbral_válvula}$ y P_{umbral_comp} al desactivar el compresor paralelo 36, 136 o 236 (por ejemplo, cuando $P_{rec} < P_{umbral_comp}$). El módulo de control extensivo 174 puede ajustar los valores de presión umbral intercambiando los valores por $P_{umbral_válvula}$ y P_{umbral_comp} . En otras palabras, al desactivar el compresor paralelo 36, 136 o 236, $P_{umbral_válvula}$ puede ajustarse una vez más a P_{baja} y P_{umbral_comp} puede ajustarse una vez más a P_{alta} . En otras realizaciones, $P_{umbral_válvula}$ y P_{umbral_comp} pueden ajustarse a otros valores (por ejemplo, distintos de P_{baja} y P_{alta}).
- Cuando la presión dentro del tanque receptor 6 pasa desde por debajo de $P_{umbral_válvula}$ hasta por encima de $P_{umbral_válvula}$ (por ejemplo, $P_{umbral_válvula} < P_{rec} < P_{umbral_comp}$), el módulo de control extensivo 174 puede indicar a la válvula de derivación de gas 8 que se abra. El módulo de control extensivo 174 puede continuar para regular la presión dentro del tanque receptor 6 utilizando solo la válvula de derivación de gas 8. Sin embargo, si $pos_{derivación} > pos_{umbral}$, $t_{exceso} > t_{umbral}$ y $T_{salida} > T_{umbral_Salida}$, el módulo de control extensivo 174 puede activar nuevamente el compresor paralelo 36, 136 o 236 y el ciclo puede repetirse.
- Todavía haciendo referencia a la figura 7, se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de control intensivo 175. El módulo de control intensivo 175 puede incluir instrucciones para controlar la presión dentro del tanque receptor 6 basándose en una propiedad intensiva de sistema de refrigeración por CO₂ 100. Por ejemplo, el módulo de control intensivo 175 puede utilizar la temperatura de refrigerante de CO₂ en la salida del refrigerador/condensador de gas 2 como base para activar o desactivar compresores paralelos 36, 136 o 236 o para abrir o cerrar válvula de derivación de gas 8. La temperatura de refrigerante de CO₂ en la salida del refrigerador/condensador de gas 2 es una propiedad intensiva porque no depende de la cantidad de refrigerante de CO₂ que pasa por el refrigerador/condensador de gas 2. En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 utiliza otras propiedades intensivas (por ejemplo, entalpía, presión, energía interna, etc.) del refrigerante de CO₂ en lugar de o además de la temperatura. La propiedad intensiva puede medirse o calcularse a partir de una o más cantidades medidas.
- En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 monitoriza una temperatura actual T_{salida} del refrigerante de CO₂ en la salida del refrigerador/condensador de gas 2. La temperatura actual T_{salida} puede determinarse mediante el módulo de adquisición de datos 171 y almacenarse en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106. El módulo de control intensivo 175 puede comparar la temperatura actual T_{salida} con un valor de temperatura umbral T_{umbral} almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. En una realización a modo de ejemplo, T_{umbral} puede ser aproximadamente 13 °C. Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse otros valores o intervalos de valores para T_{umbral} (por ejemplo, 0 °C, 5 °C, 20 °C, entre 10 °C y 20 °C, etc.). En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 activa el compresor paralelo 36, 136 o 236 en respuesta a T_{salida} que supera T_{umbral} . Una vez activado el compresor paralelo 36, 136 o 236, el módulo de control intensivo 175 puede indicar que se cierre la válvula de derivación de gas 8.
- En algunas realizaciones, el refrigerante de CO₂ que sale del refrigerador/condensador de gas 2 puede ser una mezcla parcialmente condensada de vapor de CO₂ y CO₂ líquido. En tales realizaciones, el módulo de control intensivo 175 puede determinar una " χ_{salida} " de calidad termodinámica de la mezcla refrigerante de CO₂ a la salida del refrigerador/condensador de gas 2. La χ_{salida} de calidad de salida puede ser una fracción de masa de la mezcla que sale del refrigerador/condensador de gas que es vapor de CO₂ (por ejemplo $\chi_{salida} = \frac{m_{vapor}}{m_{total}}$). El módulo de control intensivo 175 puede comparar la χ_{salida} de calidad de salida actual con un valor de calidad umbral " χ_{umbral} " almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 activa el compresor paralelo 36, 136 o 236 en respuesta a la χ_{salida} que excede el χ_{umbral} y/o T_{salida} que excede T_{umbral} .
- En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 determina una duración t_{exceso} para la cual la temperatura T_{salida} y/o calidad de salida χ_{salida} actual ha excedido T_{umbral} y/o χ_{umbral} . Por ejemplo, el módulo de control intensivo 175 puede utilizar las marcas de tiempo registradas por el módulo de adquisición de datos 171 para determinar el tiempo t_0 más reciente durante el que T_{salida} y/o χ_{salida} no superaron T_{umbral} y/o χ_{umbral} . El módulo de control intensivo 175 puede calcular t_{exceso} restando un tiempo t_1 inmediatamente después de t_0 (por ejemplo, un tiempo en el que T_{salida} y/o χ_{salida} excedieron por primera vez t_{umbral} y/o χ_{umbral} , un tiempo de la siguiente medición de datos después de t_0 , etc.) al tiempo actual t_k (por ejemplo, $t_{exceso} = t_k - t_1$). El módulo de control intensivo 175 puede comparar la duración t_{exceso} con un valor de tiempo umbral t_{umbral} almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. Si t_{exceso} excede t_{umbral} (por ejemplo, $t_{exceso} > t_{umbral}$), el módulo de control intensivo 175 puede activar el compresor paralelo 36, 136 o 236.

- Tras activar el compresor paralelo, el módulo de control intensivo 175 puede hacer funcionar la válvula de derivación de gas 8 y el compresor paralelo 36, 136 o 236 sustancialmente según lo descrito con referencia al módulo de control extensivo 174. Por ejemplo, el módulo de control intensivo 175 puede utilizar una pluralidad de valores de presión umbral (por ejemplo, $P_{\text{umbral_comp}}$, $P_{\text{umbral_válvula}}$) para determinar si se debe activar el compresor paralelo 36, 136 o 236 y/o abrir la válvula de derivación de gas 8. En algunas realizaciones, $P_{\text{umbral_válvula}}$ puede ser inicialmente menor que $P_{\text{umbral_comp}}$, lo que da como resultado la regulación de la presión utilizando sólo válvula de derivación de gas 8 cuando $P_{\text{umbral_válvula}} < P_{\text{rec}} < P_{\text{umbral_comp}}$.
- En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 ajusta de manera adaptativa los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$. Tal ajuste puede basarse en las actuales condiciones de funcionamiento de los sistemas de refrigeración por CO₂ 100 (por ejemplo, si el compresor paralelo está activo, si la válvula de derivación de gas está abierta, la presión dentro del tanque receptor 6, etc.). Por ejemplo, el módulo de control intensivo 175 puede ajustar los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ al activar el compresor paralelo 36, 136 o 236 (por ejemplo, en respuesta a T_{salida} que excede T_{umbral} , t_{exceso} que excede t_{umbral} , χ_{salida} que excede χ_{umbral} , etc.). Los valores pueden ajustarse de manera que $P_{\text{umbral_válvula}}$ sea mayor que $P_{\text{umbral_comp}}$, lo que da como resultado la regulación de la presión utilizando únicamente el compresor paralelo, siempre que $P_{\text{umbral_comp}} < P_{\text{rec}} < P_{\text{umbral_válvula}}$.
- En algunas realizaciones, si P_{rec} alcanza un valor por encima de $P_{\text{umbral_válvula}}$, el módulo de control intensivo 175 puede indicar a la válvula de derivación de gas 8 para que se abra, utilizando de este modo tanto el compresor paralelo 36, 136 o 236 como la válvula de derivación de gas 8 para controlar P_{rec} . En algunas realizaciones, si el compresor paralelo se daña, pierde potencia o se vuelve disfuncional, puede utilizarse la válvula de derivación de gas 8 en lugar del compresor paralelo 36, 136, 236, independientemente de la presión de P_{rec} . Ventajosamente, la válvula de derivación de gas 8 puede funcionar como mecanismo de reserva o regulación de la presión de seguridad en caso de fallo paralelo del compresor. En algunas realizaciones, si P_{rec} se reduce por debajo de $P_{\text{umbral_comp}}$, el módulo de control intensivo 175 puede indicar al compresor paralelo que se detenga.
- En algunas realizaciones, el módulo de control intensivo 175 ajusta los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ al desactivar el compresor paralelo 36, 136 o 236 (por ejemplo, cuando $P_{\text{rec}} < P_{\text{umbral_comp}}$). El módulo de control intensivo 175 puede ajustar los valores de presión umbral intercambiando los valores por $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ o ajustando los valores umbral de forma que $P_{\text{umbral_válvula}} < P_{\text{umbral_comp}}$. En consecuencia, una vez que la presión dentro del tanque receptor 6 se eleva por encima de $P_{\text{umbral_válvula}}$ (por ejemplo, $P_{\text{umbral_válvula}} < P_{\text{rec}} < P_{\text{umbral_comp}}$), el módulo de control intensivo 175 puede indicar a la válvula de derivación de gas 8 que se abra. El módulo de control intensivo 175 puede seguir regulando la presión dentro del tanque receptor 6 utilizando sólo válvula de derivación de gas 8. Sin embargo, si $T_{\text{salida}} > t_{\text{umbral}}$, $t_{\text{exceso}} > t_{\text{umbral}}$ y/o $X_{\text{salida}} > Y_{\text{umbral}}$, el módulo de control intensivo 175 puede volver a activar el compresor paralelo 36, 136 o 236 y el ciclo puede repetirse.
- Todavía haciendo referencia a la figura 7, se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de control de sobrecalentamiento 176. El módulo de control del sobrecalentamiento 176 puede garantizar que el refrigerante de CO₂ que fluye en un compresor (por ejemplo, compresores paralelos 36, 136, 236, compresores de TM 14, compresores de TB 24, etc.) no contenga líquido de CO₂ condensado, ya que la presencia de líquido condensado que fluye en un compresor podría ser perjudicial para el rendimiento del sistema. El módulo de control del sobrecalentamiento 176 puede garantizar que el refrigerante de CO₂ que fluye en el compresor (por ejemplo, desde el lado de succión aguas arriba del mismo) tenga un sobrecalentamiento suficiente (por ejemplo, grados por encima de la temperatura a la que comienza a condensarse el refrigerante de CO₂) para garantizar que no exista CO₂ líquido. El módulo de control de sobrecalentamiento 176 puede utilizarse en combinación con el módulo de control extensivo 174, el módulo de control intensivo 175, o como módulo de control independiente.
- En algunas realizaciones, el módulo de control de sobrecalentamiento 176 monitoriza una temperatura actual " $T_{\text{succión}}$ " y/o presión $P_{\text{succión}}$ del refrigerante de CO₂ que fluye en un compresor. La temperatura actual $T_{\text{succión}}$ y/o presión $P_{\text{succión}}$ puede determinarse mediante el módulo de adquisición de datos 171 y almacenarse en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106. El módulo de control de sobrecalentamiento 176 puede comparar la temperatura actual $T_{\text{succión}}$ con un valor de temperatura umbral " T_{umbral} " almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. El valor de temperatura de umbral T_{umbral} puede basarse en una temperatura " $T_{\text{condensación}}$ " a la que el refrigerante de CO₂ comienza a condensarse en una mezcla líquido-vapor a la presión actual $P_{\text{succión}}$. Por ejemplo, T_{umbral} puede ser un número fijo de grados " $T_{\text{sobrecalentamiento}}$ " por encima de $T_{\text{condensación}}$ (por ejemplo, $T_{\text{umbral}} = T_{\text{condensación}} + T_{\text{sobrecalentamiento}}$). En una realización a modo de ejemplo, $T_{\text{sobrecalentamiento}}$ puede ser de aproximadamente 10 °C. En otras realizaciones, $T_{\text{sobrecalentamiento}}$ puede ser de aproximadamente 5 °C, aproximadamente 15 °C, aproximadamente 20 °C, o encontrarse dentro de un intervalo entre 5 °C y 20 °C. El módulo de control del sobrecalentamiento 176 puede impedir la activación del compresor asociado con la medición de la temperatura si $T_{\text{succión}}$ es menor que T_{umbral} .
- En algunas realizaciones, el módulo de control de sobrecalentamiento 176 monitoriza una temperatura actual T_{salida} del refrigerante de CO₂ que sale del refrigerador/condensador de gas 2. El módulo de control del sobrecalentamiento 176 puede garantizar que el refrigerante de CO₂ que sale del refrigerador/condensador de gas 2 tenga la capacidad de proporcionar un sobrecalentamiento suficiente (por ejemplo, a través del intercambiador de calor 37, 137, 237) al

refrigerante de CO₂ que fluye al compresor paralelo 36, 136 o 236. La temperatura actual T_{salida} puede determinarse mediante el módulo de adquisición de datos 171 y almacenarse en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106. El módulo de control de sobrecalentamiento 176 puede comparar la temperatura actual T_{salida} con un valor de temperatura de umbral " $T_{\text{umbral_Salida}}$ " almacenado en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. El valor de temperatura de umbral " $T_{\text{umbral_Salida}}$ " puede basarse en la temperatura $T_{\text{condensación}}$ a la que el refrigerante de CO₂ comienza a condensarse en una mezcla líquido-vapor a la presión actual de succión $P_{\text{succión}}$ para el compresor paralelo 36, 136 o 236. En algunas realizaciones, el valor de la temperatura umbral T_{umbral} puede basarse en una cantidad de calor que se prevé transferir a través del intercambiador de calor 37, 137 o 237 (por ejemplo, utilizando una eficiencia del intercambiador de calor, un diferencial de temperatura entre T_{salida} y $T_{\text{succión}}$, etc.). El módulo de control del sobrecalentamiento 176 puede impedir la activación del compresor paralelo 36, 136 o 236 si T_{salida} es menor que T_{umbral} .

Todavía haciendo referencia a la figura 7, se muestra que la memoria 170 incluye un módulo de control de descongelación 177. El módulo de control de descongelación 177 puede incluir la funcionalidad de descongelación de uno o más evaporadores, conductos de fluidos u otros componentes del sistema de refrigeración por CO₂ 100. En algunas realizaciones, la descongelación se puede lograr haciendo circular un gas caliente a través del sistema de refrigeración por CO₂ 100. El gas caliente puede ser el refrigerante de CO₂ que circula ya a través del sistema de refrigeración por CO₂ 100 si se permite alcanzar una temperatura suficiente para descongelar. Los procesos a modo de ejemplo de descongelación de gas caliente se describen en detalle en la patente estadounidense n.º 8.011,192 titulada "METHOD FOR DEFROSTING AN EVAPORATOR IN A REFRIGERATION CIRCUIT" y en la solicitud provisional estadounidense n.º 61/562162 titulada "CO2 REFRIGERATION SYSTEM WITH HOT GAS DEFROST". Tanto la patente estadounidense n.º 8.011.192 como la solicitud provisional estadounidense n.º 61/562162 se citan por el presente documento para sus descripciones de dichos procesos.

El módulo de control de descongelación 177 puede controlar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor 6 durante el proceso de descongelación. En algunas realizaciones, el módulo de control de descongelación 177 puede reducir P_{rec} de una presión normal de funcionamiento (por ejemplo, de aproximadamente 38 bares) a una presión de descongelación " $P_{\text{rec_descongelación}}$ " inferior a la presión normal de funcionamiento. En algunas realizaciones, $P_{\text{rec_descongelación}}$ puede ser aproximadamente 34 bares. En otras realizaciones, pueden utilizarse presiones de descongelación más altas o más bajas.

Durante el proceso de descongelación de gas caliente, el módulo de control de descongelación 177 puede ajustar los valores de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ utilizados por el módulo de control extensivo 174 y el módulo de control intensivo 175. El módulo de control de descongelación 177 puede ajustar los valores de presión umbral estableciendo $P_{\text{umbral_válvula}}$ en una presión de descongelación de la válvula " $P_{\text{válvula_descongelación}}$ " y estableciendo $P_{\text{umbral_comp}}$ en una presión de descongelación del compresor " $P_{\text{comp_descongelación}}$ ". En algunas realizaciones, $P_{\text{válvula_descongelación}}$ y $P_{\text{comp_descongelación}}$ pueden ser menores que $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ respectivamente. Los valores umbral ajustados por el módulo de control de descongelación 177 podrán anular los valores umbral establecidos por el módulo de control extensivo 174 y el módulo de control intensivo 175.

En algunas realizaciones, $P_{\text{válvula_descongelación}}$ y $P_{\text{comp_descongelación}}$ pueden basarse en los umbrales de presión sin descongelación (por ejemplo, $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$) establecidos por el módulo de control extensivo 174 y el módulo de control intensivo 175. Por ejemplo, el módulo de control de descongelación puede 177 determinar $P_{\text{válvula_descongelación}}$ restando un desplazamiento de presión fijo " $P_{\text{desplazamiento}}$ " a $P_{\text{umbral_válvula}}$ (por ejemplo, $P_{\text{válvula_descongelación}} = P_{\text{umbral_válvula}} - P_{\text{desplazamiento}}$). Del mismo modo, el módulo de control 177 de descongelación puede determinar $P_{\text{comp_descongelación}}$ restando un desplazamiento de presión fijo (por ejemplo, $P_{\text{desplazamiento}}$ o un desplazamiento de presión diferente) a $P_{\text{umbral_comp}}$ (por ejemplo, $P_{\text{comp_descongelación}} = P_{\text{umbral_comp}} - P_{\text{desplazamiento}}$). Los umbrales de presión fijados por el módulo de control descongelación pueden almacenarse en el módulo de almacenamiento de parámetros 173 y utilizarse en lugar de $P_{\text{umbral_válvula}}$ y $P_{\text{umbral_comp}}$ mediante el módulo de control extensivo 174 y el módulo de control intensivo 175.

Haciendo referencia ahora a la figura 8, se muestra un diagrama de flujo de un proceso 200 para controlar presión en un sistema de refrigeración por CO₂, según una realización a modo de ejemplo. El proceso 200 puede realizarse por el controlador 106 para controlar una presión del refrigerante de CO₂ dentro del tanque receptor 6.

se muestra que el proceso 200 incluye recibir, en un controlador, una medición que indica una presión P_{rec} dentro de un tanque receptor de un sistema de refrigeración por CO₂ (etapa 202). En algunas realizaciones, la medición es una medición de presión obtenida por un sensor de presión que mide directamente la presión dentro del tanque receptor. En otras realizaciones, la medición puede ser una medición de voltaje, una medición de posición o cualquier otro tipo de medición a partir del cual la presión P_{rec} dentro del tanque receptor pueda determinarse (por ejemplo, utilizando una galga extensométrica piezoeléctrica, un sensor de presión de efecto Hall, etc.).

En algunas realizaciones, el proceso 200 incluye determinar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor utilizando la medición (etapa 204). La etapa 204 puede realizarse para realizaciones en las que la medición recibida en la etapa 202 no sea un valor de presión. La etapa 204 puede incluir convertir la medición en un valor de presión. La conversión puede lograrse utilizando una fórmula de conversión (por ejemplo, tensión a presión), una tabla de consulta, mediante

interpolación gráfica o cualquier otro proceso de conversión. La etapa 202 puede incluir la conversión de una medición analógica a un valor de presión digital. El valor de presión digital puede almacenarse en una memoria local (por ejemplo, disco magnético, memoria flash, RAM, etc.) del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106.

5 Todavía haciendo referencia a la figura 8, se muestra que el proceso 200 incluye el funcionamiento a la válvula de derivación de gas conectada en comunicación de fluido con una salida del tanque receptor, en respuesta a la medición, para controlar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor (etapa 206). En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas se dispone en serie con uno o más compresores del sistema de refrigeración por CO_2 (por ejemplo, compresores de TM 14, compresores de TB 24, etc.).

15 Hacer funcionar la válvula de derivación de gas puede incluir enviar señales de control a la válvula de derivación de gas (por ejemplo, desde un controlador que realiza el proceso 200). Tras recibir una señal de entrada del controlador, la válvula de derivación de gas puede moverse hacia una posición abierta, cerrada o parcialmente abierta. La posición de la válvula de derivación de gas puede corresponder a un caudal másico o un caudal volumétrico de refrigerante de CO_2 a través de la válvula de derivación de gas. En otras palabras, el caudal del refrigerante de CO_2 a través de la válvula de derivación de gas puede ser una función de la posición de la válvula. En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas puede abrirse y cerrarse suavemente (por ejemplo, de manera gradual, lenta, etc.). La válvula de derivación de gas puede abrirse o cerrarse utilizando un actuador (por ejemplo, eléctrico, neumático, magnético, etc.) configurado para recibir la entrada del controlador.

25 Todavía haciendo referencia a la figura 8, se muestra que el proceso 200 incluye el funcionamiento de un compresor paralelo conectado en comunicación de fluido con una salida del tanque receptor, en respuesta a la medición, para controlar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor (etapa 208). El compresor paralelo puede disponerse en paralelo tanto con la válvula de derivación de gas como con uno o más compresores del sistema de refrigeración por CO_2 . En algunas realizaciones, el compresor paralelo puede formar parte de un módulo de AA flexible (por ejemplo, módulos de AA flexibles 30, 130, 230) que integra la funcionalidad de aire acondicionado con el sistema de refrigeración por CO_2 . Una entrada del compresor paralelo (por ejemplo, el lado de succión aguas arriba) puede conectarse en comunicación de fluido con una salida de un evaporador de AA. Una salida del compresor paralelo puede conectarse en comunicación de fluido con una línea de descarga (por ejemplo, conducto de fluido 1) compartida tanto por el compresor paralelo como por otros compresores del sistema de refrigeración por CO_2 .

35 Hacer funcionar el compresor paralelo puede incluir enviar de señales de control al compresor paralelo. Las señales de control pueden indicar al compresor paralelo que se active o se desactive. En algunas realizaciones, las señales de control pueden indicar al compresor paralelo que funcione a un ritmo, velocidad o potencia especificada. En algunas realizaciones, el compresor paralelo puede hacerse funcionar proporcionando energía a un circuito de compresión que alimenta el compresor paralelo. En algunas realizaciones, pueden estar presentes múltiples compresores paralelos y controlar los compresores paralelos pueden incluir la activación de un subconjunto de los mismos. En otras realizaciones, puede estar presente un único compresor paralelo. El compresor paralelo y la válvula de derivación de gas pueden hacerse funcionar (por ejemplo, activado, desactivado, abierto, cerrado, etc.) en respuesta a la presión P_{rec} dentro del tanque receptor según las reglas previstas en las etapas 206-218.

45 Ventajosamente, tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo pueden conectarse en comunicación de fluido con una salida del tanque receptor. La válvula de derivación de gas y el compresor paralelo pueden proporcionar rutas paralelas para liberar el exceso de vapor de CO_2 del tanque receptor. Cada una de las válvulas de derivación de gas y el compresor paralelo puede hacerse funcionar para controlar la presión del refrigerante de CO_2 dentro del tanque receptor. En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas y el compresor paralelo pueden hacerse funcionar mediante un proceso de control de retroalimentación (por ejemplo, control PI, control PID, control predictivo de modelo, control adaptativo de reconocimiento de patrones, etc.). La válvula de derivación de gas y el compresor paralelo puede hacerse funcionar para lograr una presión deseada (por ejemplo, un punto de ajuste de presión) dentro del tanque receptor o para mantener la presión P_{rec} dentro del tanque receptor dentro del intervalo deseado. Los procesos detallados para hacer funcionar la válvula de derivación de gas y el compresor paralelo se describen con referencia a las figuras 9-11.

55 Haciendo referencia ahora a la figura 9, se muestra un diagrama de flujo de un proceso 300 para hacer funcionar una válvula de derivación de gas y un compresor paralelo para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO_2 , según una realización a modo de ejemplo. El proceso 300 puede realizarse mediante un módulo de control extensivo 174 para controlar una presión del refrigerante de CO_2 dentro del tanque receptor 6. En algunas realizaciones, el proceso 300 utiliza una amplia propiedad del sistema de refrigeración por CO_2 100 como base para el control de presión. Por ejemplo, el proceso 300 puede utilizar el caudal volumétrico o el caudal másico del refrigerante de CO_2 a través de la válvula de derivación de gas (por ejemplo, válvula de derivación de gas 8) como base para activar o desactivar el compresor paralelo (por ejemplo, compresor paralelo 36, 136 o 236) o para abrir o cerrar la válvula de derivación de gas.

65 Se muestra que el proceso 300 incluye la recepción de una indicación de un caudal del refrigerante de CO_2 a través de una válvula de derivación de gas (etapa 302). En algunas realizaciones, el proceso 300 utiliza la posición de la

5 $pos_{derivación}$ de la válvula de derivación de gas (por ejemplo, un 10% un abierta, 40% abierta, etc.) como indicación del caudal másico o del caudal volumétrico, ya que tales cantidades pueden ser proporcionales o estar relacionadas de otro modo. Por ejemplo, la etapa 302 puede incluir monitorizar o recibir una $pos_{derivación}$ de la posición actual de la válvula de derivación de gas. La $pos_{derivación}$ de la posición actual puede recibirse de un módulo de adquisición de datos (por ejemplo, módulo 171) del sistema de control, recuperada de una base de datos local o remota, o recibida de cualquier otra fuente.

10 Todavía haciendo referencia a la figura 9, se muestra que el proceso 300 incluye la comparación indicando la $pos_{derivación}$ del caudal de refrigerante de CO₂ con un el pos_{umb} del valor umbral (etapa 304). En algunas realizaciones, el pos_{umb} del valor umbral es una posición umbral para la válvula de derivación de gas. El pos_{umb} del valor umbral puede almacenarse en una memoria local del sistema de control (por ejemplo, módulo de almacenamiento de parámetros 173) y recuperarse durante la etapa 304. El pos_{umb} del valor de umbral puede especificarse por un usuario, recibirse de otro proceso automatizado, o determinarse automáticamente basándose en un historial de mediciones de datos anteriores. En una realización a modo de ejemplo, pos_{umb} puede ser una posición de válvula de aproximadamente un 15% abierta. Sin embargo, en otras realizaciones, otras posiciones de válvula o intervalos de posiciones de válvula diversos pueden utilizarse para pos_{umb} (por ejemplo, un 10% abierto, un 20% abierto, entre un 5% abierto y un 30% abierto, etc.).

20 Todavía haciendo referencia a la figura 9, se muestra que el proceso 300 incluye el control de la presión P_{rec} dentro del tanque receptor utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 308). La etapa 308 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 304) de que la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas no excede el valor umbral (por ejemplo, $pos_{derivación} < pos_{umb}$). Controlar P_{rec} utilizando únicamente la válvula de derivación de gas puede incluir la desactivación del compresor paralelo, la prevención de la activación del compresor paralelo o la no activación del compresor paralelo. En la etapa 308, solo uno de las dos trayectorias paralelas potenciales (por ejemplo, la trayectoria que incluye la válvula de derivación de gas) puede abrirse para el flujo de vapor de CO₂ desde el tanque receptor. La otra trayectoria paralela (por ejemplo, la trayectoria que incluye el compresor paralelo) puede cerrarse. Las etapas 302, 304 y 308 pueden repetirse cada vez que se reciba una nueva indicación de la $pos_{derivación}$ del caudal de refrigerante de CO₂.

30 Todavía haciendo referencia a la figura 9, se muestra que el proceso 300 incluye la determinación de una duración t_{exceso} para la cual la $pos_{derivación}$ de la posición actual ha excedido el pos_{umb} (etapa 306). La etapa 306 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 304) de que la indicación del caudal del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas excede el valor umbral (por ejemplo, $pos_{derivación} > pos_{umb}$). En algunas realizaciones, la etapa 306 puede lograrse determinando un tiempo t_0 más reciente para el cual la $pos_{derivación}$ no excedió pos_{umb} (por ejemplo, usando marcas de tiempo registradas con cada valor de datos por el módulo de adquisición de datos 171). t_{exceso} puede calcularse restando un tiempo t_1 inmediatamente después de t_0 del tiempo actual t_k (por ejemplo, $t_{exceso} = t_k - t_1$). El tiempo t_1 puede ser un momento en el que $pos_{derivación}$ excedió primero pos_{umb} después de t_0 , un tiempo del siguiente valor de datos después de t_0 , etc.

40 Se muestra que el proceso 300 incluye además comparar la duración t_{exceso} con un t_{umbral} del valor de tiempo umbral (etapa 310). El valor de tiempo umbral t_{umbral} puede ser un umbral superior en la duración t_{exceso} . El t_{umbral} del valor de tiempo umbral puede definir un tiempo máximo en el que la indicación de refrigerante de CO₂ a través de la $pos_{derivación}$ de la válvula de derivación de gas puede exceder el pos_{umb} del valor umbral antes de dejar de controlar P_{rec} utilizando únicamente la válvula de derivación de gas. En algunas realizaciones, el parámetro de tiempo de umbral puede almacenarse en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. Si la comparación realizada en la etapa 310 revela que la duración del exceso de t_{exceso} no corresponde al valor de tiempo de umbral (por ejemplo, $t_{exceso} < t_{umbral}$), el proceso 300 puede implicar controlar P_{rec} utilizando únicamente la válvula de derivación de gas (etapa 308). Sin embargo, si la comparación revela que $t_{exceso} > t_{umbral}$, el proceso 300 puede continuar realizando la etapa 312.

50 Todavía haciendo referencia a la figura 9, se muestra que el proceso 300 incluye la recepción de una presión P_{rec} dentro de un tanque receptor de un sistema de refrigeración por CO₂ (etapa 312). La etapa 312 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 310) que el exceso de duración de tiempo excede el umbral de tiempo (por ejemplo, $t_{exceso} > t_{umbral}$). La presión P_{rec} pueden recibirse de un sensor de presión que mide directamente la presión dentro del tanque receptor o calcularse a partir de uno o más valores medidos, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 8

60 Se muestra que el proceso 300 incluye además valores de ajuste para una presión umbral de la válvula de derivación de gas $P_{umb_válvula}$ y una presión umbral de compresor paralelo P_{umb_comp} (etapa 314). $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} pueden definir las presiones umbrales para la válvula de derivación de gas y el compresor paralelo respectivamente. En algunas realizaciones, $P_{umb_válvula}$ puede tener un valor inicial menor que P_{umb_comp} (por ejemplo, $P_{umb_válvula} < P_{umb_comp}$) a lo largo de la duración de las etapas 302-312. Por ejemplo, $P_{umb_válvula}$ puede tener inicialmente un valor de aproximadamente 40 bares y P_{umb_comp} puede tener inicialmente un valor de aproximadamente 42 bares en las etapas 302-312. Sin embargo, estos valores numéricos están pensados para ser ilustrativos y no limitativos. En otras realizaciones, $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} pueden tener valores iniciales más altos o más bajos. En algunas realizaciones, $P_{umb_válvula}$ puede tener un valor inicial de aproximadamente 30 bares. En algunas realizaciones, $P_{umb_válvula}$ puede tener un valor inicial dentro de un intervalo de 30 bares a 40 bares. El valor inicial de $P_{umb_válvula}$ puede ser igual a una presión

de punto de ajuste $P_{\text{punto de ajuste}}$ para el tanque receptor 6 o basándose en el punto de ajuste de presión (por ejemplo, $P_{\text{punto de ajuste}} + 10$ bares, $P_{\text{punto de ajuste}} + 30$ bares, etc.).

5 En algunas realizaciones, establecer los valores de presión umbral en la etapa 314 incluye establecer $P_{\text{umb_válvula}}$ a una presión umbral alta P_{alta} y establecer $P_{\text{umb_comp}}$ a una presión umbral baja P_{baja} , en la que P_{alta} es mayor que P_{baja} . En algunas realizaciones, la etapa 314 puede lograrse intercambiando los valores por $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ (por ejemplo, de tal manera que $P_{\text{umb_válvula}}$ se ajusta a aproximadamente 42 bares y $P_{\text{umb_comp}}$ se ajusta a aproximadamente 40 bares). Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse diferentes valores para P_{alta} y P_{baja} . En algunas realizaciones, tanto $P_{\text{umb_válvula}}$ como $P_{\text{umb_comp}}$ se pueden ajustar. En otras realizaciones, solo puede ajustarse una de las $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$.

15 Todavía haciendo referencia a la figura 9, se muestra que el proceso 300 incluye comparar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor con la presión umbral de válvula de derivación de gas $P_{\text{umb_válvula}}$ y la presión umbral del compresor paralelo $P_{\text{umb_comp}}$ (etapa 316). Si el resultado de la comparación revela que $P_{\text{rec}} > P_{\text{umb_válvula}}$, la presión dentro del tanque receptor puede controlarse tanto con la válvula de derivación de gas como con el compresor paralelo (por ejemplo, etapa 318). Las etapas 316-318 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva medida de presión) hasta que P_{rec} no excede el valor ajustado (por ejemplo, P_{alta}) para $P_{\text{umb_válvula}}$.

20 Se muestra que el proceso 300 incluye además controlar P_{rec} utilizando solo el compresor paralelo (etapa 320). La etapa 320 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 316) de que la presión dentro del tanque receptor está entre la presión umbral del compresor paralelo y la presión umbral de la válvula de derivación de gas (por ejemplo, $P_{\text{umb_comp}} < P_{\text{umb_válvula}}$). Controlar P_{rec} utilizando solo el compresor paralelo puede ser una alternativa energéticamente más eficiente que utilizar solo la válvula de derivación de gas que se utiliza para controlar P_{rec} . Las etapas 316 y 320 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva medición de presión P_{rec}) hasta que P_{rec} deje de estar dentro del intervalo entre $P_{\text{umb_comp}}$ y $P_{\text{umb_válvula}}$.

30 Todavía haciendo referencia a la figura 9, se muestra que el proceso 300 incluye desactivar el compresor paralelo y restablecer las presiones umbrales a sus valores originales (etapa 322). La etapa 322 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 316) de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la presión umbral del compresor paralelo (por ejemplo, $P_{\text{rec}} < P_{\text{umb_comp}}$). El restablecimiento de las presiones umbrales puede provocar que $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ vuelvan a sus valores originales (por ejemplo, aproximadamente 40 bares y aproximadamente 42 bares respectivamente).

35 Después de restablecer las presiones umbrales, se muestra de nuevo que el proceso 300 incluye el control de P_{rec} utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 308). De manera ventajosa, utilizar solo la válvula de derivación de gas para controlar P_{rec} puede impedir que el compresor paralelo se active y desactive rápidamente, conservando así la energía y prolongando la vida útil del compresor paralelo. Las etapas 302, 304 y 308 pueden repetirse cada vez que se reciba una nueva indicación de la $P_{\text{derivación}}$ del caudal de refrigerante de CO_2 .

40 En algunas realizaciones, el proceso 300 puede implicar que la monitorización de una temperatura actual $T_{\text{succión}}$ y/o la presión $P_{\text{succión}}$ del refrigerante de CO_2 que fluye en un compresor. La $T_{\text{succión}}$ y/o $P_{\text{succión}}$ pueden monitorizarse para garantizar que el refrigerante de CO_2 que fluye en un compresor (por ejemplo, compresores paralelos 36, 136, 236, compresores de TM 14, compresores de TB 24, etc.) no contenga CO_2 líquido condensado.

45 El proceso 300 puede incluir comparar la temperatura actual $T_{\text{succión}}$ con un valor de temperatura de umbral T_{umbral} . En algunas realizaciones, el valor de temperatura umbral T_{umbral} puede almacenarse en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. El valor de temperatura de umbral T_{umbral} puede basarse en una temperatura $T_{\text{condensación}}$ a la que el refrigerante de CO_2 comienza a condensarse en una mezcla líquido-vapor a la presión actual $P_{\text{succión}}$. Por ejemplo, T_{umbral} puede ser un número fijo de grados $T_{\text{sobrecalentamiento}}$ por encima de $T_{\text{condensación}}$ (por ejemplo, $T_{\text{umbral}} = T_{\text{condensación}} + T_{\text{sobrecalentamiento}}$). En una realización a modo de ejemplo, $T_{\text{sobrecalentamiento}}$ puede ser aproximadamente 10 K (Kelvin) o 10 °C. En otras realizaciones, $T_{\text{sobrecalentamiento}}$ puede ser aproximadamente 5 K, aproximadamente 15 K, aproximadamente 20 K, dentro de un intervalo entre 5 K y 20 K, o tener cualquier otro valor de temperatura. En algunas realizaciones, el compresor paralelo puede desactivarse o no activarse (por ejemplo, en las etapas 318 y 320) si $T_{\text{succión}}$ es menor que T_{umbral} .

55 En algunas realizaciones, el proceso 300 incluye monitorizar una temperatura actual T_{salida} del refrigerante de CO_2 que sale del refrigerador/condensador de gas 2. La temperatura T_{salida} puede monitorizarse para garantizar que el refrigerante de CO_2 que sale del refrigerador/condensador de gas 2 tenga la capacidad de proporcionar un sobrecalentamiento suficiente (por ejemplo, a través del intercambiador de calor 37, 137, 237) al refrigerante de CO_2 que fluye en el compresor paralelo. La temperatura actual T_{salida} puede determinarse mediante el módulo de adquisición de datos 171 y almacenarse en una memoria local 170 del controlador 106 o en una base de datos remota accesible por el controlador 106.

65 El proceso 300 puede implicar comparar la temperatura actual T_{salida} con un valor de temperatura de umbral $T_{\text{umbral_Salida}}$. El valor de temperatura de umbral $T_{\text{umbral_Salida}}$ puede basarse en la temperatura $T_{\text{condensación}}$ a la que el refrigerante de CO_2 comienza a condensarse en una mezcla líquido-vapor a la presión actual de succión $P_{\text{succión}}$ para

el compresor paralelo. En algunas realizaciones, el valor de temperatura de umbral T_{umbral} puede basarse en una cantidad de calor prevista para transferir a través del intercambiador de calor 37, 137 o 237 (por ejemplo, utilizando un intercambiador de calor eficiente, un diferencial de temperatura entre T_{salida} y $T_{succion}$, etc.). En algunas realizaciones, el compresor paralelo puede desactivarse o no activarse (por ejemplo, en las etapas 318 y 320) si T_{salida} es menor que T_{umbral} .

Haciendo referencia ahora a la figura 10, se muestra un diagrama de flujo de un proceso 400 para hacer funcionar una válvula de derivación de gas y un compresor paralelo para controlar una presión dentro de un tanque receptor de un sistema de refrigeración por CO_2 , según otra realización a modo de ejemplo. El proceso 400 puede realizar un módulo de control intensivo 175 para controlar una presión P_{rec} dentro del tanque receptor 6. El proceso 400 puede definirse como un proceso de control intensivo debido a que una propiedad intensiva del refrigerante de CO_2 (por ejemplo, temperatura, entalpía, presión, energía interna, etc.) puede utilizarse como base para activar o desactivar el compresor paralelo o para abrir o cerrar la válvula de derivación de gas. La propiedad intensiva puede medirse o calcularse a partir de una o más cantidades medidas.

Se muestra que el proceso 400 incluye la recepción de una indicación de temperatura de refrigerante de CO_2 (etapa 402). En algunas realizaciones, la indicación de temperatura de refrigerante de CO_2 es una temperatura actual T_{salida} del refrigerante de CO_2 en la salida de refrigerador/condensador de gas 2. En algunas realizaciones, el gas de salida refrigerante de CO_2 del refrigerador/condensador puede ser una mezcla parcialmente condensada de vapor de CO_2 y CO_2 líquido. En tales realizaciones, la etapa 402 puede incluir la determinación o recepción de una χ_{salida} de calidad termodinámica de la mezcla refrigerante de CO_2 en la salida del refrigerador/condensador de gas. La χ_{salida} de calidad de salida puede ser una fracción de masa de la mezcla que sale del refrigerador/condensador de gas que es vapor de

$$\chi_{salida} = \frac{m_{vapor}}{m_{total}}$$

CO_2 (por ejemplo, χ_{salida}). La temperatura actual T_{salida} y la χ_{salida} de calidad actual pueden recibirse de un módulo de adquisición de datos (por ejemplo, módulo 171) del sistema de control, recuperado de una base de datos local o remota, o recibido de cualquier otra fuente.

Todavía haciendo referencia a la figura 10, se muestra que el proceso 400 incluye la comparación indicando la temperatura de refrigerante de CO_2 T_{salida} con un valor umbral T_{umb} (etapa 404). En algunas realizaciones, el valor umbral T_{umb} puede ser una temperatura umbral para el refrigerante de CO_2 en la salida del refrigerador/condensador de gas 2. El valor umbral T_{umb} puede almacenarse en una memoria local del sistema de control (por ejemplo, módulo de almacenamiento de parámetros 173) y recuperarse durante la etapa 404. El valor de umbral T_{umb} puede especificarse por un usuario, recibido de otro proceso automatizado, o determinarse automáticamente basándose en un historial de mediciones de datos anteriores. En una realización a modo de ejemplo, T_{umb} puede ser una temperatura de aproximadamente 13 °C. Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse otros valores o intervalos de valores para T_{umbral} (por ejemplo, 0 °C, 5 °C, 20 °C, entre 10 °C y 20 °C, etc.). En algunas realizaciones, la etapa 404 puede incluir comparar la calidad de salida actual χ_{salida} con un valor de calidad umbral χ_{umbral} . En una realización a modo de ejemplo, el umbral de calidad χ_{umbral} puede ser aproximadamente del 30%. En otras realizaciones, valores más altos o más bajos para χ_{umbral} puede utilizarse (por ejemplo, el 10%, el 20%, el 40%, el 50%, etc.)

Todavía haciendo referencia a la figura 10, se muestra que el proceso 400 incluye el control de la presión P_{rec} dentro del tanque receptor utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 408). La etapa 408 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 404) de que la indicación de la temperatura de refrigerante de CO_2 no excede el valor umbral (por ejemplo, $T_{salida} < T_{umb}$). En algunas realizaciones, la etapa 408 puede realizarse en respuesta a una determinación de que la calidad de salida no excede el umbral de calidad (por ejemplo, $\chi_{salida} < \chi_{umbral}$).

Controlar el P_{rec} utilizando únicamente la válvula de derivación de gas puede incluir la desactivación del compresor paralelo, la prevención de la activación del compresor paralelo o la no activación del compresor paralelo. En la etapa 408, solo una de las dos trayectorias paralelas potenciales (por ejemplo, la trayectoria que incluye la válvula de derivación de gas) puede abrirse para el flujo de vapor de CO_2 desde el tanque receptor. La otra trayectoria paralela (por ejemplo, la trayectoria que incluye el compresor paralelo) puede cerrarse. Las etapas 402, 404 y 408 pueden repetirse cada vez que se reciba una nueva indicación de temperatura de refrigerante de CO_2 T_{salida} .

Todavía haciendo referencia a la figura 10, se muestra que el proceso 400 incluye la determinación de una duración t_{exceso} para la cual la temperatura actual T_{salida} ha excedido el valor umbral T_{umbral} (etapa 406). En algunas realizaciones, la etapa 406 incluye determinar una duración para la cual la calidad de salida actual χ_{salida} ha excedido el umbral de salida. La etapa 406 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 404) de que la temperatura y/o las calidades actuales exceden la temperatura y/o calidad umbral (por ejemplo, $T_{salida} > T_{umb}$, $\chi_{salida} > \chi_{umbral}$). En algunas realizaciones, la etapa 406 puede lograrse determinando un tiempo t_0 más reciente para el cual T_{salida} y/o χ_{salida} no excedió T_{umbral} y/o χ_{umbral} (por ejemplo, utilizando marcas de tiempo registradas con cada valor de datos por el módulo de adquisición de datos 171). T_{exceso} puede calcularse restando un tiempo t_1 inmediatamente

después de t_0 (por ejemplo, un tiempo en el que T_{salida} y/o χ_{salida} por primera vez exceden T_{umbral} y/o χ_{umbral} , un tiempo del siguiente valor de datos después de t_0 , etc.) del tiempo actual t_k (por ejemplo, $t_{\text{exceso}} = t_k - t_1$).

Se muestra que el proceso 400 incluye además comparar la duración t_{exceso} con un valor de tiempo umbral t_{umbral} (etapa 410). El valor de tiempo umbral t_{umbral} puede ser un umbral superior en la duración de t_{exceso} . El valor de tiempo umbral t_{umbral} puede definir un tiempo máximo en el que la indicación de temperatura de refrigerante de CO_2 T_{salida} puede exceder el valor umbral T_{umbral} antes de dejar de controlar P_{rec} utilizando únicamente la válvula de derivación de gas. En algunas realizaciones, el parámetro de tiempo de umbral puede almacenarse en el módulo de almacenamiento de parámetros 173. Si la comparación realizada en la etapa 410 revela que $t_{\text{exceso}} < t_{\text{umbral}}$, el proceso 400 puede implicar controlar P_{rec} utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 408). Sin embargo, si la comparación revela que $t_{\text{exceso}} > t_{\text{umbral}}$, el proceso 400 puede continuar realizando la etapa 412.

Todavía haciendo referencia a la figura 10, se muestra que el proceso 400 incluye la recepción de una presión P_{rec} dentro de un tanque receptor de un sistema de refrigeración por CO_2 (etapa 412). La etapa 412 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 410) de que el exceso de duración de tiempo excede el umbral de tiempo (por ejemplo, $t_{\text{exceso}} > t_{\text{umbral}}$). La presión P_{rec} puede recibirse de un sensor de presión que mide directamente la presión dentro del tanque receptor o calcularse a partir de uno o más valores medidos, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 8

Se muestra que el proceso 400 incluye además valores de ajuste para una presión umbral de válvula de derivación de gas $P_{\text{umb_válvula}}$ y una presión umbral de compresor paralelo $P_{\text{umb_comp}}$ (etapa 414). $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ pueden definir las presiones umbrales para la válvula de derivación de gas y el compresor paralelo, respectivamente. En algunas realizaciones, $P_{\text{umb_válvula}}$ puede tener un valor inicial menor que $P_{\text{umb_comp}}$ (por ejemplo, $P_{\text{umb_válvula}} < P_{\text{umb_comp}}$) a lo largo de la duración de las etapas 402-412. Por ejemplo, $P_{\text{umb_válvula}}$ puede tener un valor inicial de aproximadamente 40 bares y $P_{\text{umb_comp}}$ puede tener un valor inicial de aproximadamente 42 bares a lo largo de las etapas 402-412. Sin embargo, estos valores numéricos están pensados para ser ilustrativos y no limitativos. En otras realizaciones, $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ pueden tener valores iniciales más altos o más bajos.

En algunas realizaciones, establecer los valores de presión umbral en la etapa 414 incluye ajustar $P_{\text{umb_válvula}}$ a una presión umbral alta P_{alta} y ajustar $P_{\text{umb_comp}}$ a una presión umbral baja P_{baja} , en la que P_{alta} es mayor que P_{baja} . En algunas realizaciones, la etapa 414 puede lograrse intercambiando los valores por $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ (por ejemplo, de tal manera que $P_{\text{umb_válvula}}$ se ajusta a aproximadamente 42 bares y $P_{\text{umb_comp}}$ se ajusta a aproximadamente 40 bares). Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse diferentes valores para P_{alta} y P_{baja} .

Todavía haciendo referencia a la figura 10, se muestra que el proceso 400 incluye comparar P_{rec} con $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ (etapa 416). Si el resultado de la comparación revela que $P_{\text{rec}} > P_{\text{umb_válvula}}$, la presión dentro del tanque receptor puede controlarse utilizando tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo (por ejemplo, etapa 418). Las etapas 416-418 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva medición de presión P_{rec}) hasta que P_{rec} no exceda el valor ajustado (por ejemplo, P_{alta}) para $P_{\text{umb_válvula}}$.

Se muestra que el proceso 400 incluye además el control de P_{rec} utilizando solo el compresor paralelo (etapa 420). La etapa 420 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 416) de que la presión dentro del tanque receptor está entre la presión umbral del compresor paralelo y la presión umbral de la válvula de derivación de gas (por ejemplo, $P_{\text{umb_comp}} < P_{\text{rec}} < P_{\text{umb_válvula}}$). Controlar P_{rec} utilizando solo el compresor paralelo puede ser una alternativa energéticamente más eficiente a utilizar solo la válvula de derivación de gas que se utiliza para controlar P_{rec} . Las etapas 416 y 420 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva medida de presión) hasta que P_{rec} ya no esté dentro del intervalo entre $P_{\text{umb_comp}}$ y $P_{\text{umb_válvula}}$.

Todavía haciendo referencia a la figura 10, se muestra que el proceso 400 incluye desactivar el compresor paralelo y restablecer las presiones umbrales a sus valores originales (etapa 422). La etapa 422 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 416) de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la presión umbral del compresor paralelo (por ejemplo, $P_{\text{rec}} < P_{\text{umb_comp}}$). El restablecimiento de las presiones umbrales puede provocar que $P_{\text{umb_válvula}}$ y $P_{\text{umb_comp}}$ vuelvan a sus valores originales (por ejemplo, aproximadamente 40 bares y aproximadamente 42 bares respectivamente).

Después de restablecer las presiones umbrales, el proceso 400 se muestra de nuevo para incluir el control de P_{rec} utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 408). De manera ventajosa, utilizar solo la válvula de derivación de gas para controlar P_{rec} puede impedir que el compresor paralelo se active y se desactive rápidamente, conservando así la energía y prolongando la vida útil del compresor paralelo. Las etapas 402, 404 y 408 pueden repetirse cada vez que se reciba una nueva indicación de temperatura de refrigerante de CO_2 T_{salida} .

Haciendo referencia ahora a la figura 11, se muestra un diagrama de flujo de otro proceso 500 para hacer funcionar una válvula de derivación de gas y un compresor paralelo para controlar una presión dentro de un tanque receptor de un sistema de refrigeración por CO_2 , según una realización a modo de ejemplo. El proceso 500 puede realizarse por el controlador 106 para controlar la presión dentro del tanque receptor 6.

Se muestra que el proceso 500 incluye la recepción de una presión P_{rec} dentro de un tanque receptor de un sistema de refrigeración por CO_2 (etapa 502). La presión P_{rec} puede recibirse de un sensor de presión que mide directamente la presión dentro del tanque receptor o calcularse a partir de uno o más valores medidos, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 8.

Todavía haciendo referencia a la figura 11, se muestra que el proceso 500 incluye la comparación P_{rec} con una presión umbral de válvula $P_{umb_válvula}$ y una presión umbral del compresor P_{umb_comp} (etapa 504). $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} pueden definir las presiones umbrales para la válvula de derivación de gas y el compresor paralelo, respectivamente. En algunas realizaciones, $P_{umb_válvula}$ puede ser inicialmente menor que P_{umb_comp} (por ejemplo, $P_{umb_válvula} < P_{umb_comp}$). Por ejemplo, $P_{umb_válvula}$ puede ajustarse a una presión de aproximadamente 40 bares y P_{umb_comp} puede ajustarse a una presión de aproximadamente 42 bares. Sin embargo, estos valores numéricos están pensados para ser ilustrativos y no limitativos. En otras realizaciones, $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} pueden tener valores iniciales más altos o más bajos.

Las presiones umbrales $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} pueden definir presiones en las que la válvula de derivación de gas y el compresor paralelo se abren y/o se activan para controlar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor. En algunas realizaciones, $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} definen las presiones umbrales superiores. Por ejemplo, si P_{rec} es menor que $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} , el controlador puede indicar a la válvula de derivación de gas que cierre y/o indique al compresor paralelo que se desactive. El cierre de la válvula de derivación de gas y la desactivación del compresor paralelo puede cerrar cada una de las trayectorias paralelas por las que se puede liberar el exceso de vapor de CO_2 del tanque receptor. El cierre de dichas vías puede provocar un aumento de la presión P_{rec} como resultado del funcionamiento continuo de los demás compresores del sistema de refrigeración por CO_2 (por ejemplo, compresores de TM 14, compresores de TB 24, etc.). Sin embargo, si la comparación realizada en la etapa 506 determina que P_{rec} no es inferior a $P_{umb_válvula}$ y a P_{umb_comp} , se pueden realizar diferentes acciones de control (por ejemplo, la etapa 506 o la etapa 508).

Todavía haciendo referencia a la figura 11, se muestra que el proceso 500 incluye el control de P_{rec} utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 506). La etapa 506 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 504) de que la presión dentro del tanque receptor está entre la presión umbral de la válvula y la presión umbral del compresor paralelo (por ejemplo, $P_{umb_válvula} < P_{rec} < P_{umb_comp}$). Cuando se determina que P_{rec} está dentro de este intervalo, la válvula de derivación de gas puede abrirse y cerrarse según sea necesario para mantener P_{rec} a la presión deseada porque P_{rec} excede $P_{umb_válvula}$. Sin embargo, el compresor paralelo puede permanecer inactivo ya que P_{rec} no supera P_{umb_comp} . Las etapas 504 y 506 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva medida de presión) hasta que P_{rec} excede P_{umb_comp} .

Todavía haciendo referencia a la figura 11, se muestra que el proceso 500 incluye el control de P_{rec} utilizando tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo (etapa 508). La etapa 508 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 504) de que la presión dentro del tanque receptor supera la presión umbral del compresor paralelo (por ejemplo, $P_{rec} > P_{umb_comp}$). Cuando se determina que P_{rec} excede P_{umb_comp} , el compresor paralelo puede activarse para controlar la presión P_{rec} dentro del tanque receptor. En algunas realizaciones, $P_{umb_válvula}$ inicialmente puede ser menor que P_{umb_comp} (por ejemplo, $P_{umb_válvula} < P_{umb_comp}$). Por lo tanto, cuando P_{rec} excede P_{umb_comp} , P_{rec} también puede exceder $P_{umb_válvula}$ (por ejemplo, $P_{umb_válvula} < P_{umb_comp} < P_{rec}$). Cuando la presión dentro del tanque receptor excede tanto la presión umbral de la válvula como la presión umbral del compresor paralelo, tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo pueden utilizarse para controlar P_{rec} .

Todavía haciendo referencia a la figura 11, se muestra que el proceso 500 incluye ajustar los valores para la presión umbral de válvula de derivación de gas $P_{umb_válvula}$ y la presión umbral del compresor paralelo P_{umb_comp} (etapa 510). La etapa 510 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 504) de que la presión dentro del tanque receptor excede la presión umbral del compresor paralelo (por ejemplo, $P_{rec} > P_{umb_comp}$). En algunas realizaciones, el ajuste de los valores de presión umbral incluye establecer $P_{umb_válvula}$ a una presión umbral alta P_{alta} y establecer P_{umb_comp} a una presión umbral baja P_{baja} , en la que P_{alta} es mayor que P_{baja} . En algunas realizaciones, la etapa 510 puede lograrse mediante el intercambio de los valores de $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} (por ejemplo, de tal manera que $P_{umb_válvula}$ se ajusta a aproximadamente 42 bares y P_{umb_comp} se ajusta a aproximadamente 40 bares). Sin embargo, en otras realizaciones, pueden utilizarse diferentes valores para P_{alta} y P_{baja} . De manera ventajosa, el ajuste de las presiones umbrales puede reconfigurar el sistema de control de modo que $P_{umb_válvula}$ sea mayor que P_{umb_comp} .

Todavía haciendo referencia a la figura 11, se muestra que el proceso 500 incluye comparar P_{rec} con $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} (etapa 512). La etapa 512 puede ser sustancialmente equivalente a la etapa 504. Sin embargo, en la etapa 512, $P_{umb_válvula}$ es mayor que P_{umb_comp} como resultado del ajuste realizado en la etapa 510. Si el resultado de la comparación en la etapa 512 revela que $P_{rec} > P_{umb_válvula}$, la presión P_{rec} dentro del tanque receptor puede controlarse utilizando tanto la válvula de derivación de gas como el compresor paralelo (por ejemplo, etapa 508). Las etapas 508-512 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva medida de presión P_{rec}) hasta que P_{rec} no exceda el valor ajustado (por ejemplo, superior) para $P_{umb_válvula}$.

Se muestra que el proceso 500 incluye controlar P_{rec} utilizando solo el compresor paralelo (etapa 516). La etapa 516 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 512) de que la presión dentro del tanque receptor está entre la presión umbral del compresor paralelo y la presión umbral de la válvula de derivación de gas

(por ejemplo, $P_{umb_comp} < P_{rec} < P_{umb_válvula}$). Controlar P_{rec} utilizando solo el compresor paralelo puede ser una alternativa energéticamente más eficiente que utilizar solo la válvula de derivación de gas que se utiliza para controlar P_{rec} . Las etapas 516 y 512 pueden repetirse (por ejemplo, cada vez que se reciba una nueva edición de presión P_{rec}) hasta que P_{rec} deje de estar dentro del intervalo entre P_{umb_comp} y $P_{umb_válvula}$.

Todavía haciendo referencia a la figura 11, se muestra que el proceso 500 incluye desactivar el compresor paralelo y restablecer las presiones umbrales a sus valores originales (etapa 514). La etapa 514 puede realizarse en respuesta a una determinación (por ejemplo, en la etapa 512) de que la presión dentro del tanque receptor es menor que la presión umbral del compresor paralelo (por ejemplo, $P_{rec} < P_{umb_comp}$). El restablecimiento de las presiones umbrales puede provocar que $P_{umb_válvula}$ y P_{umb_comp} vuelvan a sus valores originales (por ejemplo, aproximadamente 40 bares y aproximadamente 42 bares respectivamente).

Después de restablecer las presiones umbrales, el proceso 500 puede repetirse de manera iterativa, comenzando con la etapa 504. Debido a que $P_{umb_válvula}$ es ahora menor que P_{umb_comp} , una vez que la presión dentro del tanque receptor se eleva por encima de $P_{umb_válvula}$, P_{rec} puede controlarse una vez más utilizando solo la válvula de derivación de gas (etapa 506). De manera ventajosa, utilizar solo la válvula de derivación de gas para controlar P_{rec} puede impedir que el compresor paralelo se active y se desactive rápidamente, conservando así la energía y prolongando la vida útil del compresor paralelo.

La construcción y disposición de los elementos del sistema de refrigeración por CO_2 y del sistema de control de presión tal como se muestran en las realizaciones a modo de ejemplo son solo ilustrativos. Aunque solo unas pocas realizaciones se han descrito en detalle en esta divulgación, son posibles muchas modificaciones (por ejemplo, variaciones de tamaños, dimensiones, estructuras, formas y proporciones de los diversos elementos, valores de parámetros, arreglos de montaje, uso de materiales, colores, orientaciones, etc.). Por ejemplo, la posición de los elementos puede invertirse o modificarse de otro modo y la naturaleza o el número de elementos o posiciones discretas pueden alterarse o modificarse. Por consiguiente, todas esas modificaciones pretenden incluirse dentro del alcance de la presente divulgación. El orden o la secuencia de cualquier etapa de proceso o método puede variarse o secuenciarse de nuevo según realizaciones alternativas. Pueden realizarse otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones en el diseño, condiciones de funcionamiento y disposición de las realizaciones a modo de ejemplo sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

La presente divulgación contempla métodos, sistemas y productos de programa en cualquier medio legible por máquina para realizar diversas operaciones. Las realizaciones de la presente divulgación pueden implementarse utilizando procesadores informáticos existentes, o por un procesador informático de propósito especial para un sistema apropiado, incorporado para este u otro propósito, o por un sistema cableado. Las realizaciones dentro del alcance de la presente divulgación incluyen productos de programa que comprende medios legibles por máquina para llevar o que tiene instrucciones ejecutables por máquina o estructuras de datos almacenadas en ellos. Dichos medios legibles por máquina pueden ser cualquier medio disponible a los que se pueda acceder mediante una computadora de propósito general o especial u otra máquina con un procesador. A modo de ejemplo, tales soportes legibles por máquina pueden incluir RAM, ROM, EPROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda utilizarse para transportar o almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones ejecutables por máquina o estructuras de datos y a las que se puede acceder mediante una computadora de uso general o especial u otra máquina con un procesador. Cuando se transfiere o se proporciona información a través de una red u otra conexión de comunicaciones (ya sea cableada, inalámbrica o una combinación de cableada o inalámbrica) a una máquina, la máquina ve correctamente la conexión como un medio legible por máquina. Por lo tanto, cualquier conexión de este tipo se denomina correctamente un medio legible por máquina. Las combinaciones de lo anterior también se incluyen dentro del alcance de los medios legibles por máquina. Las instrucciones ejecutables por máquina incluyen, por ejemplo, instrucciones y datos que hacen que un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial o máquinas de procesamiento de propósito especial realicen una determinada función o grupo de funciones.

Aunque las figuras muestran un orden específico de etapas del método, el orden de las etapas puede diferir del que se muestra. También se pueden realizar dos o más etapas simultáneamente o con concurrencia parcial. Dicha variación dependerá del software y los sistemas de hardware elegidos y de la elección del diseñador. Todas estas variaciones están dentro del alcance de la divulgación. Del mismo modo, las implementaciones de software podrían llevarse a cabo con técnicas de programación estándar con lógica basada en reglas y otra lógica para llevar a cabo las diversas etapas de conexión, etapas de procesamiento, etapas de comparación y etapas de decisión.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para controlar la presión que comprende:
 - 5 un sistema de refrigeración por CO₂ (100) que comprende un tanque receptor (6), un compresor (14) y un refrigerador/condensador de gas (2);
 - un sensor de presión configurado para medir una presión dentro del tanque receptor (6);
 - 10 una válvula de derivación de gas (8) conectada en comunicación de fluido a una salida del tanque receptor (6) y dispuesta en serie con el compresor (14);
 - un compresor paralelo (36) conectado en comunicación de fluido a la salida del tanque receptor (6) y dispuesto en paralelo con la válvula de derivación de gas (8); y
 - 15 un controlador (106) configurado para:
 - recibir (202) una medición de presión desde el sensor de presión;
 - 20 determinar (204) una presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) basándose en la medición del sensor de presión;
 - comparar (504) la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) con una primera presión umbral ($P_{umb_válvula}$) y una segunda presión umbral (P_{umb_comp}) superior a la primera presión umbral ($P_{umb_válvula}$); y caracterizado porque el controlador se configura para
 - 25 controlar (506, 508) la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) utilizando:
 - 30 solo la válvula de derivación de gas (8) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) está entre la primera presión umbral ($P_{umb_válvula}$) y la segunda presión umbral (P_{umb_comp}), y
 - tanto la válvula de derivación de gas (8) como el compresor paralelo (36) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) excede la segunda presión umbral (P_{umb_comp}).
 - 35 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador (106) comprende un módulo de control extensivo (174) configurado para:
 - 40 recibir (302) una indicación de un caudal de refrigerante de CO₂ ($pos_{derivación}$) a través de la válvula de derivación de gas (8);
 - recibir (312) la medición de presión (P_{rec}) desde el sensor de presión; y
 - 45 hacer funcionar (318) tanto la válvula de derivación de gas (8) como el compresor paralelo (36) en respuesta tanto a la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ ($pos_{derivación}$) como a la medición de la presión (P_{rec}).
 3. Sistema según la reivindicación 2, en el que el módulo de control extensivo (174) se configura además para:
 - 50 comparar (304) la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ ($pos_{derivación}$) con un valor umbral (pos_{umb}), indicando el valor umbral (pos_{umb}) un caudal umbral a través de la válvula de derivación de gas (8); y
 - activar el compresor paralelo (36) en respuesta a la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ ($pos_{derivación}$) que excede el valor umbral (pos_{umb}).
 - 55 4. Sistema según las reivindicaciones 2 o 3, en el que la indicación del caudal de CO₂ ($pos_{derivación}$) es una de: una posición de la válvula de derivación de gas (8), un caudal volumétrico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas (8), y un caudal másico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas (8).
 - 60 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el controlador (106) comprende un módulo de control intensivo (175) configurado para:
 - recibir (402) una indicación de temperatura de refrigerante de CO₂;
 - 65 recibir (412) la medición de presión (P_{rec}) desde el sensor de presión; y

hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas (8) como el compresor paralelo (36) en respuesta tanto a la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ (T_{salida}) como a la medición de presión (P_{rec}).

- 5 6. Sistema según la reivindicación 5, en el que la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ (T_{salida}) indica una temperatura de refrigerante de CO₂ en una salida del refrigerador/condensador de gas (2).
7. Sistema según la reivindicación 5, en el que el módulo de control intensivo (175) se configura además para:
 10 comparar (404) la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ (T_{salida}) con un valor umbral (T_{umb}), indicando el valor umbral (T_{umb}) una temperatura umbral para el refrigerante de CO₂;
 activar el compresor paralelo (36) en respuesta a la indicación de la temperatura de refrigerante de CO₂ (T_{salida}) que excede el valor umbral (T_{umb}).
- 15 8. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador (106) está configurado además para:
 ajustar la primera presión umbral (P_{umb_válvula}) y la segunda presión umbral (P_{umb_comp}) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor excede la segunda presión umbral (P_{umb_comp}),
 20 en el que ajustar la primera presión umbral (P_{umb_válvula}) implica aumentar la primera presión umbral (P_{umb_válvula}) a un primer valor de presión umbral ajustado y en el que ajustar la segunda presión umbral (P_{umb_comp}) implica disminuir la segunda presión umbral (P_{umb_comp}) a un segundo valor de presión umbral ajustado inferior al primer valor de presión umbral ajustado.
- 25 9. Sistema según la reivindicación 8, en el que después de ajustar la primera presión umbral (P_{umb_válvula}) y la segunda presión umbral (P_{umb_comp}), el controlador (106) se configura para:
 30 controlar (516) la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) utilizando únicamente el compresor paralelo (36) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) está entre la primera presión umbral ajustada y la segunda presión umbral ajustada, y
 desactivar el compresor paralelo (36) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) es menor que la segunda presión umbral ajustada.
- 35 10. Sistema según la reivindicación 8, en el que el controlador (106) se configura además para:
 40 restablecer la primera presión umbral (P_{umb_válvula}) y la segunda presión umbral (P_{umb_comp}) a valores de presión umbral no ajustados en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) es menor que la segunda presión umbral ajustada.
11. Método para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂ que utiliza el sistema para controlar la presión de la reivindicación 1, comprendiendo el método:
 45 recibir (202), en el controlador (106), una medición que indica una presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6);
 determinar (204) la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) basándose en la medición;
 50 comparar (504) la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) con una primera presión umbral (P_{umb_válvula}) y una segunda presión umbral (P_{umb_comp}) superior a la primera presión umbral (P_{umb_válvula}); y
 caracterizado por
 55 controlar (506, 508) la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) utilizando:
 solo la válvula de derivación de gas (8) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) está entre la primera presión umbral (P_{umb_válvula}) y la segunda presión umbral (P_{umb_comp}),
 60 y
 tanto la válvula de derivación de gas (8) como el compresor paralelo (36) en respuesta a una determinación de que la presión (P_{rec}) dentro del tanque receptor (6) excede la segunda presión umbral (P_{umb_comp}).
- 65 12. Método según la reivindicación 11, que comprende, además:
 recibir (302) una indicación de un caudal de refrigerante de CO₂ (pos_{derivación}) a través de la válvula de

derivación de gas (8); y

hacer funcionar (318) tanto la válvula de derivación de gas (8) como el compresor paralelo (36) en respuesta tanto a la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ (pos_{derivación}) como a la medición del sensor de presión.

- 5
13. Método según la reivindicación 12, que comprende, además:
- 10
- comparar (304) la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ (pos_{derivación}) con un valor umbral (pos_{umb}), indicando el valor umbral (pos_{umb}) un caudal umbral a través de la válvula de derivación de gas (8); y
- 15
14. Método según la reivindicación 12, en el que la indicación del caudal de refrigerante de CO₂ (pos_{derivación}) es una de: una posición de la válvula de derivación de gas (8), un caudal volumétrico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas (8), y un caudal másico del refrigerante de CO₂ a través de la válvula de derivación de gas (8).

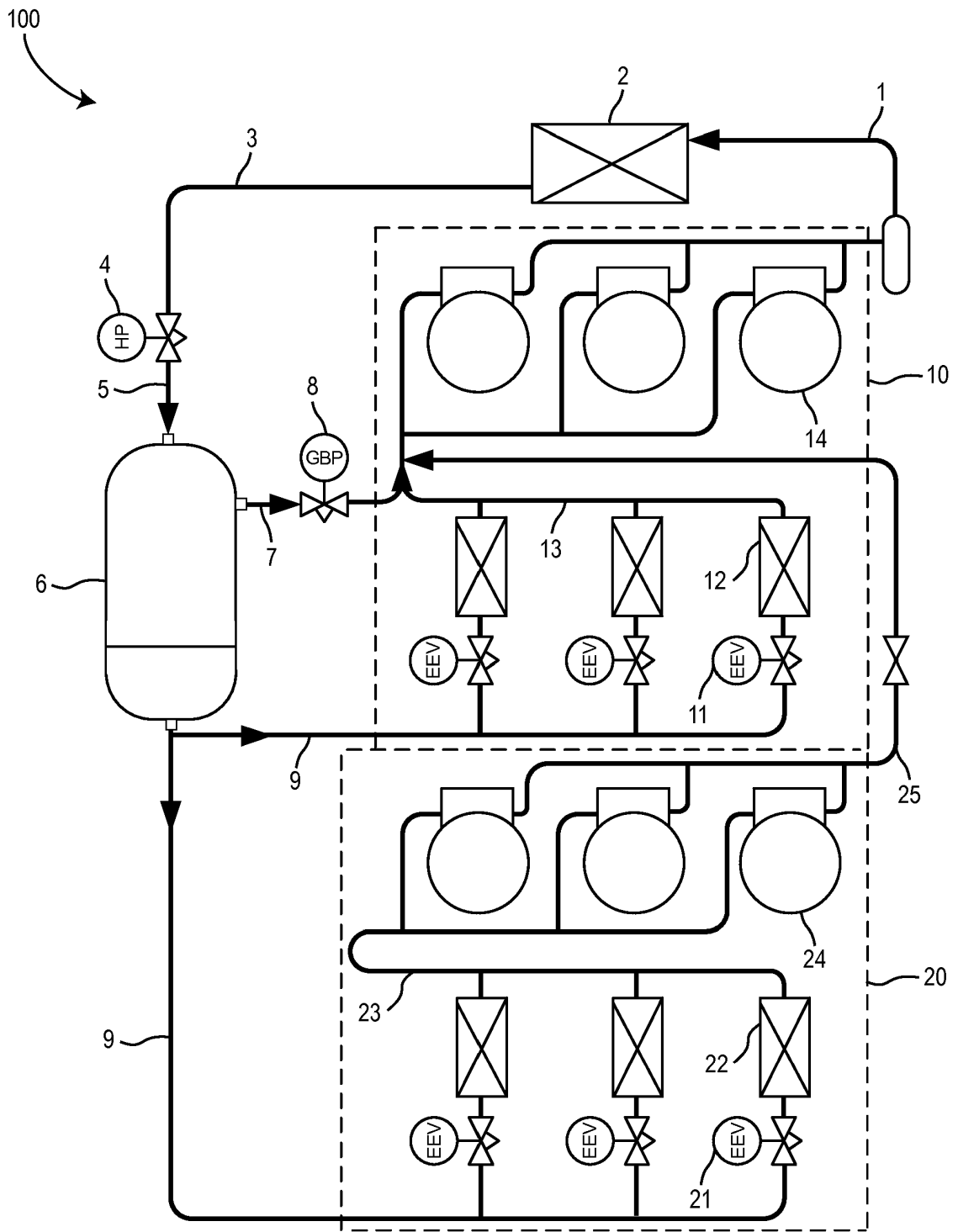


FIG. 1

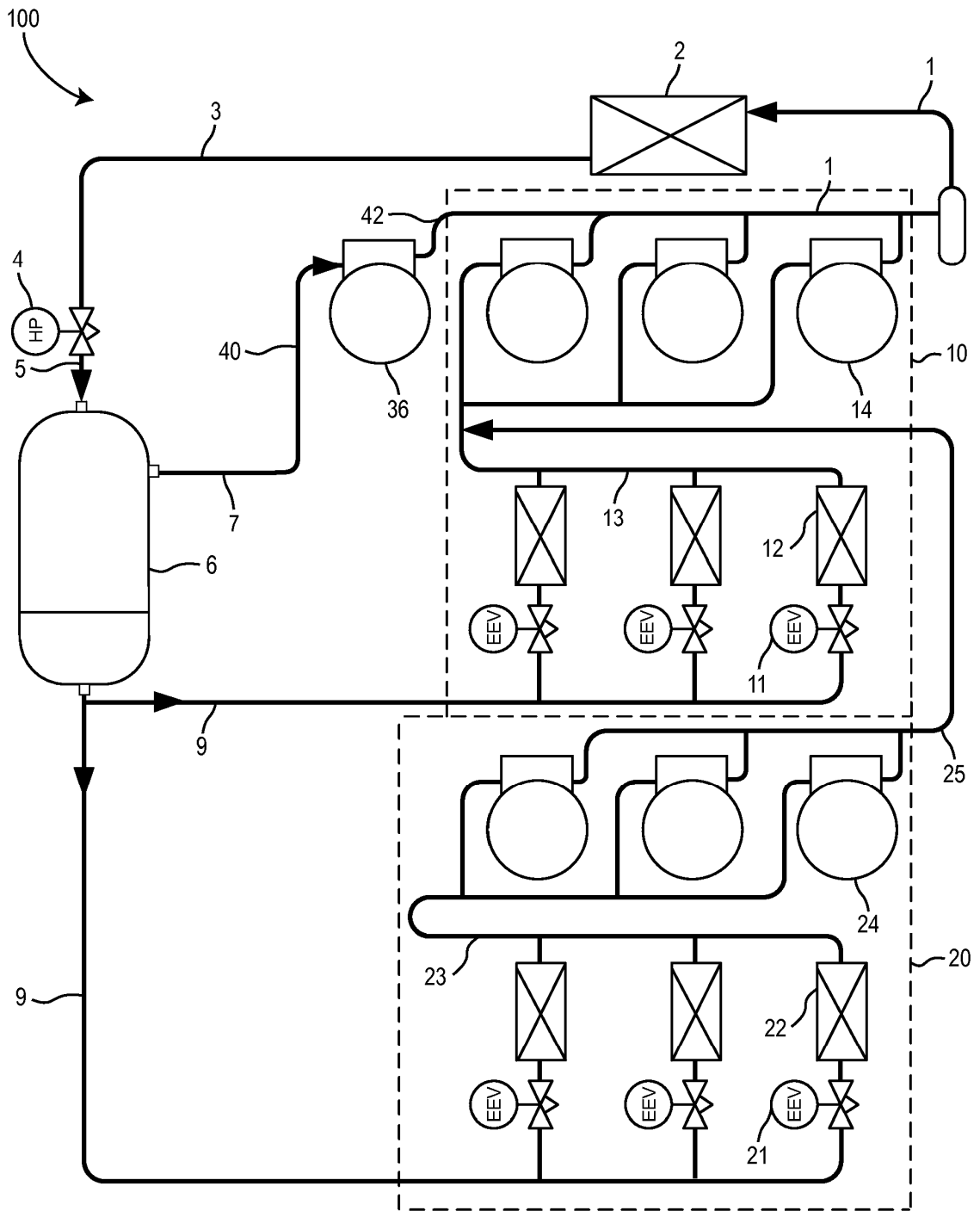


FIG. 2

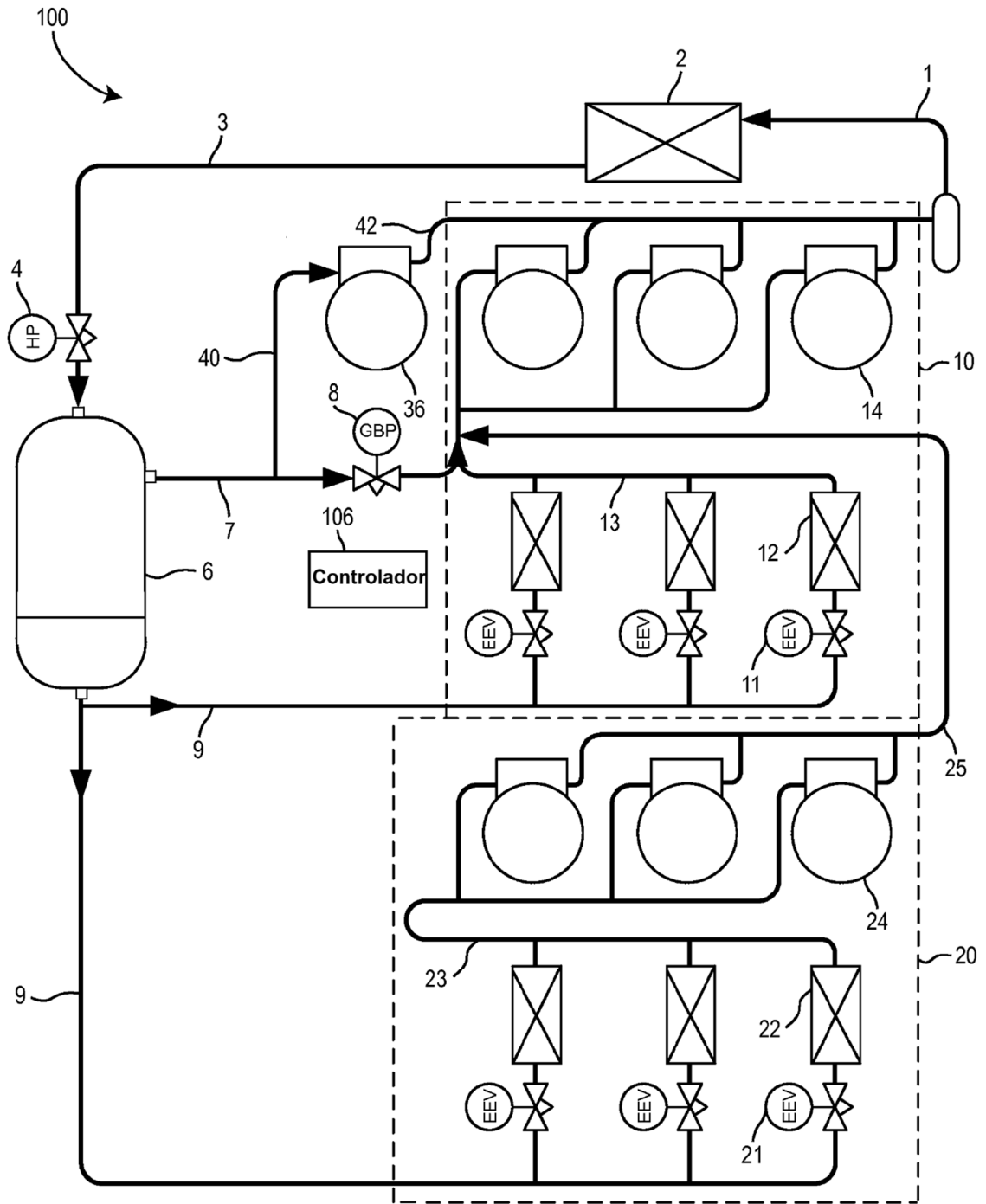


FIG. 3

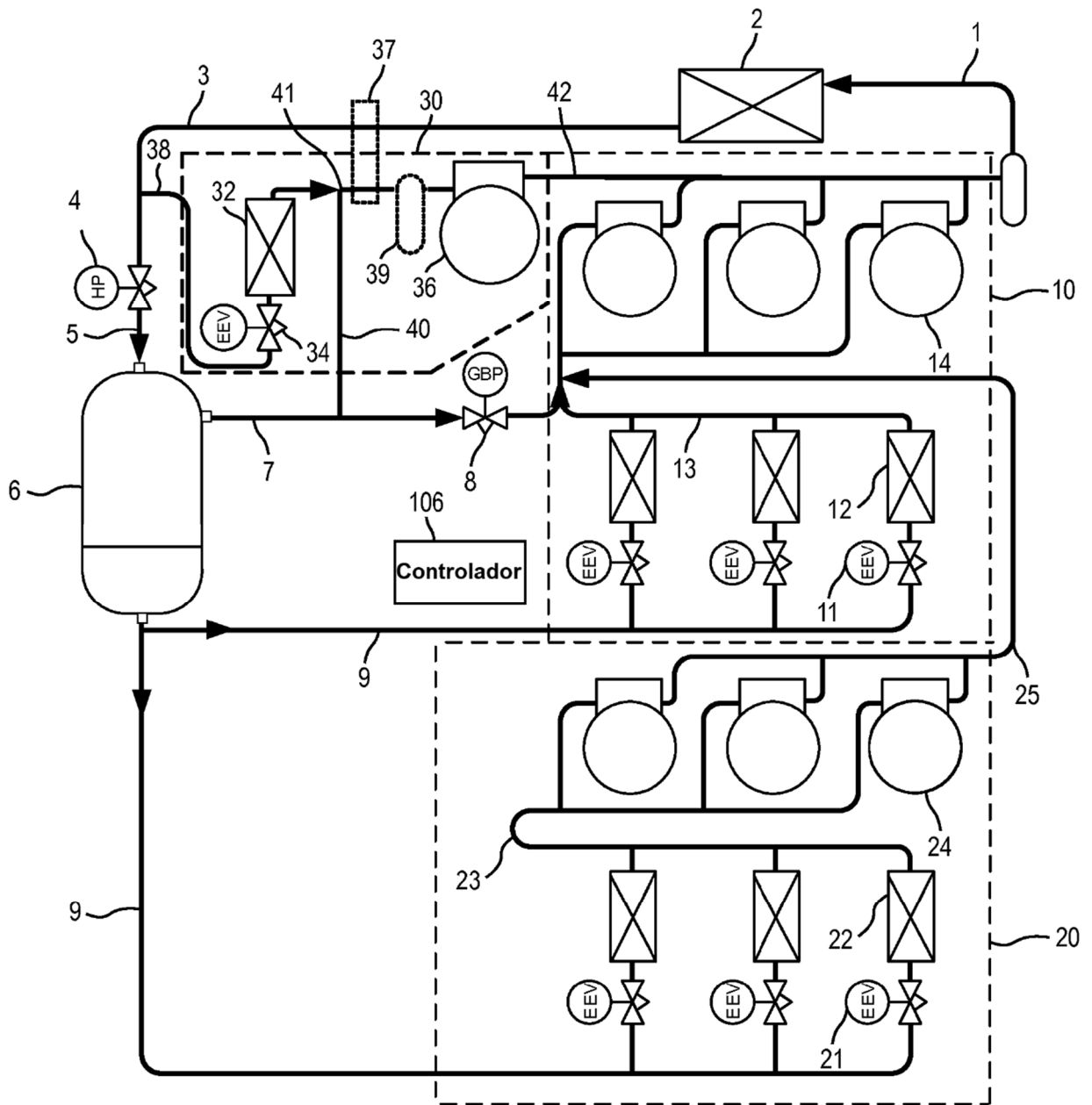


FIG. 4

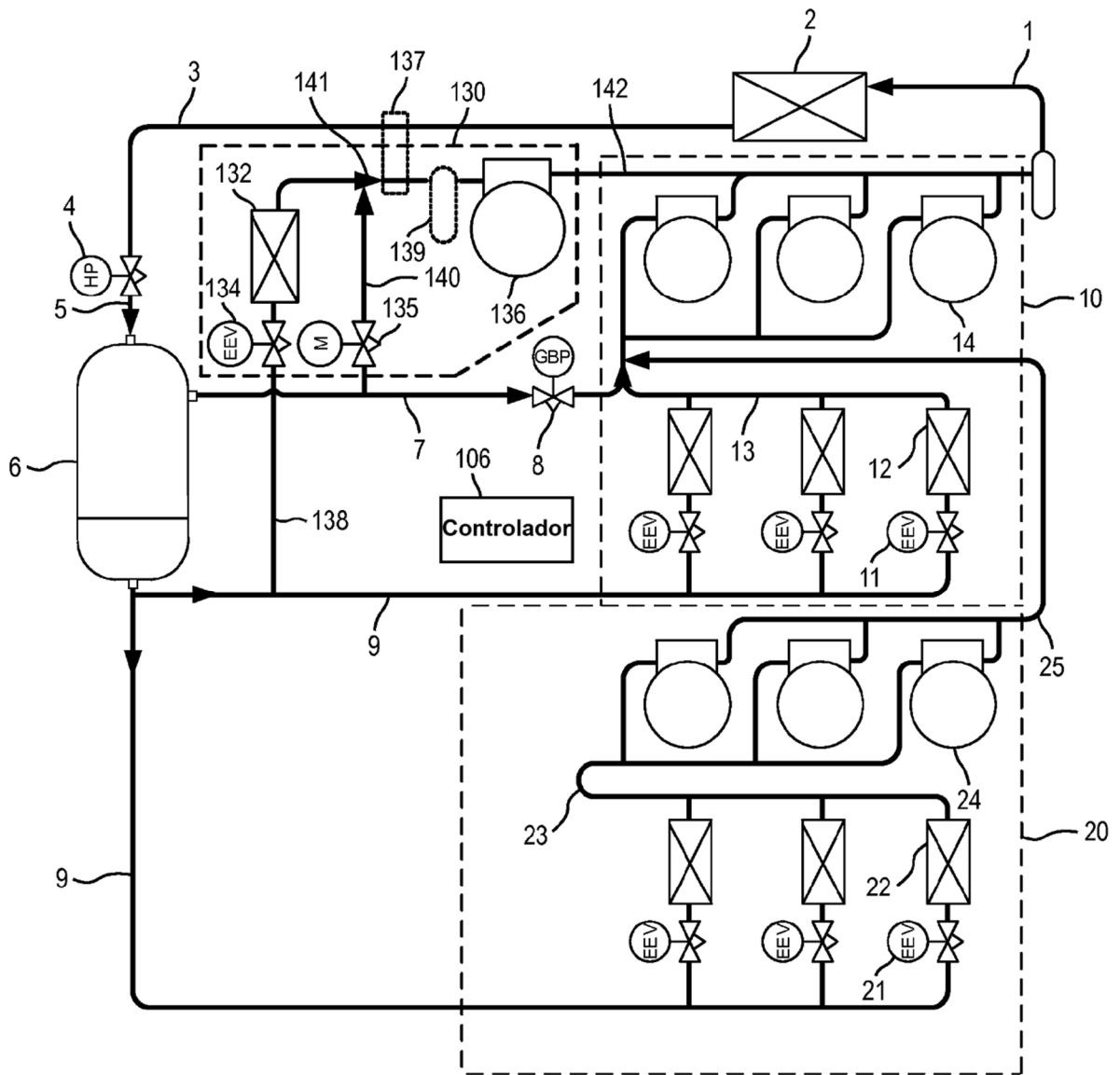


FIG. 5

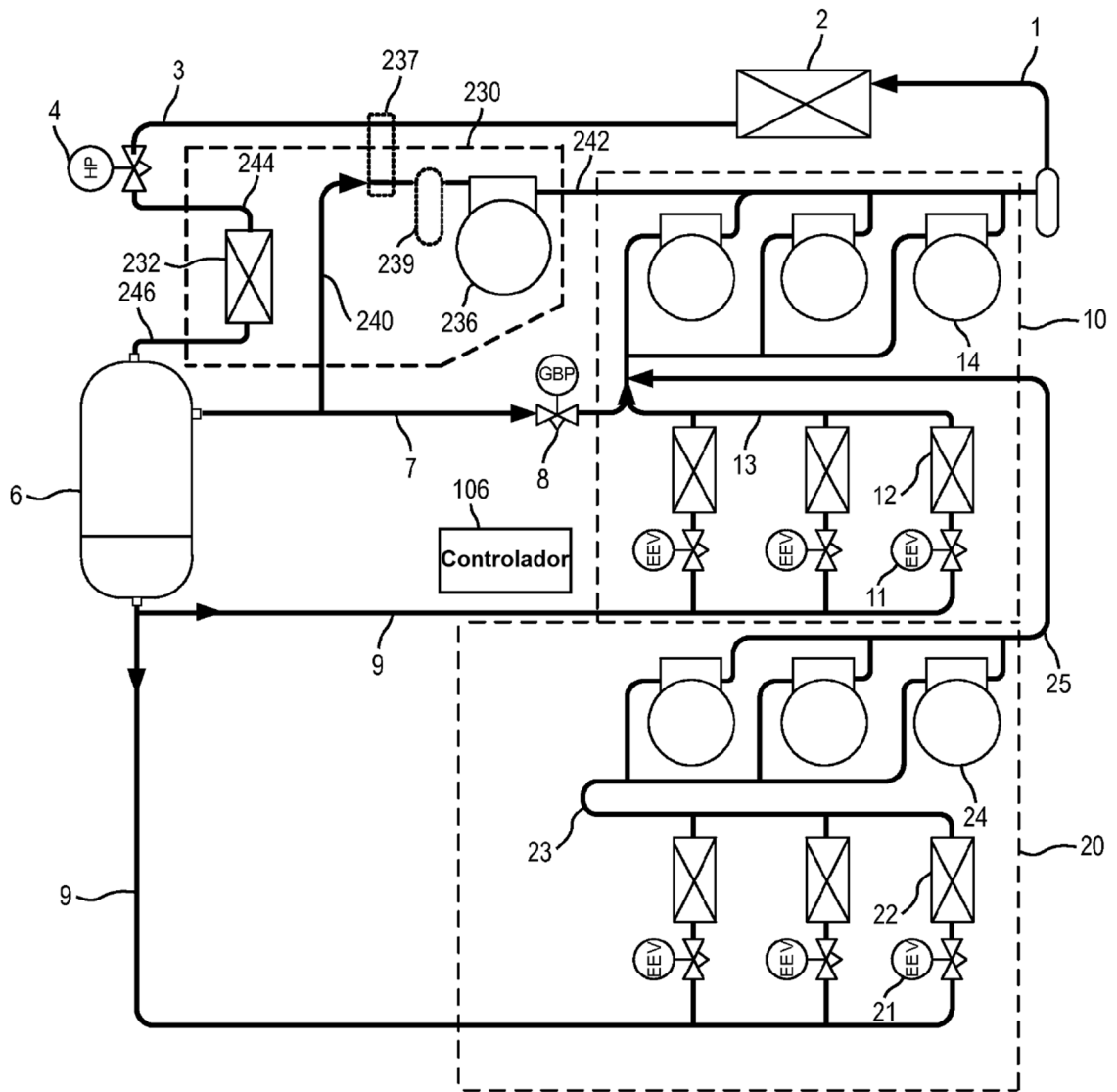


FIG. 6

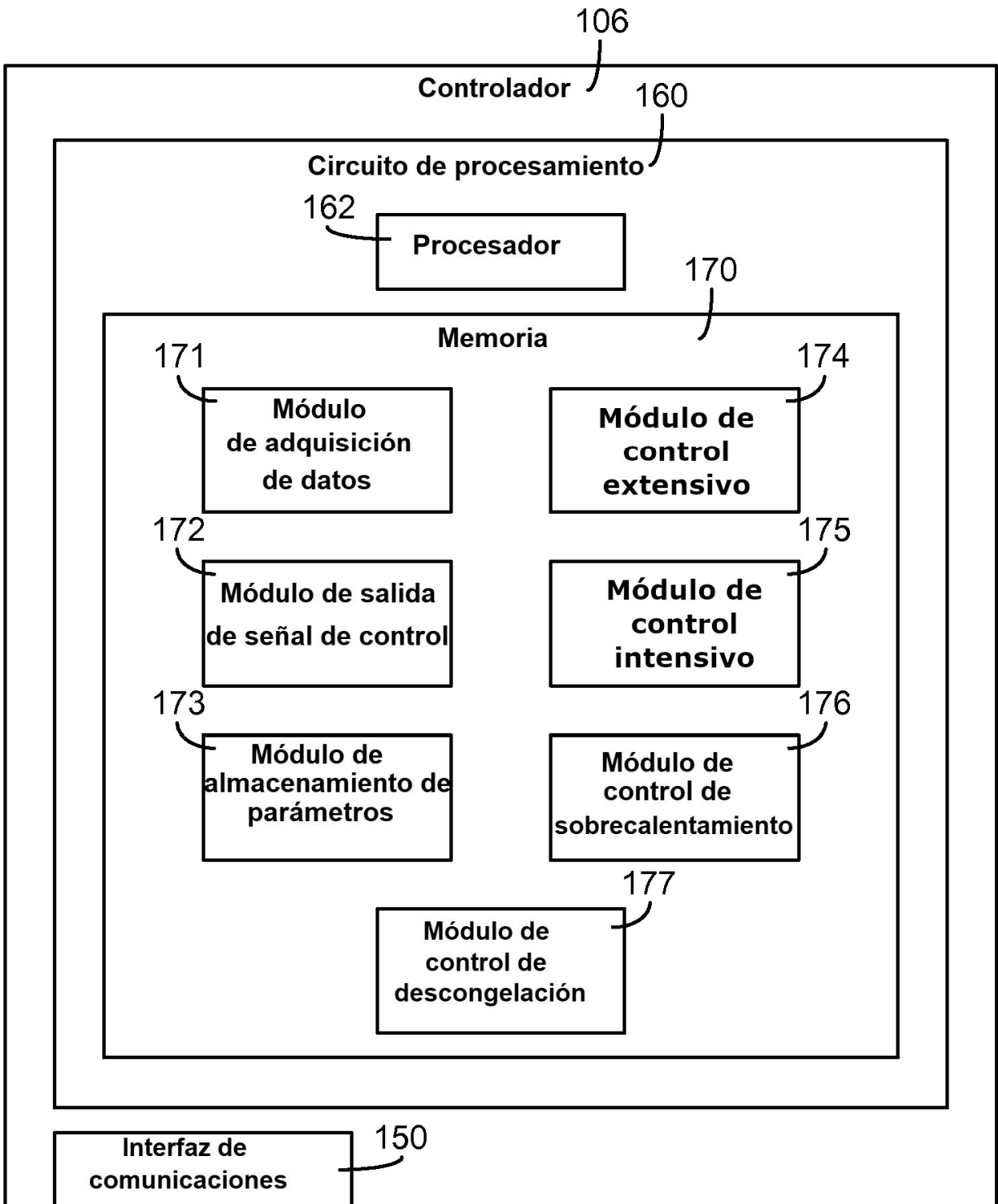


FIG. 7

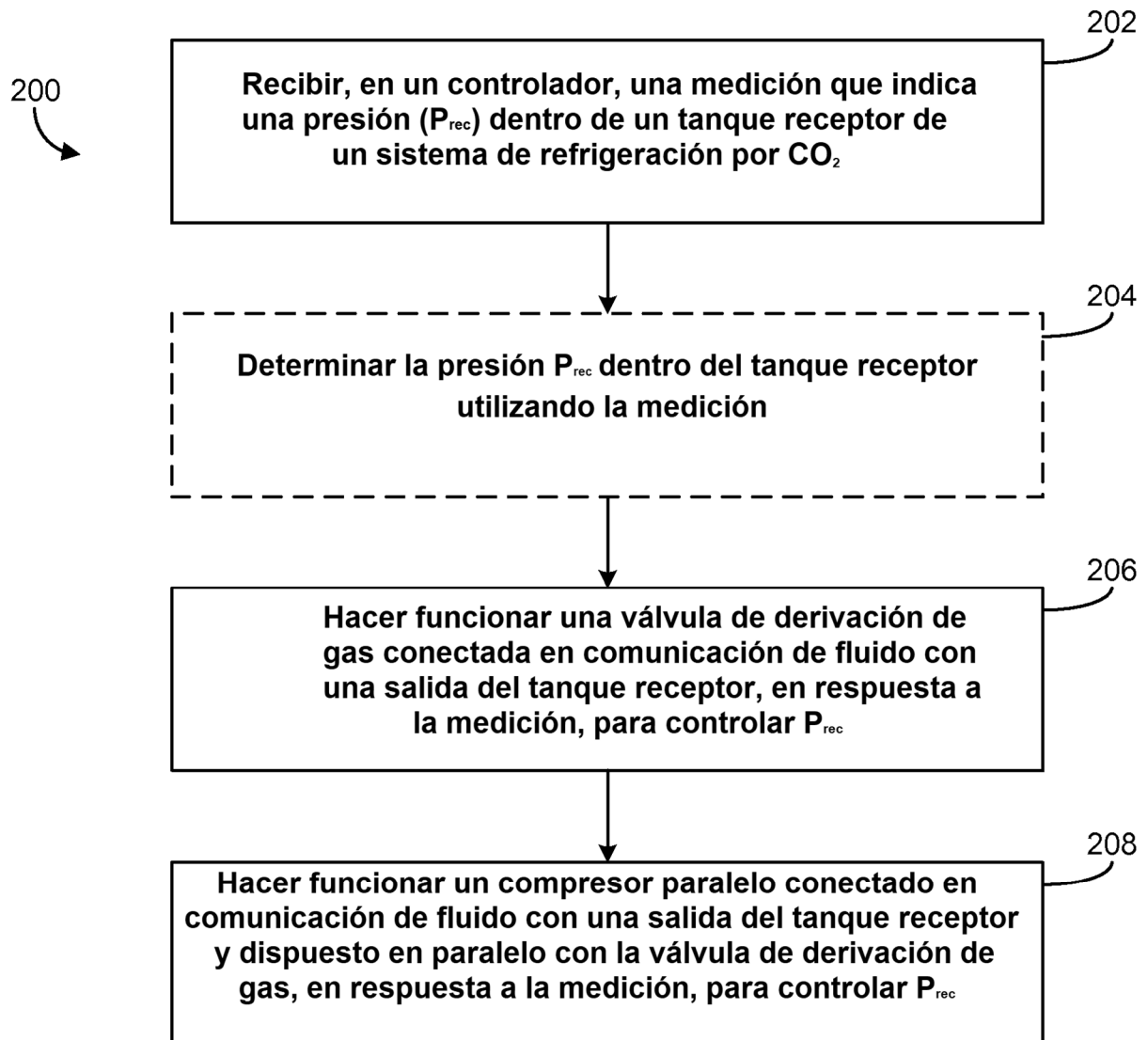
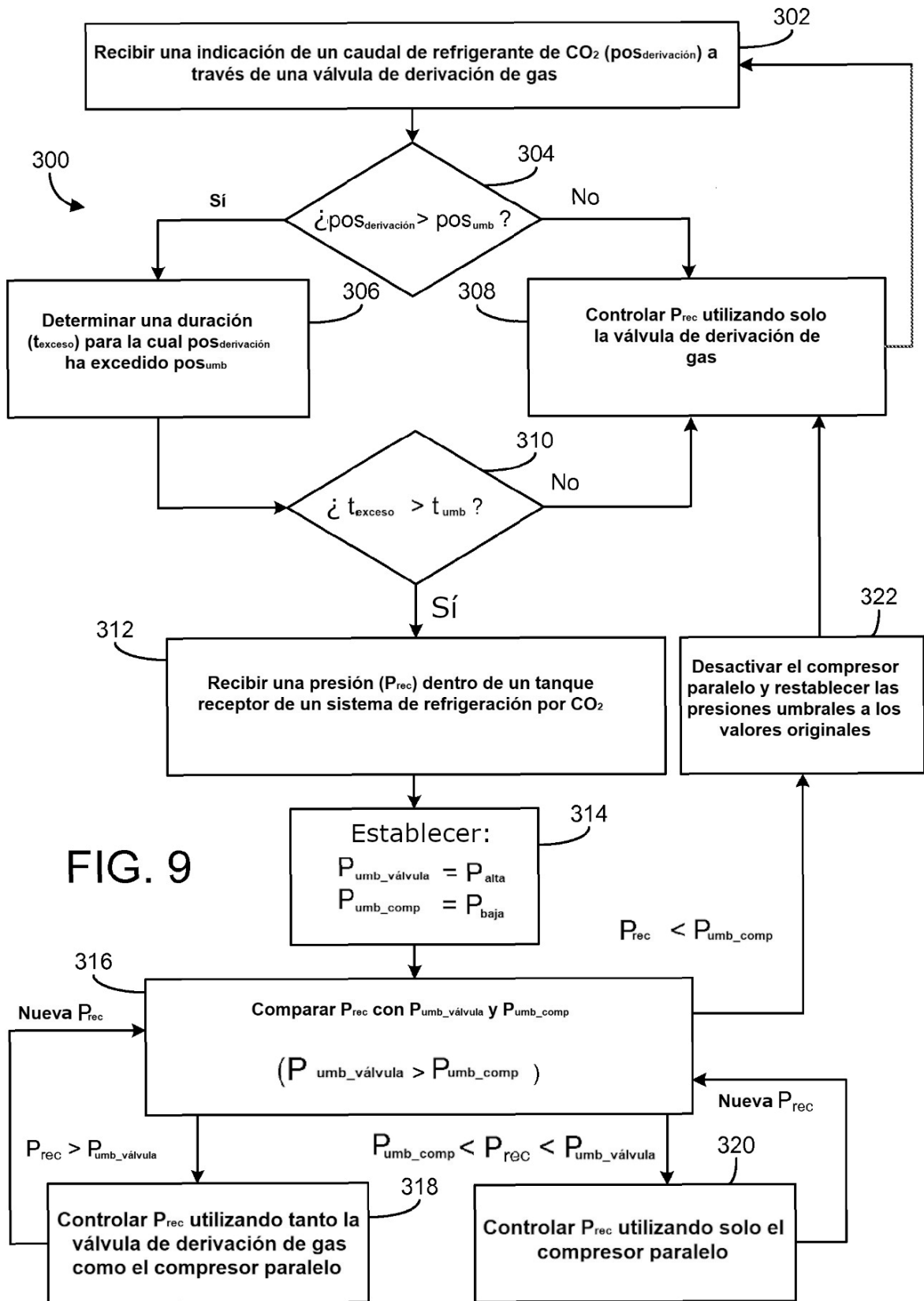


FIG. 8



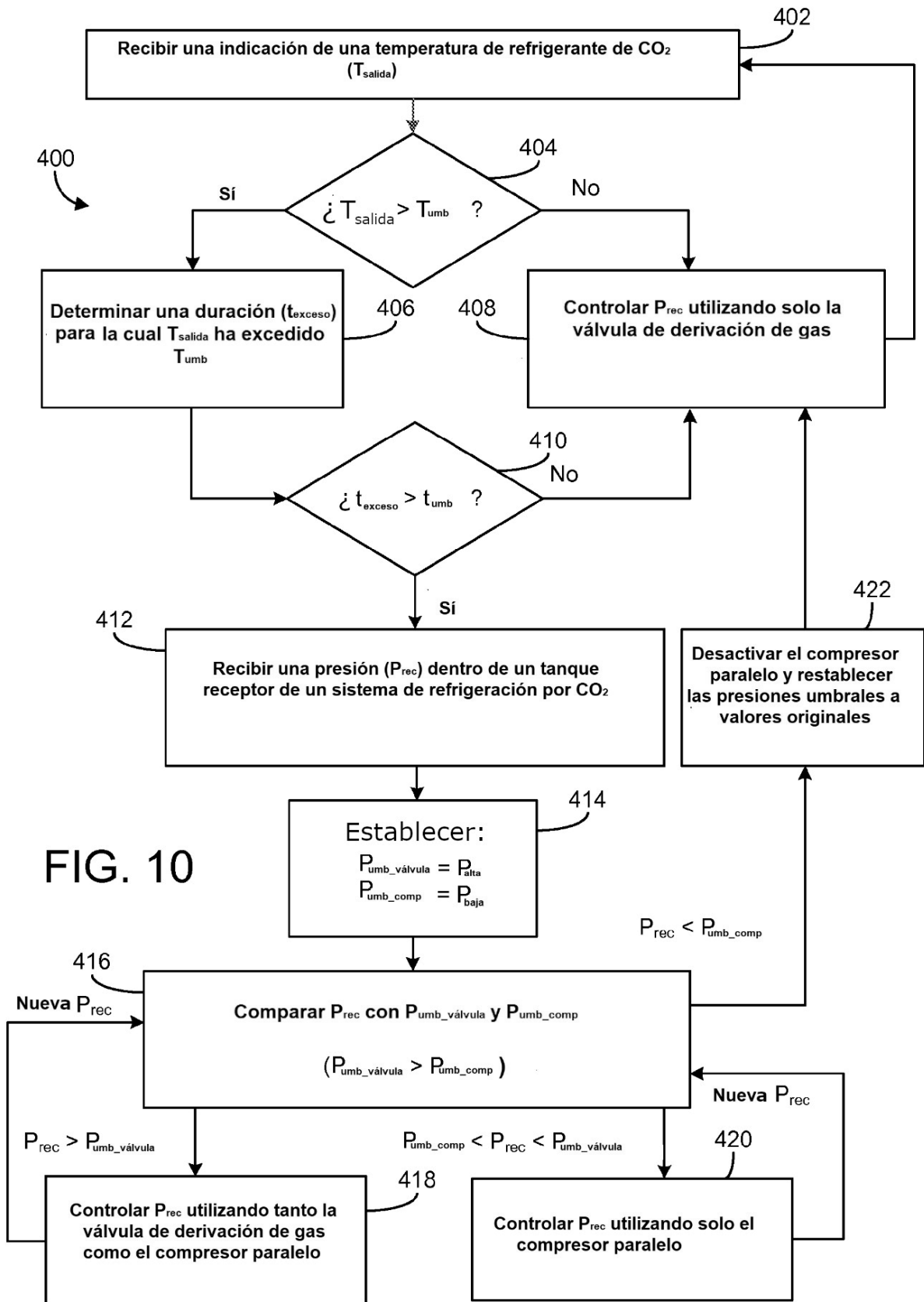


FIG. 10

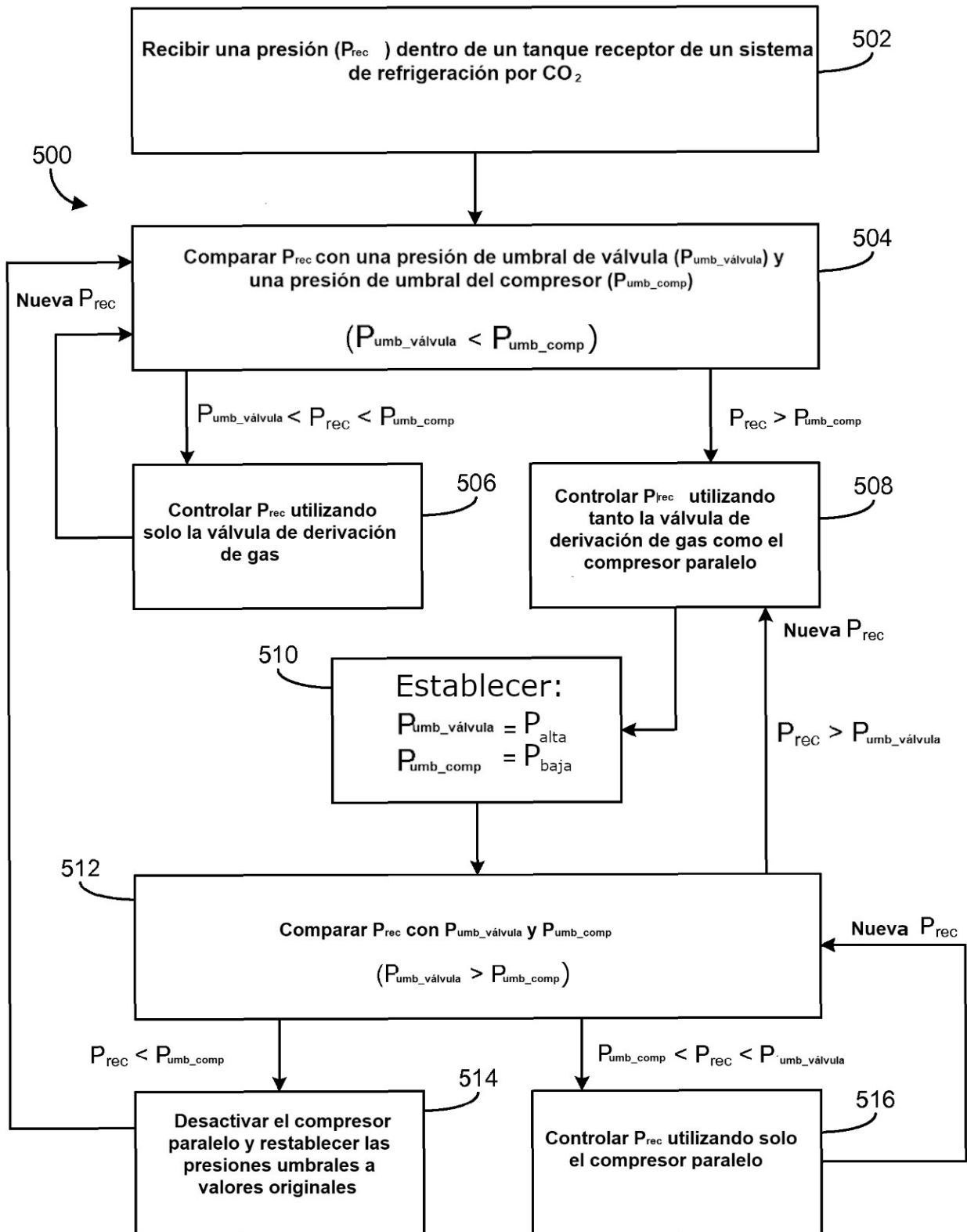


FIG. 11