

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 674**

51 Int. Cl.:

F04D 29/58	(2006.01)
F01D 15/08	(2006.01)
F04B 35/00	(2006.01)
F04D 25/16	(2006.01)
F04D 29/54	(2006.01)
F25B 11/02	(2006.01)
F04D 25/02	(2006.01)
F04D 29/051	(2006.01)
F04D 29/058	(2006.01)
F04D 25/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2014 PCT/JP2014/077109**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2015 WO15068522**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2014 E 14860246 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 3056744**

54 Título: **Compresor con expansor integrado, refrigerador y procedimiento operativo para el refrigerador**

30 Prioridad:

11.11.2013 JP 2013233149

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2018

73 Titular/es:

**MAYEKAWA MFG. CO., LTD. (100.0%)
14-15, Botan 3-chome
Koto-ku Tokyo 135-8482, JP**

72 Inventor/es:

**UEDA, SHOTA;
MACHIDA, AKITO y
KUDO, MIZUO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 652 674 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

Compresor con expansor integrado, refrigerador y procedimiento operativo para el refrigerador

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere a un compresor con expansor integrado, a un refrigerador y a un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador.

Antecedentes

10 Como un compresor para realizar la carrera de compresión en el ciclo de refrigeración en un refrigerador, se usa un compresor que emplea un cojinete sin contacto, tal como un cojinete magnético, como cojinete para el eje de salida del motor que acciona el compresor. El cojinete sin contacto soporta un eje de rotación, por ejemplo, de un eje de salida de un motor sin contacto. De esta manera, en comparación con un cojinete de elementos rodantes, que soporta un eje de rotación en contacto con el eje de rotación, un cojinete sin contacto no causa pérdida por fricción mecánica con un eje de rotación y tiene una durabilidad excelente debido a la ausencia de fricción. De esta manera, un compresor que emplea un cojinete sin contacto, tal como un cojinete magnético, como el cojinete para el eje de salida del motor, se usa cuando se supone que el motor se usará a una velocidad de rotación elevada, por ejemplo.

15 El documento de patente 1 describe un compresor de turbina que emplea un cojinete magnético en el que un impulsor de turbina está montado en un extremo y un impulsor de compresor está montado en el otro extremo de un eje y el eje está soportado por el cojinete magnético, lo cual es un ejemplo de un compresor con expansor integrado que emplea un cojinete sin contacto, tal como se ha descrito anteriormente.

Lista de citas**20 Literatura de patentes**

Documento de patente 1 US 2007/0101755 A1

Sumario**Problema técnico**

25 Cuando el compresor con expansor integrado descrito en el documento de patente 1 es empleado para un refrigerador, una parte de la energía de expansión generada cuando un fluido se expande en el expansor se recupera y la energía de expansión recuperada es usada como energía de rotación para el eje de rotación del motor para accionar el compresor. De esta manera, puede reducirse la potencia para el motor y puede mejorarse el coeficiente de rendimiento (Coefficient of Performance, COP).

En este sentido, con el fin de mejorar adicionalmente la eficiencia energética, se desea mejorar adicionalmente el COP.

30 Un objetivo de al menos una realización es proporcionar un compresor con expansor integrado, un refrigerador y un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador, capaces de mejorar el COP de un refrigerador.

Solución al problema

35 Un compresor con expansor integrado según al menos una realización de la presente invención incluye: un motor; un compresor conectado a un eje de salida del motor y configurado para ser accionado por el motor para comprimir el fluido; un expansor conectado al eje de salida del motor y configurado para expandir el fluido para recuperar la potencia para el eje de salida desde el fluido; en el que al menos un cojinete sin contacto está dispuesto entre el compresor y el expansor, y configurado para soportar el eje de salida sin contacto; una carcasa para alojar el motor, el compresor, el expansor y el al menos un cojinete sin contacto; y una línea de extracción provista de manera que esté en comunicación con una región entre el compresor y el expansor en un espacio interno de la carcasa, y configurada para extraer y enviar al menos una parte del fluido de escape desde un lado del compresor hacia un lado en el expansor en el espacio interno de la carcasa, desde la región hasta una línea de fluido conectada a un lado de admisión o a un lado de descarga del compresor fuera de la carcasa. La carcasa está configurada para sellar la región desde el exterior de la carcasa, de manera que un flujo de la al menos una parte del fluido de escape a través de la línea de extracción sea el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa.

45 En el compresor con expansor integrado, la región entre el expansor y el compresor, en el espacio interno de la carcasa, no es originalmente una trayectoria de flujo del fluido de trabajo. De esta manera, normalmente se proporcionan sellos entre el compresor y la región descrita anteriormente y entre el expansor y la región descrita anteriormente de manera que el fluido de trabajo no escape desde el compresor o desde el expansor a la región descrita anteriormente. Sin embargo,

incluso si se proporcionan dichos sellos, es difícil sellar completamente el fluido de trabajo para prevenir que escape desde el lado del compresor.

5 Como resultado de un estudio extensivo realizado por los presentes inventores, estos han descubierto que una parte del fluido de trabajo comprimido por el compresor puede escaparse a través de un pequeño hueco en el sello, desde el lado del compresor a través de la región al lado del expansor, y que el fluido de escape que ha fluido al interior del lado del expansor y que tiene una temperatura elevada puede causar una reducción en la eficacia adiabática del expansor.

10 Los presentes inventores han realizado el compresor con expansor integrado según la realización anterior en base al descubrimiento indicado anteriormente y, en la realización anterior, la línea de extracción se proporciona de manera que esté comunicada con la región entre el compresor y el expansor en el espacio interno de la carcasa, y al menos una parte del fluido de escape desde el lado del compresor hacia el lado del expansor en la carcasa es extraída y es enviada desde la región a una línea de fluido conectada al lado de admisión o al lado de descarga del compresor fuera de la carcasa. De esta manera, se reduce el fluido de escape que tiene una temperatura elevada que fluye hacia el lado del expansor, y se reduce la transferencia de calor desde el fluido de escape a temperatura elevada al expansor, de manera que es posible suprimir la reducción en la eficacia adiabática del expansor debida al fluido de escape desde el lado del compresor. De esta manera, es posible mejorar el COP del refrigerador empleando el compresor con expansor integrado.

20 Además, si la carcasa no está sellada desde el exterior y se permite que un gas distinto del fluido de escape desde la región hacia la línea de fluido fluya desde el exterior de la carcasa al interior de la región, puede haber una transferencia de calor desde el gas que fluye desde el exterior de la carcasa a la región al lado del expansor que tiene una temperatura relativamente baja. De esta manera, no solo el fluido de escape, sino también un gas que ha fluido desde el exterior de la carcasa a la región, puede ser un factor no deseado de entrada de calor al lado del expansor, e incluso si se proporciona una línea de extracción, es difícil suprimir eficazmente dicha entrada no deseada de calor al lado del expansor. Por el contrario, en el compresor con expansor integrado según la realización anterior, la región está sellada desde el exterior de la carcasa de manera que el flujo de la al menos una parte del fluido de escape a través de la línea de extracción es el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa. De esta manera, el factor no deseado de entrada de calor en el lado del expansor es básicamente solo el fluido de escape. De esta manera, mediante la formación de un flujo del fluido de trabajo para introducir al menos una parte del fluido de escape desde el lado del compresor hacia el lado del expansor en la región a la línea de fluido, es posible suprimir de manera efectiva la entrada no deseada de calor al lado del expansor y, de esta manera, mejorar notablemente el COP.

25 En algunas realizaciones, el compresor con expansor integrado comprende además al menos un segundo compresor distinto del compresor descrito anteriormente. El segundo compresor está conectado al eje de salida del motor.

30 En algunas realizaciones, el compresor con expansor integrado comprende además al menos un segundo compresor distinto del compresor descrito anteriormente. El segundo compresor está conectado a un segundo eje de salida distinto del eje de salida del motor.

35 Un refrigerador según al menos una realización de la presente invención comprende: una parte de refrigeración para enfriar un objeto a ser enfriado mediante un intercambio de calor con un refrigerante; un compresor con expansor integrado que tiene un compresor para comprimir el refrigerante y un expansor integrado para expandir el refrigerante; y una línea de circulación de refrigerante configurada para permitir que el refrigerante circule a través del compresor, el expansor y la parte de refrigeración. El compresor con expansor integrado comprende: un motor; el compresor conectado a un eje de salida del motor y configurado para ser accionado por el motor para comprimir el refrigerante; el expansor conectado al eje de salida del motor y configurado para expandir el refrigerante para recuperar la potencia para el eje de salida desde el refrigerante; al menos un cojinete sin contacto dispuesto entre el compresor y el expansor, y configurado para soportar el eje de salida sin contacto; una carcasa para alojar el motor, el compresor, el expansor y el al menos un cojinete sin contacto; y una línea de extracción provista para estar en comunicación con una región entre el compresor y el expansor en un espacio interno de la carcasa, y configurada para extraer y enviar al menos una parte del refrigerante de escape desde un lado del compresor hacia un lado en el expansor en el espacio interno de la carcasa, desde la región a la línea de circulación de refrigerante conectada a un lado de admisión o un lado de descarga del compresor fuera de la carcasa. La carcasa está configurada para sellar la región desde el exterior de la carcasa, de manera que un flujo de la al menos una parte del fluido de escape a través de la línea de extracción sea el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa.

40 En el refrigerador según la realización anterior, el compresor con expansor integrado tiene la línea de extracción provista de manera que esté en comunicación con la región entre el compresor y el expansor en el espacio interno de la carcasa, y al menos una parte del refrigerante de escape desde el lado del compresor hacia el lado del expansor en la carcasa es extraída y es enviada desde la región a una línea de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión o al lado de descarga del compresor fuera de la carcasa. De esta manera, se reduce el refrigerante de escape que tiene una temperatura elevada que fluye hacia el lado del expansor, y se reduce la transferencia de calor desde el refrigerante de escape a temperatura elevada al expansor, de manera que es posible suprimir la reducción en la eficacia adiabática del

expansor debida al refrigerante de escape desde el lado del compresor. De esta manera, es posible mejorar el COP del refrigerador empleando el compresor con expansor integrado.

Además, si la carcasa no está sellada desde el exterior y se permite que un gas distinto del refrigerante de escape desde la región hacia la línea de circulación de refrigerante fluya desde el exterior de la carcasa a la región, puede haber una transferencia de calor desde el gas que fluye desde la parte exterior de la carcasa a la región al lado del expansor que tiene una temperatura relativamente baja. De esta manera, no solo el refrigerante de escape, sino también un gas que ha fluido desde el exterior de la carcasa a la región, puede ser un factor no deseado de entrada de calor al lado del expansor, e incluso si se proporciona una línea de extracción, es difícil suprimir de manera efectiva dicha entrada no deseada de calor al lado del expansor. Por el contrario, en el refrigerador según la realización anterior, la región está sellada desde el exterior de la carcasa de manera que el flujo de la al menos una parte del refrigerante de escape a través de la línea de extracción sea el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa. De esta manera, el factor no deseado de entrada de calor al lado del expansor es básicamente solo el refrigerante de escape. De esta manera, mediante la formación de un flujo del fluido de trabajo para introducir al menos una parte del refrigerante de escape desde el lado del compresor hacia el lado del expansor en la región a la línea de fluido, es posible suprimir de manera efectiva la entrada no deseada de calor al lado del expansor y, de esta manera, mejorar notablemente el COP.

El compresor con expansor integrado comprende además una válvula de extracción provista en la línea de extracción para ajustar la cantidad de extracción del refrigerante de escape, y un controlador para controlar la válvula de extracción. El controlador está configurado para controlar un grado de apertura de la válvula de extracción en base a al menos uno de entre un COP del refrigerador o una diferencia de temperaturas del refrigerante entre una temperatura en el lado de admisión y una temperatura en el lado de descarga del expansor.

El COP de un refrigerador puede obtenerse a partir del COP (COP_b) basado en el consumo de potencia representado por la fórmula (1) siguiente, el COP (COP_c) basado en la potencia de compresión representado por la fórmula (2) siguiente, o similar:

$$COP_b = \frac{(h_6 - h_5) \cdot G}{P} \quad (1)$$

$$COP_c = \frac{h_6 - h_5}{h_2 - h_1} \quad (2)$$

donde, en las fórmulas (1) y (2) anteriores, G es el caudal másico [kg/s] del refrigerante que circula en la línea de circulación de refrigerante, P es potencia (consumo de potencia) [W] del motor, h_1 es la entalpía [J/kg] en la entrada del compresor, h_2 es la entalpía [J/kg] en la salida del compresor, h_5 es la entalpía [J/kg] en la entrada de un intercambiador de calor para la parte de refrigeración, y h_6 es la entalpía [J/kg] en la salida del intercambiador de calor para la parte de refrigeración.

El calor que fluye al lado del expansor debido al refrigerante de escape disminuye a medida que aumenta la cantidad de extracción del refrigerante de escape enviado a la línea de circulación de refrigerante. Por otra parte, si la cantidad de extracción es excesiva, aumenta la cantidad de refrigerante de escape que es comprimida por el compresor, pero que no circula en la línea de circulación de refrigerante y no contribuye a la refrigeración de un objeto a enfriar, lo que puede conducir a un aumento de la potencia del motor usada para la compresión y a una reducción de la eficiencia del compresor. De esta manera, hay una cantidad de extracción (cantidad de extracción para COP máximo) con la que el COP del refrigerador que emplea el compresor con expansor integrado es el más elevado.

En vista de esto, el refrigerador anterior según la realización anterior tiene un controlador configurado para controlar un grado de apertura de la válvula de extracción en base a al menos uno de entre un COP del refrigerador o una diferencia de temperaturas del refrigerante entre una temperatura en el lado de admisión y una temperatura en el lado de descarga del compresor. De esta manera, mediante el control de la cantidad de extracción en base a al menos uno de entre el COP del refrigerador o la diferencia de temperaturas del refrigerante entre la temperatura en el lado de admisión y la temperatura en el lado de descarga del expansor, de manera que la cantidad de extracción sea un valor cercano a la cantidad de extracción para el COP máximo, dependiendo de las condiciones operativas, es posible mejorar el COP del refrigerador.

En una operación en la que los cambios en las condiciones son pequeños, el grado de apertura puede ser ajustado con una válvula manual, y el grado de apertura puede ser constante.

Un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador según una realización de la presente invención es un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador que incluye un compresor con expansor integrado, y el compresor con expansor integrado comprende: un motor; un compresor conectado a un eje de salida del motor; un expansor conectado al eje de salida del motor; al menos un cojinete sin contacto dispuesto entre el compresor y el expansor y configurado para soportar el eje de salida sin contacto; y una carcasa para alojar el motor, el compresor, el expansor y el al menos un cojinete sin contacto. La carcasa está configurada para sellar una región entre el compresor y el expansor en un espacio interno de la carcasa desde el exterior de la carcasa, de manera que un flujo de al menos una parte del fluido de escape a través de una línea de extracción sea el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa. El procedimiento incluye: una etapa de compresión para comprimir un refrigerante usando el compresor; una etapa de expansión para expandir el refrigerante comprimido en la etapa de compresión usando el expansor; una etapa de refrigeración para enfriar un objeto a enfriar mediante un intercambio de calor con el refrigerante expandido en la etapa de expansión; y una etapa de extracción para extraer y enviar, a través de la línea de extracción provista para estar en comunicación con la región, al menos una parte del refrigerante de escape desde un lado en el compresor hacia un lado en el expansor en el espacio interno de la carcasa, desde la región a una línea de circulación de refrigerante conectada a un lado de admisión o un lado de descarga del compresor fuera de la carcasa.

Según el procedimiento operativo según la realización anterior, en la etapa de extracción, al menos una parte del refrigerante de escape desde el lado del compresor hacia el lado del expansor en la carcasa es extraída y es enviada desde la región a una línea de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión o al lado de descarga del compresor fuera de la carcasa a través de la línea de extracción provista para estar en comunicación con la región entre el compresor y el expansor en el espacio interno de la carcasa del compresor con expansor integrado. De esta manera, se reduce el refrigerante de escape que tiene una temperatura elevada que fluye al lado del expansor, y se reduce la transferencia de calor desde el refrigerante de escape a temperatura elevada al expansor, de manera que es posible suprimir la reducción en la eficacia adiabática del expansor debida al refrigerante de escape desde el lado del compresor. De esta manera, es posible mejorar el COP del refrigerador empleando el compresor con expansor integrado.

Además, si la carcasa no está sellada desde el exterior y se permite que un gas distinto del refrigerante de escape desde la región hacia la línea de circulación de refrigerante fluya desde el exterior de la carcasa a la región, puede haber una transferencia de calor desde el gas que fluye desde el exterior de la carcasa a la región al lado del expansor que tiene una temperatura relativamente baja. De esta manera, no solo el refrigerante de escape, sino también un gas que ha fluido desde el exterior de la carcasa a la región puede ser un factor no deseado de entrada de calor al lado del expansor, e incluso si se proporciona una línea de extracción, es difícil suprimir de manera efectiva dicha entrada no deseada de calor al lado del expansor. Por el contrario, en el procedimiento operativo según la realización anterior, la región está sellada desde el exterior de la carcasa de manera que el flujo de la al menos una parte del refrigerante de escape a través de la línea de extracción sea el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa. De esta manera, el factor no deseado de entrada de calor en el lado del expansor es básicamente solo el refrigerante de escape. De esta manera, mediante la formación de un flujo del fluido de trabajo para introducir al menos una parte del refrigerante de escape desde el lado del compresor hacia el lado del expansor en la región a la línea de fluido, es posible suprimir de manera efectiva la entrada no deseada de calor al lado del expansor y, de esta manera, mejorar notablemente el COP.

En algunas realizaciones, el procedimiento de operación comprende además una etapa de ajuste de la cantidad de extracción para ajustar una cantidad de extracción desde la región en el espacio interno de la carcasa al lado de admisión del compresor, en base a al menos uno de entre un COP del refrigerador o una diferencia de temperaturas del refrigerante entre una temperatura en el lado de admisión y una temperatura en el lado de descarga del compresor.

En este caso, debido a que la cantidad de extracción es ajustada en base a al menos uno de entre el COP del refrigerador o una diferencia de temperaturas del refrigerante entre una temperatura en el lado de admisión y una temperatura en el lado de descarga del compresor, es posible mejorar el COP del refrigerador.

45 Efectos ventajosos

Según al menos una realización de la presente invención, es posible reducir la transferencia de calor desde el fluido que ha escapado desde el lado del compresor en la carcasa del compresor con expansor integrado al expansor, para mejorar de esta manera el coeficiente de rendimiento (COP) del refrigerador

Breve descripción de los dibujos

50 La Fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra un compresor con expansor integrado según una realización.

La Fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra un refrigerador según una realización.

La Fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra un refrigerador según una realización.

La Fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra un refrigerador según una realización.

La Fig. 5 es un gráfico que muestra una comparación de la relación de eficacia adiabática entre un refrigerador según una realización y un refrigerador según un ejemplo comparativo.

La Fig. 6 es un gráfico que muestra una comparación de la relación de capacidad de refrigeración entre un refrigerador según una realización y un refrigerador según un ejemplo comparativo.

5 La Fig. 7 es un gráfico que muestra una comparación de la relación de COP entre un refrigerador según una realización y un refrigerador según un ejemplo comparativo.

Descripción detallada

10 A continuación, se describirán en detalle las realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, a menos que se especifique particularmente, se pretende que las dimensiones, los materiales, las formas, las posiciones relativas, etc., de los componentes descritos en las realizaciones sean interpretados solo como ilustrativos, y no como limitativos, del alcance de la presente invención.

La Fig. 1 es un diagrama esquemático de un compresor con expansor integrado según una realización. Tal como se ilustra en la Fig. 1, un compresor 1 con expansor integrado incluye un motor 2, un compresor 4, un expansor 6, cojinetes 32, 34 y 36 sin contacto, una carcasa 9 y una línea 24 de extracción.

15 El compresor 4 está conectado a un eje 3 de salida del motor 2, y está configurado para ser accionado por el motor 2 para comprimir el fluido. Por otra parte, el expansor 6 está conectado al eje 3 de salida del motor 2, y está configurado para expandir el fluido para recuperar potencia para el eje 3 de salida desde el fluido. El motor 2 puede estar provisto entre el compresor 4 y el expansor 6, tal como se ilustra en la Fig. 1. En otra realización, el motor 2 puede estar provisto fuera del compresor 4 y el expansor (es decir, el motor 2, el compresor 4 y el expansor 6 pueden estar provistos en este orden en la
20 dirección axial del eje 3 de salida).

25 El eje 3 de salida del motor 2 está soportado sin contacto por cojinetes 32, 34 magnéticos radiales y un cojinete 36 magnético de empuje (en adelante, en la presente descripción, denominados también cojinetes 32, 34, 36 sin contacto o cojinetes 32, 34, 36 magnéticos) que están provistos entre el compresor 4 y el expansor 6, sin contacto. Los cojinetes 32, 34 magnéticos radiales están provistos en los lados opuestos en la dirección axial del eje 3 de salida, y causan que el eje 3 de salida levite por medio de la fuerza magnética para soportar la carga radial del eje 3 de salida. Por otra parte, el cojinete 36 magnético de empuje en un lado del motor 2 (entre el motor 2 y el expansor 6 en la realización ilustrada en la Fig. 1) en la dirección axial del eje 3 de salida, y soporta la carga de empuje del eje 3 de salida por medio de la fuerza magnética, de manera que se forma un hueco entre el cojinete 36 magnético de empuje y un disco 37 de rotor axial.

30 La carcasa 9 aloja el motor 2, el compresor 4, el expansor 6 y los cojinetes 32, 34 magnéticos radiales y el cojinete 36 magnético de empuje.

El cojinete 36 magnético de empuje y el disco 37 de rotor axial provisto en el eje 3 de salida pueden estar dispuestos entre el compresor 4 y el motor 2.

35 En algunas realizaciones, en el interior de la carcasa 9 del compresor 1 con expansor integrado, hay provista una parte 44 de sellado para suprimir el escape del fluido de trabajo desde el compresor 4 al espacio interno de la carcasa 9. Puede proporcionarse también una parte 64 de sellado para suprimir el escape del fluido de trabajo desde el expansor 6 al espacio interno de la carcasa 9. Las partes 44, 64 de sellado pueden ser, por ejemplo, sellos laberínticos. En este caso, los sellos 44, 64 laberínticos pueden estar provistos en el lado de la cara posterior del impulsor 42 del compresor 4 o del rotor 62 de la turbina del expansor 6 y entre la carcasa 9 y el impulsor 42 o el rotor 62 de la turbina, y provistos alrededor del eje 3 de salida y entre el eje 3 de salida y la carcasa 9, respectivamente, tal como se ilustra en la Fig. 1.

40 No obstante, incluso cuando la parte 44 de sellado está provista para suprimir el escape del fluido de trabajo desde el compresor 4 al espacio interno de la carcasa 9, es difícil prevenir completamente el escape del fluido de trabajo desde el compresor 4 al espacio interno de la carcasa 9. Es decir, en el interior de la carcasa 9 del compresor 1 con expansor integrado, una parte del fluido de trabajo comprimido por el compresor 4 para tener una temperatura más alta fluye desde el lado del compresor 4 hacia la región 5 a través de un pequeño hueco en la parte 44 de sellado para sellar la región 5
45 desde el lado posterior del impulsor 42 del compresor. El fluido de escape que fluye desde el lado del compresor 4 a la región 5 pasa a través de huecos entre el eje 3 de salida y los cojinetes 32, 34, 36 magnéticos y se escapa además al lado del expansor 6 donde la temperatura de funcionamiento es relativamente baja en comparación con la temperatura de funcionamiento del compresor 4.

50 De esta manera, debido al fluido de escape que tiene una temperatura elevada desde el lado del compresor 4, se introduce de manera no deseada calor al expansor 6 y, de esta manera, puede reducirse la eficacia adiabática del expansor 6.

Según la invención, se proporciona una línea 24 de extracción para extraer al menos una parte del fluido de escape en la carcasa 9 desde el lado del compresor 4 al lado del expansor 6 y para enviar la al menos una parte del fluido de escape a una línea de fluido conectada al lado de admisión o al lado de descarga del compresor 4 fuera de la carcasa 9.

5 La línea 24 de extracción se proporciona de manera que esté en comunicación con la región 5 entre el compresor 4 y el expansor 6 en el espacio interno de la carcasa 9. En una realización, la línea 24 de extracción se extiende a lo largo de la dirección radial para penetrar en la carcasa 9. La posición en la dirección axial de la línea de extracción no está particularmente limitada, y la línea 24 de extracción puede estar formada en la misma posición que el disco 37 de rotor axial provisto en el eje 3 de salida, en la dirección axial, tal como se ilustra en la Fig. 1.

10 Mediante la provisión de la línea 24 de extracción, puede reducirse la cantidad de fluido de escape a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6 y puede reducirse, de esta manera, la transferencia de calor desde el fluido de escape a alta temperatura al expansor 6. De esta manera, es posible suprimir la reducción en la eficacia adiabática del expansor 6 debida al fluido de escape desde el lado del compresor 4 y mejorar, de esta manera, el COP del refrigerador empleando el compresor con expansor integrado.

15 Según la invención, la carcasa 9 está configurada para sellar la región 5 desde el exterior de la carcasa 9 de manera que el flujo de la al menos una parte del fluido de escape a través de la línea 24 de extracción sea el único flujo del fluido entre la región 5 y el exterior de la carcasa 9.

20 Si la carcasa 9 no está sellada desde el exterior y se permite que un gas distinto al fluido de escape desde la región 5 hacia la línea de fluido fluya desde el exterior de la carcasa 9 a la región 5, puede haber una transferencia de calor desde el gas que fluye desde el exterior de la carcasa 9 a la región 5, al lado del expansor 6, que tiene una temperatura relativamente baja. De esta manera, además del fluido de escape, el gas que fluye desde el exterior de la carcasa 9 a la región 5 puede ser también un factor no deseado de entrada de calor al lado del expansor 6 e, incluso si se proporciona la línea 24 de extracción, es difícil prevenir de manera eficaz factores no deseados de introducción de calor al lado del expansor 6. Por el contrario, en el compresor 1 con expansor integrado según la realización, la región 5 está sellada desde el exterior de la carcasa 9 de manera que el flujo de la al menos una parte del fluido de escape a través de la línea 24 de extracción sea el único flujo de fluido entre la región y el exterior de la carcasa 9. De esta manera, el fluido de escape es básicamente el único factor no deseado de introducción de calor al lado del expansor 6. De esta manera, mediante la formación del flujo del fluido de trabajo, mediante el uso de la línea 24 de extracción, para introducir al menos una parte del fluido de escape desde el lado del compresor 4 hacia el lado del expansor 6 en la región 5, es posible prevenir de manera efectiva una introducción no deseada de calor al lado del expansor 6, para mejorar notablemente de esta manera el COP.

En algunas realizaciones, el compresor con expansor integrado incluye además un segundo compresor que es diferente del compresor descrito anteriormente, y el segundo compresor está conectado al eje de salida del motor.

Por ejemplo, un segundo compresor, un compresor 4 y un expansor 6 pueden estar conectados al eje 3 de salida del motor 2 de manera que el segundo compresor, el compresor 4, el motor 2 y el expansor 6 estén dispuestos en este orden.

35 Además, en algunas realizaciones, el compresor 1 con expansor integrado puede incluir al menos dos segundos compresores distintos del compresor 4.

40 El al menos un segundo compresor puede estar conectado a un eje de salida de un motor distinto del motor 2 y accionado por este motor. Por ejemplo, un segundo compresor puede estar conectado a cada uno de los lados opuestos del eje de salida de un motor distinto del motor 2, es decir, el compresor con expansor integrado puede tener tres compresores para un expansor.

A continuación, se describirá un refrigerador según las realizaciones, con referencia a la Fig. 2 a la Fig. 4.

Cada una de la Fig. 2 a la Fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra un refrigerador según una realización.

45 Tal como se ilustra en la Fig. 2 a la Fig. 4, un refrigerador 100 incluye una parte 16 refrigerante para enfriar un objeto a enfriar, un compresor 1 con expansor integrado que tiene un compresor 4 y un expansor 6 integrado, y una línea 22 de circulación de refrigerante. En el refrigerador 100 ilustrado en la Fig. 2 a la Fig. 4, el compresor 1 con expansor integrado, tal como se ilustra en la Fig. 1, que tiene la línea 24 de extracción, es usado como el compresor 1 con un expansor integrado.

50 En algunas realizaciones, tal como se ilustra en la Fig. 2 a la Fig. 4, el compresor 4, un intercambiador 12 de calor, un intercambiador 14 de calor de recuperación de calor frío, el expansor 6 y la parte 16 de refrigeración están dispuestos en este orden en la línea 22 de circulación de refrigerante, y la línea 22 de circulación de refrigerante está configurada para permitir que un refrigerante circule a través de estos dispositivos.

El compresor 4 está conectado a un eje 3 de salida del motor 2 y está configurado para ser accionado por el motor 2 para comprimir el fluido. El expansor 6 está conectado al eje 3 de salida del motor 2 y está configurado para expandir el fluido para recuperar potencia para el eje 3 de salida desde el fluido.

5 El intercambiador 12 de calor se proporciona para enfriar el refrigerante mediante un intercambio de calor con agua de refrigeración, y el intercambiador 14 de calor de recuperación de calor frío se proporciona para recuperar un calor frío del refrigerante.

La parte 16 refrigerante se proporciona para enfriar el objeto a enfriar mediante un intercambio de calor con el refrigerante.

10 El refrigerante que circula en la línea 22 de circulación de refrigerante es comprimido por el compresor 4 para que tenga una temperatura y una presión mayores y, a continuación, es enfriado mediante un intercambio de calor con agua de refrigeración en el intercambiador 12 de calor provisto en el lado aguas abajo. A continuación, el refrigerante es enfriado adicionalmente mediante el intercambiador 14 de calor de recuperación de calor frío y, a continuación, es expandido por el expansor 6 para que tenga una temperatura y una presión más bajas para generar, de esta manera, un calor frío.

El refrigerante descargado desde el expansor 6 enfría el objeto a enfriar mediante un intercambio de calor con el objeto a enfriar en la parte 16 de refrigeración, y la temperatura del refrigerante es incrementada por una carga de calor.

15 El refrigerante que tiene una temperatura incrementada por la parte 16 refrigerante es introducido al intercambiador 14 de calor de recuperación de calor frío, e intercambia calor con el refrigerante comprimido que ha pasado a través del intercambiador 12 de calor y tiene una temperatura relativamente alta para permitir que el refrigerante comprimido recupere el resto del calor frío. A continuación, el refrigerante vuelve al compresor 4 y, a continuación, es comprimido de nuevo por el compresor 4, tal como se ha descrito anteriormente.

20 Este ciclo de refrigeración se forma en el refrigerador 100.

25 En algunas realizaciones, el objeto a enfriar mediante un intercambio de calor con el refrigerante en la parte 16 de refrigeración es nitrógeno líquido para enfriar un dispositivo superconductor, tal como un cable superconductor. En este caso, se necesita una refrigeración a una temperatura muy baja para que el dispositivo superconductor esté en un estado superconductor. En este sentido, debido a que el refrigerante tiene una temperatura muy baja en el lado de descarga del expansor 6 del refrigerador 100, la diferencia entre la temperatura del lado del compresor 4 y la temperatura del lado del expansor 6, en la línea 22 de circulación de refrigerante. Por ejemplo, en una realización, mientras la temperatura en la línea 22 de circulación de refrigerante es de aproximadamente 30°C a 40°C en el lado de admisión del compresor 4 y de aproximadamente 90°C a 120°C en el lado de descarga del mismo, la temperatura es de aproximadamente -190°C a -200°C en el lado de admisión del expansor 6 y de aproximadamente -210°C a -220°C en el lado de descarga del mismo.

30 Debido a que, de esta manera, la diferencia de temperatura entre el lado del compresor 4 y el lado del expansor 6 es grande, también hay una gran diferencia de temperatura en la carcasa 9 entre el lado del compresor 4 y el lado del expansor 6. Incluso si la cantidad de refrigerante de escape desde el lado del compresor 4 hacia el lado del expansor 6 es pequeña, el refrigerante de escape puede ser un factor para reducir la eficacia adiabática del expansor. De esta manera, es altamente significativo, particularmente en el campo del tratamiento de temperaturas muy bajas, que el calor que fluye desde el lado del compresor 4 al lado del expansor 6 puede reducirse mediante la provisión de la línea de extracción para extraer un refrigerante de escape de alta temperatura y enviarlo fuera de la carcasa 9.

El refrigerante que fluye en la línea de circulación de refrigerante puede ser seleccionado, de manera adecuada, dependiendo, por ejemplo, de una temperatura objetivo del objeto a enfriar, y puede ser, por ejemplo, helio, neón, hidrógeno, nitrógeno, aire o hidrocarburo.

40 En algunas realizaciones, tal como se ilustra en la Fig. 2 y Fig. 4, la línea 24 de extracción en comunicación con una región 5 entre el compresor 4 y el expansor 6 en el espacio interno de la carcasa 9 del compresor 1 con expansor integrado, está conectada a la línea 22a de circulación de refrigerante que está conectada al lado de admisión del compresor 4 fuera de la carcasa 9. En la línea 24 de extracción, hay provista una válvula 26 de extracción para ajustar la cantidad de extracción.

45 Mediante la provisión de la línea 24 de extracción, se reduce la cantidad de fluido de escape a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6, y se reduce la transferencia de calor desde el fluido de alta temperatura al expansor 6, de manera que es posible suprimir la reducción en la eficiencia adiabática del expansor 6 debida al fluido de escape desde el lado del compresor 4. Además, al permitir que el fluido de escape a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6 fluya de nuevo a la línea 22 de circulación de refrigerante a través de la línea 24 de extracción, es posible permitir que el fluido de escape contribuya a enfriar el objeto a enfriar. De esta manera, es posible mejorar el COP del refrigerador 100.

Además, debido a que la válvula 26 de extracción está provista en la línea 24 de extracción, se crea una diferencia de presión en la línea 24 de extracción a través de la válvula 26 de extracción. Es decir, en el lado aguas arriba (el lado de la

región 5) de la válvula 26 de extracción en la línea 24 de extracción, la presión es relativamente alta debido a que está presente el refrigerador que ha sido comprimido por el compresor y que tiene una temperatura aumentada. Por el contrario, en el lado aguas abajo (el lado de la línea 22a de circulación de refrigerante) de la válvula 26 de extracción en la línea 24 de extracción, el refrigerante tiene una presión relativamente baja antes de ser comprimido por el compresor 4.

5 De esta manera, debido a que se crea una diferencia de presión a través de la válvula 26 de extracción en la línea 24 de extracción, el refrigerante de escape presente en el lado de la región 5, donde la presión es relativamente alta, fluye naturalmente a la línea 22a de circulación de refrigerante, donde la presión es relativamente baja, debido a la diferencia de presión. De esta manera, es posible permitir fácilmente que el refrigerante de escape presente en la región 5 fluya de nuevo a la línea 22 de circulación de refrigerante sin aplicar potencia, de manera que es posible proporcionar una

10 eficiencia energética excelente y mejorar el COP.

La línea 22a de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión del compresor 4 es una parte en la línea 22 de circulación de refrigerante a la que vuelve el refrigerante que tiene una temperatura reducida una vez consumido el calor frío, y la parte tiene una temperatura relativamente alta en toda la línea 22 de circulación de refrigerante. De esta manera, incluso si se permite que el refrigerante de escape a alta temperatura presente en la región 5 en la carcasa 9 fluya a la línea 22a de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión del lado del compresor 4, es menos probable que

15 esto sea un factor para reducir el rendimiento del refrigerador 100.

En el refrigerador 100 ilustrado en la Fig. 3, la línea 24 de extracción en comunicación con la región 5 entre el compresor 4 y el expansor 6 en el espacio interno de la carcasa 9 del compresor 1 con expansor integrado, está conectada a una línea 22b de circulación de refrigerante que está conectada al lado de descarga del compresor 4 fuera de la carcasa 9. Además,

20 en la línea 24 de extracción, hay provisto un compresor 18 de extracción para comprimir y enviar el refrigerante de escape, que fluye desde el lado del compresor 4 hacia el lado del expansor 6 en la carcasa 9, desde la región 5 a la línea 22b de circulación de refrigerante.

Mediante la provisión de la línea 24 de extracción, se reduce la cantidad de fluido de escape a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6, y se reduce la transferencia de calor desde el fluido de escape a alta temperatura al expansor 6, de manera que es posible suprimir la reducción en la eficacia adiabática del expansor 6 debida al fluido de escape del lado del compresor 4. Además, al permitir que el fluido de escape a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6 fluya de nuevo a la línea 22b de circulación de refrigerante a través de la línea 24 de extracción, es posible reducir la potencia para el motor 2 en comparación con el caso en el que la línea 24 de extracción está conectada a la línea 22a de circulación de refrigerante.

25

En la línea 24 de extracción, se proporciona el compresor 18 de extracción para comprimir y enviar el refrigerante de escape desde la región 5 a la línea 22b de circulación de refrigerante. Con la línea 24 de extracción, el refrigerante de escape es comprimido y es enviado a la línea 22b de circulación de refrigerante y, a continuación, se junta con el refrigerante que ha sido comprimido por el compresor 4 y que tiene una presión incrementada, y puede ser usado como un refrigerante para enfriar el objeto para enfriar.

30

En este sentido, la potencia para accionar el compresor 18 de extracción es necesaria por separado de la potencia para accionar el motor 2 del compresor 1 con expansor integrado; sin embargo, por el contrario, un refrigerante que tiene una presión relativamente más alta que el refrigerante que fluye en la línea 22b de circulación de refrigerante se junta al refrigerante en la línea 22b de circulación de refrigerante y, de esta manera, el caudal de descarga del compresor 18 de extracción se añade en el refrigerador 100 completamente, de manera que se aumenta la capacidad de refrigeración. De esta manera, es posible mejorar el COP.

35

40

Además, la línea 22b de circulación de refrigerante conectada al lado de descarga del compresor 4 es una parte de la línea 22 de circulación de refrigerante, a la cual fluye un refrigerante que ha sido comprimido por el compresor 4 y que tiene una temperatura incrementada, y la parte tiene una temperatura relativamente alta en la línea 22 de circulación de refrigerante. De esta manera, incluso si se permite que el refrigerante de escape a alta temperatura presente en la región 5 en la carcasa fluya a la línea 22b de circulación de refrigerante conectada al lado de descarga del expansor 4, es menos probable que esto sea un factor para reducir el rendimiento del refrigerador 100.

45

En una realización ejemplar ilustrada en la Fig. 4, el compresor 1 con expansor integrado tiene además un controlador 70 para controlar la válvula 26 de extracción, además de los mismos componentes del refrigerador ilustrado en la Fig. 2.

El controlador 70 está configurado para controlar el grado de apertura de la válvula 26 de extracción en base a al menos uno de entre el COP del refrigerador o la diferencia de temperatura del refrigerante entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6.

50

El COP del refrigerador puede calcularse, por ejemplo, a partir del resultado de una medición de la potencia (consumo de potencia) del motor 2. En tal caso, la potencia es medida por un sensor 71 de potencia, y el resultado de la medición es enviado al controlador 70.

Las temperaturas en el lado de admisión y en el lado de descarga del expansor 6 son medidas por un sensor 72 de temperatura provisto en el lado de admisión del expansor 6 y un sensor 73 de temperatura provisto en el lado de descarga del expansor 6, en la línea 22 de circulación de refrigerante, respectivamente, y los resultados de la medición son enviados al controlador 70. El controlador 70 calcula la diferencia de temperatura del refrigerante entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6 a partir de las temperaturas medidas por el sensor 72 de temperatura y el sensor 73 de temperatura.

Además, la cantidad de extracción del refrigerante de escape extraído desde la región 5 y enviada a la línea 22a de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión del compresor 4 fuera de la carcasa 9 es medida por un sensor 74 de caudal provisto en la línea 24 de extracción, y el resultado de la medición es enviado al controlador 70.

En alguna realización, el controlador 70 está configurado para ajustar la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 en base a la medición, por ejemplo, del caudal del refrigerante de escape en la línea 24 de extracción, la potencia del motor 2, el COP del refrigerador 100, o la diferencia de temperatura del refrigerante entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6. El COP del refrigerador puede obtenerse a partir del COP (COP_b) basado en el consumo de potencia representado por la fórmula (1) anterior, o el COP (COP_c) basado en la potencia de compresión representado por la fórmula (2) anterior, por ejemplo. En las fórmulas (1) y (2), G es el caudal másico [kg/s] del refrigerante que circula en la línea 22 de circulación de refrigerante, P es la potencia (consumo de potencia) [W] del motor 2, h_1 es la entalpía [J/kg] en la entrada del compresor 4, h_2 es la entalpía [J/kg] en la salida del compresor 4, h_5 es la entalpía [J/kg] en la entrada de un intercambiador de calor para la parte 16 de refrigeración, y h_6 es la entalpía [J/kg] en la salida del intercambiador de calor para la parte 16 de refrigeración.

En una realización, el controlador 70 tiene una memoria que almacena información relacionada con las condiciones de funcionamiento para el refrigerador 100, incluyendo al menos uno de entre un COP objetivo del refrigerador (en adelante, denominado también "COP objetivo del refrigerador") o una diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y el controlador controla el grado de apertura de la válvula 26 de extracción para ajustar la cantidad de extracción en base a al menos uno de entre el COP del refrigerador (en adelante, denominado también "COP medido del refrigerador") calculado a partir del resultado de la medición por el sensor 71 de potencia, etc., o los resultados de la medición por los sensores 72, 73 de temperatura, de manera que se satisfaga la condición de funcionamiento. El controlador 70 puede decidir un valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción en base a la desviación entre la información relacionada con las condiciones de funcionamiento para el refrigerador 100 almacenada en la memoria y al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o el resultado de la medición de los sensores 72, 73 de temperatura. En tal caso, el controlador 70 puede incluir un controlador, tal como un controlador P, un controlador PI o un controlador PID, para decidir el valor de comando del grado de apertura de la válvula 26 de extracción. Las condiciones de funcionamiento para el refrigerador 100 con las que el COP llega a ser el más elevado pueden variar dependiendo de la carga de refrigeración en la parte 16 de refrigeración. En este caso, el controlador 70 puede ajustar la cantidad de extracción en base a al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura.

Las entalpías h_1 , h_2 , h_5 y h_6 pueden ser calculadas a partir de los valores medidos de las presiones P_1 , P_2 , P_5 y P_6 , y las temperaturas T_1 , T_2 , T_5 y T_6 , medidas en los puntos respectivos. En algunas realizaciones, el refrigerador 100 puede estar provisto de un medidor de flujo (no mostrado) para medir el caudal másico del refrigerante que circula en la línea 22 de circulación de refrigerante, sensores de temperatura (no mostrados) y sensores de presión (no mostrados) para medir las temperaturas y las presiones en la entrada y en la salida del compresor 4 o en la entrada y en la salida de la parte 16 de refrigeración.

En otras realizaciones, el controlador 70 tiene una memoria que almacena información relacionada con al menos uno de entre el COP objetivo del refrigerador o el valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y controla el grado de apertura de la válvula 26 de extracción para ajustar la cantidad de extracción de manera que al menos uno de entre el COP medido del refrigerador y los resultados de la medición por los sensores 72, 73 de temperatura se acerque al COP objetivo del refrigerador o al valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y en el lado de descarga del expansor 6. El controlador 70 puede decidir el valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción en base a una desviación entre la información almacenada en la memoria relacionada con el COP objetivo del refrigerador o el valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o los resultados de la medición por los sensores 72, 73 de temperatura. En este caso, el controlador 70 puede incluir un controlador, tal como un controlador P, un controlador PI o un controlador PID, para decidir el valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción.

En algunas realizaciones, el controlador 70 está configurado para ajustar la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 de manera que la cantidad de extracción no exceda el valor límite superior que se decide de manera que no se exceda el valor aceptable de la carga (carga de empuje) sobre el cojinete 36

magnético de empuje.

La fuerza magnética del cojinete 36 magnético de empuje es controlada mediante el control de la corriente de manera que la posición de levitación del eje 3 de salida se mantenga contra la carga de empuje aplicada al eje 3 de salida. El cojinete 36 magnético de empuje tiene un valor aceptable (valor máximo) de la carga.

5 La carga de empuje aplicada al eje 3 de salida viene definida por la diferencia entre la fuerza causada por la presión en la etapa de compresión en el lado del compresor 4 (en la parte circunferencial exterior del impulsor 42) y la fuerza causada por la presión en la etapa de expansión en el lado del expansor 6 (en la parte circunferencial exterior del rotor 62 de la turbina). De esta manera, cuando el refrigerador se hace funcionar en un estado en el que la válvula 26 de extracción está cerrada, se aplica al cojinete 36 magnético de empuje una carga según la carga de empuje aplicada al eje 3 de salida, y la corriente es controlada de manera que la posición de levitación del eje 3 de salida se mantenga contra esta carga.

10 Entonces, si la válvula 26 de extracción está abierta, el refrigerante de escape es extraído y es enviado al exterior a través de la línea 24 de extracción, de manera que la presión en la carcasa disminuye. En este caso, si el diámetro del impulsor 42 del compresor 4 es mayor que el diámetro del rotor 62 de la turbina del expansor 6, tal como se ilustra en la Fig. 2, la diferencia en la fuerza entre el lado frontal y el lado posterior del impulsor 42 es mayor que la del rotor 62 de la turbina. Si se aumenta el grado de apertura de la válvula 26 de extracción, la carga de empuje desde el lado del compresor 4 hacia el lado del expansor 6 aumenta en consecuencia. De esta manera, existe una cantidad de extracción que corresponde al valor máximo de la carga de empuje que el cojinete 36 magnético de empuje es capaz de soportar.

15 Por lo tanto, como en la realización anterior, mediante el control del grado de apertura de la válvula 26 de extracción de manera que la cantidad de extracción no exceda el valor límite superior decidido de manera que la carga sobre el cojinete 36 magnético de empuje no exceda el valor aceptable, es posible controlar la cantidad de extracción dentro de un intervalo adecuado en el que el refrigerador puede hacerse funcionar sin problemas.

20 En otra realización, el controlador está configurado para controlar la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 de manera que la carga de empuje que soporta el cojinete 36 magnético de empuje no exceda la capacidad de carga del cojinete 36 magnético de empuje.

25 En una realización, el controlador 70 controla el grado de apertura de la válvula 26 de extracción de manera que la extracción sea tal que la carga de empuje que soporta el cojinete 36 magnético de empuje concuerde con la carga de empuje aceptable, que es una capacidad de carga del cojinete 36 magnético de empuje multiplicada por un factor de seguridad.

30 En este caso, es posible que el compresor 1 con expansor integrado tenga un sensor de carga para medir la carga sobre el cojinete 36 magnético de empuje, y que el resultado de la medición por el sensor de carga sea enviado al controlador.

A continuación, se describe el procedimiento para hacer funcionar un refrigerador según una realización, con referencia a la Fig. 1 y la Fig. 2.

35 Un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador según una realización es un procedimiento para hacer funcionar el refrigerador que incluye el compresor 1 con expansor integrado ilustrado en la Fig. 1, e incluye una etapa de compresión, una etapa de expansión, una etapa de refrigeración y una etapa de extracción.

40 En la etapa de compresión, el compresor 4 comprime un refrigerante y, a continuación, en la etapa de expansión, el expansor 6 expande el refrigerante que ha sido comprimido en la etapa de compresión. A continuación, en la etapa de refrigeración, un objeto a enfriar es enfriado mediante intercambio de calor con el refrigerante que ha sido expandido en la etapa de expansión. En algunas realizaciones, el procedimiento puede incluir, además, después de la etapa de compresión y antes de la etapa de expansión, una etapa de refrigeración del refrigerante que ha sido comprimido en la etapa de compresión.

45 En la etapa de extracción, al menos una parte del refrigerante de escape desde el lado del compresor 4 hacia el lado del expansor 6 en la carcasa 9 es extraída desde la región 5 en la carcasa 9 y es enviada a la línea 22a de circulación de refrigerante que está conectada a la lado de admisión del compresor 4 fuera de la carcasa 9, a través de la línea 24 de extracción provista de manera que esté en comunicación con la región 5 entre el compresor 4 y el expansor 6 en el espacio interno de la carcasa 9.

50 En la etapa de extracción, al menos una parte del refrigerante de escape es extraída desde la región 5 en la carcasa 9 y es enviada a la línea 22a de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión del compresor 4. Con ello, se reduce la cantidad de fluido de escape a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6, y se reduce la transferencia de calor desde el fluido de escape a alta temperatura al expansor 6, de manera que es posible suprimir la reducción en la eficiencia adiabática del expansor 6 debida al fluido de escape desde el lado del compresor 4. Además, al permitir que el fluido a alta temperatura que fluye al lado del expansor 6 fluya de nuevo a la línea de circulación de refrigeración a través de la

línea 24 de extracción, es posible tratar de manera adecuada el fluido de escape sin reducir la capacidad de refrigeración. Por lo tanto, es posible mejorar el COP del refrigerador 100.

A continuación, se describirá un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador según otra realización, con referencia a la Fig. 1 y a la Fig. 4.

5 El procedimiento para hacer funcionar un refrigerador según la realización es un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador que incluye el compresor 1 con expansor integrado ilustrado en la Fig. 1, e incluye una etapa de compresión, una etapa de expansión, una etapa de refrigeración, una etapa de extracción y una etapa de ajuste de la cantidad de extracción.

10 La etapa de compresión, la etapa de expansión, la etapa de refrigeración y la etapa de extracción son las mismas que en el procedimiento para hacer funcionar un refrigerador según la realización descrita anteriormente, y se omitirá su descripción.

En la etapa de ajuste de la cantidad de extracción, la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 es ajustada en base a al menos uno de entre el COP del refrigerador o la diferencia de temperatura del refrigerante entre el lado de entrada y el lado de descarga del expansor 6.

15 En algunas realizaciones, la potencia del motor 2 para calcular el COP del refrigerador es medida por un sensor 71 de potencia para medir la potencia (consumo de potencia) del motor 2, y el resultado de la medición es enviado al controlador 70.

20 Las temperaturas en el lado de admisión y en el lado de descarga del expansor 6 son medidas por un sensor 72 de temperatura provisto en el lado de admisión del expansor 6 y un sensor 73 de temperatura provisto en el lado de descarga del expansor 6, en la línea 22 de circulación de refrigerante, respectivamente, y los resultados de la medición son enviados al controlador 70. El controlador 70 calcula la diferencia de temperatura del refrigerante entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6 a partir de las temperaturas medidas por el sensor 72 de temperatura y el sensor 73 de temperatura.

25 Además, la cantidad de extracción del refrigerante de escape extraído desde la región 5 y enviada a la línea 22a de circulación de refrigerante conectada al lado de admisión del compresor 4 fuera de la carcasa 9 es medida por un sensor 74 de caudal provisto en la línea 24 de extracción, y el resultado de la medición es enviado al controlador 70.

30 En alguna realización, el controlador 70 está configurado para ajustar la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 en base a la medición, por ejemplo, del caudal del refrigerante de escape en la línea 24 de extracción, la potencia del motor 2, el COP del refrigerador 100, o la diferencia de temperatura del refrigerante entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6.

35 En una realización, el controlador 70 tiene una memoria que almacena información relacionada con las condiciones operativas para el refrigerador 100, incluyendo al menos uno de entre un COP objetivo del refrigerador o una diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y el controlador controla el grado de apertura de la válvula 26 de extracción para ajustar la cantidad de extracción en base a al menos uno de entre el resultado de medición por el sensor 71 de potencia, o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura, de manera que se satisfaga la condición de funcionamiento. El controlador 70 puede decidir un valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción en base a la desviación entre la información relacionada con las condiciones de funcionamiento para el refrigerador 100 almacenada en la memoria y al menos uno de entre el resultado de medición del sensor 71 de potencia o el resultado de la medición de los sensores 72, 73 de temperatura. En tal caso, el controlador 70 puede incluir un controlador, tal como un controlador P, un controlador PI o un controlador PID, para decidir el valor de comando del grado de apertura de la válvula 26 de extracción. Las condiciones de funcionamiento para el refrigerador 100 con las que el COP llega a ser el más elevado pueden variar dependiendo de la carga de refrigeración en la parte 16 de refrigeración. En este caso, el controlador 70 puede ajustar la cantidad de extracción en base a al menos uno de entre el resultado de medición por el sensor 71 de potencia o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura de manera que se satisfagan las condiciones de funcionamiento correspondientes a la carga de refrigeración en la parte 16 de refrigeración.

45 En otras realizaciones, el controlador 70 tiene una memoria que almacena información relacionada con al menos uno de entre el COP objetivo del refrigerador o el valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y controla el grado de apertura de la válvula 26 de extracción para ajustar la cantidad de extracción de manera que al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura se acerque al COP objetivo del refrigerador o al valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6. El controlador 70 puede decidir el valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción en base a una desviación entre la información

- almacenada en la memoria relacionada con el COP objetivo del refrigerador o el valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y al menos uno de entre el resultado de medición por el sensor 71 de potencia o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura. En este caso, el controlador 70 puede incluir un controlador, tal como un controlador P, un controlador PI o un controlador PID, para decidir el valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción.
- 5 En otra realización, el controlador está configurado para controlar la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 de manera que la carga de empuje que soporta el cojinete 36 magnético de empuje no exceda la capacidad de carga del cojinete 36 magnético de empuje.
- 10 En una realización, el controlador 70 controla el grado de apertura de la válvula 26 de extracción de manera que la cantidad de extracción sea tal que la carga de empuje que soporta el cojinete 36 magnético de empuje concuerde con la carga de empuje aceptable, que es una capacidad de carga del cojinete 36 magnético de empuje multiplicada por un factor de seguridad.
- En este caso, es posible que el compresor 1 con expansor integrado tenga un sensor de carga para medir la carga sobre el cojinete 36 magnético de empuje, y que el resultado de medición por el sensor de carga sea enviado al controlador.
- 15 En la etapa de ajuste de la cantidad de extracción, la cantidad de extracción puede ser ajustada manualmente sin usar el controlador.
- En algunas realizaciones, la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 es ajustada en base a la medición, por ejemplo, del caudal del refrigerante de escape en la línea 24 de extracción, la potencia del motor 2, el COP del refrigerador 100 o la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6.
- 20 En una realización, se prepara un registro de información relacionado con las condiciones operativas para el refrigerador 100, incluyendo al menos uno de entre el COP objetivo del refrigerador, con las que COP es el más elevado, y la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y la cantidad de extracción es ajustada mediante el control del grado de apertura de la válvula 26 de extracción de manera que se satisfagan las condiciones de funcionamiento en base al registro y al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o los resultados de medición de los sensores 72, 73 de temperatura.
- 25 Las condiciones de funcionamiento para el refrigerador 100 con las que el COP es el más elevado pueden variar dependiendo de la carga de refrigeración en la parte 16 de refrigeración. En este caso, la cantidad de extracción puede ser ajustada en base a al menos uno de entre el resultado de medición por el sensor 71 de potencia o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura, de manera que se satisfagan las condiciones de funcionamiento correspondientes a la carga de refrigeración en la parte 16 de refrigeración.
- 30 En otra realización, se prepara un registro de información relacionada con al menos uno de entre el COP objetivo del refrigerador o el valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y la cantidad de extracción es ajustada mediante el control del grado de apertura de la válvula 26 de extracción de manera que al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura se acerque al COP objetivo del refrigerador o al valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y en el lado de descarga del expansor 6. El valor de comando del grado de apertura para la válvula 26 de extracción puede decidirse en base a una desviación entre la información registrada relacionada con el COP objetivo del refrigerador o el valor máximo de la diferencia de temperatura entre el lado de admisión y el lado de descarga del expansor 6, y al menos uno de entre el COP medido del refrigerador o los resultados de medición por los sensores 72, 73 de temperatura.
- 35 En otra realización, la cantidad de extracción desde la región 5 en la carcasa 9 al lado de admisión del compresor 4 es controlada de manera que la carga de empuje que soporta el cojinete 36 magnético de empuje no exceda la capacidad de carga del cojinete 36 magnético de empuje.
- 40 En una realización, el grado de apertura de la válvula 26 de extracción es ajustado de manera que la cantidad de extracción sea tal que la carga de empuje que soporta el cojinete 36 magnético de empuje concuerde con la carga de empuje aceptable, que es una capacidad de carga del cojinete 36 magnético de empuje multiplicada por un factor de seguridad.
- 50 A continuación, se describirá un efecto de mejora del COP mediante el refrigerador según una realización, con referencia a la Fig. 5 a la Fig. 7.
- La Fig. 5 es un gráfico que muestra una comparación de la relación de eficacia adiabática entre un refrigerador según una realización y un refrigerador según un ejemplo comparativo. La Fig. 6 es un gráfico que muestra una comparación de la

relación de capacidad de refrigeración entre un refrigerador según una realización y un refrigerador según un ejemplo comparativo. La Fig. 7 es un gráfico que muestra una comparación de la relación del COP entre un refrigerador según una realización y un refrigerador según un ejemplo comparativo.

5 Con el fin de evaluar el efecto de mejora del COP mediante un refrigerador 100 según una realización de la presente invención, se realizaron algunas medidas usando el refrigerador 100 ilustrado en la Fig. 2 provisto de la línea 24 de extracción y la válvula 26 de extracción. Se usó neón como refrigerante.

Como un refrigerador de un ejemplo comparativo, se usó un refrigerador que tenía la misma configuración que el refrigerador 100 ilustrado en la Fig. 2, excepto que no estaba provisto de la línea 24 de extracción y la válvula 26 de extracción.

10 Se construyeron el refrigerador 100 ilustrado en la Fig. 2 y el refrigerador del refrigerador descrito anteriormente, y la potencia del motor 2, las temperaturas en el lado de admisión y en el lado de descarga del expansor 6, etc., se midieron con varias presiones en el lado de admisión del compresor 4 para obtener la eficiencia adiabática del expansor, la capacidad de refrigeración y el COP. Los resultados se muestran en la Fig. 5 a la Fig. 7. La relación de eficiencia adiabática del expansor, la relación de capacidad de refrigeración y la relación del COP representan una relación teniendo en cuenta que el resultado cuando la medición se llevó a cabo "sin extracción" era 1. Además, en la Fig. 5 a la Fig. 7, la presión de referencia (la presión de entrada del compresor = 1) de la "presión de entrada del compresor (representada por la relación)" corresponde a 120 kPa.

20 Tal como se muestra en la Fig. 5, con relación al refrigerador 100 ("con extracción"), la eficacia adiabática del expansor se mejoró dentro del intervalo medido de la presión del lado de admisión del compresor 4, y la eficacia adiabática del expansor del refrigerador 100 fue aproximadamente un 18% mayor que la eficiencia adiabática del expansor del refrigerador del ejemplo comparativo ("sin extracción"). Además, tal como se muestra en la Fig. 6, la capacidad de refrigeración del refrigerador 100 era aproximadamente un 28% mayor que la del ejemplo comparativo. Además, tal como se muestra en la Fig. 7, el COP (basado en la potencia del compresor) era también aproximadamente un 37% mayor que en el ejemplo comparativo.

25 Los resultados muestran que el refrigerador 100 que tiene la línea 24 de extracción y la válvula 26 de extracción proporciona un COP notablemente mejorado en comparación con el refrigerador del ejemplo comparativo sin línea 24 de extracción ni válvula 26 de extracción.

Lista de signos de referencia

- 1 Compresor con expansor integrado
- 30 2 Motor
- 3 Eje de salida
- 4 Compresor
- 5 Región
- 6 Expansor
- 35 9 Carcasa
- 12 Intercambiador de calor
- 14 Intercambiador de recuperación de calor frío
- 16 Parte de refrigeración
- 18 Compresor de extracción
- 40 22 Línea de circulación de refrigerante
- 24 Línea de extracción
- 26 Válvula de extracción
- 32 Cojinete magnético radial
- 34 Cojinete magnético radial

- 36 Cojinete magnético de empuje
- 37 Disco del rotor axial
- 70 Controlador
- 71 Sensor de potencia
- 5 72 Sensor de temperatura
- 73 Sensor de temperatura
- 74 Medidor de flujo
- 100 Refrigerador.

10

REIVINDICACIONES

1. Un compresor (1) con expansor integrado, que comprende:
- un motor (2);
 - un compresor (4), conectado a un eje (3) de salida del motor (2) y configurado para ser accionado por el motor (2) para comprimir el fluido;
 - un expansor (6), conectado al eje (3) de salida del motor (2) y configurado para expandir el fluido para recuperar potencia para el eje (3) de salida desde el fluido;
 - al menos un cojinete (32, 34, 36) sin contacto, dispuesto entre el compresor (4) y el expansor (6), y configurado para soportar el eje (3) de salida sin contacto;
 - una carcasa (9), para alojar el motor (2), el compresor (4), el expansor (6) y el al menos un cojinete (32, 34, 36) sin contacto; caracterizado por que una línea (24) de extracción, provista para estar en comunicación con una región (5) entre el compresor (4) y el expansor (6) en un espacio interno de la carcasa (9), y configurada para extraer y enviar al menos una parte del fluido de escape desde un lado del compresor (4) hacia un lado del expansor (6) en el espacio interno de la carcasa (9), desde la región (5) a una línea de fluido conectada a un lado de admisión o a un lado de descarga del compresor (4) fuera de la carcasa (9);
 - una válvula (26) de extracción provista en la línea (24) de extracción para ajustar la cantidad de extracción del refrigerante de escape; y
 - un controlador (70) para controlar la válvula (26) de extracción,
 - en el que la carcasa (9) está configurada para sellar la región (5) desde el exterior de la carcasa (9) de manera que un flujo de la al menos una parte del fluido de escape a través de la línea (24) de extracción sea el único flujo de fluido entre la región (5) y el exterior de la carcasa (9).
2. Compresor (1) con expansor integrado según la reivindicación 1, que comprende, además:
- al menos un segundo compresor distinto del compresor (4),
 - en el que el segundo compresor está conectado al eje (3) de salida del motor (2).
3. Compresor (1) con expansor integrado según la reivindicación 1, que comprende, además:
- al menos un segundo compresor distinto del compresor (4),
 - en el que el segundo compresor está conectado a un segundo eje de salida distinto del eje (3) de salida del motor (2).
4. Un refrigerador (100), que comprende:
- una parte (16) de refrigeración, para enfriar un objeto a enfriar mediante un intercambio de calor con un refrigerante;
 - un compresor (1) con expansor integrado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene un compresor (4) para comprimir el refrigerante y un expansor (6) integrado para expandir el refrigerante; y
 - una línea (22) de circulación de refrigerante, configurada para permitir que el refrigerante circule a través del compresor (4), el expansor (6) y la parte (16) de refrigeración.
5. Refrigerador (100) según la reivindicación 4,
- en el que el controlador (70) está configurado para controlar un grado de apertura de la válvula (26) de extracción en base a al menos uno de entre un COP del refrigerador (100) o una diferencia de temperaturas del refrigerante entre una temperatura en el lado de admisión y una temperatura en el lado de descarga del expansor (6).
6. Un procedimiento para hacer funcionar un refrigerador (100) que incluye un compresor (1) con expansor integrado, y en el que el compresor (1) con expansor integrado comprende: un motor (2); un compresor (4) conectado a un eje (3) de salida del motor (2); un expansor (6), conectado al eje (3) de salida del motor (2); al menos un cojinete (32, 34, 36) sin contacto, dispuesto entre el compresor (4) y el expansor (6) y configurado para

soportar el eje (3) de salida sin contacto; y una carcasa (9), para alojar el motor (2), el compresor (4), el expansor (6) y el al menos un cojinete (32, 34, 36) sin contacto,

5 en el que la carcasa (9) está configurada para sellar una región (5) entre el compresor (4) y el expansor (6) en un espacio interno de la carcasa (9) desde el exterior de la carcasa (9) de manera que un flujo de al menos una parte del fluido de escape a través de una línea (24) de extracción sea el único flujo de fluido entre la región (5) y el exterior de la carcasa (9),

en el que el procedimiento comprende:

una etapa de compresión para comprimir un refrigerante usando el compresor (4);

10 una etapa de expansión para expandir el refrigerante comprimido en la etapa (4) de compresión por medio del expansor (6);

una etapa de refrigeración para enfriar un objeto a enfriar mediante un intercambio de calor con el refrigerante expandido en la etapa de expansión;

15 una etapa de extracción para extraer y enviar, a través de la línea (24) de extracción provista de manera que esté en comunicación con la región (5), al menos una parte del refrigerante de escape desde un lado del compresor (4) hacia un lado del expansor (6) en el espacio interno de la carcasa (9), desde la región (5) a una línea (22) de circulación de refrigerante conectada a un lado de admisión o a un lado de descarga del compresor (4) fuera de la carcasa (9); y

20 una etapa de ajuste de la cantidad de extracción para ajustar una cantidad de extracción desde la región (5) en el espacio interno de la carcasa (9) al lado de admisión del compresor (4), en base a al menos uno de entre un COP del refrigerador o una diferencia de temperaturas del refrigerante entre una temperatura en el lado de admisión y una temperatura en el lado de descarga del compresor (4).

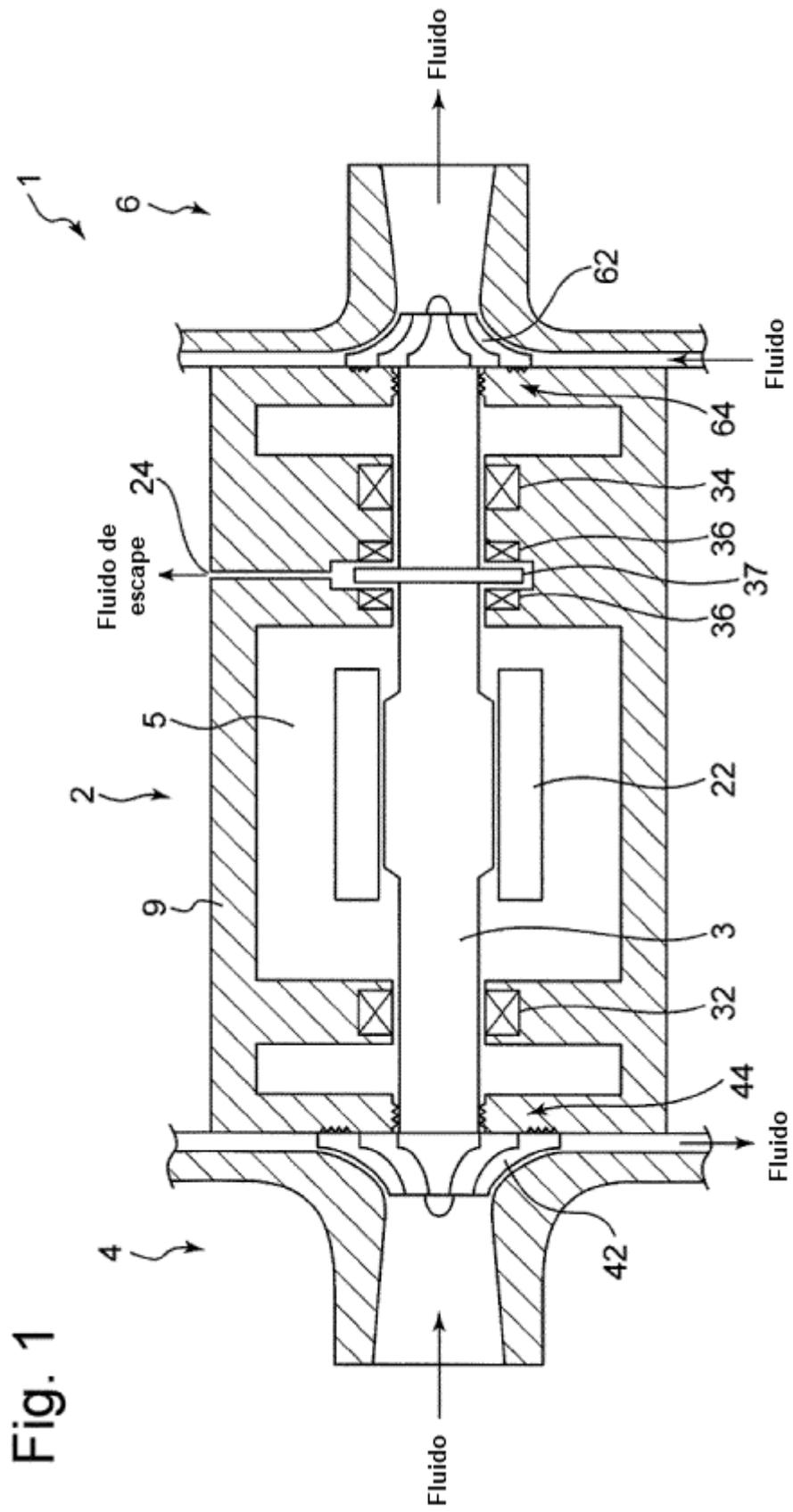


Fig. 2

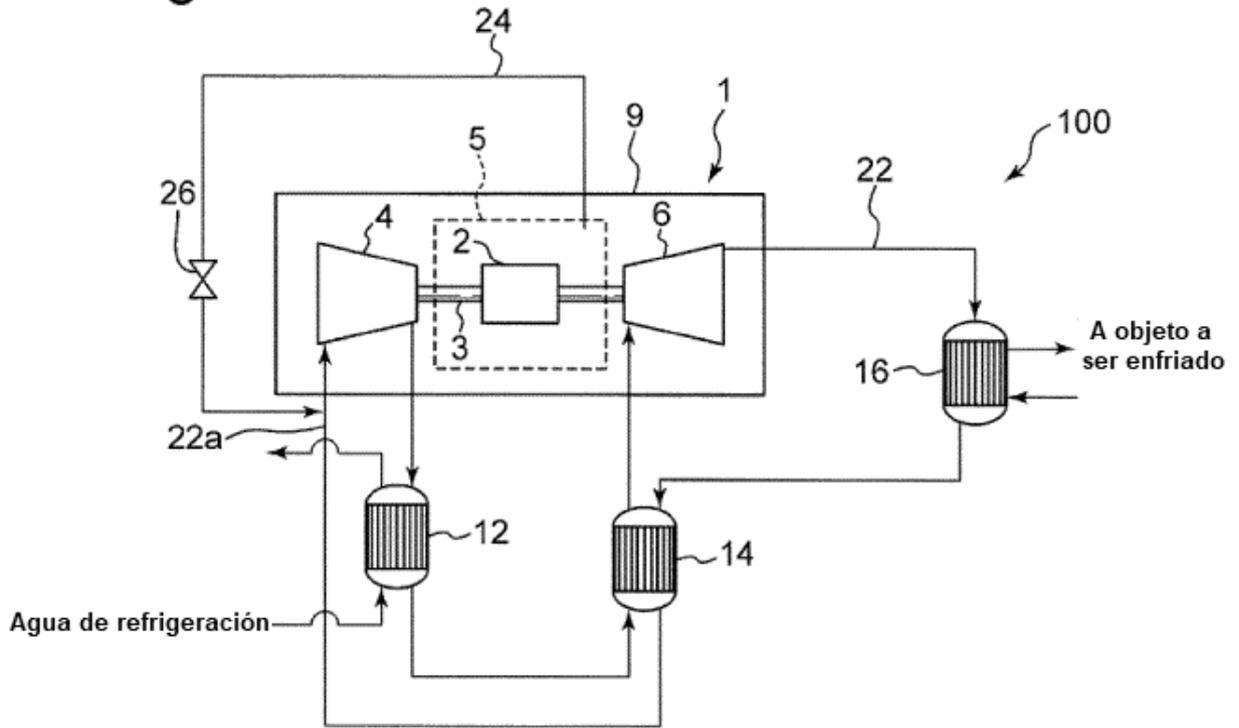


Fig. 3

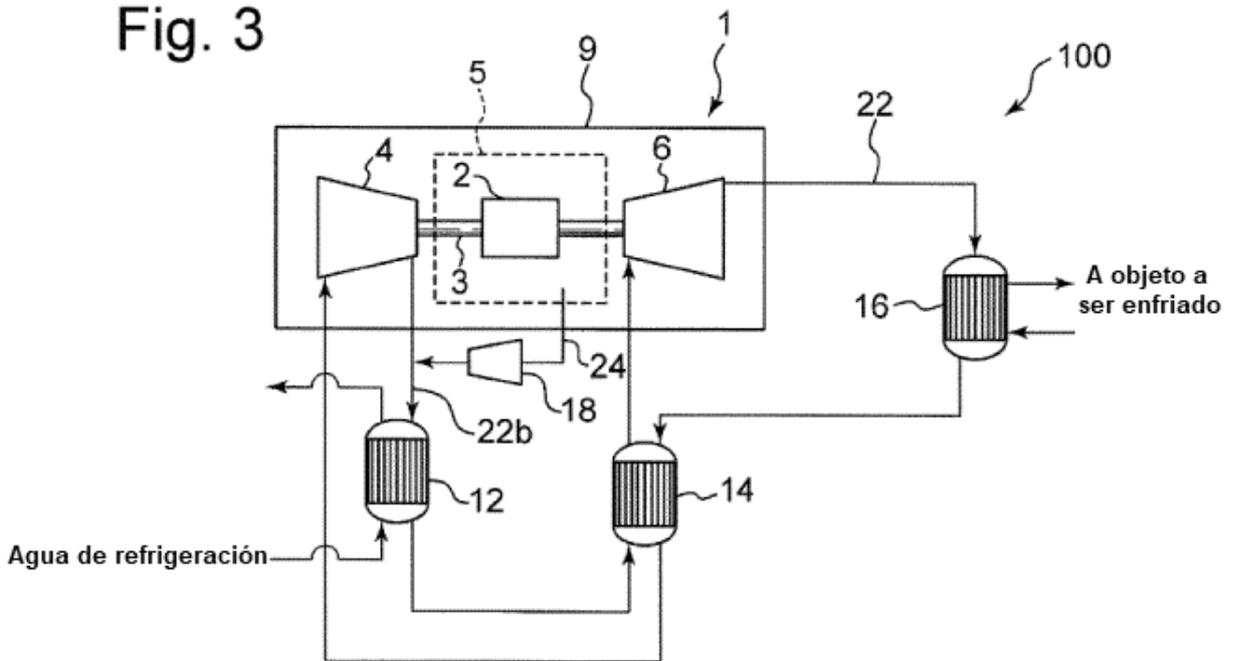


Fig. 5

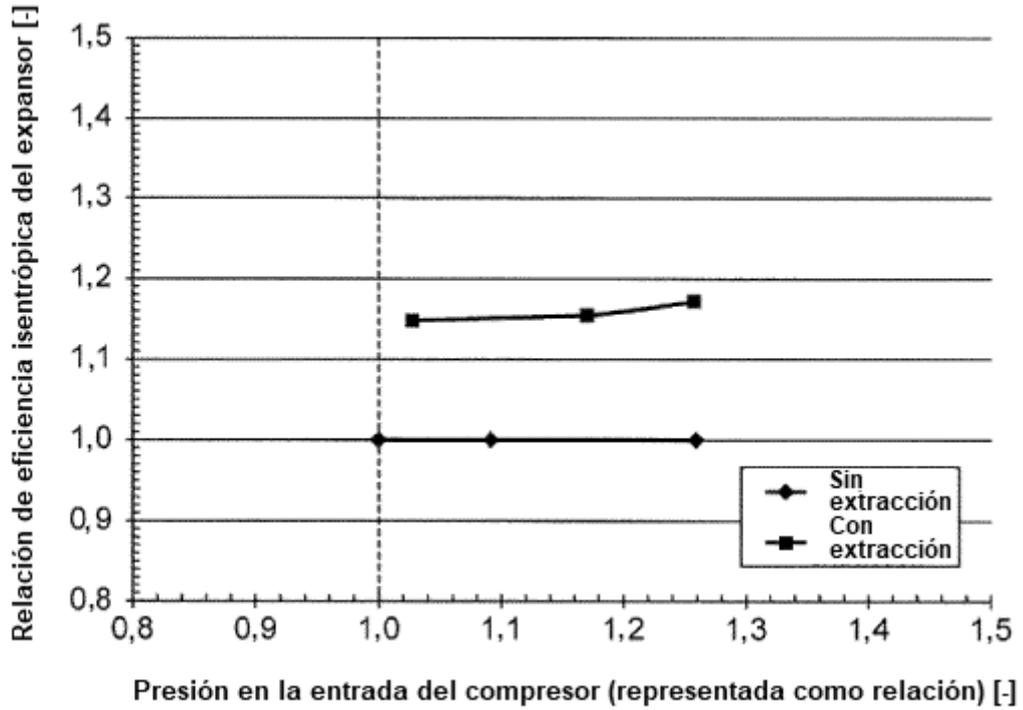


Fig. 6

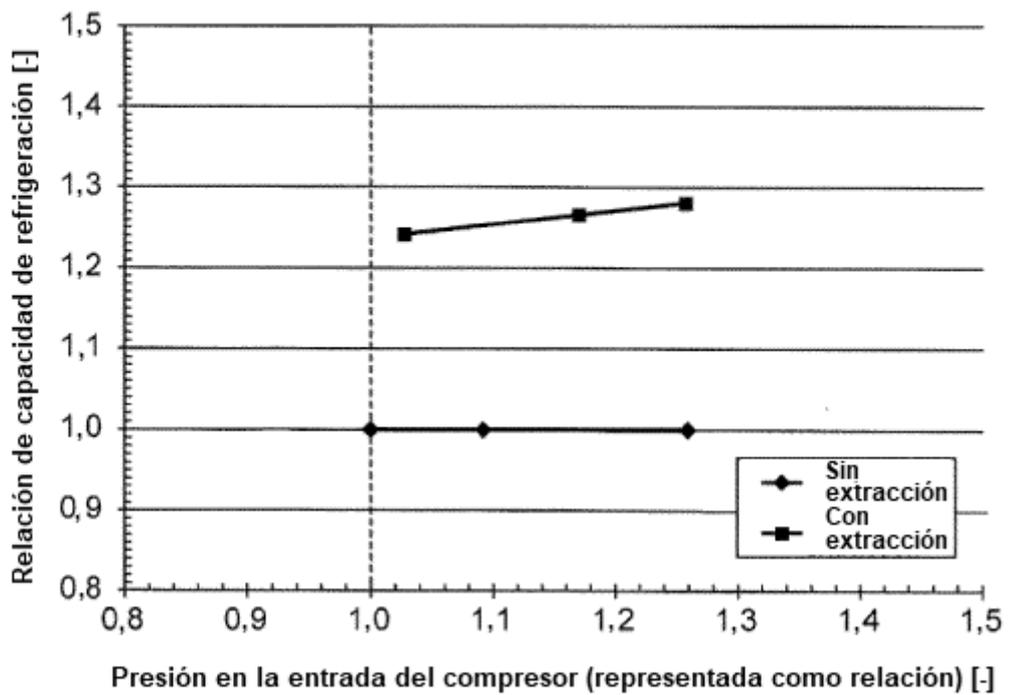


Fig. 7

