

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 044**

51 Int. Cl.:

F25B 1/10 (2006.01)

F25B 1/047 (2006.01)

F25B 49/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2017 PCT/US2017/019311**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17147391**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2017 E 17709308 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3420287**

54 Título: **Economizador utilizado en sistema de enfriamiento**

30 Prioridad:

26.02.2016 US 201615054590

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

04.05.2020

73 Titular/es:

**DAIKIN APPLIED AMERICAS INC. (100.0%)
13600 Industrial Park Boulevard
Minneapolis, MN 55441, US**

72 Inventor/es:

**KNOPP, JOSEPH;
MIKI, NAOMASA y
JOHNSON, PAUL**

74 Agente/Representante:

MARTÍN BADAJOZ, Irene

ES 2 758 044 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

Economizador utilizado en sistema de enfriamiento

5 ANTECEDENTES

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un economizador para su uso en un sistema de enfriamiento.

10

Información de antecedentes

Un sistema de enfriamiento es una máquina o aparato de refrigeración que elimina el calor de un medio. Comúnmente, como medio se utiliza un líquido tal como agua y el sistema de enfriamiento funciona en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Este líquido se puede hacer circular a continuación a través de un intercambiador de calor para enfriar aire o equipos según sea necesario. Como subproducto necesario, la refrigeración crea calor residual que debe expulsarse al ambiente o, para una mayor eficacia, recuperarse para propósitos de calentamiento. Un sistema de enfriamiento convencional utiliza a menudo un compresor centrífugo, que a menudo se denomina turbocompresor. Por tanto, dichos sistemas de enfriamiento pueden denominarse turboenfriadores. De forma alternativa, se pueden usar otros tipos de compresores, por ejemplo, un compresor de tornillo.

15

20

En un (turbo)enfriador convencional, el refrigerante se comprime en el compresor centrífugo y se envía a un intercambiador de calor en el que se produce el intercambio de calor entre el refrigerante y un medio de intercambio de calor (líquido). Este intercambiador de calor se denomina condensador porque el refrigerante se condensa en este intercambiador de calor. Como resultado, el calor se transfiere al medio (líquido) de modo que el medio se caliente. El refrigerante que sale del condensador se expande mediante una válvula de expansión y se envía a otro intercambiador de calor en el que se produce el intercambio de calor entre el refrigerante y un medio de intercambio de calor (líquido). Este intercambiador de calor se denomina evaporador porque el refrigerante se calienta (evapora) en este intercambiador de calor. Como resultado, el calor se transfiere desde el medio (líquido) al refrigerante, y el líquido se enfría. El refrigerante del evaporador se devuelve entonces al compresor centrífugo y se repite el ciclo. El líquido utilizado es a menudo agua.

25

30

Un compresor centrífugo convencional incluye básicamente una carcasa, una paleta de guía de entrada, un impulsor, un difusor, un motor, diversos sensores y un controlador. El refrigerante fluye en orden a través de la paleta de guía de entrada, el impulsor y el difusor. Por tanto, la paleta de guía de entrada se acopla a un puerto de entrada de gas del compresor centrífugo mientras que el difusor se acopla a un puerto de salida de gas del impulsor. La paleta de guía de entrada controla el caudal de gas refrigerante dentro del impulsor. El impulsor aumenta la velocidad del gas refrigerante. El difusor funciona para transformar la velocidad del gas refrigerante (presión dinámica), dada por el impulsor, en presión (estática). El motor gira el impulsor. El controlador controla el motor, la paleta de guía de entrada y la válvula de expansión. De esta manera, el refrigerante se comprime en un compresor centrífugo convencional.

35

40

Para mejorar la eficacia del sistema de enfriamiento, se ha utilizado un economizador. Véanse, por ejemplo, la publicación de solicitud de patente de EE. UU. N.º 2010/0251750 y la patente de EE. UU. N.º 4.903.497. El economizador separa el gas refrigerante del refrigerante de dos fases (gas-líquido), y el gas refrigerante se introduce en una porción de presión intermedia del compresor. Como un tipo convencional de economizador, un economizador de depósito flash es bien conocido en la técnica. Véase, por ejemplo, la publicación de solicitud de patente de EE.UU. N.º 2010/0326130.

45

50

El documento GB 2 180 922 A divulga un economizador, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, provisto dentro de un sistema de refrigeración.

SUMARIO

En un economizador de depósito flash convencional, se proporciona un depósito para la separación gas-líquido por gravedad, y se dispone una válvula flotante dentro del depósito. En el economizador de depósito flash convencional, el flujo de refrigerante en la salida del depósito se reduce por el disco de válvula de la válvula flotante para reducir la presión del refrigerante mediante la válvula flotante. Si bien esta técnica funciona relativamente bien, este sistema requiere un depósito grande para garantizar la sequedad del gas liberado y evitar el arrastre por el gas refrigerante en forma de gota, lo que da como resultado un aumento de los costes. Además, la válvula flotante a menudo es inestable, lo que hace que el sistema economizador no sea confiable.

55

60

Además, en un economizador de depósito flash convencional, es difícil controlar la presión intermedia del compresor y, por tanto, no se puede lograr fácilmente un alto coeficiente de rendimiento (COP). Además, una técnica convencional requiere un economizador de gran diámetro.

65

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un economizador que sea estable mediante el uso de

una rueda de separación para la separación gas-líquido sin mayores costes.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un economizador que logre un alto coeficiente de rendimiento (COP) controlando activamente la presión intermedia del compresor.

5 Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un economizador en el que se logre una reducción del diámetro del economizador.

10 Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un sistema de enfriamiento que utilice el economizador de acuerdo con la presente invención.

Básicamente, uno o más de los objetivos anteriores se pueden lograr proporcionando un economizador como se define en la reivindicación 1, que define la invención. La invención se define adicionalmente por el sistema de enfriamiento como se reivindica en la reivindicación 6.

15 Estos y otros objetivos, características, aspectos y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, que, junto con los dibujos anexos, describe realizaciones preferentes.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En referencia ahora a los dibujos adjuntos que forman parte de esta divulgación original:

25 La figura 1 ilustra un sistema de enfriamiento que incluye un economizador de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista en perspectiva del compresor centrífugo del sistema de enfriamiento ilustrado en la figura 1, con partes separadas y mostradas en sección transversal con fines ilustrativos;

30 La figura 3 es una vista en sección transversal longitudinal esquemática del impulsor, motor y cojinete magnético del compresor centrífugo ilustrado en la figura 2;

La figura 4 es una vista en perspectiva de un compresor de tornillo;

35 La figura 5 es una vista en sección transversal longitudinal del economizador del sistema de enfriamiento ilustrado en la figura 1 en el que el motor está dispuesto dentro del economizador;

40 La figura 6 es una vista lateral del economizador ilustrado en la figura 5 en el que el motor está dispuesto dentro del economizador, con partes separadas y mostradas en sección transversal con fines ilustrativos;

La figura 7 es una vista en sección transversal longitudinal esquemática del economizador ilustrado en la figura 5 en el que el motor está dispuesto dentro del economizador;

45 La figura 8 es una vista en sección transversal longitudinal esquemática del economizador en el que el motor está dispuesto fuera del economizador;

Las figuras 9A-9C son gráficos que ilustran la relación entre el coeficiente de rendimiento (COP) y la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase;

50 La figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para controlar el sistema de enfriamiento usando el economizador;

55 La figura 11 es un gráfico que ilustra la relación entre el tamaño del economizador y la relación de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase; y

La figura 12 es un diagrama esquemático del controlador del sistema de enfriamiento de la figura 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE MODO(S) DE REALIZACIÓN

60 Modos de realización seleccionados se explicarán ahora con referencia a los dibujos. A partir de esta divulgación, será evidente para los expertos en la técnica que las siguientes descripciones de los modos de realización se proporcionan únicamente con fines ilustrativos y no para el propósito de limitar la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

65 Con referencia inicialmente a la figura 1, se ilustra un sistema de enfriamiento 10, que incluye un economizador 26 de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. El sistema de enfriamiento 10 es preferentemente un

enfriador de agua que utiliza agua de enfriamiento y agua enfriadora de una manera convencional. El sistema de enfriamiento 10 ilustrado en el presente documento es un sistema de enfriamiento de dos fases. Sin embargo, a partir de esta divulgación será evidente para los expertos en la técnica que el sistema de enfriamiento 10 podría ser un sistema de enfriamiento de múltiples fases que incluya tres o más fases.

El sistema de enfriamiento 10 incluye básicamente un controlador de enfriamiento 20, un compresor 22, un condensador 24, un economizador 26, válvulas de expansión 25, 27 y un evaporador 28 conectados entre sí para formar un ciclo de refrigeración en bucle. Además, diversos sensores (no mostrados) están dispuestos por todo el circuito del sistema de enfriamiento 10. El sistema de enfriamiento 10 puede incluir orificios en lugar de las válvulas de expansión 25, 27.

En referencia a las figuras 1-3, el compresor 22 es un compresor centrífugo de dos fases en el modo de realización ilustrado. El compresor 22 ilustrado en el presente documento es un compresor centrífugo de dos fases que incluye dos impulsores. Sin embargo, el compresor 22 puede ser un compresor centrífugo de múltiples fases que incluya tres o más impulsores. De forma alternativa, el compresor 22 puede ser un compresor de tornillo. El compresor centrífugo de dos etapas 22 del modo de realización ilustrado incluye un impulsor de primera fase 34a y un impulsor de segunda fase 34b. El compresor centrífugo 22 incluye además una paleta de guía de entrada de primera fase 32a, un primer difusor/voluta 36a, una paleta de guía de entrada de segunda fase 32b, un segundo difusor/voluta 36b, un motor de compresor 38 y un conjunto de cojinete magnético 40, así como diversos sensores convencionales (solo se muestran algunos).

El controlador de enfriamiento 20 recibe señales de los diversos sensores y controla las paletas de guía de entrada 32a y 32b, el motor del compresor 38 y el conjunto de cojinete magnético 40 de una manera convencional, como se explica con más detalle a continuación. El refrigerante fluye en orden a través de la paleta de guía de entrada de primera fase 32a, el impulsor de primera fase 34a, la paleta de guía de entrada de segunda fase 32b y el impulsor de segunda fase 34b. Las paletas de guía de entrada 32a y 32b controlan el caudal de gas refrigerante dentro de los impulsores 34a y 34b, respectivamente, de una manera convencional. Los impulsores 34a y 34b aumentan la velocidad del gas refrigerante, generalmente sin cambiar la presión. La velocidad del motor determina la cantidad de aumento de la velocidad del gas refrigerante. Los difusores/volutas 36a y 36b aumentan la presión del refrigerante. Los difusores/volutas 36a y 36b están fijos/fijas sin posibilidad de movimiento con respecto a una carcasa del compresor 30. El motor del compresor 38 gira los impulsores 34a y 34b por medio de un árbol 42. El conjunto de cojinete magnético 40 soporta magnéticamente el árbol 42. De forma alternativa, el sistema de cojinetes puede incluir un elemento de rodillo, un cojinete hidrodinámico, un cojinete hidrostático y/o un cojinete magnético, o cualquier combinación de estos. De esta manera, el refrigerante se comprime en el compresor centrífugo 22.

Durante el funcionamiento del sistema de enfriamiento 10, el impulsor de primera fase 34a y el impulsor de segunda fase 34b del compresor 22 se hacen girar, y el refrigerante de baja presión en el sistema de enfriamiento 10 es aspirado por el impulsor de primera fase 34a. El caudal del refrigerante se ajusta por medio de la paleta de guía de entrada 32a. El refrigerante aspirado por el impulsor de primera fase 34a se comprime a presión intermedia, la presión del refrigerante se incrementa por medio del primer difusor/voluta 36a, y el refrigerante se introduce luego en el impulsor de segunda fase 34b. El caudal del refrigerante se ajusta por medio de la paleta de guía de entrada 32b. El impulsor de segunda fase 34b comprime el refrigerante de presión intermedia a alta presión, y la presión del refrigerante aumenta por medio del segundo difusor/voluta 36b. El refrigerante gaseoso a alta presión se descarga a continuación al sistema de enfriamiento 10.

En referencia a las figuras 2 y 3, el conjunto de cojinete magnético 40 es convencional y, por tanto, no se tratará y/o ilustrará en detalle en el presente documento, excepto en lo relacionado con la presente invención. Más bien, será evidente para los expertos en la técnica que se puede usar cualquier cojinete magnético adecuado sin apartarse de la presente invención. El conjunto de cojinete magnético 40 incluye preferentemente un primer cojinete magnético radial 44, un segundo cojinete magnético radial 46 y un cojinete magnético (de empuje) axial 48. En cualquier caso, al menos un cojinete magnético radial 44 o 46 soporta giratoriamente el árbol 42. El cojinete magnético de empuje 48 soporta el árbol 42 a lo largo de un eje de rotación X actuando sobre un disco de empuje 45. El cojinete magnético de empuje 48 incluye el disco de empuje 45 que está unido al árbol 42.

El disco de empuje 45 se extiende radialmente desde el árbol 42 en una dirección perpendicular al eje de rotación X, y está fijado en relación con el árbol 42. Una posición del árbol 42 a lo largo del eje de rotación X (una posición axial) está controlada por una posición axial del disco de empuje 45. Los cojinetes magnéticos radiales primero y segundo 44 y 46 están dispuestos en extremos axiales opuestos del motor del compresor 38. Diversos sensores detectan las posiciones radiales y axiales del árbol 42 en relación con los cojinetes magnéticos 44, 46 y 48 y envían señales al controlador de enfriamiento 20 de una manera convencional. El controlador de enfriamiento 20 controla entonces la corriente eléctrica enviada a los cojinetes magnéticos 44, 46 y 48 de una manera convencional para mantener el árbol 42 en la posición correcta.

El conjunto de cojinete magnético 40 es preferentemente una combinación de cojinetes magnéticos activos 44, 46 y 48, la cual utiliza sensores de huecos 54, 56 y 58 para controlar la posición del árbol y enviar señales indicativas de la posición del árbol al controlador de enfriamiento 20. Por lo tanto, cada uno de los cojinetes magnéticos 44, 46 y 48 son

preferiblemente cojinetes magnéticos activos. Una sección de control de cojinete magnético 71 utiliza esta información para ajustar la corriente requerida a un actuador magnético para mantener la posición apropiada del rotor tanto radial como axialmente.

5 Como se mencionó anteriormente, el sistema de enfriamiento 10 tiene el economizador 26 de acuerdo con la presente invención. El economizador 26 está conectado a una etapa intermedia del compresor 22 para inyectar refrigerante gaseoso dentro de la fase intermedia del compresor 22, como se explica con más detalle a continuación. En el sistema de enfriamiento 10, el economizador 26 está dispuesto entre el evaporador 28 y el condensador 24.

10 El economizador 26 incluye una rueda de separación 62, un motor del economizador 64 y una porción de almacenamiento de líquido 66 como se muestra en las figuras 5-8. La rueda de separación 62, el motor del economizador 64 y la porción de almacenamiento de líquido 66 están dispuestos dentro de una carcasa del economizador 60. La rueda de separación 62 separa el refrigerante bifásico en refrigerante gaseoso y refrigerante líquido. La rueda de separación 62 está unida a un árbol del economizador 63 que puede girar alrededor de un eje de rotación. El motor del economizador 64 gira el árbol del economizador 63 para hacer girar la rueda de separación 62. De esta manera, la rueda de separación 62 separa el refrigerante en el refrigerante gaseoso y el refrigerante líquido por fuerza dinámica. El economizador 26 tiene su propio motor, que permite la escalabilidad para diversos requisitos de flujo de volumen. El economizador 26 incluye además un accionamiento de frecuencia variable del economizador 67. El accionamiento de frecuencia variable del economizador 67 controla el motor del economizador 64 para ajustar una velocidad de rotación de la rueda de separación 62. El controlador de enfriamiento 20 está programado para ejecutar un programa de control del economizador como se explica con más detalle a continuación para controlar el accionamiento de frecuencia variable del economizador 67. La porción de almacenamiento de líquido 66 almacena el líquido refrigerante separado del refrigerante bifásico.

25 El economizador 26 incluye además un puerto de entrada 61a, un puerto de salida de líquido 61b y un puerto de salida de gas 61c. El puerto de entrada 61a se proporciona para introducir el refrigerante bifásico del condensador 24 dentro del economizador 26. El puerto de salida de líquido 61b se proporciona para descargar el líquido refrigerante separado del refrigerante bifásico al evaporador 28. El puerto de salida de gas 61c se proporciona para descargar el refrigerante gaseoso separado del refrigerante bifásico al economizador 26. El caudal del refrigerante que fluye dentro del puerto de entrada 61a está controlado por la válvula de expansión 25 que está dispuesta entre el condensador 24 y el economizador 26. De acuerdo con la presente invención, la válvula de expansión 25 está dispuesta lejos del economizador 26. Esto proporciona presiones establecidas con mayor precisión para controlar el mantenimiento de la altura del líquido. Además, el líquido subenfriado permanece como líquido todo el camino hasta la válvula de expansión 25, lo que reduce el tamaño de la tubería, y el aumento de presión proporciona más subenfriamiento.

35 En el modo de realización ilustrado en las figuras 5-7, el motor del economizador 64 está dispuesto dentro del economizador 26. Sin embargo, el motor del economizador 64 puede estar dispuesto fuera del economizador 26 como se ilustra en la figura 8. En un caso en el que el motor del economizador 64 está dispuesto fuera del economizador 26, el motor del economizador 64 está acoplado a la rueda de separación 62 por medio de un acoplamiento magnético 65. De esta manera, el motor del economizador 64 gira el eje del economizador 63 a través del acoplamiento magnético 65 y gira la rueda de separación 62.

45 En funcionamiento, el refrigerante enfriado para condensarse en el condensador 24 se descomprime a una presión intermedia por medio de la válvula de expansión 25, y luego se introduce dentro del economizador 26. El refrigerante bifásico introducido desde el puerto de entrada 61a dentro del economizador 26 se separa en refrigerante gaseoso y refrigerante líquido en la rueda de separación 62 por fuerza dinámica. El refrigerante gaseoso se inyecta desde el puerto de salida de gas 61c del economizador 26 a la fase intermedia del compresor 22 por medio de una tubería. El refrigerante líquido es guiado desde el puerto de salida de líquido 61b hasta el evaporador 28, o se almacena en la porción de almacenamiento de líquido 66.

50 El refrigerante gaseoso inyectado en la fase intermedia del compresor 22 se mezcla luego con el refrigerante de presión intermedia comprimido por el impulsor 34a de la primera etapa del compresor 22. El refrigerante mezclado fluye hasta el impulsor de la segunda fase 34b para ser comprimido adicionalmente.

55 El compresor 22 puede ser un compresor de tornillo como se muestra en la figura 4. El compresor de tornillo incluye un rotor de tornillo, un eje de accionamiento insertado dentro del rotor de tornillo para accionar el rotor de tornillo y rotores de compuerta que se engranan con el rotor de tornillo. El compresor de tornillo mostrado en la figura 4 se conoce como un tipo de rotor único. De forma alternativa, el compresor 22 puede ser un tipo de doble rotor o un tipo de tres rotores. En un caso del compresor de tornillo, el refrigerante gaseoso del economizador 26 se inyecta dentro del centro del rotor del tornillo.

60 En referencia a las figuras 1 y 12, el controlador de enfriamiento 20 incluye una sección de control de cojinete magnético 71, un accionamiento de frecuencia variable del compresor 72, una sección de control del motor del compresor 73, una sección de control de paleta de guía de entrada 74, una sección de control de válvula de expansión 75 y una sección de control del economizador 76. En el modo de realización ilustrado, la sección de control del economizador 76 es parte del controlador de enfriamiento 20. Sin embargo, el controlador de enfriamiento 20 y la

sección de control del economizador 76 pueden ser controladores separados o pueden ser un único controlador. Además, el accionamiento de frecuencia variable del compresor 72 y la sección de control del motor del compresor 73 pueden ser una única sección.

5 En el modo de realización ilustrado, las secciones de control son secciones del controlador de enfriamiento 20 programadas para ejecutar el control de las partes descritas en el presente documento. La sección de control de cojinete magnético 71, el accionamiento de frecuencia variable del compresor 72, la sección de control del motor del compresor 73, la sección de control de la paleta de guía de entrada 74, la sección de control de la válvula de expansión 75 y la sección de control del economizador 76 están acopladas entre sí y forman partes de una porción de control del compresor centrífugo que está eléctricamente acoplada a una interfaz de E/S del compresor 22. Sin embargo, a partir de esta divulgación será evidente para los expertos en la técnica que el número, la localización y/o la estructura precisos de las secciones de control, las porciones y/o el controlador de enfriamiento 20 pueden cambiarse sin apartarse de la presente invención siempre que el uno o más controladores estén programados para ejecutar el control de las partes del sistema de enfriamiento 10 como se explica en el presente documento.

15 La sección de control del economizador 76 está conectada al accionamiento de frecuencia variable del economizador 67 del economizador 26 y se comunica con diversas secciones del controlador de enfriamiento 20. De esta manera, la sección de control del economizador 76 puede recibir señales de los sensores del compresor 22, realizar cálculos y transmitir señales de control al accionamiento de frecuencia variable del economizador 67 del economizador 26.

20 El controlador de enfriamiento 20 es convencional y, por tanto, incluye al menos un microprocesador o CPU, una interfaz de entrada/salida (E/S), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), un dispositivo de almacenamiento (ya sea temporal o permanente) que forman un medio legible por ordenador programado para ejecutar uno o más programas de control para controlar el sistema de enfriamiento 10. El controlador de enfriamiento 20 puede incluir opcionalmente una interfaz de entrada tal como un teclado para recibir entradas de un usuario y un dispositivo de visualización utilizado para mostrar diversos parámetros a un usuario. Las partes y la programación son convencionales, excepto en lo relacionado con el control del economizador 26 y, por tanto, no se tratarán en detalle en el presente documento, excepto cuando sea necesario para comprender el(los) modo(s) de realización.

25 En referencia a las figuras 9A-9C, la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase afectará al coeficiente de rendimiento (COP) del compresor. La figura 9A muestra un caso en el que la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor es la misma que la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor. Las figuras 9B y 9C muestran un caso en el que la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor es diferente de la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor.

30 Como se muestra en la figura 9A, en un caso en el que la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor es la misma que la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor, el coeficiente de rendimiento (COP) será máximo cuando la proporción de la relación de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase sea de alrededor de 1,0. Sin embargo, la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor normalmente no es la misma que la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor. Por lo tanto, incluso si el compresor funciona de modo que la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase es de 1,0, el coeficiente de rendimiento (COP) del compresor no será máximo.

35 Como se muestra en la figura 9B, en un caso en el que la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor es diferente de la eficacia isoentrópica de la segunda etapa del compresor, el pico del coeficiente de rendimiento (COP) variará dependiendo de la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase. Cuando la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor es menor que la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor, el pico del coeficiente de rendimiento (COP) se desplazará hacia la izquierda en la figura 9B. En el modo de realización ilustrado, el pico del coeficiente de rendimiento (COP) se alcanzará cuando la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase sea de alrededor de 0,65. Por otra parte, cuando la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor sea mayor que la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor, el pico del coeficiente de rendimiento (COP) se desplazará hacia la derecha en la figura 9B. En el modo de realización ilustrado, el pico del coeficiente de rendimiento (COP) se alcanzará cuando la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase sea de alrededor de 1,35.

40 La figura 9C es un gráfico en el que se amplía la proximidad del pico del coeficiente de rendimiento (COP) mostrado en la figura 9B. Como se muestra en la figura 9C, el intervalo objetivo de controlar la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase está entre 0,65 y 1,35.

45 En referencia a la figura 10, ahora se explicará con más detalle un procedimiento para controlar el sistema de enfriamiento 10 usando el economizador 26.

50 Como se mencionó anteriormente, el economizador 26 se proporciona en el sistema de enfriamiento 10 para inyectar refrigerante gaseoso dentro de la fase intermedia del compresor 22. En el modo de realización ilustrado, el compresor 22 es un compresor centrífugo de dos fases. El accionamiento de frecuencia variable del compresor 72 del controlador

de enfriamiento 20 está programado para controlar el compresor 22 (S101). El accionamiento de frecuencia variable del compresor 72 está programado para controlar el compresor 22 de una manera convencional, tal como se describe en la Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. n.º 2014/0260385 y en la Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. n.º 2014/0260388.

5 En el S102, la sección de control del economizador 76 calcula la eficacia isoentrópica de la primera fase del compresor 22 y la eficacia isoentrópica de la segunda fase del compresor 22 a partir del estado de funcionamiento actual. A continuación, en el S103, la sección de control del economizador 76 calcula una relación óptima de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase del compresor 22. Como se dijo
10 anteriormente, el pico del coeficiente de rendimiento (COP) del compresor 22 se alcanzará cuando la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda etapa sea óptima.

A continuación, en S104, la sección de control del economizador 76 calcula una presión intermedia objetivo del compresor 22 basándose en la proporción óptima de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase.
15

En S105, la sección de control del economizador 76 determina si la presión intermedia actual del compresor 22 es o no la más eficiente, es decir, la presión intermedia actual del compresor 22 es la presión intermedia objetivo del compresor 22 que se calcula en S104. Cuando la sección de control del economizador 76 determina que la presión intermedia actual del compresor 22 es la más eficiente (Sí en el S105), el procedimiento de control estará terminado. Cuando la sección de control del economizador 76 determina que la presión intermedia actual del compresor 22 no es la más eficiente (No en el S105), la sección de control del economizador 76 pasará a S106.
20

En S106, la sección de control del economizador 76 determina el grado de apertura de la válvula de expansión 25 y la velocidad del accionamiento de frecuencia variable del economizador 67 para alcanzar la presión intermedia objetivo del compresor 22. En el S107, la sección de control del economizador 76 ajusta el grado de apertura de la válvula de expansión 25 y la velocidad del accionamiento de frecuencia variable del economizador 67 para alcanzar la presión intermedia objetivo del compresor 22. De esta manera, el caudal del refrigerante que fluye dentro del puerto de entrada 61a es controlado por la válvula de expansión 25 y la velocidad de rotación de la rueda de separación 62 del economizador 26 es controlada por el accionamiento de frecuencia variable del economizador 67 para alcanzar la presión intermedia objetivo del compresor 22.
25
30

En el S108, la sección de control del economizador 76 determina si la presión intermedia actual del compresor 22 es o no la más eficiente, es decir, la presión intermedia actual del compresor 22 es la presión intermedia objetivo del compresor 22. Cuando la sección de control del economizador 76 determina que la presión intermedia actual del compresor 22 es la más eficiente (Sí en el S108), el procedimiento de control estará terminado. Cuando la sección de control del economizador 76 determina que la presión intermedia actual del compresor 22 no es la más eficiente (No en el S108), la sección de control del economizador 76 volverá al S102 y se repetirá el procedimiento de control. Por ejemplo, los procesos mencionados anteriormente pueden repetirse cuando se produce al menos uno de los siguientes: la velocidad del accionamiento de frecuencia variable del compresor 72 varía con un 10 % por minuto o más, la presión de descarga del compresor 22 varía con un 10 % por minuto o más y la presión de succión del compresor 22 varía con un 10 % por minuto o más.
35
40

La figura 11 es un gráfico que ilustra la relación entre el tamaño del economizador 26 y la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la relación de compresión de la segunda fase del compresor 22.
45

En referencia a la figura 11, el economizador 26 en el modo de realización ilustrado tiene ventajas en la reducción del diámetro del economizador 26. La línea continua en la figura 11 muestra el diámetro del economizador 26. La línea discontinua en la figura 11 muestra el diámetro de un economizador de depósito flash convencional. En un caso en el que la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase no se controla para que sea óptima, es decir, la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda etapa es 1,0, un economizador de depósito flash convencional requiere un diámetro de al menos 0,99 m porque el economizador de depósito flash convencional realiza la separación gas-líquido por gravedad. Por el contrario, el diámetro del economizador 26 en el modo de realización ilustrado puede reducirse usando la rueda de separación 62 que realiza la separación gas-líquido por fuerza dinámica. A saber, incluso en un caso en el que la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase no se controle para que sea óptima, el diámetro del economizador 26 es de 0,33 m, lo que logra una reducción a un diámetro aproximado del 33 %. Véase el caso (1) de la figura 11.
50
55

En un caso en el que la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la proporción de compresión de la segunda fase se controle para que sea de 0,65, el economizador de depósito flash convencional requiere un diámetro de 1,77 m porque aumenta el caudal a procesar. Por otra parte, el diámetro del economizador 26 puede mantenerse en 0,33 m aumentando la velocidad de la rueda de separación 62. En consecuencia, se puede alcanzar una reducción a un diámetro aproximado del 19 %. Véase el caso (2) de la figura 11.
60
65

En un caso en el que la proporción de la proporción de compresión de la primera fase y la relación de compresión de

la segunda fase se controle para que sea de 1,35, el economizador de depósito flash convencional requiere un diámetro de 0,54 m. Por otra parte, el diámetro del economizador 26 puede mantenerse en 0,33 m. En consecuencia, se puede lograr una reducción a un diámetro aproximado del 61 %. Véase el caso (3) de la figura 11. De esta manera, el economizador 26 de acuerdo con la presente invención tiene ventajas a la hora de reducirse el diámetro del economizador 26. Además, se requiere un volumen menor de refrigerante para el sistema de enfriamiento 10 que usa el economizador 26 de acuerdo con la presente invención.

En términos de protección del medio ambiente global, el uso de nuevos refrigerantes de bajo PCG (Potencial de Calentamiento Global) tales como R1233zd, R1234ze se considera para los sistemas de enfriamiento. Un ejemplo del refrigerante de bajo potencial de calentamiento global es el refrigerante a baja presión en el que la presión de evaporación es igual o menor que la presión atmosférica. Por ejemplo, el refrigerante a baja presión R1233zd es un candidato para aplicaciones de enfriamiento centrífugas porque no es inflamable, no es tóxico, tiene un bajo coste y tiene un alto PCG en comparación con otros candidatos como el R1234ze, los cuales son las principales alternativas actuales al refrigerante R134a. Especialmente en el caso de usar refrigerante a baja presión, el economizador de acuerdo con la presente invención tiene ventajas porque el economizador de acuerdo con la presente invención logra una reducción de tamaño del diámetro del mismo. Además, para la separación gas-líquido se pueden usar diversos tipos de refrigerantes a baja presión para el economizador de acuerdo con la presente invención.

INTERPRETACIÓN GENERAL DE TÉRMINOS

Al comprender el alcance de la presente invención, el término "que comprende" y sus derivados, tal como se usan en el presente documento, pretenden ser términos abiertos que especifiquen la presencia de las características, los elementos, los componentes, los grupos, los números enteros y/o las etapas mencionados, pero que no excluyan la presencia de otras características, elementos, componentes, grupos, números enteros y/o etapas no mencionados. Lo anterior también se aplica a las palabras que tienen significados similares, tal como los términos "que incluye", "que tiene" y sus derivados. Además, los términos "parte", "sección", "porción", "miembro" o "elemento" cuando se usan en singular pueden tener el doble significado de una única parte o una pluralidad de partes.

El término "detectar" tal como se usa en el presente documento para describir una operación o función realizada por un componente, una sección, un dispositivo o similar incluye un componente, una sección, un dispositivo o similar que no requiere detección física, sino que, más bien, incluye determinar, medir, modelar, predecir o calcular o similar para llevar a cabo la operación o función.

El término "configurado" tal como se usa en el presente documento para describir un componente, una sección o una parte de un dispositivo incluye hardware y/o software que está construido y/o programado para llevar a cabo la función deseada.

Los términos de grado tales como "sustancialmente", "alrededor de" y "aproximadamente" tal como se usan en el presente documento significan una cantidad razonable de desviación del término modificado, de modo que el resultado final no cambie significativamente.

Aunque solo se han elegido para ilustrar la presente invención modos de realización seleccionados, para los expertos en la técnica será evidente a partir de la presente divulgación que se pueden hacer diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, el tamaño, la forma, la localización o la orientación de los diversos componentes se pueden cambiar según sea necesario y/o se desee. Los componentes que se muestran directamente conectados o en contacto entre sí pueden tener estructuras intermedias dispuestas entre ellos. Las funciones de un elemento pueden ser realizadas por dos, y viceversa. Las estructuras y funciones de un modo de realización pueden adoptarse en otro modo de realización. No es necesario que todas las ventajas estén presentes al mismo tiempo en un modo de realización particular. Cada rasgo característico que sea exclusivo de la técnica anterior, solo o en combinación con otros rasgos característicos, también debe considerarse una descripción separada de otras invenciones por parte del solicitante, incluyendo los conceptos estructurales y/o funcionales incorporados por dicho(s) rasgo(s) característico(s). Por tanto, las descripciones anteriores de los modos de realización de acuerdo con la presente invención se proporcionan solo con fines ilustrativos y no con el fin de limitar la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un economizador (26) adaptado para usarse en un sistema de enfriamiento (10) que incluye un compresor (22), un evaporador (28) y un condensador (24), comprendiendo el economizador (26):
- una rueda de separación (62) dispuesta y configurada para separar refrigerante en refrigerante gaseoso y refrigerante líquido, estando unida la rueda de separación (62) a un árbol (63) que puede girar alrededor de un eje de rotación;
- 10 un motor (64) dispuesto y configurado para girar el árbol (63) para hacer girar la rueda de separación (62); y
- una porción de almacenamiento de líquido (66) dispuesta y configurada para almacenar el refrigerante líquido, caracterizado por que comprende además
- 15 un accionamiento de frecuencia variable (67) dispuesto y configurado para controlar el motor (64) con el fin de ajustar una velocidad de rotación de la rueda de separación (62); y
- un controlador (20) programado para controlar el accionamiento de frecuencia variable (67),
- estando dispuesto el economizador (26) para conectarse a una fase intermedia del compresor (22) de modo que el refrigerante se inyecte dentro de la fase intermedia del compresor (22), y
- 20 estando el controlador (20) además programado para controlar el accionamiento de frecuencia variable (67) basado en una presión intermedia del compresor,
- 25 en el que
- el controlador (20) está además programado para calcular una presión intermedia objetivo del compresor (22) a partir de una proporción óptima entre una proporción de compresión en una primera fase del compresor (22) y una proporción de compresión en una segunda fase del compresor (22) basado en un estado de funcionamiento del compresor (22), en el que
- 30 el controlador (20) está además programado para controlar el accionamiento de frecuencia variable (67) de modo que la presión intermedia del compresor (22) alcance la presión intermedia objetivo.
- 35 2. El economizador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el motor (64) está dispuesto dentro del economizador (26).
3. El economizador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el motor (64) está dispuesto fuera del economizador (26).
- 40 4. El economizador de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el motor (64) está acoplado a la rueda de separación (62) mediante acoplamiento magnético (65).
- 45 5. El economizador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la rueda de separación (62) está configurada además para separar el refrigerante en el refrigerante gaseoso y el refrigerante líquido por fuerza dinámica.
6. Un sistema de enfriamiento (10) que incluye el economizador (26) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo además el sistema de enfriamiento (10):
- 50 un compresor (22), un evaporador (28) y un condensador (26).

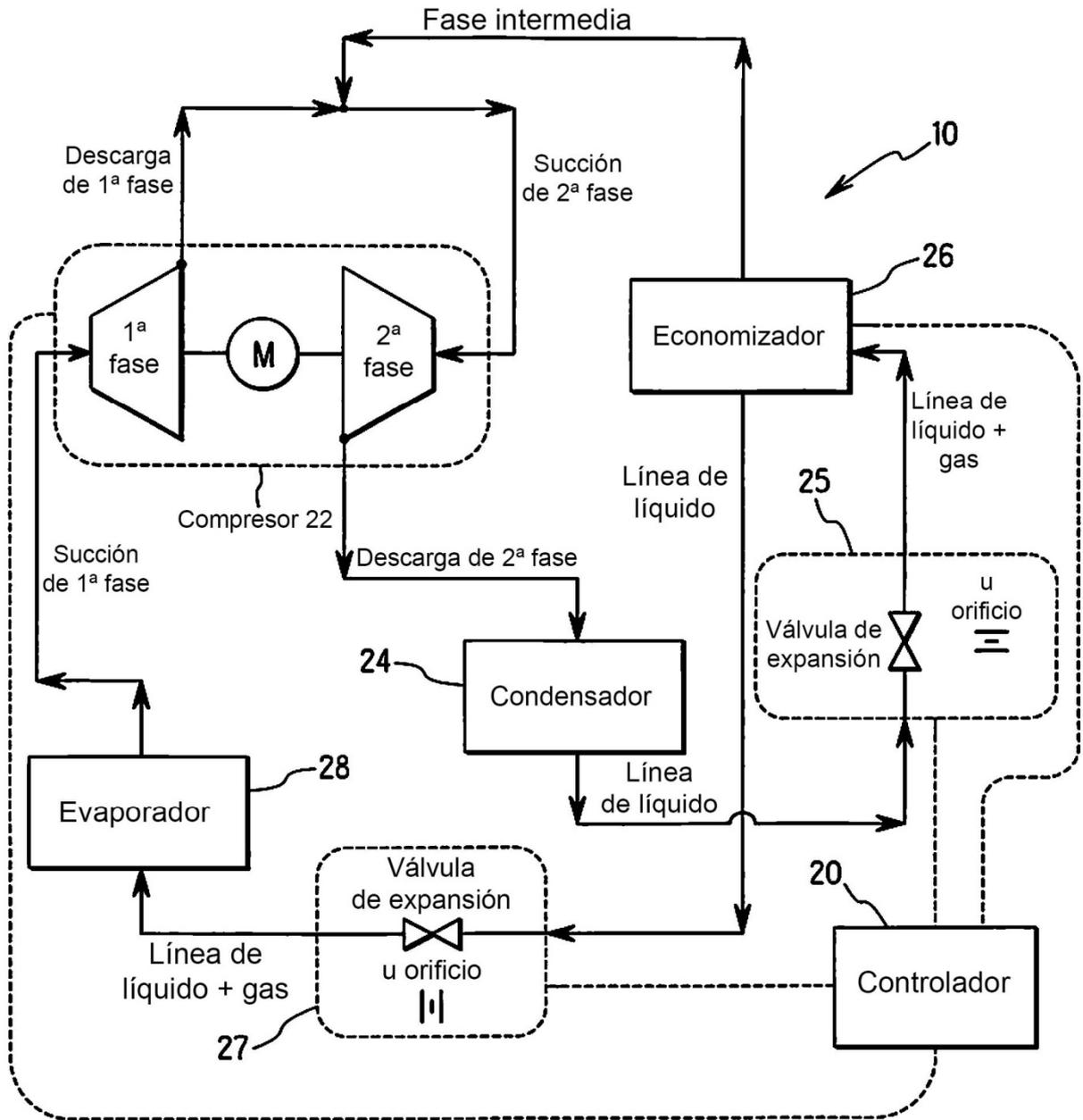


FIG. 1

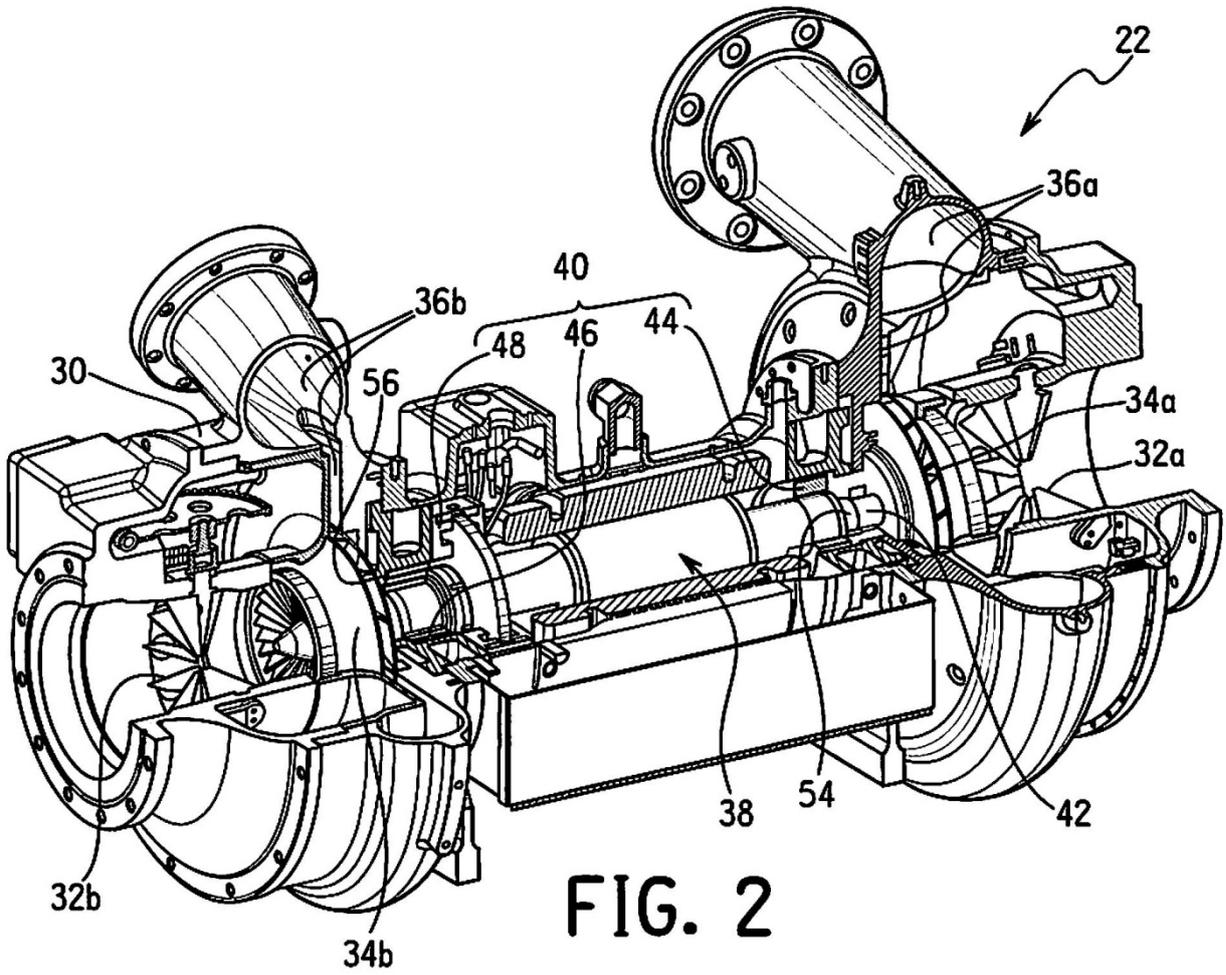


FIG. 2

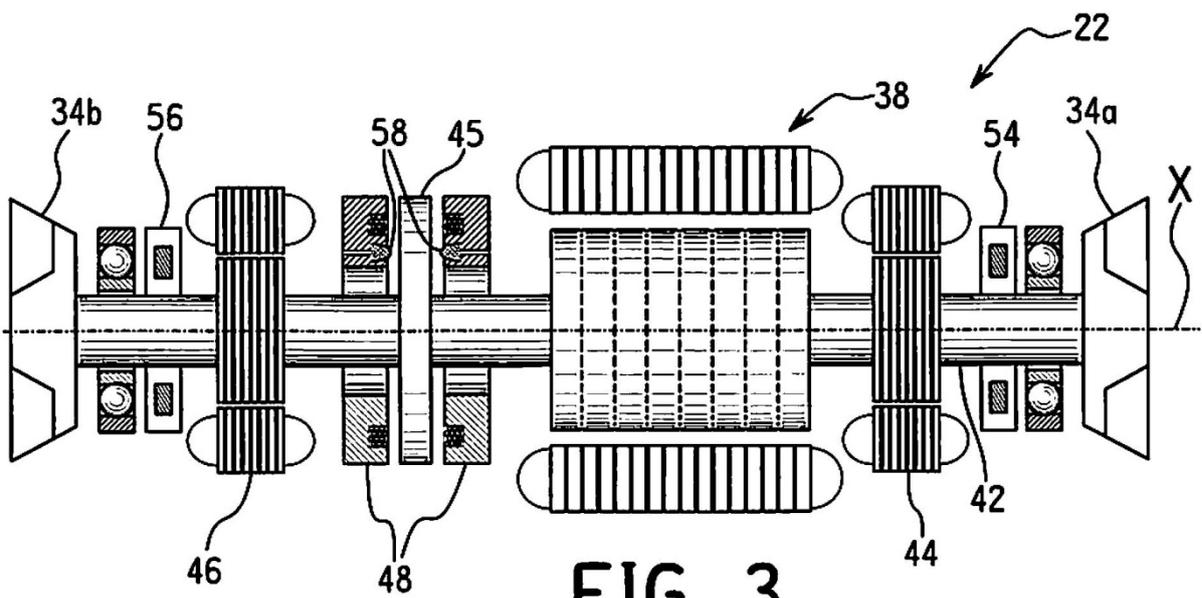


FIG. 3

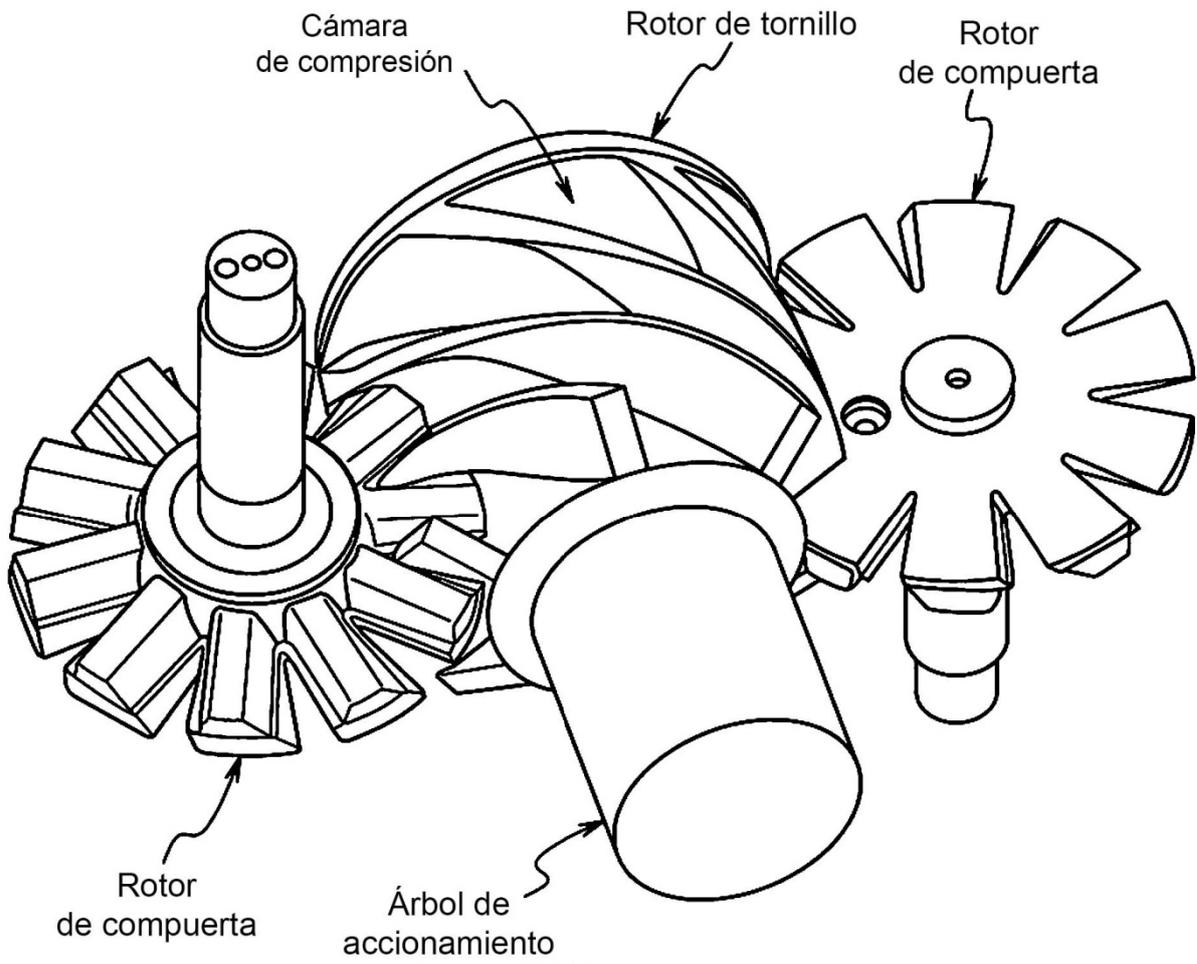


FIG. 4

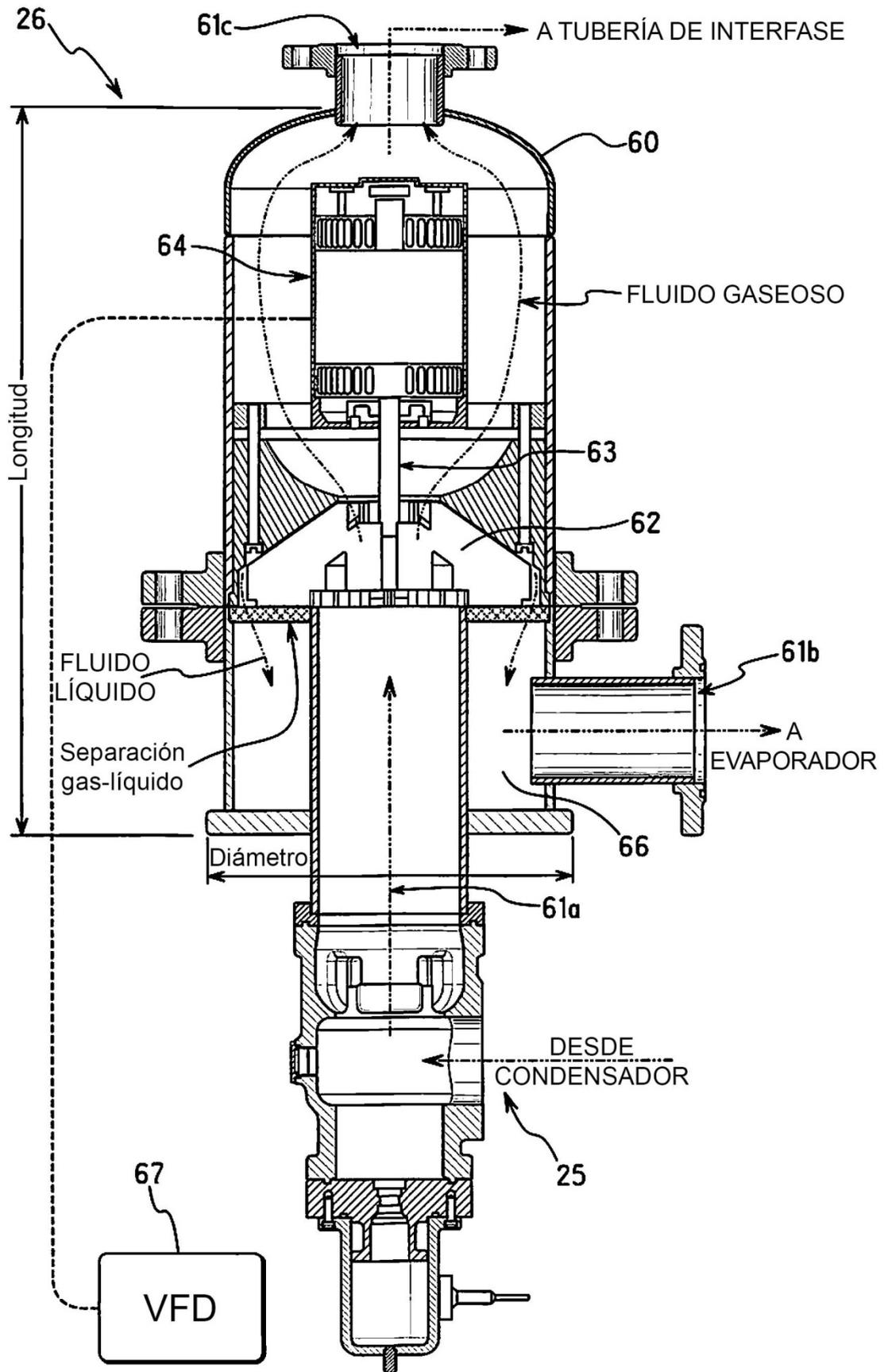


FIG. 5

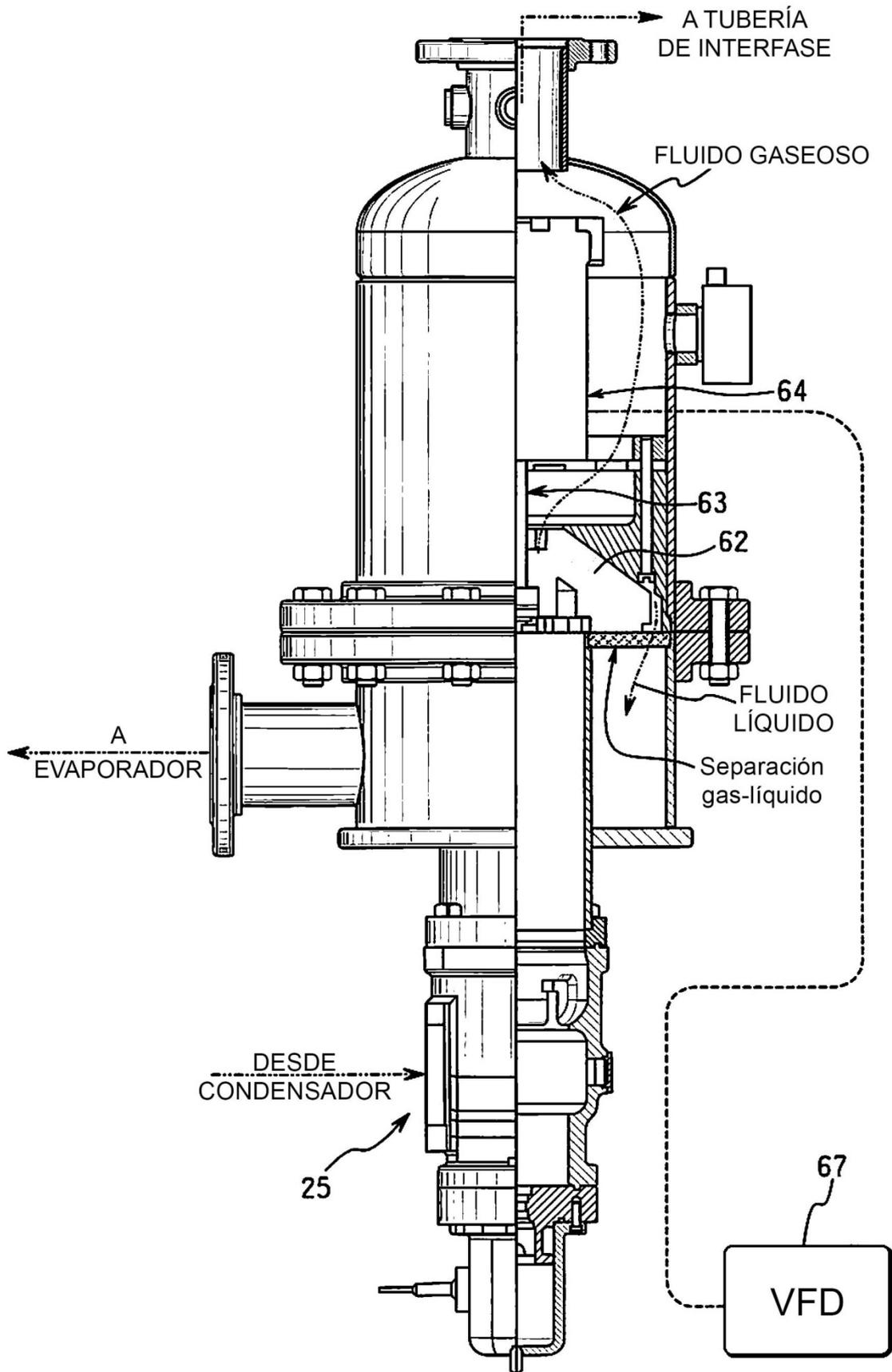


FIG. 6

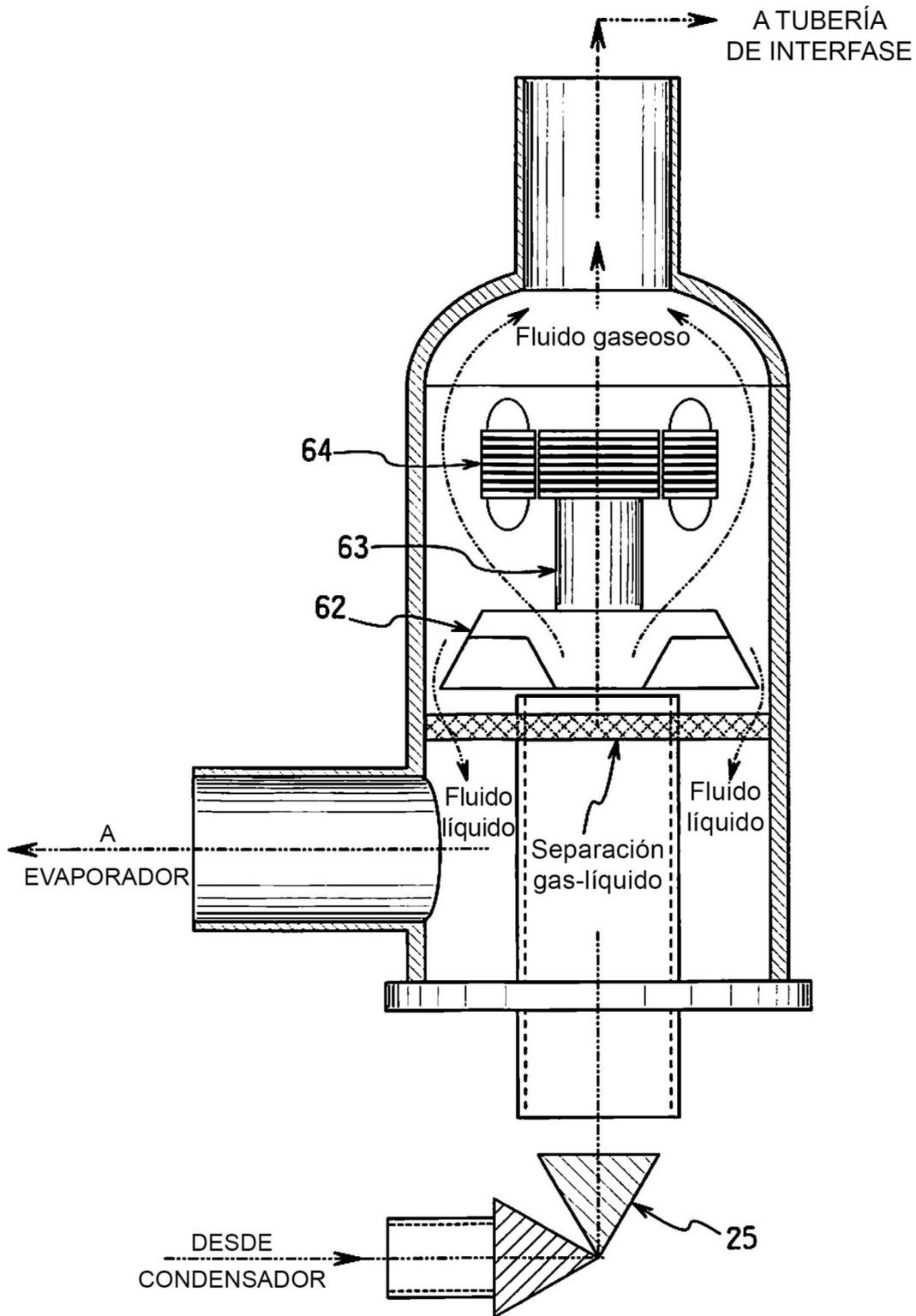


FIG. 7

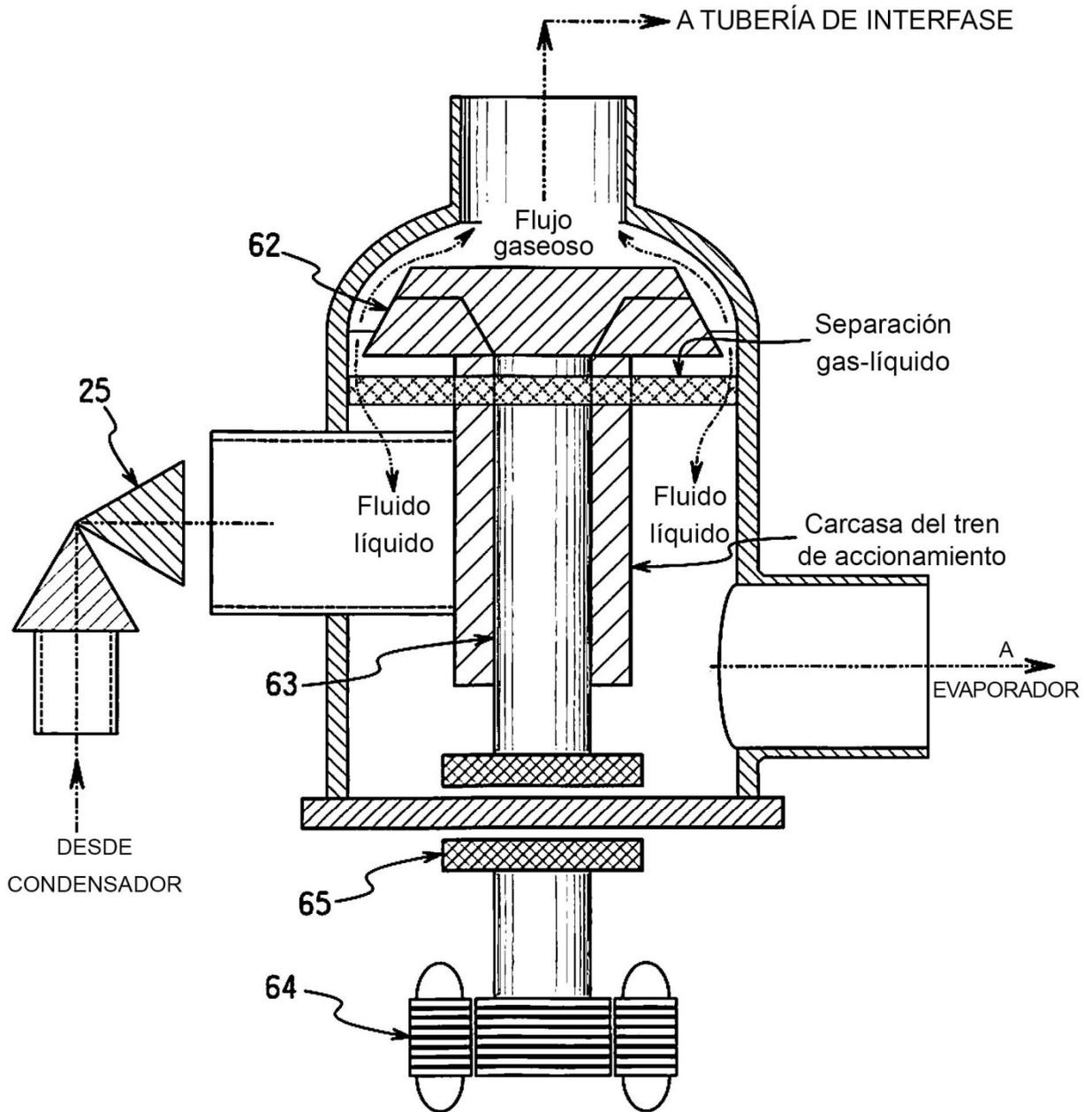


FIG. 8

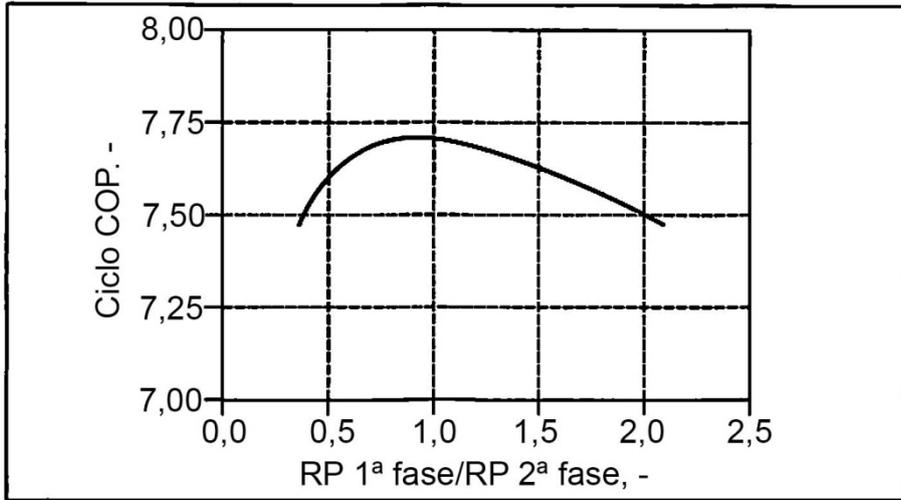


FIG. 9A

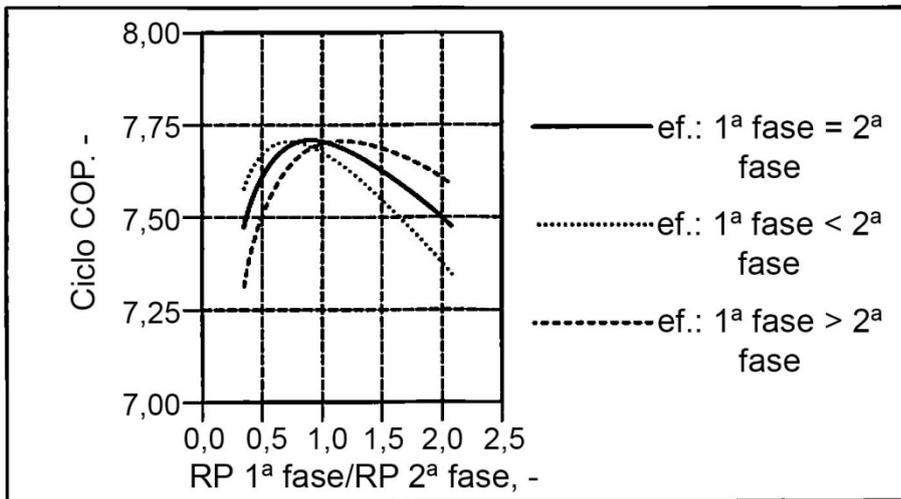


FIG. 9B

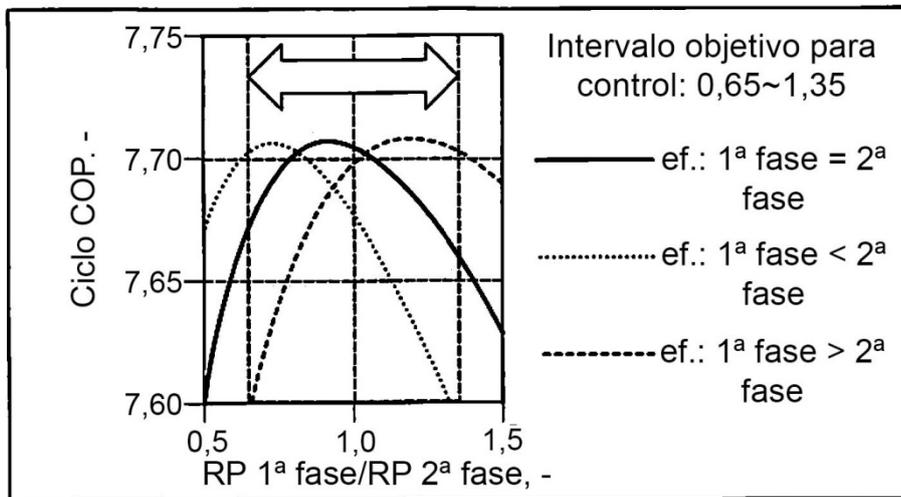


FIG. 9C

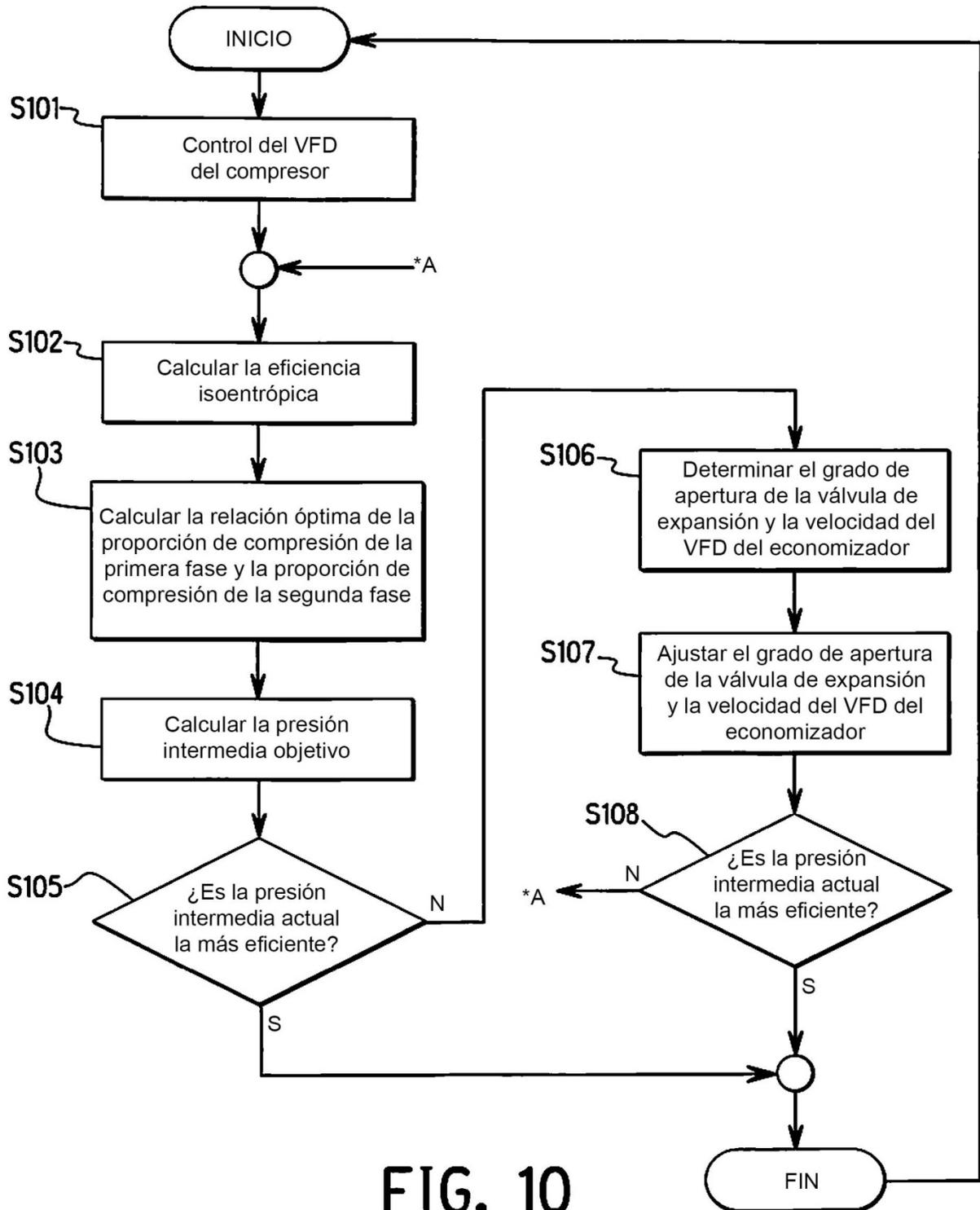


FIG. 10

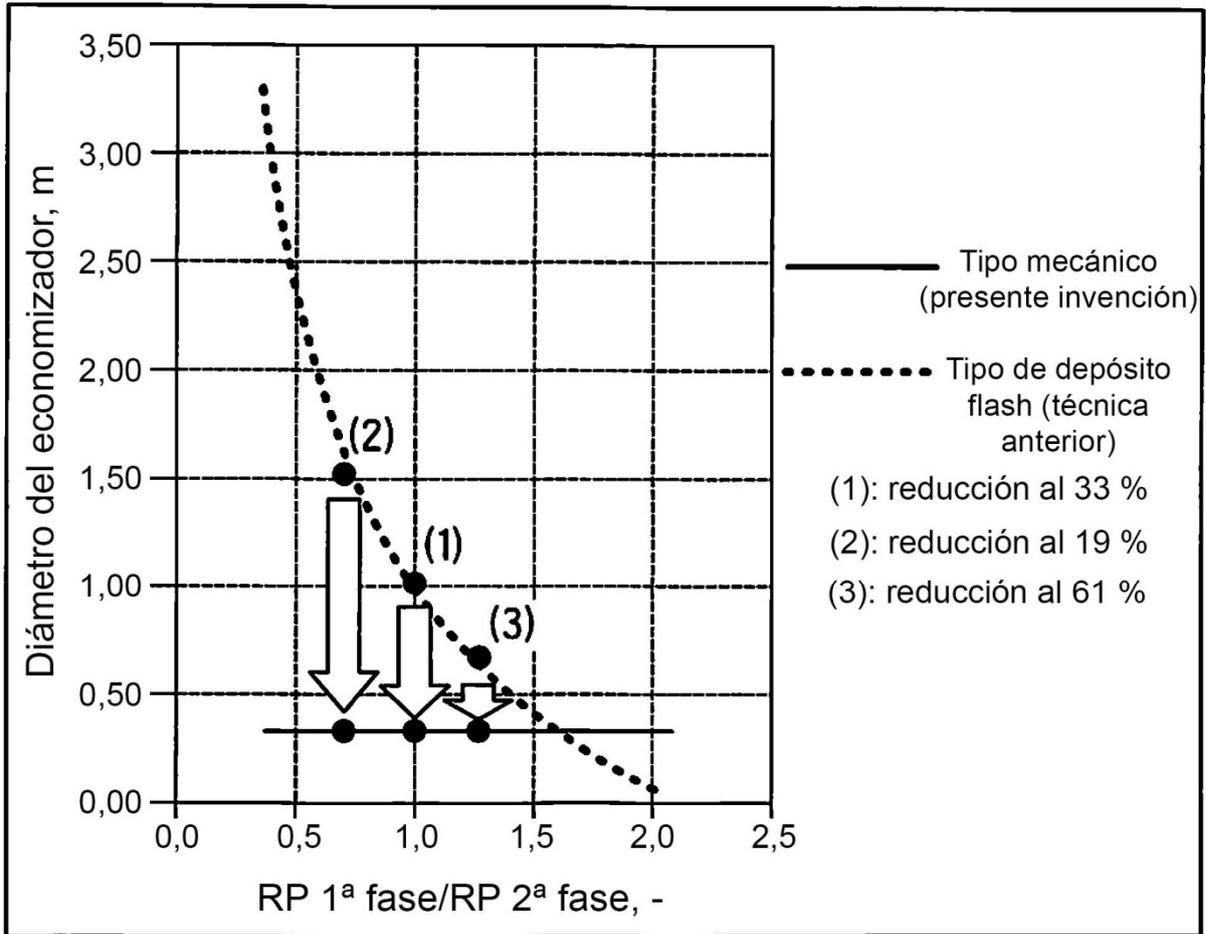


FIG. 11

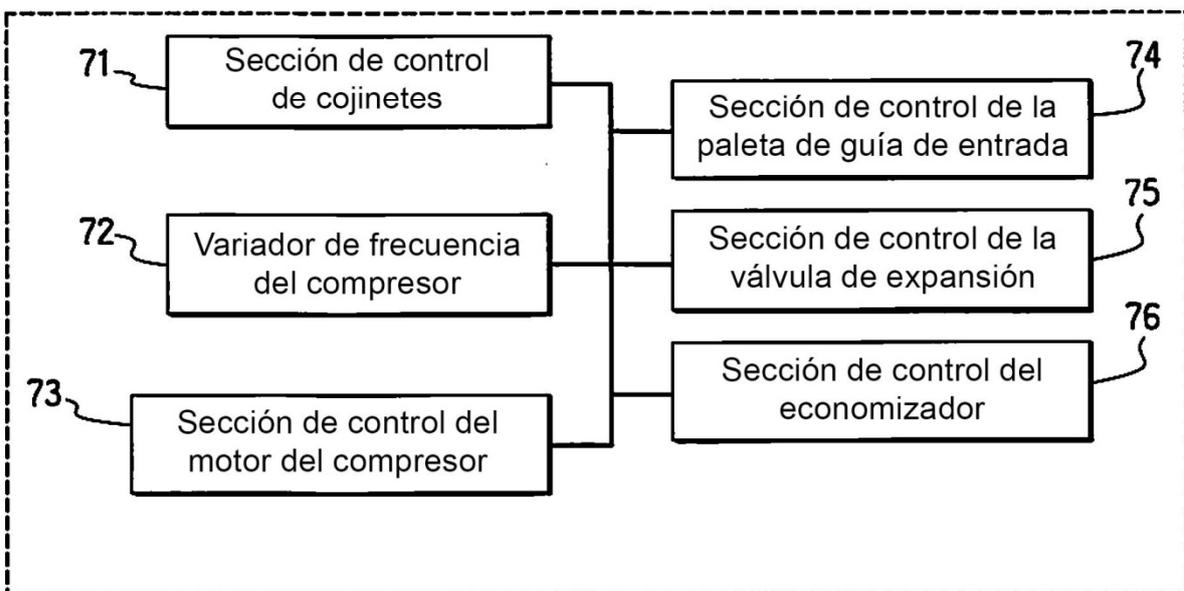


FIG. 12