

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 916 100**

51 Int. Cl.:

**F04D 25/06** (2006.01)  
**F04D 29/053** (2006.01)  
**F04D 29/058** (2006.01)  
**F04D 29/58** (2006.01)  
**H02K 1/32** (2006.01)  
**H02K 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2017 PCT/US2017/022058**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2017 WO17160696**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2017 E 17713125 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2022 EP 3430268**

54 Título: **Compresor centrífugo en el que el refrigerante de motor circula en ranuras axiales entre el árbol y el rotor eléctrico**

30 Prioridad:

**17.03.2016 US 201615072975**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.06.2022**

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)  
Umeda Center Building, 4-12, Nakazaki-nishi 2-  
chome, Kita-ku, Osaka-shi  
Osaka 530-8323, JP**

72 Inventor/es:

**KNOPP, JOSEPH LAYTON;  
MORGAN, JEFFREY ALLEN y  
FORMOSA, RONALD J.**

74 Agente/Representante:

**BERTRÁN VALLS, Silvia**

ES 2 916 100 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 centrífugo en el que el refrigerante de motor circula en ranuras axiales entre el árbol y el rotor eléctrico

5 **Antecedentes****Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere en general a un compresor centrífugo usado en un sistema de enfriador. Más específicamente, la presente invención se refiere a un compresor centrífugo con refrigeración de motor.

**Información de los antecedentes**

15 Un sistema de enfriador es una máquina o un aparato de refrigeración que elimina el calor de un medio. Habitualmente, se usa un líquido tal como agua como medio y el sistema de enfriador funciona en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Luego, este líquido puede hacerse circular a través de un intercambiador de calor para refrigerar el aire o equipos según requiera. Como subproducto necesario, la refrigeración crea calor residual que debe expulsarse al ambiente o, para una mayor eficiencia, recuperarse con fines de calefacción. Un sistema de enfriador convencional a menudo utiliza un compresor centrífugo, que se denomina a menudo turbocompresor. Por tanto, tales sistemas de enfriador pueden denominarse turboenfriadores. Alternativamente, pueden usarse otros tipos de compresores, por ejemplo un compresor de tornillo.

25 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) para 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 del medio (líquido) al refrigerante y el líquido se enfría. Luego, el refrigerante del evaporador se devuelve al compresor centrífugo y se repite el ciclo. El líquido utilizado es a menudo agua.

35 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 orificio de admisión de gas del compresor centrífugo mientras que el difusor se acopla a un orificio de salida de gas del impulsor. La paleta de guía de entrada controla el caudal de gas refrigerante al impulsor. El impulsor aumenta la velocidad del gas refrigerante. El difusor trabaja para transformar la velocidad del gas refrigerante (presión dinámica), proporcionada por el impulsor, en presión (estática). El motor hace rotar 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. Un compresor centrífugo convencional puede tener una o dos etapas. Un motor acciona el uno o más impulsores.

45 Puede que sea necesario refrigerar el motor en el compresor centrífugo convencional. El método general de refrigeración de motor es mediante refrigerante usado del sistema de enfriador. Véanse por ejemplo, la patente estadounidense n.º 3.805.547, la patente estadounidense n.º 3.645.112 y la publicación japonesa n.º JPH01-138946.

50 El documento WO 2008/045413 A2 divulga características que se encuentran dentro del preámbulo de la reivindicación 1. Los documentos EP 1 522 749 A1 y EP 2 658 098 A1 son documentos adicionales de la técnica anterior.

**Sumario**

55 Un ejemplo de un refrigerante relativamente común usado en un sistema de enfriador centrífugo es el R134a. Las técnicas convencionales de refrigeración de motor funcionan relativamente bien cuando este refrigerante se usa en un sistema de enfriador convencional. Véanse las figuras 25-26. Sin embargo, se ha descubierto que cuando se usa refrigerante de baja presión (LPR), por ejemplo, R1233zd, en un sistema de enfriador centrífugo, las técnicas convencionales de refrigeración de motor pueden no ser suficientes. Véanse las figuras 25 y 27.

60 Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un compresor centrífugo para un enfriador que refrigere adecuadamente el motor incluso cuando se usa LPR tal como R1233zd.

65 También se ha descubierto que la temperatura del rotor es mayor que la temperatura del estator en un sistema de enfriador centrífugo convencional que usa técnicas convencionales de refrigeración de motor cuando se usa un refrigerante de baja presión (LPR) tal como R1233zd. Véase la figura 27. La temperatura del rotor y/o el estator también puede ser mayor de lo deseado.

Por tanto, otro objeto de la presente invención es proporcionar un compresor centrífugo para un enfriador que refrigere adecuadamente el rotor y/o el estator del motor incluso cuando se usa LPR tal como R1233zd.

5 Se ha descubierto además que la cantidad de refrigeración de motor depende del caudal de refrigerante, y que un caudal de refrigerante demasiado alto en el compresor centrífugo convencional puede dar como resultado arrastre en el motor.

10 Por tanto, otro objeto de la presente invención es proporcionar un compresor centrífugo para un enfriador en el que se proporcione un caudal de refrigerante adecuado sin provocar arrastre en el motor.

15 Se ha descubierto además que el caudal de refrigerante, y por tanto, la cantidad de refrigeración, dependen de la diferencia de presión entre los lados superior e inferior. La diferencia de presión de R134a es mayor que la del LPR tal como R1233zd. Sin embargo se ha descubierto además que el área de sección transversal de la trayectoria de flujo también es un factor en el caudal de refrigerante.

20 Por tanto, otro objeto de la presente invención es proporcionar un compresor centrífugo para un enfriador en el que se proporcione un área de sección transversal adecuada de una trayectoria de flujo y/o una diferencia de presión para facilitar el flujo de refrigerante y la refrigeración adecuados incluso cuando se usa un refrigerante de baja presión (LPR) tal como R1233zd.

Se ha descubierto además que un refrigerante de bajo potencial de calentamiento global (GWP) tal como R1234ze o R1234yf también puede presentar uno más de los desafíos anteriores.

25 Por tanto, aún otro objeto de la presente invención es proporcionar un compresor centrífugo para un enfriador en el que pueda usarse refrigerante de bajo potencial de calentamiento global (GWP) tal como R1234ze o R1234yf para refrigerar adecuadamente el motor según uno o más de los objetos anteriores.

30 La invención se define en la reivindicación 1.

Uno o más de los objetos anteriores pueden lograrse básicamente proporcionando un compresor centrífugo adaptado para usarse en un enfriador. El compresor centrífugo incluye una carcasa, una paleta de guía de entrada, un impulsor, un motor, un difusor y una estructura de distribución de medio de refrigeración. La carcasa tiene una porción de entrada y una porción de salida. La paleta de guía de entrada está dispuesta en la porción de entrada. El impulsor está dispuesto aguas abajo de la paleta de guía de entrada. El impulsor está unido a un árbol que puede rotar alrededor de un eje de rotación. El difusor está dispuesto en la porción de salida aguas abajo del impulsor. El motor está dispuesto para hacer rotar el árbol con el fin de hacer rotar el impulsor. El motor incluye un rotor montado en el árbol y un estator dispuesto radialmente hacia fuera del rotor para formar un espacio entre el rotor y el estator. La estructura de distribución de medio de refrigeración incluye un conducto de entrada ubicado para suministrar un medio de refrigeración al motor y un conducto de salida ubicado para descargar el medio de refrigeración desde el motor. El árbol tiene una forma externa diferente de una forma interna del rotor para formar al menos un paso axial entre el árbol y el rotor a lo largo de una longitud axial del árbol al menos tan largo como una longitud axial del rotor. El conducto de entrada está ubicado para suministrar el medio de refrigeración a través del espacio y el al menos un paso axial para refrigerar el rotor. El conducto de salida está ubicado para descargar el medio de refrigeración desde el espacio y el al menos un paso axial. El conjunto completo de características que definen la invención se encuentran en la reivindicación 1.

50 Estos y otros objetos, características, aspectos y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada que, tomada junto con los dibujos adjuntos, divulga realizaciones preferidas.

### Breve descripción de los dibujos

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

la figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de enfriador de una sola etapa que tiene un compresor centrífugo según una realización de la presente invención;

60 la figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de enfriador de dos etapas (con un economizador) que tiene un compresor centrífugo según una realización de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una primera opción de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

65 la figura 4 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una segunda opción de trayectorias de flujo de refrigeración

de estator y rotor aplicables al sistema de enfriador de la figura 2;

5 la figura 5 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una tercera opción de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

10 la figura 6 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una cuarta opción de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

la figura 7 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una quinta opción de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

15 la figura 8 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una combinación de las opciones primera y tercera de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

20 la figura 9 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una combinación de las opciones primera y cuarta de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

25 la figura 10 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una combinación de las opciones primera y quinta de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables a los sistemas de enfriador de las figuras 1 y 2, mostrándose la segunda etapa en un círculo discontinuo para ilustrar que la segunda etapa sólo está presente en la figura 2;

30 la figura 11 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una combinación de las opciones segunda y tercera de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables al sistema de enfriador de la figura 2;

la figura 12 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una combinación de las opciones segunda y cuarta de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables al sistema de enfriador de la figura 2;

35 la figura 13 es un diagrama esquemático parcial que ilustra una combinación de las opciones segunda y quinta de trayectorias de flujo de refrigeración de estator y rotor aplicables al sistema de enfriador de la figura 2;

40 la figura 14 es una vista en perspectiva del compresor centrífugo del sistema de enfriador ilustrado en la figura 2, con porciones separadas y mostradas en sección transversal con fines de ilustración;

la figura 15A es una vista en sección transversal longitudinal parcial simplificada del motor de los compresores ilustrados en las figuras 1-14 que ilustra un primer flujo direccional paralelo de refrigeración de motor;

45 la figura 15B es una vista en sección transversal longitudinal parcial simplificada del motor de los compresores ilustrados en las figuras 1-14 que ilustra un segundo flujo direccional paralelo de refrigeración de motor;

la figura 16A es una vista en sección transversal longitudinal parcial simplificada del motor de los compresores ilustrados en las figuras 1-14 que ilustra un primer flujo direccional en serie de refrigeración de rotor;

50 la figura 16B es una vista en sección transversal longitudinal parcial simplificada del motor de los compresores ilustrados en las figuras 1-14 que ilustra un segundo flujo direccional en serie de refrigeración de rotor;

55 la figura 17 es una vista en sección transversal longitudinal esquemática de los impulsores, el motor y los cojinetes magnéticos del compresor centrífugo ilustrado en las figuras 1-16, omitiendo el flujo de medio de refrigeración por motivos de simplicidad;

la figura 18 es una vista en perspectiva ampliada del árbol de motor del motor de los compresores ilustrados en las figuras 1-17;

60 la figura 19 es una vista en alzado longitudinal del árbol de motor ilustrado en la figura 18;

la figura 20 es una vista en alzado de extremo del árbol de motor ilustrado en las figuras 18-19;

65 la figura 21 es una vista en sección transversal del árbol de motor ilustrado en las figuras 18-20 tal como se observa a lo largo de la línea de sección 21-21 de la figura 19;

la figura 22 es una vista en sección transversal del árbol de motor ilustrado en las figuras 18-20 tal como se observa a lo largo de la línea de sección 22-22 de la figura 19;

5 la figura 23 es una vista en sección transversal parcial del motor del compresor ilustrado en las figuras 15A-15B, tal como se observa a lo largo de la línea de sección 23-23 de la figura 15A, que ilustra un ángulo negativo de las ranuras en el árbol en relación con el sentido de rotación;

10 la figura 24 es una vista en sección transversal parcial del motor del compresor ilustrado en las figuras 15A-15B, tal como se observa a lo largo de la línea de sección 23-23 de la figura 15A, que ilustra un ángulo positivo de las ranuras en el árbol en relación con el sentido de rotación;

la figura 25 es una vista en sección transversal parcial del compresor centrífugo que tiene un motor convencional;

15 la figura 26 es un gráfico que ilustra las temperaturas del estator y el rotor en el compresor convencional de la figura 25, cuando el refrigerante es R134a;

20 la figura 27 es un gráfico que ilustra las temperaturas del estator y el rotor en el compresor convencional de la figura 25, cuando el refrigerante es R1233zd; y

la figura 28 es un gráfico que ilustra las temperaturas del estator y el rotor en el compresor convencional de la figura 25, cuando el refrigerante es R134a.

#### Descripción detallada de la realización/las realizaciones

25 Se explicarán ahora realizaciones seleccionadas con referencia a los dibujos. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que las siguientes descripciones de las realizaciones se proporcionan sólo con propósitos ilustrativos y no con el propósito de limitar la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

30 Haciendo referencia inicialmente a las figuras 1 y 2, se ilustran los sistemas 10 y 10' de enfriador que tienen compresores 22 y 22' centrífugos según una realización de la presente invención. El compresor 22 centrífugo de la figura 1 es un compresor de una sola etapa, y por tanto, el sistema 10 de enfriador de la figura 1 es un sistema de enfriador de una sola etapa. El compresor 22' centrífugo de la figura 2 es un compresor de dos etapas, y por tanto, el sistema 10' de enfriador de la figura 2 es un sistema de enfriador de dos etapas. El sistema de enfriador de dos etapas de la figura 2 también incluye un economizador. Las figuras 1 y 2 simplemente ilustran dos ejemplos de sistemas de enfriador en los que pueden usarse compresores 22 y 22' centrífugos según la presente invención.

40 Haciendo referencia ahora brevemente a las figuras 3-13 se ilustran numerosas opciones para unir los compresores 22 y 22' centrífugos en los sistemas 10 y 10' de enfriador con el fin de proporcionar flujo de refrigeración de motor según la presente invención. Las figuras 1 y 2 no ilustran los flujos de refrigeración de motor mostrados en las figuras 3-13 debido a que las numerosas opciones mostradas en las figuras 3-13, si se incluyen en las figuras 1-2, podrían hacer que las figuras 1-2 sean confusas. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que las opciones de las figuras 3-13 pueden incorporarse en los sistemas 10 y 10' de enfriador ilustradas en las figuras 1 y 2 tal como se indicó anteriormente en Breve descripción de los dibujos. Además resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que el economizador del sistema 10' de enfriador puede eliminarse cuando no se usa para el flujo de refrigeración de motor en las figuras 3-13.

50 Los sistemas 10 y 10' de enfriador son convencionales, a excepción de los compresores 22 y 22' centrífugos y la manera en que se suministran los flujos de refrigeración a los compresores 22 y 22' centrífugos. Por tanto, los sistemas 10 y 10' de enfriador no se comentarán y/o ilustrarán con detalle en el presente documento excepto en relación con los compresores 22 y 22' centrífugos y la manera en que los flujos de refrigeración se suministran a los compresores 22 y 22' centrífugos. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la técnica que las partes convencionales de los sistemas 10 y 10' de enfriador pueden construirse de diversas formas sin apartarse del alcance de la presente invención. En las realizaciones ilustradas, los sistemas 10 y 10' de enfriador son preferiblemente enfriadores por agua que utilizan agua de refrigeración y agua de enfriador de manera convencional.

60 Los compresores 22 y 22' centrífugos son idénticos entre sí, excepto en que el compresor 22' centrífugo es un compresor de dos etapas. Por tanto, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que el compresor 22 de una sola etapa es idéntico al compresor 22' centrífugo, excepto por la eliminación de partes. Por tanto, el compresor 22' de dos etapas incluye todas las partes del compresor 22 de una sola etapa, pero también incluye partes adicionales. Por consiguiente, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que las descripciones e ilustraciones del compresor 22' de dos etapas también se aplican al compresor 22 de una sola etapa, excepto por las partes relacionadas con la segunda etapa de compresión y modificaciones relacionadas con la segunda etapa de compresión (por ejemplo, la forma del alojamiento, la forma del extremo de árbol, etc.). En vista de estos puntos, y en aras de la brevedad, en el presente documento sólo se explicará y/o ilustrará con detalle el compresor 22' de dos etapas. El compresor 22' se explicará con más detalle a continuación.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 1-2, ahora se explicarán brevemente los componentes de los sistemas 10 y 10' de enfriador. El sistema 10 de enfriador incluye básicamente un controlador 20 de enfriador, el compresor 22, un condensador 24, una válvula de expansión u orificio 27, y un evaporador 28 conectados entre sí en serie para formar un ciclo de refrigeración en bucle. El sistema 10' de enfriador incluye un controlador 20 de enfriador, el compresor 22' centrífugo, un condensador 24, una válvula de expansión u orificio 25, un economizador 26, una válvula de expansión u orificio 27, y un evaporador 28 conectados entre sí en serie para formar un ciclo de refrigeración en bucle. En cualquier caso, están dispuestos diversos sensores (no mostrados) a lo largo de los circuitos de los sistemas 10 y 10' de enfriador para controlar los sistemas 10 y 10' de enfriador de manera convencional.

Haciendo referencia ahora a las figuras 1-17, principalmente a las figuras 14-17, se explicará ahora con más detalle el compresor 22'. El compresor 22' es un compresor centrífugo de dos etapas en la realización ilustrada. Por tanto, el compresor 22' ilustrado en el presente documento incluye dos impulsores. Sin embargo, el compresor 22' incluye tres o más impulsores (no mostrados) o puede ser un compresor de una sola etapa tal como se muestra en la figura 1. El compresor 22' centrífugo de dos etapas de la realización ilustrada es convencional excepto en que el compresor 22' incluye trayectorias de refrigeración de motor conectadas al compresor 22' tal como se muestra en una de las figuras 3-13, y refrigerante de enfriamiento suministrado dentro del compresor 22' tal como se muestra en las figuras 15A-15B. Naturalmente, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que las trayectorias de refrigeración de las figuras 16A-16B también podrían usarse sin apartarse del alcance de la presente invención. La refrigeración de motor se explicará con más detalle a continuación.

Por tanto, el compresor 22' centrífugo incluye un impulsor 34a de primera etapa y un impulsor 34b de segunda etapa. El compresor 22' centrífugo incluye además una paleta 32a de guía de entrada de primera etapa, un primer difusor/voluta 36a, una paleta 32b de guía de entrada de segunda etapa, un segundo difusor/voluta 36b, un motor 38 de compresor y un conjunto 40 de cojinete magnético así como diversos sensores convencionales (solo se muestran algunos). Aunque en el presente documento se describen cojinetes magnéticos, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden usarse otros tipos y formas de cojinetes de compresor con esta invención. Una carcasa 30 cubre las otras partes del compresor 22' centrífugo. La carcasa 30 incluye una porción 31a de entrada y una porción 33a de salida para la primera etapa del compresor 22'. La carcasa 30 también incluye una porción 31b de entrada y una porción 33b de salida para la segunda etapa del compresor 22'.

El controlador 20 de enfriador recibe señales desde los diversos sensores y controla las paletas 32a y 32b de guía de entrada, el motor 38 de compresor y el conjunto 40 de cojinete magnético de manera convencional, tal como se explica con más detalle a continuación. El refrigerante fluye en orden a través de la paleta 32a de guía de entrada de primera etapa, el impulsor 34a de primera etapa, la paleta 32b de guía de entrada de segunda etapa y el impulsor 34b de segunda etapa. Las paletas 32a y 32b de guía de entrada controlan el caudal de gas refrigerante hacia los impulsores 34a y 34b, respectivamente, de 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/las volutas 36a y 36b aumentan la presión del refrigerante. Los difusores/las volutas 36a y 36b están fijos de manera no móvil en relación con la carcasa 30. El motor 38 de compresor hace rotar los impulsores 34a y 34b a través de un árbol 42. El conjunto 40 de cojinete magnético soporta magnéticamente el árbol 42. Alternativamente, el sistema de cojinete puede incluir un elemento de rodillo, un cojinete hidrodinámico, un cojinete hidrostático y/o un cojinete magnético, o cualquier combinación de estos. De este modo, el refrigerante se comprime en el compresor 22' centrífugo.

En funcionamiento del sistema 10 de enfriador, se hacen rotar el impulsor 34a de primera etapa y el impulsor 34b de segunda etapa del compresor 22', y el refrigerante de baja presión en el sistema 10 de enfriador se aspira por el impulsor 34a de primera etapa. El caudal del refrigerante se ajusta mediante la paleta 32a de guía de entrada. El refrigerante aspirado por el impulsor 34a de primera etapa se comprime a presión intermedia, el primer difusor/voluta 36a aumenta la presión del refrigerante, y entonces se introduce el refrigerante en el impulsor 34b de segunda etapa. El caudal del refrigerante se ajusta por la paleta 32b de guía de entrada. El impulsor 34b de segunda etapa comprime el refrigerante de presión intermedia a alta presión, y el segundo difusor/voluta 36b aumenta la presión del refrigerante aumenta. Entonces se descarga el refrigerante gaseoso a alta presión al sistema 10 de enfriador.

Haciendo referencia a las figuras 14-17, el conjunto 40 de cojinete magnético es convencional, y por tanto, no se comentará y/o ilustrará con detalle en el presente documento, excepto en relación con la presente invención. Más bien, resultará evidente para los expertos en la técnica que puede usarse cualquier cojinete magnético adecuado sin apartarse de la presente invención. El conjunto 40 de cojinete magnético incluye preferiblemente un primer cojinete 44 magnético radial, un segundo cojinete 46 magnético radial y un cojinete 48 magnético (de empuje) axial. En cualquier caso, al menos un cojinete 44 ó 46 magnético radial soporta de manera rotatoria el árbol 42. El cojinete 48 magnético de empuje soporta el árbol 42 a lo largo de un eje de rotación X actuando sobre un disco 45 de empuje. El cojinete 48 magnético de empuje incluye el disco 45 de empuje que se une al árbol 42.

El disco 45 de empuje se extiende radialmente desde el árbol 42 en una dirección perpendicular al eje de rotación X, y está fijo en relación con el árbol 42. Una posición del árbol 42 a lo largo de eje de rotación X (una posición axial) está controlada por una posición axial del disco 45 de empuje. Los cojinetes 44 y 46 magnéticos radiales primero y segundo

están dispuestos en extremos axiales opuestos del motor 38 de compresor. Diversos sensores detectan las posiciones radiales y axiales del árbol 42 en relación con los cojinetes 44, 46 y 48 magnéticos, y envían señales al controlador 20 de enfriador de manera convencional. El controlador 20 de enfriador controla entonces la corriente eléctrica enviada a los cojinetes 44, 46 y 48 magnéticos de manera convencional para mantener el árbol 42 en la posición correcta. El conjunto 40 de cojinete magnético es preferiblemente una combinación de cojinetes 44, 46 y 48 magnéticos activos, que utiliza sensores 54, 56 y 58 de espacio para monitorizar la posición del árbol y enviar señales indicativas de la posición del árbol al controlador 20 de enfriador. Por tanto, cada uno de los cojinetes 44, 46 y 48 magnéticos son preferiblemente cojinetes magnéticos activos.

Haciendo referencia ahora a las figuras 14-24, se explicará ahora con más detalle el motor 38 según la presente invención. El motor 38 incluye un estator 60 y un rotor 62. El estator 60 está fijado a una superficie interior de la carcasa 30. Por otro lado, el rotor 62 está fijado al árbol 42. El estator 60 y el rotor 62 son convencionales. Por tanto, cuando se envía electricidad al estator 60, se hace que el rotor 62 rote. Dado que el rotor está fijado al árbol 42, también se hace que el árbol 42 rote, y por tanto, también se hace que los impulsores 34a y 34b roten. Se forma un espacio G entre el estator 60 y rotor 62. El espacio G se extiende de manera circunferencial completamente alrededor del rotor 62 y de manera axial a lo largo de las longitudes del estator 60 y rotor 62. Se suministra fluido de refrigeración al exterior del estator 60. Además, se suministra fluido de refrigeración a un extremo axial del motor 38 para refrigerar el rotor 62 al pasar axialmente a través del espacio G. La refrigeración del estator 60 y el rotor 62 se explicará con más detalle a continuación.

Haciendo referencia a las figuras 18-24, se explicará ahora con más detalle el árbol 42. Cabe señalar que la figura 17 es una vista simplificada, y por tanto, no ilustra las porciones del árbol 42. Tal como se mencionó anteriormente, el rotor 62 está montado en el árbol 42. El árbol 42 incluye una primera porción 64 de cojinete magnético radial, una segunda porción 66 de cojinete magnético radial, una tercera porción 68 de soporte de cojinete magnético axial, una porción 70 ampliada y una porción 72 de soporte de rotor. Además, las porciones 74a y 74b de soporte de impulsor están dispuestas en lados opuestos del árbol 42 y tienen los impulsores 34a y 34b unidos de manera fija a las mismas.

La primera porción 64 de cojinete magnético radial está dispuesta axialmente entre la porción 72 de soporte de rotor y la porción 34a de soporte de impulsor. La primera porción 64 de cojinete magnético radial está soportada radialmente de manera magnética por el primer cojinete 44 magnético radial de manera convencional. La tercera porción 68 de soporte de cojinete magnético axial está dispuesta axialmente entre la porción 70 ampliada y la segunda porción 66 de cojinete magnético. La tercera porción 68 de soporte de cojinete magnético axial tiene el disco 45 de empuje montado de manera fija a la misma de manera convencional (no mostrado en las figuras 18-24). El disco 45 de empuje está soportado axialmente de manera magnética por el cojinete 48 magnético axial de manera convencional. La segunda porción 66 de cojinete magnético está dispuesta axialmente entre la tercera porción 68 de soporte de cojinete magnético axial y la segunda porción 74b de soporte de impulsor. La segunda porción 66 de cojinete magnético radial está soportada radialmente de manera magnética por el segundo cojinete 46 magnético radial de manera convencional.

La porción 72 de soporte de rotor está dispuesta axialmente entre la primera porción 64 de cojinete magnético y la porción 70 ampliada. La porción 70 ampliada está dispuesta axialmente entre la porción 72 de soporte de rotor y la tercera porción 68 de soporte de cojinete magnético axial. Una pluralidad de ranuras 80 están formadas en la superficie exterior de porciones de la porción 70 ampliada y la porción 72 de soporte de rotor. Debido a la presencia de las ranuras 80, el árbol 42 tiene una forma externa diferente de una forma interna del rotor 62 para formar una pluralidad de pasos axiales. Debido a que la porción 70 ampliada es más grande que la porción 72 de soporte de rotor, el rotor 62 puede deslizarse sobre la porción 72 de soporte de rotor hasta que el rotor 62 entra en contacto con la porción 70 ampliada. Véanse las figuras 14-16. Sin embargo, las ranuras 80 tienen longitudes mayores que el rotor 62 y se extienden a lo largo de parte de la porción 70 ampliada y la porción 72 de soporte de rotor. Además, las ranuras 80 tienen profundidades mayores que la diferencia en altura radial entre la porción 70 ampliada y la porción 72 de soporte de rotor, tal como se entiende mejor a partir de las figuras 18 y 21. Por tanto, puede pasar fluido de refrigeración axialmente a través de las ranuras 80, tal como se explica con más detalle a continuación. El fluido de refrigeración puede pasar en paralelo tal como se muestra en la figura 15A de izquierda a derecha, o en paralelo tal como se muestra en la figura 15B de derecha a izquierda. Alternativamente, el medio de refrigeración puede pasar en serie por ejemplo, un contraflujo) tal como se muestra en la figura 16A hacia/desde la izquierda, o en serie tal como se muestra en la figura 16B hacia/desde la derecha. Los flujos de las figuras 16A y 16B pueden ser particularmente útiles cuando hay una gran diferencia de presión entre el lado de suministro y el lado de retorno.

Haciendo referencia todavía a las figuras 18-24, se explicará ahora con más detalle las ranuras 80 del árbol 42. En la realización ilustrada, el árbol 42 tiene seis ranuras 80 separadas por igual circunferencialmente entre sí. Por tanto, la forma externa del árbol 42 incluye una sección anular (de cada una de la porción 70 ampliada y la porción 72 de soporte de rotor) y una pluralidad de ranuras 80 que se extienden radialmente hacia dentro desde las secciones anulares. Además, en la realización ilustrada, las ranuras 80 son idénticas entre sí. Cada ranura 80 incluye una primera pared 82 lateral, una segunda pared 84 lateral separada circunferencialmente de la primera pared 82 lateral y una pared 86 de depresión que conecta radialmente los extremos interiores de las paredes 82 y 84 laterales primera y segunda. La primera pared 82 lateral de cada ranura 80 es sustancialmente paralela a la segunda pared 84 lateral de la ranura 80 tal como se observa en sección transversal axial. Además, cada ranura 80 tiene una línea central C

separada por igual de las paredes 82 y 84 laterales primera y segunda tal como se observa en sección transversal axial, y la línea central C de cada ranura 80 está inclinada en relación con una dirección radial del árbol 42 tal como se entiende mejor a partir de las figuras 23 y 24.

5 En vista de la configuración anterior, la forma externa del árbol 42 es diferente de la forma interna del rotor 62 para formar una pluralidad de pasos axiales entre el árbol 42 y el rotor 62 a lo largo de la longitud axial del árbol 42 al menos tan largos como la longitud axial del rotor 62. En cualquier caso, el árbol 42 tiene una forma externa diferente de una forma interna del rotor 62 para formar al menos un paso axial entre el árbol 42 y el rotor 62 a lo largo de una longitud axial del árbol 42 al menos tan largo como una longitud axial del rotor 62. Cuando se habla de la longitud axial del rotor 62 en este caso, se pretende hacer referencia a una longitud axial de la porción del rotor 62 unida al árbol 42. Un área de sección transversal total del al menos un paso axial es mayor que un área de sección transversal total del espacio G tal como se observa en sección transversal axial. Preferiblemente, el área de sección transversal total del al menos un paso axial es aproximadamente el doble del área de sección transversal total del espacio G tal como se observa en sección transversal axial.

15 El árbol 42 rota en un sentido de rotación R durante el funcionamiento del compresor 22 o 22' centrífugo, y cada línea central C puede estar inclinada de modo que un extremo radialmente interior esté dispuesto circunferencialmente más lejos en el sentido de rotación positivo que un extremo radialmente exterior de la línea central C tal como se muestra en la figura 23. Esto ilustra un ángulo negativo de las ranuras 80. Alternativamente, el árbol 42 rota en un sentido de rotación R durante el funcionamiento del compresor 22 o 22' centrífugo, y cada línea central C puede estar inclinada de modo que un extremo radialmente exterior esté dispuesto circunferencialmente más lejos en el sentido de rotación positivo que un extremo radialmente interior de la línea central C tal como se muestra en la figura 24. Esto ilustra un ángulo positivo de las ranuras.

25 Las configuraciones de ranura de la realización ilustrada son meramente ejemplos. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que la configuración de ranura exacta puede calcularse basándose en las características de la ranura por simulación de fluidos. Sin embargo, es preferible que exista un ángulo con respecto al sentido de rotación. El sentido de un ángulo de este tipo puede determinarse de la siguiente manera. Cuando se diseña con énfasis en la refrigeración, un "ángulo negativo" con respecto al sentido de rotación tal como se muestra en la figura 23 puede ser el más útil, mientras que cuando se diseña con énfasis en la pérdida de fricción, un "ángulo positivo" con respecto al sentido de rotación, debido a que la resistencia a la rotación (pérdida de fricción) del árbol aumenta en el caso del "ángulo positivo" con respecto al sentido de rotación tal como se muestra en la figura 24, puede ser el más útil.

35 En cualquier caso, es preferible que el área total de las ranuras 80 del árbol sea aproximadamente el doble del área del paso del entrehierro G. Por tanto, el área de sección transversal total de la pluralidad de ranuras 80 es mayor que el área de sección transversal total del espacio G tal como se observa en sección transversal axial. Preferiblemente, el área de sección transversal total de la pluralidad de ranuras 80 es aproximadamente el doble del área de sección transversal total del espacio G tal como se observa en sección transversal axial. En la realización ilustrada, la razón del área de las ranuras 80 con respecto al área del espacio G es de 0,63 a 0,37. Sin embargo, el área de ranura óptima así como el ángulo de ranura se determina preferiblemente según si se diseña con énfasis en la refrigeración o en la disminución de la pérdida de fricción. Al hablar de las áreas de sección transversal en el presente documento cabe señalar que el espacio G normalmente es muy pequeño de modo que su tamaño se amplía en el presente documento con fines ilustrativos.

45 Haciendo referencia de nuevo a las figuras 3-13, se explicarán con más detalle las opciones para la distribución del medio de refrigeración al motor 38. En todas las figuras 3-13 se proporciona un suministro de estator SS, un retorno de estator SR, al menos un suministro de rotor RS y un retorno de rotor RR. Aunque solo se ilustra como líneas en estas figuras, estas líneas representan conductos/tuberías convencionales tal como se entiende mejor a partir de las figuras 15A-15B y 16A-16B. Las líneas RR y RS en las figuras 15A-15B pueden combinarse sólo en las líneas continuas. Dicho de otro modo, en las figuras 15A-15B puede proporcionarse una sola línea de suministro de rotor RS y una sola línea de retorno de rotor RR o pueden proporcionarse dos líneas en paralelo. En cualquier caso, las figuras 15A-15B ilustran el flujo en paralelo a través del espacio G y las ranuras 80. En las figuras 16A-16B, se ilustra el flujo en serie a través de las ranuras 80 y el espacio G hacia/desde extremos opuestos del motor 38. Por tanto, únicamente se usa una sola línea de suministro de rotor RS y una sola línea de retorno de rotor RR. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que al menos cualquiera de los flujos de las figuras 15A, 15B, 16A, 16B puede usarse con los flujos de las figuras 3-13 sin apartarse del alcance de la presente invención.

60 En las figuras 3-13, las líneas de suministro de estator SS y las líneas de retorno de estator SR son las mismas para todas las figuras 3-13. Cada línea de suministro de estator SS incluye dos válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro desecador DF entre ellos. Cada línea de retorno de estator SR incluye una válvula de solenoide SOV. Además, la línea de retorno de rotor RR para cada una de las figuras 3-13 también es la misma. Sin embargo, las líneas de suministro de rotor RS para las figuras 3-13 son diferentes. En las figuras 3-13, algunas de las disposiciones de distribución del medio de refrigeración se aplican a los sistemas 10 ó 10' de enfriador primero y/o segundo, en cuyo caso la segunda etapa del compresor 22' está rodeada por líneas ocultas, para indicar que es opcional. En estos casos, la línea de suministro de rotor RS no se ve afectada por la presencia o ausencia de la segunda etapa del

## ES 2 916 100 T3

compresor 22'

- 5 En la figura 3, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el evaporador 28 hasta el motor 38. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 10 En la figura 4, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el economizador 26 hasta el motor 38. Por tanto, esta distribución se aplica al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 15 En la figura 5, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 hasta el motor 38. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con una válvula de expansión EXV aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 20 En la figura 6, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 hasta el motor 38. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con un orificio O aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 25 En la figura 7, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 hasta el motor 38. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con una válvula de expansión EXV montada en paralelo y un orificio O aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 30 En la figura 8, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 y desde el evaporador 28 hasta el motor 38 a través de un punto de bifurcación. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS desde el condensador incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con una válvula de expansión EXV aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 35 En la figura 9, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 y desde el evaporador 28 hasta el motor 38 a través de un punto de bifurcación. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS desde el condensador incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con un orificio O aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 40 En la figura 10, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 y desde el evaporador 28 hasta el motor 38 a través de un punto de bifurcación. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS desde el condensador incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con una válvula de expansión EXV montada en paralelo y un orificio O aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 45 En la figura 11, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 y desde el economizador 26 hasta el motor 38 a través de un punto de bifurcación. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS desde el condensador incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con una válvula de expansión EXV aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al enfriador 10 de una sola etapa o al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 50 En la figura 12, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 y desde el economizador 26 hasta el motor 38 a través de un punto de bifurcación. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS desde el condensador incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con un orificio O aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 55 En la figura 13, la línea de suministro de rotor RS distribuye fluido de refrigeración desde el condensador 24 y desde el economizador 26 hasta el motor 38 a través de un punto de bifurcación. En esta opción, la línea de suministro de rotor RS desde el condensador incluye válvulas de solenoide SOV que intercalan un filtro ST entre ellas, y con una válvula de expansión EXV montada en paralelo y un orificio O aguas abajo. Por tanto, esta distribución se aplica al sistema 10' de enfriador de dos etapas.
- 60 El controlador 20 puede controlar las válvulas y/o el tamaño del orificio puede establecerse para distribuir la cantidad correcta de refrigerante. El suministro de estator SS, el retorno de estator SR, el al menos un suministro de rotor RS y el retorno de rotor RR, así como las partes dispuestas en ellos, forman parte de una estructura de distribución de medio de refrigeración según la presente invención. La estructura de distribución de medio de refrigeración incluye además un conducto de entrada IC ubicado para suministrar el medio de refrigeración a un primer extremo axial del motor 38 y un conducto de salida OC ubicado para descargar el medio de refrigeración desde un segundo extremo axial del motor 38, tal como se entiende mejor a partir de las figuras 3-16. El conducto de entrada IC está ubicado para
- 65

- 5 suministrar el medio de refrigeración desde el primer extremo axial del motor 38 a través del espacio G y el al menos un paso axial (por ejemplo, formado por las ranuras 80) hasta el segundo extremo axial del motor 38 para refrigerar el rotor 62, y el conducto de salida OC está ubicado para descargar el medio de refrigeración suministrado al segundo extremo axial del motor 38 desde el espacio G y el al menos un paso axial (por ejemplo, formado por las ranuras 80). Naturalmente, los extremos axiales primero y segundo pueden invertirse tal como se muestra en las figuras 15A-15B y 16A-16B. Los conductos IC y OC pueden suministrar/descargar medio de refrigeración hasta/desde tanto el espacio G como las ranuras 80, o pueden proporcionarse conductos convencionales adicionales (por ejemplo, como los usados anteriormente para distribuir fluido a un espacio) para el espacio G.
- 10 En la realización ilustrada, la estructura de distribución de medio de refrigeración no incluye una bomba. Además, en la realización ilustrada, al menos una porción del conducto de entrada (IC) está dispuesta axialmente más cerca de uno de los elementos 44 ó 48 de cojinete magnético primero o tercero que del primer extremo axial del motor 38, dependiendo de en qué sentido fluye el medio de refrigeración. Al menos una porción del conducto de salida OC está dispuesta axialmente más cerca de uno de los elementos 44 ó 48 de cojinete magnético primero o tercero que del
- 15 segundo extremo axial del motor 38, dependiendo de en qué sentido fluye el medio de refrigeración. En la realización ilustrada, el tercer elemento 48 de cojinete de empuje axial está dispuesto axialmente entre uno de los elementos 44 y 46 de cojinete magnético primero y segundo y uno de los extremos axiales primero y segundo del motor 38, respectivamente.
- 20 Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, el controlador 20 de enfriador puede incluir numerosas secciones de control programadas para controlar las partes convencionales de manera convencional. Por ejemplo, una sección de control de cojinete magnético convencional, un controlador de frecuencia variable de compresor convencional, una sección de control de motor de compresor convencional, una sección de control de paleta de guía de entrada convencional, y una sección de control de válvula de expansión convencional. Estas secciones pueden ser secciones independientes o combinadas.
- 25 En la realización ilustrada, las secciones de control son secciones del controlador 20 de enfriador programadas para ejecutar el control de las partes descritas en el presente documento. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que el número, la ubicación y/o la estructura precisos de las secciones de control, las porciones y/o el controlador 20 de enfriador pueden cambiarse sin apartarse de la presente invención siempre que uno o más controladores estén programados para ejecutar el control de las partes del sistema 10 de enfriador tal como se explica en el presente documento.
- 30 El controlador 20 de enfriador es convencional, y por tanto, incluye al menos un microprocesador o CPU, una interfaz de entrada/salida (I/O), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), un dispositivo de almacenamiento (o bien temporal o bien permanente) formando un medio legible por ordenador programado para ejecutar uno o más programas de control para controlar el sistema 10 de enfriador. El controlador 20 de enfriador puede incluir opcionalmente una interfaz de entrada tal como un teclado para recibir entradas procedentes de un usuario y un dispositivo de pantalla usado para presentar visualmente diversos parámetros a un usuario. Las partes y la programación son convencionales, y por tanto, no se comentarán con detalle en el presente documento, excepto cuando sea necesario para comprender la realización/las realizaciones.
- 35 En lo que se refiere a la protección medioambiental global, se considera el uso de nuevos refrigerantes de bajo GWP (potencial de calentamiento global) tales como R1233zd, R1234ze para los sistemas de enfriador. Un ejemplo del refrigerante de bajo potencial de calentamiento global es el refrigerante de baja presión en el que la presión de evaporación es igual a o menor que la presión atmosférica. Por ejemplo, el refrigerante de baja presión R1233zd es un candidato para aplicaciones de enfriador centrífugo porque no es inflamable, no es tóxico, es de bajo coste y tiene un COP alto en comparación con otros candidatos tales como R1234ze, que son las principales alternativas actuales al refrigerante R134a. En la realización ilustrada, el medio de refrigeración es refrigerante usado en el sistema 10 o
- 40 10' de enfriador. Preferiblemente, el refrigerante es al menos uno de un refrigerante de baja presión (LPR) y un refrigerante de bajo potencial de calentamiento global (GWP). Más específicamente, el refrigerante de baja presión (LPR) puede ser R1233zd y/o el refrigerante de bajo potencial de calentamiento global (GWP) puede ser R1234ze o R1234yf.
- 45 Haciendo referencia ahora a las figuras 26-28, en la figura 26 se ilustra un motor convencional que usa R134a, en la figura 27 se ilustra un motor convencional que usa R1233zd, y en la figura 28 se ilustra un motor según la presente invención que usa R1233zd. Tal como se muestra en la figura, cuando se realiza refrigeración en la misma forma, se realiza refrigeración suficiente, por ejemplo, con respecto al límite de temperatura de 60°C en R134a tal como se muestra en la figura 26; sin embargo, el límite de temperatura se supera en R1233zd tal como se muestra en la figura
- 50 27. Esto se debe a que R134a puede suministrar la cantidad de suministro de refrigerante de, por ejemplo, 0,48 kg/s, mientras que R1233zd solo puede suministrar 0,18 kg/s (aproximadamente un tercio). Se usa la diferencia en la presión (alta presión – baja presión) para suministrar el refrigerante; por tanto, la cantidad de suministro absoluta disminuye en R1233zd. Además, cuando no hay ranura, la parte de transferencia de calor de refrigeración de rotor será sólo la superficie exterior del rotor. Esta falta de área de transferencia de calor influye en el aumento de temperatura en R1233zd. Tal como se muestra en la figura 28, cuando se proporciona una ranura en el árbol, la temperatura interior del motor 38 se enfriará suficientemente. Al proporcionar una ranura en el árbol, el área de paso dentro del refrigerante
- 55 60 65

aumenta y la cantidad de suministro de refrigerante aumenta. Al proporcionar una ranura en el árbol, el rotor se enfría desde el exterior y desde el interior del rotor.

5 Con respecto a la distancia desde el cojinete magnético, normalmente los cojinetes magnéticos se disponen en tres posiciones en total, es decir, cojinetes 1, 2 magnéticos radiales y cojinete 3 magnético de empuje. Para enfriar el cojinete magnético, se prefiere la siguiente disposición tal como se muestra en las figuras 15A-15B y 16A-16B. Se disponen el puerto de suministro de refrigerante (por ejemplo, el conducto de entrada IC) y el puerto de escape (por ejemplo, el conducto de salida OC) lo más cerca posible del cojinete magnético. Se disponen la ranura 80 de árbol y el cojinete magnético de manera que la distancia entre ellos también sea lo más pequeña posible. Tal como se muestra en los ejemplos de las figuras 15A-15B y 16A-16B, las posiciones de los puertos de suministro/escape de refrigerante pueden cambiarse según la carga del rotor o la carga en cada cojinete magnético, y tal cambio puede realizarse durante el funcionamiento.

15 Aunque sólo se han elegido realizaciones seleccionadas para ilustrar la presente invención, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, las descripciones anteriores de las realizaciones según la presente invención se proporcionan únicamente a modo de ilustración y no con el fin de limitar la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Compresor centrífugo adaptado para usarse en un enfriador, comprendiendo el compresor centrífugo:
- 5 una carcasa que tiene una porción de entrada y una porción de salida;
- una paleta de guía de entrada dispuesta en la porción de entrada;
- 10 un impulsor dispuesto aguas abajo de la paleta de guía de entrada, estando unido el impulsor a un árbol (42) que puede rotar alrededor de un eje de rotación;
- un difusor dispuesto en la porción de salida aguas abajo del impulsor; y
- 15 un motor dispuesto para hacer rotar el árbol con el fin de hacer rotar el impulsor, incluyendo el motor un rotor (62) montado en el árbol y un estator (60) dispuesto radialmente hacia fuera del rotor para formar un espacio (G) entre el rotor y el estator;
- una estructura de distribución de medio de refrigeración que incluye un conducto de entrada ubicado para suministrar un medio de refrigeración al motor y un conducto de salida ubicado para descargar el medio de refrigeración desde el motor,
- 20 caracterizado porque
- 25 el árbol tiene una forma externa diferente de una forma interna del rotor para formar al menos un paso axial entre el árbol y el rotor a lo largo de una longitud axial del árbol al menos tan largo como una longitud axial del rotor, y
- el conducto de entrada está ubicado para suministrar el medio de refrigeración a través del espacio y el al menos un paso axial para refrigerar el rotor, y el conducto de salida está ubicado para descargar el medio de refrigeración desde el espacio y el al menos un paso axial,
- 30 en el que la forma externa del árbol es diferente de la forma interna del rotor para formar una pluralidad de pasos axiales entre el árbol y el rotor a lo largo de la longitud axial del árbol al menos tan largos como la longitud axial del rotor,
- 35 en el que la forma externa del árbol incluye una sección anular y una pluralidad de ranuras (80) que se extienden radialmente hacia dentro desde la sección anular, en el que
- 40 cada una de las ranuras incluye una primera pared (82) lateral, una segunda pared (84) lateral separada circunferencialmente de la primera pared lateral y una pared (86) de depresión que conecta radialmente los extremos interiores de las paredes laterales primera y segunda, en el que
- 45 la primera pared lateral de cada ranura es sustancialmente paralela a la segunda pared lateral de la ranura tal como se observa en sección transversal axial y
- 50 cada ranura tiene una línea central (C) separada por igual de las paredes laterales primera y segunda tal como se observa en sección transversal axial, y la línea central de cada ranura está inclinada en relación con una dirección radial del árbol.
2. Compresor centrífugo según la reivindicación 1, en el que
- las ranuras están sustancialmente separadas por igual entre sí a lo largo de una dirección circunferencial alrededor de la sección anular.
3. Compresor centrífugo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 55 el árbol rota en un sentido de rotación durante el funcionamiento del compresor centrífugo, y
- 60 cada línea central está inclinada de modo que un extremo radialmente exterior está dispuesto circunferencialmente más lejos en el sentido de rotación positivo que un extremo radialmente interior de la línea central.
4. Compresor centrífugo según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que
- 65 el árbol rota en un sentido de rotación durante el funcionamiento del compresor centrífugo, y

cada línea central está inclinada de modo que un extremo radialmente interior está dispuesto circunferencialmente más lejos en el sentido de rotación positivo que un extremo radialmente exterior de la línea central.

- 5 5. Compresor centrífugo según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que un área de sección transversal total del al menos un paso axial es mayor que un área de sección transversal total del espacio tal como se observa en sección transversal axial.
- 10 6. Compresor centrífugo según la reivindicación 5, en el que el área de sección transversal total del al menos un paso axial es aproximadamente el doble del área de sección transversal total del espacio tal como se observa en sección transversal axial.
- 15 7. Compresor centrífugo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un cojinete magnético que soporta de manera rotatoria el árbol.
- 20 8. El compresor centrífugo según la reivindicación 7, en el que el cojinete magnético incluye un primer elemento de cojinete magnético radial dispuesto en un primer extremo axial del motor, un segundo elemento de cojinete magnético radial dispuesto en un segundo extremo axial del motor, y un tercer elemento de cojinete de empuje axial dispuesto en uno de los extremos axiales primero y segundo del motor.
- 25 9. Compresor centrífugo según la reivindicación 8, en el que al menos una porción del conducto de entrada está dispuesta axialmente más cerca de uno de los elementos de cojinete magnético primero o tercero que del primer extremo axial del motor.
- 30 10. Compresor centrífugo según la reivindicación 8, en el que al menos una porción del conducto de salida está dispuesta axialmente más cerca de uno de los elementos de cojinete magnético segundo o tercero que del segundo extremo axial del motor.

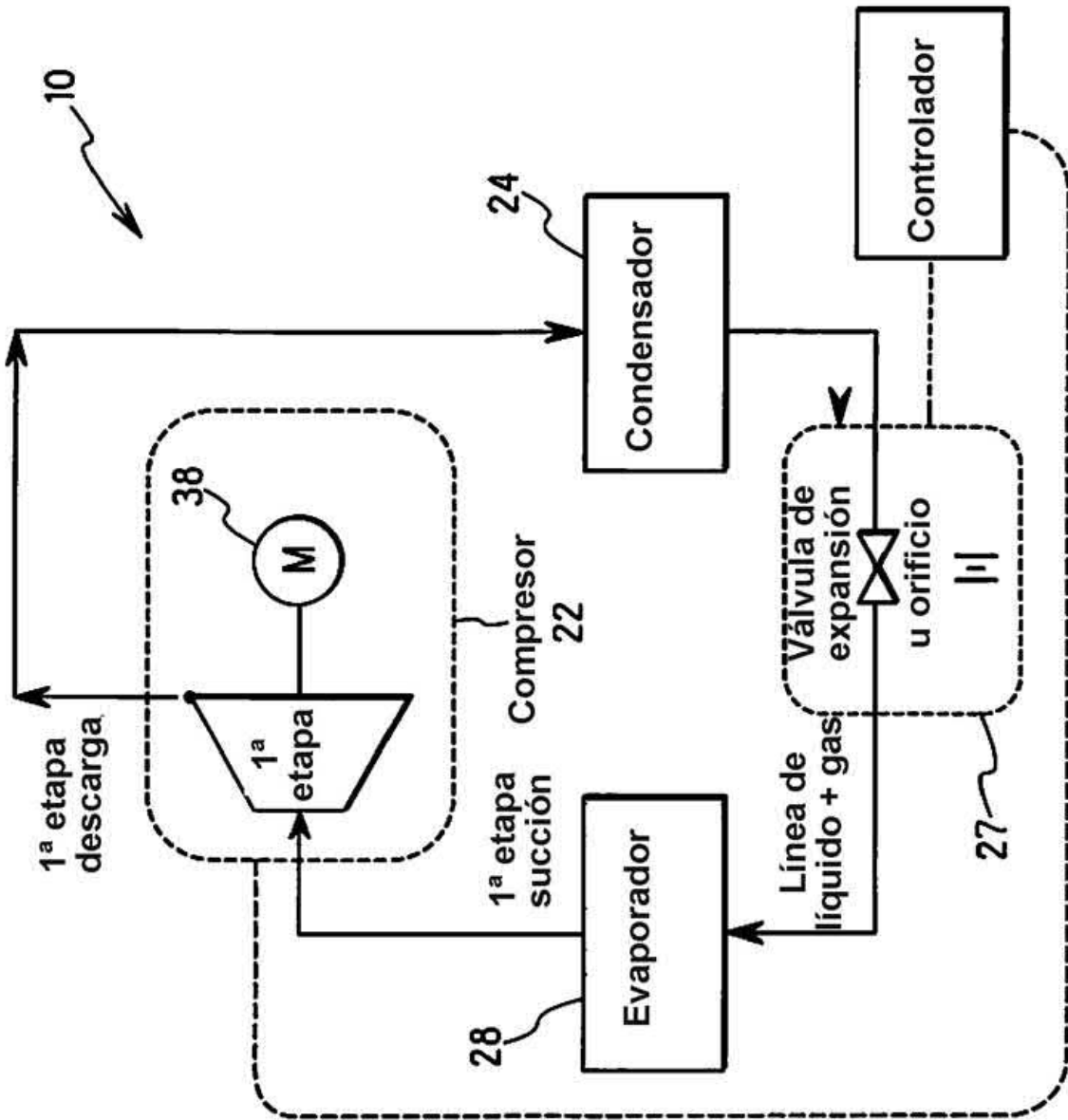


FIG. 1

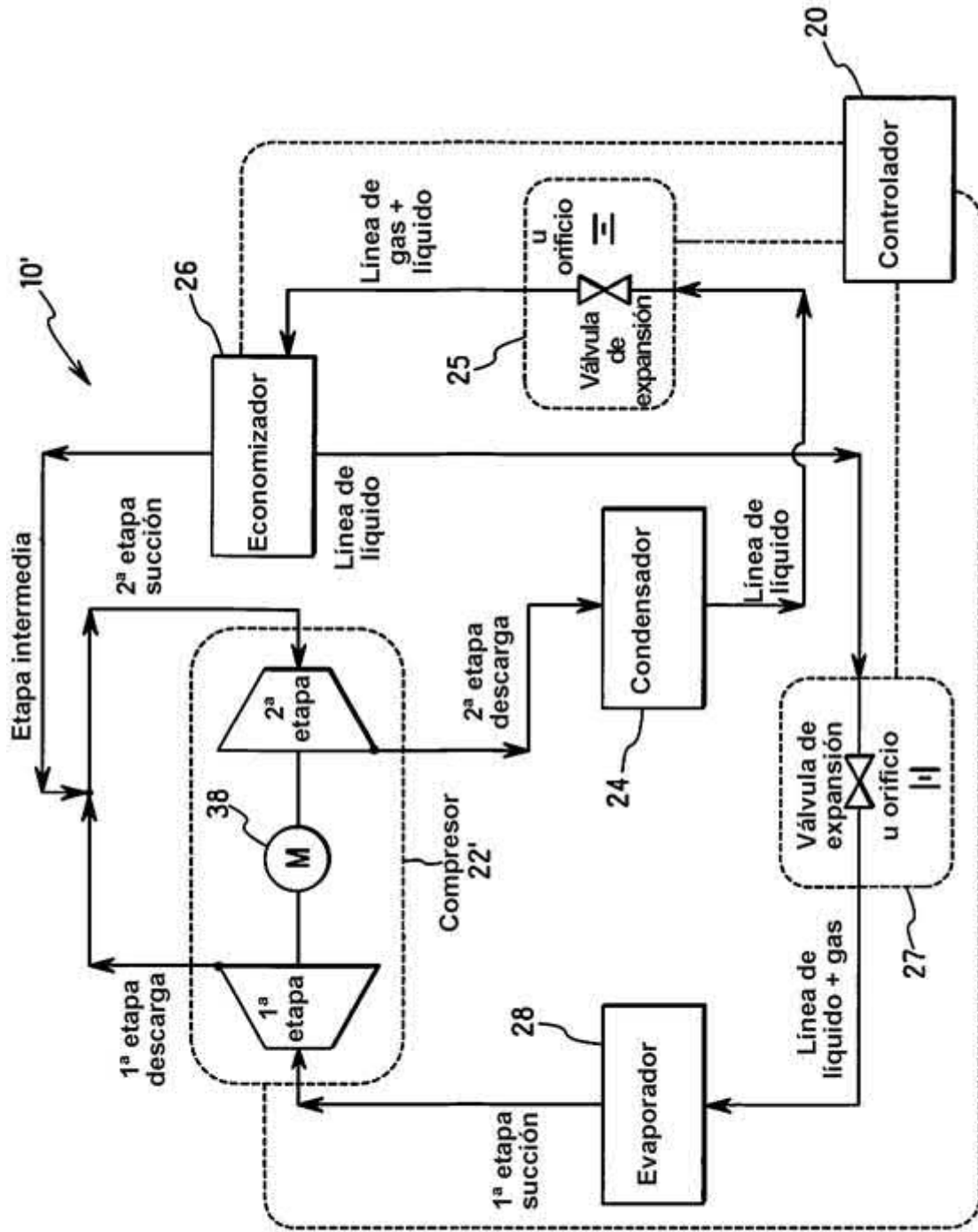


FIG. 2

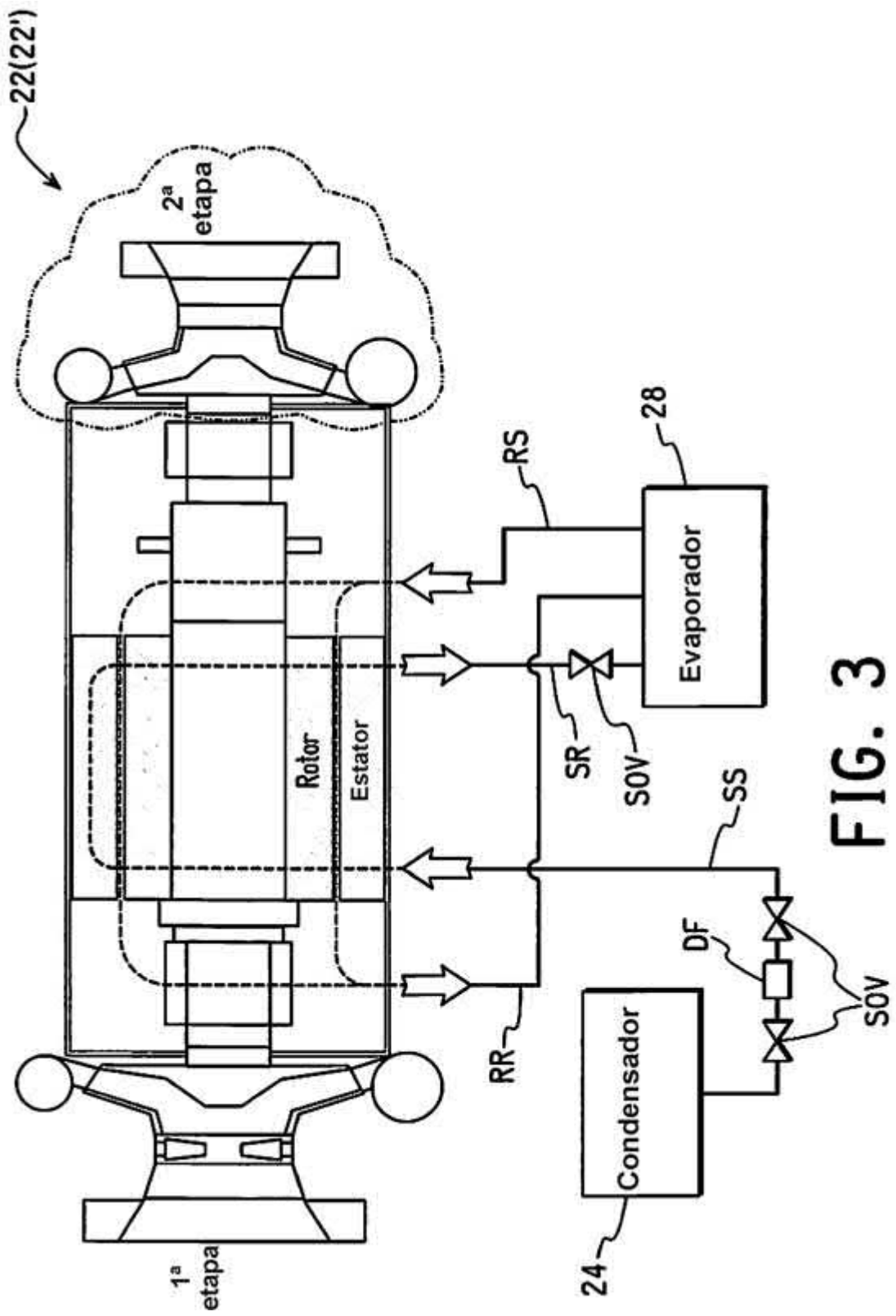


FIG. 3

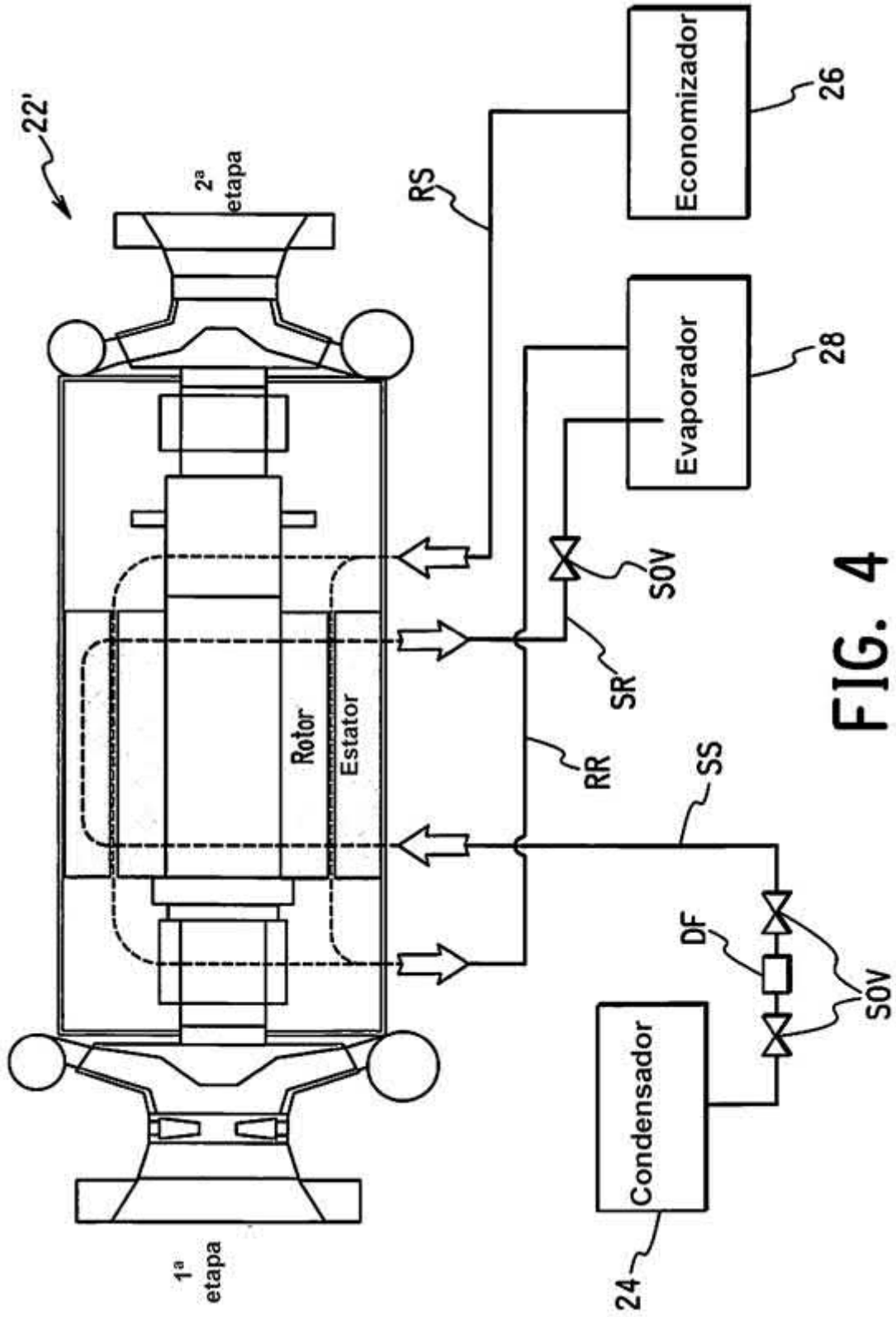


FIG. 4

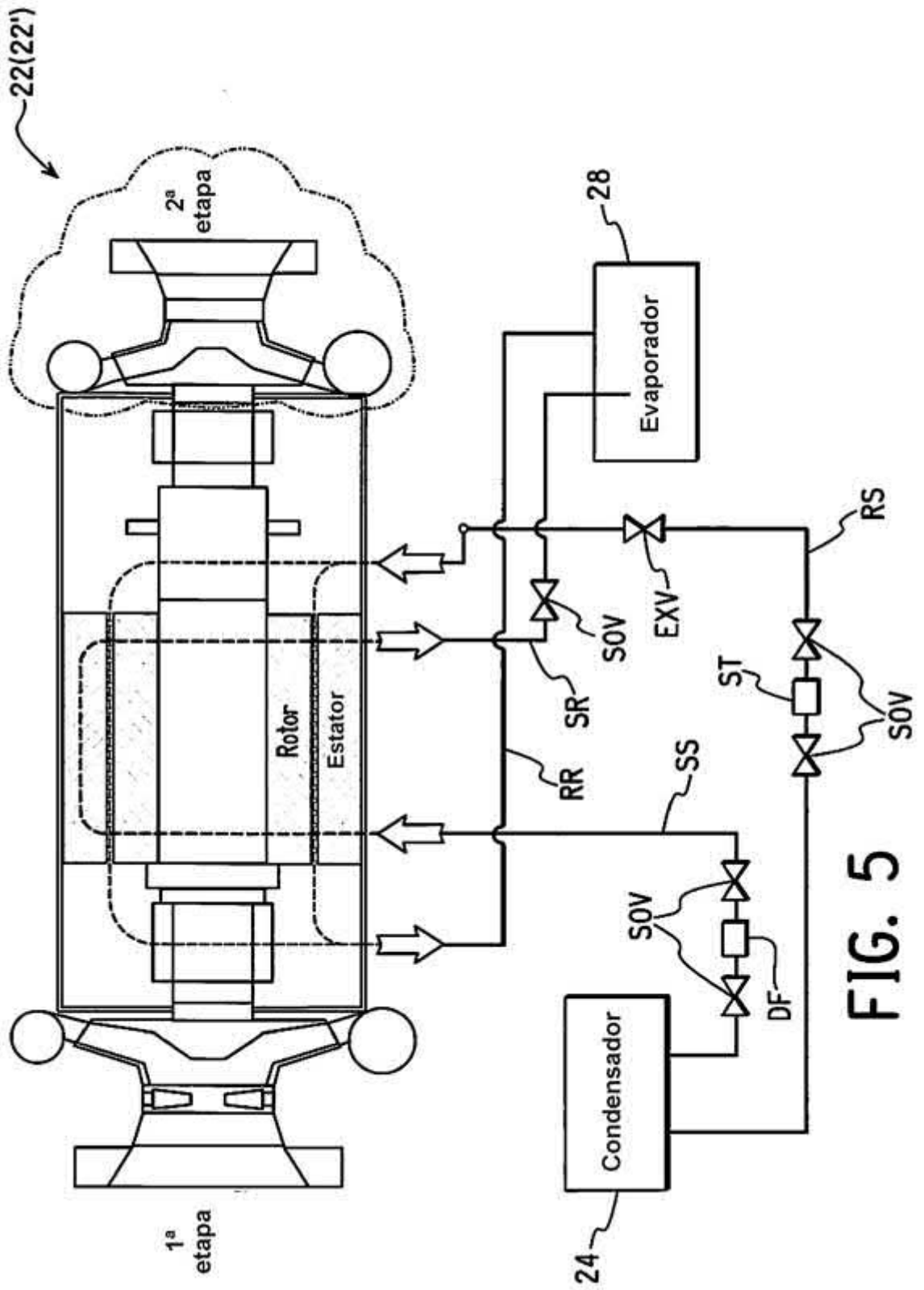


FIG. 5

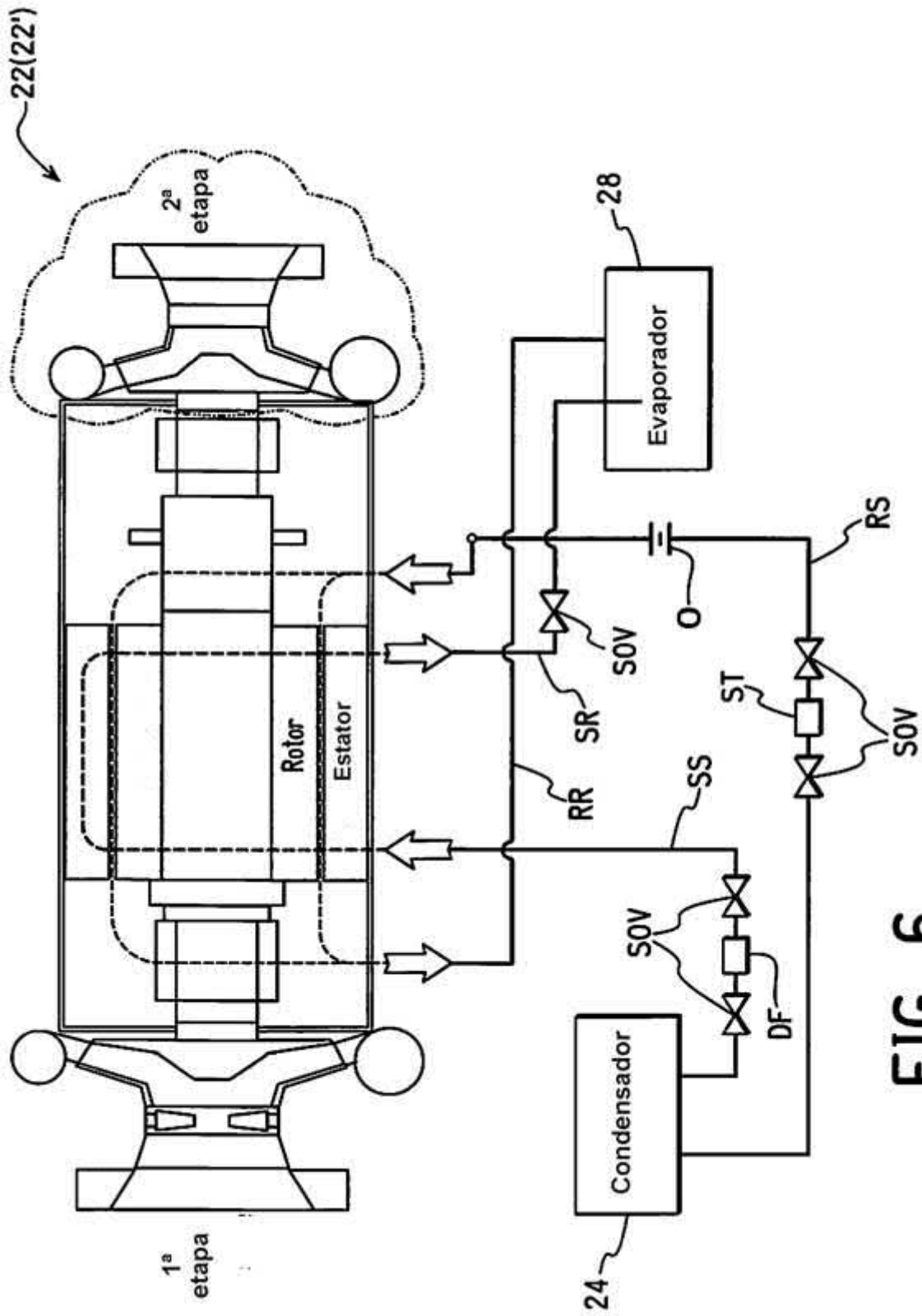


FIG. 6

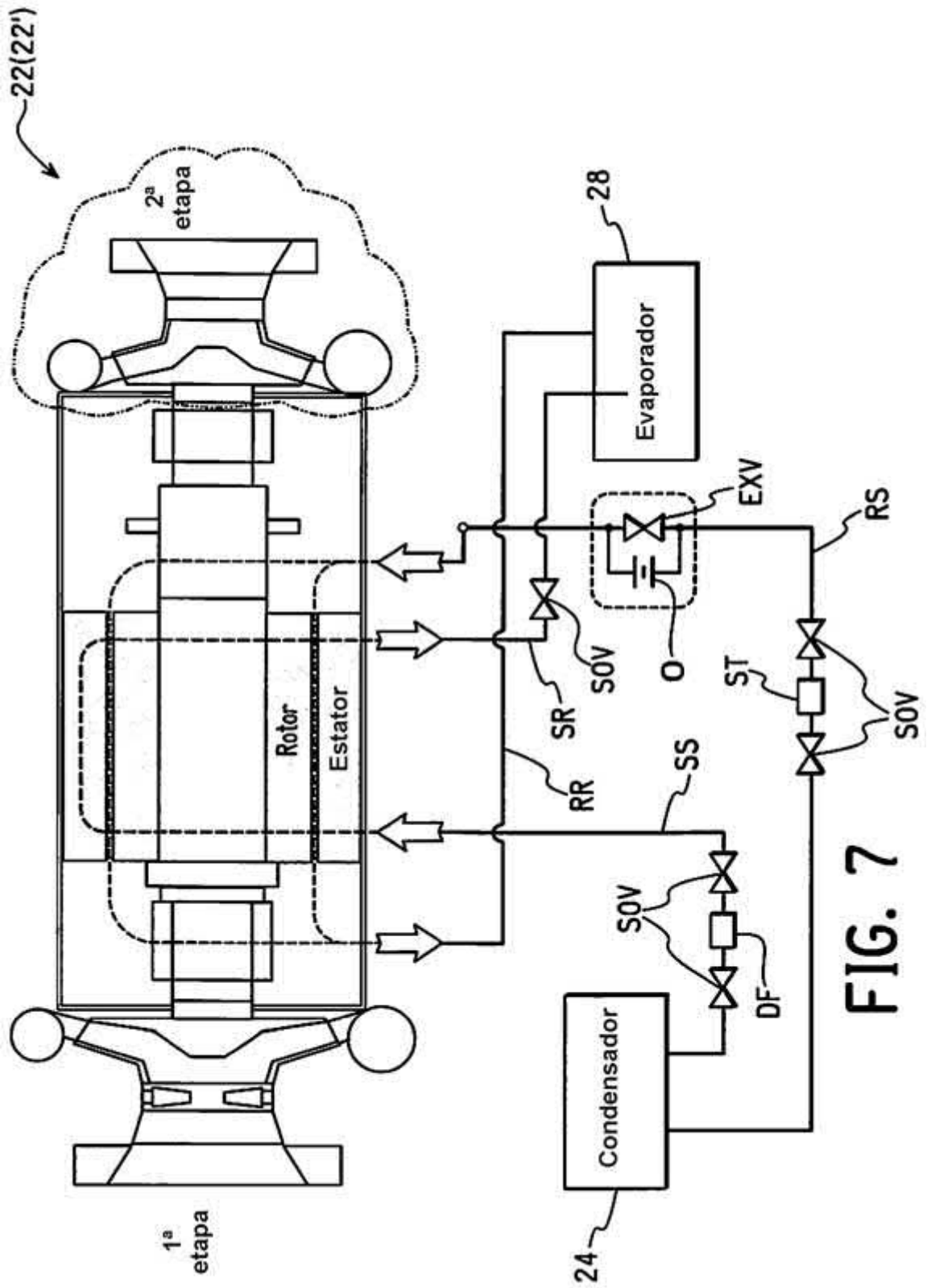


FIG. 7

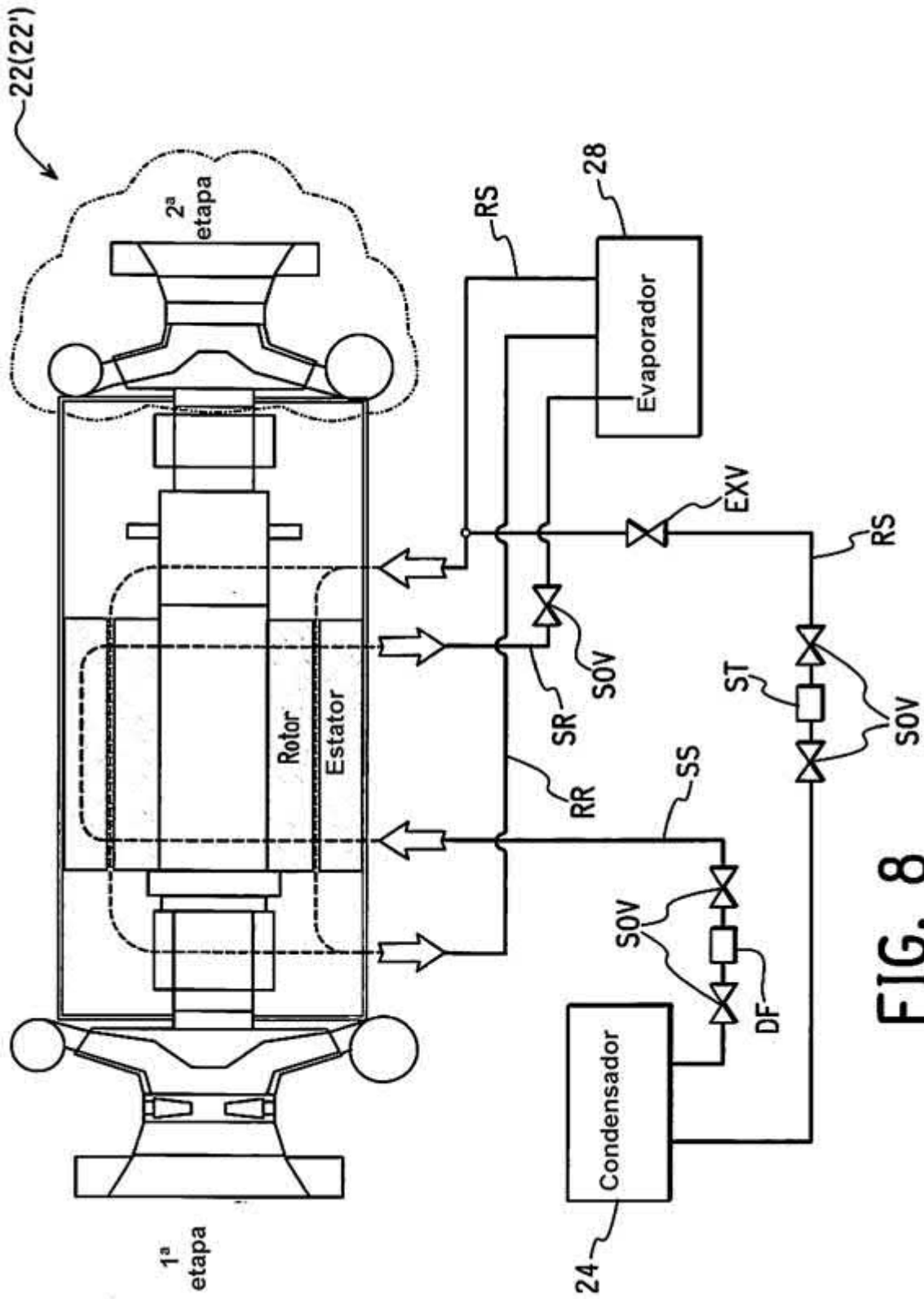


FIG. 8

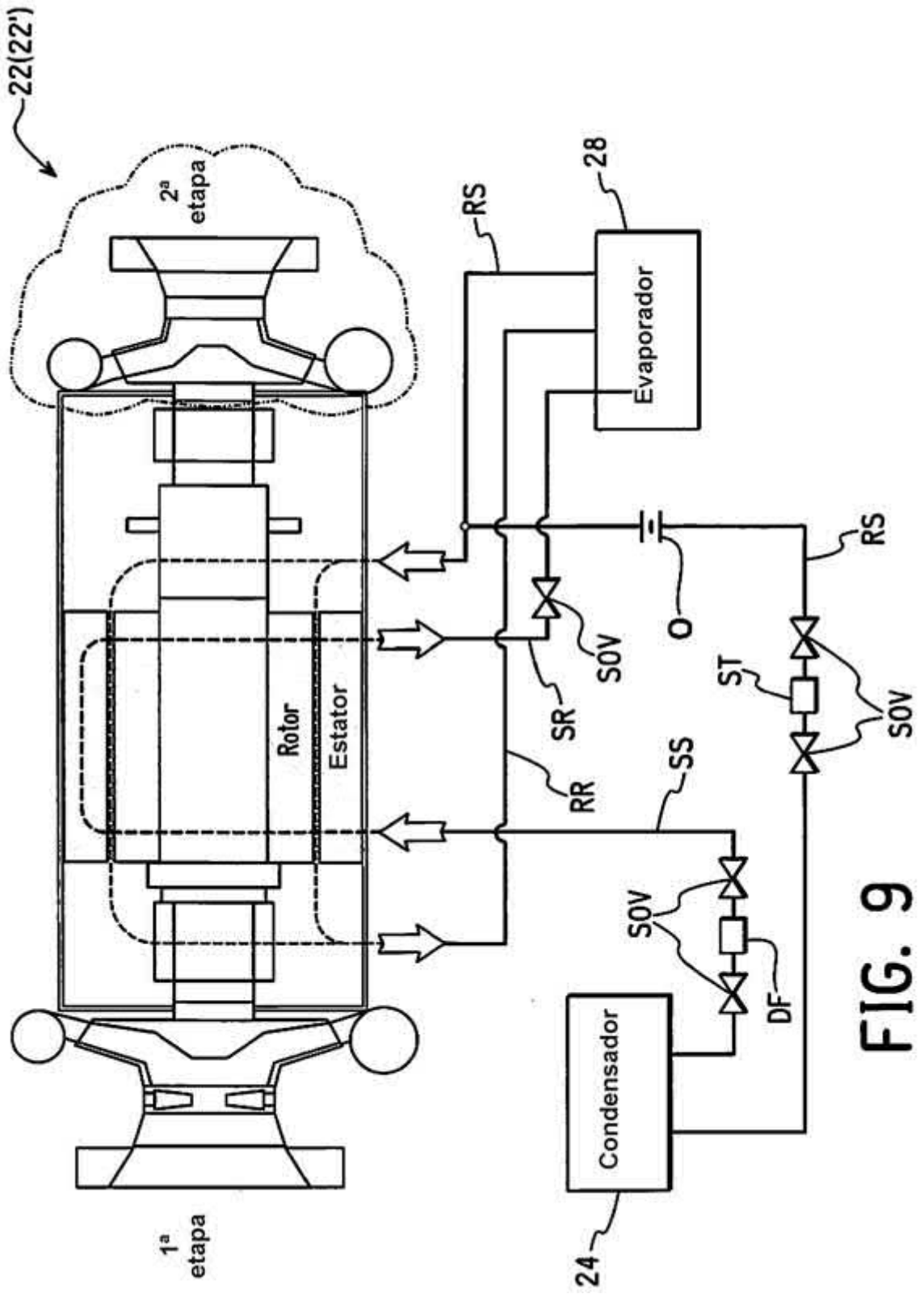


FIG. 9

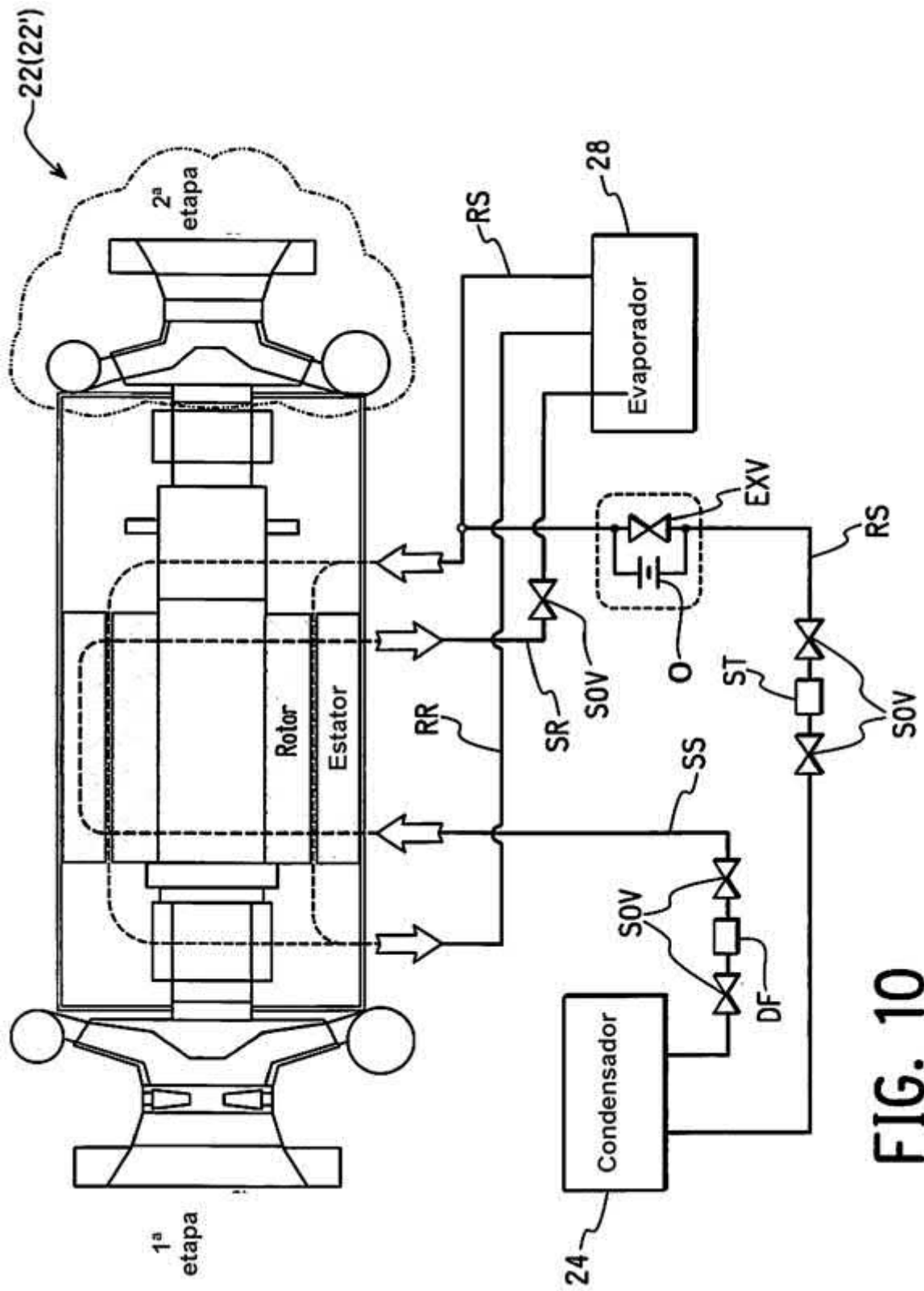


FIG. 10

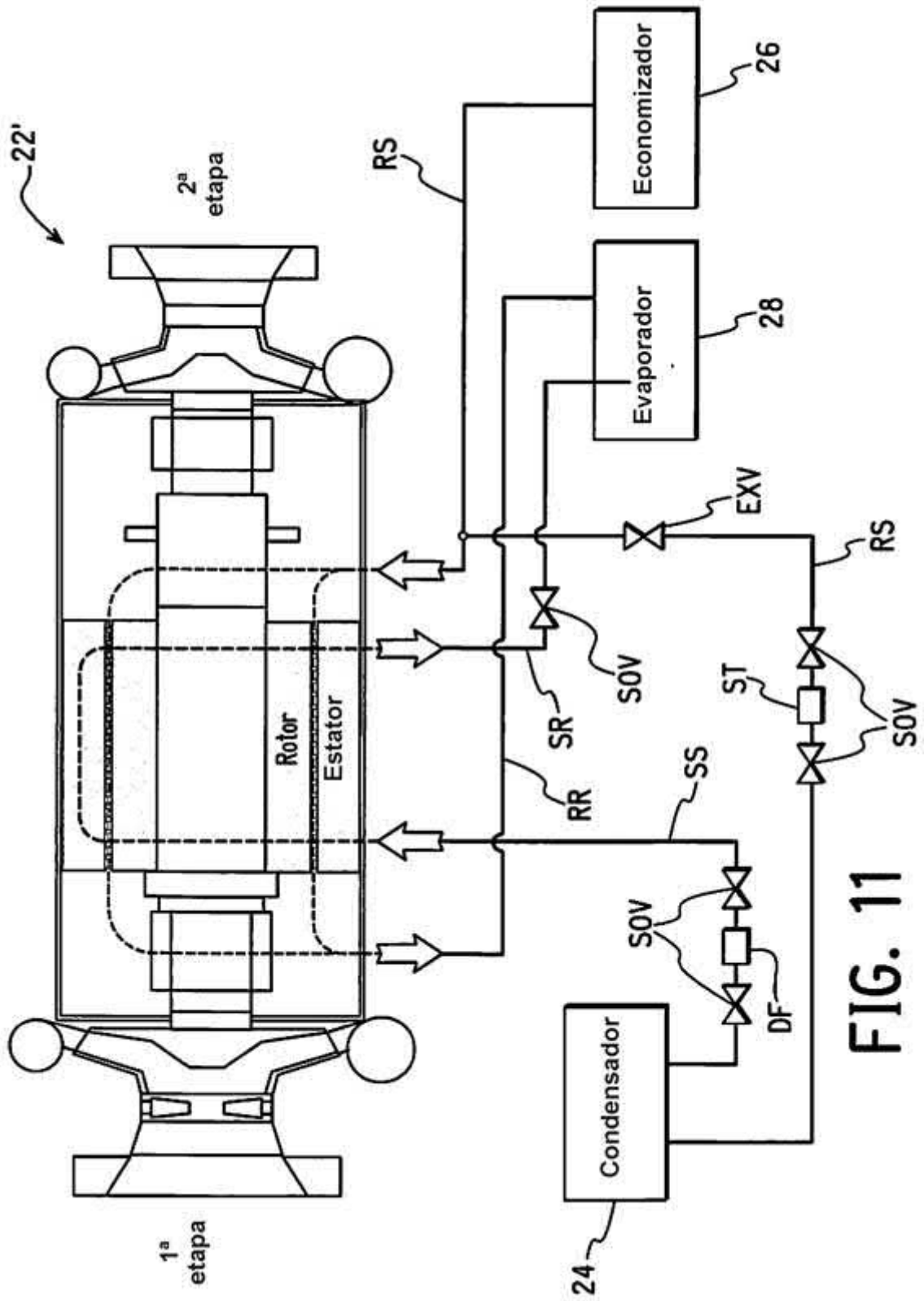


FIG. 11

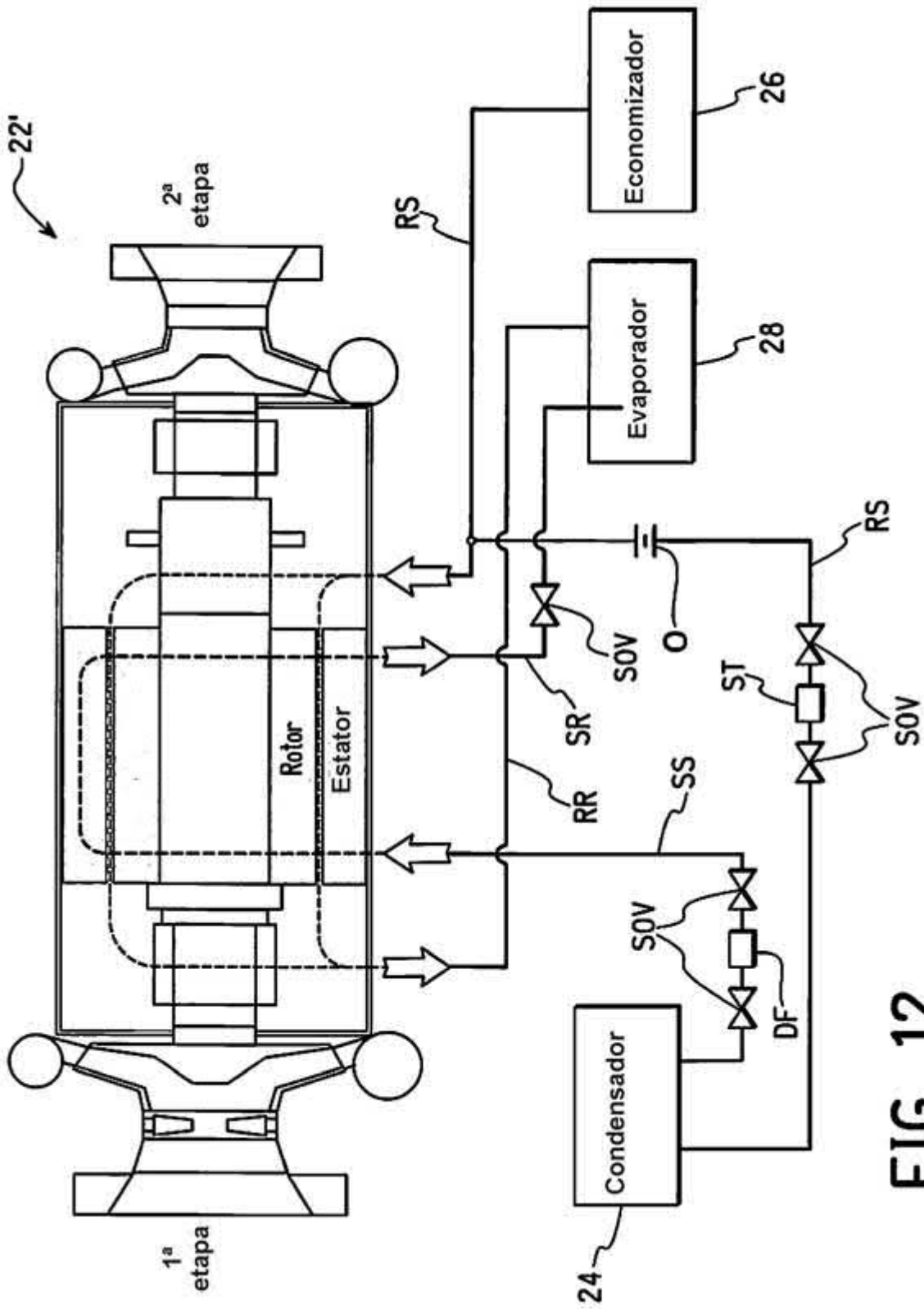


FIG. 12

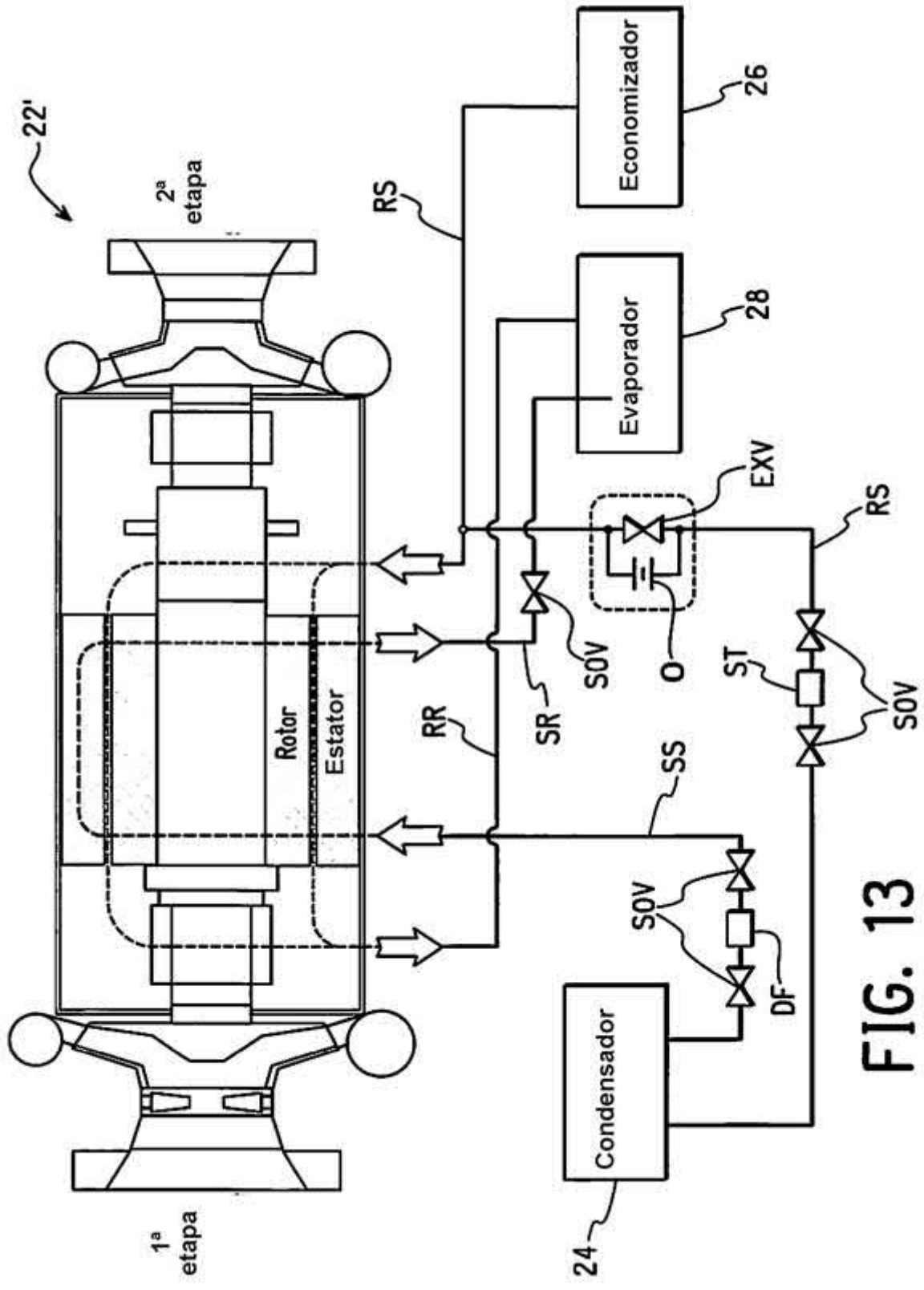
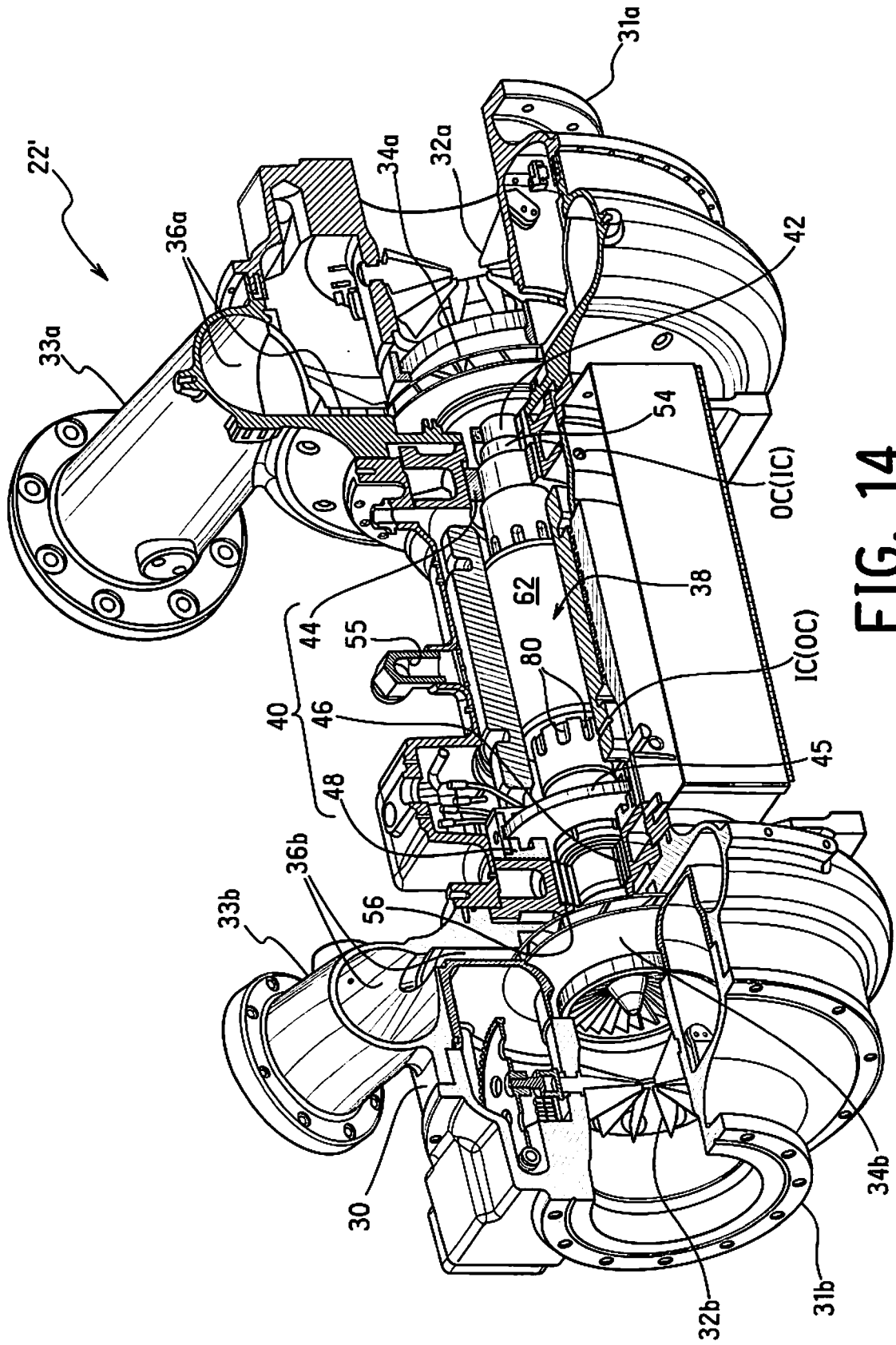


FIG. 13



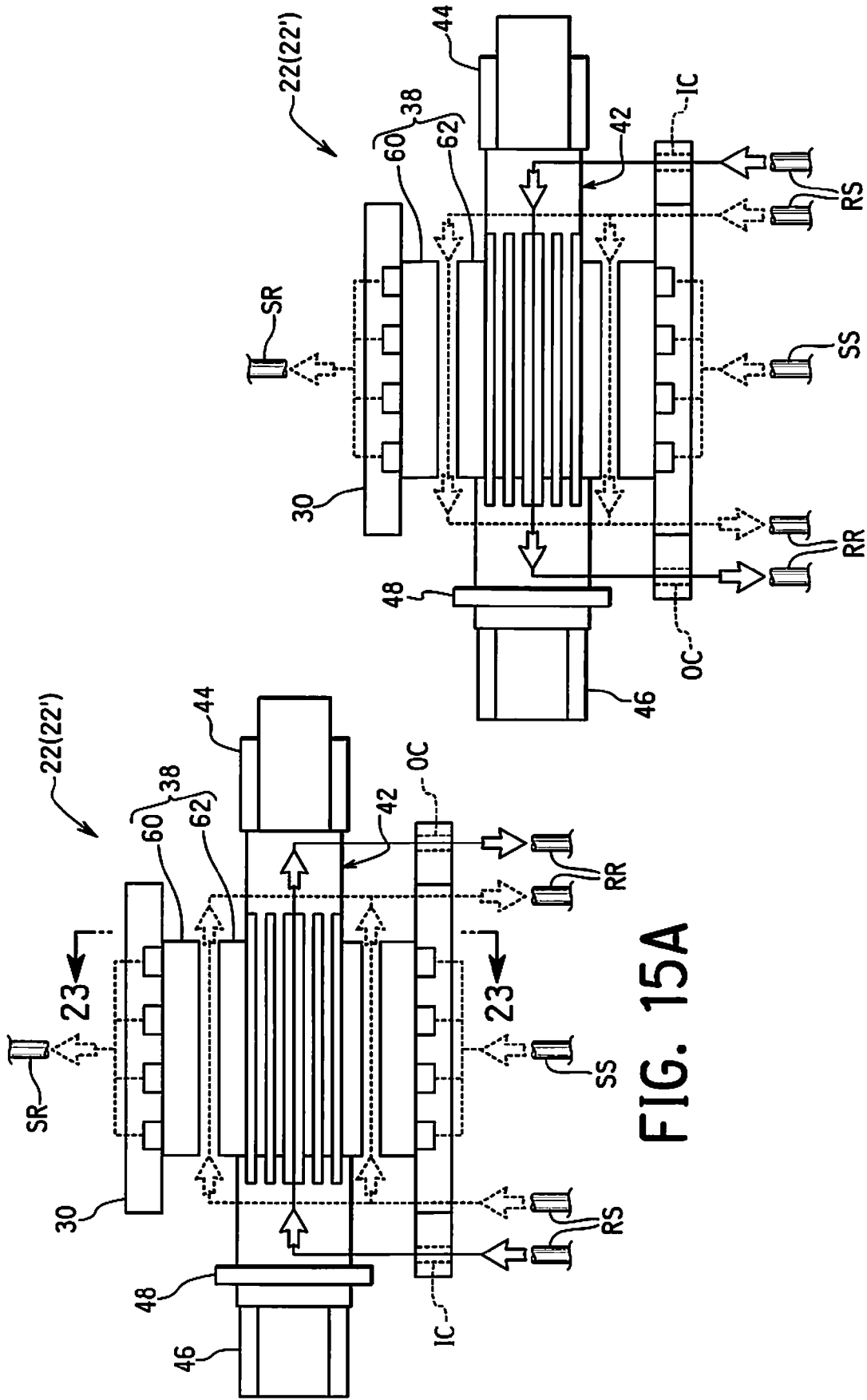


FIG. 15B

FIG. 15A

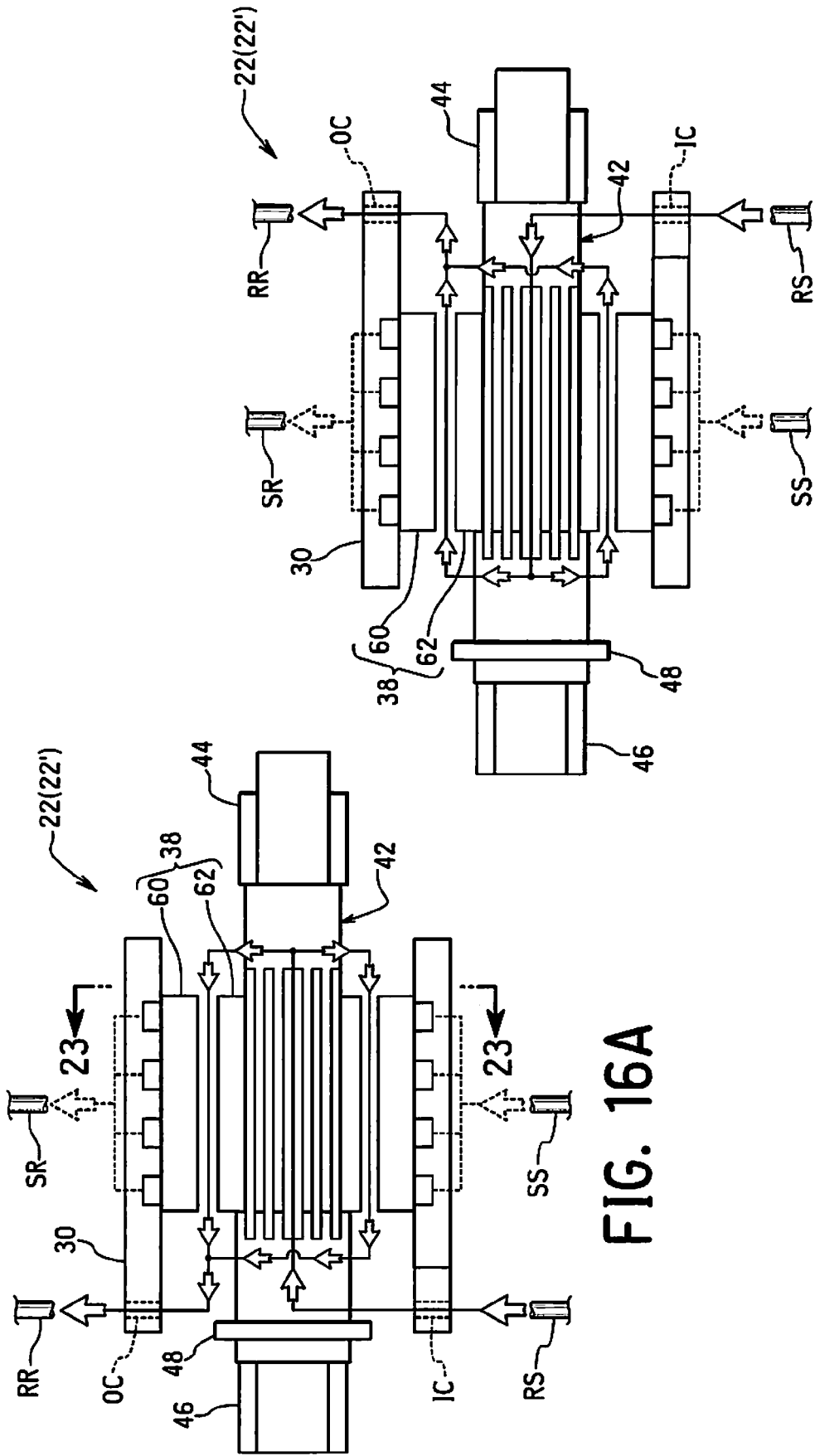


FIG. 16B

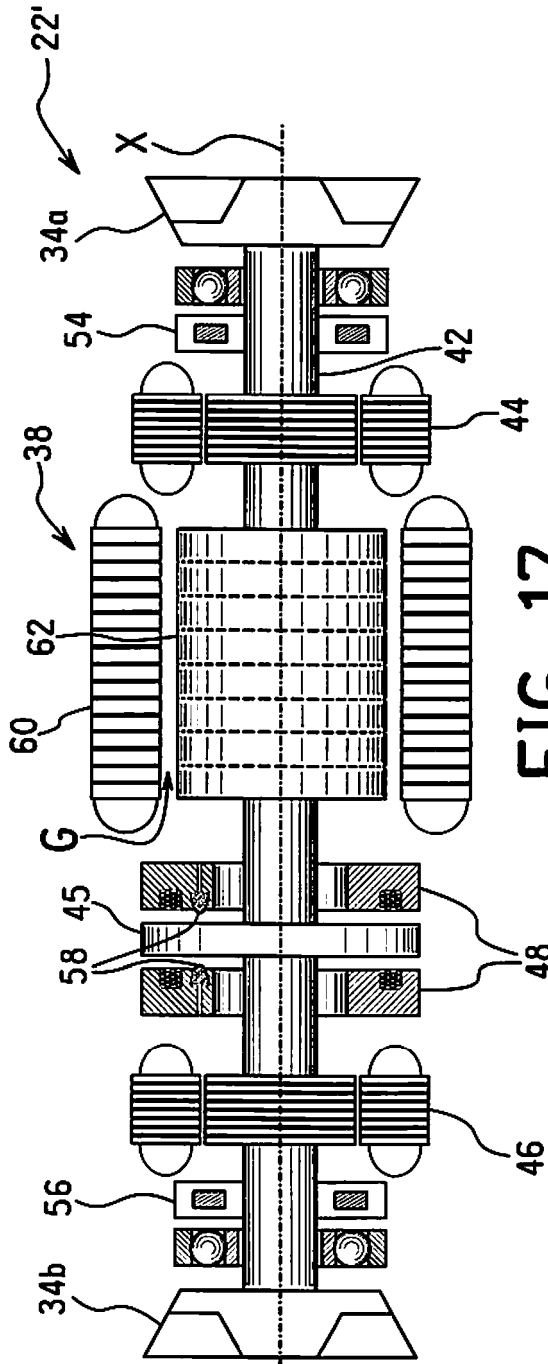


FIG. 17

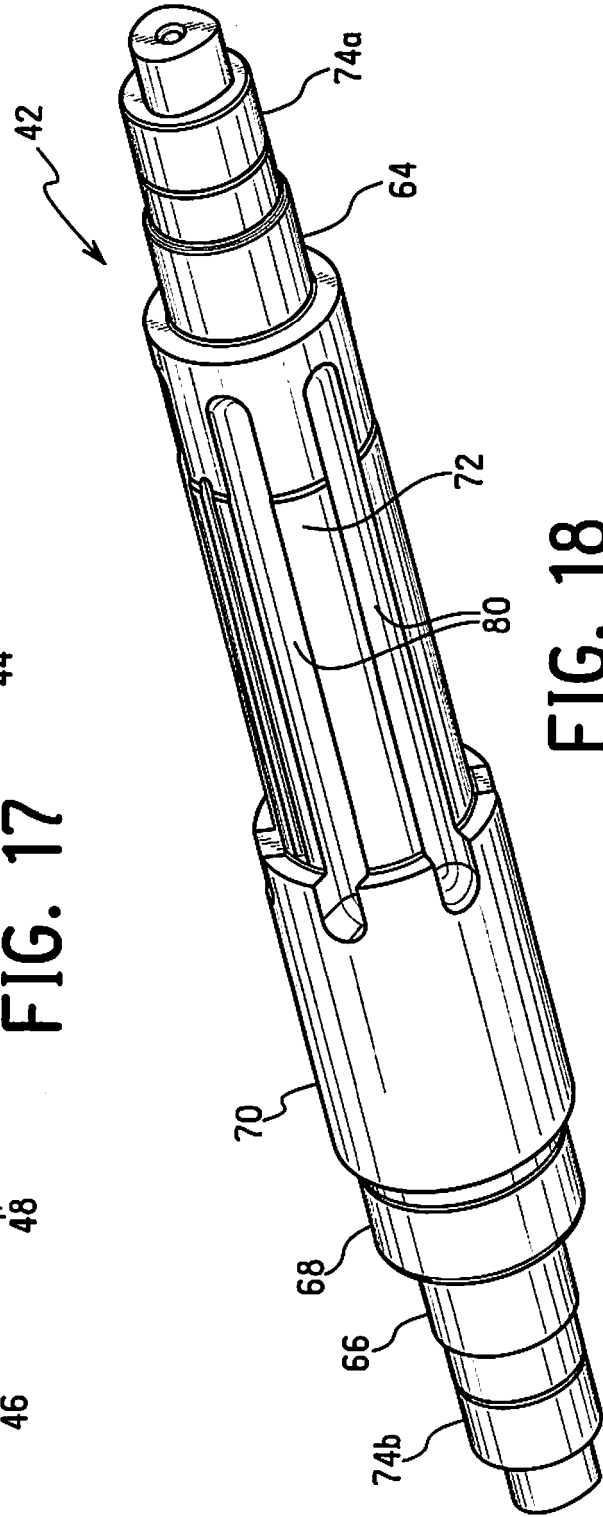


FIG. 18

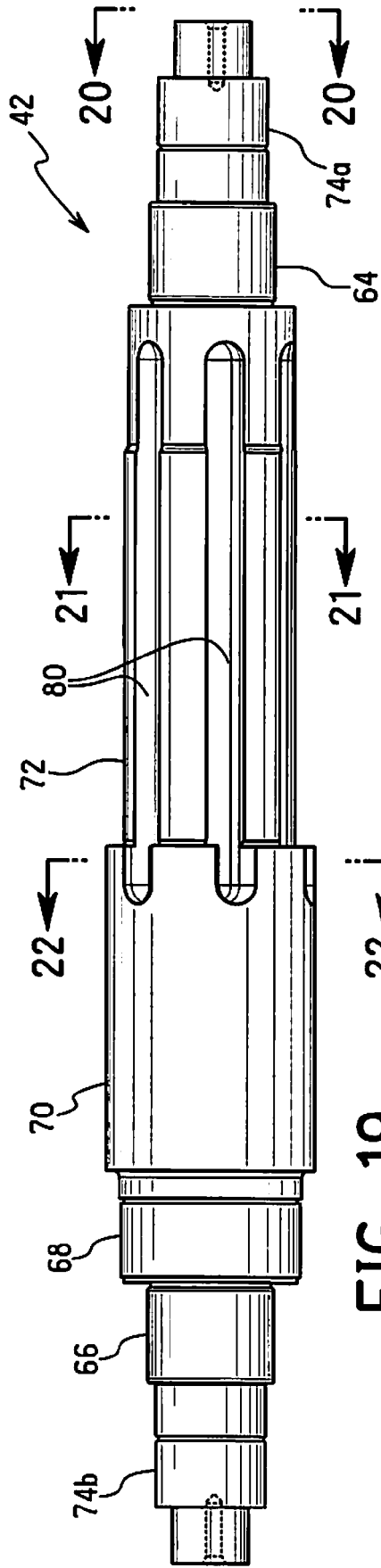


FIG. 19

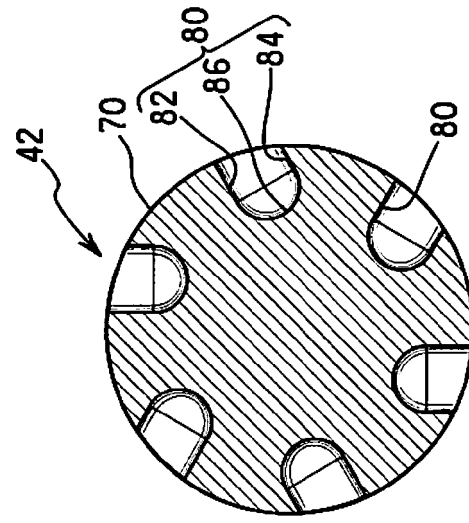


FIG. 20

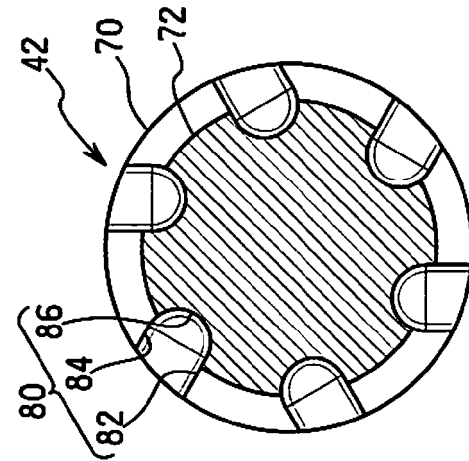


FIG. 21

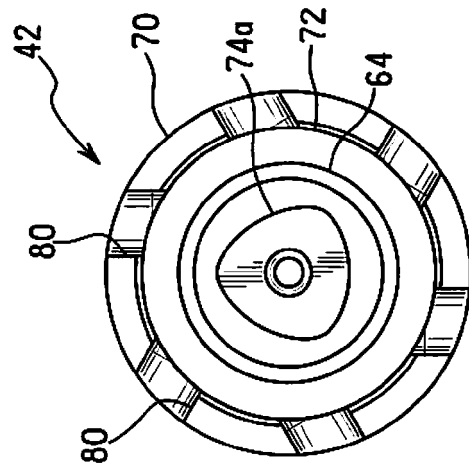


FIG. 22

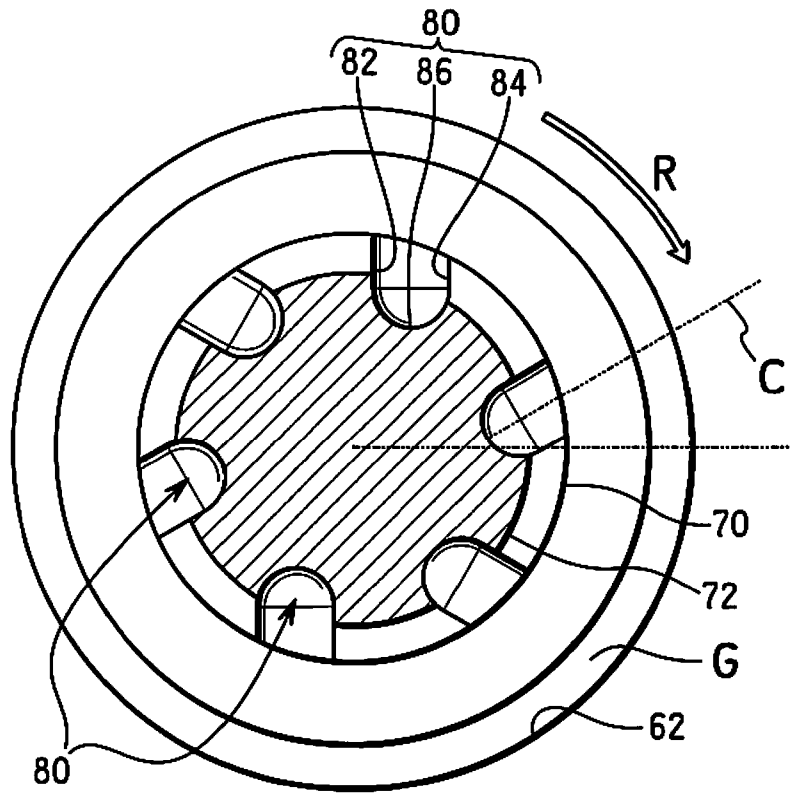


FIG. 23

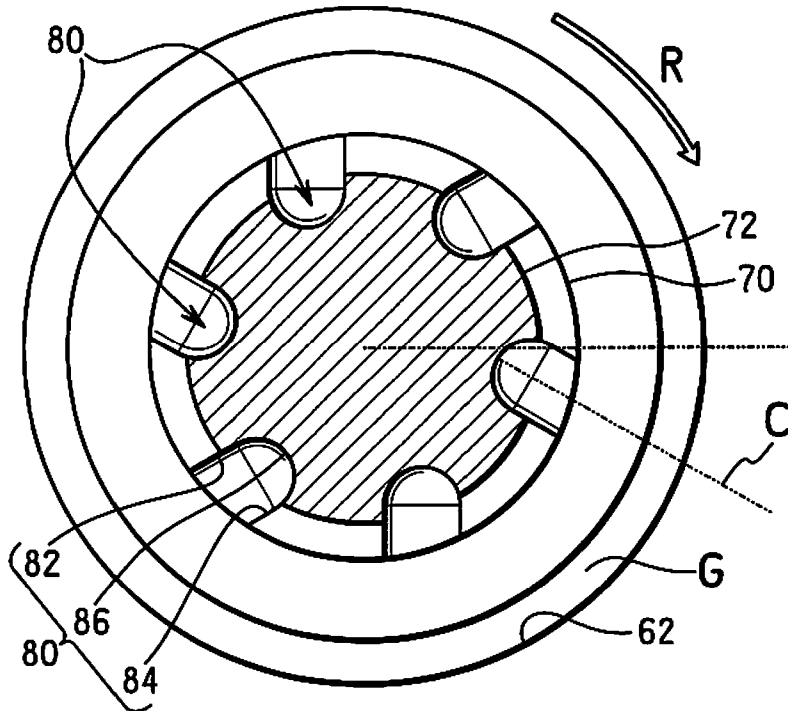


FIG. 24

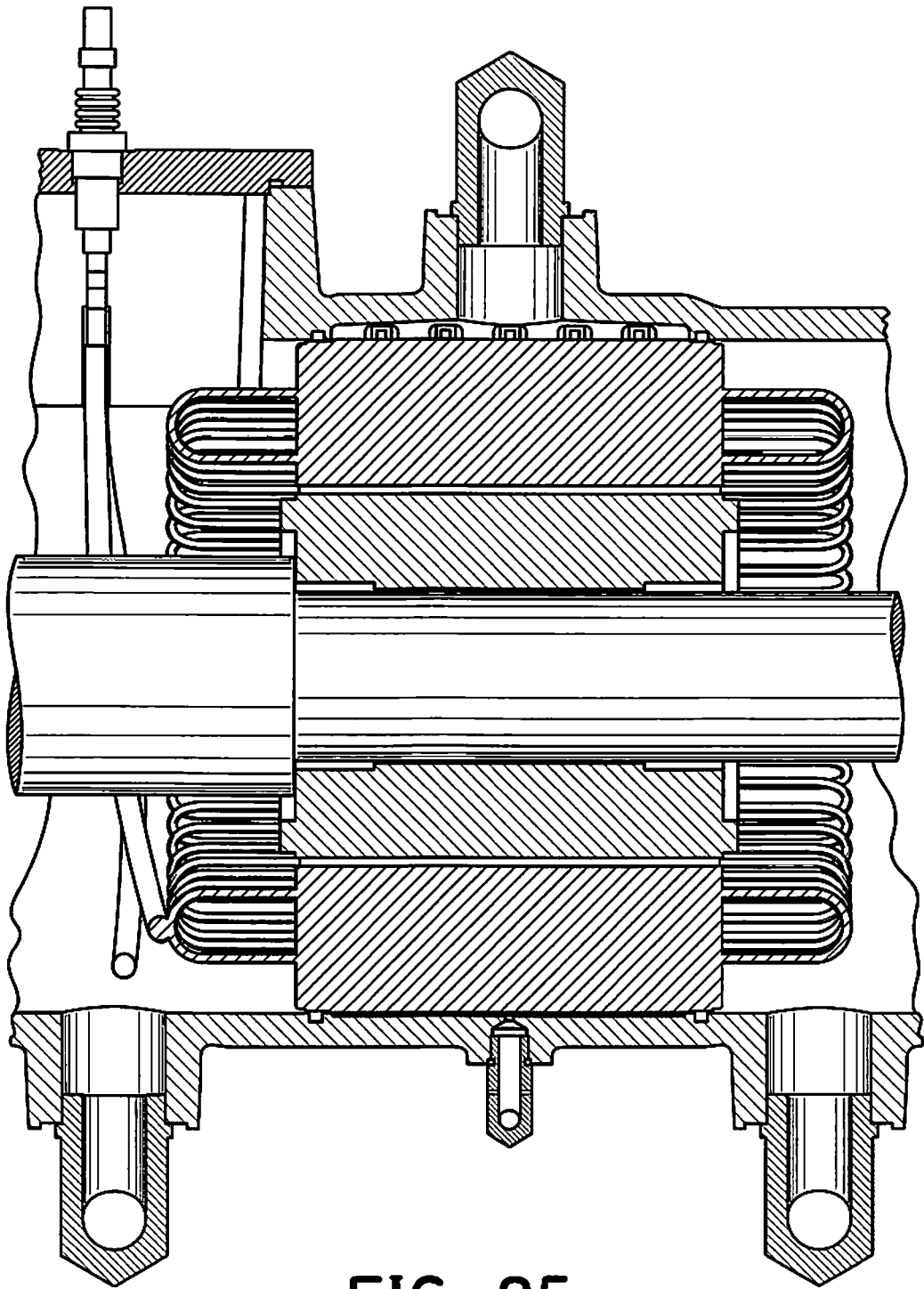


FIG. 25

FIG. 26

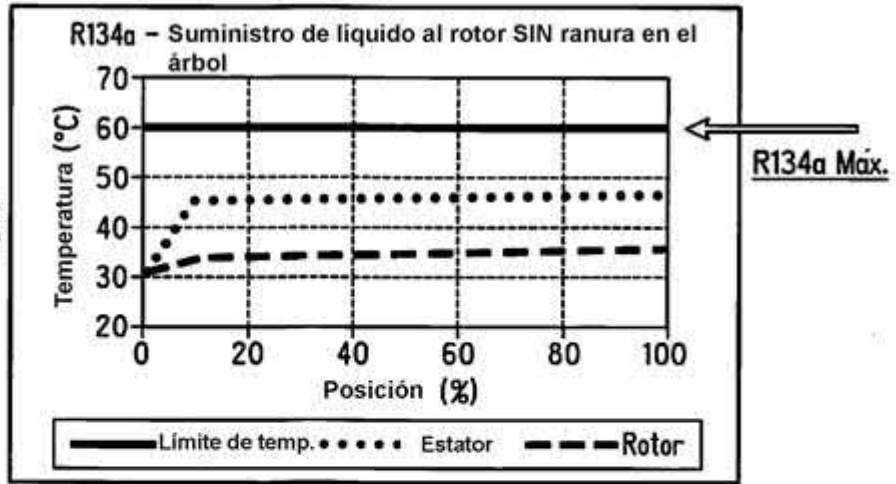


FIG. 27

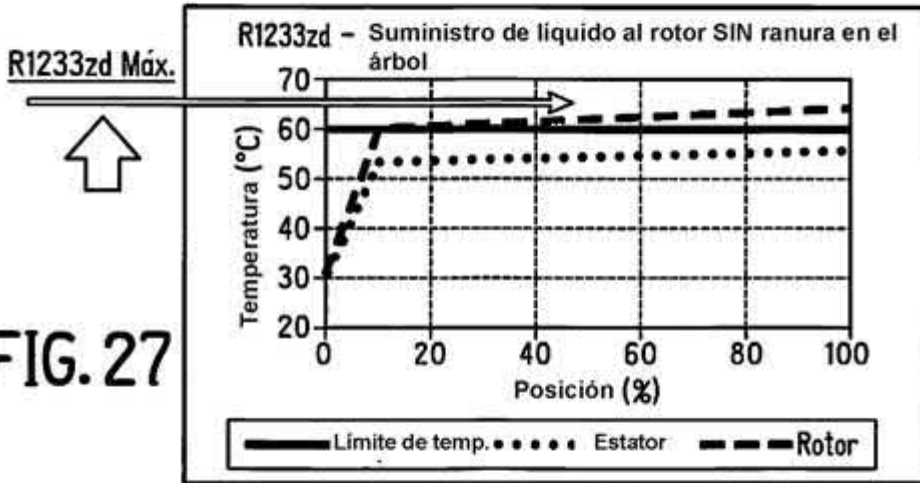


FIG. 28

