

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 449**

51 Int. Cl.:

**F01D 25/10** (2006.01)

**F01D 25/36** (2006.01)

**F01D 25/18** (2006.01)

**F02C 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2014 PCT/FR2014/052443**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2015 WO15044613**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2014 E 14789316 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 3052770**

54 Título: **Turbomáquina adaptada para funcionar en modo de giro**

30 Prioridad:

**30.09.2013 FR 1359439**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.02.2018**

73 Titular/es:

**SAFRAN HELICOPTER ENGINES (100.0%)  
64510 Bordes, FR**

72 Inventor/es:

**THIRIET, ROMAIN;  
POUMAREDE, VINCENT y  
SERGHINE, CAMEL**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 655 449 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

Turbomáquina adaptada para funcionar en modo de giro

### Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere al sector de las turbomáquinas y, en particular, a su lubricación.

5 Se entiende por "turbomáquina", en el presente contexto, cualquier máquina que permite la conversión de la energía térmica de un fluido de trabajo en energía mecánica mediante la expansión de dicho fluido de trabajo en una turbina. Más particularmente, este fluido de trabajo puede ser un gas de combustión resultante de la reacción química de un combustible con aire en una cámara de combustión, tras la compresión de este aire en un compresor accionado por la turbina a través de un primer árbol de rotación. Por lo tanto, las turbomáquinas, tales como las comprendidas en el presente contexto, incluyen los turborreactores de flujo simple o doble, los turbopropulsores, los turbomotores o las turbinas de gas, entre otros. En la descripción que sigue, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" están definidos con relación al sentido de circulación normal del fluido de trabajo en la turbomáquina.

10 A fin de reducir el consumo de combustible en grupos de múltiples motores, se propuso, en particular en la solicitud de patente francesa FR 2 967 132 A1, para apagar la cámara de combustión de uno o más turbomáquinas en régimen de crucero, funcionando por ello la o las turbomáquinas en niveles de regímenes más elevados que ofrece u ofrecen un mejor consumo específico. Con el objetivo de acelerar una nueva puesta en marcha, en particular para permitir una eventual puesta en marcha de urgencia para reemplazar o apoyar a otra fuente de potencia en situación de fallo, se ha propuesto, asimismo, en la solicitud de patente francesa FR 2 967 132 A1, mantener la rotación, gracias a un dispositivo de accionamiento de dicho primer árbol de rotación, siendo dichos turbina y compresor de la o las turbomáquinas cuya cámara de combustión está apagada. Sin embargo, en dicho modo de espera, conocido como modo de giro, el lubricante ya no es calentado por las pérdidas de la turbomáquina y, dependiendo de las condiciones atmosféricas, especialmente en altitud o en clima frío, es probable que su temperatura caiga rápidamente a valores muy bajos, hasta un nivel o una lubricación en el que una lubricación correcta de la turbomáquina ya no está asegurada. Sin embargo, una de las limitaciones de utilización inherentes a tales turbomáquinas se encuentra en la necesidad de disponer de una lubricación adecuada antes de que sea capaz de proporcionar energía al eje de potencia, lo que impone una temperatura mínima del lubricante, generalmente del orden de 273 K a 278 K dependiendo del lubricante. Por consiguiente, se ve que, para una turbomáquina mantenida en modo de giro con la cámara de combustión apagada, es deseable mantener el lubricante al menos a una temperatura mínima.

20 A partir de las patentes FR 2 915 238, GB 1 044 795 y US 2 388 523, se conocen turbomáquinas que comprenden fuentes de calor eléctricas que calientan el lubricante de la turbomáquina.

### Objeto y compendio de la invención

La invención tiene como objetivo remediar estos inconvenientes. En particular, la presente invención se dirige a proponer una turbomáquina que pueda ser mantenida en un modo de motor de giro a temperaturas muy bajas, mientras sigue asegurando su lubricación con un lubricante a la temperatura y la viscosidad apropiadas.

35 En al menos un modo de realización, este objetivo se logra gracias al hecho de que, en una turbomáquina que comprende al menos un compresor, una cámara de combustión situada aguas abajo del compresor para la combustión de una mezcla de aire procedente del compresor y de combustible, una primera turbina para la expansión de los gases de combustión procedentes de la cámara de combustión y el accionamiento del compresor a través de un primer árbol de rotación, un dispositivo de accionamiento de dicho primer árbol de rotación para mantener en rotación la primera turbina y el compresor con la cámara de combustión apagada, y un circuito de lubricación de la turbomáquina, estando este último dispuesto de tal manera que lubrica al menos un cojinete de dicho primer árbol de rotación, y atravesando al menos una fuente de calor que comprende al menos un consumidor eléctrico capaz de convertir energía eléctrica al menos parcialmente en calor para calentar un lubricante en dicho circuito de lubricación cuando la temperatura del lubricante desciende por debajo de un primer umbral predeterminado durante la rotación de la primera turbina y del compresor con la cámara de combustión apagada.

Gracias a estas disposiciones, el lubricante puede mantenerse a una temperatura suficiente en el modo de giro para garantizar la lubricación adecuada de la turbomáquina, incluso a temperaturas ambiente muy bajas.

40 En particular, la fuente de calor puede comprender el dispositivo de accionamiento del primer árbol de rotación. Si este dispositivo comprende, por ejemplo, una máquina eléctrica, tal como un motor generador, acoplado mecánicamente al árbol de rotación, su funcionamiento puede generar suficiente calor para asegurar el calentamiento del lubricante. Además, si dicho dispositivo de accionamiento comprende además un convertidor de alimentación para la alimentación eléctrica de dicha máquina, su funcionamiento puede generar además suficiente calor para calentar el lubricante. En cualquier caso, la evacuación de este calor del dispositivo de accionamiento por parte del lubricante que circula a través del circuito de lubricación permite asimismo asegurar la refrigeración de este

dispositivo de accionamiento, refrigeración que puede ser necesaria o al menos ventajosa en vista de la potencia mecánica proporcionada por este dispositivo de accionamiento.

Por otra parte, dicha fuente de calor puede comprender un intercambiador de calor para transmitir el calor al lubricante en el circuito de lubricación.

5 Sin embargo, otra posibilidad que se puede considerar como fuente de calor sería una resistencia eléctrica. Dicha resistencia eléctrica podría ser fácilmente integrada en el circuito de lubricación, por ejemplo, sumergida en un depósito de lubricante que forma parte del circuito. Sería fácil de activar y desactivar por medio de su fuente de alimentación eléctrica, lo que simplificaría la regulación térmica preciso del lubricante.

10 Con el fin de ajustar la temperatura del lubricante, el circuito de lubricación puede incluir asimismo un conducto que puede ser obturado sin pasar por la fuente de calor. Para su obturación en respuesta a una necesidad de calentamiento del lubricante, este conducto obturable puede comprender, por ejemplo, una válvula termostática o una válvula conectada a una unidad de control.

15 Con el fin de obtener una mayor potencia térmica y/o facilitar la regulación del calentamiento del lubricante, el circuito de lubricación puede pasar a través de al menos dos fuentes de calor capaces de calentar el lubricante en dicho circuito durante la rotación de dichos turbina y compresor con la cámara de combustión apagada. Estas dos fuentes de calor pueden estar dispuestas en paralelo, con el fin de minimizar las pérdidas de carga en el circuito de lubricación, o en serie, para facilitar la regulación térmica del circuito.

20 Aunque en modo de giro la turbomáquina pueda requerir un calentamiento del lubricante, su enfriamiento puede ser deseable después del encendido de la cámara de combustión. Para permitir esto, el circuito de lubricación puede atravesar asimismo al menos una fuente de frío para la refrigeración del lubricante con la cámara de combustión encendida. A fin de permitir también la regulación térmica del circuito de lubricación en esta situación, el circuito puede comprender asimismo un conducto de derivación obturable de esta fuente de frío. Como el conducto de derivación de la fuente de calor, este otro conducto de derivación puede ser una válvula termostática o una válvula conectada a una unidad de control para su obturación en respuesta a una necesidad de refrigeración del lubricante.

25 Esta turbomáquina puede principalmente ser del tipo turbomotor o turbopropulsor, y por lo tanto comprender, además, una segunda turbina dispuesta aguas abajo de la primera turbina y acoplada mecánicamente a un árbol de toma de alimentación.

30 La presente invención se refiere asimismo a un grupo motor que comprende al menos la primera turbomáquina mencionada anteriormente y una segunda turbomáquina, así como a una aeronave equipada con dicho grupo motor. Por tanto, es posible mantener la primera turbomáquina en modo de giro, durante el funcionamiento normal de la segunda turbomáquina, y encender la cámara de combustión de la primera turbomáquina para proporcionar una potencia adicional para la segunda turbomáquina. Por supuesto, este grupo motor puede comprender un número mayor de dos turbomáquinas, tal como por ejemplo tres o incluso más.

35 Además, la presente invención se refiere asimismo a un procedimiento de regulación térmica de un lubricante en un circuito de lubricación de una turbomáquina que comprende al menos un compresor, una cámara de combustión situada aguas abajo del compresor para la combustión de una mezcla de aire procedente del compresor y combustible, una primera turbina para la expansión del gas de combustión procedente de la cámara de combustión y el arrastre del compresor a través de un primer árbol de rotación en el cual dicho lubricante, que sirve para lubricar al menos un cojinete de dicho primer árbol de rotación, es dirigido a través una fuente de calor atravesada por dicho  
40 circuito de lubricación y que comprende al menos un consumidor eléctrico que convierte la energía eléctrica al menos parcialmente en calor para calentar el lubricante cuando la temperatura del lubricante desciende por debajo de un primer umbral predeterminado mientras la primera turbina y el compresor son mantenidos en rotación por dicho dispositivo de accionamiento con la cámara de combustión apagada. Además, dicho lubricante puede ser dirigido a través de una fuente de frío atravesada por dicho circuito para su refrigeración cuando la temperatura del  
45 lubricante supera un segundo umbral predeterminado con la cámara de combustión encendida.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá mejor y sus ventajas resultarán más evidentes con la lectura de la siguiente descripción detallada que sigue de los modos de realización representados a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos adjuntos en los que:

- 50 - la figura 1 muestra esquemáticamente una aeronave con un grupo motor que comprende dos turbomáquinas;
- la figura 2 muestra más específicamente este grupo motor;
- la figura 3 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación, en un primer modo de realización, de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2;

- la figura 3A muestra el flujo del lubricante a través del circuito de lubricación de la figura 3 bajo un primer umbral de temperatura;
- la figura 3B muestra el flujo del lubricante a través del circuito de lubricación de la figura 3 entre el primer umbral de temperatura y un segundo umbral de temperatura;
- 5 - la figura 3C muestra el flujo del lubricante a través del circuito de lubricación de la figura 3 por encima del segundo umbral de temperatura;
- las figuras 4A a 4E muestran la disposición de una fuente de calor en el circuito de lubricación de la figura 3, según diferentes variantes alternativas;
- 10 - la figura 5 es un diagrama de flujo que muestra esquemáticamente un procedimiento de regulación del circuito de lubricación de la figura 3;
- la figura 6 es un gráfico que muestra la apertura y el cierre de las válvulas de derivación de acuerdo con el procedimiento de la figura 5;
- la figura 7 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación según un segundo modo de realización de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2;
- 15 - la figura 8 es un diagrama de flujo que muestra esquemáticamente un procedimiento de regulación del circuito de lubricación de la figura 7;
- la figura 9 es un gráfico que muestra la activación y desactivación de una alimentación eléctrica y la apertura y cierre de válvulas de derivación según el procedimiento de la figura 8;
- 20 - la figura 10 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación, según un tercer modo de realización, de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2;
- la figura 11 es un diagrama de flujo que muestra esquemáticamente un procedimiento de regulación del circuito de lubricación de la figura 8;
- la figura 12 es un gráfico que muestra la apertura y el cierre de válvulas de derivación según el procedimiento de la figura 11;
- 25 - la figura 13 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación, según un cuarto modo de realización, de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2;
- la figura 14 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación, según un quinto modo de realización, de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2;
- 30 - la figura 15 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación, según un sexto modo de realización, de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2; y
- la figura 16 muestra esquemáticamente el circuito de lubricación, según un séptimo modo de realización, de una de las turbomáquinas del grupo motor de la figura 2.

**Descripción detallada de la invención**

35 La primera figura muestra una aeronave 1 tiene ala giratoria, más específicamente un helicóptero con un rotor principal 2 y un rotor de cola anti-par de giro 3 acoplados a un grupo motor 4 para su accionamiento. El grupo motor 4 mostrado comprende una primera turbomáquina 5a y una segunda turbomáquina 5b. Más específicamente, estas turbomáquinas 5a, 5b son turbomotores cuyos árboles de toma de potencia 6 están los dos conectados a una caja de cambios principal 7 para accionar el rotor principal 2 y el rotor de cola 3.

40 El grupo motor 4 se muestra con mayor detalle en la figura 2. Cada turbomáquina 5a, 5b comprende un compresor 8, una cámara de combustión 9, una primera turbina 10 conectada por un árbol de rotación 11 al compresor 8 y una segunda turbina 12, o turbina libre, acoplada al árbol de toma de potencia 6. El conjunto del compresor 8, la cámara de combustión 9, la primera turbina 10 y el árbol de rotación 11 también se conoce bajo el nombre de "generador de gas". El árbol de rotación 11 de cada generador de gas está acoplado mecánicamente a un dispositivo de accionamiento 13 que comprende una máquina eléctrica 13a, más específicamente un motor-generador, y un convertidor de alimentación 13b conectado eléctricamente a la máquina eléctrica 13a y conectado a una red eléctrica de la aeronave 1.

50 El dispositivo de accionamiento 13 sirve tanto en el arranque del motor de la turbomáquina 5a, 5b correspondiente como en la generación de electricidad después de este arranque. En el primer caso, la máquina eléctrica 13a funciona en modo motor, y el convertidor de alimentación 13b asegura su alimentación eléctrica a partir de la red eléctrica de la aeronave. En el segundo caso, la máquina eléctrica 13a funciona en el modo generador, y el

convertidor de alimentación adapta la corriente generada a una tensión y una corriente apropiados para el suministro de potencia de la red eléctrica de la aeronave.

Además, no obstante, el dispositivo de accionamiento 13 se puede utilizar asimismo para mantener la turbomáquina 5a, 5b correspondiente en modo de giro, haciendo girar el árbol de rotación 11, con la cámara de combustión 9 apagada, a una velocidad reducida  $N_{\text{de giro}}$ , que puede ser, por ejemplo, entre 5% y 20% de una velocidad nominal  $N_1$  del árbol de rotación 11. El mantenimiento de una turbomáquina en modo de giro acelera su eventual arranque.

La potencia suministrada por el grupo motor 4 puede variar sustancialmente según la etapa de vuelo de la aeronave 1. Por lo tanto, la potencia requerida para el régimen de crucero es normalmente sustancialmente menor que la potencia continua máxima del grupo motor 4, e incluso menor que su potencia máxima de despegue. Ahora bien, estando el grupo motor 4 dimensionado en función de esta última, está sustancialmente sobredimensionada con respecto a la potencia requerida para el régimen de crucero. En consecuencia, en el régimen de crucero, con las dos turbomáquinas 5a, 5b en funcionamiento, podrían quedar fuera de su régimen óptimo de funcionamiento, lo que se traduciría en un consumo específico relativamente alto. En principio, con un grupo motor que comprende una pluralidad de turbomáquinas, se puede considerar mantener el régimen de crucero con al menos una de estas turbomáquinas apagada. Con las otras turbomáquinas funcionando a un régimen más cercano a su régimen óptimo, el consumo específico puede ser reducido. Con el fin de permitir dicho modo de funcionamiento de un grupo motor, garantizando al mismo tiempo el arranque inmediato de la turbomáquina apagada, se ha propuesto en la patente FR 2 967 132 mantener esta turbomáquina apagada en modo de giro.

En el grupo motor 4 mostrado en la figura 2, la primera turbomáquina 5a está por consiguiente apagada durante el régimen de crucero de la aeronave 1, mientras que la segunda turbomáquina 5b proporciona toda potencia al rotor principal 2 y al rotor de cola 3 a través de la caja de cambios principal 7. La máquina eléctrica 13a de la segunda turbomáquina 5b asegura simultáneamente la alimentación de la red eléctrica de la aeronave 1 a través de su convertidor de alimentación 13b. Con el fin de poder asegurar el arranque de emergencia de la primera turbomáquina 5a, en particular en caso de fallo de la segunda turbomáquina 5b, la primera turbomáquina 5a se mantiene en modo de giro accionando su árbol de rotación 11 mediante su máquina eléctrica 13a, alimentada a través de su convertidor de alimentación 13b.

Sin embargo, en vuelo, con la cámara de combustión 9 apagada y temperaturas de ambiente que pueden ser muy bajas, especialmente en cotas altas, la temperatura  $T$  del lubricante de la primera turbomáquina 5a puede descender de manera muy sustancial. A fin de evitar que alcance un nivel excesivamente bajo, lo que podría poner en peligro la lubricación de las piezas móviles de esta primera turbomáquina 5a, el circuito de lubricación 14 según un primer modo de realización mostrado en la figura 3 atraviesa una fuente de calor 15.

Más específicamente, el circuito de lubricación 14 es un circuito cerrado que comprende un depósito 16 y una bomba 17, y que atraviesa una fuente de frío 18 y la fuente de calor 15, así como los elementos a lubricar 19 en la primera turbomáquina 5a. El circuito 14 comprende asimismo conductos de derivación 20, 21, respectivamente, de la fuente de frío 18 y la fuente de calor 15, comprendiendo cada uno una válvula termostática 22, 23 para su obturación en intervalos de temperatura predeterminados. Sin embargo, válvulas conectadas a una unidad de control conectada a sensores de temperatura del lubricante se pueden utilizar en lugar de las válvulas termostáticas con el mismo objetivo.

La fuente de frío 18 es típicamente un intercambiador de calor lubricante / aire que permite evacuar el calor del lubricante hacia el aire ambiente. Sin embargo, se pueden utilizar asimismo otros tipos de fuentes de frío, principalmente intercambiadores de calor lubricante / combustible.

La fuente de calor 15 puede comprender, por ejemplo, la máquina eléctrica 13a de la primera turbomáquina 5a o su convertidor de alimentación 13b. En la variante mostrada en la figura 4A, la fuente de calor 15 es la máquina eléctrica 13a, que es atravesada directamente por el circuito de lubricación 14. En el funcionamiento como un motor que acciona el árbol de rotación 11 por el modo de giro, esta máquina eléctrica 13a genera calor, que es evacuado en esta variante mediante el lubricante que circula a través del circuito de lubricación 14. De este modo, el calentamiento del lubricante puede contribuir simultáneamente a la refrigeración de la máquina eléctrica. En la variante mostrada en la figura 4B, la fuente de calor 15 es el convertidor de alimentación 13b. Durante el funcionamiento del motor eléctrico 13a como motor que acciona el árbol de rotación 11 en modo de giro, la alimentación de esta máquina eléctrica a través de este convertidor de alimentación 13b también genera calor, que es evacuado en esta variante mediante el lubricante que circula a través el circuito de lubricación 14. De este modo, el calentamiento del lubricante puede contribuir simultáneamente a la refrigeración convertidor de alimentación 13b.

La transferencia de calor del convertidor entre el dispositivo de accionamiento 13 del árbol de rotación 11 y el circuito de lubricación 14 puede asimismo no ser efectuada de manera directa, como en estas dos primeras variantes, sino de manera indirecta, a través de un circuito de refrigeración que atraviesa un intercambiador de calor atravesado asimismo de manera separada el circuito de lubricación 14. De este modo, en una tercera variante, mostrada en la figura 4C, la fuente de calor 15 del circuito de lubricación 14 comprende un intercambiador de calor 24 conectado de la misma manera a un circuito de refrigeración 25 de la máquina eléctrica 13a de la primera turbomáquina 5a. En una cuarta variante, mostrada en la figura 4D, la fuente de calor comprende un intercambiador de calor 24

conectado de la misma manera a un circuito de refrigeración 25 del convertidor de alimentación 13b de la primera turbomáquina 5a.

En particular, cuando la fuente de calor 15 del circuito de lubricación 14 comprende un intercambiador de calor de este tipo, se puede considerar asimismo utilizarlo para la transferencia de calor desde otros elementos distintos del dispositivo de accionamiento 13 de la primera turbomáquina 5a. Esta transferencia de calor se puede efectuar, por ejemplo, a partir de la segunda turbomáquina 5b, que permanece encendida en vuelo mientras que la primera turbomáquina 5a está en modo de giro. De este modo, en una quinta variante, mostrada en la figura 4E, el intercambiador de calor 24 que forma la fuente de calor 15 del circuito de lubricación 14 está conectado a un circuito de refrigeración 25' del dispositivo de accionamiento 13 de la segunda turbomáquina 5b. Si esta segunda turbomáquina 5b funciona en modo normal mientras la primera turbomáquina 5a se mantiene en modo de giro, la máquina eléctrica 12a puede funcionar como un generador eléctrico que alimenta a la red eléctrica de la aeronave 1 a través del convertidor de alimentación 13b. En esta situación, tanto esta máquina eléctrica 13a como el convertidor de alimentación 13b generan calor simultáneamente, que puede ser evacuado hacia el circuito de lubricación 14 de la primera turbomáquina 5a a través del circuito de refrigeración 25'.

En cada una de estas variantes, la fuente de calor 15 y la fuente de frío 18 pueden ser eludidas con el fin de regular la temperatura del lubricante de la primera turbomáquina 5a. El diagrama de flujo de la figura 5 muestra el funcionamiento de esta regulación de la temperatura a partir de una etapa inicial en la que las dos válvulas termostáticas 22, 23 del circuito de lubricación 14 mostrado en la figura 3 están abiertas, etapa mostrada en la figura 3B, y en la que la mayor parte del caudal de lubricante bombeado por la bomba 17 a través del circuito 14 elude las fuentes de frío y de calor 18, 15 a través, respectivamente, de los conductos de derivación 20 y 21. En la etapa S501, la temperatura T del lubricante es comparada con un primer umbral de cierre  $T_{1a}$ . Si la temperatura T del lubricante es igual o inferior al umbral de cierre  $T_{1a}$ , la válvula termostática 23 en el conducto de derivación 21 desde la fuente de calor 15 se cierra en la etapa S502, obturando de este modo este conducto de derivación 21 y forzando al lubricante a atravesar la fuente de calor 15, tal como se muestra en la figura 3A. El lubricante se calienta de este modo para asegurar su circulación, y esto incluso si la primera turbomáquina 5a está en modo de giro. El umbral de cierre  $T_{1a}$  puede estar, por ejemplo, entre 333 K y 343 K.

Si la válvula termostática 23 está, por consiguiente, cerrada, en la etapa siguiente S503 la temperatura T del lubricante es comparada con un primer umbral de apertura  $T_{1b}$ . Siempre que la temperatura T no supere este umbral de apertura  $T_{1b}$ , esta etapa se repetirá de manera regular en bucle. Si la temperatura T del lubricante supera este umbral de apertura  $T_{1b}$ , la válvula termostática 23 en el conducto de derivación 21 la fuente de calor 15 se abrirá en la etapa S504, para volver a la configuración mostrada de la figura 3A. El umbral de apertura  $T_{1b}$  puede ser idéntico al umbral de cierre  $T_{1a}$ . Sin embargo, a fin de crear una histéresis que permita evitar una inestabilidad de la válvula termostática 23, el umbral de apertura  $T_{1b}$  puede ser sustancialmente mayor que el umbral de cierre  $T_{1a}$ , por ejemplo, de 5 K a 10 K más alto. Esta histéresis se muestra en la figura 6. Es propia de ciertos tipos de válvulas termostáticas, tales como las válvulas termostáticas de núcleo de cera, pero otros tipos de válvulas tales como las electroválvulas, pueden estar asimismo adaptadas para funcionar con una histéresis tal como la citada para evitar su inestabilidad.

Tras la reapertura de la válvula termostática 23 en la etapa S504, o si la temperatura T superase ya el primer umbral de cierre  $T_{1a}$  en la etapa S501, en la etapa S505 la temperatura T del lubricante es comparada con un segundo umbral de cierre  $T_{2a}$ . Si la temperatura T del lubricante es igual o mayor que este segundo umbral de cierre  $T_{2a}$ , la válvula termostática 22 en el conducto de derivación 20 de la fuente de frío 18 se cierra en la etapa S506, obturando de este modo este conducto de derivación 20 y forzando al lubricante a atravesar la fuente de frío 18, tal como se muestra en la figura 3C. De este modo, el lubricante es refrigerado para evacuar el calor generado en la primera turbomáquina 5a. El segundo umbral de cierre  $T_{2a}$  es sustancialmente mayor que el primer umbral de cierre  $T_{1a}$  y que el primer umbral de apertura  $T_{1b}$  y puede estar, por ejemplo, entre 353 K y 363 K.

Si la válvula termostática 22 está por lo tanto cerrada, en la etapa siguiente S507, la temperatura T del lubricante se compara con un segundo umbral de apertura  $T_{2b}$ . Mientras la temperatura T no sea inferior a este umbral de apertura  $T_{2b}$ , esta etapa se repetirá de manera regular en bucle. Si la temperatura T del lubricante es inferior a este umbral de apertura  $T_{2b}$ , la válvula termostática 22 en el conducto de derivación 20 de la fuente de frío 18 se reabrirá en la etapa S508, para volver a la configuración mostrada en la figura 3B. El umbral de apertura  $T_{2b}$  puede ser idéntico al umbral de cierre  $T_{2a}$ . Sin embargo, a fin de crear una histéresis para evitar la inestabilidad de la válvula termostática 22, el umbral de apertura  $T_{2b}$  puede ser sustancialmente inferior al umbral de cierre  $T_{2a}$ , por ejemplo, de 5 K a 10 K inferior, sin dejar de ser sustancialmente superior al primer umbral de cierre  $T_{1a}$  y al primer umbral de apertura  $T_{1b}$ . Esta histéresis se muestra asimismo en la figura 6.

No obstante, son posibles otras alternativas para la regulación de la temperatura del lubricante de una turbomáquina y, en particular para su calentamiento en modo de giro. Por lo tanto, en el modo de realización mostrado en la figura 7, que también es aplicable al grupo motor 4 de las figuras 1 y 2, la fuente de calor 15 del circuito de lubricación 14 comprende una resistencia eléctrica 29 en el depósito 16. El resto de los elementos de este segundo modo de realización son análogos a los que reciben los mismos números de referencia en la figura 3.

La resistencia eléctrica 29 está conectada a la red eléctrica de la aeronave 1 para su alimentación eléctrica, que puede ser activada y desactivada según se desee. Por consiguiente, un conducto de derivación que esta fuente de calor 15 no es necesario para regular la temperatura T del lubricante en este circuito de lubricación 14. El diagrama de flujo de la figura 8 muestra el procedimiento de regulación de este segundo modo de realización, a partir de un estado inicial en el que la alimentación de la resistencia eléctrica 26 está desactivada y la válvula termostática 22 está abierta. En la etapa S801, la temperatura T del lubricante es comparada con un umbral de activación  $T_{0a}$ . Si la temperatura T del lubricante es igual o menor que el umbral de activación  $T_{0a}$ , la alimentación de la resistencia eléctrica 29 es activada en la etapa S802, generando un calor transmitido al lubricante que atraviesa el circuito de lubricación 14. El lubricante es calentado de este modo para asegurar su circulación, y esto incluso si la primera turbomáquina 5a está en modo de giro. En este modo de realización, el umbral de activación  $T_{0a}$  puede estar, por ejemplo, entre 283 K y 293 K.

Por lo tanto, si la resistencia eléctrica 29 está activada, en la etapa siguiente S803 la temperatura T del lubricante se compara con un umbral de desactivación  $T_{0b}$ . Siempre que la temperatura T no sea superior a este umbral de desactivación  $T_{0b}$ , esta etapa se repetirá de manera regular. Si la temperatura T del lubricante es superior a este umbral de desactivación  $T_{0b}$  la alimentación de la resistencia eléctrica 26 será desactivada en la etapa S804. El umbral de desactivación  $T_{0b}$  puede ser idéntico al umbral de activación  $T_{0a}$ . Sin embargo, para crear una histéresis, el umbral de desactivación  $T_{0b}$  puede ser sustancialmente mayor que el umbral de activación  $T_{0a}$ , por ejemplo, de 5 K a 10 K superior. Esta histéresis se muestra en la figura 9.

Tras la desactivación de la alimentación de la resistencia eléctrica 29 en la etapa S804, o si la temperatura T fuese ya superior al umbral de activación  $T_{0a}$  en la etapa S801, en la etapa S805 que la temperatura T del lubricante se compara con un umbral de cierre  $T_{2a}$ . Si la temperatura T del lubricante es igual o superior a este umbral de cierre  $T_{2a}$ , la válvula termostática 22 en el conducto de derivación 20 de la fuente de frío 18 se cierra en la etapa S806, obturando de este modo el conducto de derivación 20 y forzando al lubricante a atravesar la fuente de frío 18. El lubricante es refrigerado de este modo para evacuar el calor generado en la primera turbomáquina 5a. Este umbral de cierre es  $T_{2a}$  es sustancialmente superior al umbral de activación  $T_{0a}$  y al umbral de desactivación  $T_{0b}$  y puede estar, por ejemplo, entre 353 K y 363 K.

Por consiguiente, si la válvula termostática 22 está cerrada, en la etapa S807 siguiente la temperatura T del lubricante se compara con un umbral de apertura  $T_{2b}$ . Mientras la temperatura T no sea inferior a este umbral de apertura  $T_{1b}$ , esta etapa se repetirá regularmente en bucle. Si la temperatura T del lubricante es inferior a este umbral de apertura  $T_{2b}$ , la válvula termostática 22 en el conducto de derivación 20 de la fuente de frío 18 se abrirá en la etapa S808. El umbral de apertura  $T_{2b}$  puede ser idéntico al umbral de cierre  $T_{2a}$ . Sin embargo, con el fin de crear una histéresis que permita evitar la inestabilidad de la válvula termostática 22, el umbral de apertura  $T_{2b}$  puede ser sustancialmente menor que el umbral de cierre  $T_{2a}$ , por ejemplo, de 5 K a 10 K menor, pero sigue estando sustancialmente por encima del umbral de activación  $T_{0a}$  y del umbral de desactivación  $T_{0b}$ . Esta histéresis también se muestra en la figura 9.

Es asimismo posible combinar las características de los primero y segundo modos de realización en un tercer modo de realización tal como el mostrado en la figura 10. En este tercer modo de realización, el circuito de lubricación 14 comprende dos fuentes de calor 15a, 15b: una primera fuente de calor 15a de acuerdo con una cualquiera de las variantes mostradas en las figuras 4A a 4E, con un conducto de derivación 21 equipado con una válvula termostática 23, como en el primer modo de realización, pero también una segunda fuente de calor 15b que comprende una resistencia eléctrica 29 en el depósito 16, como en el segundo modo de realización. El resto de los elementos en este tercer modo de realización es análogo a los que reciben los mismos números de referencia en las figuras 3 y 6.

El diagrama de flujo de la figura 11 muestra el procedimiento de regulación de este tercer modo de realización a partir de un estado inicial en el que la alimentación de la resistencia eléctrica 29 está desactivada y las válvulas termostáticas 22 y 23 están abiertas. En la etapa S1101, la temperatura T del lubricante se compara con un primer umbral de cierre  $T_{1a}$ . Si la temperatura T del lubricante es igual o inferior al umbral de cierre  $T_{1a}$ , la válvula termostática 23 en el conducto de derivación 21 de la primera fuente de calor 15a se cierra en la etapa S1102, obturando de este modo el conducto de derivación 21 y forzando al lubricante a atravesar la primera fuente de calor 15a, tal como se muestra en la figura 3A. El lubricante se calienta por lo tanto para asegurar su circulación, incluso si la primera turbomáquina 5a está en un modo de giro. El primer umbral de cierre  $T_{1a}$  puede estar, por ejemplo, entre 333 K y 343 K.

Sin embargo, puede ser que la temperatura T del lubricante sea demasiado baja para que el lubricante se caliente con la suficiente rapidez solo mediante la primera fuente de calor 15a. En consecuencia, en la etapa S1103 siguiente, la temperatura del lubricante T se compara con un umbral de activación  $T_{0a}$  sustancialmente menor que el primer umbral de cierre 15a. Si la temperatura T del lubricante es igual o inferior al umbral de activación  $T_{0a}$  la alimentación de la resistencia eléctrica 29 se activa en la etapa S1104, generando un calor transmitido al lubricante que atraviesa el circuito de lubricación 14. Se obtiene de este modo un calentamiento suplementario del lubricante. El umbral de activación  $T_{0a}$  en este modo de realización puede estar, por ejemplo, entre 283 K y 293 K.

Si la alimentación de la resistencia eléctrica 26 se activa, por consiguiente, en la etapa S1105 siguiente la temperatura del lubricante  $T$  se compara con un umbral de desactivación  $T_{0b}$ . Mientras la temperatura  $T$  no sea superior a este umbral de desactivación  $T_{0b}$ , esta etapa se va a repetir de manera regular en bucle. Si la temperatura  $T$  del lubricante es superior a este umbral de desactivación  $T_{0b}$  la alimentación de la resistencia eléctrica 29 se desactivará en la etapa S1106. El umbral de desactivación  $T_{0b}$  puede ser idéntico al umbral de activación  $T_{0a}$ . Sin embargo, con el fin de crear una histéresis, el umbral de  $T_{0b}$  puede ser sustancialmente mayor que el umbral de activación  $T_{0a}$ , por ejemplo, de 5 K a 10 K más alto, sin dejar de ser sustancialmente menor que el primer umbral de cierre  $T_{1a}$ . Esta histéresis se muestra en la figura 12.

Tras la desactivación de la alimentación a la resistencia eléctrica 26 en la etapa S1106, o si la temperatura  $T$  fuese ya superior al umbral de activación  $T_{0a}$  en la etapa S1103, en la etapa S1107 la temperatura  $T$  del lubricante es comparada con un primer umbral de apertura  $T_{1b}$ . Mientras la temperatura  $T$  no sea mayor que este umbral de apertura  $T_{1b}$ , el procedimiento volverá a la etapa S1103, y al menos las etapas S1103 y S1107 se repetirán en bucle. Si la temperatura  $T$  del lubricante es superior a este primer umbral de apertura  $T_{1b}$ , la válvula termostática 23 en el conducto de derivación 21 de la fuente de calor 15 se volverá a abrir en la etapa S1108. El primer umbral de apertura  $T_{1b}$  puede ser idéntico al primer umbral de cierre  $T_{1a}$ . Sin embargo, para crear una histéresis para evitar la inestabilidad de la válvula termostática 23, el primer umbral de apertura  $T_{1b}$  puede ser sustancialmente mayor que el primer umbral de cierre  $T_{1a}$ , por ejemplo, de 5 K a 10 K más alto. Esta histéresis también se muestra en la figura 12.

Tras la reapertura de la válvula termostática 23 en la etapa S1108, o si la temperatura  $T$  ya fuese más alta que el primer umbral de cierre  $T_{1a}$  en la etapa S1101, en la etapa S1109 la temperatura  $T$  del lubricante se compara con un segundo umbral de cierre  $T_{2a}$ . Si la temperatura  $T$  del lubricante es igual o mayor que este segundo umbral de cierre  $T_{2a}$ , la válvula termostática 22 en el conducto de derivación 20 de la fuente de frío 18 se cierra en la etapa S1110, obturando de ese modo este conducto de derivación 20 y forzando al lubricante a atravesar la fuente de frío 18. De este modo, el lubricante es refrigerado para evacuar el calor generado en la primera turbomáquina 5a. El segundo umbral de cierre  $T_{2a}$  es sustancialmente mayor que el primer umbral de cierre  $T_{1a}$  y que el primer umbral de apertura  $T_{1b}$  y puede estar, por ejemplo, entre 353 K y 363 K.

Si la válvula termostática 22 se cierra por consiguiente en la etapa S1111 siguiente, la temperatura  $T$  del lubricante se compara con un segundo umbral de apertura  $T_{2b}$ . Siempre que la temperatura  $T$  no sea inferior a este umbral de apertura  $T_{2b}$ , esta etapa se repetirá de manera regular en bucle. Si la temperatura  $T$  del lubricante es inferior a este umbral de apertura  $T_{2b}$ , la válvula termostática 22 en el conducto de derivación 20 de la fuente de frío 18 se volverá a abrir en la etapa S1112. El umbral de apertura  $T_{2b}$  puede ser idéntico al umbral de cierre  $T_{2a}$ . Sin embargo, con el fin de crear una histéresis que permita evitar la inestabilidad de la válvula termostática 22, el umbral de apertura  $T_{2b}$  puede ser sustancialmente menor que el umbral de cierre  $T_{2a}$ , por ejemplo 5 K a 10 K menos alta, sin dejar de ser sustancialmente mayor que el primer umbral de cierre  $T_{1a}$  y que el primer umbral de apertura  $T_{1b}$ . Esta histéresis también se muestra en la figura 12.

En general, siempre es posible combinar varias fuentes de calor, evitables o desactivables en el circuito de lubricación. De este modo, en un cuarto modo de realización, mostrado en la figura 13, dos fuentes de calor 15a, 15b están dispuestas en paralelo en el circuito de lubricación 14. Cada uno de estas dos fuentes de calor 15a, 15b puede corresponder a cualquiera de las variantes mostradas en las figuras 4A a 4H. Los otros elementos son análogos a los del primer modo de realización y reciben los mismos números de referencia. De este modo, un conducto obturable de derivación 21 permite rodear las dos fuentes de calor 15a, 15b simultáneamente, y la temperatura del lubricante puede ser regulada según el procedimiento de la figura 5. En un quinto modo de realización, mostrado en la figura 14, las dos fuentes de calor 15a, 15b se combinan con una tercera fuente de calor 15c que comprende una resistencia eléctrica 29 en el depósito 16, tal como en los segundo y tercero modos de realización. Los otros elementos son análogos a los del cuarto modo de realización, y reciben las cifras de referencia. La temperatura del lubricante puede ser regulada en este documento según el procedimiento de la figura 9.

La figura 15 muestra un sexto modo de realización, análogo al cuarto modo de realización, pero con dos fuentes de calor 15a, 15b en serie en lugar de en paralelo. Los elementos similares a los del cuarto modo de realización reciben los mismos números de referencia. La figura 16 muestra un séptimo modo de realización, similar al quinto modo de realización, pero con las dos fuentes de calor 15a, 15b en serie en lugar de en paralelo. Los elementos similares a los del cuarto modo de realización reciben los mismos números de referencia. En estos dos últimos modos, tal como en los modos de realización cuarto y quinto, las dos fuentes de calor 15a, 15b tienen un conducto obturable de derivación 21 común, permitiendo de este modo una regulación de la temperatura del lubricante según el procedimiento de la figura 5 para el sexto modo de realización, y el procedimiento de la figura 9 para el séptimo modo de realización. Sin embargo, también se puede considerar equipar estos circuitos de lubricación con un conducto obturable de derivación individual para cada una de las primera y segunda fuentes de calor, con umbrales de cierre y de apertura iguales o diferentes para los dispositivos de obturación de cada uno de estos conductos de derivación individuales.

Aunque la presente invención se ha descrito haciendo referencia a ejemplos de modos de realización específicos, es obvio que se pueden realizar diferentes modificaciones y cambios a estos ejemplos sin ir más allá del alcance

general de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones. Por ejemplo, la eventual alimentación eléctrica de elementos de cada circuito de lubricación se podría efectuar a partir de otras fuentes distintas de una red eléctrica de una aeronave, tal como una batería y/o un generador dedicados. Además, se pueden proporcionar características individuales de los diferentes modos de realización evocados en modos de realización adicionales.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Turbomáquina (5a) que comprende al menos:
  - un compresor (8);
  - 5 una cámara de combustión (9), situada aguas abajo del compresor (8), para la combustión de una mezcla de aire procedente del compresor (8) y combustible;
  - un primer árbol de rotación (11);
  - una primera turbina (10) para la expansión de gas de combustión procedente de la cámara de combustión (9) y el arrastre del compresor (8) a través del primer árbol de rotación (11);
  - 10 un dispositivo (13) de accionamiento de dicho primer árbol de rotación (11) configurado para mantener en rotación, en un modo de funcionamiento, la primera turbina (10) y el compresor (8) con la cámara de combustión (9) apagada; y
  - un circuito (14) de lubricación de la turbomáquina (5a), dispuesto para lubricar al menos un cojinete de dicho primer árbol de rotación (11) y que atraviesa al menos una fuente de calor (15, 15a a 15c) que comprende al menos un consumidor eléctrico;
  - 15 estando la turbomáquina caracterizada por que está configurada para que la energía eléctrica convertida al menos parcialmente en calor por dicho al menos un consumidor eléctrico caliente un lubricante en dicho circuito (14) de lubricación cuando la temperatura del lubricante desciende por debajo de un primer umbral predeterminado durante la rotación de la primera turbina (10) y del compresor (8) con la cámara de combustión (9) apagada.
- 20 2. Turbomáquina (5a) según la reivindicación 1, en la que dicha fuente de calor (15, 15a, 15b) comprende dicho dispositivo de accionamiento (13).
3. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que dicha fuente de calor (15, 15a, 15b) comprende un intercambiador de calor (24) para transmitir el calor al lubricante en el circuito (14) de lubricación.
4. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha fuente de calor (15, 15b, 15c) comprende una resistencia eléctrica (29).
- 25 5. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho circuito de lubricación (14) comprende un conducto (21) obturable de derivación de la fuente de calor (15, 15a, 15b).
6. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho circuito de lubricación (14) atraviesa al menos dos fuentes de calor (15a a 15c) adaptadas para calentar el lubricante en dicho circuito (14) durante la rotación de la primera turbina (10) y del compresor (8) con la cámara de combustión (9) apagada.
- 30 7. Turbomáquina (5a) según la reivindicación 6, en la que dichas dos fuentes de calor (15a, 15b) están dispuestas en paralelo en dicho circuito de lubricación (14).
8. Turbomáquina (5a) según la reivindicación 6, en la que dichas dos fuentes de calor (15a, 15b) están dispuestas en serie en dicho circuito de lubricación (14).
- 35 9. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho circuito de lubricación (15a, 15b) atraviesa asimismo al menos una fuente de frío (18) para la refrigeración de dicho lubricante con la cámara de combustión (9) encendida.
10. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho dispositivo de accionamiento (13) comprende una máquina eléctrica (13a) acoplada mecánicamente a dicho primer árbol de rotación (11).
- 40 11. Turbomáquina (5a) según la reivindicación 10, en la que dicho dispositivo de accionamiento (13) comprende además un convertidor de alimentación (13b) para la alimentación eléctrica a dicha máquina eléctrica (13a).
12. Turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una segunda turbina (12), dispuesta aguas debajo de la primera turbina (10) y acoplada mecánicamente a un árbol de toma de potencia (6).
- 45 13. Grupo motor (4) que comprende al menos una primera turbomáquina (5a) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y una segunda turbomáquina (5b).

5 14. Procedimiento de regulación térmica de un lubricante en un circuito de lubricación (14) de una turbomáquina (5a) que comprende al menos un compresor (8), una cámara de combustión (9) situada aguas abajo del compresor (8) para la combustión de una mezcla de aire procedente del compresor (8) y combustible, una primera turbina (10) para la expansión del gas de combustión procedente de la cámara de combustión (9) y el arrastre del compresor (8) a través de un primer árbol de rotación (11) y un dispositivo (13) de accionamiento de dicho primer árbol de rotación (11), en el que dicho lubricante, que sirve para lubricar al menos un cojinete de dicho primer árbol de rotación (11), es dirigido a través de una fuente de calor (15,15a a 15c) atravesada por dicho circuito de lubricación (14) y que comprende al menos un consumidor eléctrico que convierte la energía eléctrica al menos parcialmente en calor para calentar el lubricante cuando la temperatura del lubricante desciende por debajo de un primer umbral predeterminado, mientras que la primera turbina (10) y el compresor (8) son girados por dicho dispositivo de accionamiento (13) con la cámara de combustión (9) apagada.

10 15. Procedimiento de regulación térmica según la reivindicación 14, en el que dicho lubricante es dirigido a través de una fuente de frío (18) atravesada por dicho circuito de lubricación (14) para enfriarlo cuando la temperatura del lubricante supera un segundo umbral predeterminado con la cámara de combustión (9) encendida.

15

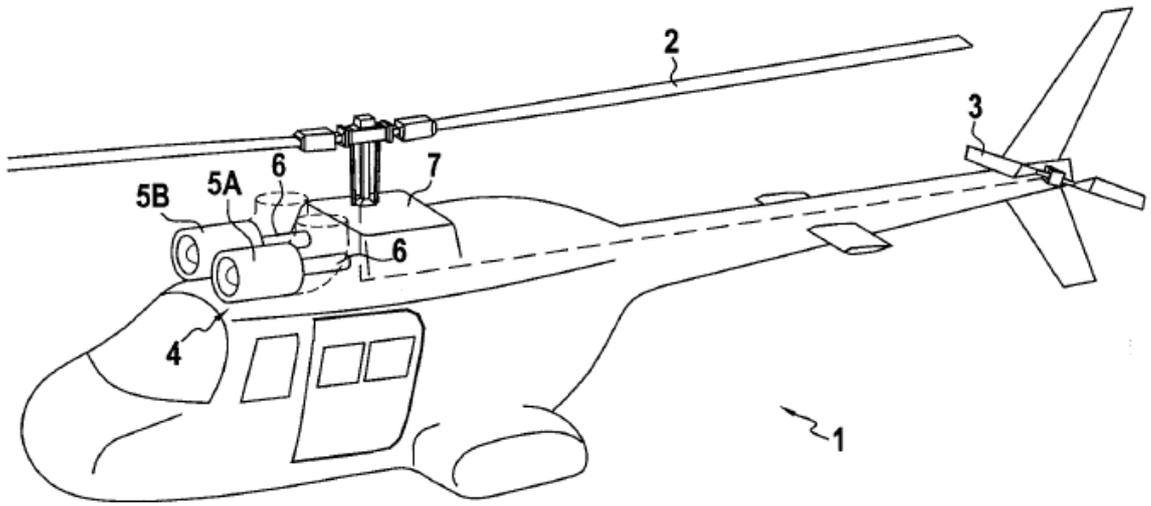


FIG. 1

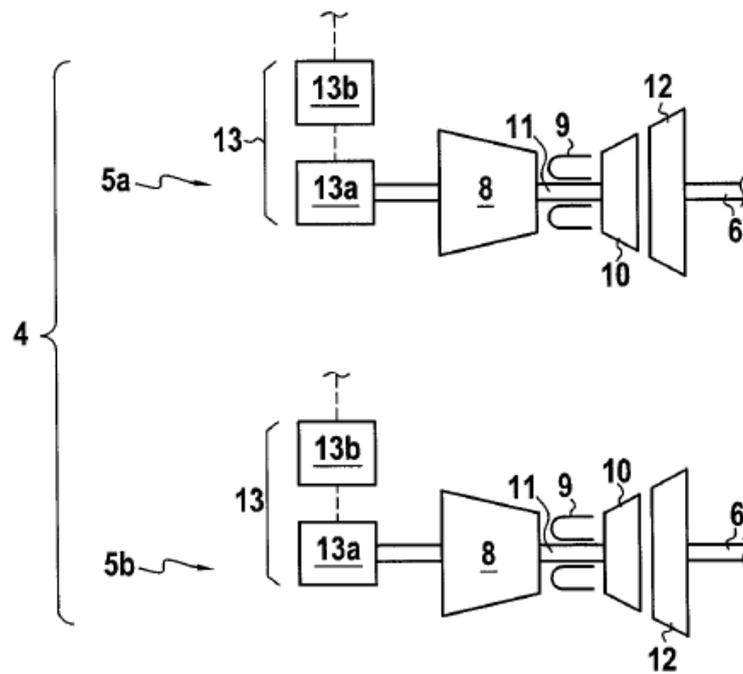
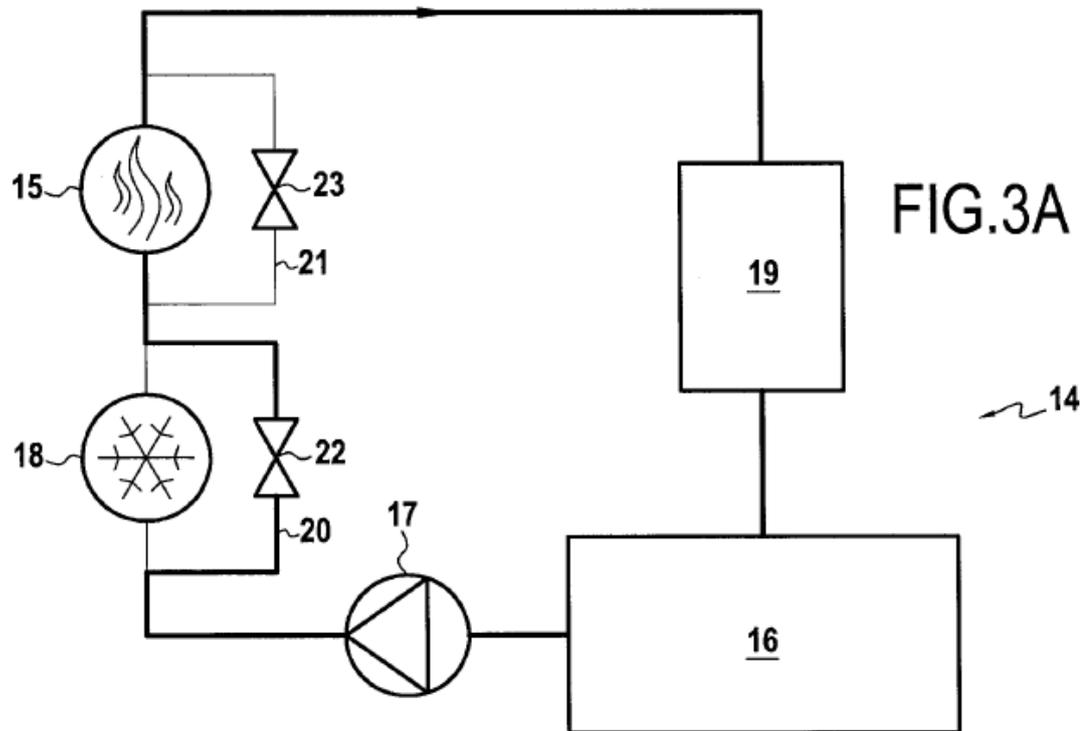
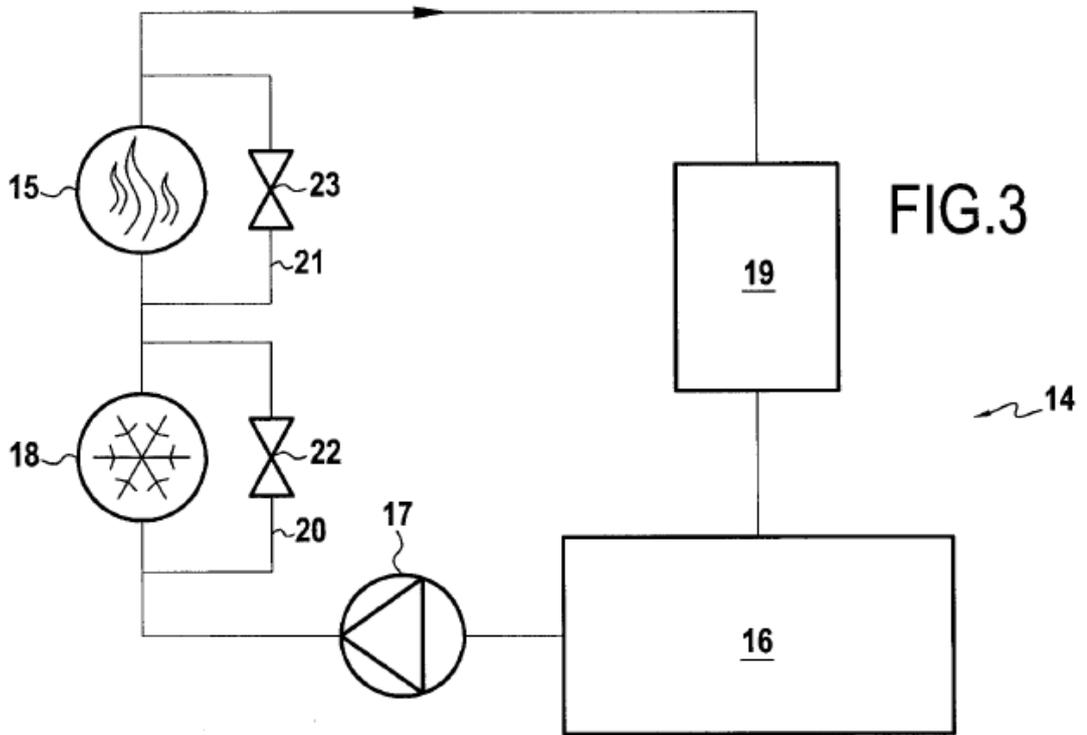
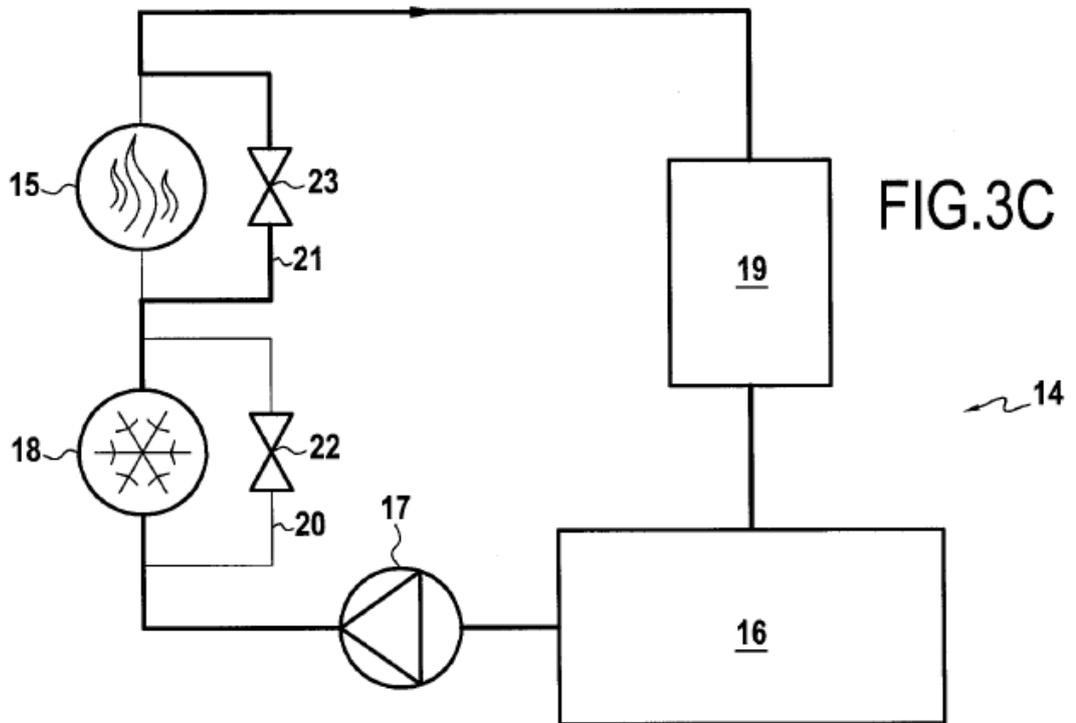
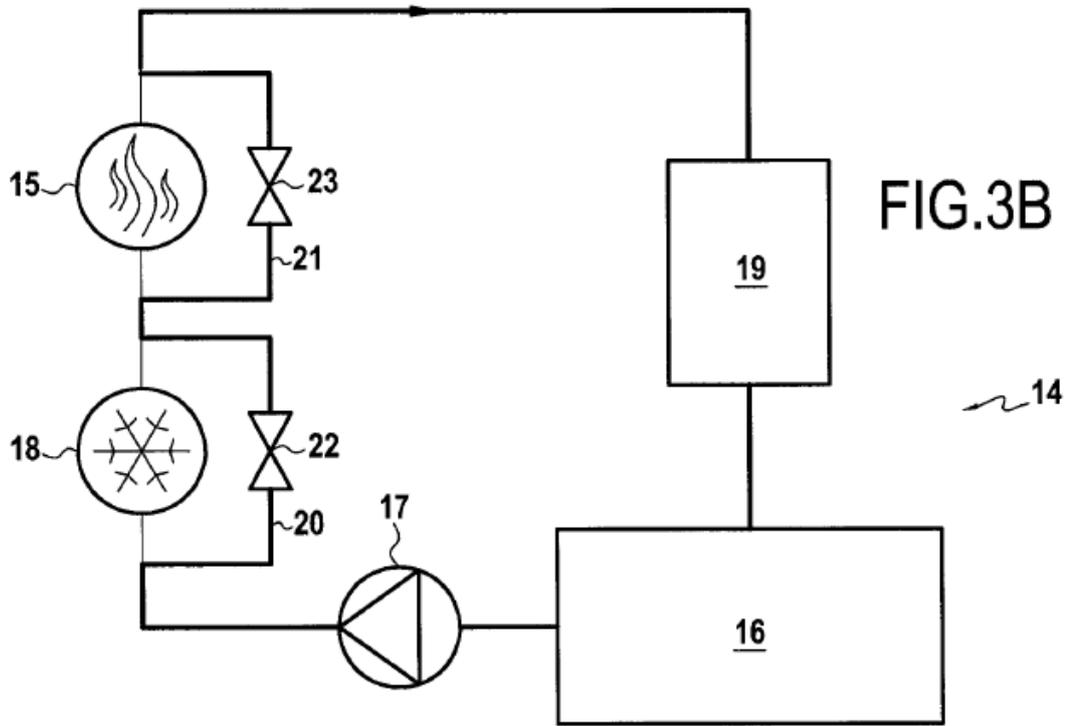


FIG. 2





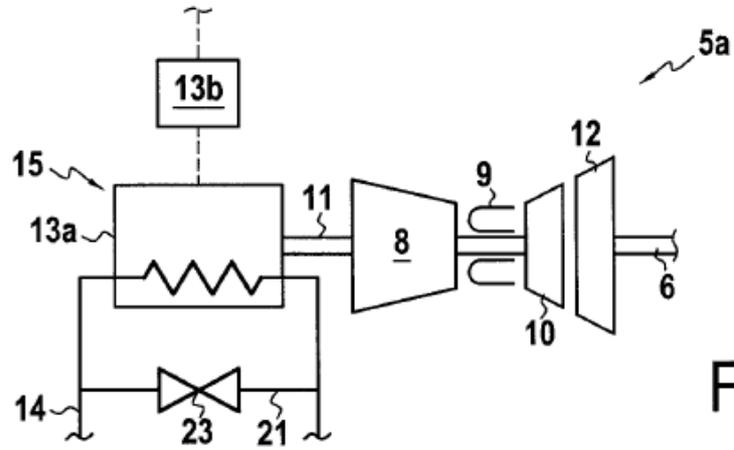


FIG. 4A

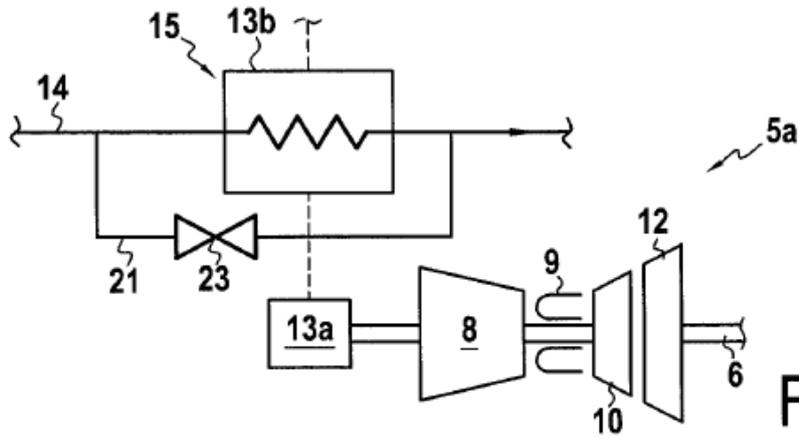


FIG. 4B

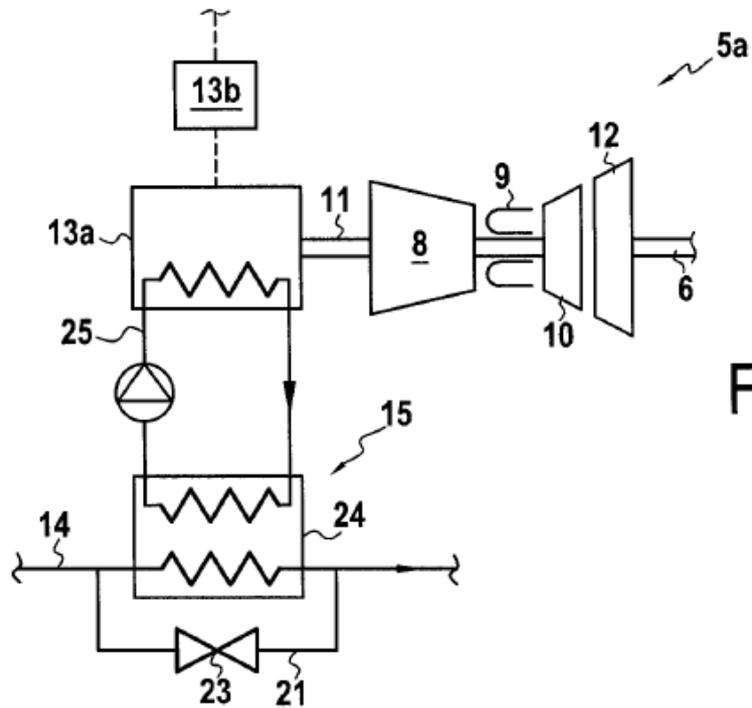


FIG. 4C

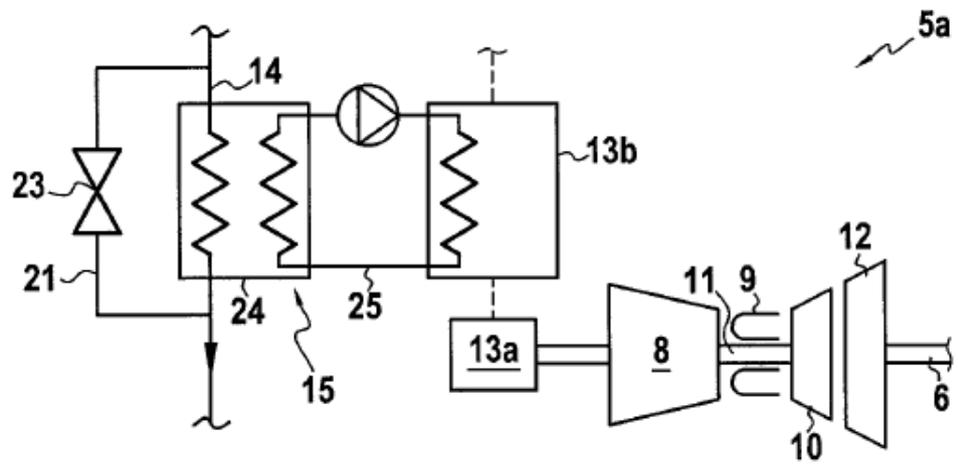


FIG.4D

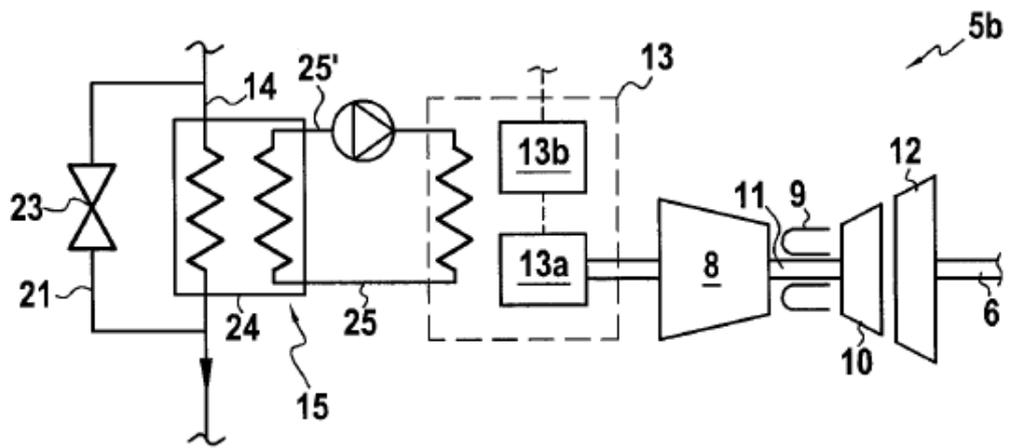


FIG.4E

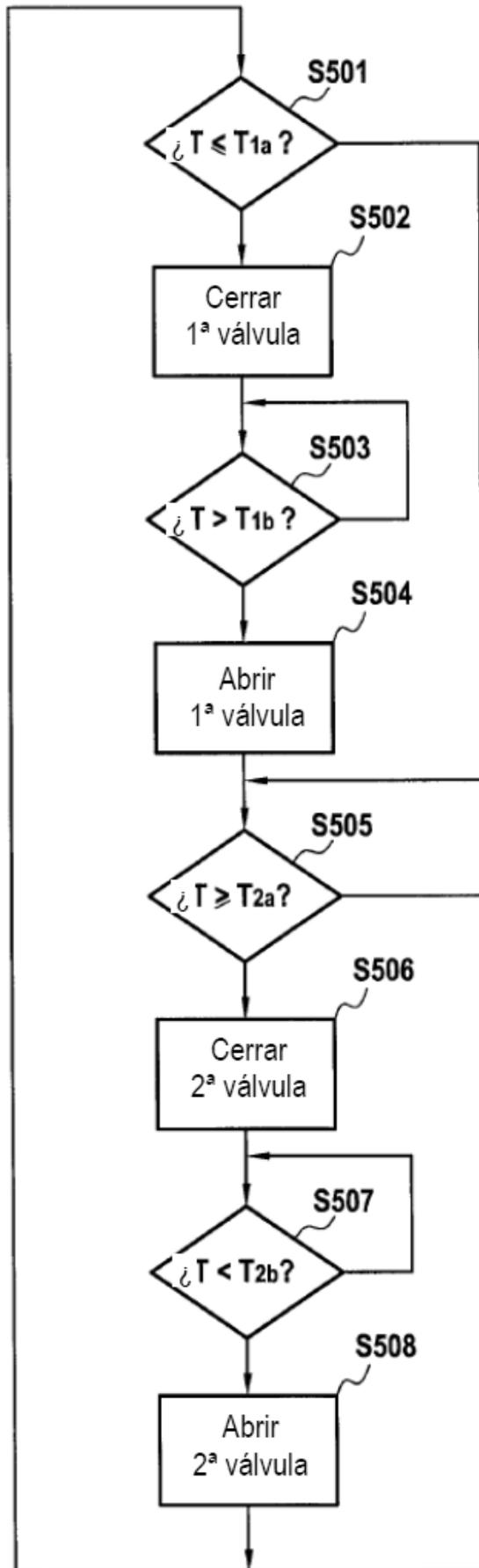


FIG.5

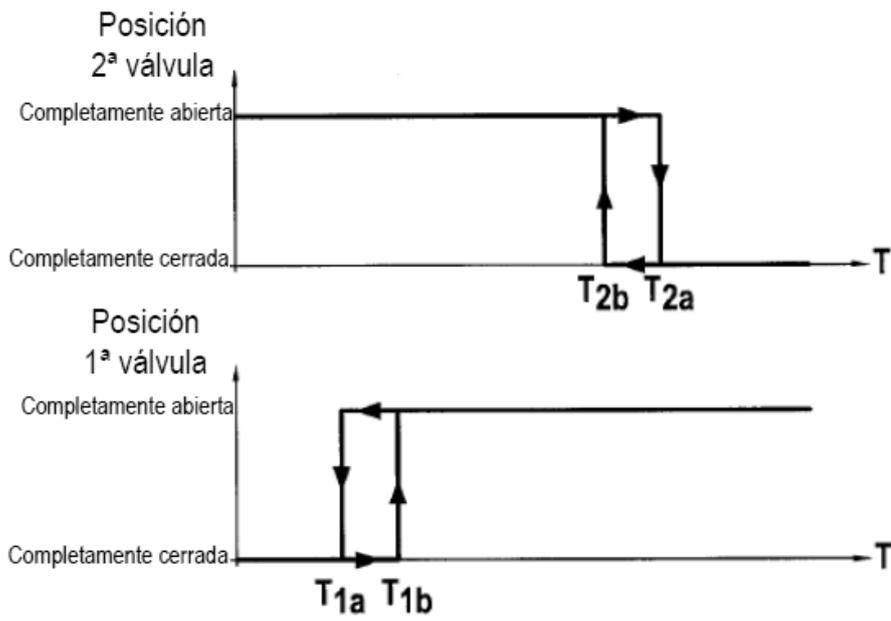


FIG.6

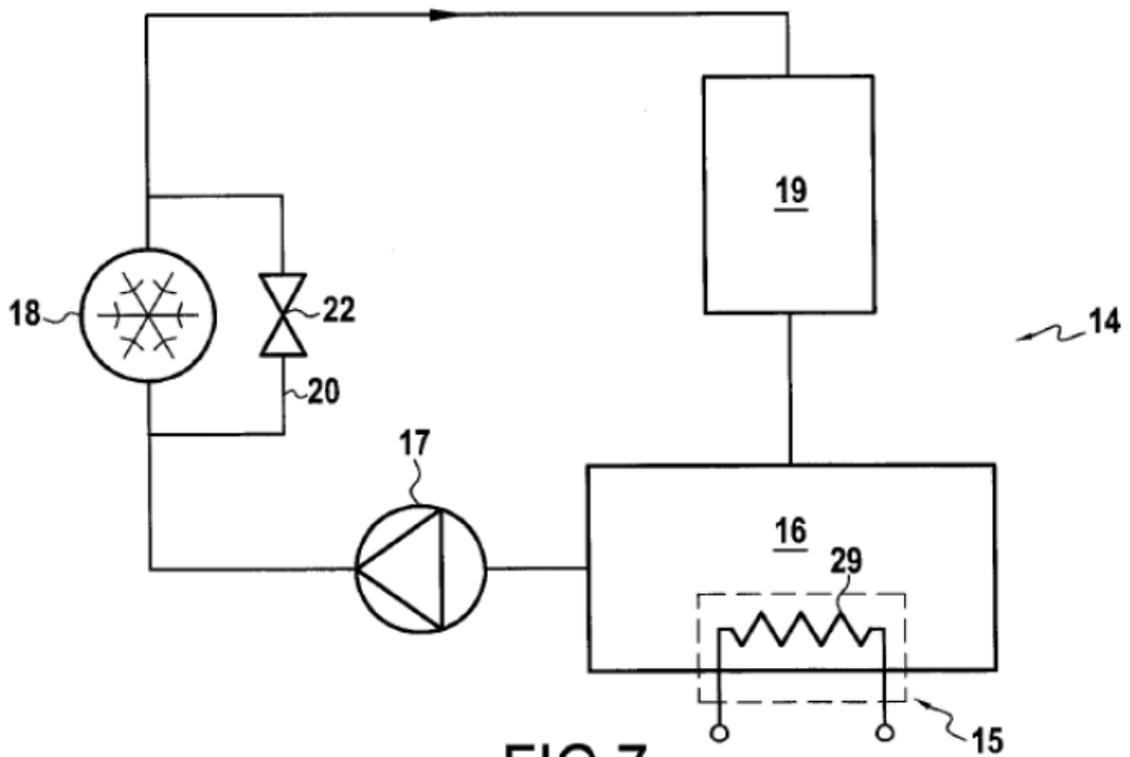


FIG.7

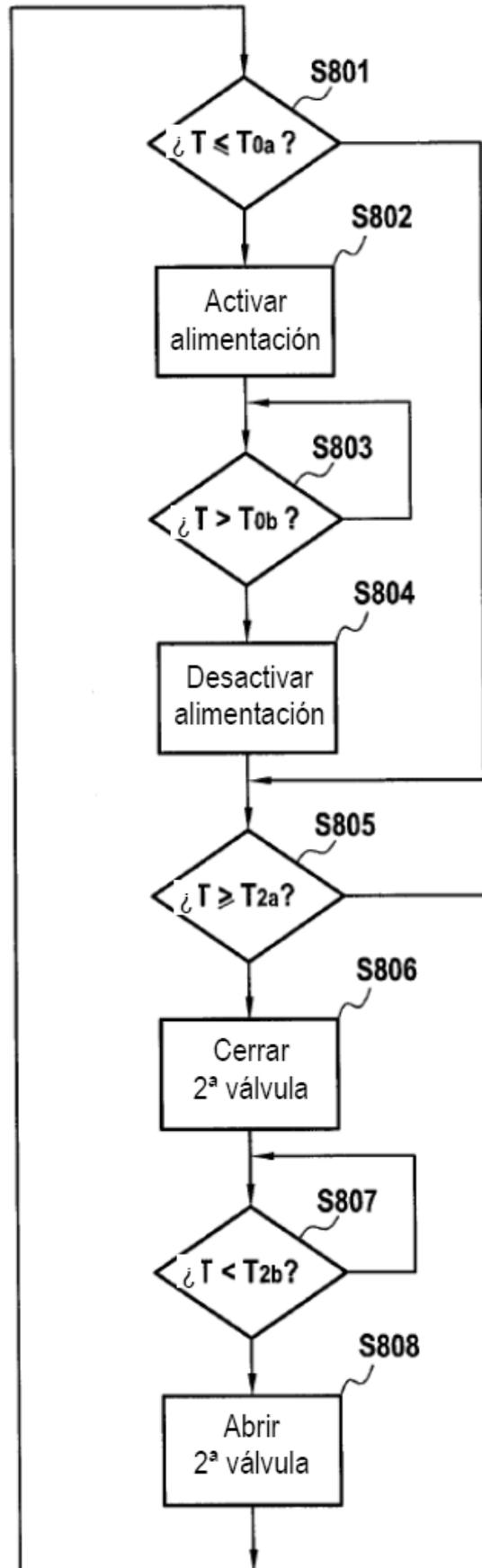


FIG.8

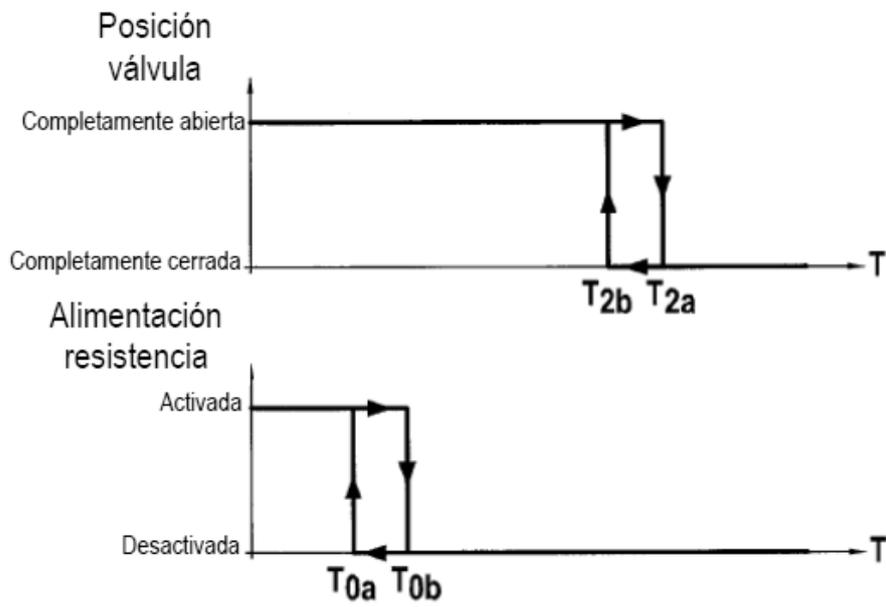


FIG.9

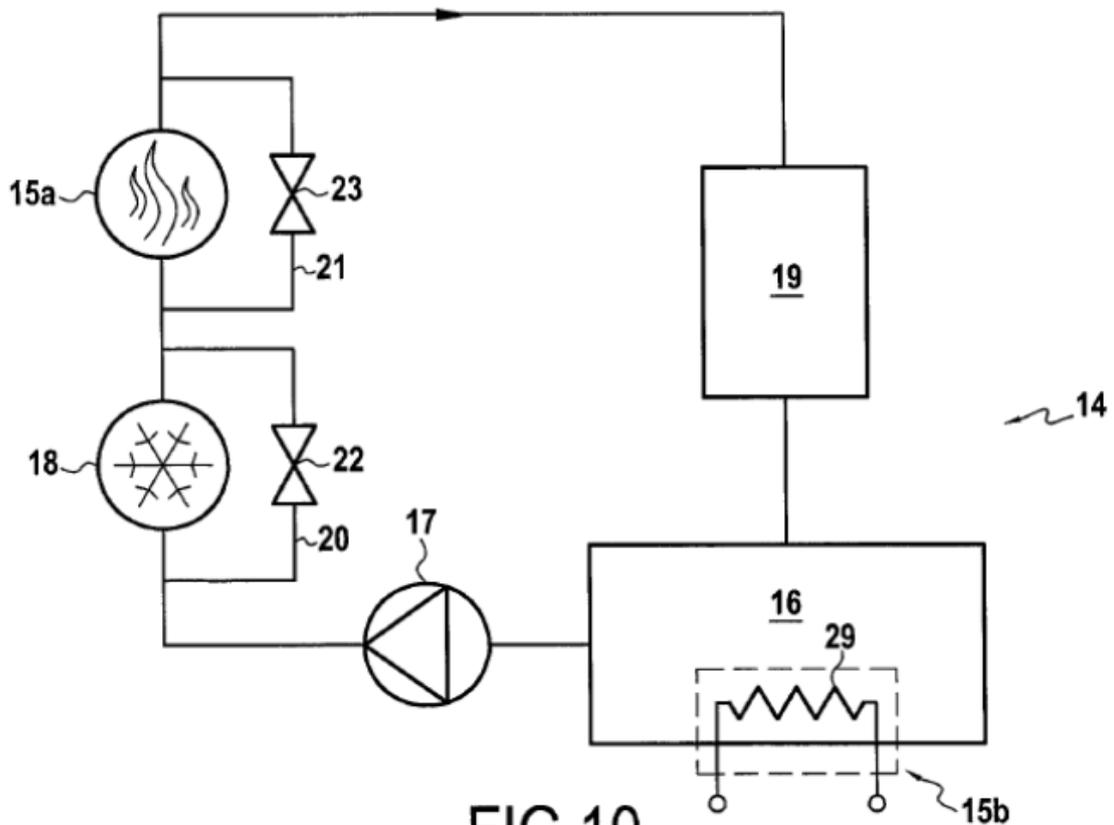


FIG.10

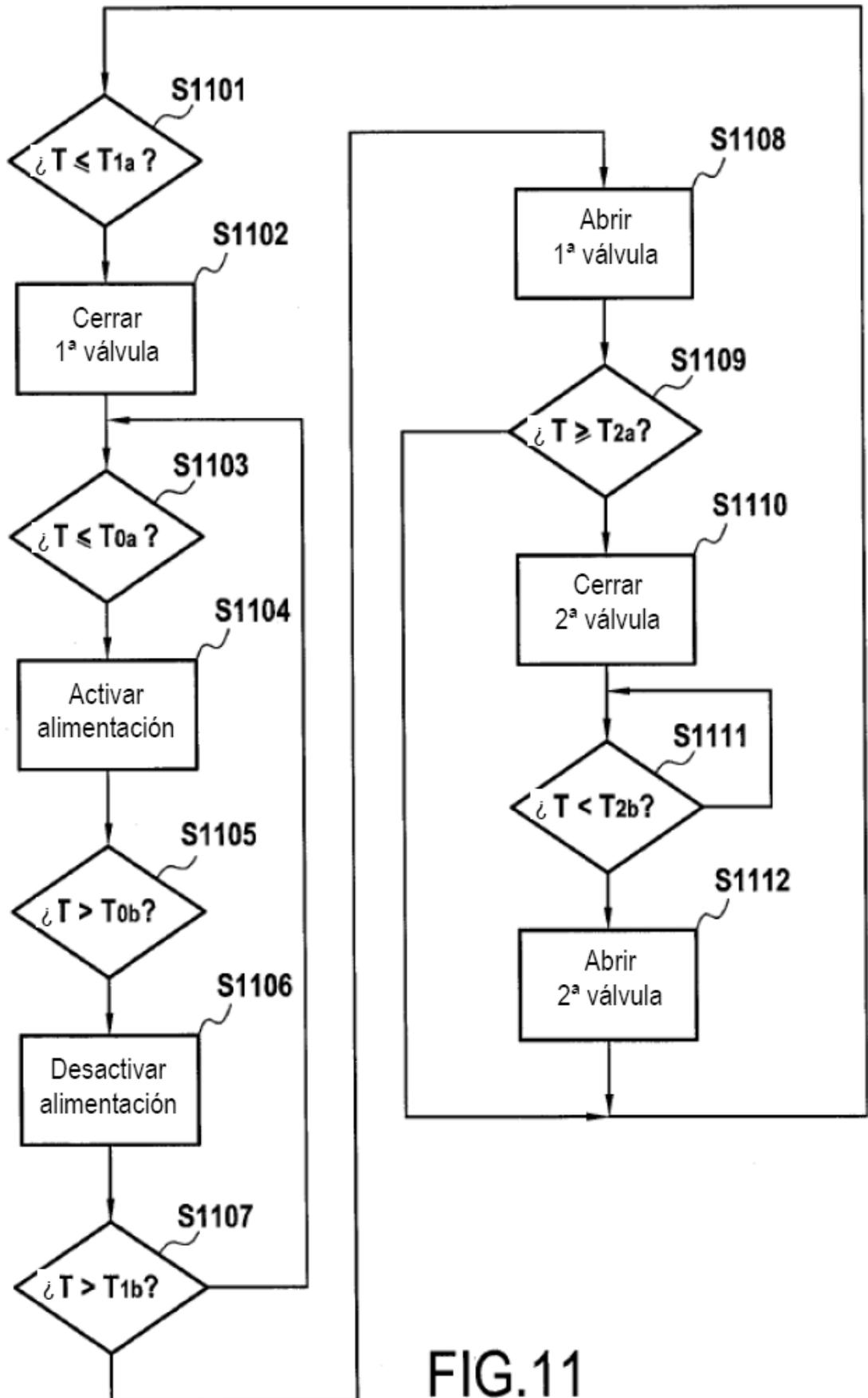


FIG.11

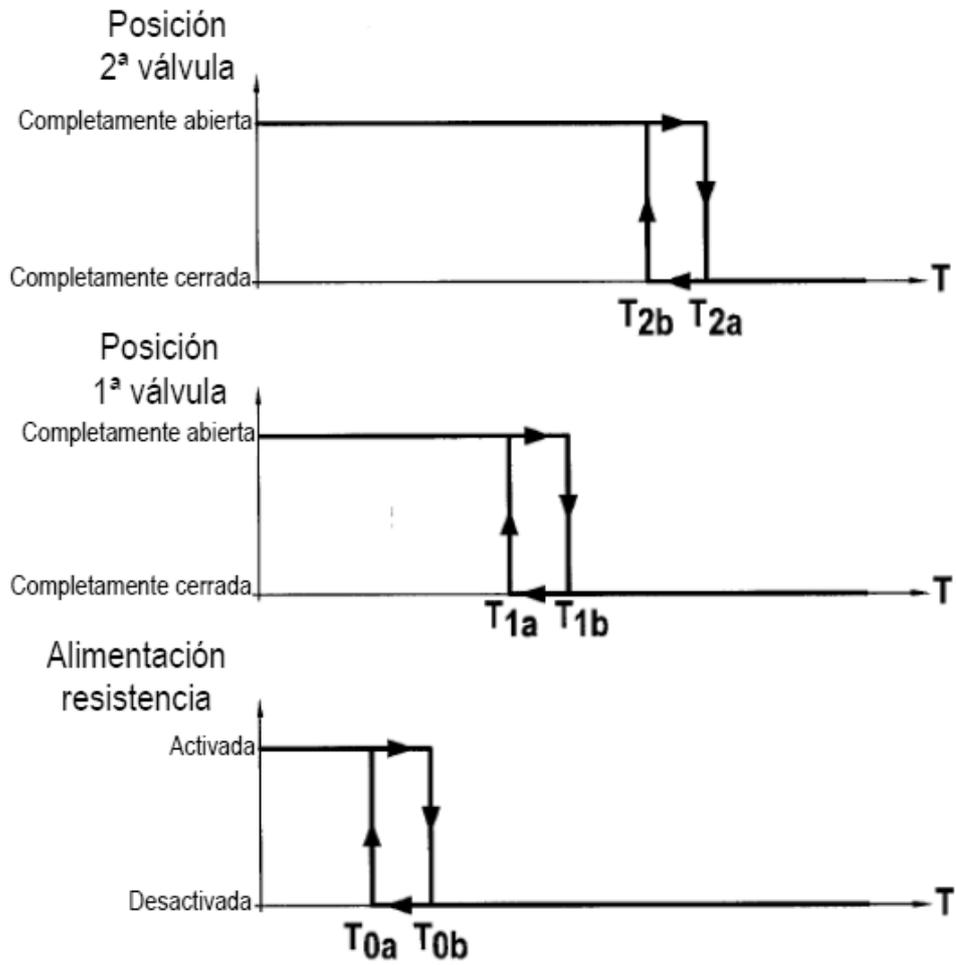


FIG.12

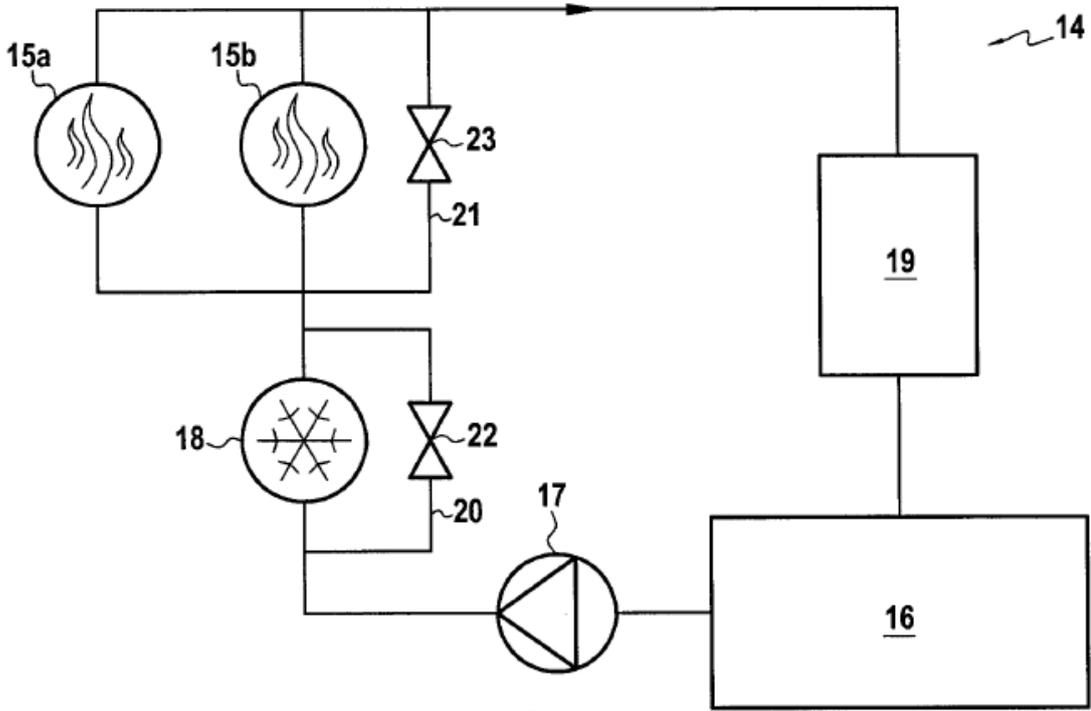


FIG.13

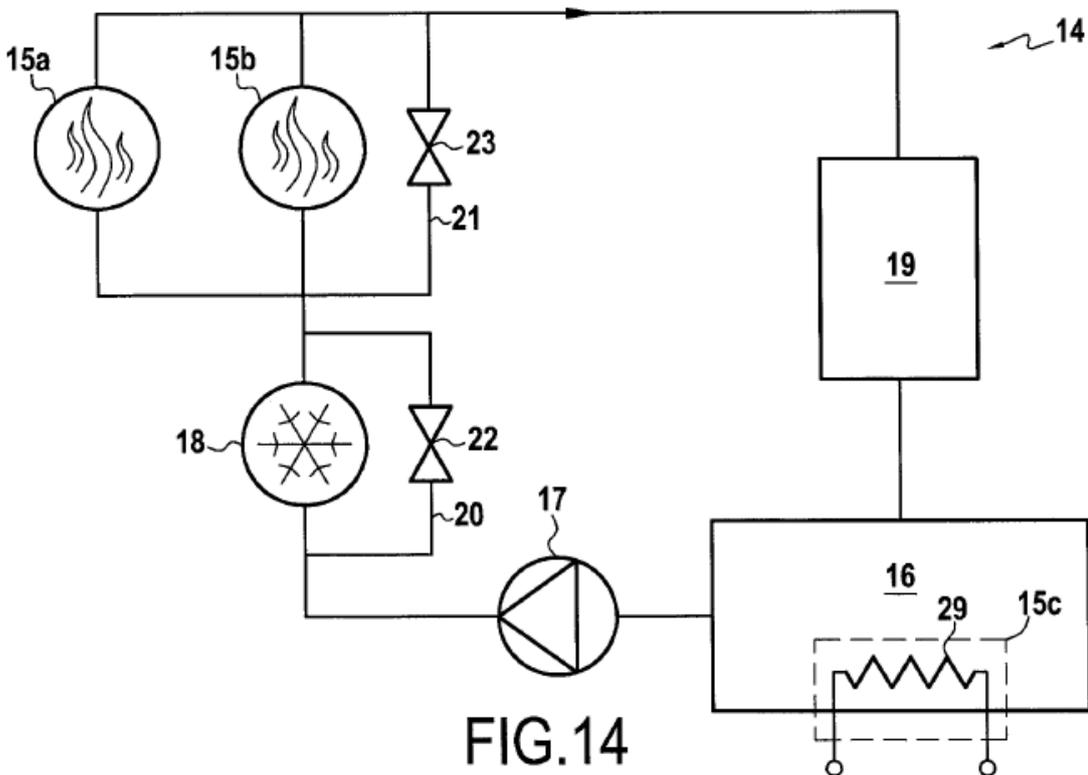


FIG.14

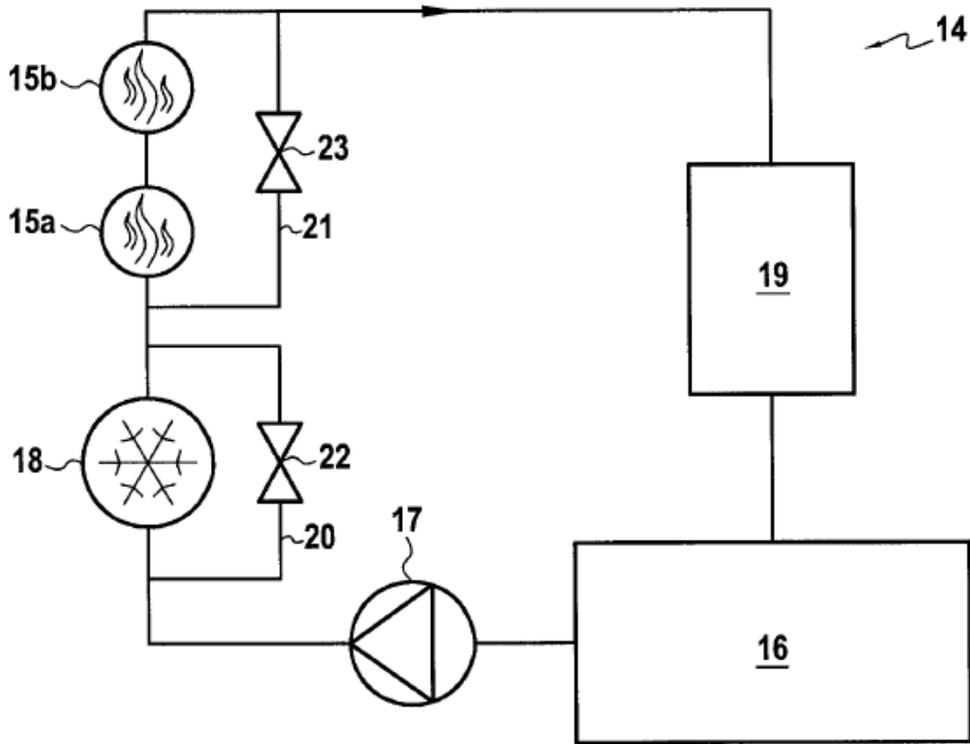


FIG.15

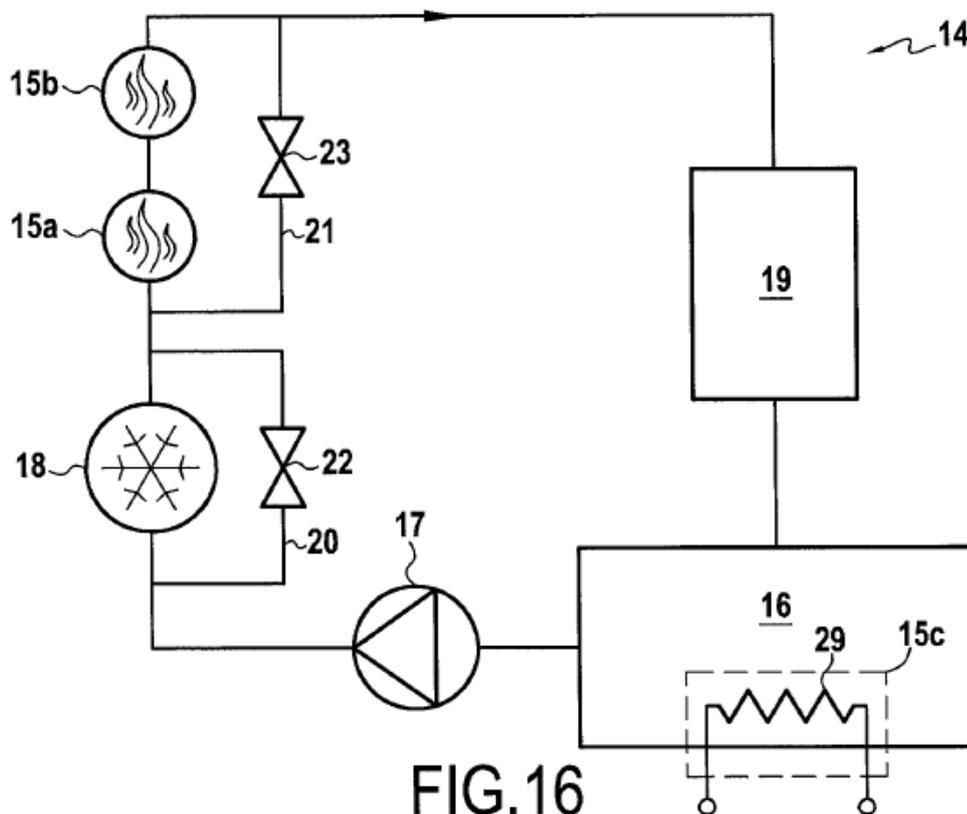


FIG.16