

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 206**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04 (2006.01)

F25B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2013 PCT/FR2013/052651**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014 WO2014076389**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2013 E 13795838 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2920834**

54 Título: **Instalación eléctrica con pila de combustible refrigerada que comprende una máquina térmica de absorción**

30 Prioridad:

16.11.2012 FR 1260914

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

15.06.2017

73 Titular/es:

**SNECMA (100.0%)
2 Bld du Général Martial Valin
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BOUDJEMAA, FABIEN y
HAFSAOUI, OMAR**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 617 206 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

Instalación eléctrica con pila de combustible refrigerada que comprende una máquina térmica de absorción

Campo de la invención

5 La presente invención tiene por objeto una instalación que comprende un módulo de potencia que suministra electricidad, liberando calor y que necesita ser refrigerado.

Más particularmente, la presente invención se refiere a una instalación que comprende un módulo de potencia que incluye al menos una pila de combustible dotada de un ánodo y de un cátodo y, al menos, un reformador que suministra hidrógeno al ánodo.

10 La instalación según la invención está adaptada particularmente para ser embarcada, principalmente a bordo de una aeronave tal como un avión.

Estado de la técnica anterior

Un módulo de potencia de ese tipo que libera calor debe ser refrigerado a fin de garantizar su buen funcionamiento. En particular, la pila de combustible debe ser mantenida a su temperatura de funcionamiento correcta.

15 Una instalación que comprende un módulo de potencia y un sistema de refrigeración de tal módulo de potencia es conocida. El sistema de refrigeración de una instalación tal comprende un bucle cerrado de circulación de un líquido que intercambia calor con el módulo de potencia, teniendo esto como efecto calentar dicho líquido. El líquido calentado es enfriado a continuación a su paso por un radiador acoplado a un ventilador que impulsa aire exterior. Este sistema de refrigeración incluye, igualmente, un bucle de evacuación del calor generado específicamente por la pila, integrado en ella. Así, como en el bucle cerrado de circulación de un líquido, el calor liberado específicamente
20 por la pila de combustible es extraído por un líquido que circula por dicha pila y es intercambiado a través de un radiador acoplado a un ventilador que impulsa aire exterior.

Tal sistema de refrigeración, que hace intervenir al menos un radiador acoplado a un ventilador para enfriar el líquido, es voluminoso. Esto tiene como efecto el hacer difícil su instalación en un sistema embarcado.

25 Asimismo, este sistema de refrigeración es poco eficaz y en consecuencia degrada el rendimiento del módulo de potencia.

Por otro lado, el rendimiento de este sistema de refrigeración es dependiente de la diferencia de temperatura entre el líquido precitado, de dicho bucle cerrado y de dicho bucle de evacuación, y el aire exterior impulsado por los ventiladores. En efecto, esta diferencia de temperatura puede estar, en ciertos casos, limitada principalmente en el caso en el que la instalación está situada en una zona caliente tal como un país caluroso por ejemplo.

30 Además, en esta instalación, el calor intercambiado entre el líquido del bucle cerrado de circulación y las zonas calientes del módulo se pierde y no puede ser utilizado como fuente de energía auxiliar. Es lo mismo para el calor generado específicamente por la pila de combustible intercambiado con dicho bucle de evacuación de calor generado específicamente por la pila de combustible.

35 Se conoce, asimismo, del documento de patente internacional WO 2007/114802, un máquina térmica de absorción insertada en un circuito de evacuación de calor específico de una pila de combustible.

Presentación de la invención

Un objetivo de la presente invención es remediar al menos sustancialmente los inconvenientes precitados.

La invención alcanza su objetivo proponiendo una instalación que comprende:

40 - un módulo de potencia que suministra electricidad y libera calor, comprendiendo el módulo de potencia al menos una pila de combustible dotada de un ánodo y de un cátodo, y al menos un reformador, estando alimentado el ánodo de hidrógeno por el reformador y estando alimentado el cátodo de oxígeno, comprendiendo la pila de combustible un bucle de evacuación de calor,

45 - una máquina térmica de absorción que incluye un primer hervidor, un condensador, un evaporador y un absorbedor, un circuito de intercambio térmico del primer hervidor que está insertado en el bucle de evacuación de calor de la pila de combustible para refrigerar ésta, y

50 - un circuito cerrado de circulación de un líquido, comprendiendo dicho circuito cerrado de circulación al menos un intercambiador de calor que incluye un circuito calentador acoplado térmicamente al módulo de potencia y un circuito calentado insertado en dicho circuito cerrado de circulación, intercambiando calor dicho circuito cerrado de circulación con dicho circuito de calentamiento, calentando así el líquido del circuito cerrado de circulación, y

- un circuito de intercambio térmico del evaporador que está insertado en dicho circuito cerrado de circulación de un líquido, siendo atravesado dicho circuito de intercambio térmico del evaporador por dicho líquido calentado del circuito cerrado de circulación después de su paso por el circuito calentado de dicho intercambiador, para enfriar este líquido calentado de dicho circuito de circulación.

5 Se comprende que la máquina térmica de absorción que comprende el primer hervidor, el condensador, el evaporador y el absorbedor, es conocida de por sí. El primer hervidor, el condensador, el evaporador y el absorbedor son intercambiadores de calor específicos, es decir que permiten transferir energía térmica (calor) de un fluido a otro.

10 Además, se comprende que "primer hervidor" significa que la máquina térmica de absorción no está limitada a un solo hervidor sino que puede comprender otro hervidor, por ejemplo, como se describe más abajo.

Esta máquina térmica de absorción funciona esencialmente gracias a la facultad de ciertos fluidos de absorber o desorber un vapor. Esta máquina utiliza, por tanto, como "fluidos de trabajo" una mezcla binaria en la cual uno de los fluidos es más volátil que el otro, siendo denominado éste "fluido criogénico".

15 Por otro lado, se comprende que el bucle de evacuación de calor de la pila de combustible incluye un fluido caloportador que extrae el calor generado específicamente por la pila de combustible durante su funcionamiento. Así, se comprende que el fluido caloportador que ha extraído el calor liberado por la pila de combustible atraviesa el circuito de intercambio térmico del primer hervidor de la máquina térmica de absorción cediendo el calor extraído a una mezcla de un fluido criogénico y de un absorbente contenida en el primer hervidor (en la presente memoria, se comprende por "circuito de intercambio térmico" un circuito en el cual circula un fluido que cede o absorbe calor).

20 Esto tiene como efecto hacer hervir o desorber una parte del fluido criogénico que es enviada al condensador para ser condensada por intercambio de calor con un fluido más frío que circula por un circuito de intercambio térmico del condensador, produciendo esto un fluido criogénico líquido. La mezcla concentrada en absorbente que queda en el primer hervidor alimenta al absorbedor.

25 El fluido criogénico líquido que sale del condensador para a continuación a un evaporador para ser vaporizado por intercambio de calor con un fluido más caliente que circula por el circuito de intercambio térmico del evaporador. Este vapor de fluido criogénico a la salida del evaporador pasa, a continuación, al absorbedor donde es absorbido por la mezcla concentrada en absorbente que viene del primer hervidor, que se carga entonces de fluido criogénico. El calor liberado por esta reacción exotérmica es transferido a un fluido que circula por un circuito de intercambio térmico del absorbedor. Se obtiene en el absorbedor una solución diluida en absorbente que alimenta a continuación al primer hervidor.

30 Estas disposiciones permiten refrigerar la pila de combustible y mantenerla a su temperatura de funcionamiento óptima.

En esta memoria, dicho intercambiador de calor, denominado en adelante "intercambiador", es conocido de por sí. Como se mencionó arriba, se trata de un dispositivo que permite transferir la energía térmica de un fluido a otro.

35 Se entiende aquí por "circuito calentador", un circuito en el cual circula un fluido caliente que cede energía térmica. Se entiende entonces, aquí, por "circuito calentado", un circuito por el cual circula un fluido frío que recibe la energía térmica de dicho fluido caliente que circula por el circuito calentador.

40 Asimismo, se entiende aquí por "acoplado térmicamente" que el circuito calentador está integrado en un circuito de fluido caliente que dimana del módulo de potencia, tal como un fluido de alimentación de la pila y/o del reformador o bien un fluido de evacuación de la pila y/o del reformador, etc., y que el fluido caliente atraviesa el circuito calentador.

45 Se comprende, entonces, que el fluido caliente que circula por el circuito calentador de dicho intercambiador transfiere calor al líquido del circuito cerrado de circulación que circula por el circuito calentado de dicho intercambiador. Esto tiene como efecto enfriar el fluido caliente que dimana del módulo de potencia y calentar el líquido del circuito cerrado de circulación, denominado en adelante "líquido calentado del circuito cerrado de circulación".

50 Se comprende, asimismo, que el líquido calentado del circuito cerrado de circulación constituye el líquido más caliente precisado que circula por el circuito de intercambio térmico del evaporador. Así, se comprende que este líquido calentado que circula por el circuito de intercambio térmico del evaporador va a ceder calor al fluido criogénico contenido en el evaporador y que viene del condensador. A la salida del circuito de intercambio térmico del evaporador, el líquido del circuito cerrado de circulación está, entonces, más frío y es reenviado hacia el circuito calentado de dicho intercambiador de calor para intercambiar calor con dicho circuito calentador de dicho intercambiador.

Gracias a estas disposiciones, se refrigera el módulo de potencia a fin de asegurar su buen funcionamiento.

Asimismo, estas disposiciones minimizan el tamaño y el peso de la instalación.

5 Estas disposiciones permiten, igualmente, disipar una potencia térmica mayor con respecto a la instalación de la técnica anterior en la cual se utilizaba un radiador acoplado a un ventilador que impulsa aire para enfriar el fluido que circula por el bucle de evacuación de calor generado específicamente por la pila. Esto es debido al hecho de que en una máquina térmica de absorción el fluido criogénico circula por un circuito cerrado en donde el calor latente del fluido criogénico (cantidad de calor intercambiado durante un cambio de estado del fluido criogénico) es utilizado para el funcionamiento de la máquina térmica de absorción. En efecto, un fluido capta más energía térmica por unidad de masa cuando cambia de estado que cuando eleva su temperatura por calor sensible (intercambia energía térmica sin cambio de fase del fluido), como es el caso en la instalación de la técnica anterior en la cual el calor generado específicamente por la pila es intercambiado con el aire impulsado por un ventilador.

10 Asimismo, gracias a estas disposiciones, la instalación está menos sometida a las temperaturas exteriores con respecto a dicho dispositivo de la técnica anterior que comprende un radiador acoplado a un ventilador que impulsa aire. En efecto, dependiendo el funcionamiento de la máquina térmica de absorción principalmente de la energía térmica que se aporta al absorbedor, las condiciones exteriores influyen poco o nada en su rendimiento.

15 Además, en la instalación según la invención, el líquido del circuito cerrado de circulación circula por un circuito cerrado y es enfriado por transferencia de calor al evaporador después de su paso por el circuito calentado de dicho intercambiador. La refrigeración del líquido del circuito cerrado de circulación no depende, pues, de las condiciones exteriores.

Así, la instalación según la invención se hace autónoma frente a su entorno.

20 Por fin, gracias a estas disposiciones, se optimiza el rendimiento energético del módulo de potencia (cogeneración electricidad-calor) ya que el calor generado por el módulo de potencia es utilizado para el funcionamiento de la máquina térmica de absorción. Se utiliza, por tanto, esta energía térmica para enfriar el líquido del circuito cerrado de circulación después de su paso por el circuito calentado de dicho intercambiador. Este líquido enfriado alimenta a continuación al circuito calentado de dicho intercambiador para intercambiar calor con el circuito calentador de dicho intercambiador.

25 Asimismo, el condensador de la máquina térmica de absorción comprende un circuito de intercambio térmico que está insertado en un circuito de alimentación de aire al cátodo y/o al reformador, para calentar este aire.

30 Se comprende que el fluido más frío precitado que circula por el circuito de intercambio térmico del condensador es el aire. Este aire viene, por ejemplo, del ambiente exterior y absorbe el calor de los vapores de fluido criogénico, teniendo esto como efecto calentar el aire.

Gracias a estas disposiciones, se recupera energía térmica para calentar el aire que alimenta al cátodo así como al reformador y, en particular, al quemador de dicho reformador.

35 En ciertos modos de realización, el absorbedor de la máquina térmica de absorción comprende un circuito de intercambio térmico que está insertado en un circuito de alimentación de agua al reformador, para calentar esta agua.

40 Se comprende que, para funcionar, el reformador necesita ser alimentado de agua, preferiblemente de agua caliente o de vapor de agua. En efecto, en este ejemplo, el reformador efectúa un reformado por vapor que consiste en una reacción catalítica a alta temperatura (alrededor de 800 °C) entre un carburante y el agua, que permite producir un gas rico en hidrógeno. Esta reacción está seguida, generalmente, por una segunda reacción catalítica, a saber, la reacción de gas con el agua, que convierte el monóxido de carbono y el agua en hidrógeno y dióxido de carbono.

Así, el fluido precitado que circula por el circuito de intercambio térmico del absorbedor es agua, agua fría en este ejemplo. El agua fría, al vaporizarse, "capta", por transferencia térmica, el calor de los vapores de fluido criogénico que salen del evaporador y son inyectados en el absorbedor. El agua así vaporizada alimenta al reformador.

45 En ciertos modos de realización, la máquina térmica de absorción es una máquina térmica de absorción de doble efecto, comprendiendo dicha máquina térmica de absorción a doble efecto un segundo hervidor.

Esta máquina térmica de absorción de doble efecto se conoce de por sí.

50 Esta máquina térmica de absorción de doble efecto que comprende el segundo hervidor difiere de la máquina térmica de absorción que comprende solamente el primer hervidor en que el segundo hervidor está alimentado por la mezcla concentrada en absorbente que queda en el primer hervidor y en que el vapor de fluido criogénico que sale del primer hervidor atraviesa un circuito de intercambio térmico de dicho segundo hervidor. Así, el vapor de fluido criogénico que sale del primer hervidor intercambia calor con la mezcla concentrada en absorbente procedente del primer hervidor. Esto tiene como efecto hacer hervir o desorber el resto de fluido criogénico de la mezcla concentrada en absorbente procedente del primer hervidor. El vapor de fluido criogénico así generado en el segundo hervidor alimenta el condensador. Esto tiene como efecto, igualmente, condensar el vapor de fluido criogénico

procedente del primer hervidor que atraviesa el circuito de intercambio térmico del segundo hervidor. El líquido de fluido criogénico así obtenido a la salida del circuito de intercambio térmico del segundo hervidor es expansionado antes de alimentar el condensador. Asimismo, la solución concentrada en absorbente que queda en el segundo hervidor alimenta al absorbedor.

- 5 Esta disposición permite utilizar dos veces el calor liberado por el funcionamiento de la pila de combustible. Se comprende, entonces, que esta disposición permite optimizar el rendimiento energético del módulo de potencia. En efecto, esta máquina térmica de absorción de doble efecto permite obtener un Coeficiente de Rendimiento (COP) superior a 1.
- 10 En ciertos modos de realización, el circuito calentador de un intercambiador de calor tal está conectado a un circuito de evacuación de gases de un quemador del reformador. Por ejemplo, este intercambiador de calor es un condensador.
- En la presente memoria, el condensador es conocido de por sí y constituye un intercambiador de calor que permite condensar un gas y recuperar un líquido de condensado correspondiente. En el ejemplo, el líquido es agua.
- 15 Se comprende que el quemador del reformador emite gases quemados calientes de combustión. Estos gases calientes de combustión circulan en el circuito calentador del intercambiador e intercambian calor con el líquido del circuito cerrado de circulación que circula por el circuito calentado del intercambiador, calentando así dicho líquido. Este líquido calentado del circuito cerrado de circulación alimenta a continuación al circuito de intercambio térmico del evaporador y sale enfriado de dicho circuito de intercambio térmico del evaporador.
- 20 Además, en la presente memoria, efectuando el reformador un reformado por vapor, el agua contenida en estos gases quemados es recuperada con el fin de ser reinyectada en el reformador.
- En ciertos modos de realización, el circuito calentador de un intercambiador de calor tal está conectado a un circuito de alimentación anódico, entre el reformador y el ánodo. En una variante, un intercambiador de calor tal es un condensador.
- 25 Se comprende que el reformador produce un gas caliente, rico en hidrógeno. Así, a fin de no dañar la pila de combustible, este gas rico en hidrógeno debe ser enfriado y el agua que contiene debe ser eliminada antes de alimentar al ánodo. Para hacer esto, este gas rico en hidrógeno atraviesa el circuito calentador del intercambiador para intercambiar calor con el líquido del circuito cerrado de circulación que circula por el circuito calentado del intercambiador y condensar el agua que contiene, calentando así dicho líquido del circuito cerrado de circulación.
- 30 Este líquido calentado del circuito cerrado de circulación alimenta a continuación al circuito de intercambio térmico del evaporador y sale enfriado de dicho circuito de intercambio térmico del evaporador. Por otro lado, el agua condensada es retornada, como anteriormente, al reformador.
- En ciertos modos de realización, el circuito calentador de un intercambiador de calor tal está conectado a un circuito de evacuación de fluido anódico, conectado al ánodo. En una variante, un intercambiador de calor tal es un condensador.
- 35 Se comprende que el gas evacuado al ánodo pasa por el circuito calentador del intercambiador para intercambiar calor con el líquido del circuito cerrado de circulación que circular por en el circuito calentado de dicho intercambiador, calentando así dicho líquido. Este líquido calentado del circuito cerrado de circulación alimenta a continuación al circuito de intercambio térmico del evaporador y sale enfriado de dicho circuito de intercambio térmico del evaporador. Asimismo, el agua de este gas es recuperada para alimentar al reformador.
- 40 En ciertos modos de realización, el circuito calentador de un intercambiador de calor tal está conectado a un circuito de evacuación de fluido catódico conectado al cátodo. En una variante, un intercambiador de calor tal es un condensador.
- Se comprende que el gas evacuado del cátodo pasa por el circuito calentador del intercambiador para intercambiar calor con el líquido del circuito cerrado de circulación que circula por el circuito calentado del intercambiador, calentando así dicho líquido. Este líquido calentado del circuito cerrado de circulación alimenta a continuación al circuito de intercambio térmico del evaporador y sale enfriado de dicho circuito de intercambio térmico del evaporador. Asimismo, el agua de este gas es recuperada para alimentar al reformador.
- 45 En ciertos modos de realización, un líquido de condensado recuperado en un condensador tal alimenta al reformador a través de un circuito de condensado.
- 50 Como se mencionó anteriormente, el reformador efectúa un reformado por vapor que necesita una alimentación de agua. Se comprende entonces que el agua recuperada en el o en cada condensador constituye el condensado y alimenta al reformador.
- En ciertos modos de realización, la pila de combustible es una pila de combustible con membrana de intercambio de protones a alta temperatura.

Este tipo de pila de combustible presenta la ventaja de aceptar un gas rico en hidrógeno, producido por un reformador, para alimentar su ánodo y el oxígeno procedente del aire exterior para alimentar su cátodo.

Asimismo, este tipo de pila es propicia para a cogeneración. En efecto, durante su funcionamiento nominal, suministra casi tanta potencia térmica como eléctrica.

5 En ciertos modos de realización, la instalación es embarcada.

La invención se refiere, igualmente, a una aeronave que comprende la instalación tal como la descrita anteriormente.

Varios modos de realización se describen en la presente memoria. No obstante, salvo precisión en contrario, las características descritas en relación con un modo de realización cualquiera pueden aplicarse a otro modo de realización.

10 Breve descripción de los dibujos

La invención y sus ventajas se comprenderán mejor con la lectura de la descripción detallada que se hace a continuación de un modo de realización de la invención dado a título de ejemplo no limitativo. Esta descripción hace referencia a la figura única anexa, en la cual:

15 - la única figura representa una vista esquemática de una instalación con un módulo de potencia según la invención.

Descripción detallada de ejemplos de realización

La figura única ilustra una instalación 100 que comprende esencialmente un módulo de potencia que libera calor y un circuito cerrado de circulación 10 de un líquido, denominado en adelante "circuito cerrado de circulación 10". En este ejemplo, el líquido del circuito cerrado de circulación 10 es agua.

20 En la presente memoria, la instalación 100 está embarcada en una aeronave tal como un avión. Así, el agua del circuito cerrado de circulación 10 viene, en este ejemplo, de una reserva de agua del avión.

25 El módulo de potencia comprende una pila de combustible 12 dotada de un ánodo 12a y de un cátodo 12b. El módulo de potencia comprende, igualmente, un reformador 14 dotado de un quemador 14a, que produce un gas caliente rico en hidrógeno. En el ejemplo, el reformador 14 efectúa un reformado por vapor consistente en una reacción catalítica a alta temperatura (alrededor de 800 °C) entre un carburante y agua, produciendo un gas rico en hidrógeno. Esta reacción está seguida, generalmente, por una segunda reacción catalítica, a saber, la reacción de gas con el agua, que convierte el monóxido de carbono y el agua en hidrógeno y dióxido de carbono. Gases calientes de combustión que resultan de estas reacciones, y se denominan en lo que sigue de la presente memoria "gases quemados", son expulsados por el quemador fuera del avión por una salida S1, después de haber
30 atravesado un circuito de evacuación 15 de los gases del quemador.

35 Asimismo, en este ejemplo, la pila de combustible 12 es una pila de combustible de membrana de intercambio de protones a alta temperatura que suministra, en funcionamiento nominal, casi tanta potencia térmica como eléctrica. Este tipo de pila 12 presenta la ventaja de aceptar una alimentación anódica de un gas rico en hidrógeno producido por el reformador 14, a través de un circuito de alimentación anódica 16 que conecta una salida del reformador 14 a una entrada del ánodo 12a. Este tipo de pila 12 acepta, asimismo, una alimentación catódica de oxígeno a partir del aire exterior.

Este aire exterior es extraído por vía de un circuito de alimentación 18 de aire al cátodo 12b y del quemador 14a del reformador 14. Por otro lado, este circuito de alimentación 18 alimenta, igualmente, al reformador 14, y más precisamente, a su quemador 14a.

40 Un circuito de evacuación 20 de los gases anódicos, es decir los gases que salen del ánodo 12a, conecta una salida del ánodo 12a con el exterior del avión por una salida S2, para el escape de dichos gases. Asimismo, un circuito de evacuación 22 de los gases catódicos, es decir los gases que salen del cátodo 12b, conecta una salida del cátodo 12b con el exterior del avión para el escape de estos gases por una salida S3.

45 La pila de combustible 12 comprende un bucle 24 de evacuación de calor generado por el funcionamiento de dicha pila 12. Aquí, un fluido caloportador circula por dicho bucle 24 y extrae el calor generado por el funcionamiento de la pila de combustible.

La instalación 100 comprende, asimismo, cuatro intercambiadores de calor 26, 28, 30, 32 que son, en este ejemplo, condensadores. En una variante, la instalación 100 podría comprender más o menos intercambiadores y/o condensadores.

50 Cada condensador 26, 28, 30, 32 comprende un circuito calentador 26a, 28a, 30a, 32a, acoplado térmicamente al módulo de potencia, es decir, que el circuito calentador está integrado en un circuito de fluido caliente que dimana del módulo de potencia, tal como un fluido de alimentación de la pila 12 o bien un fluido de evacuación de la pila 12

y/o del reformador 14, etc. Así, los circuitos calentadores 26a, 28a, 30a, 32a, están conectados, respectivamente, al circuito de evacuación 15 de los gases quemados del quemador 14a, al circuito de alimentación anódica 16, al circuito de evacuación 20 de los gases anódicos y al circuito de evacuación 22 de los gases catódicos.

5 Por otro lado, cada condensador 26, 28, 30, 32 comprende, respectivamente, un circuito calentado 26b, 28b, 30b, 32b, insertado en el circuito cerrado de circulación 10 de agua. Se entiende por "insertado" que el agua del circuito cerrado de circulación 10 circula por cada circuito calentado 26b, 28b, 30b, 32b. Asimismo, los circuitos calentados 26b, 28b, 30b, 32b, están insertados en paralelo los unos con respecto a los otros en el circuito cerrado de circulación 10 de agua entre una primera conducción 10a de agua y una segunda conducción 10b de agua de dicho circuito cerrado de circulación 10.

10 Además, cada condensador 26, 28, 30, 32 comprende un depósito 26c, 28c, 30c, 32c, de agua condensada. Esta agua condensada recuperada es inyectada al reformador 14 por vía de un circuito 36 de condensado.

15 A fin de regular la temperatura interna de la pila de combustible 12, y asegurar pues su buen funcionamiento, ésta debe ser refrigerada. En este ejemplo, siendo la pila 12 del tipo de membrana de intercambio de protones a alta temperatura, su temperatura debe ser mantenida en la proximidad de 170 °C. Para hacer esto, la instalación comprende una máquina térmica de absorción 40, de doble efecto, en este ejemplo. Esta máquina térmica de absorción 40 de doble efecto es conocida de por sí y se denomina en adelante "máquina térmica".

La estructura de la máquina térmica 40 va a describirse en la parte siguiente de la descripción. Los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" están definidos con respecto al sentido normal de circulación de un fluido criogénico y/o de un absorbente en una máquina térmica de absorción.

20 Ella incluye, esencialmente, un primer hervidor 42 que comprende una mezcla de un fluido criogénico y de un absorbente. El fluido criogénico es, en este ejemplo, agua y el absorbente, bromuro de litio. Esta mezcla contenida en el primer hervidor 42 se denomina en adelante "mezcla diluida".

La máquina térmica 40 incluye, asimismo, un segundo hervidor 44, un condensador 46, un evaporador 48 y un absorbedor 50.

25 Además, en esta máquina térmica de absorción 40:

- un circuito de intercambio térmico 42a del primer hervidor 42 está insertado en el bucle 24 de evacuación de calor de la pila de combustible 12,

- un primer circuito 52 de criogénico que comprende tres subcircuitos 52a, 52b, 52c, conecta el primer hervidor 42 al condensador 46,

30 - un circuito de intercambio térmico 44a del segundo hervidor 44 está insertado en dicho primer circuito 52 de criogénico,

- un primer expansor 54 está insertado en el primer circuito 52 de criogénico, aguas abajo del circuito de intercambio térmico 44a del segundo hervidor 44 y aguas arriba del condensador 46,

- un segundo circuito 56 de criogénico conecta el segundo hervidor 44 al condensador 46,

35 - un circuito de alimentación 58 al segundo hervidor 44 conecta el primer hervidor 42 al segundo hervidor 44,

- un circuito de intercambio térmico 46a del condensador 46 está insertado en un circuito de alimentación 18 de aire al cátodo y al quemador 14a del reformador 14,

- un tercer circuito 62 de criogénico conecta el condensador 46 con el evaporador 48,

40 - un segundo expansor 64 está insertado en el tercer circuito 62 de criogénico, aguas abajo del condensador 46 y aguas arriba del evaporador 48,

- un circuito de intercambio térmico 48a del evaporador 48 está insertado en el circuito cerrado de circulación 10 de agua, aguas abajo del circuito calentado 26b, 28b, 30b, 32b de cada intercambiador 26, 28, 30, 32,

45 - un cuarto circuito 66 de criogénico conecta el evaporador 48 con el absorbedor 50,

- un circuito de intercambio térmico 50a del absorbedor 50 está insertado en un circuito de alimentación 68 de agua al reformador 14, tomando su fuente este circuito 68, en este ejemplo, en una reserva de agua fría,

- un circuito de alimentación 70 de mezcla concentrada en absorbente conecta el segundo hervidor 44 al absorbedor 50,

- un circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42 conecta el absorbedor 50 al primer hervidor 42 por medio de una bomba 74, conectada al circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42, aguas abajo del absorbedor 50 y aguas arriba del primer hervidor 42.

5 Esta máquina térmica 40 comprende, asimismo, un primer intercambiador de calor 76 que incluye un primer circuito de intercambio térmico 76a insertado en el circuito 70 de mezcla concentrada en absorbente y un segundo circuito de intercambio térmico 76b insertado en el circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42.

La máquina térmica 40 comprende, igualmente, un segundo intercambiador de calor 78 que incluye un primer circuito de intercambio térmico 78a insertado en el circuito de alimentación 58 al segundo hervidor 44 y un segundo circuito de intercambio térmico 78b insertado en el circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42.

10 El funcionamiento de la instalación 100 según la invención va a ser descrito a continuación.

A fin de recuperar agua para alimentar el reformador 14, el circuito calentador 26a del condensador 26 de los gases quemados está conectado al circuito de evacuación 15 de los gases del quemador 14a. Los gases quemados emitidos por el quemador 14a atraviesan dicho circuito calentador 26a e intercambian su calor con el circuito calentado 32b del condensador 26 de los gases quemados en el cual circula el agua del circuito cerrado de circulación 10. Por otro lado, el agua condensada contenida en los gases quemados es recuperada en el depósito 26c de dicho condensador 26 de los gases quemados y alimentada al reformador 14 por el circuito 36 de condensado.

Lo mismo que anteriormente, se recupera el agua del gas caliente, rico en hidrógeno, que sale del reformador 14 por el circuito de alimentación anódica 16 para reinyectarla en el reformador 14. Además, este gas rico en hidrógeno que sale del del reformador 14 debe ser enfriado y deshidratado antes de alimentar al ánodo 12a. Desde este punto de vista, el circuito calentador 28a del condensador pre-anódico 28 está conectado al circuito de alimentación anódica 16. Así, el gas rico en hidrógeno que sale del reformador 14 pasa por el circuito calentador 28a del condensador pre-anódico 28 e intercambia calor con el circuito calentado 28b de dicho condensador 28 por el cual circula el agua del circuito cerrado de circulación 10. El agua de condensación recuperada en el depósito 28c del condensador pre-anódico 28 es inyectada en el reformador 14 por el circuito 36 de condensado.

Se recupera igualmente el agua contenida en los gases evacuados del ánodo 12a. Para hacer esto, el circuito calentador 30a del condensador post-anódico 30 está conectado al circuito de evacuación 20 de los gases anódicos. El fluido caliente que sale del ánodo 12a pasa por el circuito calentador 30b del condensador post-anódico 30 e intercambia calor con el circuito calentado 30b del condensador post-anódico 30 en el cual circula el agua del circuito cerrado de circulación. Como anteriormente, el agua condensada recuperada en el depósito 30c del condensador post-anódico 30 es inyectada al reformador 14 por el circuito 36 de condensado.

Por fin, se recupera el agua contenida en los gases evacuados del cátodo 12b. Así, el circuito calentador 32a del condensador post-catódico 32 está conectado al circuito de evacuación 22 de los gases catódicos. El fluido caliente que sale del cátodo 12b atraviesa el circuito calentador 38a del condensador post-catódico 32 e intercambia calor con el circuito calentado 38b del condensador post-catódico 32 en el cual circula el agua del circuito cerrado de circulación. El agua de condensación recuperada en el depósito 32c de dicho condensador post-catódico 32 es enviada hacia el reformador 14 por el circuito 36 de condensado.

Así, se comprende que el agua del circuito cerrado de circulación 10 que sale de cada circuito calentado, 26b, 28b, 30b, 32b está calentada y se denomina en adelante "agua caliente".

40 Por otro lado, como se mencionó anteriormente, la pila de combustible 12 debe ser refrigerada.

Para hacer esto, el circuito de intercambio térmico 42a del primer hervidor 42 está insertado en el bucle 24 de evacuación de calor de la pila de combustible 12.

Así, el fluido caloportador de dicho bucle 24, que ha extraído el calor generado por el funcionamiento de la pila de combustible 12, intercambia este calor con la mezcla de fluido criogénico y de absorbente (denominada "mezcla diluida" en lo que sigue) contenida en el primer hervidor 42.

Esto tiene, entonces, como efecto hacer hervir o desorber una parte del fluido criogénico de la mezcla diluida contenida en el primer hervidor 42- La mezcla que queda en el primer hervidor 42 que ha "perdido" agua, se denomina "mezcla concentrada en absorbente de primer hervidor 42".

50 Esta mezcla concentrada en absorbente del primer hervidor 42 alimenta al segundo hervidor 44 por el circuito de alimentación 58 al segundo hervidor 44. Asimismo, dicho vapor de fluido criogénico generado en el primer hervidor 42 atraviesa el primer subcircuito 52a del primer circuito 52 de criogénico y atraviesa el circuito de intercambio térmico 44a del segundo hervidor 44. En consecuencia, este vapor de fluido criogénico que atraviesa el circuito de intercambio térmico 44a del segundo hervidor 44 intercambia calor con la mezcla concentrada en absorbente de primer hervidor 42, contenida en el segundo hervidor 44.

Esto tiene como efecto hacer hervir o desorber el fluido criogénico líquido restante, contenido en esta mezcla concentrada en absorbente procedente del primer hervidor 42 y contenida en el segundo hervidor 44.

5 El vapor de fluido criogénico generado en el segundo hervidor 44 alimenta al condensador 46 por el segundo circuito 56 de criogénico para alimentar al condensador 46. Asimismo, el vapor de fluido criogénico procedente del primer hervidor 42 sale condensado del circuito de intercambio térmico 44a del segundo hervidor 44.

El fluido criogénico así generado atraviesa el segundo subcircuito 52b del primer circuito 52 de criogénico y es expandido por el primer expansor 54.

El vapor de fluido criogénico así generado atraviesa el tercer subcircuito 52c del primer circuito 52 de criogénico para alimentar al condensador 46.

10 La mezcla que queda en el segundo hervidor 44, que es pobre en criogénico, se denomina en lo que sigue de la descripción "mezcla concentrada en absorbente de segundo hervidor 44". Esta mezcla concentrada en absorbente de segundo hervidor 44 alimenta al absorbedor 50 a través del circuito de alimentación 70 de mezcla concentrada en absorbente.

15 El vapor de fluido criogénico contenido en el condensador 46 procedente del tercer subcircuito 52b, es condensado por intercambio de calor con el circuito de intercambio térmico 46a del condensador 46 insertado en el circuito 18 de alimentación de aire al cátodo 12b y al quemador 14a del reformador 14. Estando el aire más frío que dicho vapor de fluido criogénico, este último transfiere el calor que contiene al aire, generando este aire caliente. Este aire caliente, que sale del circuito de intercambio térmico 46a del condensador, alimenta al cátodo 12b de la pila de combustible 12 y al quemador 14a del reformador 14.

20 Por otro lado, el fluido criogénico líquido formado en el condensador 46 sale de dicho condensador 46 por el tercer circuito 62 de criogénico y alimenta al evaporador 48, después de haber sufrido un laminado a través del segundo expansor 64. El laminado tiene como efecto bajar la presión del fluido criogénico líquido.

25 Asimismo, como se mencionó anteriormente, el circuito de intercambio térmico 48a del evaporador 48 está insertado en el circuito cerrado de circulación 10 de agua aguas abajo de la salida del circuito calentado 26b, 28b, 30b, 32b de cada intercambiador 26, 28, 30, 32. Así, el agua del circuito cerrado de circulación 10 que sale del circuito calentado 26b, 28b, 30b, 32b de cada uno de los intercambiadores 26, 28, 30, 32 atraviesa el circuito de intercambio térmico 48a del evaporador 48. Siendo esta agua caliente del circuito cerrado de circulación 10 más caliente que el fluido criogénico contenido en el evaporador 48, por el tercer circuito 62 de criogénico, dicha agua caliente del circuito cerrado de circulación 10 transfiere calor al fluido criogénico líquido contenido en el evaporador 48.

30 Esto tiene como efecto vaporizar el fluido criogénico contenido en el evaporador y enfriar el agua caliente del circuito cerrado de circulación, esta agua enfriada del circuito cerrado de circulación se denomina en lo que sigue de la presente memoria "agua fría". El agua fría alimenta a continuación al circuito calentador 26a, 28a, 30a, 32a de cada condensador 26, 28, 30, 32 para que intercambie térmicamente con el circuito calentado 26b, 28b, 30b, 32b de cada condensador 26, 28, 30, 32.

35 Después, este vapor de fluido criogénico generado en el evaporador 48 atraviesa el cuarto circuito 66 de vapor de fluido criogénico para alimentar al absorbedor 50.

40 Estando insertado el circuito de intercambio térmico 50a del absorbedor 50 en el circuito de alimentación 68 de agua al reformador 14, esta agua fría capta, al vaporizarse, el calor emitido por la absorción del vapor de fluido criogénico procedente del evaporador 48. Esto tiene, entonces, como efecto condensar este vapor de fluido criogénico que se mezcla con la mezcla concentrada en absorbente de segundo hervidor 44, procedente de dicho segundo hervidor 44 por el circuito de alimentación 70 de mezcla concentrada en absorbente. Esta mezcla obtenida en el absorbedor 50 constituye la mezcla diluida en absorbente y alimenta al primer hervidor 42 a través del circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42 por medio de la bomba 74.

45 Por otro lado, el primer circuito 76a del primer intercambiador de calor 76, insertado en el circuito 70 de mezcla concentrada en absorbente, absorbe el calor de esta mezcla y la transfiere a su segundo circuito 76b insertado en el circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42.

Lo mismo, el primer circuito 78a del segundo intercambiador 78 insertado en el circuito de alimentación 58 al segundo hervidor 44 capta el calor de la mezcla concentrada en absorbente de primer hervidor 42 y lo transfiere a su segundo circuito 78b insertado en el circuito de alimentación 72 al primer hervidor 42.

50 El primer y el segundo intercambiadores de calor 76, 78, tienen por función reducir la cantidad de calor que debe ser evacuada en el absorbedor 50.

Así, gracias a la instalación según la invención, para 100 kW de potencia frigorífica disponibles, se utilizarán alrededor de 40 kW para recuperar el agua contenida en los gases que salen del cátodo, alrededor de 30 kW para recuperar el agua contenida en el gas rico en hidrógeno que alimenta al ánodo, alrededor de 25 kW para recuperar

el agua contenida en los gases calientes de combustión y alrededor de 5 kW para recuperar el agua contenida en los gases que salen del ánodo.

5 Aunque la presente invención haya sido descrita haciendo referencia a un ejemplo de realización específico, es evidente que pueden efectuarse modificaciones y cambios sobre este ejemplo sin salir del alcance general de la invención tal como se define por las reivindicaciones. En particular, características individuales del modo de realización ilustrado/mencionado pueden ser combinadas en modos de realización adicionales. En consecuencia, la descripción y el dibujo deben ser considerados en un sentido ilustrativo en vez de restrictivo.

REIVINDICACIONES

1. Instalación (100) que comprende:

- 5 - un módulo de potencia que suministra electricidad y libera calor, comprendiendo el módulo de potencia al menos una pila de combustible (12) dotada de un ánodo (12a) y de un cátodo (12b), y al menos un reformador (14), estando alimentado el ánodo (12b) de hidrógeno por el reformador (14) y estando alimentado el cátodo (12b) de oxígeno, comprendiendo la pila de combustible (12) un bucle (24) de evacuación de calor,
- una máquina térmica de absorción (40) que incluye un primer hervidor (42), un condensador (46), un evaporador (48) y un absorbedor (50), un circuito de intercambio térmico (42a) del primer hervidor (42) que está insertado en el bucle (24) de evacuación de calor de la pila de combustible (12) para refrigerar ésta, y
- 10 - un circuito cerrado de circulación (10) de un líquido, comprendiendo dicho circuito cerrado de circulación (10) al menos un intercambiador de calor (26, 28, 30, 32) que incluye un circuito calentador(26a, 28a, 30a, 32a) acoplado térmicamente al módulo de potencia y un circuito calentado (26b, 28b, 30b, 32b) insertado en dicho circuito cerrado de circulación (10), intercambiando dicho circuito cerrado de circulación (10) calor con dicho circuito calentador(26a, 28a, 30a, 32a), calentando así el líquido del circuito cerrado de circulación (10), y en la
- 15 cual un circuito de intercambio térmico (48a) del evaporador (48) está insertado en dicho circuito cerrado de circulación (10) de un líquido, siendo atravesado dicho circuito de intercambio térmico (48a) del evaporador (48) por dicho líquido calentado del circuito cerrado de circulación (10) después de su paso por el circuito calentado (26b, 28b, 30b, 32b) de dicho intercambiador (26, 28, 30, 32), para enfriar este líquido calentado de dicho circuito de circulación (10),
- 20 estando caracterizada la instalación (100) por que el condensador (46) de la máquina térmica de absorción (40) comprende un circuito de intercambio térmico (46a) que está insertado en un circuito de alimentación (18) de aire al cátodo (12b) y/o al reformador (14), para calentar este aire.
- 25 2. Instalación (100) según la reivindicación 1, caracterizada por que el absorbedor de la máquina térmica de absorción (40) comprende un circuito de intercambio térmico (50a) que está insertado en un circuito de alimentación (68) de agua al reformador (14), para calentar esta agua.
- 3. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizada por que la máquina térmica de absorción (40) es una máquina térmica de absorción de doble efecto, comprendiendo dicha máquina térmica de absorción de doble efecto un segundo hervidor (44).
- 30 4. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el circuito calentador (26a) de tal intercambiador de calor (26) está conectado a un circuito de evacuación (15) de los gases de un quemador (14a) del reformador (14).
- 5. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que el circuito calentador (28a) de tal intercambiador de calor (28) está conectado a un circuito de alimentación anódica (16), entre el
- 35 reformador (14) y el ánodo (12a).
- 6. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que el circuito calentador (30a) de tal intercambiador de calor (30) está conectado a un circuito de evacuación (20) de fluido anódico conectado al ánodo (12a).
- 7. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que el circuito calentador (32a) de tal intercambiador de calor (32) está conectado a un circuito de evacuación (22) de fluido catódico conectado al cátodo (12b).
- 40 8. Instalación (100) según la reivindicación 4, caracterizada por que el intercambiador de calor (26) precitado es un condensador.
- 9. Instalación (100) según la reivindicación 5, caracterizada por que el intercambiador de calor (28) precitado es un
- 45 condensador.
- 10. Instalación (100) según la reivindicación 6, caracterizada por que el intercambiador de calor (30) precitado es un condensador.
- 11. Instalación (100) según la reivindicación 7, caracterizada por que el intercambiador de calor (32) precitado es un condensador.
- 50 12. Instalación (100) según la reivindicación 2 y una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizada por que un líquido de condensado recuperado en tal condensador (26, 28, 30, 32) alimenta al reformador (14) a través de un circuito (36) de condensado.

13. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada por que la pila de combustible (12) es una pila de combustible de membrana de intercambio de protones a alta temperatura.

14. Instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada por que está embarcada.

5 15. Aeronave que comprende la instalación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

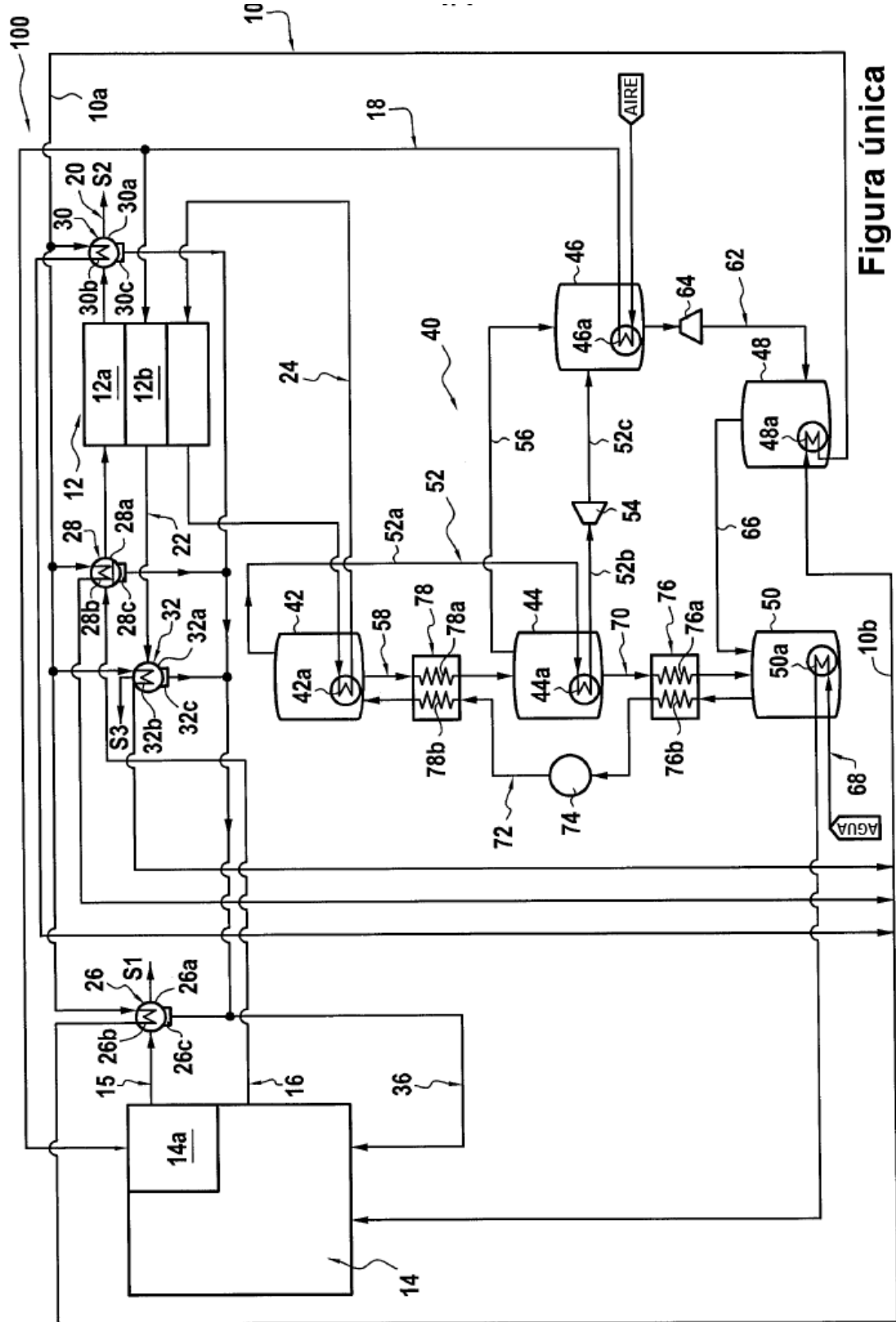


Figura única