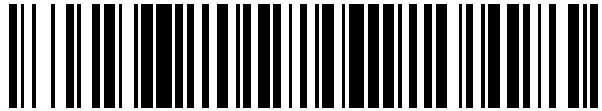


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 198**

51 Int. Cl.:

B64D 13/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2012 E 12199702 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2628680**

54 Título: **Sistemas de control ambiental integrados y procedimientos de control de la temperatura ambiental de un espacio cerrado**

30 Prioridad:

29.12.2011 US 201161581378 P

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

21.01.2015

73 Titular/es:

**EMBRAER, S.A. (100.0%)
Av. Brigadeiro Faria Lima, 2.170
12227-901 São José dos Campos - SP, BR**

72 Inventor/es:

**FERNANDES, JÚLIO ROMERO SANTOS;
GANDOLFI, RICARDO;
SANTOS, NICOLAU BRAGA y
NETO, LUIZ TOBALDINI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 527 198 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

Sistemas de control ambiental integrados y procedimientos de control de la temperatura ambiental de un espacio cerrado

Referencia cruzada a solicitud relacionada

5 Campo

Las realizaciones que se desvelan en la presente memoria descriptiva se refieren, en general, al control ambiental y a la gestión térmica (por ejemplo, calefacción, refrigeración) de compartimentos / recintos cerrados (por ejemplo, en el interior de un fuselaje de aeronave), utilizando una arquitectura integrada de los sistemas de control ambiental, tales como tubos de calor, intercambiadores de calor de superficie y / o sistemas de ciclo de compresión de vapor.

10 Las realizaciones de los procedimientos y sistemas que se desvelan en la presente memoria descriptiva permitirá que los compartimentos / recintos cerrados de aeronaves sean enfriados con una mínima demanda de consumo de energía (en última instancia, un consumo mínimo de combustible de avión) durante las diversas fases de la operación de la aeronave.

Antecedentes

15 Los conceptos de los sistemas de aeronaves de futura generación tienden a exigir un incremento en el consumo de energía eléctrica. Como consecuencia, estos sistemas requieren la disipación de más calor por unidad de volumen. El aumento de la disipación de calor y los requisitos recientes de reducción del consumo de combustible de las aeronaves entran en conflicto uno con el otro y por lo tanto requieren la introducción de sistemas de refrigeración más eficientes.

20 En la actualidad, los compartimentos / recintos cerrados (bahías electrónicas, cocinas y otros similares) de las aeronaves están provistos de sistemas de refrigeración que se basan normalmente en los sistemas de ciclo de aire y / o ciclo de vapor y no están optimizados en lo que se refiere a la penalización de consumo de combustible que tales sistemas pueden producir en el rendimiento global de la aeronave. El documento EP 0 666 214 muestra un ejemplo de los sistemas actuales.

25 Por lo tanto, cuanto mayor sea el requisito de refrigeración mayor será el consumo de energía del sistema de refrigeración y, como consecuencia, más elevado será el consumo de combustible de las aeronaves. Estos sistemas de refrigeración operan durante todas las fases del vuelo, incluyendo cuando la aeronave se encuentra en tierra.

30 Sin embargo, existe un potencial de rechazo de calor espectacularmente grande cuando una aeronave está en vuelo debido a la diferencia significativa de temperatura entre el aire del exterior (sumidero de calor) y los compartimentos / recintos cerrados / equipos específicos que se están enfriando. Con el fin de desarrollar sistemas de refrigeración más eficientes, hay una necesidad de minimizar la resistencia térmica entre el equipo y el sumidero de calor.

35 Recientemente, ha sido propuesto un sistema de refrigeración más eficiente por la Solicitud Publicada de los Estados Unidos número 2004/0159119 que incluye principalmente un bucle de líquido, una batería térmica eutéctica y bomba de calor e intercambiador de calor de superficie (SHX). De manera similar, la Solicitud Publicada de los Estados Unidos número 2007/0095521 propone principalmente la combinación de un tubo de calor en bucle (LHP), la unidad de almacenamiento en frío y el SHX.

40 Hay varios problemas que se deben resolver antes de que se puedan conseguir completamente mayores eficiencias de combustible. Por ejemplo, las tecnologías actuales carecen de una gestión inteligente de los sumideros de calor disponibles para la refrigeración de un compartimento / recinto cerrado, lo que produce un consumo de combustible mayor que el necesario (penalización de combustible sobre el rendimiento de la aeronave), ya que la disponibilidad de los sumideros de calor no se utiliza lo suficiente. Por ejemplo, a veces se necesita usar una máquina de ciclo de compresión de vapor (VCM) para refrigerar equipos electrónicos dentro de la cabina, a pesar de que el aire frío que ya se encuentra disponible en el exterior de la aeronave en vuelo.

45 Además, en la actualidad hay una falta de flexibilidad en el uso de los sumideros de calor disponibles. A modo de ejemplo, un caja electrónica no se puede instalar en un compartimento / recinto cerrado predeterminado debido a que el sumidero de calor del aire exterior se encuentra situado a una distancia demasiado lejos de ese compartimento / recinto cerrado.

50 Además, existe típicamente una elevada resistencia térmica entre el compartimento / recinto cerrado (carga de calor) y el sumidero de calor. Esta elevada resistencia térmica requiere sistemas de refrigeración activos (bombas de calor), incluso cuando la temperatura de la carga de calor es mayor que la temperatura del sumidero de calor. Este efecto se produce la mayor parte del tiempo durante una misión de la aeronave. Los LHP y otros dispositivos de transmisión por cambio de fase pasivos pueden ser útiles para disminuir esta resistencia térmica.

Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención se dirigen a proporcionar soluciones a estos problemas.

Sumario

5 Las realizaciones desveladas en la presente memoria descriptiva se proporcionan con el fin de lograr el objetivo de eliminar el calor de un compartimento / recinto cerrado al mismo tiempo que se reduce al mínimo la penalización de combustible en toda la operación de la aeronave mediante el uso de las características que se explican con mayor detalle a continuación. Además, el calor extraído de un compartimento / recinto cerrado también puede ser utilizado como fuente de calor para otro compartimento / recinto cerrado. También puede ser utilizado para la calefacción de una superficie interior o exterior de la aeronave, como puede ser requerido para la gestión térmica o la protección contra el hielo y la atmosférica. En general, las realizaciones tal como se desvelan en la presente memoria
10 descriptiva integran diferentes sistemas de control ambiental, tales como tubos de calor e intercambiadores de calor de superficie, para minimizar la resistencia térmica y reducir el consumo de energía del sistema.

El objeto de la invención es un sistema de control ambiental de acuerdo con la reivindicación 1.

También se proporciona un sistema de acuerdo con algunas realizaciones para la refrigeración de un compartimento / recinto cerrado utilizando la integración inteligente entre las diferentes tecnologías para el
15 transporte de calor y los sumideros de calor (VCM, SHX, LHP, aire RAM con ventilador de refrigeración en tierra) y una lógica de operación adecuada, compuesta por un sistema híbrido que puede operar con menos consumo de energía en toda la misión de la aeronave, aprovechando una cualquiera de las tecnologías que se aplican.

De acuerdo con algunas realizaciones, se proporcionan sistemas y procedimientos de control ambiental que controlan la temperatura ambiental de un espacio cerrado mediante la integración de un subsistema de intercambio de calor de tubo de calor en bucle (LHP) que tiene un circuito cerrado de fluido de intercambio de calor en bucle en relación de intercambio de calor con el espacio cerrado para proporcionar control de temperatura ambiental del mismo, un subsistema de aire RAM que tiene un circuito de aire RAM para la circulación de aire RAM de refrigeración, y un subsistema de máquina de ciclo de compresión de vapor (VCM) que tiene un circuito de fluido de VCM que comprende un compresor, un evaporador y un condensador . El evaporador del subsistema de VCM
20 puede ser integrado de esta manera con el subsistema de intercambio de calor de LHP al estar en relación de intercambio de calor funcional con el mismo, mientras que el condensador del subsistema de VCM puede estar integrado con el sistema de aire RAM con el fin de estar en relación de intercambio de calor funcional con el mismo.

Algunas realizaciones pueden incluir un condensador de LHP del subsistema de LHP en relación de intercambio de calor funcional con el evaporador de VCM del subsistema de VCM. El subsistema de intercambio de calor de LHP en otras realizaciones también puede estar provisto de un intercambiador de calor de superficie (SHX) del condensador de LHP y una válvula de control para dirigir el fluido de trabajo ya sea al condensador de LHP o al SHX del condensador de LHP.

El circuito de aire RAM de ciertas realizaciones puede incluir un conducto de aire que tiene una entrada y una puerta de control de entrada para controlar el flujo de aire dentro del conducto, y un ventilador de refrigeración para aspirar
35 aire dentro de la entrada y a través del conducto. Otras realizaciones pueden estar provistas de un subsistema de aire RAM que comprende un intercambiador de calor de superficie integrado (SHX) en relación funcional de intercambio de calor con el flujo de aire en el conducto.

Ciertas otras realizaciones pueden estar provistas de un subsistema de intercambio de calor que tiene un condensador de LHP en relación funcional de intercambio de calor con el evaporador de VCM del subsistema de VCM, y un intercambiador de calor de superficie (SHX) del condensador de LHP. Una válvula de control puede estar proporcionada de esta manera para dirigir el fluido de trabajo de intercambio de calor ya sea al condensador de LHP del subsistema de intercambio de calor de LHP, al SHX del condensador de LHP del subsistema de intercambio de calor de LHP o al intercambiador de calor de superficie SHX integrado del subsistema de aire RAM.

El subsistema de VCM puede incluir un intercambiador de calor de superficie (SHX) del condensador de VCM aguas abajo del condensador de VCM. En ciertas realizaciones, el SHX del condensador de VCM puede estar en relación de intercambio de calor con un fluido funcional a bordo, tal como combustible de a bordo y / o aire de la cabina. Otras realizaciones pueden estar provistas de un subsistema de VCM que tiene una válvula de derivación para dirigir el circuito de fluido de VCM o puentear el circuito de fluido de VCM alrededor del SHX del condensador de VCM.

El calor liberado por los intercambiadores de calor de superficie se puede utilizar para calentar una superficie interior o exterior de la aeronave. Por ejemplo, el calor liberado por un SHX se puede utilizar como sistema de protección único o complementario contra el hielo la lluvia para la superficie exterior de la que constituye o forma parte de la misma. Además, este calor se puede utilizar para calentar umbrales de las puertas, cocinas, entre otras regiones de las aeronaves.

Estos y otros aspectos y ventajas de la presente invención resultarán más claras después de que se aplique una cuidadosa consideración a la descripción detallada que sigue de las realizaciones ejemplares preferidas de la misma.

Acrónimos

5 Las estructuras y sistemas a veces pueden ser referenciados en la presente memoria descriptiva por los siguientes acrónimos:

| | |
|-----------|---|
| LHP - | tubo de calor en bucle |
| CPL - | bucle bombeado capilarmente |
| LTS - | bucle de termosifón |
| 10 SHX - | intercambiador de calor de superficie |
| VCM - | máquina de ciclo de compresión de vapor |
| E - bay - | bahía electrónica |

15 Se entenderá que cuando LHP, CPL, LTS aparecen en la presente memoria descriptiva a continuación, se contemplan todas las variantes posibles de los dispositivos de disipación de calor por cambio de fase tales como, por ejemplo, los tubos de calor convencionales, termosifones, tubos de calor pulsantes, y otros similares. Por lo tanto, la referencia a cualquier acrónimo específico no es limitativa y se emplea meramente para facilitar la explicación.

Breve descripción de los dibujos que se acompañan

20 Las realizaciones descritas de la presente invención serán mejor y más completamente comprendidas por referencia a la descripción detallada que sigue de unas realizaciones ejemplares ilustrativas no limitativas en conjunto con los dibujos, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama esquemático de una realización de una arquitectura de sistema para la refrigeración de un compartimento / recinto cerrado;

25 la figura 2 es un diagrama esquemático de un bucle de LHP / CPULTS que se utiliza para refrigerar el compartimento / recinto cerrado, con el SHX que se utiliza para refrigerar el condensador de LHP;

la figura 3 es un diagrama esquemático de un intercambiador de calor de superficie con aletas integrado, del conducto de aire RAM que puede ser utilizado para refrigerar el condensador de LHP;

las figuras 4A y 4B son vistas lateral y superior respectivas y de un SHX con aletas integrado de conducto de aire RAM,;

30 la figura 5 es un diagrama esquemático de una VCM que se utiliza para refrigerar el condensador de LHP; el SHX se utiliza para refrigerar el fluido del condensador de VCM (entrada de aire NACA cerrada);

la figura 6 es un diagrama esquemático de una VCM que se utiliza para refrigerar el condensador de LHP; la NACA / aire RAM se utiliza para refrigerar el fluido del condensador de VCM (entrada de aire NACA cerrada) con un ventilador de refrigeración en tierra de operación estática;

35 la figura 7 es un diagrama esquemático de una realización del sistema sin que el SHX esté integrado en el conducto de aire RAM;

la figura 8 es un diagrama esquemático de una realización del sistema sin el SHX para el condensador de LHP y sin el SHX para el condensador de VCM; y

40 la figura 9 es un diagrama esquemático de una realización del sistema con un condensador de VCM que está siendo refrigerado por otros medios, tales como el combustible de a bordo o el aire ambiente de la cabina.

Descripción detallada

Muchos de los detalles, dimensiones, ángulos y otras características que se muestran en las figuras de la presente solicitud de patente son meramente ilustrativos de realizaciones particulares de la invención.

Varias realizaciones de sistemas innovadores, así como su lógica de operación, se describen en la presente memoria descriptiva y a continuación en forma de soluciones para operar la aeronave con un menor consumo de combustible.

5 La arquitectura asociada con una realización de un sistema de control ambiental 10 se muestra esquemáticamente en la figura 1. Como se muestra, la arquitectura del sistema de control ambiental 10 está compuesta por múltiples subsistemas para disipar la carga térmica del compartimento / recinto cerrado al aire exterior (sumidero de calor), es decir, el subsistema de LHP 12 que tiene un evaporador de LHP 26 y un SHX 28 del condensador de LHP (véase la explicación de la figura 2); teniendo el subsistema 14 el SHX integrado interior 30 asociado con el circuito de aire RAM 20 (véase la explicación de la figura 3 y las figuras 4A - 4B); teniendo el subsistema de VCM 16 un SHX 42 del condensador de VCM (véase la explicación de la figura 5); y teniendo el subsistema 18 un intercambiador de calor compacto convencional 40 del condensador de VCM, (véase la explicación de la figura 6). Los subsistemas 14 y 18 dependen del aire RAM proporcionado por el circuito de aire RAM 20, mientras que el subsistema de LHP 12 es un sistema pasivo y el subsistema de VCM 16 es un sistema activo. Como se explicará en mayor detalle más adelante, un controlador OBC de a bordo está provisto de entradas ambientales (por ejemplo, temperatura del aire exterior, velocidad de la aeronave y el peso sobre ruedas) para operar selectivamente uno o más de los subsistemas 12, 14, 16 y / o 18 dependiendo de la fase de operación de la aeronave (por ejemplo, en vuelo o en tierra) y / o de la temperatura del aire exterior de la aeronave por medio del posicionamiento selectivo de la válvula de control CV del sistema.

20 El subsistema de LHP se muestra en mayor detalle en la figura 2. Como se muestra, el equipo 22 instalado en el compartimento / recinto cerrado 24 disipa su carga térmica a un evaporador de LHP 26, a través de aire o de otro medio de refrigeración que circula en el interior del compartimento / recinto cerrado 24 (por ejemplo, por medio de ventiladores de circulación (no mostrados)) . El compartimento / recinto cerrado 24 (representada por el perímetro de línea doble alrededor del equipo 22 y del evaporador de LHP 26) puede ser un compartimento de electrónica, un compartimento de la cocina, equipaje, compartimento de animales vivos u otros. El compartimento / recinto cerrado 24 también puede ser sólo una caja electrónica debidamente equipado con una ranura o superficie de placa fría, siendo el evaporador de LHP parte de dicha placa fría. La válvula de control CV para seleccionar entre uno de entre el de LHP / evaporador de VCM 43 o el condensador de LHP / SHX 28 puede ser necesario, o no, puesto que en algunas configuraciones existe la posibilidad de que el evaporador de LHP 26 pueda seleccionar de forma pasiva el condensador más conveniente 28 o 43 (es decir, el condensador más frío). Este es el modo de operación, ya sea para altitudes elevadas o durante un día frío en la operación en tierra o a baja altura. Para estas condiciones operacionales de aire frío en el exterior, el condensador de LHP / SHX 28 es a menudo suficiente para disipar la carga térmica del equipo.

35 El modo de operación para el subsistema 14 representado en la figura 3 es ventajoso cuando el aire exterior se encuentra a temperaturas suficientemente bajas, que van desde el día frío hasta el día de temperatura normal. La eliminación de calor desde el SHX con aletas integrado 30 funcionará también por lo tanto en tierra por el flujo de aire del ventilador de refrigeración 32 dentro del conducto 30 - 2 (véase la figura 4) del circuito de aire RAM 20. La eliminación de calor durante este modo de operación (por ejemplo, días de temperatura normal en tierra), de otra manera requeriría una operación de VCM o la instalación de un intercambiador de calor compacto convencional en la tubería de aire RAM. Un condensador de VCM 40 (véase la figura 5) podría estar inactivo (es decir, el compresor de VCM 41 está desconectado) o activo en un modo de capacidad inferior. El ventilador de refrigeración en tierra 32 puede ser conectado, y la puerta controlada 30 - 3a de entrada de aire NACA de área variable puede estar completamente abierta, en base a la temperatura del aire exterior, velocidad de la aeronave y / o peso sobre las ruedas. El uso del SHX con aletas integrado 30 puede ser ventajoso con respecto a un intercambiador de calor compacto convencional porque es más simple, más fácil de instalar y mantener, y produce menos caída de presión en el circuito de aire RAM 20. En condiciones de vuelo, es posible que el ventilador de refrigeración en tierra 32 se convierte en una restricción de flujo del aire RAM. Cuando hay disponible en vuelo suficiente presión de aire RAM, el ventilador funciona como un molinete. Sin embargo, el circuito de aire RAM 20 presenta medios para disminuir la restricción de flujo del ventilador de refrigeración en tierra 32 en la operación de vuelo, que no se muestra en las figuras (por ejemplo: instalación de una válvula de retención de derivación del ventilador que se abre en vuelo).

50 Las figuras adjuntas 4A y 4B ilustran vistas lateral y de plano superior, respectivamente, de un SHX de aletas con conducto de aire RAM integrado 30 que puede ser utilizado en el subsistema 14 que se muestra en la figura 3. El SHX de aletas 30 - 1 se instala preferentemente en la pared del conducto de aire RAM 30 - 2, con las aletas (algunas de las cuales se identifican en la figura 4B con el número de referencia 30 - 1 a) orientadas hacia el lado interior de la pared del conducto 30 - 2 y orientadas a lo largo de la dirección longitudinal de la misma (es decir, en la misma dirección que el flujo de aire RAM (flecha A1)). El SHX 30 - 1 puede actuar como un condensador para el LHP. Alternativamente, el SHX 30 - 1 puede ser proporcionado sin aletas si no se considera que sea necesario. El aire ambiente, movido por el ventilador de refrigeración en tierra 32, admite la entrada de aire RAM 30 - 3a través del conducto NACA, pasa a través de la superficie de las aletas 30 - 1 a (aletas planas / en banda / con tablillas u otras variaciones) asociadas con el SHX 30 - 1 y se descarga (flecha A2) desde la tubería de aire RAM a través de la salida 30 - 4 con el fin de ser dirigido al condensador de VCM 40 asociado con el subsistema 16.

La figura 5 adjunta muestra un modo de operación del subsistema 16 cuando el aire exterior no es lo suficientemente frío para operar el sistema 10 en las configuraciones que se han descrito y mostrado por los subsistemas 12 y 14 representados en las figuras. 2 y 3. En el subsistema 16 de la figura 5, sin embargo, el uso de aire RAM para refrigerar el condensador de VCM 40 aguas abajo del compresor 41 de VCM no es necesario, ya que el SHX del condensador 42 de la VCM tendría flujo de aire suficiente para la eliminación de calor por convección de aire exterior. Una válvula de dos vías controlada 44 selecciona la operación del SHX del condensador 42 de la de VCM a través de la tubería 46 o selecciona una tubería de derivación 48 (véase también la figura 1). Como se muestra por las X en la figura 5, el ventilador de refrigeración en tierra 32 está desconectado, y la puerta de entrada controlada NACA 30 - 3a está completamente cerrada en respuesta a una salida de señal de la lógica de control basada en la temperatura del aire exterior, la velocidad de la aeronave y el peso sobre ruedas emitidos por el controlador de a bordo OBC (véase la figura 1). Ningún arrastre debido al aire RAM es impuesto, por lo tanto, en la aeronave en una configuración de este tipo puesto que la puerta de entrada NACA 30 - 3a está completamente cerrada. El subsistema VCM 16 debe ser operado, puesto que la diferencia de temperatura entre el equipo y el aire exterior (sumidero de calor) es baja o incluso negativa (la temperatura deseada del equipo es menor que la temperatura exterior del aire del sumidero de calor). El condensador del SHX 42 del subsistema de la VCM 16 disipa tanto la carga térmica desde el equipo (por ejemplo, el condensador LCP / evaporador 43 de la VCM) y la energía que se aplica al sistema por el compresor 41 de la VCM. Por esta razón la temperatura de superficie del SHX 42 es mayor que la temperatura del SHX 28 como se describe en la figura 2. Por lo tanto, el SHX 42 requiere menos área de superficie que el SHX 28. El fluido de trabajo enfriado puede ser devuelto entonces al evaporador de LHP 26 a través de las tuberías 56a y 52a.

La figura adjunta 6 representa un modo funcional para los días más calurosos, en tierra o volando a baja altura en el aire exterior relativamente cálido. El subsistema de la VCM 16 debe activarse utilizando el circuito de aire RAM 20, para las condiciones de vuelo, o el ventilador de refrigeración en tierra 32, para la operación en tierra. En tal condición, la válvula de dos vías 44 es comandada por el controlador de a bordo OCB para derivar el condensador 42 del SHX del subsistema de VCM (es decir, a través de la tubería 48 como se muestra también en la figura 1). El ventilador de refrigeración en tierra 32 puede ser conectado entonces, y la puerta de control 30 - 3a de la entrada NACA 30 - 3 es abierta completamente, en base a la temperatura exterior del aire, la velocidad de la aeronave y el peso sobre las ruedas de acuerdo con lo ordenado por el controlador de a bordo OCB.

El calor extraído del compartimiento / recinto cerrado, por aire o por otro medio de refrigeración, o incluso usando una placa fría o un dispositivo similar, es aspirado a través del evaporador de LHP 26. Dentro del LHP 26, el fluido de trabajo es evaporado, mediante la absorción del calor de los equipos. El fluido de trabajo vaporizado fluye entonces hacia la válvula de control del sistema CV a través de la tubería 50. El controlador de a bordo OCB puede entonces ordenar a la válvula de control CV que asuma una de tres condiciones diferentes de manera que el fluido de trabajo vaporizado pueda ser dirigido a continuación por la ruta respectiva de las tres rutas diferentes siguientes:

1. Para los días fríos, en tierra o en vuelo (véase la explicación de la figura 2), el fluido de trabajo vaporizado se dirige al SHX 28 del condensador de LHP a través de la tubería 52 de manera que el calor pueda ser disipado al aire frío exterior por convección. El fluido de trabajo enfriado se devuelve entonces al evaporador de LHP 26 a través de la tubería 52a. Este SHX 28 puede ser un SHX de cara exterior simple o un SHX de aletas como se muestra en las figuras 4A y 4B. Esta configuración no consume ninguna energía para funcionar (excepto la energía para el movimiento del aire dentro del compartimiento / recinto cerrado 24, que siempre se encuentra presente), ya que el condensador de LHP es un dispositivo pasivo.
2. Si se funciona cuando el aire exterior está a temperaturas suficientemente bajas en tierra (que van desde los días fríos a los normales), se necesita usar otra configuración, ya que la falta de flujo de aire inducida sobre el SHX 28 del condensador de LHP no va a permitir su utilización. En este caso se utiliza la configuración descrita más arriba en relación con la figura 3. Para este propósito, la válvula de control CV impulsa el fluido de trabajo de LHP en la tubería 50 hacia el SHX de aletas integrado 30 del conducto de aire RAM a través de la tubería 54. El fluido de trabajo enfriado se devuelve entonces al evaporador de LHP 26 a través de la tubería 54a y 52a. La eliminación de calor de este SHX de aletas integrado 30 depende del flujo de aire proporcionado por el ventilador de refrigeración en tierra 32 en el interior del conducto de aire RAM 32 (ver las figuras 4A y 4B). Durante este modo de operación el compresor de la VCM 41 es desconectado por el controlador OBC. El controlador OBC también conecta el ventilador de refrigeración en tierra 32, y abre completamente la puerta de control 30 - 3a asociada con la entrada de aire de área variable NACA 30 - 3, en base a la temperatura exterior del aire, la velocidad de la aeronave y el peso sobre ruedas. Por consiguiente, el consumo de energía durante este modo de operación es atribuido únicamente a la operación del ventilador de refrigeración en tierra 32.
3. La válvula de control CV puede ser ordenada a dirigir el fluido de trabajo de LHP en la tubería 50 hacia el condensador de LHP / evaporador de VCM 43 a través de la tubería 56 bajo las siguientes condiciones:
 - a. En los días calurosos, con la aeronave volando a baja altura, el aire exterior puede no ser lo suficientemente frío para operar el sistema 10 bajo las configuraciones de los subsistemas 12 y 14

como se ha descrito en relación con las figuras 2 y 3, respectivamente. Como resultado, se requiere entonces que el subsistema de VCM 16 sea operado debido a que la diferencia de temperatura entre el equipo 22 dentro del recinto cerrado 24 y el aire exterior (el sumidero de calor) es baja o incluso negativa (por ejemplo, la temperatura deseada del equipo inferior a la temperatura exterior del aire disponible del sumidero de calor). Sin embargo, el uso de aire RAM para refrigerar el condensador 40 de la VCM no es necesario, ya que el SHX 42 del condensador del subsistema de VCM 16 tendría suficiente capacidad de eliminación de calor proporcionada por convección del aire exterior (véase la figura 5). El controlador de a bordo OBC por lo tanto desconectará el ventilador de refrigeración en tierra 32, y cierra totalmente la puerta de control de entrada 30 - 3a de la entrada NACA 30 - 3 después de una lógica de control basada en la temperatura del aire exterior, la velocidad de la aeronaves y el peso sobre ruedas; o

b. Para los días más calurosos, el aire exterior no está lo suficientemente frío como para el calor se disipe a través del SHX 42 condensador del subsistema de VCM 16 para la operación de la aeronave en tierra, y para la operación en vuelo a baja altura (por ejemplo, con temperaturas calientes del aire exterior). Bajo tales condiciones, el controlador de a bordo OCB opera la válvula de control 44 con el fin de derivar el SHX 42 del condensador del subsistema de VCM 16 y el condensador 40 de la VCM utiliza ya sea aire RAM, para la operación en vuelo a través del subsistema de aire RAM 20, o el ventilador de refrigeración en tierra 32 del subsistema de aire RAM 20, para la operación en tierra. Para la operación en tierra el ventilador de refrigeración en tierra 32 está conectado, y la puerta controlada de entrada NACA 30 - 3a está completamente abierta. Para la operación en vuelo, el ventilador de refrigeración en tierra 32 está desconectado y la entrada NACA 30 - 3 y su aire RAM asociado proporcionan aire exterior para refrigerar el condensador de VCM 40.

La Tabla 1 que sigue presenta un resumen de los modos de operación que se han explicado más arriba.

Tabla 1 - Predicción de modos de operación en función de: la temperatura ambiente, en tierra frente a la operación en vuelo y a gran altitud frente a baja altitud

| | Tierra | Vuelo | |
|------------------|---|---|---|
| | | Baja altitud | Alta altitud |
| Día frío | Usando el SHX de LHP como condensador; consumo cero (figura 2) | Usando el SHX de LHP como condensador; consumo cero (figura 2) | Usando el SHX de LHP como un condensador; consumo cero (figura 2) |
| Día normal | Usando el SHX integrado internamente de LHP dentro de un conducto, refrigerado por un ventilador de refrigeración en tierra; consumo de un ventilador de refrigeración en tierra (figura 3) | Usando el SHX integrado internamente de LHP dentro de un conducto, refrigerado por un ventilador de refrigeración en tierra; consumo de un ventilador de refrigeración en tierra (figura 3) | |
| Día caliente | Usando la VCM de LHP con un condensador de VCM que es refrigerado por el ventilador de refrigeración en tierra; consumo del compresor de la VCM así como del ventilador de refrigeración (figura 6) | Usando la VCM de LHP con un condensador de VCM que es refrigerado por el condensador del SHX de la VCM; consumo del compresor de la VCM (figura 5) | |
| Día muy caliente | | Usando la VCM de LHP con un condensador de VCM que es refrigerado por el consumo de NACA / aire RAM del compresor de la VCM (figura 6) | |

- Otras realizaciones basadas en las arquitecturas de sistemas que se han descritos más arriba se muestran en las figuras. 7, 8 y 9. Como se muestra en la figura 7, por ejemplo, el sistema 70 es similar al sistema 10 que se ha descrito más arriba en relación con la figura 1, pero omite la tubería 54, el SHX de aletas interno integrado 30 y el ventilador de refrigeración 32 asociado con el circuito de aire RAM 20. Por lo tanto, en la realización de la figura 7,
- 5 se proporciona la válvula de control CV para dirigir el fluido de trabajo en la tubería 50 ya sea al condensador de LHP 43 o al SHX 28 del condensador de LHP.
- El sistema 80 que se muestra en la figura 8 es similar a la realización que se muestra en la figura 7 pero omite el SHX 28 del condensador de LHP y el SHX 42 del condensador de la VCM.. De esta manera , la válvula de control CV y la válvula de derivación 44 son innecesarias en la realización de la figura 8.
- 10 El sistema 90 que se muestra en la figura 9 es similar al sistema representado en la figura 1, pero omite el subsistema 14 como se ha descrito más arriba en relación con la figura 3. Es decir, el sistema 90 de la figura 9 no incluye el SHX de aletas interno integrado 30 o la tubería 54. En consecuencia, la válvula de control CV en el sistema 90 sólo necesita dirigir el fluido de trabajo de intercambio de calor en el subsistema de LHP 12 ya sea al condensador de LHP 43 o al SHX 28 del condensador de LHP. El subsistema de VCM del sistema 90 incluye un
- 15 intercambiador de calor del condensador de VCM que opera en relación de intercambio de calor con un subsistema de fluido a bordo 20 - 1 (tal como combustible de a bordo y / o aire de la cabina) aguas abajo de un condensador de VCM 40 que opera en relación de intercambio de calor con el circuito de aire RAM 20. Una válvula de dos vías controlada 44 selecciona la operación del condensador de VCM 42 través de la tubería 46 (véase la figura 9) o selecciona una tubería de derivación 48 (véase también la figura 9).
- 20 Aunque la invención ha sido descrita en conexión con lo que se considera actualmente que es la realización más práctica y preferida, se debe entender que la invención no está limitada a la realización descrita, sino que por el contrario, lo está por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control ambiental para controlar la temperatura ambiental de un espacio cerrado que comprende:
 - 5 un subsistema (12) de intercambio de calor de cambio de fase pasivo que tiene un circuito de fluido de intercambio de calor en bucle cerrado en una relación de intercambio de calor con el espacio cerrado para proporcionar en el mismo un control de la temperatura ambiental;
 - un segundo subsistema (20) de aire RAM que tiene un circuito de aire para la circulación de aire de refrigeración; y
 - que se caracteriza por**
 - 10 un tercer subsistema (16) de una máquina de ciclo de compresión en bucle cerrado de vapor (VCM) que tiene un circuito de fluido de VCM que comprende un compresor (41),
 - un evaporador, un condensador y una válvula de expansión, en el que el evaporador del subsistema de VCM (16) está en relación de intercambio de calor funcional con el circuito de fluido de intercambio de calor del subsistema (12) de intercambio de calor pasivo y en el que el
 - 15 condensador del subsistema de VCM (16) está en relación de intercambio de calor funcional con el circuito de aire del subsistema (20) de aire RAM.
2. El sistema de control ambiental de la reivindicación 1, en el que el subsistema (12) de intercambio de calor pasivo comprende un condensador principal en relación de intercambio de calor funcional con el evaporador de VCM del subsistema de VCM (16).
- 20 3. El sistema de control ambiental de la reivindicación 2, en el que el subsistema (12) de intercambio de calor pasivo comprende un condensador de intercambio de calor de superficie (SHX) secundario, y una válvula de control (CV) para dirigir el fluido de trabajo ya sea al condensador primario o al condensador de SHX secundario.
- 25 4. El sistema de control ambiental de la reivindicación 2, en el que el circuito de aire del subsistema (20) de aire RAM comprende un conducto de aire (30) que tiene una entrada (30 - 3) y una puerta de control de entrada (30 - 3a) para controlar el flujo de aire dentro del conducto, y un ventilador de refrigeración (32) para aspirar aire dentro de la entrada y a través del conducto.
- 30 5. El sistema de control ambiental de la reivindicación 4, en el que el subsistema (20) de aire RAM comprende un intercambio de calor de superficie (SHX) integrado en relación de intercambio de calor funcional con el flujo de aire en el conducto.
- 35 6. El sistema de control ambiental de la reivindicación 5, en el que
 - el subsistema (12) de intercambio de calor pasivo comprende un condensador principal en relación de intercambio de calor funcional con el evaporador de VCM del subsistema de VCM (16) y un condensador de intercambio de calor de superficie (SHX), y en el que
 - el sistema comprende, además una válvula de control (CV) para dirigir el fluido de trabajo ya sea al condensador primario del subsistema de intercambio de calor pasivo, al condensador secundario de SHX del subsistema de intercambio de calor pasivo o al intercambiador de calor de superficie SHX integrado del subsistema de aire RAM.
- 40 7. El sistema de control ambiental de la reivindicación 1, en el que el subsistema de VCM (16) incluye, además, un condensador de intercambio de calor de superficie (SHX) de VCM aguas abajo del condensador de VCM.
8. El sistema de control ambiental de la reivindicación 7, en el que el condensador de SHX de VCM está en relación de intercambio de calor funcional con un fluido a bordo.
- 45 9. El sistema de control ambiental de la reivindicación 8, en el que el fluido de a bordo es combustible de a bordo o aire de la cabina.
10. El sistema de control ambiental de la reivindicación 7, en el que el subsistema de VCM incluye una válvula de derivación (44) para dirigir el circuito de fluido de VCM o para derivar el circuito de fluido de VCM alrededor del SHX del condensador de VCM.

11. Una aeronave que comprende un sistema de control ambiental de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10.
12. Un procedimiento para controlar la temperatura ambiental de un espacio cerrado, que comprende:
- 5 (a) controlar la temperatura ambiental dentro del espacio encerrado haciendo circular un fluido de trabajo de intercambio de calor dentro de un subsistema (12) de intercambio de calor pasivo que tiene un circuito de fluido de intercambio de calor en bucle cerrado en relación de intercambio de calor con el espacio cerrado; e
- 10 (b) integrar el intercambio de calor del fluido de trabajo del subsistema de intercambio de calor pasivo con un circuito de aire de un subsistema (20) de aire RAM y un circuito de fluido de una máquina de compresión de vapor (VCM) de un subsistema de VCM por:
- (i) establecer una relación de intercambio de calor entre el circuito de fluido de trabajo de intercambio de calor del subsistema de intercambio de calor pasivo (12) y un evaporador del subsistema de VCM (16); y
- 15 (ii) establecer una relación de intercambio de calor entre el circuito de aire del subsistema (20) aire RAM y un condensador del subsistema de VCM (16).
13. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que la etapa (b) (i) comprende proporcionar al subsistema (12) de intercambio de calor pasivo un condensador primario y establecer una relación de intercambio de calor entre el condensador y el evaporador principal de VCM del subsistema de VCM (16).
- 20 14. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende, además, proporcionar al subsistema (12) de intercambio de calor pasivo un condensador secundario de intercambio de calor de superficie (SHX), y dirigir de manera controlable el fluido de intercambio de calor de trabaja ya sea al condensador primario, o al condensador secundario de SHX.
- 25 15. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende, además, proporcionar al circuito de aire un conducto de aire (30) que tiene una entrada (30 - 3) y una puerta de control de entrada (30 - 3a) para controlar el flujo de aire en el conducto, y un ventilador de refrigeración para aspirar aire dentro de la entrada y a través del conducto.
16. El procedimiento de la reivindicación 15, que comprende, además, proporcionar al subsistema (20) de aire RAM un dispositivo de intercambiador de calor de superficie (SHX) integrado y establecer una relación de intercambio de calor funcional entre el dispositivo de SHX integrado y el flujo de aire en el conducto.
- 30 17. El procedimiento de la reivindicación 16, que comprende, además, dirigir de manera controlable el fluido de trabajo de intercambio de calor en el subsistema (12) de intercambio de calor pasivo ya sea al condensador primario del subsistema de intercambio de calor pasivo, al condensador secundario de SHX del subsistema de intercambio de calor pasivo o al dispositivo de SHX integrado del subsistema (20) de aire RAM.
- 35 18. El procedimiento de la reivindicación 12, que comprende, además, proporcionar al subsistema de VCM (16) un condensador de intercambiador de calor de superficie (SHX) de VCM aguas abajo de un condensador de VCM.
19. El procedimiento de la reivindicación 18, que comprende, además, establecer una relación de intercambio de calor entre el condensador SHX de VCM y un fluido de a bordo.
- 40 20. El procedimiento de la reivindicación 19, en el que el fluido de a bordo es combustible de a bordo o aire de la cabina.
21. El procedimiento de la reivindicación 18, que comprende, además, permitir que el circuito de fluido de VCM derive el condensador de SHX de VCM en respuesta a una condición ambiental predeterminada.
- 45 22. El procedimiento de la reivindicación 18, que comprende, además, la utilización del calor liberado del SHX del condensador de VCM como protección contra el hielo y la lluvia de una superficie exterior que contiene el SHX.
23. El procedimiento de la reivindicación 17, que comprende, además, utilizar el calor liberado del condensador secundario de SHX del subsistema (12) de intercambio de calor pasivo como protección contra el hielo y la lluvia de una superficie exterior que contiene el SHX.

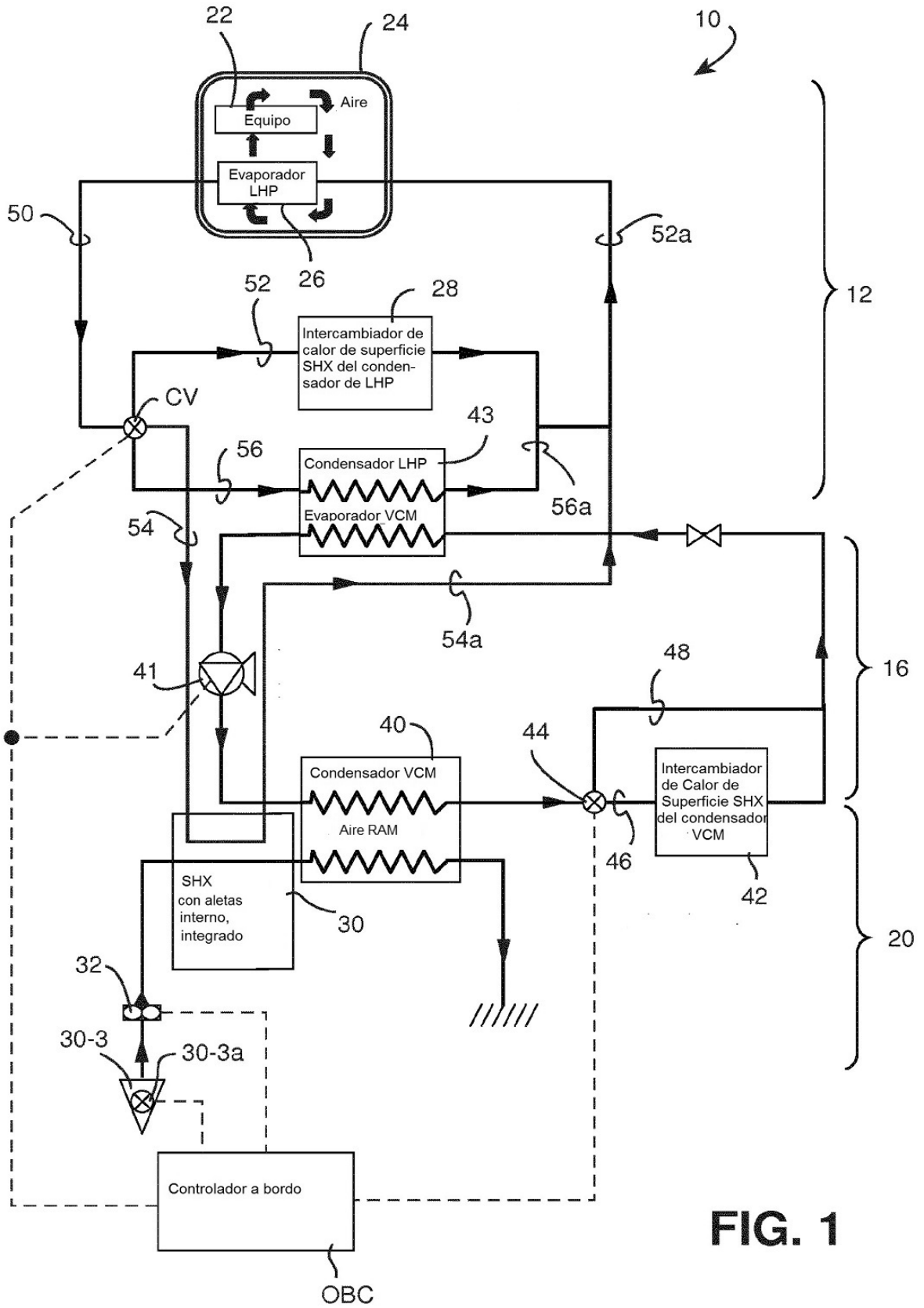
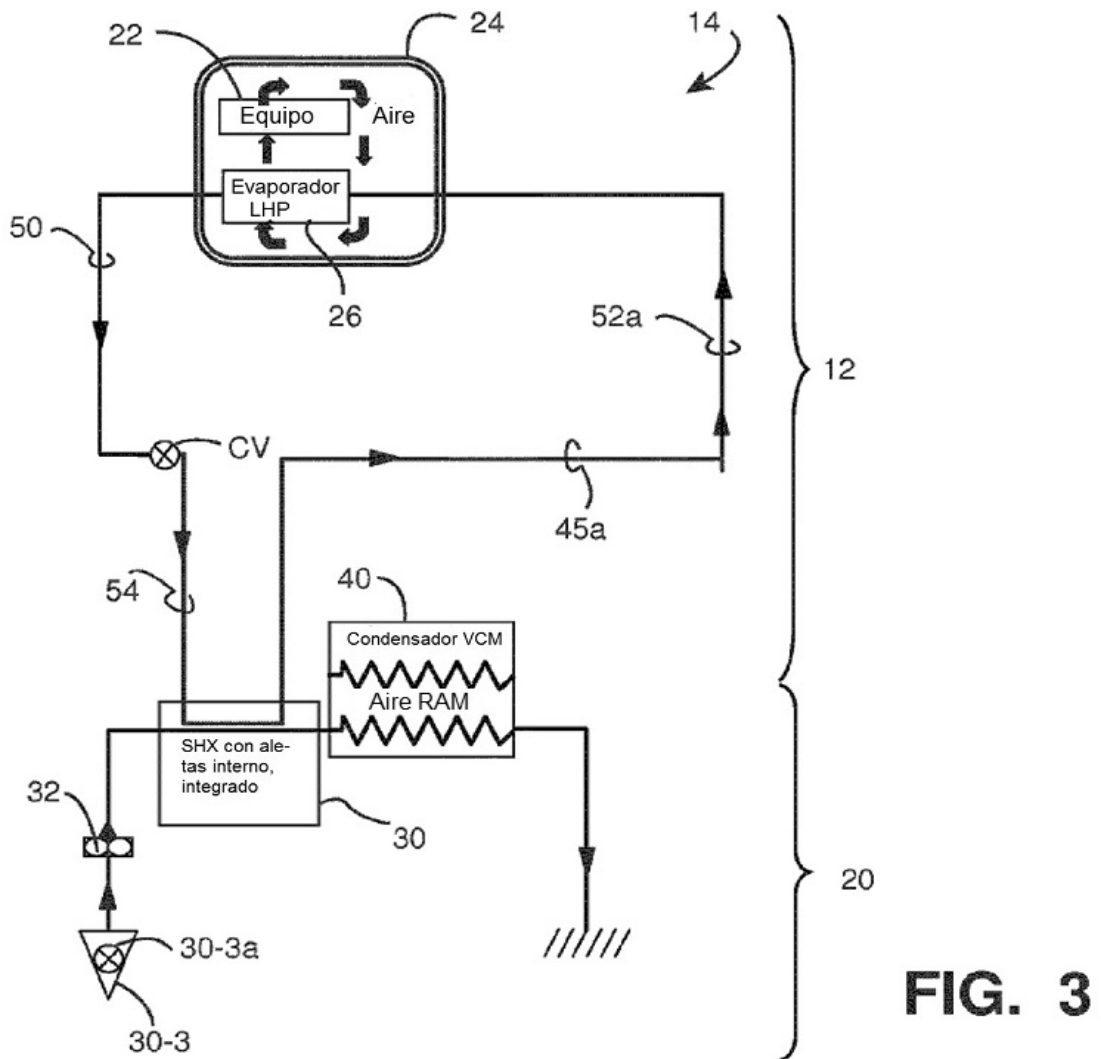
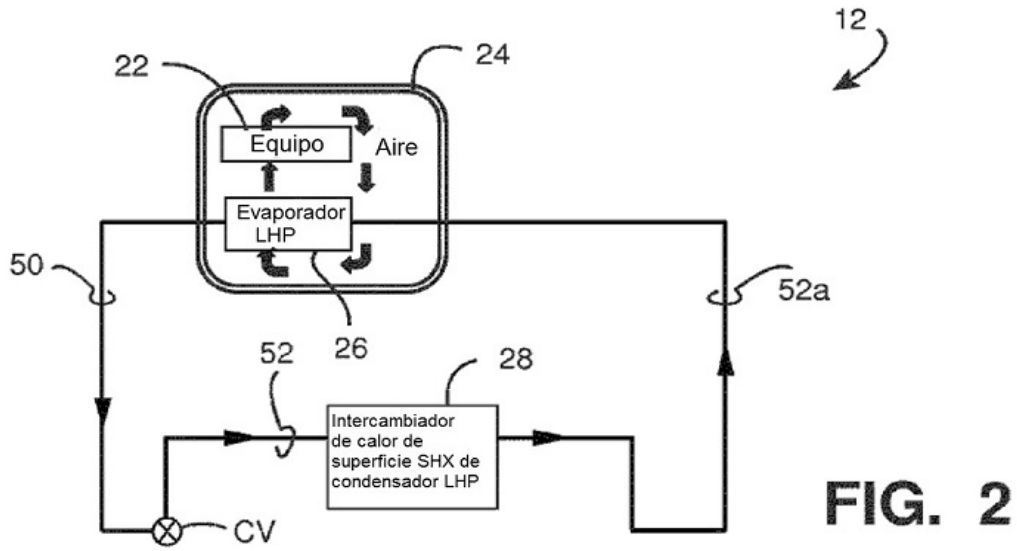


FIG. 1



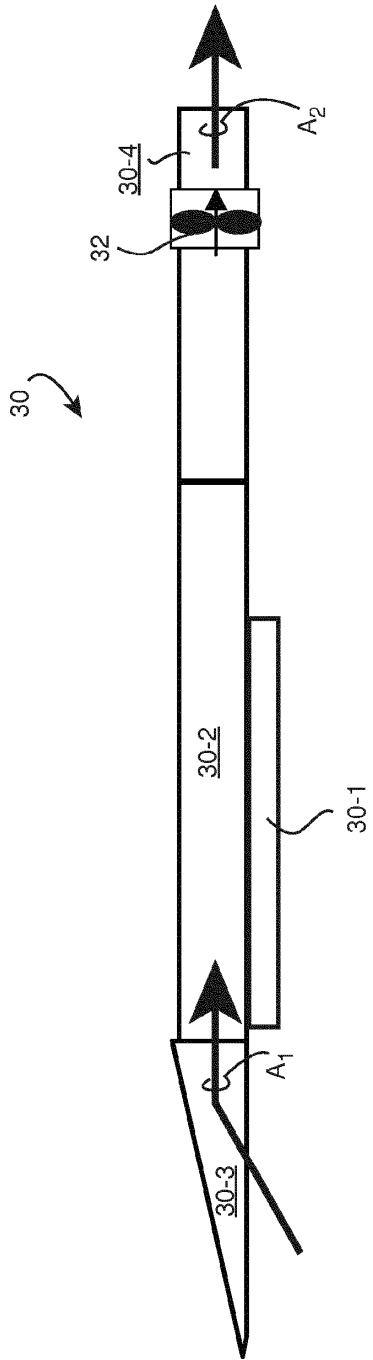


FIG. 4A

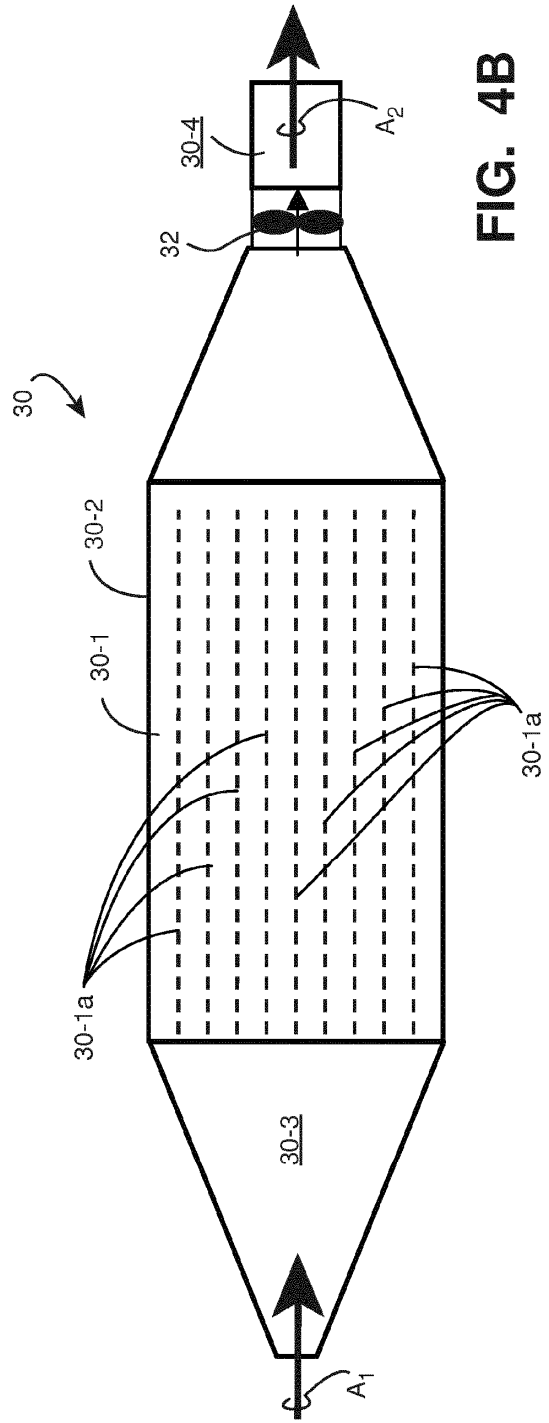


FIG. 4B

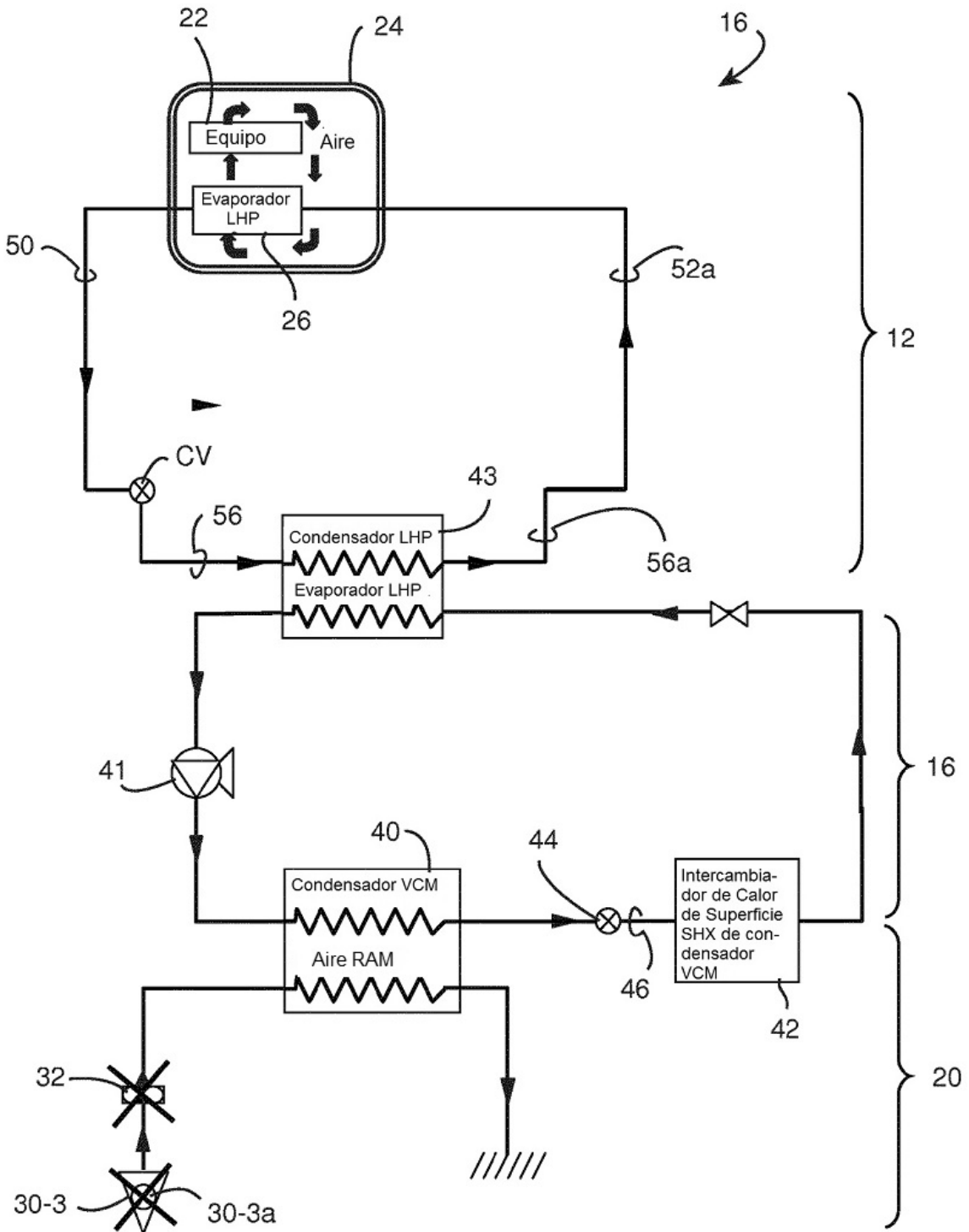


FIG. 5

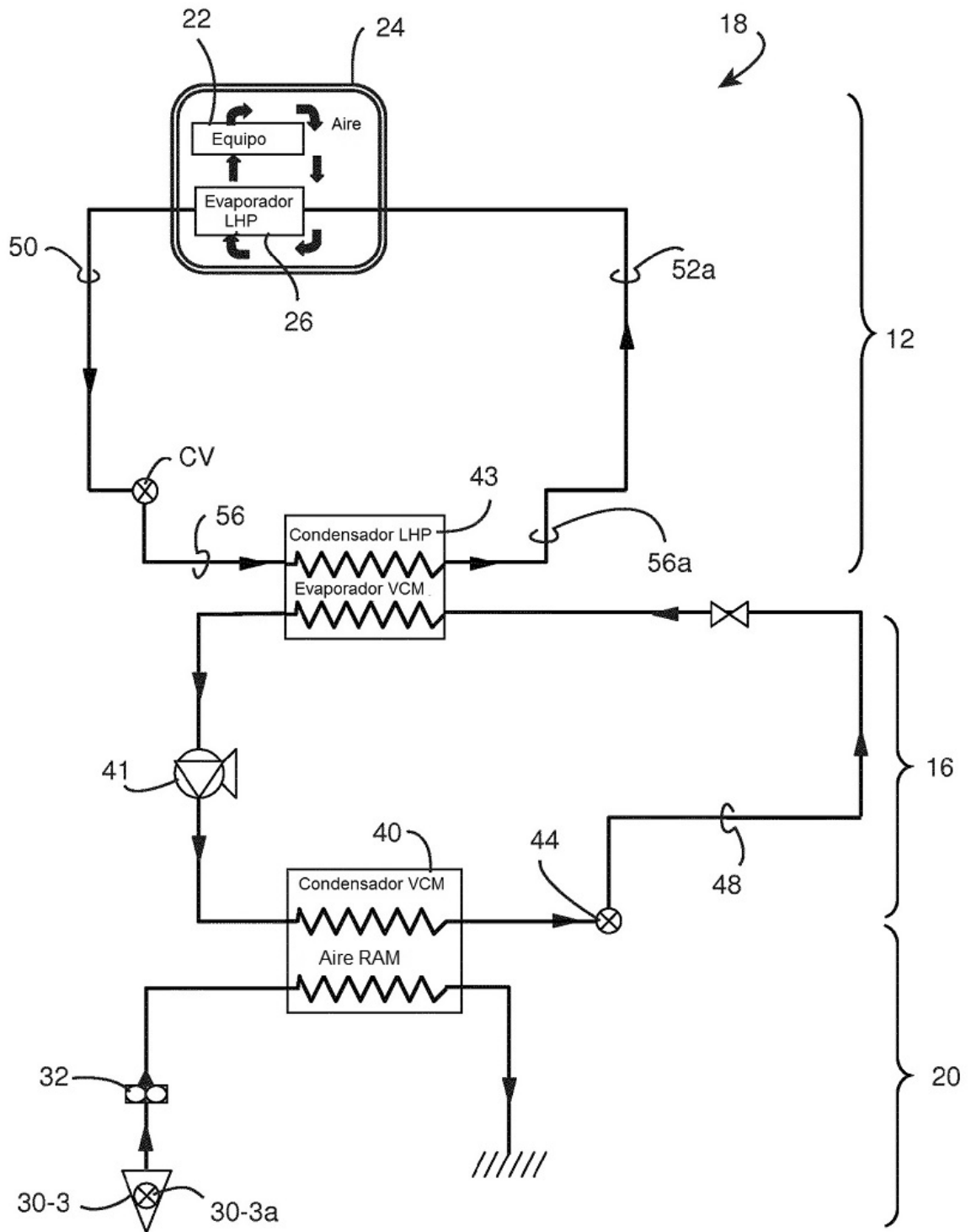


FIG. 6

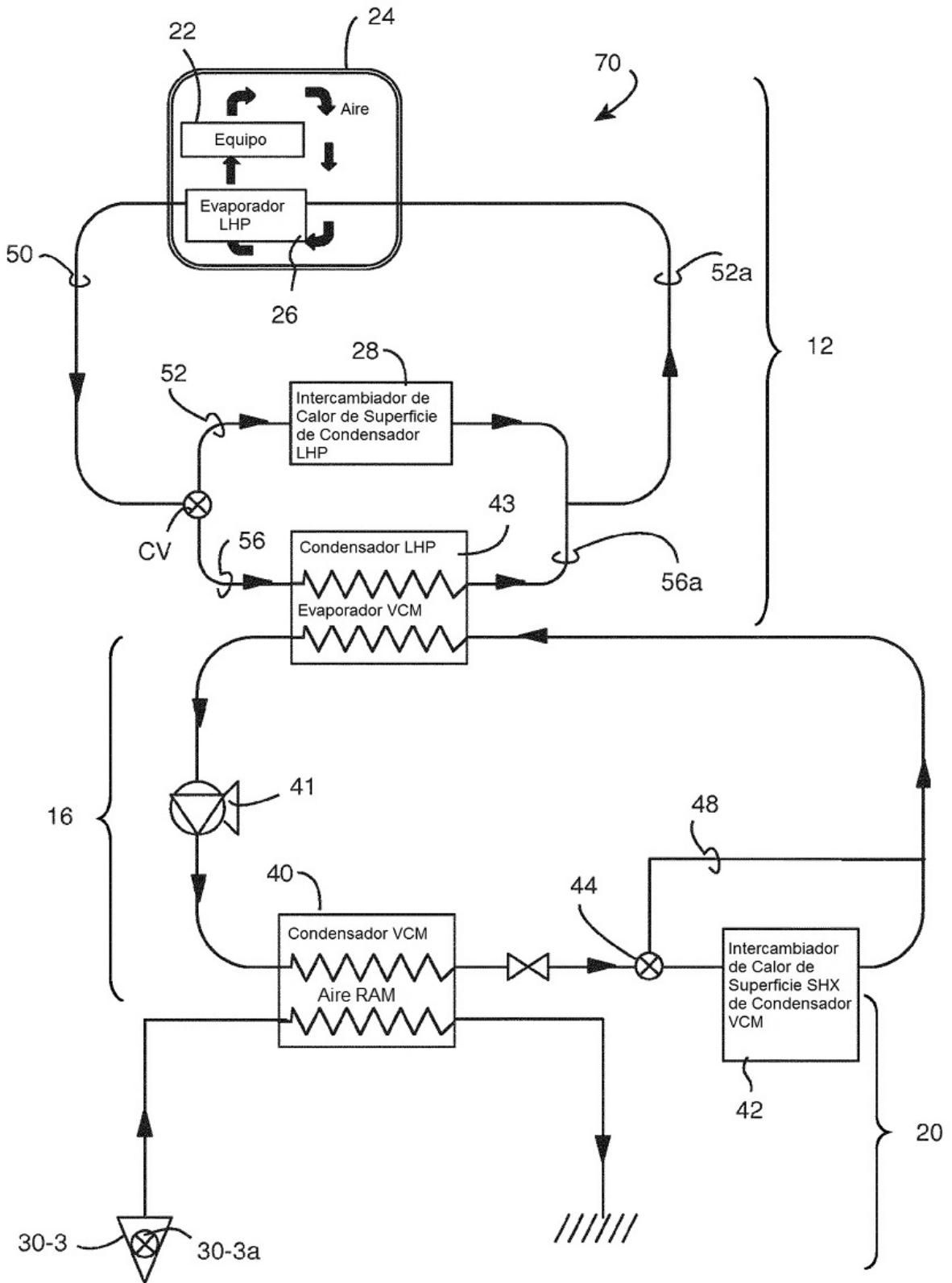


FIG. 7

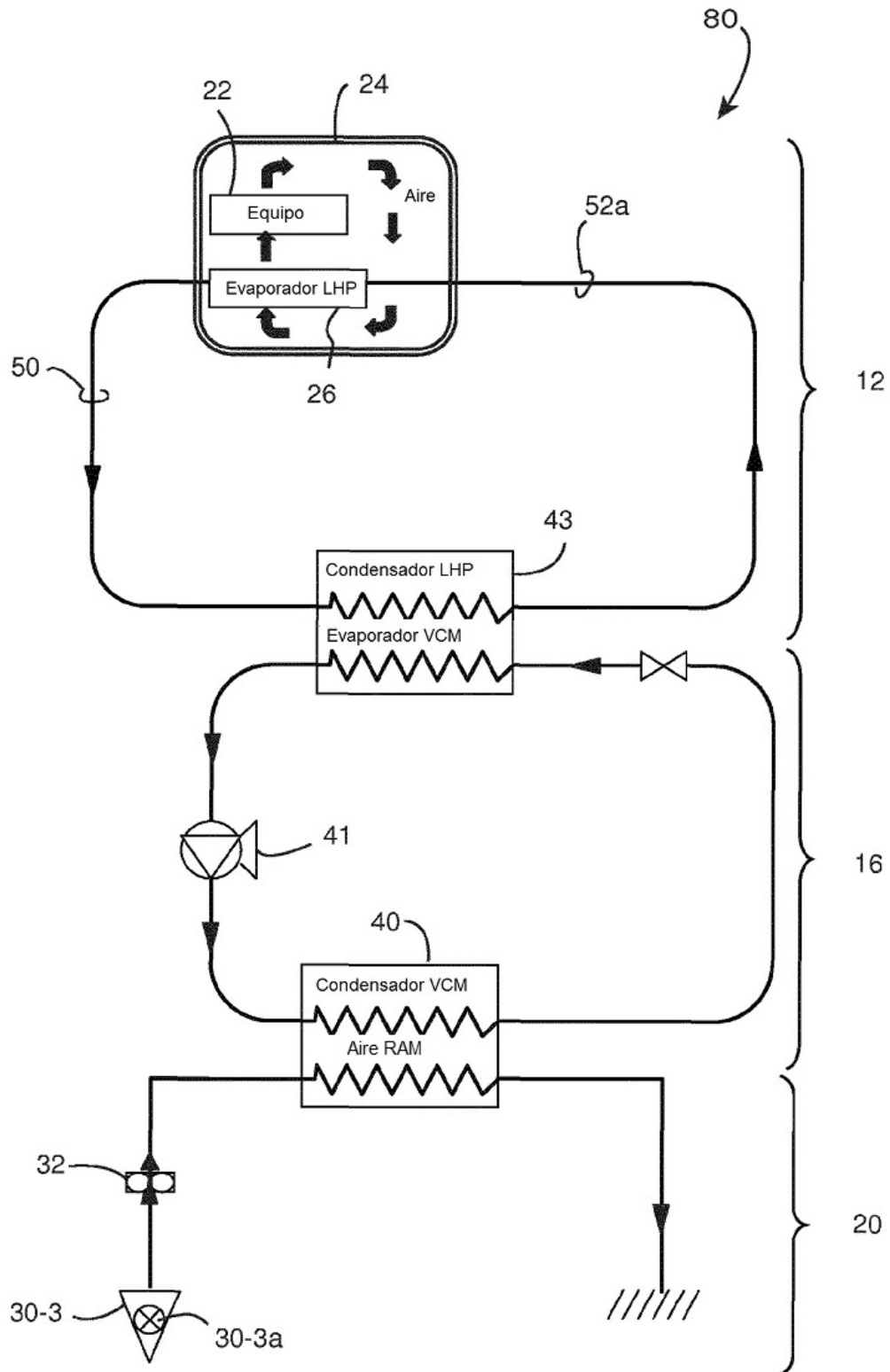


FIG. 8

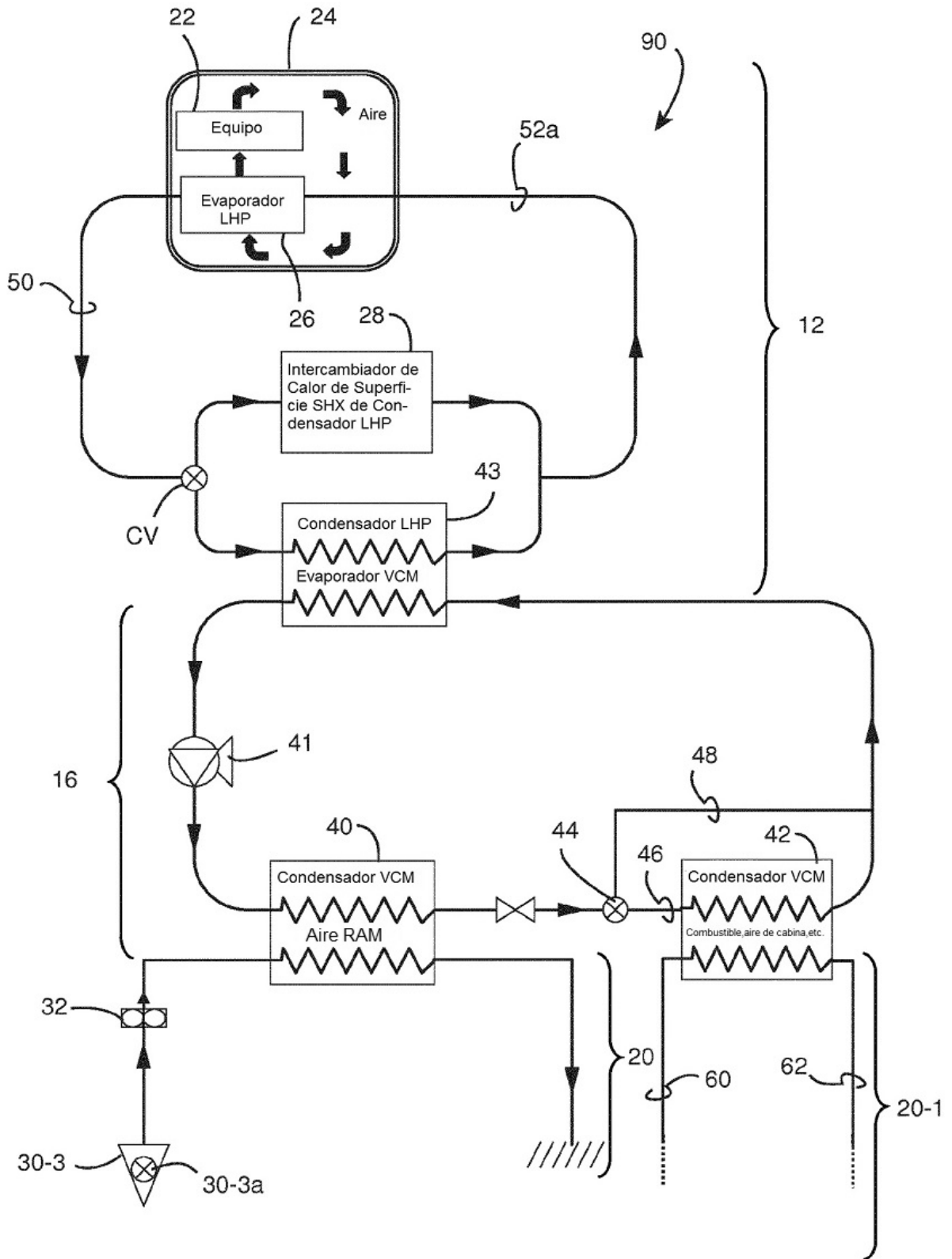


FIG. 9