

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 864 963**

51 Int. Cl.:

B60H 1/00 (2006.01)
B64D 13/06 (2006.01)
F28D 15/00 (2006.01)
F28D 15/02 (2006.01)
F28D 20/00 (2006.01)
F28D 20/02 (2006.01)
F28F 27/00 (2006.01)
H05K 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2017** **PCT/EP2017/062649**
87 Fecha y número de publicación internacional: **07.12.2017** **WO17207404**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2017** **E 17726282 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2020** **EP 3465050**

54 Título: **Método y dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave con un circuito cerrado de fluido parcialmente reversible**

30 Prioridad:

30.05.2016 FR 1600875

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2021

73 Titular/es:

LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS
(100.0%)
408 avenue des Etats-Unis
31200 Toulouse, FR

72 Inventor/es:

GALZIN, GUILLAUME y
JUVIN, OLIVIER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 864 963 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

Método y dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave con un circuito cerrado de fluido parcialmente reversible

5 La invención se refiere a un método y a un dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave, que incluye un circuito cerrado de fluido de circulación de un fluido caloportador. El documento WO20178029459A1, publicado con posterioridad a la fecha de presentación de la presente solicitud, pero con una prioridad anterior, describe un método y un dispositivo similares. El documento DE102008007560A1 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un dispositivo de acuerdo con el preámbulo de la
10 reivindicación 7.

A lo largo del texto se utiliza la siguiente terminología:

- fluido caloportador: cualquier fluido capaz de transportar energía térmica (calorías o frigorías) y de intercambiar energía térmica (calorías o frigorías) con un medio exterior;
 - intercambiador de calor: cualquier dispositivo que permita transferir energía térmica (calorías o frigorías) entre un
15 fluido caloportador y otro componente por conducción y/o convección y/o radiación mediante el contacto del dispositivo con el fluido caloportador y con dicho otro componente;
 - dispositivo de intercambio térmico: cualquier dispositivo que permita transferir energía térmica (calorías o frigorías) entre dos componentes; un dispositivo de intercambio térmico puede incluir uno o más intercambiadores de calor, en paralelo o en serie, posiblemente con uno o más circuitos cerrados de fluido, en paralelo o en serie,
 - vehículo: cualquier tipo de dispositivo móvil destinado a transportar una carga útil, y en particular que se puede
20 seleccionar entre las aeronaves (aviones de transporte de pasajeros, aviones de transporte de mercancías, aviones de combate, helicópteros, drones, etc.), las naves espaciales, los vehículos de transporte terrestre (vehículos de carretera o ferroviarios, etc.), los vehículos de transporte acuático o marítimo (buques, submarinos, etc.).
- 25 Ya se conocen diversos sistemas de refrigeración de cargas calientes, tales como los circuitos eléctricos y/o electrónicos de un vehículo, que comprenden un circuito cerrado de fluido bifásico (ciclo de vapor) que incluye uno o más compresores, condensadores, válvulas de expansión, evaporadores y conductos de circulación de un fluido caloportador.

También se sabe que es posible utilizar el aire del exterior del vehículo como fuente fría para la refrigeración de las cargas calientes a bordo de un vehículo.

30 También se ha propuesto utilizar además un depósito de combustible, o de agua u otro fluido a bordo, o incluso un circuito cerrado de circulación de un fluido a bordo de este tipo, como acumulador térmico que forme una fuente fría a bordo. No obstante, entonces se plantea el problema de controlar la temperatura de este acumulador térmico, en particular en el caso de un depósito de combustible. Para este propósito, es necesario prever un dispositivo específico de refrigeración del acumulador térmico, por ejemplo, un intercambiador que permita refrigerar el acumulador térmico
35 a partir del aire exterior al vehículo, directamente o a través de un circuito cerrado de fluido de circulación de otro fluido caloportador. Sin embargo, un dispositivo específico de refrigeración del acumulador térmico de este tipo es pesado, voluminoso y costoso, lo que incluso puede llegar a cuestionar el interés que puede tener la utilización del acumulador térmico como fuente fría para la refrigeración de cargas calientes a bordo de un vehículo tal como una aeronave. Además, no permite realizar una refrigeración eficaz del acumulador térmico cuando el vehículo está parado.

40 En este contexto, la invención tiene por objetivo optimizar la utilización de un acumulador térmico a bordo como fuente fría para la refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave.

La invención tiene por objetivo, en particular, proporcionar un método y un dispositivo de refrigeración de masa reducida, de tamaño reducido y de consumo de energía reducido.

La invención también tiene por objetivo alcanzar estos objetivos con un coste menor.

45 La invención tiene por objetivo más particularmente permitir la utilización combinada y optimizada del aire exterior al vehículo y de al menos un acumulador térmico a bordo para la refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave.

La invención tiene por objetivo proporcionar un método y un dispositivo de refrigeración de cualquier carga caliente a bordo de un vehículo. Más particularmente, tiene por objetivo proporcionar un método y un dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente seleccionada en el grupo formado por los dispositivos eléctricos (por ejemplo, una fuente de potencia eléctrica de alimentación de una red eléctrica a bordo del vehículo) y/o los dispositivos electrónicos y/o los dispositivos informáticos, el aire de los compartimentos a refrigerar, el aire de la cabina, y los volúmenes de líquido (en particular, seleccionados entre los volúmenes de combustible, los volúmenes de agua y los volúmenes de líquidos caloportadores distintos del agua y del combustible). En particular, tiene por objetivo proporcionar un método y un dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente formada por un dispositivo eléctrico y/o electrónico, en particular una fuente de potencia eléctrica de alimentación de una red eléctrica a bordo de un vehículo.

La invención se refiere, por tanto, a un método de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo, tal como una aeronave, que incluye un circuito cerrado de fluido de circulación de un fluido caloportador bifásico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

- para cada carga caliente a refrigerar, se introduce un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador frío, en un intercambiador de calor, denominado primer intercambiador de calor, de un primer dispositivo de intercambio térmico asociado a la carga caliente, para transferir calorías de esta última al fluido caloportador, para refrigerar la carga caliente y producir un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador caliente, a una temperatura superior a la de dicho caudal de fluido caloportador frío,

- al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor se introduce en al menos un intercambiador de calor, denominado segundo intercambiador de calor, de un segundo dispositivo de intercambio térmico dispuesto de forma que se pueda refrigerar mediante el aire procedente del exterior del vehículo,

- un caudal de dicho fluido caloportador se introduce en al menos un intercambiador de calor, denominado tercer intercambiador de calor, de un tercer dispositivo de intercambio térmico dispuesto para poder intercambiar un flujo térmico entre este caudal de dicho fluido caloportador y al menos un acumulador térmico, distinto de dicho fluido caloportador, transportado a bordo del vehículo,

- cuando se cumplen los criterios de las necesidades de refrigeración, al menos un -en particular cada uno- tercer intercambiador de calor de este tipo se alimenta de acuerdo con un modo de circulación, denominado modo directo, en el que recibe, en una primera boca de este tercer intercambiador de calor, al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un -en particular cada- primer intercambiador de calor, transfiriendo dicho tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente (es decir, que comprende este tercer intercambiador de calor) calorías de este fluido caloportador caliente al acumulador térmico para refrigerar dicho fluido caloportador, siendo el fluido caloportador refrigerado de este modo suministrado a través de una segunda boca del tercer intercambiador de calor,

- cuando no se cumplen los citados criterios de las necesidades de refrigeración, al menos un -en particular cada uno- tercer intercambiador de calor de este tipo se alimenta de acuerdo con un modo de circulación, denominado modo inverso, en el que recibe, en dicha segunda boca de este tercer intercambiador de calor un caudal de dicho fluido caloportador -en particular a una temperatura inferior a la del acumulador térmico- y el tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente (es decir, que comprende este tercer intercambiador de calor) transfiere calorías desde al menos un acumulador térmico a este fluido caloportador para refrigerar este acumulador térmico, y el fluido caloportador calentado de este modo sale de este tercer intercambiador de calor a través de dicha primera boca de este tercer intercambiador de calor.

La invención también se extiende a un dispositivo de refrigeración para la implementación de un método de refrigeración de acuerdo con la invención. Por lo tanto, la invención también se refiere a un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que es un dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo, tal como una aeronave, que incluye un circuito cerrado de fluido bifásico de circulación de un fluido caloportador que comprende:

- para cada carga caliente a refrigerar, un primer dispositivo de intercambio térmico asociado a la carga caliente, para que pueda transferir calorías de ésta última a un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador frío, introducido en un intercambiador de calor, denominado primer intercambiador de calor, de este primer dispositivo de intercambio térmico, para refrigerar la carga caliente y producir un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador caliente, a una temperatura superior a la de dicho caudal de fluido caloportador frío,

- al menos un segundo dispositivo de intercambio térmico dispuesto para que pueda refrigerar mediante el aire procedente del exterior del vehículo al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de

al menos un primer intercambiador de calor e introducido en un intercambiador de calor, denominado segundo intercambiador de calor, de este segundo dispositivo de intercambio térmico,

- al menos un tercer dispositivo de intercambio térmico dispuesto para poder intercambiar un flujo térmico entre al menos un acumulador térmico, distinto de dicho fluido caloportador, transportado a bordo del vehículo y un caudal de dicho fluido caloportador introducido en un intercambiador de calor, denominado tercer intercambiador de calor, de este tercer dispositivo de intercambio térmico,

- para cada tercer intercambiador de calor, un circuito, denominado circuito de inversión, que comprende un dispositivo de inversión controlado que incluye al menos una válvula controlada, estando dispuestos dicho circuito de inversión y el dispositivo de inversión controlado para que puedan hacer circular dicho fluido caloportador en el tercer intercambiador de calor de acuerdo con un modo de circulación seleccionado entre:

- un modo directo en el que el tercer intercambiador de calor recibe, en una primera boca de este tercer intercambiador de calor, al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor -en particular a una temperatura superior a la del acumulador térmico- y el tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente transfiere calorías de este fluido caloportador caliente al acumulador térmico para refrigerar este fluido caloportador caliente, siendo el fluido caloportador refrigerado de este modo suministrado por una segunda boca del tercer intercambiador de calor, y

- un modo inverso en el que el tercer intercambiador de calor recibe, en la segunda boca de este tercer intercambiador de calor, un caudal de dicho fluido caloportador -en particular un caudal de fluido caloportador a una temperatura inferior a la temperatura del acumulador térmico- y el tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente transfiere calorías desde al menos un acumulador térmico a este fluido caloportador para refrigerar este acumulador térmico, el fluido caloportador calentado de este modo sale de este tercer intercambiador de calor por dicha primera boca de este tercer intercambiador de calor.

En un método y un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, el circuito cerrado de fluido es, por tanto, parcialmente reversible, siendo reversibles únicamente el funcionamiento de cada tercer intercambiador de calor y el circuito de inversión correspondiente. En particular, cabe señalar que todo el circuito cerrado de fluido de acuerdo con la invención no tiene por qué ser reversible, contrariamente a ciertos sistemas conocidos de gestión térmica utilizados en instalaciones fijas, en particular para la calefacción o la climatización de locales. De hecho, dicho circuito cerrado de fluido permite refrigerar cada carga caliente tanto en modo directo como en modo inverso.

En un método y un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, cada primer dispositivo de intercambio térmico puede estar formado únicamente por un solo intercambiador, es decir, un primer intercambiador de calor. Como alternativa, nada impide prever al menos un primer dispositivo de intercambio térmico que incluya varios intercambiadores de calor, en serie o en paralelo, y/o uno o más circuitos cerrados de fluido (monofásico o bifásico) intermedios.

En un método y un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, cada segundo dispositivo de intercambio térmico puede estar formado únicamente por un solo intercambiador, es decir, un segundo intercambiador de calor. Como alternativa, nada impide prever al menos un segundo dispositivo de intercambio térmico que incluya varios intercambiadores de calor, en serie o en paralelo, y/o uno o más circuitos cerrados intermedios de fluido bifásico.

En un método y un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, cada tercer dispositivo de intercambio térmico puede estar formado únicamente por un solo intercambiador, es decir, un tercer intercambiador de calor. Como alternativa, nada impide prever al menos un tercer dispositivo de intercambio térmico que incluya varios intercambiadores de calor, en serie o en paralelo, y/o uno o más circuitos cerrados intermedios de fluido bifásico.

Un ejemplo que no forma parte de la invención se aplica con un circuito cerrado de fluido monofásico, es decir, que comprende un fluido caloportador cuyo estado físico no cambia en el curso del ciclo termodinámico realizado durante la circulación en el circuito cerrado de fluido. Este fluido caloportador monofásico puede ser un líquido o una composición gaseosa.

La invención se aplica al caso de un circuito cerrado de fluido bifásico, es decir, que comprende un fluido caloportador capaz de estar al menos parcialmente en estado líquido y al menos parcialmente en estado de vapor, estando adaptado el circuito cerrado de fluido para que el estado físico del fluido caloportador cambie en el curso del ciclo termodinámico realizado durante la circulación en el circuito cerrado de fluido. Un fluido caloportador bifásico que se puede utilizar en un método y un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención se puede seleccionar, por ejemplo, en el grupo formado por los fluidos refrigerantes bifásicos (tales como los hidrofluorocarburos (en particular el R245fa, el R134a, el R236fa) y las hidrofluorolefinas (en particular la HFO1234ze, la HFO1234yf y la HFO2345zde), el dióxido de carbono, el aire y los líquidos monofásicos (tales como las EGW (composiciones acuosas de etilenglicol), las PGW (composiciones acuosas de propilenglicol), los coolanol® y las polialfaolefinas PAO).

Además, el caudal de dicho fluido caloportador que alimenta un tercer intercambiador de calor en modo inverso se debe elegir para que tenga una temperatura inferior a la del acumulador térmico para poder refrigerar este último. En particular, se puede tratar de al menos una parte de un caudal de fluido caloportador frío, otra parte del cual forma dicho caudal de fluido caloportador frío alimentado a un primer intercambiador de calor.

- 5 En determinadas formas de realización ventajosas en modo inverso, cada tercer intercambiador de calor recibe un caudal de fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador refrigerado, procedente de un depósito de fluido caloportador a través de un dispositivo de expansión (válvula de expansión, orificio de expansión, tubo capilar, turbina, etc.). Por lo tanto, en estas formas de realización, un dispositivo de acuerdo con la invención incluye un depósito de fluido caloportador y al menos un dispositivo de expansión interpuesto entre el depósito de fluido caloportador y un tercer intercambiador de calor y dispuesto para suministrar, en modo inverso, a este tercer intercambiador de calor un caudal de fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador refrigerado, a una temperatura inferior a la de cada acumulador térmico asociado a este tercer intercambiador de calor.

- 15 Además, en un método y un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, dichos criterios de las necesidades de refrigeración se pueden seleccionar entre diferentes criterios, dependiendo de las necesidades y aplicaciones. Al menos un tercer intercambiador de calor se alimenta en modo inverso cuando no es necesario utilizar este tercer intercambiador de calor para refrigerar el fluido caloportador, siendo las necesidades de refrigeración de cada carga caliente a refrigerar lo suficientemente bajas como para autorizar la utilización de este tercer intercambiador de calor para refrigerar cada acumulador térmico asociado al tercer dispositivo térmico que incluye este tercer intercambiador de calor.

- 20 El paso del modo de alimentación directa al modo de alimentación inversa de cada tercer intercambiador de calor se puede llevar a cabo, al menos parcialmente, de forma manual, por ejemplo, bajo el control de un operador. No obstante, preferiblemente, este paso se realiza de forma totalmente automática, por la orden de una unidad de control del dispositivo de refrigeración. Por lo tanto, un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención incluye de forma ventajosa una unidad de control adaptada para poder controlar al menos un -en particular cada uno- dispositivo de inversión:

- en modo directo cuando se cumplen los criterios de las necesidades de refrigeración,
- en modo inverso cuando no se cumplen dichos criterios de las necesidades de refrigeración.

En determinadas formas de realización ventajosas de un método de acuerdo con la invención:

- 30 - dichos criterios de las necesidades de refrigeración incluyen al menos un criterio, denominado criterio de temperatura, según el cual la temperatura de al menos una carga caliente es superior a una temperatura máxima admisible,
- se mide la temperatura de cada carga caliente para la que se ha definido al menos un criterio de temperatura,
 - al menos un intercambiador de calor de este tipo -en particular cada uno- se suministra:
 - en modo directo cuando la temperatura medida de cada carga caliente cumple con cada criterio de temperatura,
- 35 - en modo inverso al menos cuando la temperatura medida de cada carga caliente no cumple con cada criterio de temperatura.

En estas formas de realización, la unidad de control de un dispositivo de acuerdo con la invención también se adapta de forma ventajosa para:

- 40 - recibir señales de medida de la temperatura de cada carga caliente para la que se ha definido al menos un criterio de temperatura,
- comprobar si se cumple cada criterio de temperatura,
 - controlar al menos un -en particular cada uno- dispositivo de inversión de este tipo:
 - en modo directo cuando la temperatura medida de cada carga caliente cumple con cada criterio de temperatura,
- 45 - en modo inverso al menos cuando la temperatura medida de cada carga caliente no cumple con cada criterio de temperatura.

Al menos un criterio de temperatura es una temperatura de al menos una -en particular de cada una- carga caliente superior a una temperatura máxima admisible. De hecho, si la temperatura de una carga caliente es superior a una temperatura máxima admisible de este tipo, esto significa que las necesidades de refrigeración son relativamente elevadas, de modo que al menos un tercer intercambiador de calor -en particular, si es necesario, cada tercer intercambiador de calor- se alimenta en modo directo de forma que el dispositivo de refrigeración proporcione una capacidad de refrigeración superior -en particular, la máxima-. Por el contrario, si la temperatura de cada carga caliente no es superior a una temperatura máxima admisible de ese tipo, las necesidades de refrigeración son menos importantes, y es posible no utilizar al menos un tercer intercambiador de calor en modo directo para la refrigeración, y alimentarlo en modo inverso para refrigerar en su lugar este tercer intercambiador de calor. Dicha temperatura máxima admisible que se puede predeterminar o, por el contrario, se determina dinámicamente, en particular en tiempo real, por una unidad lógica. Dicha temperatura máxima admisible se puede determinar para cada carga caliente a refrigerar, en función de las necesidades de refrigeración de esta carga caliente. Por lo tanto, puede variar de una carga caliente a otra.

Como alternativa o en combinación, la velocidad de un compresor rotativo en el circuito cerrado de fluido se puede utilizar como criterio para las necesidades de refrigeración. De hecho, en determinadas formas de realización de un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, el circuito cerrado de fluido comprende un compresor rotativo cuya velocidad de rotación se controla mediante la unidad de control para controlar la temperatura de cada carga caliente. Sin embargo, cuando la velocidad del compresor es inferior a su velocidad máxima, esto significa que sigue existiendo la posibilidad de utilizar una parte del caudal del fluido caloportador del circuito cerrado de fluido para la refrigeración de un acumulador térmico. Por lo tanto, en estas formas de realización, la unidad de control se adapta para controlar al menos un -en particular cada uno- dispositivo de inversión de este tipo:

- en modo directo cuando la velocidad de un compresor en el circuito cerrado de fluido es superior a un valor predeterminado,

- en modo inverso al menos cuando la velocidad del compresor del circuito cerrado de fluido es inferior a dicho valor predeterminado.

También hay que señalar que se puede prever cualquier combinación lógica de selección de alimentación de cada tercer intercambiador de calor, de acuerdo con las necesidades de refrigeración, en función de las arquitecturas y combinaciones de los diferentes intercambiadores de calor y aplicaciones. En particular, la selección de una alimentación de energía en modo directo de un tercer intercambiador de calor, o de un conjunto predeterminado de terceros intercambiadores de calor, o de todos los terceros intercambiadores de calor, se puede activar si la temperatura de una sola carga caliente supera un valor umbral predeterminado, o si la temperatura de un conjunto predeterminado de cargas calientes supera un valor umbral predeterminado para cada una de estas cargas calientes, o si la temperatura de todas las cargas calientes a refrigerar supera un valor umbral predeterminado para cada una de estas cargas calientes. Del mismo modo, la selección de una alimentación en modo inverso de un tercer intercambiador de calor, o de un conjunto predeterminado de terceros intercambiadores de calor, o de todos los terceros intercambiadores de calor, se puede activar si la temperatura de una sola carga caliente es inferior a un valor umbral predeterminado, o si la temperatura de un conjunto predeterminado de cargas calientes es inferior a un valor umbral predeterminado para cada una de estas cargas calientes, o si la temperatura de todas las cargas calientes a refrigerar es inferior a un valor umbral predeterminado para cada una de estas cargas calientes.

Asimismo, para seleccionar la alimentación en modo directo o en modo inverso de cada tercer intercambiador de calor se pueden utilizar, como alternativa o en combinación, otros criterios distintos de la temperatura de al menos una carga caliente representativos de las necesidades de refrigeración: por ejemplo, la intensidad de una corriente eléctrica consumida por al menos una carga caliente; un parámetro de funcionamiento de al menos una carga caliente representativo de que ésta última tiene mayores necesidades de refrigeración; la temperatura del aire exterior; el caudal disponible de aire exterior; la presión de condensación; la temperatura del acumulador térmico, etc.

Del mismo modo, la lógica de selección de la alimentación en modo directo o inverso de cada tercer intercambiador de calor puede ser objeto de numerosas variantes de formas de realización y puede ser más o menos compleja: se puede tratar de control en circuito cerrado que comprenda uno o más circuitos cerrados para llevar a cabo una regulación proporcional y/o integral y/o derivada u otra apropiada.

La invención se aplica a todos los tipos de arquitecturas y combinaciones de al menos un primer dispositivo de intercambio térmico que comprende al menos un primer intercambiador de calor, al menos un segundo dispositivo de intercambio térmico que incluye al menos un segundo intercambiador de calor, y al menos un tercer dispositivo de intercambio térmico asociado al menos a un acumulador térmico a bordo y que comprende al menos un tercer intercambiador de calor. Por ejemplo, el mismo tercer dispositivo de intercambio térmico se asocia a un acumulador térmico o a varios acumuladores térmicos; varios terceros dispositivos de intercambio térmico se asocian al mismo acumulador térmico o a varios acumuladores térmicos; un mismo primer intercambiador de calor se asocia a una única carga caliente o a varias cargas calientes distintas; el circuito cerrado de fluido puede incluir un único primer

intercambiador de calor; por el contrario, se pueden incorporar varios primeros intercambiadores de calor en el circuito cerrado de fluido, en paralelo o en serie; el circuito cerrado de fluido puede incluir un único segundo intercambiador de calor; por el contrario, se pueden incorporar varios segundos intercambiadores de calor en el circuito cerrado de fluido, en paralelo o en serie, etc.

- 5 En determinadas formas de realización posibles de un método de acuerdo con la invención, para cada primer intercambiador de calor asociado a una carga caliente, se dispone un único tercer intercambiador de calor de manera que pueda recibir, en modo directo, una parte del caudal de fluido caloportador caliente procedente de este primer intercambiador de calor. Como alternativa o en combinación, para cada segundo intercambiador de calor, se dispone un único tercer intercambiador de calor de manera que pueda recibir, en modo directo, al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor y al menos una parte del cual se suministra a este segundo intercambiador de calor.

Además, el circuito de inversión y el dispositivo de inversión controlado de cada tercer intercambiador de calor pueden ser objeto de un gran número de variantes de formas de realización diferentes, siempre que permitan la selección del modo de alimentación del tercer intercambiador de calor en modo directo o en modo inverso.

- 15 En determinadas formas de realización posibles de acuerdo con la invención, al menos un dispositivo de inversión controlado -en particular cada dispositivo de inversión controlado- de al menos un tercer intercambiador de calor incluye una válvula de tres vías controlada que tiene:

- una salida conectada a un conducto aguas abajo de al menos un primer intercambiador -en particular a un conducto de salida de al menos un primer intercambiador y/o aguas arriba de al menos una etapa de un compresor del circuito cerrado de fluido conectado a este conducto de salida-,

- una entrada conectada a un conducto conectado a un segundo intercambiador de calor -en particular a un conducto de entrada de un segundo intercambiador de calor dispuesto en paralelo al tercer intercambiador de calor, o a un conducto de salida de un segundo intercambiador de calor dispuesto en serie aguas arriba del tercer intercambiador de calor-,

- una entrada/salida conectada a una primera boca del tercer intercambiador de calor,

y la unidad de control se conecta a la válvula de tres vías y se adapta para:

- en modo directo conectar la entrada de la válvula de tres vías a su entrada/salida que actúa como salida para un caudal de dicho fluido caloportador tomado del conducto de entrada del segundo intercambiador de calor,
- en modo inverso, conectar la entrada/salida de la válvula de tres vías a su salida, actuando la entrada/salida como entrada para un caudal de dicho fluido caloportador procedente del tercer intercambiador de calor, siendo mezclado dicho fluido caloportador procedente de la salida de la válvula de tres vías con dicho fluido caloportador de dicho conducto de salida.

- 35 Sin embargo, nada impide prever cualquier otra forma de realización de un dispositivo de inversión de este tipo, pudiendo sustituirse dicha válvula de tres vías, por ejemplo, por dos válvulas de dos vías controladas, una en cada conducto conectado a la primera boca del tercer intercambiador de calor. Además, la válvula de tres vías (o las mencionadas válvulas de dos vías) del dispositivo de inversión no tienen por qué ser válvulas proporcionales, y pueden ser electroválvulas todo o nada.

- 40 Además, de forma ventajosa y de acuerdo con la invención, dicha segunda boca del tercer intercambiador se conecta en modo directo a un conducto de salida de al menos un segundo intercambiador de calor de este tipo, siendo mezclado dicho fluido caloportador procedente de esta segunda boca del tercer intercambiador con dicho fluido caloportador de este conducto de salida refrigerado por el segundo dispositivo de intercambio térmico.

- 45 En modo inverso, dicha segunda boca del tercer intercambiador recibe al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador frío introducido en un primer intercambiador de calor. En particular, dicha segunda boca del tercer intercambiador se conecta a un dispositivo de expansión de un caudal de dicho fluido caloportador -en particular a un dispositivo de expansión (válvula de expansión, orificio de expansión, tubo capilar, turbina, etc.) adaptado para suministrar el fluido caloportador a una temperatura inferior a la del acumulador térmico-.

- 50 Además, en modo inverso, la primera boca de este tercer intercambiador de calor se conecta a un conducto conectado a la salida del primer intercambiador de calor para mezclar el caudal de fluido caloportador calentado por el tercer intercambiador de calor con el caudal de fluido caloportador calentado por este primer intercambiador de calor. El caudal acumulado de fluido caloportador recalentado formado de este modo mediante esta mezcla se introduce en la

entrada del segundo dispositivo de intercambio térmico -en particular en la entrada de un segundo intercambiador de calor- para ser refrigerado mediante el aire exterior. Por lo tanto, en modo inverso, el caudal de fluido caloportador recalentado por el tercer intercambiador de calor, que permite refrigerar el acumulador de calor, se refrigera mediante el segundo dispositivo de intercambio térmico.

- 5 En determinadas formas de realización simplificadas de un método y de un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención, el circuito cerrado de fluido comprende un único segundo intercambiador de calor y un único tercer intercambiador de calor dispuestos en paralelo entre un primer nodo del circuito cerrado de fluido que recibe dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de cada carga caliente a refrigerar -en particular, un nodo situado aguas abajo de un compresor que recibe dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de cada primer intercambiador de calor y que suministra fluido caloportador caliente comprimido a este nodo- y un segundo nodo del circuito cerrado de fluido que recibe el caudal de dicho fluido caloportador refrigerado suministrado por el segundo intercambiador de calor. El tercer intercambiador de calor se puede asociar a un único acumulador térmico a bordo, por ejemplo, compuesto por un depósito de combustible. El primer nodo del circuito cerrado de fluido se conecta a la entrada de una válvula de tres vías controlada, cuya entrada/salida se conecta a una primera boca del tercer intercambiador de calor. El circuito de inversión comprende un conducto que conecta una salida de la válvula de tres vías con otro nodo del circuito cerrado de fluido en un conducto que recibe dicho caudal de fluido caloportador caliente de cada primer intercambiador de calor, para mezclar el caudal de dicho fluido caloportador de salida del tercer intercambiador de calor en modo inverso con dicho caudal de fluido caloportador caliente. El circuito de inversión también comprende un conducto que conecta, en modo inverso, un dispositivo de expansión -en particular, una válvula de expansión controlada- con una segunda boca del tercer intercambiador de calor, estando este dispositivo de expansión alimentado a su vez con fluido caloportador procedente de un depósito de fluido caloportador. El segundo nodo del circuito cerrado de fluido se conecta a una entrada del depósito de fluido caloportador. El segundo nodo se conecta a la segunda boca del tercer intercambiador de calor a través de una válvula (o válvula controlada) dispuesta para impedir la circulación del fluido caloportador desde el segundo nodo a la segunda boca del tercer intercambiador de calor cuando dicha válvula de expansión se controla en modo inverso.

- En un método y dispositivo de acuerdo con la invención, cada acumulador térmico asociado a un tercer dispositivo de intercambio térmico se puede seleccionar entre cualquier acumulador térmico transportado a bordo del vehículo, distinto de dicho fluido caloportador del circuito cerrado de fluido, y que tenga una inercia térmica suficiente. En particular, en determinadas formas de realización, cada acumulador térmico asociado a un tercer dispositivo de intercambio térmico se selecciona en el grupo formado por depósitos de líquido, depósitos de gas, depósitos de material de cambio de fase (líquido/gas, o sólido/líquido, o sólido/gas), piezas sólidas, y combinaciones de los mismos. En particular, un acumulador térmico de este tipo se puede seleccionar entre un depósito de combustible de un motor del vehículo, un depósito de agua del vehículo, una pieza sólida maciza (por ejemplo, de la estructura o del chasis del vehículo), o un dispositivo específico de acumulación térmica dedicado exclusivamente a la función de acumulación térmica (por ejemplo, un depósito de material de cambio de fase líquido/gas o líquido/sólido (por ejemplo, una cera)) o similares. En un tercer dispositivo de intercambio térmico, nada impide prever que al menos un circuito cerrado de fluido intermedio (por ejemplo, un circuito de combustible del vehículo, el circuito de agua del vehículo...) se interponga entre dicho tercer intercambiador de calor y cada acumulador térmico asociado al tercer dispositivo de intercambio térmico.

- La invención se extiende a un vehículo caracterizado por que comprende al menos un dispositivo de acuerdo con la invención de refrigeración de al menos una carga caliente transportada a bordo del vehículo. Un vehículo de acuerdo con la invención se puede seleccionar, en particular, entre las aeronaves (aviones de transporte de pasajeros, aviones de transporte de mercancías, helicópteros, drones, etc.), las naves espaciales, los vehículos de transporte terrestre (vehículos de carretera o ferroviarios, etc.), los vehículos de transporte acuático o marítimo (buques, submarinos, etc.). La invención se extiende de forma ventajosa en particular a una aeronave caracterizada por que comprende al menos un dispositivo de acuerdo con la invención de refrigeración de al menos una carga caliente transportada a bordo de la aeronave.

- La invención permite de este modo, por una parte, variar de forma dinámica las capacidades de refrigeración en función de las necesidades de refrigeración de cada carga caliente transportada a bordo del vehículo, utilizando o no uno o más acumuladores térmicos a bordo para la alimentación de al menos un tercer intercambiador de calor en modo directo, además de la refrigeración del fluido caloportador del circuito cerrado de fluido mediante el aire exterior mediante cada segundo intercambiador de calor. La reversibilidad parcial de al menos un tercer intercambiador de calor del circuito cerrado de fluido permite además refrigerar cada acumulador térmico asociado a este tercer intercambiador de calor de forma sencilla, económica, ligera y con poco volumen. La invención permite, por tanto, gestionar simultáneamente la temperatura de cada carga caliente y la temperatura de cada acumulador térmico con un único circuito cerrado de fluido. No es necesario prever una refrigeración de cada acumulador térmico mediante el aire exterior, ni disponer de un dispositivo específico diseñado para ello. Además, es posible refrigerar tanto cada carga caliente como cada acumulador térmico mientras el vehículo está parado, en particular cuando el vehículo se encuentra en tierra en el caso de una aeronave.

La invención también se refiere a un método y dispositivo de refrigeración y a un vehículo caracterizados en combinación por algunas o todas las características mencionadas anteriormente o a continuación.

Otros objetivos, características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción dada a título no restrictivo de una de sus formas de realización, que se refiere a las figuras adjuntas en las que:

- la figura 1 es un esquema sinóptico funcional de una forma de realización de un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención,

- la figura 2 es un esquema sinóptico funcional que muestra el dispositivo de refrigeración de la figura 1 con el tercer intercambiador de calor alimentado en modo directo,

- la figura 3 es un esquema sinóptico funcional que muestra el dispositivo de refrigeración de la figura 1 con el tercer intercambiador de calor alimentado en modo inverso,

- la figura 4 es un esquema sinóptico funcional de otra forma de realización de un dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención,

El dispositivo de acuerdo con la invención de refrigeración de cargas calientes transportadas a bordo de un vehículo tal como una aeronave mostrada en las figuras comprende un primer intercambiador de calor 11 asociado con al menos una carga caliente 12 a refrigerar para poder transferir calorías de la carga caliente 12 a un fluido caloportador que circula en un circuito cerrado de circulación de fluido en el que se incorpora el primer intercambiador de calor 11.

Preferiblemente, el fluido caloportador y el circuito cerrado de fluido son del tipo denominado bifásico, es decir, se disponen de tal manera que el fluido caloportador se encuentra en estado líquido en determinadas partes del circuito cerrado de fluido en las que está a una temperatura relativamente baja, en estado gaseoso en determinadas partes del circuito cerrado de fluido en las que está a una temperatura relativamente alta, y en estado líquido/gas en determinadas partes del circuito cerrado de fluido. En las figuras, la letra "L" fijada junto a un conducto significa que el fluido caloportador está en estado líquido en el conducto; la letra "G" significa que el fluido caloportador está en estado gaseoso; y la letra "D" significa que el fluido caloportador está en estado bifásico líquido/gas.

El circuito cerrado de fluido incluye un depósito de fluido caloportador 13 en estado líquido. Entre el depósito 13 y una entrada del primer intercambiador de calor 11, el circuito cerrado de fluido incluye una válvula de expansión 14 conectada al depósito 13 mediante un conducto 15 y a una entrada del primer intercambiador de calor 11 mediante un conducto 16. La válvula de expansión 14 permite, por un lado, expandir el fluido caloportador haciéndolo pasar parcialmente al estado gaseoso y refrigerándolo y, por otro lado, ajustar el caudal en la salida de la válvula de expansión 14. Por lo tanto, la salida de la válvula de expansión 14 suministra a la entrada del primer intercambiador de calor 11 un caudal de fluido caloportador bifásico a baja temperatura, denominado caudal de fluido caloportador frío.

En el caso de un circuito cerrado de fluido bifásico, el primer intercambiador de calor 11 es un evaporador, y el fluido caloportador se evapora y pasa totalmente al estado gaseoso durante su paso por el primer intercambiador de calor 11, bajo el efecto de las calorías proporcionadas por la carga caliente 12. Por lo tanto, la salida del primer intercambiador de calor 11 suministra un caudal de fluido caloportador en estado gaseoso y calentado (a una temperatura superior a la del caudal de fluido caloportador frío en la entrada del primer intercambiador de calor), denominado como caudal de fluido caloportador caliente.

La salida del primer intercambiador de calor 11 se conecta mediante un conducto 18 a un compresor motorizado 17. El compresor 17 suministra un caudal de fluido caloportador gaseoso caliente a mayor presión y mayor temperatura, y tiene una salida conectada por un conducto 19 a una entrada de un segundo intercambiador de calor 20 a través de una electroválvula 21 opcional que permite, si es necesario, ajustar el caudal de fluido caloportador suministrado a la entrada del segundo intercambiador de calor 20.

El segundo intercambiador de calor 20 se asocia a un flujo de aire exterior al vehículo 22, a una temperatura muy inferior a la temperatura del caudal de fluido caloportador caliente suministrado a la entrada del segundo intercambiador de calor 20. Este flujo 22 de aire exterior puede ser una circulación de aire generada por el desplazamiento del vehículo (aire dinámico o "ram air") y/o por un ventilador de a bordo cuando el vehículo se encuentra parado.

En el caso de un circuito cerrado de fluido bifásico, el segundo intercambiador de calor 20 es un condensador y suministra un caudal de fluido caloportador refrigerado en estado líquido en la salida. La salida del segundo intercambiador de calor 20 se conecta mediante un conducto 23 a la entrada del depósito 13 de fluido caloportador en estado líquido.

El circuito cerrado de fluido incluye un tercer intercambiador de calor 24 conectado en paralelo al segundo intercambiador de calor 20, estando este tercer intercambiador de calor 24 asociado a un acumulador térmico 25, distinto del fluido caloportador, y transportado a bordo del vehículo. Un tercer intercambiador de calor 24 se puede proporcionar por diversas razones, en particular para aumentar las capacidades de refrigeración del circuito cerrado (la refrigeración mediante el aire exterior está necesariamente limitada en términos de capacidad y/o disponibilidad) y/o por razones de seguridad y/o de integración u otras.

Una primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 se conecta mediante un conducto 26 al conducto 19 conectado a la salida del compresor 17 para poder recibir al menos una parte del caudal de fluido caloportador caliente que ha servido para refrigerar al menos una carga caliente, es decir, suministrada por el compresor 17. La intersección del conducto 26 con el conducto 19 forma un primer nodo 28 del circuito cerrado de fluido. Una válvula de tres vías 29 se interpone en el conducto 26 entre el primer nodo 28 y la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 para permitir, en particular, ajustar el caudal de fluido caloportador suministrado a la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24.

El fluido caloportador y el acumulador térmico 25 se seleccionan de forma que el fluido caloportador caliente que ha servido para refrigerar al menos una carga caliente, es decir, suministrado por el compresor 17, se pueda refrigerar mediante el acumulador térmico 25, estando este último a una temperatura media inferior a la temperatura del fluido caloportador caliente suministrado por el compresor 17, en particular para poder garantizar la evacuación de las calorías del fluido caloportador cuando el segundo intercambiador de calor es insuficiente para garantizar la totalidad de esta refrigeración. El acumulador térmico 25 también se selecciona de forma que tenga una capacidad calorífica lo más grande posible y una efusividad térmica lo más alta posible, para poder absorber el mayor número de calorías del fluido caloportador caliente a través del tercer intercambiador de calor 24, y para limitar las variaciones de temperatura del acumulador térmico 25 y del fluido caloportador.

Por ejemplo, el acumulador térmico 25 se selecciona en el grupo formado por depósitos de líquido, depósitos de gas, depósitos de material de cambio de fase, piezas sólidas y combinaciones de los mismos. En particular, un acumulador térmico de este tipo se puede seleccionar entre un depósito de combustible de un motor del vehículo, un depósito de agua del vehículo, una pieza sólida maciza (por ejemplo, de la estructura o del chasis del vehículo), o un dispositivo específico de acumulación térmica dedicado exclusivamente a la función de acumulación térmica (por ejemplo, un depósito de material de cambio de fase líquido/gas).

El tercer intercambiador de calor 24 comprende una segunda boca 30 opuesta a la primera boca 27, circulando el fluido caloportador en el tercer intercambiador de calor 24 entre estas bocas 27, 30 para poder intercambiar un flujo térmico con el acumulador térmico 25. La segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24 se conecta al conducto 23 que se extiende entre la salida del segundo intercambiador de calor 20 y el depósito 13, mediante un conducto 31, formando la intersección de estos conductos 23, 31 un segundo nodo 32 del circuito cerrado de fluido. De esta manera, un caudal de fluido caloportador refrigerado por el tercer intercambiador de calor 24 mediante transferencia de calorías al acumulador térmico 25 se puede suministrar por la segunda boca 30 y se puede mezclar con el fluido caloportador refrigerado mediante el segundo intercambiador de calor 20 antes de ser reintroducido en el depósito 13.

Por lo tanto, el tercer intercambiador de calor 24 se puede alimentar en modo directo para recibir, en la primera boca 27, que constituye entonces una entrada, al menos una parte del caudal de fluido caloportador caliente suministrado por el compresor 17 (que se ha utilizado para refrigerar la carga caliente 12), para transferir calorías de este fluido caloportador caliente al acumulador térmico 25 para refrigerar el fluido caloportador, y para suministrar el fluido caloportador refrigerado de este modo a través de la segunda boca 30, que constituye entonces una salida, al depósito 13. El tercer intercambiador de calor 24 alimentado en modo directo aumenta por lo tanto las capacidades de refrigeración del circuito cerrado de fluido. La figura 2 muestra el circuito cerrado de fluido cuando el tercer intercambiador de calor 24 se alimenta en modo directo, con la válvula de expansión 35 cerrada. Los conductos 33, 37 del circuito de inversión se muestran en líneas discontinuas para indicar el hecho de que el fluido caloportador no circula por estos conductos.

En el caso de un circuito cerrado bifásico, el fluido caloportador caliente alimentado en modo directo en la entrada del tercer intercambiador de calor 24 está en estado gaseoso, y el fluido caloportador refrigerado después de su paso por el tercer intercambiador de calor 24 y suministrado en la salida de este último está preferiblemente en estado líquido, constituyendo por lo tanto el tercer intercambiador de calor 24 un condensador cuando se alimenta en modo directo.

Cuando se alimenta en modo directo, el tercer intercambiador de calor 24 está en paralelo con el segundo intercambiador de calor 20 entre el primer nodo 28 y el segundo nodo 32. Tanto el tercer intercambiador de calor 24 como el segundo intercambiador de calor 20 realizan una función de condensador.

El dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención incluye también un circuito de inversión del sentido de circulación del fluido caloportador en el tercer intercambiador de calor 24, haciendo posible, de acuerdo con un modo de circulación, denominado modo inverso, introducir un caudal de fluido caloportador frío en la segunda boca 30 del

tercer intercambiador de calor 24 con vista a la refrigeración del acumulador térmico 25 mediante la transferencia de calorías desde el acumulador térmico 25 a este fluido caloportador que circula en sentido contrario en el tercer intercambiador de calor 24, calentándose este fluido caloportador y saliendo de la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 con una temperatura más elevada, en estado gaseoso.

- 5 Para este propósito, la salida del depósito 13 se conecta a la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24 mediante un conducto 33 cuya intersección en la salida del depósito 13 forma un tercer nodo 34 del circuito cerrado de fluido. Este conducto 33 desemboca en el conducto 31 conectado a la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24. En este conducto 33 se interpone una válvula de expansión 35 para, por un lado, expandir el fluido caloportador haciéndolo pasar parcialmente al estado gaseoso y refrigerándolo (expandiéndose dicho caudal de fluido caloportador frío introducido en la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24 al estado bifásico líquido/gas mediante la válvula de expansión 35), y, por otro lado, ajustar dicho caudal de fluido caloportador frío suministrado en modo inverso al tercer intercambiador de calor 24. La salida de la válvula de expansión 35 suministra, por lo tanto, cuando esta válvula de expansión 35 está abierta, un caudal de fluido caloportador bifásico expandido a baja temperatura, denominado caudal de fluido caloportador frío, en la entrada del tercer intercambiador de calor 24.
- 10
- 15 Cabe señalar que, en una variante no mostrada, es posible tomar el caudal de fluido caloportador frío en la salida de la válvula de expansión 14 que alimenta el primer intercambiador de calor 11, en el conducto 16 que conecta esta válvula de expansión 14 a la entrada del primer intercambiador de calor 11. En esta variante, la válvula de expansión 35 se puede sustituir por una simple válvula controlada. En cualquier caso, el caudal de fluido caloportador frío que alimenta el tercer intercambiador de calor 24 en modo inverso es un caudal tomado del flujo destinado a alimentar el
- 20 primer intercambiador de calor 11.

Una válvula 36 se interpone en el conducto 31 entre el segundo nodo de intersección 32 de este conducto 31 con el conducto 23 conectado al segundo intercambiador de calor 20 y el tercer nodo de intersección 34 de este conducto 31 con el conducto 33 que suministra el fluido caloportador frío expandido procedente de la válvula de expansión 35. Esta válvula 36 se dispone para permitir la circulación del fluido caloportador en estado líquido en modo directo desde la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24 hasta el segundo nodo 32 y el depósito 13, con la válvula 36 abierta bajo el efecto de la presión del fluido caloportador líquido. La válvula 36 también se dispone para cerrarse en modo inverso e impedir la circulación del fluido caloportador líquido frío desde el segundo nodo 32 a la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24. El cierre de la válvula 36 se debe a que la presión del fluido caloportador líquido procedente del segundo intercambiador de calor 20 es mayor que la presión del fluido caloportador frío expandido procedente de la válvula de expansión 35.

25

30

En el modo inverso, el fluido caloportador se calienta durante su paso por el tercer intercambiador de calor 24 y sale del tercer intercambiador de calor 24 por la primera boca 27 que constituye una salida del tercer intercambiador de calor 24.

- 35 En el caso de un circuito cerrado bifásico, el fluido caloportador frío alimentado en modo inverso en la entrada del tercer intercambiador de calor 24 está en un estado de dos fases líquido/gas, y después de su paso por el tercer intercambiador de calor 24, el fluido caloportador calentado está en estado gaseoso. El tercer intercambiador de calor 24 constituye por lo tanto un evaporador cuando se alimenta en modo inverso.

La válvula de tres vías 29 interpuesta en el conducto 26 entre el primer nodo 28 y la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 recibe en modo inverso el caudal de fluido caloportador calentado suministrado por la primera boca 27. Esta válvula de tres vías 29 tiene una salida conectada por un conducto 37 conectado en el conducto 18 que conecta el primer intercambiador de calor 11 con el compresor 17 para mezclar el caudal de fluido caloportador calentado por el tercer intercambiador de calor 24 con el caudal de fluido caloportador calentado por el primer intercambiador de calor 11, y esto aguas arriba del compresor 17. La intersección de estos conductos 37, 18 constituye un cuarto nodo 38 del circuito cerrado de fluido. El caudal de fluido caloportador calentado de este modo de salida del tercer intercambiador de calor 24 se mezcla con el caudal de fluido caloportador caliente que ha servido para refrigerar una carga caliente 12, antes de ser introducido en la entrada del segundo intercambiador de calor 20 para ser refrigerado mediante el aire exterior. Por lo tanto, en el modo inverso, la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 se conecta en comunicación fluida con la entrada del segundo intercambiador de calor 20.

40

45

Cuando se alimenta en modo inverso, el tercer intercambiador de calor 24 está en paralelo con el segundo intercambiador de calor 20 entre el tercer nodo 34 y el cuarto nodo 38. El tercer intercambiador de calor 24 también está en paralelo con el primer intercambiador de calor 11 entre el tercer nodo 34 y el cuarto nodo 38 (en el caso de un circuito cerrado bifásico, tanto el tercer intercambiador de calor 24 como el primer intercambiador de calor 11 realizan una función de evaporador). La figura 3 muestra el circuito cerrado de fluido cuando el tercer intercambiador de calor 24 se alimenta en modo inverso con la válvula de expansión 35 abierta. Los conductos 26, 31 se muestran en líneas discontinuas para indicar el hecho de que el fluido caloportador no circula a través de estos conductos.

50

55

El tercer intercambiador de calor 24 puede estar formado por cualquier intercambiador de calor reversible, en particular capaz de actuar como evaporador en modo directo y como condensador en modo inverso con un fluido caloportador

bifásico. Por ejemplo, el tercer intercambiador de calor 24 se selecciona entre los intercambiadores de calor de placas y aletas, los intercambiadores de calor de placas, los intercambiadores de calor de tubos, los intercambiadores de calor de serpentín, los intercambiadores de calor de microcanales y los intercambiadores de calor de contacto directo. También son posibles otros ejemplos.

5 Preferiblemente, todas las válvulas 14, 21, 29, 35 son electroválvulas que se pueden controlar por señales eléctricas de control suministradas por una unidad de control 39 del dispositivo de refrigeración. La selección del modo de alimentación del tercer intercambiador de calor 24 entre el modo directo o el modo inverso se puede realizar de forma totalmente automática mediante la unidad de control 39, que se programa para este fin. Para este propósito, la unidad de control 39 es entonces un autómata o un dispositivo informático programable.

10 Un dispositivo informático programable de este tipo comprende al menos un procesador digital de procesamiento de datos, al menos una memoria asociada, una interfaz hombre/máquina y al menos una tarjeta de potencia adaptada para suministrar las señales eléctricas de control de las distintas electroválvulas de acuerdo con una lógica de control determinada por la programación del dispositivo informático.

15 El circuito cerrado de fluido también incluye varios sensores de temperatura y presión, en particular por ejemplo al menos un sensor de temperatura y presión 40 en la salida del primer intercambiador de calor, y al menos un sensor de temperatura y presión 41 en la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24. Estos sensores 40, 41 se conectan a la unidad de control 39 para suministrar señales de medida representativas de la temperatura y la presión del fluido caloportador.

20 La válvula de tres vías 29 y la válvula de expansión 35 (que suministra en modo inverso el fluido caloportador frío expandido a la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor 24) son válvulas controladas por la unidad de control 39 y constituyen un dispositivo de inversión controlado del modo de suministro del tercer intercambiador de calor 24.

Este dispositivo de inversión se controla mediante la unidad de control 39:

- en modo directo cuando se cumplen los criterios de las necesidades de refrigeración,
- 25 - en modo inverso cuando no se cumplen dichos criterios de las necesidades de refrigeración.

Estos criterios de las necesidades de refrigeración incluyen, por ejemplo, al menos un criterio de acuerdo con el cual la temperatura de la carga caliente 12 es superior a una temperatura máxima admisible. De hecho, si se cumple este criterio, las necesidades de refrigeración son relativamente elevadas, de modo que el tercer intercambiador de calor 24 se alimenta en modo directo de forma que el dispositivo de refrigeración proporcione una mayor capacidad de refrigeración -en particular, la máxima-. Por el contrario, si la temperatura de la carga caliente 12 no es superior a una temperatura máxima admisible, las necesidades de refrigeración son menos importantes, y es posible no utilizar el tercer intercambiador de calor 24 en modo directo para la refrigeración de la carga caliente 12, y alimentarlo en modo inverso para refrigerar por el contrario este tercer intercambiador de calor 24. Dicha temperatura máxima admisible se puede determinar de acuerdo con la carga caliente a refrigerar, en función de las necesidades de refrigeración de dicha carga caliente.

También hay que señalar que es posible considerar cualquier combinación lógica de selección de alimentación del tercer intercambiador de calor 24, de acuerdo con las necesidades de refrigeración, en función de las arquitecturas y combinaciones de los diferentes intercambiadores de calor y aplicaciones.

Asimismo, para seleccionar la alimentación en modo directo o en modo inverso del tercer intercambiador de calor 24 se pueden utilizar, como alternativa o en combinación, otros criterios representativos de las necesidades de refrigeración además de la temperatura de la carga caliente: por ejemplo, la intensidad de una corriente eléctrica consumida por la carga caliente 12; un parámetro de funcionamiento de la carga caliente 12 representativo del hecho de que ésta tiene mayores necesidades de refrigeración; la temperatura del aire exterior; el caudal de aire exterior disponible para el segundo intercambiador de calor; la presión de condensación; la temperatura del acumulador térmico, etc.

Del mismo modo, la lógica de selección de la alimentación en modo directo o inverso del tercer intercambiador de calor 24 puede ser objeto de numerosas variantes de formas de realización y puede ser más o menos compleja: se puede tratar de control en circuito cerrado que comprenda uno o más circuitos cerrados para llevar a cabo una regulación proporcional y/o integral y/o derivada u otra apropiada.

50 El dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención de acuerdo con la segunda forma de realización mostrada en la figura 4 difiere del anterior en que el tercer intercambiador de calor 24 se conecta en serie aguas abajo del segundo intercambiador de calor 20. El conducto 19 a la salida del compresor 17 se conecta a la entrada del segundo

intercambiador de calor 20. La salida 45 del segundo intercambiador de calor 20 se conecta a la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 a través de una válvula de dos vías controlada 46. La primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 también se conecta al conducto de inversión 37 a través de una válvula de inversión de dos vías controlada 47, estando las dos válvulas de dos vías controladas 46, 47 conectadas a la boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 en paralelo una con respecto a la otra. La salida 45 del segundo intercambiador de calor 20 se conecta, además, aguas arriba de la válvula de dos vías controlada 46, a un conducto de derivación 48 que la conecta, a través de una válvula controlada 49, al segundo nodo 32 del circuito cerrado de fluido y a la entrada del depósito 13. En modo directo, la válvula de inversión 47 está cerrada. Las válvulas 46 y 49 pueden estar abiertas o cerradas, pero preferiblemente se deben controlar de forma opuesta. Si la válvula 46 está abierta, la válvula 49 se cierra para hacer pasar el caudal de fluido a través del tercer intercambiador 24. Si la válvula 46 está cerrada, la válvula 49 se abre para desviar el caudal de fluido caloportador directamente al depósito 13, lo que puede proporcionar una situación intermedia entre el modo directo y el modo inverso, en particular antes de cambiar al modo inverso desde el modo directo. En modo inverso, la válvula de inversión 47 está abierta, mientras que la válvula 46 interpuesta entre la salida 45 del segundo intercambiador de calor 20 y la primera boca 27 del tercer intercambiador de calor 24 está cerrada. La válvula 49 del conducto de derivación 48 está abierta.

Un dispositivo y un método de refrigeración de acuerdo con la invención pueden ser objeto de numerosas variantes de formas de realización con respecto a las formas de realización mostradas en las figuras.

En particular, el dispositivo de refrigeración puede incluir varias cargas calientes y/o varios primeros intercambiadores de calor 11 conectados en serie o en paralelo en el circuito cerrado de fluido y/o varios segundos intercambiadores de calor 20 conectados en serie o en paralelo en el circuito cerrado de fluido y/o varios terceros intercambiadores de calor 24 conectados en serie o en paralelo en el circuito cerrado de fluido y/o varios acumuladores térmicos 25.

Cada tercer intercambiador de calor se dispone en dicho circuito cerrado de fluido para poder, en modo directo, recibir una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor y transferir calorías de este fluido caloportador caliente al acumulador térmico. Cada tercer intercambiador de calor se asocia a un circuito de inversión y se dispone en el circuito cerrado de fluido para poder, en modo inverso, recibir un caudal de fluido caloportador frío y transferir calorías del acumulador térmico al fluido caloportador en vista de la refrigeración de este acumulador térmico.

Cada intercambiador de calor del circuito cerrado de fluido se puede incorporar a un dispositivo de intercambio térmico más complejo que un simple intercambiador para intercambiar el flujo térmico con el fluido caloportador. Por lo tanto, el primer intercambiador de calor se puede incorporar en un primer dispositivo térmico más complejo asociado al menos a una carga caliente; el segundo intercambiador de calor se puede incorporar en un segundo dispositivo térmico más complejo asociado al aire del exterior del vehículo; el tercer intercambiador de calor se puede incorporar en un tercer dispositivo de intercambio térmico más complejo asociado al menos a un acumulador térmico.

La válvula de expansión 35 y la válvula 36 se pueden incorporar en un mismo componente colocado en el nodo del conducto 33 que viene de la salida del depósito 13 y el conducto 31 conectado a la segunda boca 30 del tercer intercambiador de calor. El conducto 37 conectado a la salida de la válvula de tres vías se puede conectar no aguas arriba del compresor 17, sino aguas arriba de una etapa solamente de este compresor 17, es decir, entre dos etapas del compresor 17. Como alternativa, también se puede proporcionar un compresor específico para garantizar la circulación del fluido caloportador en modo inverso. Una al menos de las válvulas de expansión se puede sustituir por cualquier otro dispositivo de expansión, por ejemplo, un orificio de expansión, un tubo capilar, una turbina, etc.).

La invención se aplica a la refrigeración de cualquier carga caliente -en particular, seleccionada en el grupo formado por los dispositivos eléctricos (por ejemplo, una fuente de potencia eléctrica de alimentación de una red eléctrica a bordo del vehículo) y/o los dispositivos electrónicos y/o los dispositivos informáticos, el aire de los compartimentos a refrigerar, el aire de la cabina, los volúmenes de líquido (en particular, seleccionados entre los volúmenes de combustible, los volúmenes de agua y los volúmenes de líquidos caloportadores distintos del agua y del combustible). Se aplica a la refrigeración de cualquier carga caliente a bordo de cualquier vehículo, y en particular pudiéndose seleccionar entre las aeronaves (aviones de transporte de pasajeros, aviones de transporte de mercancías, aviones de combate, helicópteros, drones, etc.), las naves espaciales, los vehículos de transporte terrestre (vehículos de carretera o ferroviarios, etc.), los vehículos de transporte acuático o marítimo (buques, submarinos, etc.).

REIVINDICACIONES

1. Método de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave que incluye un circuito cerrado de fluido de circulación de un fluido caloportador en el que:

- 5 - para cada carga caliente (12) a refrigerar, se introduce un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador de frío, en un intercambiador de calor, denominado primer intercambiador de calor (11), de un primer dispositivo de intercambio térmico asociado a la carga caliente (12), para transferir calorías de esta última al fluido caloportador, refrigerar la carga caliente y producir un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador caliente, a una temperatura superior a la de dicho caudal de fluido caloportador frío,
- 10 - al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor (11) de este tipo se introduce en al menos un intercambiador de calor, denominado segundo intercambiador de calor (20), de un segundo dispositivo de intercambio térmico dispuesto para poderlo refrigerar mediante el aire procedente del exterior del vehículo,
- 15 - un caudal de dicho fluido caloportador se introduce en al menos un intercambiador de calor, denominado tercer intercambiador de calor (24), de un tercer dispositivo de intercambio térmico dispuesto para poder intercambiar un flujo térmico entre este caudal de dicho fluido caloportador y al menos un acumulador térmico (25), distinto de dicho fluido caloportador, transportado a bordo del vehículo,
- 20 - cuando se cumplen los criterios de las necesidades de refrigeración, al menos un tercer intercambiador de calor (24) de este tipo se alimenta según un modo de circulación, denominado modo directo, en el que recibe, en una primera boca (27) de este tercer intercambiador de calor (24), al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador procedente de al menos un primer intercambiador de calor (11) de este tipo, transfiriendo dicho tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente calorías de este fluido caloportador caliente al acumulador térmico (25) para refrigerar dicho fluido caloportador, siendo el fluido caloportador refrigerado de este modo suministrado a través de una segunda boca (30) del tercer intercambiador de calor (24), caracterizado por la etapa, en la que:
- 25 - cuando no se cumplen dichos criterios de las necesidades de refrigeración, al menos un tercer intercambiador de calor (24) de este tipo se alimenta según un modo de circulación, denominado modo inverso, en el que recibe, en dicha segunda boca (30) de este tercer intercambiador de calor (24) un caudal de dicho fluido caloportador y dicho tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente transfiere calorías del acumulador térmico (25) a este fluido caloportador para refrigerar este acumulador térmico (25), y el fluido caloportador calentado de este modo sale de este tercer intercambiador de calor (24) a través de dicha primera boca (27) de este tercer intercambiador de calor (24) y
- 30 en el que el circuito cerrado de fluido es un circuito cerrado bifásico.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, en modo inverso, el caudal de fluido caloportador calentado por este tercer intercambiador de calor (24) se mezcla con el caudal de fluido caloportador calentado por un primer intercambiador de calor (11).

35 3. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que en modo inverso la segunda boca de este tercer intercambiador de calor (24) recibe al menos una parte de un caudal de fluido caloportador frío, otra parte del cual forma dicho caudal de fluido caloportador frío introducido en un primer intercambiador de calor.

40 4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que en modo inverso este tercer intercambiador de calor (24) recibe en su segunda boca (30) un caudal de fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador refrigerado, procedente de un depósito (13) de fluido caloportador a través de un dispositivo de expansión (35).

5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por que:

- dichos criterios de las necesidades de refrigeración comprenden al menos un criterio, denominado criterio de temperatura, de acuerdo con el cual la temperatura de al menos una carga caliente (12) es superior a una temperatura máxima admisible,
- 45 - se mide la temperatura de cada carga caliente (12) para la que se ha definido al menos un criterio de temperatura,
- se alimenta al menos un tercer intercambiador de calor (24) de este tipo:
 - en modo directo cuando la temperatura medida de cada carga caliente (12) cumple con cada criterio de temperatura,

- en modo inverso al menos cuando la temperatura medida de cada carga caliente (12) no cumple con cada criterio de temperatura.

6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que cada acumulador térmico (25) asociado a un tercer dispositivo de intercambio térmico se selecciona en el grupo formado por depósitos de líquido, depósitos de gas, depósitos de material de cambio de fase, piezas sólidas y combinaciones de los mismos.

7. Dispositivo de refrigeración de al menos una carga caliente a bordo de un vehículo tal como una aeronave que incluye un circuito cerrado de fluido de circulación de un fluido caloportador que comprende:

- para cada carga caliente (12) a refrigerar, un primer dispositivo de intercambio térmico asociado a la carga caliente (12), para que pueda transferir calorías de ésta última a un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador frío, introducido en un intercambiador de calor, denominado primer intercambiador de calor (11), de este primer dispositivo de intercambio térmico, para refrigerar la carga caliente (12) y producir un caudal de dicho fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador caliente, a una temperatura superior a la de dicho caudal de fluido caloportador frío,

- al menos un segundo dispositivo de intercambio térmico dispuesto para que pueda refrigerar mediante el aire procedente del exterior del vehículo al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor (11) e introducido en un intercambiador de calor, denominado segundo intercambiador de calor (20), de este segundo dispositivo de intercambio térmico,

- al menos un tercer dispositivo de intercambio térmico dispuesto para poder intercambiar un flujo térmico entre al menos un acumulador térmico (25), distinto de dicho fluido caloportador, transportado a bordo del vehículo y un caudal de dicho fluido caloportador introducido en un intercambiador de calor, denominado tercer intercambiador de calor (24), de este tercer dispositivo de intercambio térmico,

- para cada tercer intercambiador de calor (24), un circuito, denominado circuito de inversión, que comprende un dispositivo de inversión controlado (29, 35, 36) que incluye al menos una válvula controlada, siendo dispuestos dicho circuito de inversión y el dispositivo de inversión controlado para que puedan hacer circular dicho fluido caloportador en el tercer intercambiador de calor (24) de acuerdo con un modo de circulación seleccionado entre:

- un modo directo en el que el tercer intercambiador de calor (24) recibe, en una primera boca (27) de este tercer intercambiador de calor (24), al menos una parte de dicho caudal de fluido caloportador caliente procedente de al menos un primer intercambiador de calor (11) y el tercer dispositivo de intercambio térmico transfiere calorías de este fluido caloportador caliente al acumulador térmico (25) para refrigerar este fluido caloportador caliente, siendo el fluido caloportador refrigerado de este modo suministrado por una segunda boca (30) del tercer intercambiador de calor (24), caracterizado por:

- un modo inverso en el que el tercer intercambiador de calor (24) recibe, en la segunda boca (30) de este tercer intercambiador de calor (24), un caudal de dicho fluido caloportador y el tercer dispositivo de intercambio térmico correspondiente transfiere calorías del acumulador térmico (25) a este caudal de fluido caloportador para refrigerar el acumulador de calor térmico (25), saliendo el fluido caloportador calentado de este modo de este tercer intercambiador de calor (24) a través de dicha primera boca (27) de este tercer intercambiador de calor (24) y en el que el circuito cerrado de fluido es un circuito cerrado bifásico.

8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que, en modo inverso, la primera boca (27) de este tercer intercambiador de calor (24) se conecta a un conducto (18) conectado a la salida del primer intercambiador de calor para mezclar el caudal de fluido caloportador calentado por el tercer intercambiador de calor (24) con el caudal de fluido caloportador calentado por este primer intercambiador de calor (11).

9. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, caracterizado porque incluye un depósito (13) de fluido caloportador y al menos un dispositivo de expansión (35) interpuesto entre el depósito de fluido caloportador y un tercer intercambiador de calor (24) de este tipo y dispuesto para suministrar, en modo inverso, a este tercer intercambiador de calor (24) un caudal de fluido caloportador, denominado caudal de fluido caloportador refrigerado, a una temperatura inferior a la de cada acumulador térmico (25) asociado a este tercer intercambiador de calor.

10. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por que incluye una unidad de control (39) adaptada para poder controlar al menos un dispositivo de inversión (29, 35, 36) de este tipo:

- en modo directo cuando se cumplen los criterios de las necesidades de refrigeración,

- en modo inverso cuando no se cumplen dichos criterios de las necesidades de refrigeración.

11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que dichos criterios de las necesidades de refrigeración comprenden al menos un criterio, denominado criterio de temperatura, de acuerdo con el cual la temperatura de al menos una carga caliente (12) es superior a una temperatura máxima admisible, y por que la unidad de control (39) se adapta para:

- recibir señales de medida de la temperatura de cada carga caliente para la que se ha definido al menos un criterio de temperatura,

- comprobar si se cumple cada criterio de temperatura,

- controlar al menos un dispositivo de inversión (29, 35, 36) de este tipo:

- en modo directo cuando la temperatura medida de cada carga caliente (12) cumple con cada criterio de temperatura,

- en modo inverso al menos cuando la temperatura medida de cada carga caliente (12) no cumple con cada criterio de temperatura.

12. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado por que, para cada primer intercambiador de calor (11) de un primer dispositivo de intercambio térmico asociado a una carga caliente (12), se dispone un único tercer intercambiador de calor (24) para poder recibir, en modo directo, una parte del caudal de fluido caloportador caliente procedente de este primer intercambiador de calor (11).

13. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizado por que un dispositivo de inversión controlado (29, 35, 36) de al menos un tercer intercambiador de calor de este tipo incluye una válvula de tres vías controlada (29) que tiene:

- una salida conectada a un conducto (18) aguas abajo de al menos un primer intercambiador de calor (11),

- una entrada conectada a un conducto (19) conectado a un segundo intercambiador de calor (20),

- una entrada/salida conectada a una primera boca (27) del tercer intercambiador de calor (24),

y por que la unidad de control (39) se conecta a la válvula de tres vías (29) y se adapta para:

- en modo directo conectar la entrada de la válvula de tres vías (29) a su entrada/salida que actúa como salida para un caudal de dicho fluido caloportador tomado del conducto de entrada (19) del segundo intercambiador de calor (20),

- en modo inverso, conectar la entrada/salida de la válvula de tres vías (29) a su salida, actuando la entrada/salida como entrada para un caudal de dicho fluido caloportador procedente del tercer intercambiador de calor (24), siendo mezclado dicho fluido caloportador procedente de la salida de la válvula de tres vías (29) con dicho fluido caloportador de dicho conducto de salida (18).

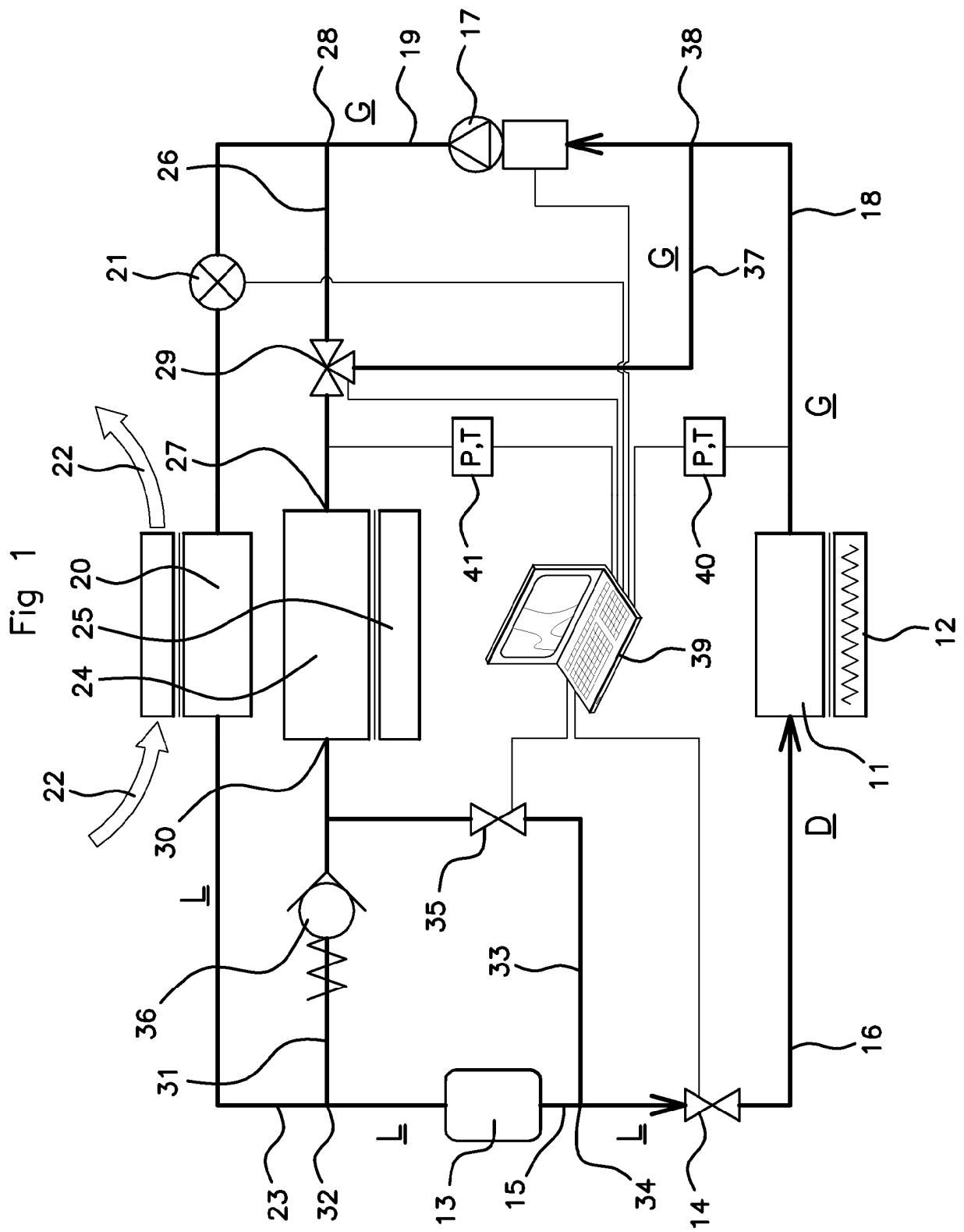
14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 13, caracterizado por que el tercer intercambiador (24) incluye una segunda boca (30) conectada:

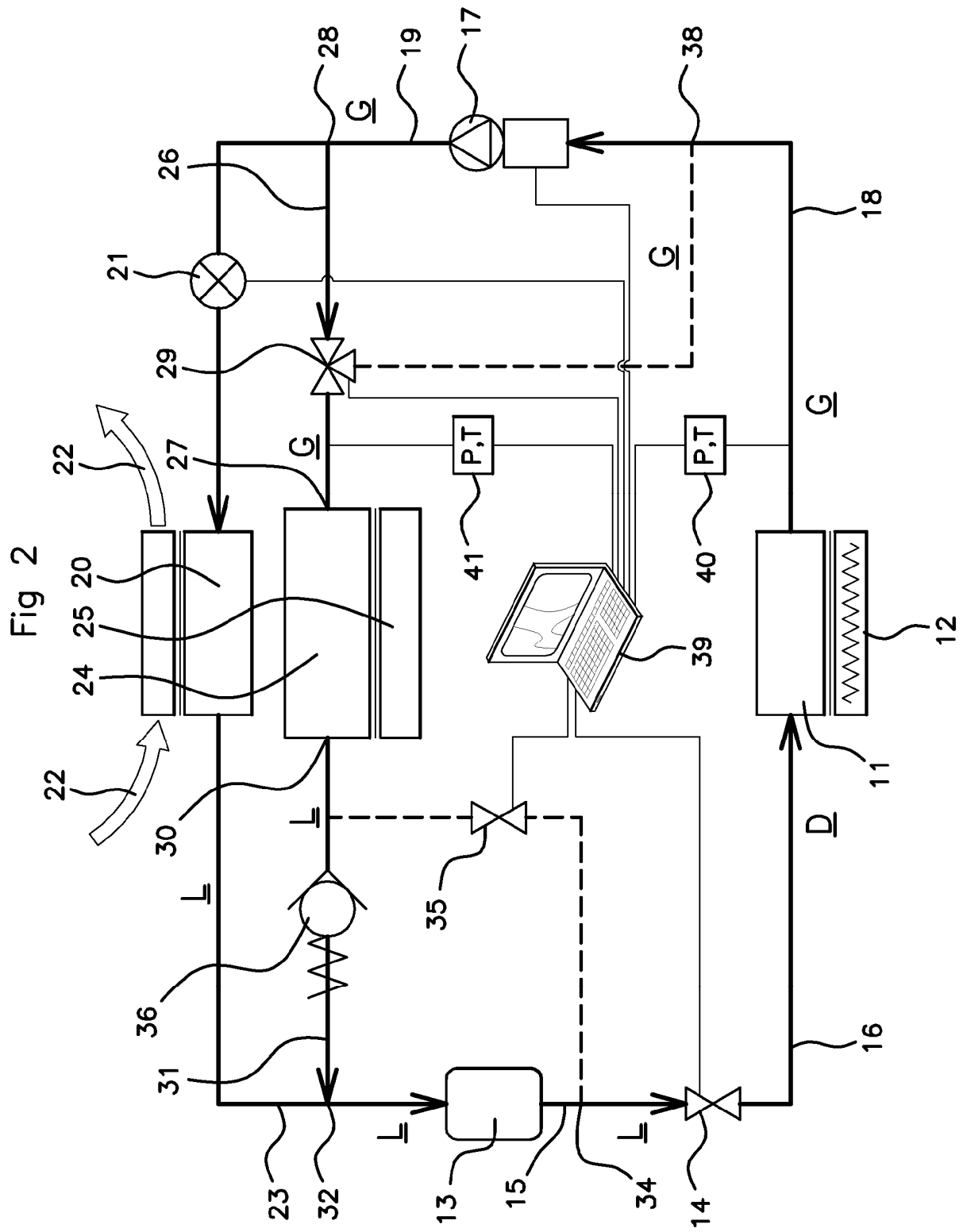
- en modo directo a un conducto de salida (23) de al menos un segundo intercambiador de calor (20), siendo mezclado dicho fluido caloportador procedente de esta segunda boca (30) del tercer intercambiador (24) con dicho fluido caloportador de este conducto de salida (23),

- en modo inverso a un dispositivo de expansión (35) de un caudal de dicho fluido caloportador.

15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 14 caracterizado por que cada acumulador térmico (25) asociado a un tercer dispositivo de intercambio térmico se selecciona en el grupo formado por depósitos de líquido, depósitos de gas, depósitos de material de cambio de fase, piezas sólidas y combinaciones de los mismos.

16. Vehículo caracterizado por que comprende un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 15 de refrigeración de al menos una carga caliente (12) transportada a bordo del vehículo.





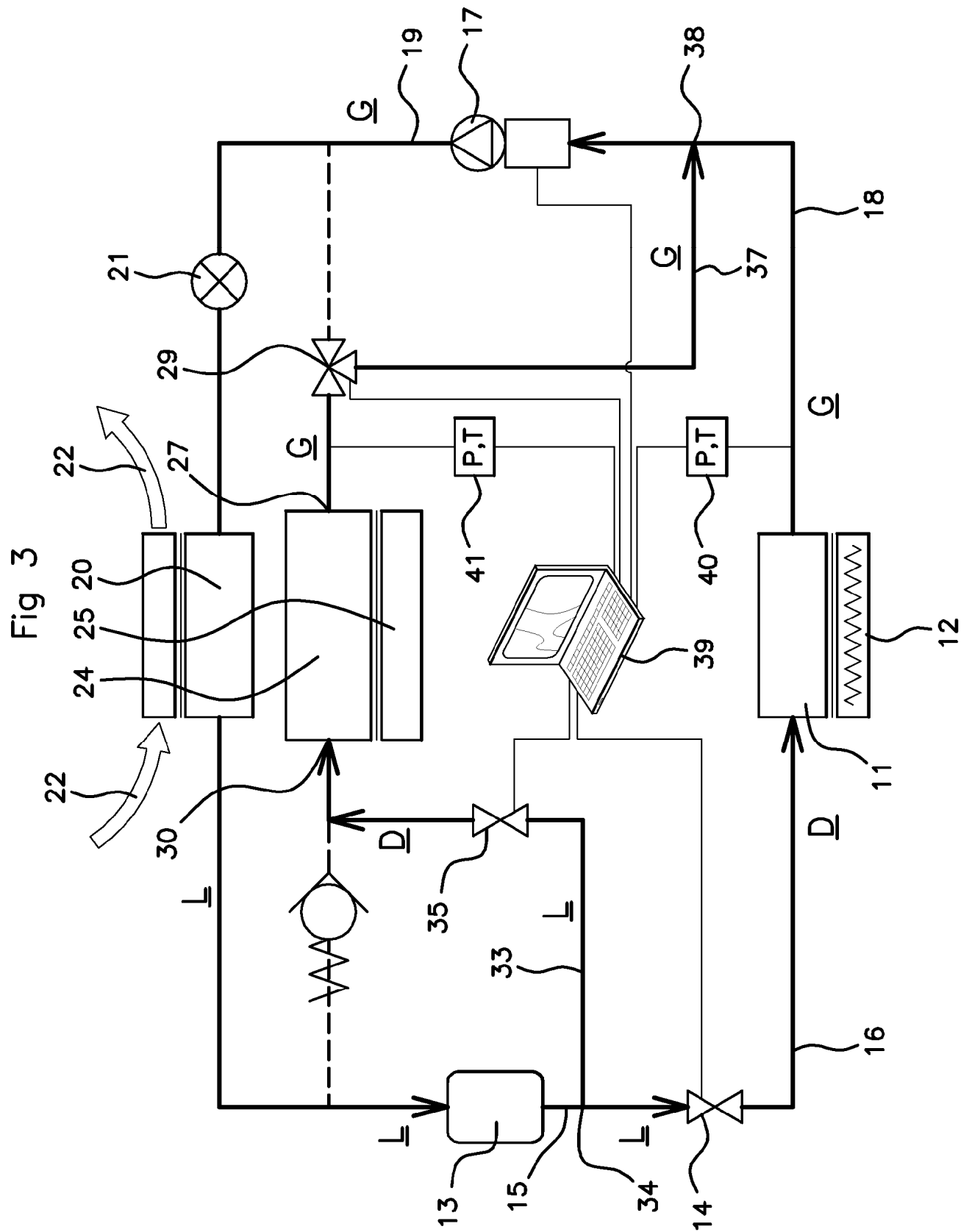


Fig 4

