

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 908**

51 Int. Cl.:

B61D 27/00 (2006.01)

B60H 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.12.2017 PCT/EP2017/084746**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2018 WO18122334**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2017 E 17826530 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2021 EP 3562727**

54 Título: **Procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada a una cabina de vehículo terrestre y vehículo terrestre**

30 Prioridad:

29.12.2016 FR 1663532

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

13.10.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FRANKENBERGER, ANNEKATHRIN;
KRAWANJA, ANDREAS y
MENGELLE, THIERRY**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 863 908 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

Procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada a una cabina de vehículo terrestre y vehículo terrestre

La invención se refiere a un procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada a una cabina de un vehículo terrestre, en particular un vehículo ferroviario, en el que se utiliza al menos un dispositivo de ciclo de aire. Se extiende a un
 5 vehículo terrestre, en particular un vehículo ferroviario, que comprende al menos un dispositivo de ciclo de aire.

A lo largo del texto, se adopta la siguiente terminología:

- «vehículo terrestre» designa cualquier vehículo de transporte en la superficie de la tierra en la atmósfera, e incluye en particular los vehículos rodantes (vehículos ferroviarios que ruedan sobre carriles y vehículos de carretera), y buques (vehículos que se desplazan en el agua); con la excepción, en particular, de vehículos volantes tales como aeronaves, naves espaciales y submarinos para los que los problemas técnicos que se plantean son muy diferentes, en particular debido a las necesidades específicas de presurización de la cabina,
- «cabina» designa cualquier espacio cerrado de un vehículo en el que se debe controlar la temperatura del aire, e incluye, en particular, las cabinas para pasajeros, las cabinas de pilotaje y los compartimentos de equipajes o de transporte de fletes con temperatura controlada.
- «acondicionamiento de aire» designa el hecho de controlar al menos la temperatura del aire en una cabina enfriándolo o calentándolo; el acondicionamiento de aire en una cabina también puede eventualmente permitir controlar al menos otro parámetro del aire en la cabina, en particular elegido de entre la humedad, la presión, un caudal de aire que entra en la cabina, un caudal de aire que sale de la cabina.

La mayoría de los sistemas de control medioambiental (a menudo designados por las siglas ECS) que permiten la climatización a bordo de vehículos terrestres incluyen al menos un dispositivo de ciclo de dos fases (a menudo designado por las siglas VCS), es decir que comprende un fluido portador de calor de dos fases, líquido/vapor accionado en un bucle térmico cerrado que comprende al menos un compresor y un evaporador, provocando la vaporización del fluido portador de calor la producción de energía fría que permite que el enfriamiento del aire de la cabina. Con estos sistemas, la calefacción generalmente se realiza mediante calentadores eléctricos. Rara vez es posible considerar un calentamiento por inversión del ciclo en bomba de calor, habida cuenta del hecho de que las regiones de condiciones medioambientales en las que es posible el funcionamiento del ciclo en bomba de calor están relativamente restringidas, y son insuficientes en el marco de explotación a bordo de un vehículo terrestre susceptible de encontrar condiciones medioambientales variadas.

Estos sistemas de ciclo de dos fases tienen el inconveniente de requerir fluidos portadores de calor que son halocarbonos (clorofluorocarbonos (CFC), los hidroclofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC)) o hidrofluoro olefinas (HFO) que, debido a su nocividad para el medio ambiente y/o su peligrosidad para los seres humanos (destrucción de la capa de ozono, alto potencial de calentamiento global, imperativos de recuperación por estructuras autorizadas, toxicidad, riesgo de inflamación, ...), están destinados a desaparecer. Además, resulta que estos ciclos de dos fases están mal adaptados a las altas temperaturas exteriores, y pueden interrumpirse en las condiciones medioambientales en las que las necesidades de climatización son precisamente las más importantes. Esto da como resultado considerables inconvenientes para los pasajeros, e incluso riesgos en términos de seguridad o conservación de mercancías.

Por consiguiente, existe la necesidad de proponer un procedimiento y un dispositivo de alimentación de aire a temperatura controlada para cabina de vehículo terrestre a base de un ciclo de aire monofásico, es decir, mediante el uso solamente de aire gaseoso como fluido portador de calor.

Se han propuesto dos tipos de solución para este propósito.

En un primer tipo de solución conocida (EP 0581237), se ha propuesto un dispositivo de ciclo de aire de bucle directo en el que el aire fresco se comprime mediante un primer compresor eléctrico, a continuación, pasa por un intercambiador de calor para su enfriamiento intermedio antes de un segundo compresor impulsado por una turbina. A la salida del segundo compresor, el aire pasa a través de los intercambiadores que permiten que sea enfriado por el aire exterior, luego a través de un condensador de agua antes de ser alimentado a la turbina. El aire expandido por la turbina pasa a través de una cámara de mezcla anticongelante, a continuación, a través de un primer condensador para enfriar el aire aguas arriba de la turbina en el que el agua debe ser condensada. a continuación, a través de un segundo condensador para ser alimentado en una cámara de mezcla donde pueda mezclarse con aire de recirculación y/o con aire fresco antes de ser alimentado a la cabina a través de un filtro. Sin embargo, resulta que este primer tipo de solución no es lo suficientemente confiable ni robusto durante su uso. En efecto, los compresores eléctricos necesarios para la primera etapa de compresión son componentes delicados que se desgastan rápidamente debido a las numerosas paradas y arranques a los que están sometidos en funcionamiento. Además, esta solución requiere una pluralidad de máquinas rotativas (primera etapa de compresor eléctrico, turbocompresor, cuatro grupos de ventiladores eléctricos) voluminosas, pesadas, caras de instalar y mantener, y que requieren una lógica de control relativamente compleja.

5 En un segundo tipo de solución conocida (EP 1177961, EP 1186501), se ha propuesto un dispositivo de ciclo de aire de bucle inverso en el que se alimenta un caudal de aire a presión atmosférica a la entrada de una turbina con el fin de ser expandido y enfriado, luego es hecho pasar por un intercambiador aire/aire en el que el intercambio de frigerías se realiza con aire pulsado dentro de la cabina del vehículo mediante ventiladores eléctricos. El aire expandido es luego aspirado por un compresor en el que se vuelve a comprimir a la presión atmosférica para ser descargado al exterior.

10 Este segundo tipo de solución es, en general, satisfactorio en términos de fiabilidad y rendimiento, y constituye el objeto de una explotación desde hace más de 10 años a bordo de trenes, especialmente en Alemania. Sin embargo, tiene el inconveniente de un tamaño relativamente grande, en particular en altura. En efecto, al efectuarse el caudal de aire en el ciclo del turbocompresor a una presión inferior a la presión atmosférica (típicamente del orden de $0,5 \cdot 10^5$ Pa) impone la utilización de componentes voluminosos: tubos de grandes secciones, volutas de gran diámetro, velocidad rotacional del turbocompresor relativamente baja. Sin embargo, este volumen en altura puede demostrar ser particularmente penalizador, en particular para los vehículos ferroviarios en los que los grupos de acondicionamiento de aire están colocados generalmente en el techo, y cuya altura total está limitada por una parte para el paso bajo los puentes o en los túneles y por otra parte para favorecer la aerodinámica del vehículo. Este es particularmente el caso de los trenes de alta velocidad.

15 Además, en estos dos tipos de solución, se debe colocar un calentador eléctrico, cuyo coeficiente de rendimiento no sea superior a 1, aguas abajo del intercambiador aire/aire para calentar el aire de la cabina.

El documento DE 102004063840 también describe un procedimiento y un dispositivo de acondicionamiento de aire que se pueden cambiar entre un modo de refrigeración y un modo de calefacción, pero cuyos rendimientos energéticos no están optimizados.

20 El documento GB 2 237 373 A también describe un procedimiento y un dispositivo de acondicionamiento de aire.

Por tanto, la invención tiene como objetivo superar todos estos inconvenientes.

25 En particular, tiene como objetivo proponer un procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada con ciclo de aire para cabina de un vehículo terrestre con un tamaño en altura reducido, en particular compatible con su instalación en el techo de los vehículos ferroviarios, y que sea confiable y robusto, ligero, sencillo y barato de instalar y de mantener, y eficaz en todas las condiciones medioambientales que potencialmente se pueden encontrar.

También pretende proponer un procedimiento de este tipo que entrañe un menor consumo energético del vehículo, y en particular en el que el calentamiento de la cabina se pueda realizar con un coeficiente de rendimiento superior a 1.

30 También tiene como objetivo proponer un procedimiento de este tipo que permita, a partir de un mismo dispositivo de ciclo de aire, modular fácilmente la capacidad de producción en potencia térmica fría o caliente de acuerdo con las necesidades de la aplicación, y para garantizar la redundancia parcial de la función de acondicionamiento de aire en caso de fallo parcial. Así, tiene como objetivo proponer un procedimiento fácilmente adaptable a un gran número de diferentes vehículos terrestres, que tiene necesidades de acondicionamiento de aire que pueden variar en un amplio intervalo, sin requerir un diseño y una fabricación de grupos de acondicionamiento de aire y de turbomáquinas específicos para cada aplicación.

La invención también tiene como objetivo proponer un vehículo terrestre que tenga las mismas ventajas.

35 Por tanto, la invención se refiere a un procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada a una cabina de un vehículo terrestre - en particular un vehículo ferroviario - en el que se utiliza al menos un dispositivo de ciclo de aire, que incluye:

- al menos un turbocompresor que comprende:
 - o un compresor rotativo,
 - 40 o una turbina rotativa,
 - o un árbol que acople la turbina y el compresor de modo que la turbina sea capaz de impulsar el compresor en rotación,
 - o una entrada de aire del compresor,
 - o una salida de aire del compresor que entrega un caudal de aire comprimido por el compresor,
 - 45 o una entrada de aire de la turbina dispuesta para recibir un caudal de aire comprimido procedente del compresor,
 - o una salida de aire de la turbina que entrega un caudal de aire frío expandido,

- al menos un intercambiador interpuesto entre la salida de aire del compresor y la entrada de aire de la turbina, caracterizado por que:

ES 2 863 908 T3

- se utiliza al menos un turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire - en particular cada turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire, más particularmente cada turbocompresor de cada dispositivo de ciclo de aire - que incluye un motor eléctrico acoplado al compresor - en particular interpuesto en un árbol entre la turbina y el compresor - para poder entregar una potencia mecánica al compresor,

5 - la entrada de aire del compresor está dispuesta para recibir aire a una presión superior o igual a la presión atmosférica.

En ciertos modos de realización ventajosos, un procedimiento según la invención también se caracteriza por todas o parte de las características que se mencionan a continuación:

- la turbina de cada turbocompresor está dispuesta para entregar un caudal de aire expandido a una presión superior o igual a la presión atmosférica,

10 - cada turbocompresor de cada dispositivo de ciclo de aire está asociado a un conjunto de conductos y válvulas controladas, adaptado para poder ser controlado según un modo de funcionamiento elegido al menos de entre:

- un modo de calentamiento en el que el aire comprimido y calentado entregado a la salida del compresor del turbocompresor atraviesa al menos un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor adaptado para calentar un caudal de aire de alimentación de la cabina del vehículo,

15 ▪ un modo de enfriamiento en el que:

- la entrada de aire del compresor está dispuesta para recibir aire exterior al vehículo,
- la salida de aire comprimido del compresor está conectada al menos a un intercambiador de calor, llamado intercambiador intermedio, que entrega un flujo de aire comprimido enfriado por al menos un flujo de aire elegido de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina, y sus mezclas,

20 - la entrada de aire del compresor está dispuesta para, en modo de refrigeración, recibir directamente el aire tomado en el exterior del vehículo,

- en modo de refrigeración el caudal de aire frío expandido entregado por la salida de aire de la turbina es introducido en la cabina del vehículo, con mezcla con aire de recirculación que proviene de la cabina, y eventualmente con aire fresco,

25 - en modo de calefacción, dicho caudal de aire de alimentación de la cabina del vehículo está formado por al menos un flujo de aire elegido de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire de recirculación que proviene de la cabina del vehículo, y sus mezclas, atravesando este flujo de aire el segundo circuito del intercambiador de calefacción de la cabina para ser calentado,

- en una primera variante en modo de calefacción por bomba de calor:

30 ○ la entrada de aire del compresor está diseñada para recibir un caudal de aire expandido procedente de la turbina a través de al menos un intercambiador de calor, llamado intercambiador intermedio de calentamiento, adecuado para calentar el aire expandido entregado por la turbina en contacto con al menos un flujo de aire - en particular, en contacto con un flujo de aire - elegido de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina, y sus mezclas,

35 ○ el aire comprimido y calentado entregado en la salida del compresor del turbocompresor atraviesa un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor, llamado intercambiador de calefacción de la cabina, adaptado para calentar un caudal de aire de alimentación de la cabina del vehículo que atraviesa un segundo circuito («paso frío») del intercambiador de calefacción de cabina, estando conectada una salida del primer circuito del intercambiador de calefacción de cabina a la entrada de aire de la turbina,

40 - en una segunda variante en modo de calefacción:

- dicho conjunto de conductos y de válvulas controladas está adaptado para poder ser controlado también según un modo de funcionamiento elegido de entre un modo de calefacción en el que:

- un flujo de aire viciado a evacuar de la cabina es alimentado a la entrada del compresor del turbocompresor,

45 ○ el aire comprimido y calentado entregado a la salida del compresor del turbocompresor, atraviesa al menos un intercambiador interpuesto entre la salida de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada de aire de la turbina del turbocompresor,

- y el aire entregado a la salida de la turbina del turbocompresor se conecta a una boca de salida para ser expulsado al exterior,

ES 2 863 908 T3

- la velocidad de rotación del motor eléctrico de cada turbocompresor se controla en función de una potencia térmica de consigna a entregar a la cabina del vehículo,
- en modo de refrigeración, la velocidad de rotación del motor eléctrico de cada turbocompresor se controla en función de una potencia fría de consigna a la salida de la turbina,
- 5 - en modo de calefacción, la velocidad de rotación del motor eléctrico de cada turbocompresor se controla en función de una potencia caliente de consigna a la salida del compresor,
- la velocidad de rotación del motor eléctrico de cada turbocompresor se controla con un valor máximo superior a 50000 rpm, en particular, con un valor máximo comprendido entre 50000 rpm y 100000 rpm, por ejemplo, del orden de 65000 rpm,
- 10 - la humedad del aire comprimido entregado en la entrada de aire de la turbina se extrae aguas arriba de esta entrada de aire; esta extracción puede ser realizada mediante un bucle de extracción de humedad que comprende sucesivamente un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor de calentamiento que recibe el caudal de aire comprimido y enfriado a la salida del intercambiador de calor intermedio de refrigeración, un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor de condensador, un dispositivo de extracción de agua líquida, un
15 segundo circuito («paso frío») del intercambiador de calor de calentador que recibe el caudal de aire entregado aguas abajo del dispositivo de extracción de agua líquida para calentarlo por el caudal de aire comprimido que alimenta el primer circuito del intercambiador de calor de calentador, un segundo circuito («paso frío») del intercambiador de calor del condensador que recibe el caudal de aire frío expandido entregado por la salida de aire de la turbina para enfriar el caudal de aire comprimido que atraviesa el primer circuito del intercambiador de calor del condensador de manera que
20 condense la humedad presente en este caudal de aire comprimido,
- cada turbocompresor se elige de modo que tenga un diámetro máximo (voluta) inferior a 400 mm, por ejemplo, comprendido entre 300 mm y 400 mm, en particular del orden de 360 mm,
- cada turbocompresor se elige de modo que tenga un peso inferior a 50 kg, por ejemplo, comprendido entre 20 kg y 50 kg, en particular del orden de 30 kg.
- 25 La invención también se extiende a un vehículo terrestre, en particular un vehículo ferroviario, que comprende al menos un dispositivo de ciclo de aire que incluye:
 - al menos un turbocompresor que comprende:
 - o un compresor rotativo,
 - o una turbina rotativa,
 - 30 o un árbol que acopla la turbina y el compresor de modo que la turbina pueda impulsar el compresor en rotación,
 - o una entrada de aire del compresor,
 - o una salida de aire del compresor que entrega un caudal de aire comprimido por el compresor,
 - o una entrada de aire de la turbina dispuesta para recibir un caudal de aire comprimido del compresor,
 - o una salida de aire de la turbina que entrega un caudal de aire frío expandido,
- 35 - al menos un intercambiador interpuesto entre la salida de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada de aire de la turbina de al menos un turbocompresor,
caracterizado por que:
 - al menos un turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire - en particular cada turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire, más particularmente cada turbocompresor de cada dispositivo de ciclo de aire -
40 incluye un motor eléctrico acoplado al compresor - en particular interpuesto sobre un árbol entre la turbina y el compresor, para poder suministrar potencia mecánica al compresor,
 - la entrada de aire del compresor de al menos un turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire - en particular de cada turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire, más particularmente de cada turbocompresor de cada dispositivo de ciclo de aire - está dispuesta para recibir aire a una presión superior o igual a la
45 presión atmosférica.

En ciertos modos de realización ventajosos, un vehículo según la invención también se caracteriza por todas o parte de las características que se mencionan a continuación:

ES 2 863 908 T3

- la turbina de cada turbocompresor está dispuesta para entregar un caudal de aire expandido a presión superior o igual a la presión atmosférica,
- cada dispositivo de ciclo de aire incluye un conjunto de válvulas controladas y conductos y el vehículo incluye al menos una unidad de regulación adaptada para poder controlar cada dispositivo de ciclo de aire según un modo de funcionamiento elegido al menos de entre:
 - 5 ▪ un modo de calentamiento en el que el aire comprimido y calentado entregado a la salida del compresor del turbocompresor atraviesa al menos un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor adaptado para calentar un caudal de aire de alimentación de la cabina del vehículo,
 - un modo de refrigeración en el que:
 - 10 ○ la entrada de aire del compresor está dispuesta para recibir aire exterior al vehículo,
 - la salida de aire comprimido del compresor está conectada al menos a un intercambiador de calor, llamado intercambiador intermedio de refrigeración, que entrega un flujo de aire comprimido enfriado por al menos un flujo de aire elegido de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina, y sus mezclas,
- 15 - la entrada de aire del compresor está dispuesta para, en modo de refrigeración, recibir directamente el aire tomado en el exterior del vehículo,
- en una primera variante en modo de calefacción por bomba de calor:
 - 20 ○ la entrada de aire del compresor está dispuesta para recibir un caudal de aire expandido que proviene de la turbina por medio de al menos un intercambiador de calor, llamado intercambiador intermedio de calentamiento, adaptado para calentar el aire expandido entregado por la turbina en contacto con un flujo de aire elegido de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina y sus mezclas,
 - 25 ○ el aire comprimido y calentado entregado en la salida del compresor del turbocompresor atraviesa un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor, llamado intercambiador de calefacción de cabina, adaptado para calentar un flujo de aire de alimentación de la cabina del vehículo que atraviesa un segundo circuito («paso frío») del intercambiador de calefacción de cabina, estando conectada una salida del primer circuito del intercambiador de calefacción de cabina a la entrada de aire de la turbina,
- dicho intercambiador intermedio de refrigeración y dicho al menos intercambiador intermedio de calentamiento están formados de un solo y mismo intercambiador de calor,
- en una segunda variante en modo de calefacción:
 - 30 ○ dicho conjunto de conductos y válvulas controladas está adaptado para poder ser controlado también según un modo de funcionamiento elegido de entre un modo de calefacción en el que:
 - 35 ○ un flujo de aire viciado a evacuar de la cabina es alimentado a la entrada del compresor del turbocompresor,
 - el aire comprimido y calentado entregado a la salida del compresor del turbocompresor, atraviesa al menos un intercambiador interpuesto entre la salida de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada de aire de la turbina del turbocompresor,
 - y el aire entregado a la salida de la turbina del turbocompresor se conecta a una boca de salida para ser expulsado al exterior,
- incluye una unidad de regulación adaptada para controlar la velocidad de rotación del motor eléctrico de cada turbocompresor en función de una potencia térmica de consigna a entregar a la cabina del vehículo,
- 40 - al menos un turbocompresor, en particular cada uno, tiene un diámetro máximo (voluta) inferior a 400 mm, por ejemplo, comprendido entre 300 mm y 400 mm, en particular del orden de 360 mm,
- al menos un turbocompresor, en particular cada uno, tiene un peso inferior a 50 kg, por ejemplo, comprendido entre 20 kg y 50 kg, en particular del orden de 30 kg,
- 45 - al menos un turbocompresor, en particular cada uno, está adaptado para poder ser controlado con una velocidad máxima de rotación superior a 50000 rpm, en particular comprendida entre 50000 rpm y 100000 rpm, por ejemplo, del orden de 65000 rpm min,
- al menos un dispositivo de ciclo de aire, en particular cada uno, comprende un dispositivo de extracción, aguas arriba de la entrada de aire de la turbina, de la humedad del aire comprimido entregado, en modo de refrigeración, a la salida

de aire comprimido del compresor; en ciertos modos de realización, este dispositivo de extracción comprende un bucle de extracción de humedad que comprende sucesivamente un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor de calentamiento conectado al intercambiador intermedio de refrigeración para poder recibir el caudal de aire comprimido (y enfriado) entregado por este intercambiador intermedio de refrigeración, un primer circuito («paso caliente») de un intercambiador de calor de condensador, un dispositivo de extracción de agua líquida, un segundo circuito («paso frío») del intercambiador de calor de calentador conectado al dispositivo de extracción de agua líquida para poder recibir el caudal de aire entregado aguas abajo del dispositivo de extracción de agua líquida para calentarlo por el caudal de aire comprimido que alimenta el primer circuito del intercambiador de calor de calentador, un segundo circuito («paso frío») del intercambiador de calor de condensador conectado a la salida de la turbina para poder recibir el caudal de aire frío expandido entregado por la salida de aire de la turbina, y enfriar el caudal de aire comprimido que atraviesa el primer circuito del intercambiador de calor de condensador para condensar la humedad presente en este caudal de aire comprimido.

Así, en un procedimiento y en un vehículo según la invención, el acondicionamiento de aire se obtiene por al menos un turbocompresor motorizado, cuyo compresor recibe aire a presión superior o igual a la presión atmosférica. Esto da como resultado en particular no solo una simplificación de la arquitectura y de los componentes sin utilización de fluido portador de calor de dos fases, sino también la posibilidad de reducir considerablemente el caudal de aire en el bucle y las dimensiones de las tuberías y de las válvulas.

En modo de refrigeración, el caudal de aire a través del bucle se puede limitar al caudal de aire fresco a suministrar a la cabina. Por lo tanto, se divide típicamente por 2 con respecto al caudal de aire a través del bucle inverso del segundo tipo de solución del estado de la técnica mencionado anteriormente. Además, las presiones en el bucle pasan típicamente de un valor del orden de $0,5 \cdot 10^5$ Pa a un valor del orden de $3 \cdot 10^5$ Pa, es decir, se multiplican por 6. Como resultado, el diámetro de los conductos de circulación de aire en el bucle se puede dividir por un factor típicamente igual a

$$\sqrt{12} = 3,4.$$

Esto también da como resultado la posibilidad de usar el bucle del ciclo de aire y al menos un turbocompresor de cada dispositivo de ciclo de aire como una bomba de calor para la calefacción de la cabina, en particular, invirtiendo el sentido de circulación del aire en el bucle. Resulta en efecto que, con un ciclo de aire en bucle directo conforme a la invención, las presiones y los puntos de funcionamiento del compresor y de la turbina del turbocompresor son sustancialmente los mismos en modo de refrigeración y en modo de calefacción. Así es posible generar una potencia térmica caliente con un rendimiento superior a 1. Los inventores han determinado así que es posible obtener un coeficiente de rendimiento típicamente del orden de 1,25, es decir, una ganancia del 25% al 30% con respecto a un calentador eléctrico. Además, la gran mayoría de los componentes utilizados en el modo de refrigeración se reutilizan en el modo de calefacción. Además, es posible recuperar en el intercambiador intermedio en modo de calefacción las calorías del aire viciado evacuado de la cabina, o en modo de refrigeración las frigorías del aire viciado evacuado de la cabina.

Por otra parte, la refrigeración de los intercambiadores se puede realizar con ayuda de simples ventiladores eléctricos.

En ciertos modos de realización de un procedimiento y de un vehículo según la invención, cada dispositivo de ciclo de aire comprende uno y sólo un turbocompresor, y puede ser configurado y ajustado durante la fabricación en la fábrica, estando limitada la instalación a bordo del vehículo a la conexión de las entradas y salidas de aire del dispositivo de ciclo de aire a los conductos correspondientes del vehículo. El número de dispositivos de ciclo de aire y/o el número de turbocompresores se pueden ajustar de acuerdo con la potencia térmica requerida para cada vehículo. En particular, un vehículo según la invención comprende ventajosamente, por ejemplo, una pluralidad de dispositivos de ciclo de aire, en particular entre 2 y 10 dispositivos de ciclo de aire, cada uno de los cuales comprende uno y solo un turbocompresor. Así los inventores han demostrado que es en realidad preferible prever varios dispositivos de ciclo de aire de dimensiones más pequeñas que incorporan cada uno un turbocompresor motorizado pilotado a alta velocidad de rotación que, aunque más caro y complejo de fabricar, permite obtener una economía de consumo energético y una facilidad de instalación a bordo de un vehículo terrestre tal como un vehículo ferroviario, compensando en gran medida el sobre costo de fabricación de los turbocompresores.

La invención también se extiende a un procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada implementado en un vehículo terrestre según la invención. También se extiende a un vehículo terrestre en el que se implementa un procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada según la invención.

La invención también se refiere a un procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada y a un vehículo terrestre caracterizados, en combinación o no, por todas o algunas de las características mencionadas anteriormente o más adelante. Cualquiera que sea la presentación formal que se da de ellas, a menos que se indique explícitamente lo contrario, las diversas características mencionadas anteriormente o a continuación no deben ser consideradas como estrecha o inextricablemente conectadas entre sí, pudiendo la invención referirse sólo a una de estas características estructurales o funcionales, o a una parte solamente de una de estas características estructurales o funcionales, o aún a cualquier agrupación, combinación o yuxtaposición de todas o parte de estas características estructurales o funcionales.

Otros objetivos, características y ventajas de la invención aparecerán al leer la siguiente descripción que se da a título no limitativo y que se refiere a las figuras adjuntas en las que:

5 La figura 1 es un esquema sinóptico funcional que ilustra un dispositivo de ciclo de aire de un vehículo según un primer modo de realización de la invención que implementa un procedimiento según un primer modo de realización de la invención en modo de refrigeración.

La figura 2 es un esquema sinóptico funcional del dispositivo de ciclo de aire de la figura 1 en modo de calefacción.

La figura 3 es un esquema sinóptico funcional que ilustra un dispositivo de ciclo de aire de un vehículo según un segundo modo de realización de la invención que implementa un procedimiento según un segundo modo de realización de la invención en modo de refrigeración.

10 La figura 4 es un esquema sinóptico funcional del dispositivo de ciclo de aire de la figura 3 en modo de calefacción.

15 El dispositivo de ciclo de aire según la invención mostrado en las figuras permite el control ambiental (climatización por refrigeración o calefacción) de una cabina 10 de un vehículo terrestre según la invención. Comprende un turbocompresor 11 accionado por un motor eléctrico 12 que acciona un árbol 13 del turbocompresor 11 acoplado a una turbina rotativa 14 y a un compresor rotativo 15. Tal turbocompresor motorizado 11 es conocido en sí mismo y puede ser objeto de numerosas variantes de realización, en particular en lo que respecta al tipo de turbina (axial o radial), al tipo de compresor (axial o radial), al tipo de motor eléctrico, al montaje del árbol y los cojinetes (por ejemplo, cojinetes aerodinámicos o cojinetes magnéticos), la disposición relativa de las ruedas y/o del motor ...

20 En el caso de un vehículo terrestre tal como un vehículo ferroviario, por ejemplo, para trenes de alta velocidad, el turbocompresor 11 puede elegirse ventajosamente con las siguientes características, dadas únicamente a modo de ejemplo no limitativo:

- turbina 14 y compresor 15 de tipo radial,
- cojinetes aerodinámicos o magnéticos,
- velocidad máxima de rotación comprendida entre 50000 rpm y 100000 rpm, por ejemplo, del orden de 65000 rpm,
- relación de compresión máxima del compresor: comprendida entre 2,5 y 5, en particular del orden de 3,2,
- 25 - relación de expansión máxima de la turbina: comprendida entre 2 y 5,
- motor eléctrico: de potencia nominal comprendida entre 10 kW y 100 kW, en particular del orden de 40 kW,
- diámetro máximo de voluta (voluta del compresor 15) inferior a 500 mm, por ejemplo, comprendido entre 300 mm y 500 mm, en particular del orden de 360 mm,
- diámetro máximo de rueda del compresor 15 inferior a 250 mm, por ejemplo, comprendido entre 100 y 250 mm, en particular del orden de 150 mm,
- 30 - peso inferior a 50 kg, por ejemplo, comprendido entre 15 kg y 50 kg, en particular del orden de 30 kg,
- diámetro de los cojinetes, en particular en el caso de cojinetes de aire, comprendido entre 30 mm y 50 mm, en particular del orden de 40 mm.

35 La turbina 14 tiene una entrada 16 de aire y una salida 17 de aire expandido y enfriado. El compresor 15 comprende una entrada 18 de aire y una salida 19 de aire comprimido y calentado.

Un primer circuito de un intercambiador intermedio 20 aire/aire está interpuesto entre el compresor 15 y la turbina 14.

40 Este intercambiador intermedio 20 tiene un segundo circuito de aire alimentado por un flujo de aire impulsado por al menos un electroventilador 21. Este flujo de aire puede estar formado por un flujo de aire exterior ambiente tomado en el exterior del vehículo a temperatura ambiente, de un flujo de aire viciado evacuado de la cabina 10 (en particular para la renovación del aire en la cabina 10) por un conducto 34, y sus mezclas. El flujo de aire que pasa en el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 se encuentra, por tanto, a una temperatura comprendida entre la temperatura exterior del vehículo y la temperatura reinante en la cabina 10. Después de pasar por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20, este flujo de aire es expulsado al exterior.

45 Un bucle 22 de extracción de humedad está interpuesto entre el primer circuito del intercambiador intermedio 20 y la turbina 14. Este bucle 22 de extracción de humedad comprende sucesivamente desde el intercambiador intermedio 20 un primer circuito de un intercambiador 23 de calor aire/aire de calentador, un primer circuito de un intercambiador 24 de calor aire/aire de condensador, un dispositivo 25 de extracción de agua líquida, un segundo circuito del calentador 23, cuya salida está conectada a la entrada de la turbina 14. La salida de la turbina 14 está conectada a un segundo circuito del condensador

- 24, alimentando este último una cámara 26 de mezcla que alimenta la cabina 10. La cámara 26 de mezcla también puede recibir, por una parte, un flujo de aire de recirculación extraído de la cabina 10 por ventiladores eléctricos 27, 28 y, por otra parte, un flujo de aire fresco tomado en el exterior del vehículo, gracias a estos ventiladores eléctricos 27, 28 si la potencia térmica fría requerida en la cabina 10 es tal que el caudal de aire entregado por la turbina 14 no es suficiente para cubrir la necesidad de renovación de aire en la cabina 10.
- La salida 19 de aire del compresor 15 se puede conectar a la entrada 16 de aire de la turbina 14 a través de un primer circuito de un intercambiador de calor aire/aire, llamado intercambiador 32 de calefacción de cabina, cuyo segundo circuito está interpuesto entre la cámara 26 de mezcla y la cabina 10.
- Cada intercambiador 20, 23, 24, 32 de calor permite una transferencia de calor entre su primer circuito (primer «paso») y su segundo circuito (segundo «pase»), de acuerdo con la diferencia de temperatura de los flujos de aire que atraviesan respectivamente estos dos circuitos.
- Una unidad 30 de regulación que comprende en particular un automatismo electrónico y/o informático y un convertidor de potencia permite el control del motor eléctrico 12 a una velocidad de rotación determinada por una subordinación en función de la potencia térmica fría o caliente que debe ser entregada en la cabina 10, determinada a su vez como una función de la temperatura medida en la cabina 10 por un sensor 31 de temperatura, y de una temperatura de consigna determinada por un usuario del vehículo. Este control es realizado por la unidad 30 de regulación según una subordinación en bucle cerrado con una ley para controlar la velocidad de rotación del motor en función de la temperatura del aire entregado a la entrada de la cámara 26 de mezcla, determinada a su vez en función de la temperatura de consigna, de la temperatura medida en la cabina 10, y de las temperaturas y caudales de aire que entran en la cámara 26 de mezcla y que salen de esta última. El caudal de aire que entra en la cabina 10 se mide mediante un sensor 56 de caudal. El caudal de aire que sale de la cabina 10 se mide mediante un sensor 57 de caudal. Estos caudales también son controlados por la unidad 30 de regulación, en particular en función de una cantidad de aire fresco de renovación a aportar en la cabina 10, que a su vez puede ser determinada gracias a un sensor 37 de dióxido de carbono en la cabina 10, que permite estimar el índice de ocupación de esta última.
- El dispositivo de ciclo de aire también comprende un conjunto de conductos y de válvulas controladas, y la unidad 30 de regulación también está conectada a cada una de las válvulas controladas para controlar su estado a fin de seleccionar un modo de funcionamiento del dispositivo de ciclo de aire entre un modo de refrigeración y un modo de calefacción, pudiendo este modo de funcionamiento ser seleccionado manualmente por el usuario o determinado automáticamente por la propia unidad 30 de regulación en función, en particular, de la diferencia entre la temperatura medida en el interior de la cabina 10 y la temperatura exterior medida por una sensor 33 de temperatura conectado a la unidad 30 de regulación.
- En el primer modo de realización mostrado en las figuras 1 y 2, la entrada 18 de aire del compresor 15 comprende una válvula 40 de tres vías controlada, una entrada 41 de la cual está conectada por un conducto 42 al primer circuito del intercambiador intermedio 20, una entrada 43 es alimentada de aire exterior fresco 58 y que tiene una salida 44 conectada a la entrada 18 de aire del compresor 15.
- La salida 19 de aire del compresor 15 está conectada a una entrada 46 de una válvula 45 de tres vías controlada, una salida 47 de la cual está conectada al conducto 42 que desemboca en el primer circuito del intercambiador intermedio 20 (conducto 42 que conecta la entrada 18 de aire del compresor 15 al primer circuito del intercambiador intermedio 20), y una salida 48 de la cual está conectada al primer circuito del intercambiador 32 de calefacción de cabina.
- Una válvula 49 controlada está interpuesta entre la salida 17 de aire de la turbina 14 y la cámara 26 de mezcla, por ejemplo, entre la salida del segundo circuito del intercambiador 24 de calor de condensador y la entrada de la cámara 26 de mezcla.
- Una válvula 50 de tres vías controlada está interpuesta entre el primer circuito del intercambiador intermedio 20 y un conducto 51 que conecta la salida 17 de aire de la turbina 14 al primer circuito del intercambiador 24 de calor del condensador. Esta válvula 50 comprende una entrada 52 conectada al conducto 51; una salida 53 conectada a la entrada del bucle 22 de extracción de humedad, es decir al primer circuito del intercambiador 23 de calor de calentador; y una entrada/salida 54 conectada al primer circuito del intercambiador intermedio 20.
- Una válvula 55 controlada permite alimentar la cámara 26 de mezcla con aire exterior fresco 58.
- La lógica de control de dicha unidad 30 para regular un dispositivo de ciclo de aire es por otra parte bien conocida en sí misma y puede ser objeto de todas las variantes de realización.
- En las figuras, los conductos en los que circula el aire se muestran en trazos más gruesos que aquellos en los que no circula el aire, según el modo de funcionamiento seleccionado.
- En modo de refrigeración, la unidad 30 de regulación coloca las diversas válvulas 40, 45, 49, 50, 55 controladas en el estado mostrado en la figura 1.
- La válvula 40 conecta su entrada 43 a su salida 44 y su entrada 41 está cerrada. La entrada 18 de aire del compresor 15 recibe aire fresco exterior 58 tomado directamente a presión atmosférica o a la presión dinámica resultante del movimiento

del vehículo a una presión superior a la presión atmosférica. Cabe señalar a este respecto que el dispositivo de ciclo de aire está exento de cualquier otro compresor eléctrico, siendo obtenida la compresión del aire en el bucle exclusiva y totalmente por el compresor 15 del turbocompresor 11.

5 La válvula 45 conecta su entrada 46 a su salida 47 conectada al primer circuito del intercambiador intermedio 20, y su otra salida 48 está cerrada. La salida 19 de aire del compresor 15 alimenta el primer circuito del intercambiador intermedio 20 que constituye el paso caliente de este intercambiador intermedio 20, siendo enfriado el caudal de aire comprimido calentado por el compresor 15 en este intercambiador intermedio 20 por el caudal de aire circulante en el segundo circuito del intercambiador intermedio 20, que constituye el paso frío de este último. El segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 es alimentado por un flujo de aire impulsado por al menos un ventilador eléctrico 21. Este flujo de aire puede ser elegido de entre un flujo de aire exterior 58 tomado en el exterior del vehículo a temperatura ambiente, un flujo de aire viciado evacuado de la cabina 10 (en particular para la renovación del aire en la cabina 10) por el conducto 34, y de sus mezclas. El flujo de aire que pasa por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 se encuentra, por tanto, a una temperatura comprendida entre la temperatura exterior del vehículo y la temperatura reinante en la cabina 10. Después de pasar por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20, este flujo de aire es expulsado al exterior por una boca 59 de salida.

20 El caudal de aire comprimido y enfriado a la salida del primer circuito del intercambiador intermedio 20 es alimentado en el primer circuito del calentador 23 a continuación, en el dispositivo 25 de extracción de humedad y luego en el segundo circuito del calentador 23, a continuación, a la entrada 16 de aire de la turbina 14 en la que se enfría y se expande. El intercambiador intermedio 20 es, por tanto, en este modo de refrigeración, un intercambiador intermedio 20 de refrigeración del aire comprimido entregado por el compresor 15. La válvula 50 conecta el primer circuito del intercambiador intermedio 20 al primer circuito del calentador 23, y la entrada 52 de la válvula 50 conectada al conducto 51 de salida de la turbina 14 está cerrada.

25 La expansión en la turbina 14 también permite crear un trabajo mecánico que se añade al del motor eléctrico para impulsar el compresor en rotación, y para iniciar el ciclo en el arranque. La turbina 14 permite así incrementar el trabajo mecánico entregado al compresor 15, siendo ajustada la velocidad de rotación del motor 12 por la unidad 30 de regulación para obtener un valor de temperatura a la salida de la turbina 14 adecuado para enfriar el aire de la cabina 10, típicamente del orden de -10°C .

30 La válvula 49 está abierta para que el aire que sale de la turbina 14 alimente la cámara 26 de mezcla a través del segundo circuito del condensador 24. Se supone que la válvula 55 está cerrada para el punto nominal de funcionamiento. Puede ser más o menos abierta en función de la cantidad de caudal de aire exterior 58 necesario para alimentar dióxígeno a la cabina. El caudal de aire enfriado y expandido por la turbina 14 que pasa al segundo circuito del condensador 24 permite disminuir la temperatura del caudal de aire que pasa a través del primer circuito de este condensador 24 hasta un valor que permite la condensación del agua. El agua extraída por el dispositivo 25 de extracción de humedad se introduce ventajosamente por un conducto 38 en el segundo circuito del intercambiador intermedio 20 para ser evaporada allí y contribuir a disminuir la temperatura de refrigeración. El calentador 23 permite entonces recuperar la energía calorífica del flujo de aire a la salida del intercambiador intermedio 20 calentando el caudal de aire que sale del primer circuito del condensador 24 antes de su introducción en la turbina 14.

40 La cámara 26 de mezcla también es alimentada con aire de recirculación procedente de la cabina a través del conducto 29 por los ventiladores 27, 28 que también alimentan a la cabina 10 con aire procedente de la cámara 26 de mezcla a través del segundo circuito del intercambiador 32 de calefacción de cabina que está inactivo, no siendo alimentado el primer circuito de este intercambiador 32 de calefacción de cabina.

Así, en modo de refrigeración, el dispositivo de ciclo de aire realiza un ciclo de aire en bucle abierto directo a partir del turbocompresor 11 motorizado. La presión en el bucle corresponde a la entregada por el compresor 15, superior a la presión atmosférica, típicamente del orden de $3 \cdot 10^5\text{ Pa}$.

45 En modo de calefacción, la unidad 30 de regulación coloca las diversas válvulas 40, 45, 49, 50, 55 controladas en el estado mostrado en la figura 2.

50 La válvula 40 conecta su entrada 41 a su salida 44 y su entrada 43 está cerrada. La válvula 50 conecta su entrada 52 conectada a la salida 17 de aire de la turbina 14 a la entrada/salida 54 conectada al primer circuito del intercambiador intermedio 20, y la salida 53 de la válvula 50 conectada al calentador 23 está cerrada. La válvula 49 está cerrada. La entrada 18 de aire del compresor 15 recibe así un caudal de aire expandido procedente de la turbina 14 por medio del primer circuito del intercambiador intermedio 20, adaptado para calentar el aire expandido y enfriado entregado por la turbina 14 en contacto con un flujo de aire que atraviesa el segundo circuito del intercambiador intermedio 20, estando este último a una temperatura comprendida entre la temperatura exterior al vehículo y la temperatura reinante en la cabina 10.

55 Un conducto 35 está conectado en paralelo a la entrada 18 de aire del compresor 15, es decir, en el ejemplo mostrado al conducto 42, preferiblemente por medio de una válvula 36 para permitir la introducción de aire exterior fresco 58 en el bucle por aspiración por el compresor 15 en función de las fugas que se producen en el bucle y en el turbocompresor 11. La presión de aire en la entrada 18 de aire del compresor 15 es igual a la presión atmosférica.

- La válvula 45 conecta su entrada 46 a su salida 48 conectada al primer circuito del intercambiador 32 de calefacción de cabina, y su otra salida 47 está cerrada. La salida 19 de aire del compresor 15 está conectada a la entrada 16 de aire de la turbina 14 por medio del primer circuito del intercambiador 32 de calefacción de cabina, cuyo segundo circuito está interpuesto entre la cámara 26 de mezcla y la cabina 10, de modo que un flujo de aire entregado por la cámara 26 de mezcla es calentado en este intercambiador 32 de calefacción de cabina por las calorías del aire caliente comprimido que atraviesa el primer circuito del intercambiador 32 de calefacción de cabina. Este flujo de aire entregado por la cámara 26 de mezcla está formado por la mezcla del aire de recirculación procedente de la cabina 10 conectada a la cámara de mezcla por un conducto 29 y del aire exterior fresco 58 alimentado a en la cámara 26 de mezcla por la válvula 55, que está abierta. Los ventiladores 27, 28 aseguran la mezcla y el caudal del aire a la salida de la cámara 26 de mezcla.
- Después de pasar a la turbina 14, el aire se expande y se enfría a una temperatura muy inferior a la temperatura de la cabina y a la temperatura exterior, típicamente del orden de -40° C. La expansión en la turbina está acompañada de la creación de un trabajo mecánico que se añade al del motor eléctrico 12 para impulsar el compresor 15 en rotación.
- El primer circuito del intercambiador intermedio 20 aire/aire está interpuesto entre la turbina 14 y el compresor 15. Recibe el caudal de aire expandido y enfriado procedente de la turbina 14 para calentarlo antes de entregarlo a la entrada 18 de aire del compresor 15. El segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 es alimentado por un flujo de aire impulsado por al menos un ventilador eléctrico 21. Este flujo de aire puede ser elegido de entre un flujo de aire exterior 58 tomado en el exterior del vehículo a temperatura ambiente, un flujo de aire viciado evacuado de la cabina 10 (en particular para la renovación del aire en la cabina 10) por el conducto 34, y de sus mezclas. El flujo de aire que pasa por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 se encuentra, por tanto, a una temperatura comprendida entre la temperatura exterior al vehículo y la temperatura reinante en la cabina 10. Después de pasar por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20, este flujo de aire es expulsado al exterior por la boca 59 de salida. En modo de calefacción, el intercambiador intermedio 20 es por tanto un intercambiador intermedio 20 de calefacción.
- Las Tablas 1 y 2 a continuación dan, a modo de ejemplo no limitativo, varios valores típicos de caudal, de presión y de temperatura en las entradas y salidas de aire de la turbina 14 del compresor 15 del turbocompresor 11 que se pueden obtener en el primer modo de realización de la invención.

Tabla 1

| Modo de refrigeración | Parámetros | | |
|-----------------------|-------------|------------------------------|-----------|
| | Temperatura | Presión (10 ⁵ Pa) | Caudal |
| Entrada compresor | 35° C | 1 | 0,4 kg/s |
| Salida compresor | 183° C | 3,1 | 0,4 kg/s |
| Entrada turbina | 35° C | 3,05 | 0,39 kg/s |
| Salida Turbina | -19° C | 1,05 | 0,39 kg/s |

Tabla 2

| Modo de calefacción | Parámetros | | |
|---------------------|-------------|------------------------------|----------|
| | Temperatura | Presión (10 ⁵ Pa) | Caudal |
| Entrada compresor | 0° C | 1 | 0,3 kg/s |
| Salida compresor | 100° C | 2,5 | 0,3 kg/s |
| Entrada turbina | 10° C | 2,45 | 0,3 kg/s |
| Salida Turbina | -40° C | 1,05 | 0,3 kg/s |

- Otros valores típicos de temperatura se indican en las figuras 1 y 2. Así, en modo de calefacción, el dispositivo de ciclo de aire lleva a cabo un ciclo en bucle cerrado invertido que forma una bomba de calor con el turbocompresor 11, teniendo las etapas de este turbocompresor 11 sustancialmente las mismas condiciones de funcionamiento que en modo de refrigeración, siendo los circuitos de ventilación los mismos que en el modo de refrigeración. La potencia térmica caliente se genera así con un rendimiento superior a 1.

- Además, las presiones de funcionamiento en las diferentes partes del dispositivo de ciclo de aire son todas superiores a la presión atmosférica, lo que permite disminuir las secciones y las dimensiones de los conductos y de los componentes (válvulas, volutas y ruedas del turbocompresor), y, por lo tanto, el tamaño total y el costo de cada dispositivo de ciclo de aire.

El segundo modo de realización representado en las figuras 3 y 4 se diferencia del primer modo de realización por el hecho de que permite prescindir del intercambiador 32 de calefacción de cabina, utilizándose el intercambiador intermedio 20 para la calefacción. Además, este segundo modo de realización también permite reducir el número de válvulas.

ES 2 863 908 T3

- La válvula 40 de tres vías en la entrada 18 del compresor 15 del primer modo de realización se sustituye por una válvula 60 de cuatro vías conectada a una entrada de aire fresco exterior 58, al conducto 34 de toma de aire de la cabina 10, por un conducto 64 a la entrada 18 del compresor 15, y a un conducto 61 que la conecta a la entrada del segundo circuito del intercambiador intermedio 20. La válvula 55 en la entrada de la cámara 26 de mezcla del primer modo de realización es reemplazada por una válvula 62 de cuatro vías conectada a una entrada 58 de aire exterior fresco, a un conducto 63 conectado a la salida del segundo circuito del intercambiador intermedio 20, a una salida 59 de aire fuera de la cabina 10, y por un conducto 67 a la entrada de la cámara 26 de mezcla. La válvula 49 a la salida del condensador 24 del primer modo de realización se sustituye por una válvula 65 de tres vías que tiene una salida hacia la cámara 26 de mezcla y otra salida hacia una boca 59 de evacuación del aire fuera de la cabina 10.
- 5
- 10 En modo de refrigeración, la unidad 30 de regulación coloca las diversas válvulas 60, 62, 65 controladas en el estado mostrado en la figura 3. El funcionamiento es similar al modo de refrigeración del primer modo de realización.
- La válvula 60 conecta la entrada 18 de aire del compresor 15 a la entrada de aire exterior fresco 58 a la presión dinámica resultante del movimiento del vehículo a una presión superior a la presión atmosférica. También conecta el conducto 34 procedente de la cabina 10 al conducto 61 en comunicación con el segundo circuito del intercambiador intermedio 20.
- 15 La salida 19 de aire del compresor 15 alimenta el primer circuito del intercambiador intermedio 20 que constituye el paso caliente de este intercambiador intermedio 20, siendo refrigerado el caudal de aire comprimido calentado por el compresor 15 en este intercambiador intermedio 20 por el caudal de aire que circula en el segundo circuito del intercambiador intermedio 20, que constituye el paso frío de este último. El segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 es alimentado por un flujo de aire impulsado por al menos un ventilador eléctrico 21. Este flujo de aire se puede elegir de entre un flujo de aire exterior 58 tomado en el exterior del vehículo a temperatura ambiente, de un flujo de aire evacuado de la cabina 10 por el conducto 34 y de sus mezclas. El flujo de aire que pasa por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20 está, por tanto, a una temperatura comprendida entre la temperatura exterior al vehículo y la temperatura reinante en la cabina 10. Después de pasar por el segundo circuito de aire del intercambiador intermedio 20, este flujo de aire alimentado por el conducto 63 a la válvula 62 que lo pone en comunicación con la boca 59 de salida, de manera que este caudal de aire es expulsado al exterior. El intercambiador intermedio 20 es, por tanto, en este modo de refrigeración, un intercambiador intermedio 20 para refrigerar el aire comprimido entregado por el compresor 15.
- 20
- 25 El caudal de aire comprimido y enfriado a la salida del primer circuito del intercambiador intermedio 20 sigue el mismo circuito que en el primer modo de realización hasta la válvula 65 que entrega el caudal de aire enfriado a la cámara 26 de mezcla.
- 30 La expansión en la turbina 14 permite, todavía, crear un trabajo mecánico que se añade al del motor eléctrico 12 para impulsar el compresor 15 en rotación, y para iniciar el ciclo en el arranque. La turbina 14 permite así incrementar el trabajo mecánico entregado al compresor 15, siendo ajustada la velocidad de rotación del motor 12 por la unidad 30 de regulación para obtener un valor de temperatura a la salida de la turbina 14 apropiado para la refrigeración del aire de la cabina 10, típicamente del orden de -10°C .
- 35 La válvula 65 está abierta de modo que el aire que sale de la turbina 14 alimenta la cámara 26 de mezcla a través del segundo circuito del condensador 24. Se supone que la válvula 62 está cerrada entre la entrada de aire fresco 58 y la cámara 26 de mezcla para el punto nominal de funcionamiento. Puede ser abierta más o menos dependiendo de la cantidad de caudal de aire fresco exterior 58 necesario para alimentar dióxígeno a la cabina.
- 40 La cámara 26 de mezcla también es alimentada con aire de recirculación procedente de la cabina a través del conducto 29 por los ventiladores 27, 28 que también alimentan a la cabina 10 con aire procedente de la cámara 26 de mezcla.
- Así, en modo de refrigeración, el dispositivo de ciclo de aire realiza un ciclo de aire en bucle abierto directo a partir del turbocompresor 11 motorizado. La presión en el bucle corresponde a la entregada por el compresor 15, superior a la presión atmosférica, típicamente del orden de $3 \cdot 10^5\text{ Pa}$.
- 45 Por el contrario, en modo de calefacción, el funcionamiento del dispositivo de ciclo de aire según el segundo modo de realización es diferente al del primer modo de realización. En modo de calefacción, la unidad 30 de regulación coloca las diversas válvulas controladas 60, 62, 65 en el estado mostrado en la figura 4.
- La válvula 60 recibe aire en el conducto 34 procedente de la cabina 10 y orienta una parte de este aire, que corresponde al caudal de aire a evacuar de la cabina hacia el exterior para la renovación de aire en la cabina, hacia la entrada 18 de aire del compresor 15 a través del conducto 64. Este caudal de aire sigue el mismo circuito que en el modo de refrigeración, pero, en la salida del segundo circuito del condensador 24, la válvula 65 orienta este caudal de aire hacia la boca 59 de salida para expulsarlo al exterior del vehículo.
- 50 El aire procedente del segundo circuito del intercambiador intermedio 20 ha sido calentado por el caudal de aire comprimido entregado por el compresor 15 en el primer circuito de este intercambiador intermedio 20. Este caudal de aire calentado entregado en el conducto 63 es orientado por la válvula 62 a la entrada de la cámara 26 de mezcla para producir calorías que permitan el calentamiento de la cabina. Este caudal de aire calentado proviene del caudal de aire alimentado a la entrada del segundo circuito del intercambiador intermedio 20 que puede estar formado por un caudal de aire fresco
- 55

procedente de una entrada de aire exterior fresco 58 y/o por un caudal de aire de recirculación procedente de la cabina a través del conducto 61 y la válvula 60.

5 Así, en este segundo modo de realización, en modo de calefacción, el circuito de aire principal que circula en el turbocompresor 11 y un caudal de aire expulsado al exterior, que puede corresponder al caudal de aire a extraer de la cabina 10 para la renovación de dióxigeno en la cabina 10, y que sirve para calentar el caudal de aire que alimenta la cámara 26 de mezcla y por tanto la cabina gracias al intercambiador intermedio 20 que actúa como intercambiador de calefacción.

10 Cabe señalar que, en una variante no representada de este segundo modo de realización, la entrada 18 de aire del compresor 15 puede ser alimentada directamente por una toma de aire específica procedente de la cabina 10, por ejemplo, para la expulsión de aire viciado hacia el exterior, según un conducto diferente del aire de recirculación y de calefacción que pasa por el segundo circuito del intercambiador intermedio 20.

La tabla 3 a continuación da, a modo de ejemplo no limitativo, diferentes valores típicos de caudal, de presión y de temperatura en las entradas y salidas de aire de la turbina 14 del compresor 15 del turbocompresor 11 que se pueden obtener en el segundo modo de realización de la invención en modo de calefacción.

15 Tabla 3

| Modo de calefacción | Parámetros | | |
|---------------------|-------------|------------------------------|----------|
| | Temperatura | Presión (10 ⁵ Pa) | Caudal |
| Entrada compresor | 20° C | 1 | 0,3 kg/s |
| Salida compresor | 130° C | 2,5 | 0,3 kg/s |
| Entrada turbina | 30° C | 2,45 | 0,3 kg/s |
| Salida Turbina | -20° C | 1 | 0,3 kg/s |

En modo de refrigeración, los valores dados en la Tabla 1 anterior para el primer modo de realización se pueden obtener de manera similar con el segundo modo de realización.

Un dispositivo de ciclo de aire de un vehículo según la invención puede tener, en particular, la forma de un grupo de acondicionamiento de aire compacto (ECS) de una sola pieza que integra todos sus componentes.

20 Un mismo grupo de acondicionamiento de aire ECS de un vehículo según la invención puede incluir:

- varios dispositivos de ciclo de aire, incluyendo cada dispositivo de ciclo de aire al menos un turbocompresor y al menos un conjunto de intercambiadores de calor para al menos un circuito de aire;
- o un dispositivo único de ciclo de aire que comprende un único circuito de aire y un conjunto único de intercambiadores de calor y una pluralidad de turbocompresores, estando los diferentes turbocompresores en comunicación fluida con este mismo circuito de aire;
- 25 - o un dispositivo único de ciclo de aire con un turbocompresor único en comunicación fluida con una pluralidad de circuitos de aire y una pluralidad de conjuntos de intercambiadores de calor
- o un dispositivo único de ciclo de aire que tiene un turbocompresor único en comunicación fluida con un único circuito de aire que incluye un conjunto único de intercambiadores de calor.

30 Un grupo de acondicionamiento de aire (ECS) reversible de este tipo se puede multiplicar a bordo de un vehículo terrestre según la invención en función de la potencia térmica fría o caliente requerida en la cabina 10. Un mismo grupo de acondicionamiento de aire ECS puede utilizarse en vehículos terrestres según la invención muy diversos, para las aplicaciones en zonas muy calientes y/o muy húmedas, o por el contrario muy frías y/o muy secas. Un vehículo terrestre según la invención que comprende una pluralidad de dispositivos de ciclo de aire y/o una pluralidad de grupos de
 35 acondicionamiento de aire también permite garantizar un mantenimiento al menos parcial de la función de control medioambiental en la cabina 10 en caso de avería de uno de los dispositivos de ciclo de aire y/o de uno de los grupos de acondicionamiento de aire. Cabe señalar, en particular, que es posible aumentar la velocidad de rotación de cada otro turbocompresor para compensar la deficiencia de uno de los turbocompresores, si el dimensionamiento de la instalación es tal que la velocidad nominal de rotación en funcionamiento de los diferentes turbocompresores es inferior a su velocidad
 40 máxima.

Un vehículo según la invención que incluye una pluralidad de dispositivos de ciclo de aire comprende ventajosamente también una unidad de control central que permite controlar los diferentes dispositivos de ciclo de aire y sus respectivas unidades de regulación. Nada impide prever que las funciones de las unidades de regulación de los diferentes dispositivos de ciclo de aire estén al menos parcialmente centralizadas en dicha unidad de control central. Del mismo modo, un vehículo

según la invención que incluye una pluralidad de grupos de acondicionamiento de aire comprende ventajosamente también una unidad de control central que permite controlar los diferentes grupos de acondicionamiento de aire, en particular, los diferentes grupos de acondicionamiento de aire asociados a una misma cabina 10 del vehículo.

5 Es evidente que la invención puede ser objeto de numerosas variantes de realización con respecto al modo de realización descrito anteriormente y mostrado en las figuras. En particular, al menos un bucle de refrigeración de fluido líquido portador de calor o de dos fases se puede asociar en serie o en paralelo en al menos un circuito de aire de al menos un dispositivo de ciclo de aire y/o de al menos un grupo de acondicionamiento de aire ECS de un vehículo según la invención, para la refrigeración de fuentes de calor a bordo del vehículo, por ejemplo, de circuitos eléctricos o electrónicos de potencia.

10 La invención se aplica de manera más particularmente ventajosa a un vehículo ferroviario, en particular a trenes de transporte de pasajeros. No obstante, se aplica a todos los demás vehículos terrestres en los que se plantean los mismos problemas técnicos, en particular a los vehículos rodantes (automóviles, autobuses, camiones, etc.) y a los vehículos que se desplazan sobre el agua (barcos).

15 Debe ser evidente para los expertos en la técnica que la presente invención permite modos de realización en muchas otras formas específicas sin alejarse del dominio de aplicación de la invención según se reivindica. Por consiguiente, los presentes modos de realización deben considerarse a modo de ilustración, pero pueden modificarse dentro del dominio definido por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de alimentación de aire a temperatura controlada de una cabina (10) de vehículo terrestre en el que se utiliza al menos un dispositivo de ciclo de aire, que incluye:

- al menos un turbocompresor (11) que comprende:

- 5 o un compresor rotativo (15),
- o una turbina rotativa (14),
- o un árbol (13) que acopla la turbina y el compresor de tal manera que la turbina es apta para impulsar el compresor en rotación,
- o una entrada (18) de aire del compresor,
- 10 o una salida (19) de aire del compresor que entrega un caudal de aire comprimido por el compresor,
- o una entrada (16) de aire de la turbina dispuesta para recibir un caudal de aire comprimido procedente del compresor,
- o una salida (17) de aire de la turbina que entrega un caudal de aire frío expandido,

15 - al menos un intercambiador (20, 23, 24, 32) interpuesto entre la salida (19) de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada (16) de aire de la turbina de al menos un turbocompresor,

caracterizado por que:

- se utiliza al menos un turbocompresor (11) de al menos un dispositivo de ciclo de aire que incluye un motor eléctrico (12) acoplado al compresor (15) para poder entregar una potencia mecánica al compresor (15),
- la entrada (18) de aire del compresor (15) de al menos un turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire está dispuesta para recibir aire a una presión superior o igual a la presión atmosférica,
- 20 - cada turbocompresor (11) de cada dispositivo de ciclo de aire está asociado a un conjunto de válvulas controladas (40, 45, 49, 50, 55) y de conductos, adaptado para poder ser controlados según un modo de funcionamiento seleccionado al menos de entre:
 - o un modo de calefacción por bomba de calor en el que:
 - 25 ▪ la entrada (18) de aire del compresor (15) está dispuesta para recibir un caudal de aire expandido procedente de la turbina (14) por medio de al menos un intercambiador de calor, denominado intercambiador intermedio (20) de calefacción, adaptado para calentar el aire expandido entregado por la turbina (14) en contacto con al menos un flujo de aire seleccionado de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina y sus mezclas,
 - 30 ▪ el aire comprimido y calentado entregado a la salida (19) del compresor (15) del turbocompresor atraviesa un primer circuito de un intercambiador de calor, denominado intercambiador de calefacción de cabina, adaptado para calentar un caudal de aire de alimentación de la cabina (10) del vehículo que atraviesa un segundo circuito del intercambiador de calefacción de cabina, estando conectada una salida del primer circuito del intercambiador de calefacción de cabina a la entrada (16) de aire de la turbina,
 - 35 o un modo de refrigeración en el que:
 - la entrada (18) de aire del compresor (15) está dispuesta para recibir aire exterior al vehículo,
 - la salida (19) de aire comprimido del compresor (15) está conectada al menos a un intercambiador de calor, denominado intercambiador intermedio (20), que entrega un flujo de aire comprimido enfriado por al menos un flujo de aire seleccionado de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina, y sus mezclas.
 - 40

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la turbina (14) de cada turbocompresor está dispuesta para entregar un caudal de aire expandido a una presión superior o igual a la presión atmosférica.

3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que, en modo de refrigeración, el caudal de aire frío expandido entregado por la salida (17) de aire de la turbina se introduce en la cabina (10) del vehículo.

45

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que, en modo de calefacción, dicho caudal de aire de alimentación a la cabina (10) del vehículo está formado por al menos un flujo de aire seleccionado de entre una corriente de aire exterior, un flujo de aire de recirculación procedente de la cabina del vehículo, y sus mezclas.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dicho conjunto de válvulas controladas (40, 45, 49, 50, 55) y conductos, está adaptado para poder ser igualmente controlado según un modo de funcionamiento seleccionado de entre un modo de calefacción en el que:

- un flujo de aire viciado a evacuar de la cabina es alimentado a la entrada del compresor del turbocompresor,
- el aire comprimido y calentado entregado a la salida (19) del compresor (15) del turbocompresor atraviesa al menos un intercambiador (20, 23, 24) interpuesto entre la salida de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada de aire de la turbina del turbocompresor,
- y el aire entregado a la salida de la turbina del turbocompresor se conecta a una boca (59) de salida para ser expulsado al exterior.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la velocidad de rotación del motor eléctrico (12) de cada turbocompresor (11) se controla en función de una potencia térmica de consigna que se ha de entregar a la cabina (10) del vehículo.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la humedad del aire comprimido entregado a la entrada (16) de aire de la turbina (14) es extraída aguas arriba de esta entrada (16) de aire.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que la extracción de la humedad es realizada por un bucle (22) de extracción de humedad que comprende un primer circuito de un intercambiador (23) de calor de calentador que recibe el flujo de aire comprimido procedente del intercambiador intermedio (20) de refrigeración, un primer circuito de un intercambiador de calor (24) de condensador, un dispositivo (25) de extracción de agua líquida, un segundo circuito del intercambiador de calor (23) de calentador que recibe el caudal de aire entregado aguas abajo del dispositivo (25) de extracción de agua líquida para calentarla por el caudal de aire comprimido que alimenta el primer circuito del intercambiador de calor (23) de calentador, y un segundo circuito del intercambiador de calor (24) de condensador que recibe el caudal de aire frío expandido entregado por la salida (17) de aire de la turbina (14) para enfriar el caudal de aire comprimido que atraviesa el primer circuito del intercambiador de calor (24) de condensador para condensar la humedad presente en este caudal de aire comprimido.

9. Vehículo terrestre que comprende al menos un dispositivo de ciclo de aire, que incluye:

- al menos un turbocompresor (11) que comprende:

- o un compresor rotativo (15),
- o una turbina rotativa (14),
- o un árbol (13) que acopla la turbina y el compresor de manera que la turbina pueda accionar el compresor en rotación,
- o una entrada (18) de aire del compresor (15),
- o una salida (19) de aire del compresor (15) que entrega un caudal de aire comprimido por el compresor,
- o una entrada (16) de aire de la turbina (14) dispuesta para recibir un caudal de aire comprimido procedente del compresor (15),
- o una salida (17) de aire de la turbina (14) que entrega un caudal de aire frío expandido,

- al menos un intercambiador (20, 23, 24, 32) interpuesto entre la salida de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada de aire de la turbina de al menos un turbocompresor,

caracterizado porque:

- al menos un turbocompresor (11) de al menos un dispositivo de ciclo de aire incluye un motor eléctrico (12) acoplado al compresor (15) para poder entregar potencia mecánica al compresor,
- la entrada (18) de aire del compresor (15) de al menos un turbocompresor de al menos un dispositivo de ciclo de aire está dispuesta para recibir aire a una presión superior o igual a la presión atmosférica,

ES 2 863 908 T3

- cada turbocompresor (11) de cada dispositivo de ciclo de aire está asociado a un conjunto de válvulas controladas (40, 45, 49, 50, 55) y de conductos, adaptados para poder ser controlados según un modo de funcionamiento seleccionado al menos de entre:
 - o un modo de calefacción por bomba de calor en el que:
 - 5 ▪ la entrada (18) de aire del compresor (15) está dispuesta para recibir un caudal de aire expandido procedente de la turbina (14) por medio de al menos un intercambiador de calor, denominado intercambiador intermedio (20) de calefacción, adaptado para calentar el aire expandido entregado por la turbina (14) en contacto con al menos un flujo de aire seleccionado de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina y sus mezclas,
 - 10 ▪ el aire comprimido y calentado entregado a la salida (19) del compresor (15) del turbocompresor atraviesa un primer circuito de un intercambiador de calor, denominado intercambiador de calefacción de cabina, adaptado para calentar un caudal de aire de alimentación de la cabina (10) del vehículo que atraviesa un segundo circuito del intercambiador de calefacción de cabina, estando conectada una salida del primer circuito del intercambiador de calefacción de cabina a la entrada (16) de aire de la turbina,
 - 15
 - o un modo de refrigeración en el que:
 - la entrada (18) de aire del compresor (15) está dispuesta para recibir aire exterior al vehículo,
 - la salida (19) de aire comprimido del compresor (15) está conectada al menos a un intercambiador de calor, denominado intercambiador intermedio (20), que entrega un flujo de aire comprimido refrigerado por al menos un flujo de aire seleccionado de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina, y sus mezclas.
 - 20
10. Vehículo según la reivindicación 9, caracterizado por que la turbina de cada turbocompresor (11) está dispuesta para entregar un caudal de aire expandido a una presión superior o igual a la presión atmosférica.
11. Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, caracterizado por que cada dispositivo de ciclo de aire comprende un conjunto de válvulas controladas (40, 45, 49, 50, 55) y de conductos, y por que incluye al menos una unidad (30) de regulación adaptada para poder controlar cada dispositivo de ciclo de aire según un modo de funcionamiento seleccionado de entre:
- un modo de calefacción en el que el aire comprimido y calentado entregado a la salida (19) del compresor (15) del turbocompresor (11) atraviesa al menos un primer circuito de un intercambiador de calor adaptado para calentar un caudal de aire de alimentación de la cabina (10) del vehículo,
 - 30
 - un modo de refrigeración en el que:
 - o la entrada (18) de aire del compresor (15) está dispuesta para recibir aire exterior al vehículo,
 - o la salida (19) de aire comprimido del compresor está conectada al menos a un intercambiador de calor, denominado intercambiador intermedio (20) de refrigeración, que entrega un flujo de aire comprimido enfriado por al menos un flujo de aire seleccionado de entre un flujo de aire exterior, un flujo de aire viciado a evacuar fuera de la cabina, y sus mezclas.
 - 35
12. Vehículo según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que incluye una unidad (30) de regulación adaptada para controlar la velocidad de rotación del motor eléctrico (12) de cada turbocompresor (11) en función de una potencia térmica de consigna a entregar a la cabina (10) del vehículo.
13. Vehículo según una de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que dicho conjunto de válvulas controladas (40, 45, 49, 50, 55) y de conductos está adaptado para poder ser igualmente controlado según un modo de funcionamiento seleccionado de entre un modo de calefacción en el que:
- se alimenta un flujo de aire viciado a evacuar de la cabina a la entrada del compresor del turbocompresor,
 - el aire comprimido y calentado entregado a la salida (19) del compresor (15) del turbocompresor, atraviesa al menos un intercambiador (20, 23, 24) interpuesto entre la salida de aire del compresor de al menos un turbocompresor y la entrada de aire de la turbina del turbocompresor,
 - 45
 - y el aire entregado a la salida de la turbina del turbocompresor se conecta a una boca (59) de salida para ser expulsado al exterior.

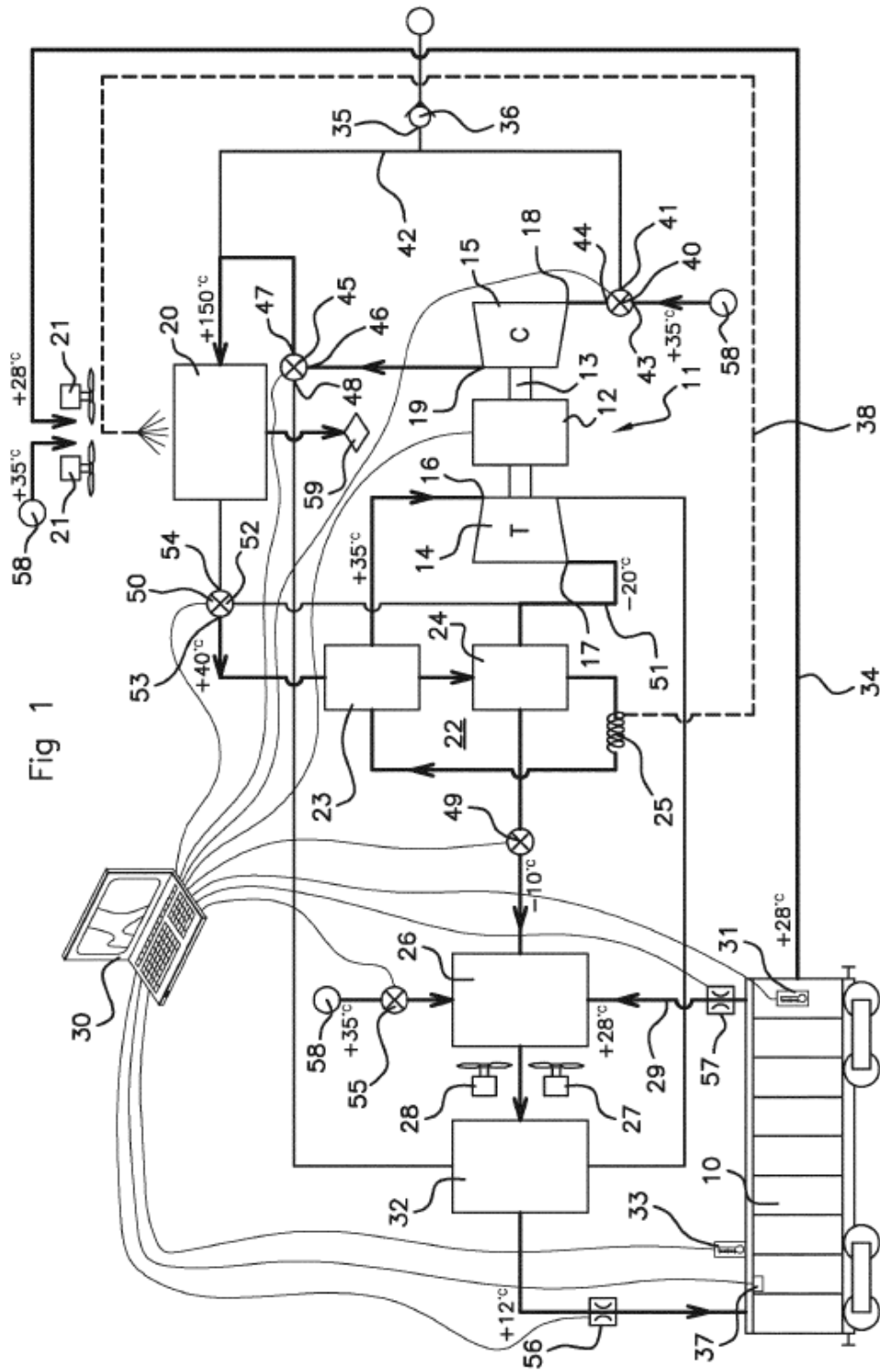


Fig 1

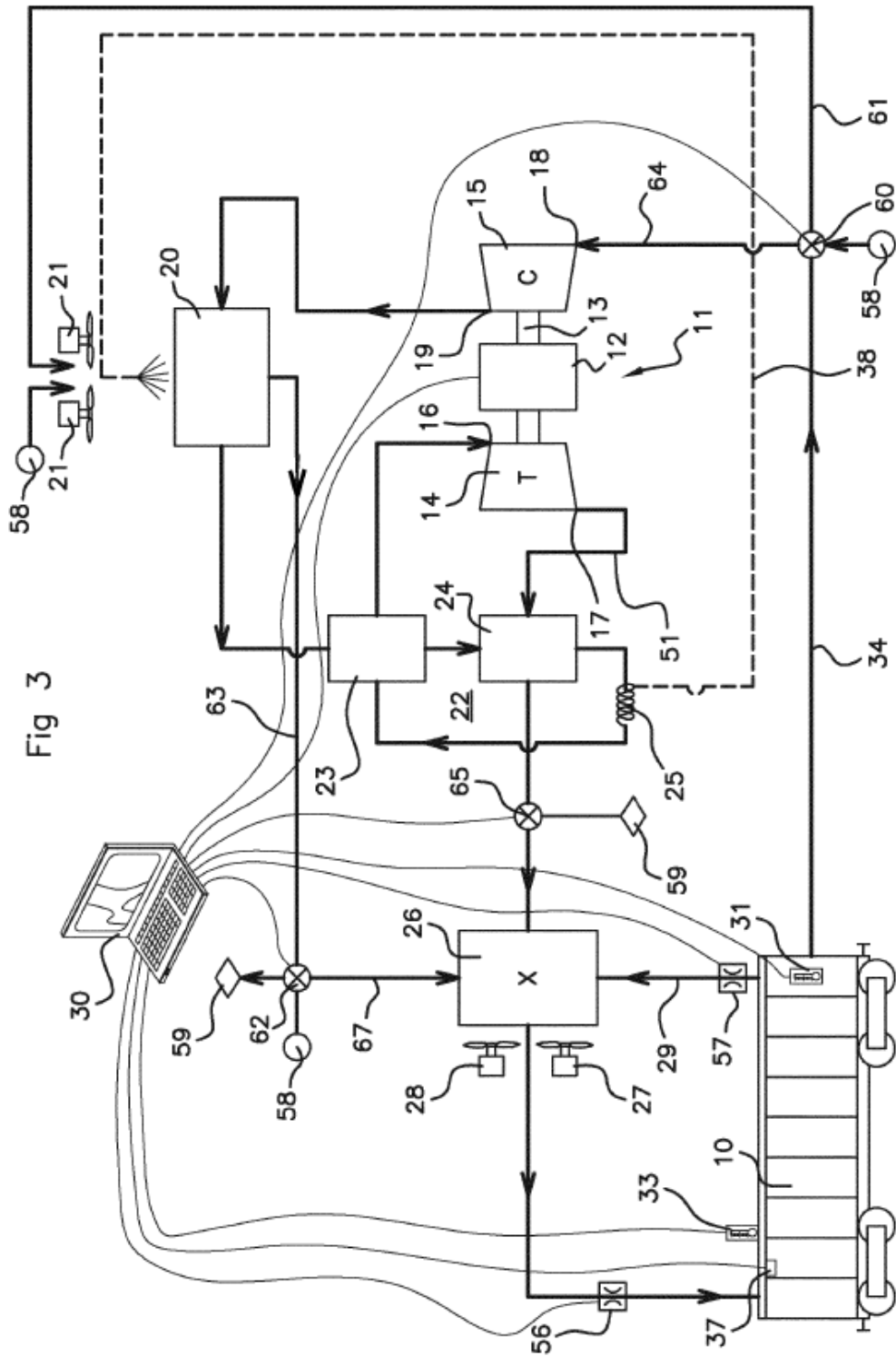


Fig 3

