



(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01M 15/04 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/070010

(22) Fecha de presentación internacional:
10 de enero de 2012 (10.01.2012)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201130120 31 de enero de 2011 (31.01.2011) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA [ES/ES]; CTT - Edificio 11 y 12, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **PAYRI GONZÁLEZ, Francisco** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 11 y 12, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **DESANTES**

FERNÁNDEZ, José María [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 11 y 12, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **GALINDO LUCAS, José** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 11 y 12, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **SERRANO CRUZ, José Ramón** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 11 y 12, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES).

(74) Mandatario: **UNGRIA LÓPEZ, Javier**; Avenida Ramón y Cajal, 78, E-28043 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: UNIT FOR SIMULATING THE PRESSURE AND TEMPERATURE CONDITIONS OF THE AIR DRAWN IN BY A RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Título : INSTALACIÓN PARA SIMULAR LAS CONDICIONES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL AIRE ASPIRADO POR UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVO

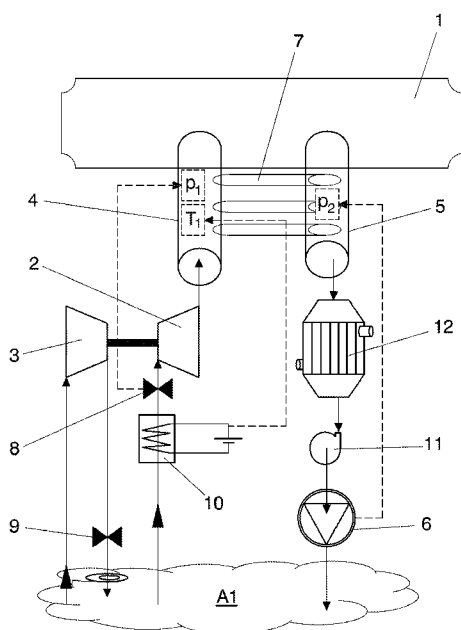


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a unit for simulating the pressure and temperature conditions of an air flow drawn in by a reciprocating internal combustion engine (1) at a height above sea level, corresponding to the operating height of said reciprocating internal combustion engine (1). According to the invention, the unit comprises at least: (a) a radial inward-flow turbine (2) for expanding an air flow towards the pressure and temperature of the air drawn in by the reciprocating internal combustion engine; (b) a first container (4) and (c) a second container (5) connected to the first container (4) by means of at least one connection pipe (7) in order to balance the pressure between the two containers; (d) a centrifugal compressor (3); and (e) a vacuum pump (6) for maintaining pressure equal to the pressure of the air flow drawn in by the reciprocating internal combustion engine (1). The invention also relates to the use of said unit for simulating the pressure and temperature conditions of the air drawn in by a reciprocating internal combustion engine.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]



(84) **Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):

ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))
- antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))

La presente invención se refiere a una instalación para simular las condiciones de presión y temperatura de un flujo de aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo (1) a una altura sobre el nivel del mar correspondiente a la altura de operación de dicho motor de combustión interna alternativo (1), donde dicha instalación comprende, al menos, (a) una turbina radial centrípeta (2) para expandir un flujo de aire hasta la presión y temperatura del aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo; (b) un primer depósito (4) y (c) un segundo depósito (5) conectado al primer depósito (4) a través de al menos un conducto de conexión (7) para equilibrar la presión entre ambos depósitos; (d) un compresor centrífugo (3); y (e) una bomba de vacío (6) para mantener una presión igual a la presión del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1). Asimismo, es objeto de la invención el uso de dicha instalación para simular las condiciones de presión y temperatura del aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo.

**Instalación para simular las condiciones de presión y
temperatura del aire aspirado por un motor de combustión
interna alternativo**

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema y a un método para reproducir las condiciones de presión y temperatura del aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo. Más particularmente, la invención se
10 dirige a un sistema y un método que permita simular las condiciones de presión y temperatura a las que es sometido un motor alternativo de combustión interna en función de la altura a la que opere sobre el nivel del mar.

15 **Estado de la técnica anterior a la invención**

La necesidad de establecer unas condiciones fijas de presión y temperatura en la atmósfera, en función de la altitud, que puedan ser usadas para el desarrollo y puesta a punto de los motores u otros componentes de los aviones,
20 llevó en 1952 a la Organización Internacional de la Aviación Civil (ICAO según sus siglas en inglés) a la definición de la atmósfera estándar internacional (ISA según sus siglas en inglés).

A la hora de diseñar equipos destinados a operar a una
25 cierta altitud sobre el nivel del mar, es necesario tener en cuenta las variaciones que se producen en la temperatura y presión atmosférica a medida que aumenta la altitud respecto al punto de medida, variaciones que afectan tanto a la composición, como a la densidad del aire. De este
30 modo, es objeto de esta invención presentar un sistema de bajo coste energético adecuado para su aplicación tanto en motores de aviones, como en motores de cualquier otro medio de locomoción destinado a operar en altura. Más concretamente, es objeto de la invención un sistema capaz
35 de reproducir las condiciones de presión y temperatura del aire aspirado por un motor alternativo en función de su altura de operación sobre el nivel del mar.

Los sistemas destinados al ensayo de motores teniendo

en cuenta la altitud sobre el nivel del mar pueden perseguir diversos objetivos, de entre los que cabe destacar:

- la reparación de posibles fallos en el funcionamiento del motor bajo determinadas condiciones;
- la optimización del consumo de combustible, que se ve afectado por las características del aire aspirado por el motor;
- la determinación del funcionamiento idóneo de los aparatos de aire acondicionado instalados en los aviones, o medios de locomoción similares;
- la comprobación del funcionamiento de los conductos de circulación de gases.

En los últimos años, se han llevado a cabo diversos estudios destinados a lograr los objetivos anteriores. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las soluciones aportadas se basan en modelizaciones teóricas sobre el comportamiento de los motores, así como en pruebas *in situ* realizadas en altura. Asimismo, estas modelizaciones se encuentran en su mayoría dirigidas a lograr optimizar el consumo de combustible de los motores.

Así por ejemplo, la solicitud US2004186699 describe un método y sistema para controlar la presión y temperatura del aire aspirado por un motor, así como de los gases de descarga del mismo, logrando equilibrar las condiciones de presión y temperatura. Los ensayos se llevan a cabo tanto en condiciones simuladas de alta altitud (a presiones inferiores a las del lugar de medición), como en condiciones de baja altitud, así como bajo distintas condiciones de temperatura. De este modo, los gases de escape del motor se envían a un túnel de dilución, y una muestra de los gases diluidos se somete a un análisis para determinar la actividad del motor y los componentes de emisión del mismo.

A diferencia de los estudios anteriores, la presente invención se refiere a un sistema capaz de reproducir a nivel del mar, las condiciones de un motor alternativo cuando funciona a la altitud que alcanza en operación.

Hasta el momento, no se ha encontrado en el estado de la técnica ninguna invención que comprenda las mismas características técnicas que las que definen el sistema objeto de esta invención.

5

Descripción de la invención

Es, por tanto, un objeto de esta invención una instalación para simular las condiciones de presión y temperatura de un flujo de aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo (1) a una altura sobre el nivel del mar correspondiente a la altura de operación de dicho motor de combustión interna alternativo (1), donde dicha instalación se caracteriza por que comprende, al menos, los siguientes equipos:

15 (a) una turbina radial centrípeta (2) para expandir un flujo de aire desde un estado inicial de presión p_0 y temperatura T_0 hasta un segundo estado de presión p_1 y temperatura T_1 , donde p_0 y T_0 corresponden a la presión y temperatura de la atmósfera A_1 en que se ubica el motor de combustión interna alternativo (1) y donde p_1 y T_1 corresponden a la presión y temperatura del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1);

25 (b) un primer depósito (4) situado a continuación de la turbina radial centrípeta (2) y a la entrada del motor de combustión interna alternativo (1) para proveer al mismo de dicho flujo de aire a una presión p_1 y una temperatura T_1 ;

(c) un segundo depósito (5) situado a la salida del motor de combustión interna alternativo (1) y conectado al primer depósito (4) a través de al menos un conducto de conexión (7) para equilibrar la presión entre ambos depósitos;

30 (d) un compresor centrífugo (3) unido por su eje a la turbina radial centrípeta (2) formando el conjunto un sistema conocido como turbogruppo;

35 (e) una bomba de vacío (6) situada a continuación del segundo depósito (5) para mantener una presión igual a la presión del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1). Dicha bomba puede

consistir preferentemente en una bomba de paletas movida por un motor eléctrico con o sin variador de frecuencia para poder regular la presión p_2 en el segundo depósito (5). De manera preferida, la capacidad de dicha bomba de vacío (6) será la suficiente para trasegar los gases de escape del motor de combustión interna alternativo (1) desde la presión p_2 en el remanso del segundo depósito 2 hasta la presión de la atmósfera A_1 . Asimismo, en una realización preferida de la invención, dicha bomba de vacío (6) puede comprender de manera adicional al menos una válvula de aspiración para la dilución de los gases de escape, así como al menos un sistema de extracción de condensados.

En una realización preferente de la invención, la turbina radial centrípeta (2) consiste en una turbina de geometría variable (TGV). En general, las turbinas de geometría variable se componen de los mismos elementos que una turbina convencional, pero incluyendo una corona de álabes móviles en el estator, de modo que permiten modificar la relación de expansión independientemente del gasto trasegado.

De manera preferida, el primer depósito (4) y el segundo depósito (5) consisten en depósitos cilíndricos, preferentemente de acero y más preferentemente, con una longitud tal que cada uno de ellos presenta al menos un volumen igual a dos veces la cilindrada del motor de combustión interna alternativo (1).

En concreto, el primer depósito (4) permite que el flujo de aire se estabilice antes de entrar al motor de combustión interna alternativo (1) y se encuentra conectado a dicho motor de combustión interna alternativo (1) a través de un conducto de admisión diseñado para mantener al mínimo las pérdidas de presión y, preferentemente, de sección sustancialmente igual a la del primer depósito (4). De igual manera, el segundo depósito (5) permite de los gases de escape del motor de combustión interna alternativo (1) y se encuentra conectado al mismo a través un conducto de escape, preferentemente de sección sustancialmente igual

a la del segundo depósito (5).

En una realización preferida de la invención, la instalación puede comprender asimismo, de manera previa a la bomba de vacío (6), al menos un filtro de partículas (11), preferentemente, al menos un filtro de partículas de alta eficiencia. Mediante el uso de dicho filtro de partículas (11) es posible filtrar las partículas de los gases de escape antes de que estos entren a la bomba de vacío (6), especialmente cuando el motor a ensayar sea un motor Diesel. Adicionalmente, en caso de emplear un filtro de partículas (11), se llevará a cabo de manera periódica una sustitución de los componentes consumibles que formen parte de dicho filtro de partículas (11).

En una realización adicional de la invención, la instalación puede comprender al menos un intercambiador de calor (12), preferentemente, un intercambiador de calor aire-agua. Este intercambiador de calor (12) puede emplear agua de al menos una torre de enfriamiento para enfriar los gases de escape hasta la temperatura de la atmósfera A1. En una realización preferente en que la instalación comprenda un filtro de partículas (11), el intercambiador de calor (12) se encontrará preferentemente situado antes de dicho filtro de partículas (11). De manera preferida, el intercambiador de calor (12) puede comprender adicionalmente al menos un drenaje para condensados, el cual puede ser abierto al finalizar el uso de la instalación.

Los distintos equipos de la instalación se caracterizan por estar perfectamente acoplados, logrando una instalación versátil, fiable y energéticamente eficiente.

De este modo, esta instalación permite reproducir con un bajo coste energético las condiciones de presión y temperatura que tiene el aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo (1) a una determinada altura sobre el nivel del mar, según establece la ISA. Estas condiciones corresponden a una temperatura y presión inferiores a las del aire al nivel del mar (siendo dicha presión y dicha temperatura de 1013.25 hPa y de 15°C según

ISA, respectivamente). A modo de ejemplo, hasta los 11000 m (tropopausa) la temperatura desciende a un ritmo de 6.5°C cada 1000 m, alcanzándose a dicha altura una temperatura de -56.5°C y una presión de 225 hPa.

5 Es asimismo objeto de esta invención el uso de una instalación según ha sido descrita para simular las condiciones de funcionamiento de un motor de combustión interna alternativo (1) que opere en altura. De manera preferente, este motor puede consistir en un motor de
10 avión, así como de cualquier otro medio de locomoción que opere en altura.

De este modo, es un objeto adicional de la invención un procedimiento para simular las condiciones de presión y temperatura de un flujo de aire aspirado por un motor de
15 combustión interna alternativo (1) a una altura sobre el nivel del mar correspondiente a la altura de operación de dicho motor alternativo (1), donde dicho procedimiento se caracteriza por que comprende las siguientes etapas:

(a) expandir un flujo de aire desde un estado inicial de
20 presión p_0 y temperatura T_0 hasta un segundo estado de presión p_1 y temperatura T_1 , donde p_0 y T_0 corresponden a la presión y temperatura de la atmósfera A_1 en que se ubica el motor de combustión interna alternativo (1) y donde p_1 y T_1 corresponden a la presión y temperatura del flujo de
25 aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1);

(b) enviar dicho flujo de aire a una presión p_1 y una temperatura T_1 a al menos un primer depósito (4) desde donde el flujo de aire es aspirado por el motor de
30 combustión interna alternativo (1);

(c) descargar los gases de escape del motor de combustión interna alternativo (1) a al menos un segundo depósito (5), desde donde un caudal de dichos gases de escape es succionado mediante una bomba de vacío (6) para mantener
35 una presión p_2 igual a la presión del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1);

El procedimiento anterior puede emplearse tanto en

condiciones de aire seco, como sin deshumidificar.

Si bien las etapas descritas corresponden a las etapas generales del procedimiento de la invención, dicho procedimiento puede comprender etapas adicionales en función de las distintas realizaciones de la instalación objeto de la invención. Algunos ejemplos de estas realizaciones se recogen en las figuras que acompañan a esta descripción.

10 **Breve descripción de las figuras**

La **figura 1** muestra una realización particular de la instalación objeto de la invención;

La **figura 2** muestra una instalación de acuerdo a la figura 1, caracterizada por que comprende de manera adicional un equipo de recuperación de calor;

La **figura 3** muestra una realización particular adicional de la instalación, caracterizada por que comprende adicionalmente una subida de presión de manera previa a la bomba de vacío (6);

20 La **figura 4** muestra una realización particular adicional de la instalación, caracterizada por que comprende una doble etapa expansión y de compresión en dos turbocompresores y una bomba de vacío (6) como equipo de apoyo para mantener la depresión en la descarga del motor de combustión interna alternativo (1);

La **figura 5** muestra una realización particular adicional de la instalación, caracterizada por que comprende una etapa de aprovechamiento de la presión en el compresor centrífugo (3) para enfriar y/o secar aire en el primer depósito (4);

30 La **figura 6** muestra una realización particular adicional de la instalación, caracterizada por que comprende el aprovechamiento de la presión en un compresor centrífugo (3) y en un segundo compresor centrífugo (18) para enfriar y/o secar aire en el primer depósito (4) y en el segundo depósito (5). Esto es posible gracias a la doble etapa de expansión en turbinas. La bomba de vacío (6) será necesaria para mantener la depresión en la descarga del

motor de combustión interna alternativo (1).

Listado de referencias

Motor de combustión interna alternativo	(1)	Intercambiador de calor	(12)
Turbina radial centrípeta	(2)	Segundo intercambiador de calor	(13)
Compresor centrífugo	(3)	Válvula	(14)
Primer depósito	(4)	Tercer intercambiador de calor	(15)
Segundo depósito	(5)	Válvula de check o diodo de flujo	(16)
Bomba de vacío	(6)	Segunda turbina radial centrípeta	(17)
Conducto de conexión	(7)	Segundo compresor centrífugo	(18)
Válvula de control	(8)	Válvula de descarga	(19)
Válvula de contrapresión	(9)	Enfriador y/o Deshumidificador	(20)
Sistema acondicionador de temperatura	(10)	Válvula de 3 vías	(21)
Filtro de partículas	(11)	Segundo enfriador y/o deshumidificador	(22)

5 A continuación se describen a modo de ejemplo y con
carácter no limitante una serie de realizaciones
particulares de la invención, en grado creciente de
complejidad y coste, de acuerdo a las figuras que acompañan
a esta descripción.

10

Realización particular 1

En una realización particular 1 de la invención, según
se muestra en la figura 1, la instalación comprende:

(a) una turbina radial centrípeta (2) de geometría variable
15 que comprende una válvula de control (8) o de regulación de
flujo, que puede ser el propio estator de la turbina radial
centrípeta (2). En dicha turbina radial centrípeta (2) se

lleva a cabo la expansión de un flujo de aire desde un estado inicial de presión p_0 y temperatura T_0 hasta un segundo estado de presión p_1 y temperatura T_1 , donde p_0 y T_0 corresponden a la presión y temperatura del ambiente A_1 en que se ubica el motor de combustión interna alternativo (1) y donde p_1 y T_1 corresponden a la presión y temperatura del flujo de aire aspirado por el motor alternativo (1);

(b) un primer depósito (4) situado a continuación de la turbina radial centrípeta (2) y a la entrada del motor de combustión interna alternativo (1) para proveer al mismo de dicho flujo de aire a presión p_1 y temperatura T_1 . La conexión de dicho primer depósito (4) al motor de combustión interna alternativo (1) se lleva a cabo a través de un conducto de admisión con una sección sustancialmente igual a la del primer depósito (4);

(c) un segundo depósito (5) situado a la salida del motor de combustión interna alternativo (1) y conectado al mismo a través de un conducto de escape, preferentemente de sección sustancialmente igual a la del segundo depósito (5). Tanto el primer depósito (4) como el segundo depósito (5) se encuentran conectados a través de un conducto de conexión (7) para equilibrar la presión entre ambos depósitos. Asimismo, tanto el primer depósito (4) como el segundo depósito (5) presentan un volumen igual a dos veces la cilindrada del motor de combustión interna alternativo (1);

(d) un compresor centrífugo (3) acoplado a la turbina radial centrípeta (2) de tal forma que el rango útil del compresor centrífugo (3) (entre condiciones de choque y condiciones de bombeo) coincide con el rango de máximo rendimiento de la turbina radial centrípeta (2). A través de la válvula de control (8) de la turbina radial centrípeta (2) es posible regular la relación de expansión de la turbina y, de este modo, controlar la presión p_1 en el primer depósito (4);

(e) una bomba de vacío (6) para mantener una presión igual a la presión del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1).

Asimismo, la instalación comprende una válvula de contrapresión (9) a través de la cual el compresor centrífugo (3) descarga el flujo de aire aspirado desde la atmósfera A1 de nuevo a esta misma atmósfera A1. La válvula de contrapresión (9) se regula en una posición fija de tal forma que el rendimiento medio de la turbina radial centrípeta (2) es máximo en cualquier régimen de giro.

Adicionalmente, la instalación comprende un sistema acondicionador de temperatura (10) que puede variar la temperatura de A1 en el entorno de $\pm 10^{\circ}\text{C}$. En el caso de que sea necesario calentar, dicho sistema acondicionador de temperatura (10) puede consistir en una resistencia eléctrica. Si, por el contrario, fuera necesario enfriar, el sistema acondicionador de temperatura (10) puede consistir en un equipo refrigerante convencional con un ciclo de Rankine inverso. El sistema acondicionador de temperatura (10) es usado como regulador fino de la temperatura T1 en el primer depósito (4), ajustando de manera exacta la temperatura deseada en el aire tras su expansión en la turbina radial centrípeta (2);

En esta realización particular de la invención, la instalación comprende además, de manera previa a la bomba de vacío (6), un filtro de partículas (11) de alta eficiencia, así como un intercambiador de calor (12) de aire-agua.

Es asimismo objeto de esta invención un procedimiento llevado a cabo por la instalación de la realización 1. De este modo, una vez el motor de combustión interna alternativo (1) alcanza su punto de operación, el aire de la atmósfera A1 es expandido en la turbina radial centrípeta (2) hasta que la presión p1 es la deseada según la altitud de vuelo que se desee simular. El que se consiga la expansión adecuada se garantiza por una selección adecuada de la turbina radial centrípeta (2), atendiendo al caudal y la densidad del aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1). Además, al ser la turbina radial centrípeta (2) una turbina de geometría variable, la instalación comprende una válvula de control

(8) o de regulación del flujo (generalmente, el propio estator de turbina radial centrípeta (2)). Esta válvula de control (8) permite garantizar el ajuste fino de p_1 en el primer depósito (4), así como el control preciso de p_1 usando un controlador PID estándar que actúe sobre la válvula de control (8).

La turbina radial centrípeta (2) extrae energía del flujo durante la expansión de éste y esa energía es consumida por el compresor centrífugo (3) para comprimir el aire y posteriormente disiparla a la atmósfera A1 donde el compresor centrífugo (3) descarga el aire comprimido. La válvula de contrapresión (9) se ajusta en una apertura constante de tal forma que el compresor centrífugo (3) trabaje siempre en condiciones operativas estables y en unos puntos de funcionamiento de máximo rendimiento de la turbina radial centrípeta (2). De este modo, la válvula de contrapresión (9) será la encargada de marcar la curva de carga resistente contra la que trabajará el compresor centrífugo (3).

Gracias a la expansión y la pérdida de energía del fluido en la turbina radial centrípeta (2) hasta la presión p_1 , la temperatura en el primer depósito (4) bajará hasta una temperatura cercana a T_1 . El ajuste con el sistema acondicionador de temperatura (10) de la temperatura aguas arriba de la turbina radial centrípeta (2) en un rango de $\pm 10^\circ\text{C}$ permitirá alcanzar el valor de temperatura T_1 deseado. El control preciso de la turbina radial centrípeta (2) se hará con un PID estándar actuando sobre el sistema acondicionador de temperatura (10).

La bomba de vacío (6) de paletas garantiza la depresión deseada (p_2) en el segundo depósito (5). Por ejemplo, el variador de frecuencia del motor eléctrico que mueve la bomba de vacío (6) garantiza el control de p_2 . Un PID estándar actuando sobre el variador de frecuencia regula el ajuste fino de p_2 . Los gases de escape succionados por la bomba de vacío (6) son previamente enfriados en el intercambiador de calor (12) y las partículas de estos gases retenidas en el filtro de partículas (11) a fin de

garantizar un bajo consumo eléctrico y una mayor fiabilidad de la bomba de vacío (6). La bomba de vacío (6) puede consistir en un equipo comercial.

Por otra parte, el conducto o conductos de conexión (7) actúan a modo de orificios equilibradores de presión, garantizando una presión igual en el primer depósito (4) (p1) y en el segundo depósito (5) (p2). De este modo, permiten simular iguales condiciones de vuelo ISA tanto en admisión, como en escape y facilitan el control de la presión p1 y p2. En caso de que la bomba de vacío (6) succionara más caudal que el trasegado por el motor de combustión interna alternativo (1), la bomba de vacío (6) podría trabajar sin variador de frecuencia, pues el caudal en exceso pasaría por el conducto o conductos de conexión (7) y la presión p2 seguiría siendo igual a p1.

Realización particular 2

Esta segunda realización, de acuerdo a la figura 2, se caracteriza por que comprende de manera adicional a los equipos de la instalación representada en la figura 1, un segundo intercambiador de calor (13) de aire-aire para calentar el flujo de aire a la entrada de la turbina radial centrípeta (2) con el flujo de aire a la salida del compresor centrífugo (3) y reducir la necesidad de potencia eléctrica en caso de que se necesite calentar con un sistema acondicionador de temperatura (10) que consista en una resistencia.

Asimismo, esta realización particular de la invención puede comprender una válvula (14) para baipasear el segundo intercambiador de calor (13) aire-aire y evitar calentar el flujo de aire a la entrada de la turbina radial centrípeta (2) en el caso de que se necesite enfriar con el sistema acondicionador de temperatura (10). En cualquier caso, el sistema acondicionador de temperatura (10) se encargará de llevar a cabo el ajuste fino de la temperatura T1.

Es asimismo objeto de esta invención un procedimiento llevado a cabo por la instalación de la realización 2. Adicionalmente a lo descrito para el funcionamiento de la

realización 1, esta instalación de la realización 2 opera de la siguiente manera:

Cuando se necesite calentar el aire aguas arriba de la turbina radial centrípeta (2) para conseguir la temperatura objetivo T1 se podrá utilizar el aire caliente que sale del compresor centrífugo (3). Para ello, se transmitirá calor del aire proporcionado por el compresor centrífugo (3) al aspirado por la turbina radial centrípeta (2) en el segundo intercambiador de calor (13). En este modo de operación, la válvula (14) se encuentra cerrada y la válvula de contrapresión (9) abierta en sus condiciones de referencia definidas a priori (al igual que en la realización 1, son aquellas en las que el compresor centrífugo (3) trabaja cerca del máximo rendimiento de la turbina radial centrípeta (2) en el régimen de operación establecido).

Cuando se necesite enfriar el aire aguas arriba de la turbina radial centrípeta (2) para conseguir la temperatura objetivo T1, no se usará el segundo intercambiador de calor (13) aire-aire. Para ello, la válvula de contrapresión (9) se cerrará y la válvula (14) se abrirá hasta las mismas condiciones que la válvula de contrapresión (9) tenía en el modo de operación de la instalación 1.

Realización particular 3

En este ejemplo de realización particular, según se muestra en la figura 3, la instalación puede comprender el compresor centrífugo (3) localizado a continuación del segundo depósito (5). Este compresor centrífugo (3) aspira los gases de escape procedentes del segundo depósito (5) y sube la presión de los gases a la entrada de la bomba de vacío (6), con el consiguiente ahorro de energía para dicha bomba de vacío (6). No obstante, la regulación de la presión p2 puede seguir haciéndose mediante el variador de frecuencia del motor eléctrico de la bomba de vacío (6).

Como consecuencia de lo anterior, en esta realización particular de la invención desaparece la válvula de contrapresión (9), pues pierde su objeto.

Asimismo, la instalación comprende un tercer

intercambiador de calor aire-agua (15) que enfría los gases de escape hasta la temperatura de la atmósfera A1 a la entrada del compresor centrífugo (3).

Adicionalmente, la instalación comprende una válvula de check o diodo de flujo (16), que en esta realización particular 3 sirve de baipás del compresor centrífugo (3). Esta válvula de check o diodo de flujo (16) puede abrirse en el caso de que la presión aguas arriba del compresor centrífugo (3) sea mayor que la presión aguas abajo del compresor centrífugo (3).

Es asimismo objeto de esta invención un procedimiento llevado a cabo por la instalación de la realización 3. De manera adicional a lo descrito en la realización 1, esta instalación opera de la siguiente manera:

En primer lugar, el compresor que absorbe la energía extraída al aire por la turbina radial centrípeta (2) no disipa esta energía trasegando aire de la atmósfera A1. En esta realización, el compresor centrífugo (3) trasiega gases de combustión desde el segundo depósito (5) hasta la entrada de la bomba de vacío (6). De esta forma, ayuda a trabajar a la bomba de vacío (6) y reduce el consumo eléctrico de la misma.

El tercer intercambiador de calor (15) aire-agua enfría los gases de combustión succionados del segundo depósito (5) antes de entrar al compresor centrífugo (3) para aumentar la densidad del flujo a la entrada del compresor, mejorar su eficiencia y alejar el riesgo de bombeo del compresor.

La bomba de vacío (6) continúa regulando con un PID estándar la presión p_2 en el segundo depósito (5). El intercambiador de calor (12) enfría los gases de escape a la salida del compresor centrífugo (3) antes de que éstos entren a la bomba de vacío (6).

Las condiciones de operación del compresor centrífugo (3) vendrán impuestas en la instalación de la realización 3 por el caudal trasegado por la bomba de vacío (6) y por el régimen de giro del turbogruppo. El régimen de giro del turbogruppo es consecuencia del equilibrio energético entre

la turbina radial centrípeta (2) y el compresor centrífugo (3). Como consecuencia de ello, puede ser que en ocasiones no exista suficiente régimen de giro y la presión aguas abajo del compresor centrífugo (3) sea igual o inferior a la del segundo depósito (5). En este caso, la válvula de check o de diodo de flujo (16) se abrirá y hará las veces de baipás para una parte del flujo de los gases de escape hasta que la presión de salida del compresor sea igual a la presión objetivo p_2 . Como la válvula de check o de diodo de flujo (16) sólo se abre cuando la presión aguas abajo del compresor centrífugo (3) es menor que aguas arriba, esta válvula es un diodo o 'válvula de check' que sólo permite pasar el flujo en una dirección.

15 Realización particular 4

La instalación objeto de la presente invención en su realización 4 está representado en la figura 4. Esta realización 4 comprende de manera adicional o alternativa a los equipos de la instalación de la realización 3, los siguientes equipos:

Uno o varios turbogrupos (entendiendo por turbogrupo un conjunto de una turbina radial centrípeta y de un compresor centrífugo) operando en serie con el turbogrupo de la instalación de la realización 3, que estaba compuesto por la turbina radial centrípeta (2) de geometría variable y el compresor centrífugo (3).

En la realización 4, la segunda turbina radial centrípeta (17) no necesita ser de geometría variable, pudiendo ser de geometría fija, como es el caso representado en la figura 4. En la figura 4 se ha representado únicamente un turbogrupo adicional, en serie con el de la realización 3. El nuevo turbogrupo está compuesto por la segunda turbina radial centrípeta (17) y el segundo compresor centrífugo (18). Dicha segunda turbina radial centrípeta (17) y dicho segundo compresor centrífugo (18) presentan preferentemente un tamaño menor que el de la turbina radial centrípeta (2) y el del compresor centrífugo (3), debido a que el flujo tiene mayor densidad en la

segunda turbina radial centrípeta (17) y en el segundo compresor centrífugo (18) que en los primeros respectivos.

El tamaño de la segunda turbina radial centrípeta (17) y del segundo compresor centrífugo (18) se selecciona de tal forma que, por un lado, el salto total de presión entre la atmósfera A1 y el primer depósito (4) se subdivide en partes preferentemente iguales entre la segunda turbina radial centrípeta (17) y la turbina radial centrípeta (2); y que por otro lado, el salto total de presión entre la atmósfera A1 y el segundo depósito (5) se subdivide en partes preferentemente iguales entre el segundo compresor centrífugo (18) y el compresor centrífugo (3). De esta forma, la turbina radial centrípeta (2), la segunda turbina radial centrípeta (17), el compresor centrífugo (3) y el segundo compresor centrífugo (18) pueden trabajar con saltos de presiones y regímenes de giro que se encuentren en sus zonas operativas de máximo rendimiento. De este modo, si bien la instalación puede encarecerse, es posible maximizar el rendimiento de la misma gracias a minimizar el consumo energético de la bomba de vacío (6), que supone el principal consumo de la instalación.

La segunda turbina radial centrípeta (17) puede estar equipada adicionalmente con una válvula de descarga (18) (o wastegate), que hace las veces de baipás de dicha segunda turbina radial centrípeta (17). Esta válvula de descarga (19) puede encargarse, junto con el mecanismo de geometría variable de la primera turbina radial centrípeta o válvula de control (8), de regular la presión p_1 en el primer depósito (4) a base del baipás de flujo en la segunda turbina radial centrípeta (17) y por lo tanto, de regular la expansión del flujo aguas abajo de la segunda turbina radial centrípeta (17).

El intercambiador de calor (12) aire-agua puede situarse en una posición aguas abajo del compresor centrífugo (3) pero aguas arriba del segundo compresor centrífugo (18) y del filtro de partículas (11), respectivamente. De esta forma la bomba de vacío (6) y el compresor centrífugo (3) trabajan en paralelo y el

intercambiador de calor (12) enfría los gases de escape succionados por ambos equipos.

Adicionalmente, la instalación comprende una válvula de contrapresión (9) de iguales características y función que la descrita en la realización 1.

Es asimismo objeto de esta invención un procedimiento llevado a cabo por la instalación de la realización 4. Esta instalación es la de mayor coste de instalación y de menor consumo energético de operación por ayudar los compresores a la bomba de vacío (6) en un mayor rango de presiones gracias a que se subdivide el salto total de presiones entre varios equipos. Aparte de lo descrito para el funcionamiento de la instalación de la realización 3, esta instalación opera de la siguiente manera:

Como se muestra en la figura 4, sólo se ha representado un turbogruppo adicional, en serie con el de la realización 3. El nuevo turbogruppo está compuesto por la segunda turbina centrípeta (17) y el segundo compresor centrífugo (18). La máxima expansión se consigue cuando la válvula de descarga (19) está cerrada completamente y la válvula de control (8) está en su posición más cerrada posible (que en una turbina de geometría variable nunca es completamente).

A partir de este punto, la relación de expansión se disminuye primero abriendo la válvula de control (8) hasta su máxima apertura y después abriendo la válvula de contrapresión (9) hasta su máxima apertura. Por lo tanto, el control se hará con 2 PID estándar operando de forma secuencial para regular la presión p1 en el primer depósito (4). Cuando se reduce la expansión entre A1 y el primer depósito (4), primero operará el PID que actúa sobre la válvula de control (8), cerrándola hasta llegar a su tope de actuación, y después el PID que actúa sobre la válvula de descarga (19). Cuando aumente la expansión entre A1 y el primer depósito (4), actuarán de manera inversa, primero operará el PID que actúa sobre la válvula de descarga (19), cerrándola hasta llegar a su tope de actuación, y después el PID que actúa sobre la válvula de control (8).

El compresor centrífugo (3) opera de la misma manera

que en la realización 3, estando su funcionamiento limitado por la válvula de check o de diodo de flujo (16). El compresor centrífugo (3) estará regulado en su operación por la posición de la válvula de contrapresión (9), que al
5 igual que en la instalación de la realización 1 garantizará la operación en las zonas de buen rendimiento de la segunda turbina centrípeta (17).

La bomba de vacío (6) de paletas operará en paralelo con el segundo compresor centrífugo (18) y el gasto que no
10 sea capaz de trasegar el segundo compresor centrífugo (18) lo trasegará la bomba de vacío (6). El intercambiador de calor (12) servirá para enfriar los gases de escape trasegados por ambas máquinas, la bomba de vacío (6) y el segundo compresor centrífugo (18).

15

Realización particular 5

La instalación objeto de la presente invención en su realización 5 está representada en la figura 5. Además de lo expuesto en la realización 1, comprende un sistema de
20 comunicación entre la descarga del compresor centrífugo (3) y la entrada de la turbina radial centrípeta (2), a través de los siguientes equipos y modificaciones:

un enfriador y/o deshumidificador (20) para enfriar el flujo de aire proveniente del compresor centrífugo (3)
25 antes de entrar en la turbina radial centrípeta (2); y

dos válvulas de tres vías (21) que se encargan de desconectar la descarga del compresor centrífugo (3) de la aspiración de la turbina radial centrípeta (2), así como de enviar ambas tomas a la atmósfera A1 cuando se realice
30 dicha desconexión. Cuando se desee la conexión entre el compresor centrífugo (3) y la turbina radial centrípeta (2), el funcionamiento de las válvulas de tres vías (21) será inverso.

Es asimismo objeto de esta invención un procedimiento
35 llevado a cabo por la instalación de la realización 5.

Según esta realización, para reducir la necesidad de refrigerar o de condensar humedad aguas arriba de la turbina radial centrípeta (2), el aire comprimido por el

compresor centrífugo (3) se envía a la turbina radial centrípeta (2) a través de un enfriador y/o deshumidificador (20).

Cuando la relación de compresión del compresor centrífugo (3) o su punto de funcionamiento no sean adecuados para cumplir la misión del funcionamiento de la instalación de esta realización 5 ó para garantizar el funcionamiento estable del compresor centrífugo (3); entonces, las válvulas de tres vías (21) se abrirán para permitir descargar el aire del compresor centrífugo (3) a la atmósfera A1 y aspirar el aire de la turbina radial centrípeta (2) desde la atmósfera A1; y a su vez (pues son de tres vías) cerrar la comunicación entre el compresor centrífugo (3) y la turbina radial centrípeta (2).

15

Realización particular 6

La instalación objeto de la presente invención en su realización 6 está representada en la figura 6. Además de lo expuesto en la realización 5, esta instalación consta de compresión y expansión en dos o más etapas en las turbomáquinas (en la figura 6 sólo se han representado dos etapas por simplicidad), gracias a los siguientes equipos y modificaciones:

Un segundo enfriador o deshumidificador (22) para enfriar el aire proveniente del segundo compresor centrífugo (18) antes de entrar en la segunda turbina radial centrípeta (17).

Asimismo, dicha instalación comprende dos válvulas de tres vías (21) que se encargan de desconectar la descarga del segundo compresor centrífugo (18) de la aspiración de la segunda turbina radial centrípeta (17), así como de enviar ambas tomas a la atmósfera A1 cuando se realice dicha desconexión. Cuando se desee la conexión entre el segundo compresor centrífugo (18) y la segunda turbina radial centrípeta (17), el funcionamiento de las válvulas de tres vías (20) será inverso.

Es asimismo objeto de esta invención un procedimiento llevado a cabo por la instalación de la realización 6.

La instalación de esta realización 6, aparte de lo descrito para el funcionamiento de la realización 5, opera comprimiendo y expandiendo en las turbinas y compresores en dos o más etapas (en la figura 6 sólo se han representado dos etapas) de la siguiente manera:

Para reducir la necesidad de refrigeración o condensar la humedad aguas arriba de la turbina radial centrípeta (2) y de la segunda turbina radial centrípeta (17), el aire es expandido en dos etapas en estas turbinas; tras haber sido previamente comprimido en dos etapas en el compresor centrífugo (3) y en el segundo compresor centrífugo (18), y enfriado entre las etapas de compresión en los enfriadores/deshumidificadores (20) y (22).

Cuando la relación de compresión del compresor centrífugo (3) y del segundo compresor centrífugo (18) o su punto de funcionamiento no sean adecuados para cumplir la misión del funcionamiento de la instalación de esta realización 6 ó para garantizar el funcionamiento estable del compresor centrífugo (3) y del segundo compresor centrífugo (18); entonces, las válvulas de tres vías (21) se abrirán para permitir descargar el aire del segundo compresor centrífugo (18) a la atmósfera A1 y aspirar el aire de la segunda turbina radial centrípeta (17) desde la atmósfera A1; y a su vez (pues son de tres vías) cerrar la comunicación entre el segundo compresor centrífugo (18) y la segunda turbina radial centrípeta (17).

En la figura 6 se ha representado únicamente un turbogruppo adicional, en serie con el de la realización 5. El nuevo turbogruppo está compuesto por la segunda turbina radial centrípeta (17) y el segundo compresor centrífugo (18). La máxima expansión se consigue cuando la válvula de descarga (19) está cerrada completamente y la válvula de control (8) está en su posición más cerrada posible (que en una turbina de geometría variable nunca es completamente). A partir de este punto, la relación de expansión se disminuye primero abriendo la válvula de control (8) hasta su máxima apertura y después abriendo la válvula de descarga (19) hasta su máxima apertura. Por lo tanto, el

control se hará con 2 PID estándar operando de forma secuencial para regular la presión p1 en el primer depósito (4). Cuando se reduce la expansión entre la atmósfera A1 y el primer depósito (4), primero operará el PID que actúe
5 sobre la válvula de control (8), cerrándola hasta llegar a su tope de actuación, y después el que actúa sobre la válvula de descarga (19). Cuando aumente la expansión entre la atmósfera A1 y el primer depósito (4), actuarán de manera inversa; primero operará el PID que actúa sobre la
10 válvula de descarga (19), y después el PID que actúe sobre la válvula de control (8).

Reivindicaciones

1. Instalación para simular las condiciones de presión y temperatura de un flujo de aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo (1) a una altura sobre el nivel del mar correspondiente a la altura de operación de dicho motor de combustión interna alternativo (1), donde dicha instalación se caracteriza por que comprende, al menos, los siguientes equipos:
- (a) una turbina radial centrípeta (2) para expandir un flujo de aire desde un estado inicial de presión p_0 y temperatura T_0 hasta un segundo estado de presión p_1 y temperatura T_1 , donde p_0 y T_0 corresponden a la presión y temperatura de la atmósfera A_1 en que se ubica el motor de combustión interna alternativo (1) y donde p_1 y T_1 corresponden a la presión y temperatura del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1);
- (b) un primer depósito (4) situado a continuación de la turbina radial centrípeta (2) y a la entrada del motor de combustión interna alternativo (1) para proveer al mismo de dicho flujo de aire a una presión p_1 y una temperatura T_1 ;
- (c) un segundo depósito (5) situado a la salida del motor de combustión interna alternativo (1) y conectado al primer depósito (4) a través de al menos un conducto de conexión (7) para equilibrar la presión entre ambos depósitos;
- (d) un compresor centrífugo (3) unido por su eje a la turbina radial centrípeta (2) formando el conjunto un sistema conocido como turbogruppo;
- (e) una bomba de vacío (6) situada a continuación del segundo depósito (5) para mantener una presión igual a la presión del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1).
2. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 1, donde la bomba de vacío (6) consiste en una bomba de paletas movida por un motor eléctrico con o sin variador de frecuencia.

3. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 1 o 2, donde la turbina radial centrípeta (2) consiste en una turbina de geometría variable.

5 4. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el primer depósito (4) y el segundo depósito (5) consisten en depósitos cilíndricos de acero con una longitud tal que cada uno de ellos presenta al menos un volumen igual a dos veces la
10 cilindrada del motor de combustión interna alternativo (1).

5. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el primer depósito (4) se encuentra conectado al motor de combustión interna
15 alternativo (1) a través de un conducto de admisión de sección igual a la del primer depósito (4).

6. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el segundo depósito (5) se encuentra conectado al motor de combustión interna
20 alternativo (1) a través de un conducto de escape de sección igual a la del segundo depósito (5).

7. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende asimismo, anteriormente a la bomba de vacío (6),
25 al menos un filtro de partículas (11).

8. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende asimismo al menos un intercambiador de calor
30 (12).

9. Instalación, de acuerdo la reivindicación 8, donde el
35 intercambiador de calor (12) consiste en un intercambiador de calor aire-agua que comprende adicionalmente al menos un sistema de drenaje para condensados.

10. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las

reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende adicionalmente al menos una válvula de control (8) para el control de la presión p1 en el primer depósito (4).

5

11. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el compresor centrífugo (3) se encuentra acoplado a la turbina radial centrípeta (2) de tal forma que el rango útil del compresor centrífugo (3) coincide con el rango de máximo rendimiento de la turbina radial centrípeta (2).

12. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 11, caracterizada por que comprende de manera adicional al menos una válvula de contrapresión (9) situada a continuación del compresor centrífugo (3) para descargar el flujo aire aspirado desde la atmósfera A1 nuevamente a dicha atmósfera A1.

13. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 11 o 12, caracterizada por que comprende de manera adicional al menos un sistema acondicionador de temperatura (10) situado anteriormente a la turbina radial centrípeta (2), donde dicho sistema acondicionador de temperatura (10) es capaz de variar la temperatura de la atmósfera A1 en el entorno de $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

14. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 13, donde dicho sistema acondicionador de temperatura (10) consiste en una resistencia eléctrica o en un equipo refrigerante.

15. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende de manera adicional, al menos un segundo intercambiador de calor (13) para calentar el flujo de aire a la entrada de la turbina radial centrípeta (2) con el flujo de aire a la salida del compresor centrífugo (3).

16. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 15,

caracterizada por que comprende de manera adicional al menos una válvula (14) para baipasear el segundo intercambiador de calor (13).

5 17. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que el compresor centrífugo (3) se encuentra situado a la salida del segundo depósito (5) para aumentar la presión de los gases de escape procedentes de dicho segundo depósito (5) antes de
10 su entrada de la bomba de vacío (6).

18. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 17, caracterizada por que comprende un tercer intercambiador de calor (15) que enfría los gases de escape del motor de
15 combustión interna alternativo (1) hasta la temperatura de la atmósfera A1 antes de su entrada al compresor centrífugo (3).

19. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 17 o 18, caracterizada por que comprende además al menos una válvula de check o de diodo de flujo (16) situada anteriormente al compresor centrífugo (3).

20. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, caracterizada por que comprende de manera adicional al menos una segunda turbina radial centrípeta (17) y al menos un segundo compresor centrífugo (18), operando en serie con la turbina radial centrípeta (2) y el compresor centrífugo (3).

30

21. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 20, donde la segunda turbina radial centrípeta (17) es de geometría variable o de geometría fija.

35 22. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 20 o 21, donde dicha segunda turbina radial centrípeta (17) y dicho segundo compresor centrífugo (18) presentan un tamaño menor que el de la turbina radial centrípeta (2) y el del compresor centrífugo (3).

23. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, donde la segunda turbina radial centrípeta (17) comprende además al menos una válvula de
5 descarga (19).

24. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, caracterizado por que comprende al menos un intercambiador de calor (12) situado en una
10 posición aguas abajo del compresor centrífugo (3), pero aguas arriba del segundo compresor centrífugo (18) y del filtro de partículas (11).

25. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que comprende de manera adicional al menos un enfriador y/o deshumidificador
15 (20) para enfriar el flujo de aire proveniente del compresor centrífugo (3) antes de entrar en la turbina radial centrípeta (2).

26. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 25, caracterizada por que comprende de manera adicional dos válvulas de tres vías (21) que se encargan de desconectar
20 la descarga del compresor centrífugo (3) de la aspiración de la turbina radial centrípeta (2).

27. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 25 o 26, caracterizada por que comprende al menos un segundo enfriador o deshumidificador (22) para
30 enfriar el aire proveniente del segundo compresor centrífugo (18) antes de entrar en la segunda turbina radial centrípeta (17).

28. Uso de una instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para simular las
35 condiciones de presión y temperatura de un flujo de aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo (1) a una altura sobre el nivel del mar correspondiente a la altura de operación de dicho motor de combustión interna

alternativo (1).

29. Uso, de acuerdo a la reivindicación 28, donde el motor de combustión interna alternativo (1) consiste en el motor de un medio de locomoción que opera en altura.

30. Procedimiento para simular las condiciones de presión y temperatura de un flujo de aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo (1) a una altura sobre el nivel del mar correspondiente a la altura de operación de dicho motor alternativo (1), donde dicho procedimiento se caracteriza por que comprende las siguientes etapas:

(a) expandir un flujo de aire desde un estado inicial de presión p_0 y temperatura T_0 hasta un segundo estado de presión p_1 y temperatura T_1 , donde p_0 y T_0 corresponden a la presión y temperatura de la atmósfera A_1 en que se ubica el motor de combustión interna alternativo (1) y donde p_1 y T_1 corresponden a la presión y temperatura del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1);

(b) enviar dicho flujo de aire a una presión p_1 y una temperatura T_1 a al menos un primer depósito (4) desde donde el flujo de aire es aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1);

(c) descargar los gases de escape del motor de combustión interna alternativo (1) a al menos un segundo depósito (5), desde donde un caudal de dichos gases de escape es succionado mediante una bomba de vacío (6) para mantener una presión p_2 igual a la presión del flujo de aire aspirado por el motor de combustión interna alternativo (1).

31. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 30, caracterizado por que comprende de manera adicional el control de la presión p_1 en el primer depósito (4) mediante el empleo de al menos una válvula de control (8), mediante el empleo de un controlador PID que actúa sobre la válvula de control (8).

32. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 30 o 31, caracterizado por que comprende de manera adicional la descarga a la atmósfera A1 de un flujo de aire procedente del compresor centrífugo (3) a través de una válvula de contrapresión (9) regulada en una posición fija de tal forma que el rendimiento medio de la turbina centrípeta (2) es máximo en cualquier régimen de giro.

33. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 32, caracterizado por que comprende adicionalmente el control de la temperatura T1 en el primer depósito (4), mediante el empleo de al menos un sistema acondicionador de temperatura (10) y de un controlador PID que actúa sobre dicho sistema acondicionador de temperatura (10).

34. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 33, caracterizado por que comprende el control de la presión p2 en el segundo depósito (5) mediante el empleo de un controlador PID que actúa sobre el variador de frecuencia del motor eléctrico que mueve la bomba de vacío (6).

35. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 34, donde los gases de escape succionados por la bomba de vacío (6) son previamente enfriados en al menos un intercambiador de calor (12) y donde las partículas de dichos gases de escape son retenidas en al menos un filtro de partículas (11).

36. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 30 a 35, caracterizado por que comprende de manera adicional calentar el flujo de aire a la entrada de la turbina radial centrípeta (2) con el flujo de aire procedente de la salida del compresor centrífugo (3) mediante el empleo de al menos un segundo intercambiador de calor (13).

37. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 30, caracterizado por que comprende aumentar la presión de los gases de escape procedentes del segundo depósito (5) mediante el empleo de al menos un compresor centrífugo (3) y de manera previa a su entrada en la bomba de vacío (6).

38. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 37, caracterizado por que comprende enfriar la temperatura de los gases de combustión procedentes del segundo depósito (5) antes de entrar al compresor centrífugo (3) mediante el empleo de un tercer intercambiador de calor (15).

39. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 37 o 38, caracterizado por que comprende enfriar los gases de escape a la salida del compresor centrífugo (3) antes de su entrada a la bomba de vacío (6) mediante el empleo de al menos un intercambiador de calor (12).

40. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 37 a 39, caracterizado por que comprende el control de la presión a la salida del compresor centrífugo (3) mediante el empleo de al menos una válvula de check o de diodo de flujo (16).

41. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 30, caracterizado por que comprende la operación en serie respecto a la turbina radial centrípeta (2) y el compresor centrífugo (3), de al menos una segunda turbina radial centrípeta (17) y al menos un segundo compresor centrífugo (18).

42. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 41, caracterizado por que comprende adicionalmente el control de la presión p_1 en el primer depósito (4) mediante el baipás del flujo de aire alimentado a la segunda turbina radial centrípeta (17) a través de al menos una válvula de descarga (19), así como mediante el empleo de al menos un sistema acondicionador de temperatura (10).

43. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 41 o 42, caracterizado por que la bomba de vacío (6) opera en paralelo respecto al segundo compresor centrífugo (18).

5

44. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 41 a 43, caracterizado por que comprende el enfriamiento de los gases de escape en al menos un intercambiador de calor (12) de manera previa a su entrada en la bomba de vacío (6) y/o en el segundo compresor centrífugo (18).

10

45. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 30, donde el aire comprimido por el compresor centrífugo (3) es enviado a la turbina radial centrípeta (2) a través de un enfriador y/o deshumidificador (20).

15

46. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 45, caracterizado por que comprende la expansión del flujo de aire en una turbina radial centrípeta (2) y en una segunda turbina radial centrípeta (17), tras haber sido previamente comprimido en el compresor centrífugo (3) y en el segundo compresor centrífugo (18), y enfriado entre las etapas de compresión en el enfriador y/o deshumidificador (20) y en el segundo enfriador y/o deshumidificador (22).

20

25

47. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 46, caracterizado por que comprende el control de la presión p1 en el primer depósito (4) mediante el empleo de dos controladores PID operando de forma secuencial.

30

1/6

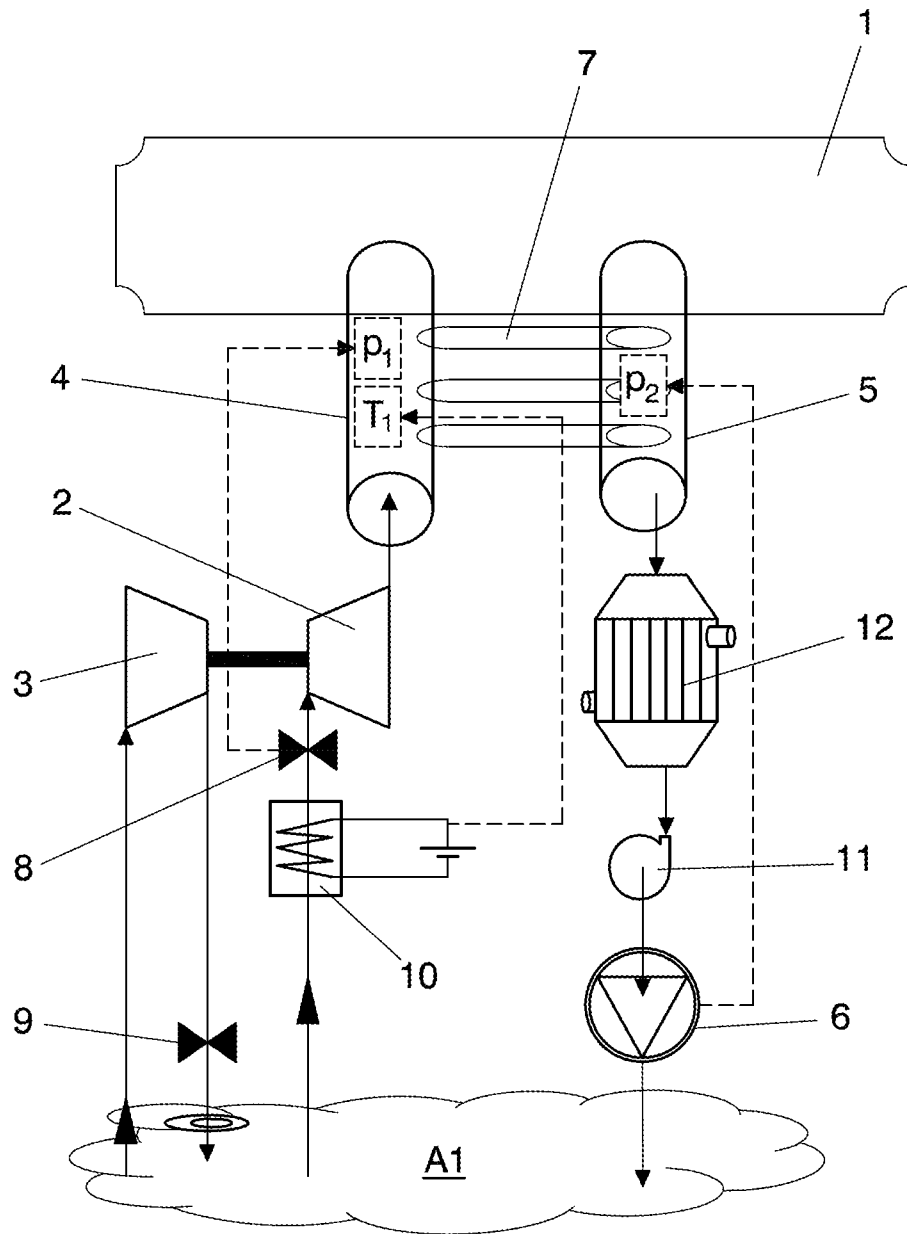


FIG. 1

2/6

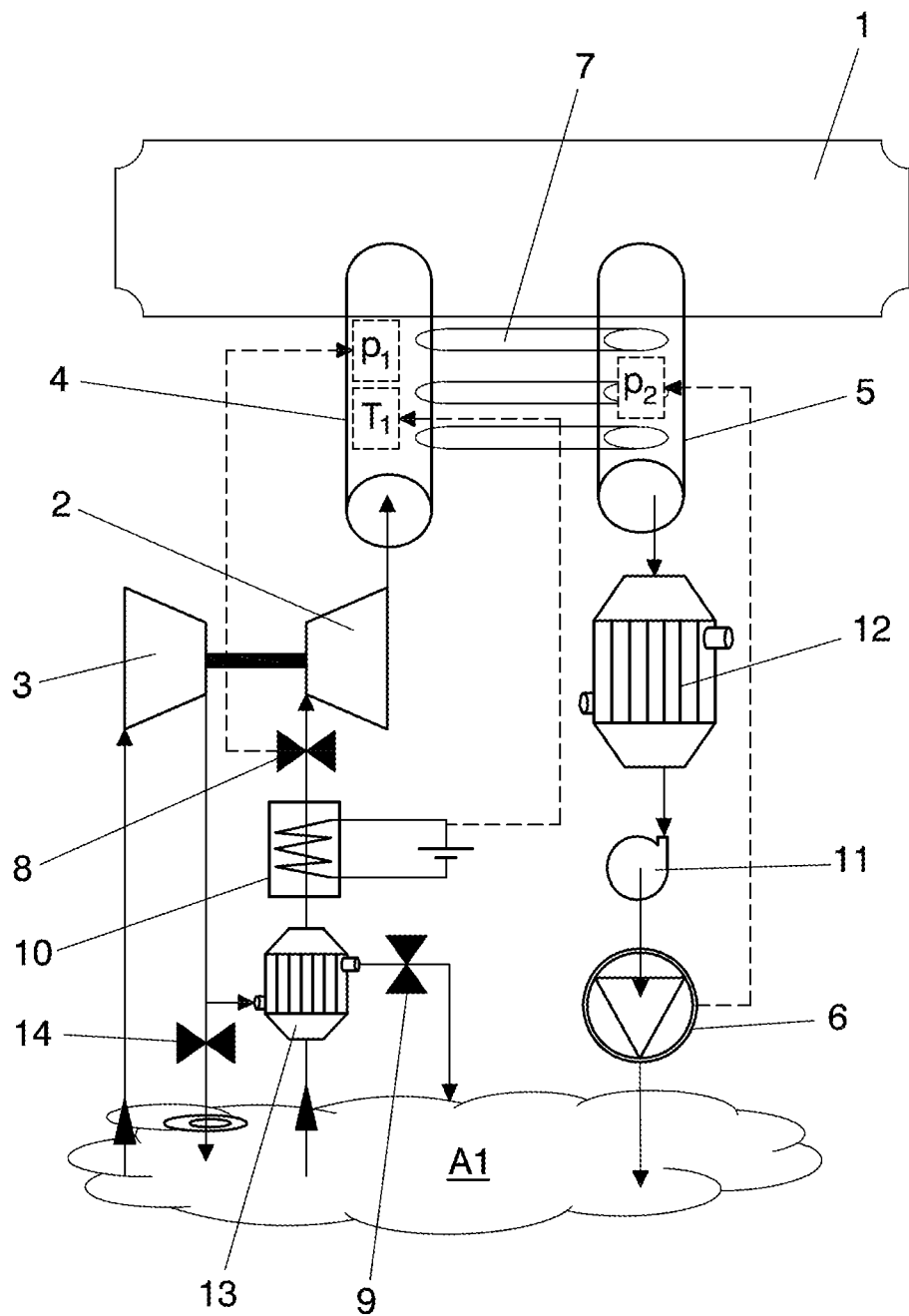


FIG. 2

3/6

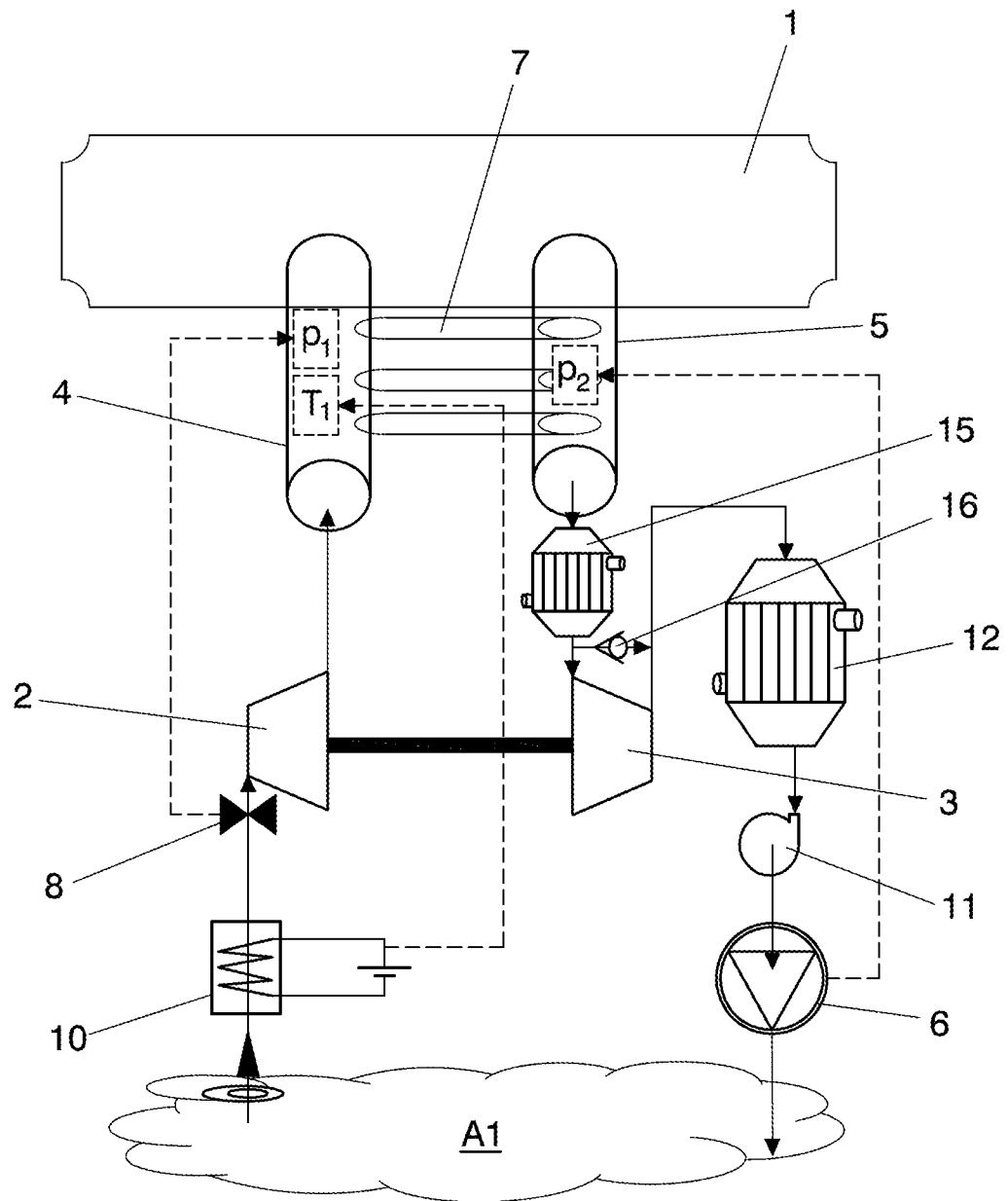


FIG. 3

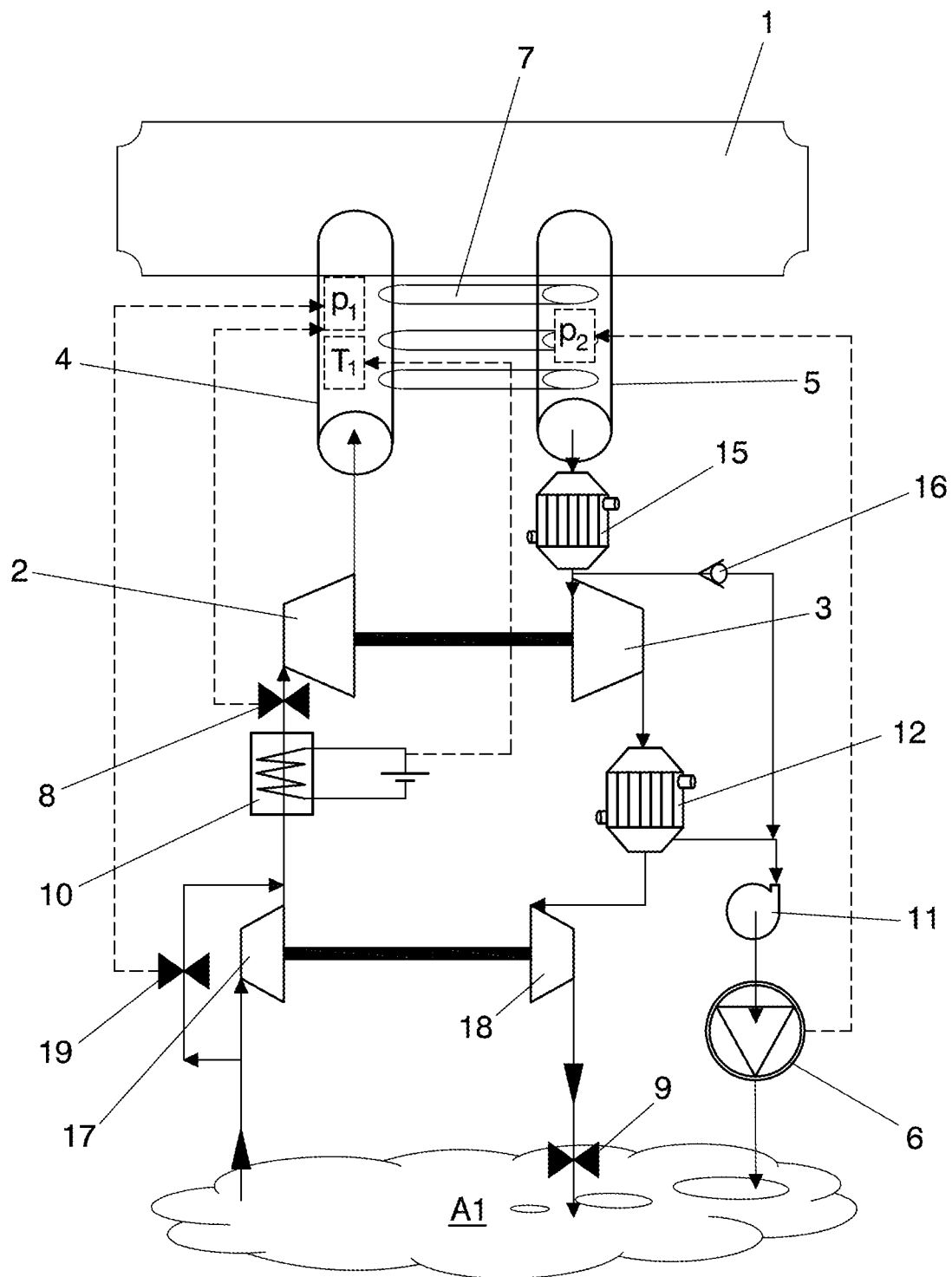


FIG. 4

5/6

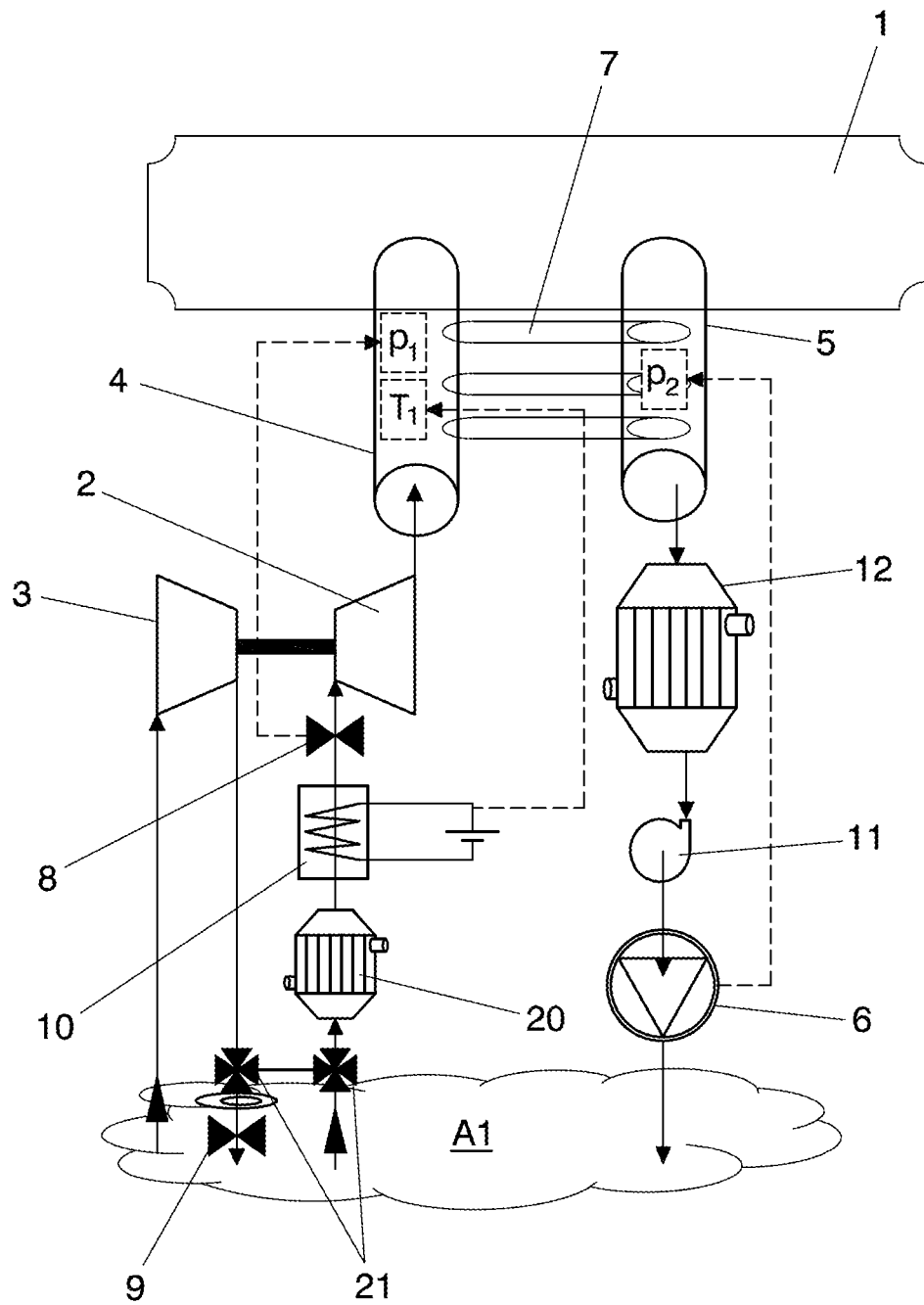


FIG. 5

6/6

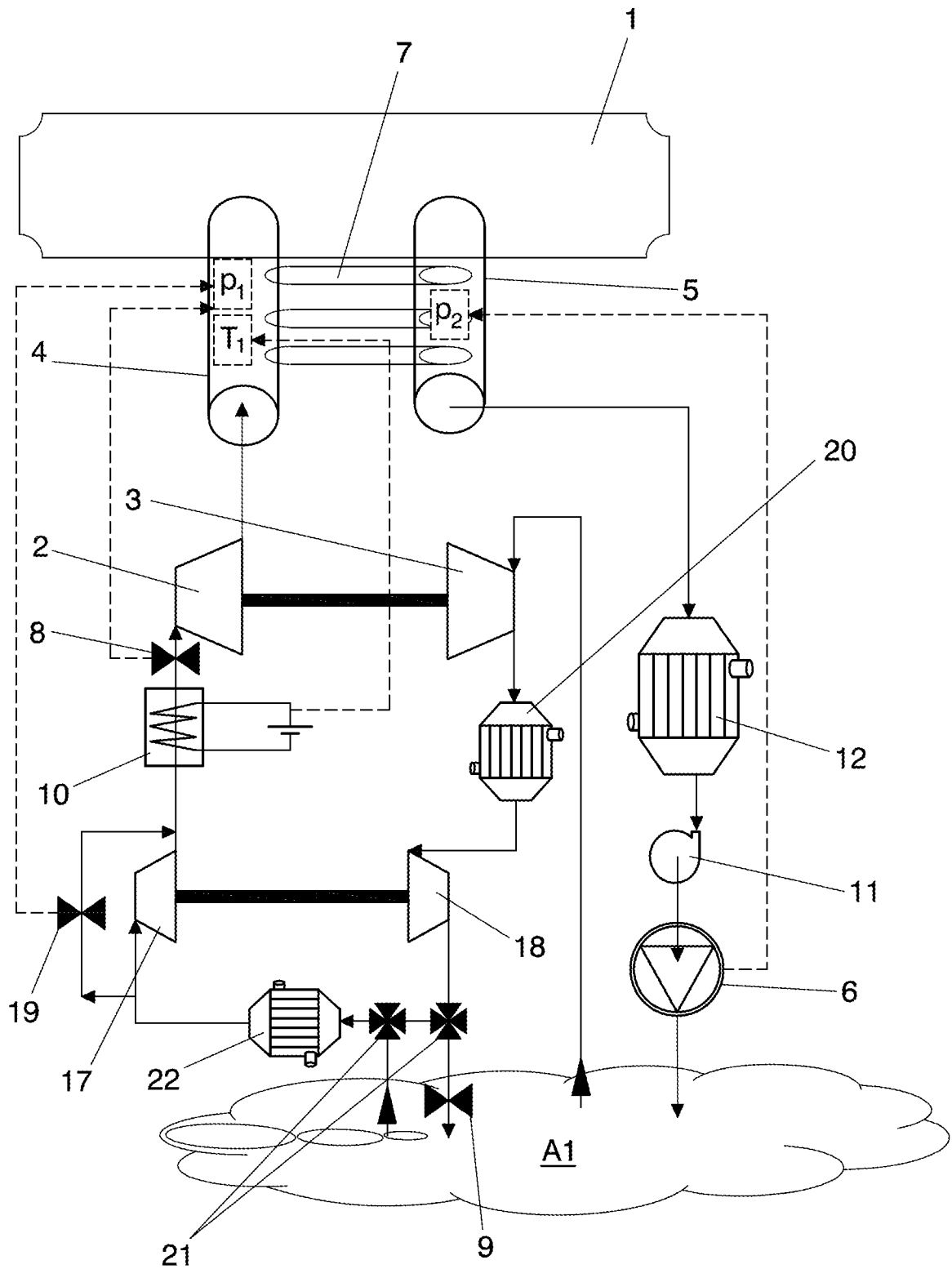


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2012/070010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M15/04 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M15

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	CN 201600243 U (MILITARY COMM. COLLEGE) 06/10/2010, paragraphs 5, 16-18; abstract; figure 1	30,31,33-35 1-29, 32, 36-47
A	US 2004186699 A1 (GLINSKY) 23/09/2004, paragraphs 7, 15 - 35; figures 1-3	1-47
A	CN 101738322 A (ACADEMY OF MILITARY TRANSPORT) 16/06/2010, abstract; figure 1	1-47

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19/06/2012

Date of mailing of the international search report
(20/06/2012)

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer
F. Olalde Sánchez

Telephone No. 91 3498469

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2012/070010

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN102023096 B	30.05.2012	NONE	
-----	-----	-----	-----
CN201600243 U	06.10.2010	NONE	
-----	-----	-----	-----
CN101738322 A	16.06.2010	NONE	
-----	-----	-----	-----
US2004186699 A	23.09.2004	US7181379 B	20.02.2007
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2012/070010

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD
G01M15/04 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)
G01M15

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X A	CN 201600243 U (MILITARY COMM. COLLEGE) 06/10/2010, párrafos 5, 16-18; resumen; figura 1	30,31,33-35 1-29, 32, 36-47
A	US 2004186699 A1 (GLINSKY) 23/09/2004, párrafos 7, 15 - 35; figuras 1-3	1-47
A	CN 101738322 A (ACADEMY OF MILITARY TRANSPORT) 16/06/2010, resumen; figura 1	1-47

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
19/06/2012

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
20 de junio de 2012 (20/06/2012)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
F. Olalde Sánchez
Nº de teléfono 91 3498469

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2012/070010

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
CN102023096 B	30.05.2012	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
CN201600243 U	06.10.2010	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
CN101738322 A	16.06.2010	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
US2004186699 A	23.09.2004	US7181379 B	20.02.2007
-----	-----	-----	-----