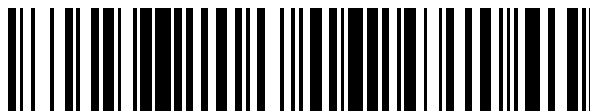


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 875 173**

21 Número de solicitud: 202130214

51 Int. Cl.:

G01M 15/04 (2006.01)

G01M 15/10 (2006.01)

G01M 15/02 (2006.01)

F02M 35/10 (2006.01)

F02M 31/20 (2006.01)

F02B 37/16 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

11.03.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.11.2021

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

20.07.2022

Fecha de concesión:

08.06.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

15.06.2023

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
(100.0%)**

**Servicio de Promoción y Apoyo a la
Investigación, Innovación y Transferencia - i2T.
Camí de Vera, s/n. Edificio 8G - Acceso A -
Planta 3
46022 VALENCIA (Valencia) ES**

72 Inventor/es:

**BENAJES CALVO, Jesús Vicente;
BERMÚDEZ TAMARIT, Vicente Remigio;
DESANTES FERNÁNDEZ, José María;
DOLZ RUIZ, Vicente;
GALINDO LUCAS, José;
NOVELLA ROSA, Ricardo y
SERRANO CRUZ, José Ramón**

74 Agente/Representante:

MALDONADO JORDAN, Julia

54 Título: **DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE EMULACIÓN DE SISTEMAS DE
SOBREALIMENTACIÓN**

ES 2 875 173 B2

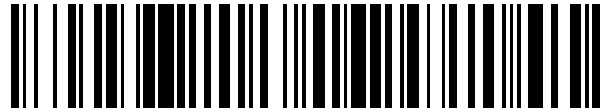
Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 875 173**

21 Número de solicitud: 202130214

57 Resúmen:

Dispositivo y procedimiento de emulación de sistemas de sobrealimentación.

La presente invención da a conocer un dispositivo de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas, que comprende un conducto de entrada (2), un conducto de salida (4), un turbogrupo (12), uno o varios electro-compresores (14), un medio enfriador (20), un medio calentador (24), un medio de regulación térmica. La presente invención también da a conocer un procedimiento que comprende una o varias de las siguientes acciones: regular la presión del aire de suministro, mediante el control del régimen de giro del electro-compresor o electrocompresores (14); controlar las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14), mediante un medio de seguridad; regular la temperatura del aire de suministro, mediante el medio de regulación térmica: regular la contrapresión de los gases de salida de la fuente propulsiva (10), mediante la modificación de la geometría de la turbina del turbogrupo (12).

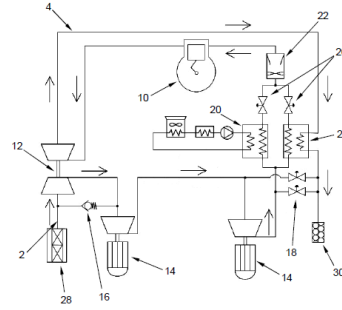


FIG. 1

ES 2 875 173 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de emulación de sistemas de sobrealimentación

5 SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere de manera general al sector de los sistemas de sobrealimentación, y más concretamente a la emulación de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas como, por ejemplo, motores de combustión
10 interna alternativos, pilas de combustible, etc.; emulación que se realiza en la fase de diseño de dichos sistemas de sobrealimentación y/o de fuentes propulsivas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 En la fabricación de motores policilíndricos, es una práctica habitual diseñar inicialmente un motor con un solo cilindro (motor monocilíndrico) que sirve de base para el posterior desarrollo del motor policilíndrico.

Para abaratar costes, en los últimos tiempos se ha extendido la tendencia de diseñar
20 un único cilindro base, y reproducir el cilindro base las veces que sea necesario para obtener distintos motores policilíndricos; es decir, fabricar motores de 3, 4, 6, 12 cilindros con cilindros de un mismo tipo, que son como el cilindro base.

Esta circunstancia también ocurre en la fabricación de otros tipos de fuentes
25 propulsivas, como es el caso, por ejemplo, de pilas de combustible multicelda: se diseña inicialmente una celda base, y luego se implementan varias celdas como la celda base para obtener la pila de combustible multicelda.

Habitualmente, las fuentes propulsivas (como los motores o pilas de combustible)
30 están acopladas a sistemas de sobrealimentación para el aumento de su potencia. En consecuencia, los sistemas de sobrealimentación también son objeto habitual de diseño.

En el diseño de fuentes propulsivas sobrealimentadas es necesario tener en cuenta
35 múltiples condiciones de funcionamiento que puede encontrarse la fuente propulsiva

durante su vida útil, tanto las condiciones estáticas como las condiciones dinámicas. De este modo, durante el desarrollo de la fuente propulsiva es común simular diferentes condiciones de funcionamiento, para analizar su respuesta. Esta es una tarea delicada, ya que de su desarrollo depende conseguir una fuente propulsiva que
5 cumpla adecuadamente con las expectativas.

En la técnica anterior se conocen dispositivos y procedimientos relacionados con la mejora del rendimiento de motores.

10 Por ejemplo, se conocen diversos tipos de dispositivos y procedimientos para medir las pérdidas de bombeo de motores en estado estacionario. Algunos de dichos dispositivos y procedimientos conocidos se divulgan en los documentos US2015211961A1 (dispositivo para calcular la pérdida de bombeo en un motor de combustión interna), EP1347163A1 (método para estimar el par de bombeo en un
15 motor de combustión interna) y US2009018748A1 (sistema y método para un modelo de estimación del par de bombeo). Estos dispositivos y procedimientos tienen como propósito medir las pérdidas de bombeo, únicamente en estado estacionario (es decir en condiciones estáticas y no dinámicas).

20 También se conocen dispositivos y procedimientos para la optimización del funcionamiento de motores, tal y como divulga, por ejemplo, el documento WO2019118834A1 (control de fases de leva para gestión térmica), que presenta una forma de optimizar la gestión térmica (reducir pérdidas de calor) de motores controlando la apertura de válvulas por medio de un sincronizador de leva.

25

Asimismo, se conocen otros dispositivos y procedimientos para sobrealimentar motores, tal y como divulgan, por ejemplo, los documentos EP2023117A1 (método para sobrealimentar un motor monocilíndrico), FR2891050A1 (planta de sobrealimentación de aire para banco de pruebas de un solo cilindro de tipo diésel).

30

También se conocen dispositivos o instalaciones que permiten acondicionar aire para suministrarlo a un motor durante un ensayo, de manera que dicho acondicionamiento simula unas condiciones determinadas del aire en función de una altitud simulada respecto del nivel del mar, tal y como se divulga en los documentos ES2485618A1
35 (dispositivo de acondicionamiento de atmósfera para el ensayo de motores de

combustión) y ES2398095A1 (instalación para simular las condiciones de presión y temperatura del aire aspirado por un motor de combustión interna alternativo).

Sin embargo, ninguno de los documentos anteriormente mencionados permite emular
5 condiciones dinámicas (es decir, en estado transitorio) de fuentes propulsivas sobrealimentadas, antes de haber sido diseñado o seleccionado el sistema de sobrealimentación.

Una parte importante de las situaciones que se encuentran las fuentes propulsivas
10 sobrealimentadas durante su vida útil implican condiciones dinámicas de funcionamiento. Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de un dispositivo que permita realizar una emulación dinámica (en estado transitorio) de la respuesta de una fuente propulsiva (por ejemplo, un motor de combustión interna alternativo o una pila de combustible) acoplada a un sistema de sobrealimentación,
15 con el fin de poder diseñar y desarrollar dicha fuente propulsiva y/o un sistema de sobrealimentación asociado a una fuente propulsiva. Más concretamente, sería deseable disponer de un dispositivo que permita realizar una emulación dinámica de las aceleraciones y deceleraciones de los sistemas de sobrealimentación de las fuentes propulsivas sobrealimentadas o turbosobrealimentadas.

20

SUMARIO DE LA INVENCION

Para resolver el problema técnico anterior, la presente invención da a conocer un dispositivo de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación. En concreto, se
25 da a conocer un dispositivo que permite emular de manera dinámica las variaciones de presión y temperatura que experimenta el aire de suministro en una fuente propulsora sobrealimentada, tal como por ejemplo el aire comburente en un motor de combustión interna alternativo (MCIA) turbo-sobrealimentado o el aire que circula por el cátodo en una pila de combustible turbo-sobrealimentada.

30

Más concretamente, según un primer aspecto de la invención se da a conocer un dispositivo de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas, que comprende:

– un conducto de entrada configurado para conectarse por un extremo a una
35 admisión de una fuente propulsiva, y para aspirar aire del ambiente por otro

extremo, denominado extremo de aspiración, para la utilización del aire aspirado del ambiente como aire de suministro de la fuente propulsiva;

- un conducto de salida configurado para conectarse por un extremo a un escape de la fuente propulsiva, y para expulsar gases de salida de la fuente propulsiva al ambiente por otro extremo denominado extremo de descarga;
- un turbogrupo que comprende una turbina de geometría variable en el conducto de salida y un compresor en el conducto de entrada, acoplado a la turbina, de modo que el turbogrupo está configurado para que la turbina satisfaga los gradientes de contrapresión de los gases de salida y recupere parte de la energía disponible en dichos gases para comprimir el aire de suministro mediante el compresor;
- uno o varios electro-compresores en el conducto de entrada, colocados en serie con el compresor del turbogrupo, configurados para comprimir aire de suministro y reproducir de forma controlada gradientes de presión del aire de suministro;
- un medio enfriador en serie con el electro-compresor o electro-compresores, configurado para enfriar aire de suministro;
- un medio calentador, configurado para calentar aire de suministro;
- un medio de regulación térmica del aire de suministro, configurado para regular la mezcla de al menos, un flujo frío de aire de suministro proveniente del medio enfriador y un flujo caliente de aire de suministro proveniente del medio calentador, y así regular la temperatura del aire de suministro de manera independiente a su presión; de manera que se controla el gradiente de temperatura del aire de suministro de forma precisa, venciendo la inercia térmica del medio enfriador y del medio calentador.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se da a conocer un procedimiento de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas, usando un dispositivo de emulación según el primer aspecto de la presente invención. El procedimiento de emulación comprende aspirar aire del ambiente para utilizarlo como aire de suministro de la fuente propulsiva; alimentar la fuente propulsiva con el aire de suministro; expulsar al ambiente gases de salida de la fuente propulsiva; con la particularidad de que se realiza una o varias de las siguientes acciones:

- regular la presión del aire de suministro, mediante el control del régimen de giro del electro-compresor o electro-compresores;
- controlar que las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-

- compresores son adecuadas en cada momento, mediante un medio de seguridad;
- regular la temperatura de aire de suministro, mediante el medio de regulación térmica;
 - regular la contrapresión de los gases de salida de la fuente propulsiva, mediante la
- 5 modificación de la geometría de la turbina del turbogrupo.

El dispositivo y procedimiento de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación según la presente invención pueden aplicarse a fuentes propulsivas tales como MCIA monocilíndricos de investigación, MCIA de aspiración

10 natural o atmosféricos de cualquier tipo, pilas de combustible de cualquier tipo, etc. En todos estos casos es de gran interés disponer de este dispositivo y procedimiento de emulación dinámica para poder evaluar experimentalmente de forma rápida y eficaz el acoplamiento de una fuente propulsiva con diferentes sistemas de turbo-sobrealimentación en condiciones dinámicas.

15

Algunos de los aspectos y ventajas más importantes que pueden obtenerse mediante el dispositivo y procedimiento de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación son los siguientes:

- 20 – Permiten controlar la evolución dinámica de la presión y la temperatura del aire de suministro de la fuente propulsiva (por ejemplo, aire comburente en un motor, o aire que circula por el cátodo de una pila de combustible), emulando un estado transitorio de aceleración del sistema de turbo-sobrealimentación.
 - 25 – Permiten simular el impacto de las variaciones descritas en el punto anterior sobre las prestaciones (y emisiones si es el caso) de la fuente propulsiva (por ejemplo, un MCIA monocilíndrico o policilíndrico, un MCIA de aspiración natural de cualquier tipo, una pila de combustible de cualquier tipo, etc.) durante estados transitorios de carga controlados por el sistema de turbo-sobrealimentación.
- 30
- Permiten emular experimentalmente cualquier tecnología de turbo-sobrealimentación de aplicación a fuentes propulsiva (por ejemplo, MCIA o pilas de combustible) para seleccionar la que resulte óptima dependiendo de la fuente propulsiva objeto de estudio.

35

- Permiten dimensionar experimentalmente el sistema de turbo-sobrealimentación para una fuente propulsiva dada (por ejemplo, MCIA o pilas de combustible) considerando el comportamiento dinámico del conjunto.
- 5 - Permiten acelerar la fase de diseño de plantas de potencia sobrealimentadas (por ejemplo, plantas de potencia sobrealimentadas basadas en MCIA o pilas de combustible) para cualquier aplicación industrial y particularmente para aplicaciones asociadas al transporte en las que estos dispositivos funcionan en condiciones fuertemente transitorias.

10

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones, la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Además, la palabra "comprende" incluye el caso "consiste en". Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenden en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares aquí indicadas.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se entenderá mejor con referencia a las siguientes figuras, en las que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se representa lo siguiente:

25 La figura 1 es una representación esquemática del sistema de emulación dinámica según una realización preferida de la presente invención.

La figura 2 es una representación esquemática del sistema de emulación dinámica según otra realización preferida de la presente invención, con dos medios enfriadores.

30

La figura 3 es una representación esquemática del sistema de emulación dinámica según otra realización preferida de la presente invención, con dos medios enfriadores, así como tres válvulas de purga asociadas a un compresor de un turbogrupo y dos electro-compresores, respectivamente.

35

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Según un primer aspecto, la presente invención da a conocer un dispositivo de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas como, 5 por ejemplo, un sistema de sobrealimentación de un motor de combustión interna alternativo, un sistema de sobrealimentación de una pila de combustible, etc.

El dispositivo está destinado a emular rangos de gradientes de presión y temperatura para rangos de caudal de una fuente propulsiva turbo-sobrealimentada.

10

Por emulación “dinámica” dentro del contexto de la presente invención se entiende como que es capaz de reproducir un amplio rango de gradientes de presión y de temperatura, de forma independiente y precisa, lo cual aporta una diferencia significativa con respecto al estado de la técnica actual. Estos gradientes se 15 corresponden con los que se pueden alcanzar en una fuente propulsiva con cualquier tecnología de turbo-sobrealimentación, incluidos los turbogrupos asistidos eléctricamente.

El dispositivo de emulación dinámica según la realización preferida de la presente 20 invención comprende un conducto de entrada (2), un conducto de salida (4), un turbogrupo (12) y uno o varios compresores, preferentemente de tipo electrocompresor (14), tal y como se explica a continuación:

– El conducto de entrada (2) está configurado para conectarse por un extremo a una 25 admisión de una fuente propulsiva (10), y para aspirar aire del ambiente por otro extremo, denominado extremo de aspiración. El aire aspirado del ambiente se utiliza como aire de suministro de la fuente propulsiva (10).

Tal y como se usa en el presente documento, el término “conducto de entrada” ha 30 de entenderse en sentido amplio y no limitativo, abarcando no solo un único conducto, sino cualquier conjunto de ductos destinados al tránsito de aire de suministro entre el ambiente y la fuente propulsiva (10).

– El conducto de salida (4) está configurado para conectarse por un extremo a un 35 escape de la fuente propulsiva (10), y para expulsar gases de salida de la fuente

propulsiva (10) al ambiente por otro extremo denominado extremo de descarga.

Tal y como se usa en el presente documento, el término “conducto de salida” ha de entenderse en sentido amplio y no limitativo, abarcando no solo un único conducto,
5 sino cualquier conjunto de ductos destinados al tránsito de gases de salida entre la fuente propulsiva (10) y el ambiente.

Según una realización preferida, los conductos del dispositivo de emulación son conductos DN50.

10

– El turbogrupo (12) comprende una turbina de geometría variable y un compresor acoplado a la turbina. La turbina está dispuesta en el conducto de salida (4), y el compresor en el conducto de entrada (2). De este modo, el turbogrupo (12) está configurado para que la turbina satisfaga los gradientes de contrapresión de los gases de salida y recupere parte de la energía disponible en dichos gases de salida para comprimir el aire de suministro mediante el compresor.
15

Según una realización preferida, el turbogrupo (12) tiene una potencia de 10 kW. Preferentemente, la turbina del turbogrupo (12) es una turbina radial centrípeta.

20

Según una realización particular, el dispositivo de emulación comprende varios turbogrupos, con el fin, por ejemplo, de emular el funcionamiento de un biturbo.

– Dentro del contexto de la presente invención, por electro-compresor se entiende un compresor movido mecánicamente por motor eléctrico. El electro-compresor o electro-compresores (14) están dispuestos en el conducto de entrada (2); y están colocados en serie con el compresor del turbogrupo (12). El electro-compresor o electro-compresores (14) están configurados para comprimir el aire de suministro y reproducir de forma controlada gradientes de presión del aire de suministro.
25

30

En casos en los que la demanda de sobrealimentación no sea muy alta, puede ser suficiente con la existencia de un único electro-compresor (14). Preferentemente, el dispositivo de emulación comprende varios electro-compresores (14), lo que permite cubrir situaciones en las que las necesidades de sobrealimentación sean mayores. Según las realizaciones mostradas en las figuras 1, 2 y 3, el dispositivo
35

de emulación comprende varios electro-compresores (14) en serie entre sí y con el compresor del turbogrupo (12). En este caso, el hecho de que los electro-compresores (14) estén dispuestos en serie entre sí, favorece que el dispositivo de emulación pueda conseguir altos niveles de presión de aire de suministro y reproducir de forma controlada altos gradientes de presión del aire de suministro.

Según una realización preferida, el electro-compresor o electro-compresores (14) son radiales centrífugos. Preferentemente, el electro-compresor o electro-compresores (14) tienen una potencia total de 20 kW, y más preferentemente con 11 kW para baja presión y 9 kW para alta presión.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación dinámica también comprende un medio enfriador (20). Preferentemente, el medio enfriador (20) está colocado en serie con los electro-compresores (14). El medio enfriador (20) está configurado para enfriar aire de suministro, preferentemente tras haber sido calentado en su compresión. De este modo, gracias al medio enfriador (20) se independiza el parámetro "temperatura del aire de suministro" respecto del parámetro "presión del aire de suministro".

Según la realización preferida mostrada en la figura 1, el medio enfriador (20) está dispuesto aguas abajo de los dos electro-compresores (14). Según otra realización, el medio enfriador (20) puede estar dispuesto entre los dos electro-compresores (14).

Preferentemente, el medio enfriador (20) es un enfriador tipo intercambiador de calor. El medio enfriador (20) puede usar como fuente de refrigeración un fluido refrigerante adecuado (como agua de una torre de enfriamiento, agua de red a temperatura ambiente, etc.), una máquina de refrigeración basada en ciclo de Rankine inverso, etc. Como fuente de refrigeración también puede emplearse una combinación de diferentes tipos de refrigeración; por ejemplo, según una realización mostrada en la figura 1, la fuente de refrigeración es una combinación de refrigeración con agua de torre de enfriamiento y refrigeración con un ciclo Rankine inverso.

Según una realización preferida, el medio enfriador (20) tiene una potencia de 15 kW.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación dinámica también

comprende un medio calentador (24). El medio calentador (24) está configurado para calentar aire de suministro. De este modo, gracias al medio calentador (24) se independiza el parámetro "temperatura del aire de suministro" respecto del parámetro "presión del aire de suministro". Tal y como se muestra en las figuras 1, 2 y 3, preferentemente, el medio calentador (24) es un regenerador. El regenerador está configurado para recuperar calor de los gases de salida de la fuente propulsiva (10), que circulan por el conducto de salida (4), y para usar dicho calor en el calentamiento del aire de suministro, que circula por el conducto de entrada (2).

10 Según una realización preferida, el medio calentador (24) tiene una potencia de 40 kW.

Teniendo en cuenta que el aire de suministro también se calienta al ser comprimido: según una realización particular, puede considerarse que el medio calentador (24) está conformado por el propio compresor del turbogrupo (12) y el propio electro-compresor o electro-compresores (14), de manera que se prescinde de un dispositivo adicional para el calentamiento del aire de suministro. En este caso, para independizar el parámetro "temperatura del aire de suministro" respecto del parámetro "presión del aire de suministro", se puede implementar un medio específico a tal efecto, como puede ser el medio enfriador (20) mencionado anteriormente.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación dinámica también comprende un medio de regulación térmica. El medio de regulación térmica está configurado para regular la mezcla de al menos, un flujo frío de aire de suministro proveniente del medio enfriador (20) y un flujo caliente de aire de suministro proveniente del medio calentador (24), lo que permite regular la temperatura del aire de suministro de manera independiente a la regulación de su presión. Gracias al medio de regulación térmica se pueden controlar gradientes de temperatura del aire de suministro de forma precisa, venciendo la inercia térmica del medio enfriador (20) y del medio calentador (24).

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación dinámica comprende el conducto de entrada (2), el conducto de salida (4), el turbogrupo (12), el electro-compresor o electro-compresores (14), el medio enfriador (20), el medio calentador (24), y el medio de regulación térmica.

A continuación, se explican diferentes características del medio de regulación térmica, según una realización preferida:

- 5 - El medio de regulación térmica está integrado en un circuito de ramales en paralelo. Preferentemente, el circuito de ramales está situado aguas abajo del electro-compresor o electro-compresores (14); es decir, aguas abajo del electro-compresor (14) en el caso de que haya solo uno, o del electro-compresor (14) que está dispuesto en último lugar (según las realizaciones de las figuras 1, 2 y 3, el segundo de los electro-compresores (14), que está situado más aguas abajo) en el
10 caso de haber varios electro-compresores (14).
- El medio de regulación térmica comprende una o varias válvulas de mezcla (26) dispuestas en uno o varios de los ramales, respectivamente, que regulan el caudal del flujo de aire de suministro por su ramal correspondiente.

15 Según la realización mostrada en la figura 1:

El circuito de ramales tiene dos ramales que se originan por una bifurcación del conducto de entrada (2) y que confluyen nuevamente en un punto de confluencia aguas arriba de la fuente propulsiva (10). Preferentemente, el medio calentador (24) se dispone en uno de los ramales y el medio enfriador (20) se dispone en el otro
20 ramal, de modo que están dispuestos en paralelo. El medio de regulación térmica tiene dos válvulas de mezcla (26) dispuestas en sendos ramales (una válvula de mezcla en un ramal y otra válvula de mezcla en otro ramal), que regulan el caudal del flujo caliente de aire de suministro y el caudal del flujo frío de aire de suministro, respectivamente, por el ramal correspondiente. De este modo, se controla la mezcla a
25 presión constante de ambos flujos en el punto de confluencia y, en consecuencia, el gradiente de temperatura del aire de suministro.

Según la realización mostrada en la figura 2:

El circuito de ramales tiene tres ramales. Preferentemente, el medio calentador (24)
30 se dispone en uno de los ramales, un medio enfriador (20) se dispone en otro de los ramales, y el ramal restante discurre sin atravesar ningún medio calentador o medio enfriador, de modo que el flujo de aire de suministro que circula por este ramal restante no cambia de temperatura (denominado flujo neutro de aire de suministro). El medio de regulación térmica tiene tres válvulas de mezcla (26) dispuestas en sendos
35 ramales (una válvula de mezcla por cada uno de los tres ramales), que regulan el

caudal del flujo caliente de aire de suministro, el caudal del flujo frío de aire de suministro, y el caudal del flujo neutro de aire de suministro, respectivamente, por el ramal correspondiente. De este modo, se controla la mezcla a presión constante de los flujos y, en consecuencia, el gradiente de temperatura del aire de suministro.

5

Además de las configuraciones explicadas, el medio de regulación térmica y el circuito de ramales en el que se integra pueden tener otras configuraciones: Por ejemplo, según una realización alternativa, en vez de una válvula de mezcla (26) por cada ramal, el medio de regulación térmica comprende una válvula de mezcla (26) 10 termostática dispuesta en un punto de confluencia de ramales. Según otra realización en la que el circuito de ramales tiene dos ramales, uno de los ramales discurre sin atravesar ningún medio calentador o medio enfriador (por ejemplo, porque el medio enfriador no se dispone en los ramales), de modo que el flujo de aire de suministro que circula por este ramal no cambia de temperatura. Según otra realización, uno o 15 varios de los ramales prescinden de válvula de mezcla (26).

Según una realización preferida, las válvulas de mezcla (26) son válvulas de regulación lineal de guillotina, preferentemente DN100, y más preferentemente tipo modelo GS de Schuber&Saltzer. Preferentemente, la válvula de mezcla (26) del ramal 20 correspondiente al flujo caliente de aire de suministro es una válvula de alta temperatura que, por ejemplo, permite temperaturas de funcionamiento de hasta 550°C.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación dinámica comprende uno 25 o varios separadores de condensados (22), configurados para retirar el agua condensada de la humedad del aire de suministro. Así se evita que el agua condensada pueda dañar el dispositivo de emulación o la fuente propulsiva (10). Como es conocido, la condensación puede aparecer en diferentes circunstancias como, por ejemplo, tras un enfriamiento, una compresión, una combinación de ambos, 30 por pérdidas de calor, etc. Por ello, el separador o separadores de condensados (22) pueden disponerse en diferentes sitios del dispositivo de emulación según las necesidades como, por ejemplo, tras un electro-compresor (14), tras un medio enfriador (20), etc.

35 Según una realización mostrada en la figura 1:

El dispositivo de emulación comprende un separador de condensados (22) en el conducto de entrada (2), aguas abajo del medio enfriador (20) del circuito de ramales; concretamente aguas abajo del circuito de ramales (en el que se integra el medio de regulación térmica) y aguas arriba de la fuente propulsiva (10).

5

Según las realizaciones de las figuras 2, 3:

Además del separador de condensados (22) mostrado en la figura 1, el dispositivo de emulación comprende otro separador de condensados (22). Este otro separador de condensados (22) está situado entre los dos electro-compresores (14), aguas abajo del medio enfriador (20) que se sitúa también entre los dos electro-compresores (14). Gracias a dicha disposición, este otro separador de condensados (22) evita que el electro-compresor situado en segundo lugar sea dañado por condensados.

Según una realización preferida, el separador o separadores de condensados (22) son ciclónicos axiales. Preferentemente, el separador o separadores de condensados (22) son de diámetro DN150.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación comprende un medio de seguridad configurado para controlar que las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14) son adecuadas en cada momento, en términos de seguridad, evitando aquellas condiciones que puedan resultar peligrosas para los electro-compresores (14), la fuente propulsiva (10) u otros componentes del dispositivo de emulación. Preferentemente, el medio de seguridad comprende una o varias válvulas de purga (18) de aire asociadas al electro-compresor o electro-compresores (14), respectivamente (una válvula de purga para cada electro-compresor). Esta válvula o válvulas de purga (18) de aire permiten que la fuente propulsiva (10) pueda funcionar cuando los caudales de aire son tan bajos que se encuentran dentro de la zona de bombeo (desprendimiento) del electro-compresor o electro-compresores (14). Gracias a la válvula o válvulas de purga (18) de aire se independiza el parámetro "caudal del aire de suministro" respecto del parámetro "presión del aire de suministro".

El caudal del aire de suministro viene determinado por el propio funcionamiento de la fuente propulsiva (10). No obstante, el caudal de aire de suministro también queda afectado indirectamente por el funcionamiento de la válvula o válvulas de purga (18);

por lo que, debido a su propia naturaleza, la válvula o válvulas de purga (18) también podrían permitir cierta regulación del caudal de aire de suministro, como función secundaria.

5 La válvula o válvulas de purga (18) están dispuestas en sendos conductos de purga, que parten del conducto de entrada (2) tras el electro-compresor (14) correspondiente, y que desembocan en el conducto de salida (4). Concretamente, según las realizaciones mostradas en las figuras 1, 2 y 3, la válvula de purga (18) asociada al primero de los electro-compresores (14) (es decir, al electro-compresor
10 que está situado aguas arriba del otro electro-compresor), está dispuesta en un conducto de purga que parte del conducto de entrada (2) entre los dos electro-compresores (14) y que desemboca en el conducto de salida (4); la válvula de purga (18) asociada al segundo de los electro-compresores (14) (es decir, al otro electro-compresor, que está situado aguas abajo del primero de los electro-compresores)
15 está dispuesta en otro conducto de purga, que parte del conducto de entrada (2) tras el segundo de los electro-compresores (14) y que desemboca en el conducto de salida (4).

En el caso de que el dispositivo de emulación tenga un medio enfriador (20) entre los
20 dos electro-compresores (14): Preferentemente y de manera más ventajosa, según se muestra en las figuras 2 y 3, el conducto de purga correspondiente al primero de los electro-compresores (14), parte del conducto de entrada (2), entre el electro-compresor (14) y dicho medio enfriador (20). Según una realización alternativa, este conducto de purga puede partir entre el separador de condensados (22) y el segundo
25 de los electro-compresores (14).

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación comprende una válvula de purga (18) de aire asociada al compresor del turbogrupo (12). Esta válvula de purga (18) está dispuesta en un respectivo conducto de purga, que parte del conducto
30 de entrada (2) tras el compresor del turbogrupo (12), y que desemboca en el conducto de salida (4). Concretamente, según la realización mostrada en la figura 3, este conducto de purga parte del conducto de entrada (2) entre el compresor del turbogrupo (12) y el primero de los electro-compresores (14). De este modo, según esta realización, el dispositivo de emulación comprende tres válvulas de purga (18) de
35 aire; es decir, las dos válvulas de purga (18) asociadas a los electro-compresores (14)

(tal y como se ha mencionado anteriormente) y la válvula de purga (18) asociada al compresor del turbogrupo (12).

En el caso de que el medio calentador (24) sea el regenerador explicado
5 anteriormente, los conductos de purga desembocan preferentemente en el conducto
de salida (4) aguas abajo del regenerador. Por ejemplo, según la realización mostrada
en la figura 3, el dispositivo de emulación comprende tres conductos de purga
correspondientes a las tres válvulas de purga (18), respectivamente; desembocando
los tres conductos de purga en el conducto de salida (4), aguas abajo del
10 regenerador.

Según una realización preferida, la válvula o válvulas de purga (18) son válvulas de
regulación lineal de guillotina, preferentemente DN100, y más preferentemente tipo
modelo GS de Schuber&Saltzer.

15

Opcionalmente, con el fin de desarrollar las funciones de la válvula o válvulas de
purga (18), se pueden implementar otras soluciones. Por ejemplo, según una
realización particular, los electro-compresores (14) son de diferente tamaño y están
dispuestos en paralelo entre sí; de manera que, en este caso, no se necesitan
20 válvulas de purga (18) para controlar que las condiciones de funcionamiento de los
electro-compresores (14) sean las adecuadas en cada momento.

El dispositivo de emulación dinámica también puede comprender una válvula de
bajapás entre la admisión y el escape de la fuente propulsiva (10) (válvula de bajapás no
25 representada en las figuras). Según una realización preferida, la válvula de bajapás se
dispone en un conducto de derivación de suministro, en paralelo con la fuente
propulsiva (10), de manera que permite derivar aire de suministro por dicho conducto
de derivación sin que entre en la fuente propulsiva (10). De este modo, la válvula de
bajapás permite regular el caudal de aire de suministro que entra en la fuente
30 propulsiva (10). Opcionalmente, la regulación del caudal de aire de suministro puede
realizarse mediante otros medios de regulación de caudal; por ejemplo, según una
realización particular, el caudal de aire de suministro que entra en la fuente propulsiva
(10) se regula mediante una válvula reguladora de caudal colocada en la admisión de
la fuente propulsiva (10).

35

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación comprende una válvula antirretorno (16), dispuesta en un conducto de derivación que baipasea el compresor del turbogrupo (12). Según se muestra en las figuras 1, 2 y 3, este conducto de derivación nace aguas arriba del compresor del turbogrupo (12) y desemboca aguas
5 abajo del mismo antes del siguiente electro-compresor (14). Dentro del contexto de la presente invención, ha de entenderse que “entrada de aire por el conducto de derivación” es el tránsito de aire por el conducto de derivación hacia la admisión de la fuente propulsiva (10); y que “retorno de aire por el conducto de derivación” es el tránsito de aire por el conducto de derivación hacia el extremo de aspiración del
10 conducto de entrada (2). La válvula antirretorno (16) está configurada para impedir el retorno de aire de suministro por el conducto de derivación. Asimismo, la válvula antirretorno (16) está configurada para impedir la entrada de aire de suministro por el conducto de derivación cuando la presión de salida del compresor del turbogrupo (12) es mayor o igual que su presión de entrada, y para permitir, en caso contrario, la
15 entrada de aire de suministro por el conducto de derivación para igualar ambas presiones. De este modo, cuando la turbina del turbogrupo (12) no es capaz de recuperar suficiente energía de los gases de salida, por ejemplo, durante procesos de aceleración rápida, la válvula antirretorno (16) ayuda a baipasear el compresor del turbogrupo (12) evitando así perjudicar la respuesta dinámica del dispositivo de
20 emulación. Preferentemente, la válvula antirretorno (16) es una válvula antirretorno DN100.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación dinámica comprende un medio enfriador (20) adicional, en serie con el electro-compresor o electro-
25 compresores (14). De este modo, según esta realización preferida, el dispositivo de emulación comprende dos medios enfriadores (20), es decir, el medio enfriador mencionado anteriormente y el medio enfriador adicional mencionado ahora.

Según las realizaciones mostradas en las figuras 2 y 3, uno de los medios enfriadores
30 (20) se dispone entre los dos electro-compresores (14); y el otro medio enfriador se dispone aguas abajo del electro-compresor que está situado en segundo lugar (a modo explicativo, se considera que el situado en segundo lugar es el que está situado aguas abajo del situado en primer lugar). Preferentemente este otro medio enfriador se dispone en uno de los ramales del circuito de ramales.

35

Preferentemente, el medio enfriador (20) adicional es un enfriador tipo intercambiador de calor. El medio enfriador (20) adicional puede usar como fuente de refrigeración un fluido refrigerante adecuado (como agua de una torre de enfriamiento, agua de red a temperatura ambiente, etc.), una máquina de refrigeración basada en ciclo de Rankine inverso, etc. Como fuente de refrigeración también puede emplearse una combinación de diferentes tipos de refrigeración como, por ejemplo, refrigeración con agua de torre de enfriamiento y refrigeración con un ciclo Rankine inverso. Según una realización preferida, el medio enfriador (20) adicional tiene una potencia de 15 kW.

10 Preferentemente, tal y como se muestra en las figuras 2 y 3, los medios enfriadores (20) usan la misma fuente de refrigeración.

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación comprende adicionalmente un filtro (28) de aire en el extremo de aspiración del conducto de entrada (2), y un silenciador (30) en el extremo de descarga del conducto de salida (4), para limpiar de impurezas el aire de suministro y reducir el ruido tanto de aspiración como de descarga de los gases de salida de la fuente propulsiva (10).

Según una realización preferida, el dispositivo de emulación comprende:

- 20 – Uno o varios sensores para medir parámetros de funcionamiento de la fuente propulsiva (10), por ejemplo, temperatura del aire de suministro en la admisión, presión del aire de suministro en la admisión, presión de gases de salida en el escape.
- Un autómata programable en comunicación con el sensor o sensores, que está configurado para controlar el funcionamiento del dispositivo de emulación en función de unos valores de consigna y de las lecturas del sensor o sensores.

Aunque tal y como se ha descrito en el presente documento, son posibles múltiples realizaciones, la ubicación precisa de los elementos según los diagramas de flujo de aire de suministro y gases de salida mostrada en las figuras, se ha diseñado para conseguir la máxima eficiencia energética posible aprovechando efectos sinérgicos de distintos componentes. Por ejemplo, el electro-compresor o electro-compresores (14) calientan mucho el aire, el turbogruppo (12) comprime poco y calienta poco, el medio o medios enfriadores (20) generan condensados, el regenerador se sitúa tras la turbina del turbogruppo (12) para no destruir exergía, etc.

A modo de ejemplo para el rango de tipología de los motores usado en vehículos de tipo turismo, con potencias de entre 30kW y 150kW, las características del dispositivo de emulación de la presente invención, según una realización preferida son:

- 5 – Electro-compresor o electro-compresores (14): 20 kW de potencia total, preferentemente con 11 kW para baja presión y 9 kW para alta presión.
- Turbogruppo (12): 10 kW de potencia.
- Medio calentador (24): 40 kW de potencia.
- Medio o medios enfriadores (20): 15 kW de potencia cada uno.

10

Según una realización preferida, el dispositivo comprende además otros componentes con las siguientes características:

- La válvula o válvulas de purga (18) y la válvula o válvulas de mezcla (26) son válvulas de regulación lineal de guillotina, preferentemente DN100, y la válvula de
15 mezcla (26) situada en la salida del medio calentador (24) es una válvula de alta temperatura (por ejemplo, de hasta 550°C).
- La válvula antirretorno (16) es DN100.
- El separador o separadores de condensados (22) son ciclónicos axiales, diseñados exprefeso con perfiles NACA para conseguir la vorticidad adecuada minimizando
20 las pérdidas de carga; y son de diámetro DN150.
- Los diámetros de los conductos que conectan los diversos componentes son DN50.

Según un segundo aspecto, la presente invención da a conocer un procedimiento de
25 emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas (10), usando el dispositivo de emulación según el primer aspecto de la presente invención.

Mediante este procedimiento, es posible emular dinámicamente variaciones de presión y temperatura que experimenta el aire de suministro en una fuente propulsiva
30 (10) sobrealimentada.

De manera general, según una realización particular de la presente invención:

- La presión del aire de suministro se puede regular mediante el control del régimen de giro del electro-compresor o electro-compresores (14). Teniendo en cuenta que
35 el aire de suministro también se calienta al ser comprimido, el control del régimen

de giro del electro-compresor o electro-compresores (14) también permite regular la temperatura del aire de suministro.

- La contrapresión de los gases de salida de la fuente propulsiva (10) se puede regular mediante el control de la turbina del turbogrupo (12).

5

Según la realización preferida de la presente invención, el procedimiento de emulación comprende aspirar aire del ambiente para utilizarlo como aire de suministro de la fuente propulsiva (10); alimentar la fuente propulsiva (10) con el aire de suministro; expulsar al ambiente gases de salida de la fuente propulsiva (10); con la particularidad de que se puede realizar una o varias de las siguientes acciones:

- regular la presión del aire de suministro, mediante el control del régimen de giro del electro-compresor o electro-compresores (14);
- controlar que las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14) son adecuadas en cada momento, en términos de seguridad, evitando aquellas condiciones que puedan resultar peligrosas para los electro-compresores (14), la fuente propulsiva (10) u otros componentes del dispositivo de emulación. Este control se realiza mediante un medio de seguridad, que comprende preferentemente la válvula o válvulas de purga (18).
- regular la temperatura de aire de suministro, mediante el medio de regulación térmica;
- regular la contrapresión de los gases de salida de la fuente propulsiva (10), mediante la modificación de la geometría de la turbina del turbogrupo (12).

A continuación, se expone más detalladamente el procedimiento de emulación mediante un dispositivo de emulación de la presente invención:

- En primer lugar, el aire entra en el conducto de entrada (2) desde condiciones ambiente y pasa al compresor del turbogrupo (12). En el compresor del turbogrupo (12), el aire de suministro aumenta su presión y su temperatura.

En el caso preferente de que el dispositivo tenga la válvula antirretorno (16) según se muestra en las figuras: En caso de un funcionamiento anómalo, en el que la presión a la salida del turbogrupo (12) fuera menor que la presión a la entrada, la válvula antirretorno (16) se abriría permitiendo la entrada de aire de suministro por el conducto de derivación e igualando estas presiones.

Tras pasar por el compresor del turbogrupo (12), el aire de suministro pasa por el electro-compresor o electro-compresores (14), volviendo a aumentar su presión y

temperatura en cada electro-compresor (14). El paso del aire de suministro por el compresor del turbogrupo (12) y por el electro-compresor o electro-compresores (14) se controla para conseguir las condiciones deseadas del aire de suministro en la admisión de la fuente propulsiva (10).

5

- En el caso de las realizaciones mostradas en las figuras 2 y 3, en las que el dispositivo tiene un medio enfriador (20) entre dos electro-compresores (14) y un separador de condensados (22) tras dicho medio enfriador (20): antes de pasar al segundo de los electro-compresores (14), el aire de suministro pasa por dicho medio enfriador (20) donde se disminuye su temperatura; y pasa por dicho separador de condensados (22), donde se retira el agua de la humedad que se ha condensado tras el enfriamiento en el medio enfriador (20).

10

En el caso de realizaciones con válvula o válvulas de purga (18) asociadas al electro-compresor o electro-compresores (14), como son las realizaciones mostradas en las figuras: la válvula o válvulas de purga (18) regulan las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14), evitando condiciones de funcionamiento peligrosas para ellos o para algún componente de la instalación (entendiendo por instalación como la conjunción del dispositivo de emulación y la fuente propulsiva). En el caso de la realización mostrada en la figura 3, en la que el dispositivo de emulación tiene una válvula de purga (18) asociada al compresor del turbogrupo (12), esta válvula de purga (18) regula las condiciones de funcionamiento del compresor evitando condiciones de funcionamiento peligrosas.

15

20

La válvula o válvulas de purga (18) se pueden abrir, por ejemplo, en caso de emergencia.

25

- Según una realización preferida, con circuito de ramales, medio enfriador (20) en uno de los ramales del circuito de ramales, medio calentador (24) en otro de los ramales y válvulas de mezcla (26) en los ramales, como son las realizaciones mostradas en las figuras: Tras ser comprimido en el electro-compresor o electro-compresores (14), el aire de suministro entra en el circuito de ramales. En función de la apertura de las válvulas de mezcla (26), el aire de suministro se divide en distintos flujos que fluyen por sendos ramales para su calentamiento por el medio calentador (24) o para su enfriamiento por el medio enfriador (20).

30

En el caso de la realización mostrada en la figura 2, en la que de que el circuito de

35

ramales tiene tres ramales con uno de ellos destinado al paso de flujo de aire sin cambio de temperatura: En función de la apertura de las válvulas de mezcla (26), el aire de suministro se divide en distintos flujos que fluyen por los tres ramales para su calentamiento por el medio calentador (24), enfriamiento por el medio enfriador (20) o para su transporte sin ser enfriado o calentado.

Tras su paso por los ramales, los diferentes flujos de aire de suministro a diferentes temperaturas se mezclan, para conseguir la temperatura deseada. De este modo, en función de la apertura de las válvulas de mezcla (26), se puede variar la temperatura del aire de suministro.

– Según una realización preferida, con separador de condensados (22) tras el circuito de ramales, como son las realizaciones mostradas en las figuras: Tras ser regulada la temperatura, el aire de suministro pasa al separador de condensados (22) correspondiente, en donde se retira el agua de la humedad que se haya podido condensar tras un enfriamiento de la mezcla.

– A continuación, el aire de suministro se introduce en la fuente propulsiva (10). En la fuente propulsiva (10), el aire de suministro se emplea en la generación de energía de propulsión y se generan gases de salida, que se encuentran a alta presión y a alta temperatura.

– Los gases de salida se expanden en la turbina del turbogrupo (12) que gira acoplada mecánicamente al compresor del turbogrupo (12). En la turbina, los gases se expanden disminuyendo su presión y su temperatura.

– Después, los gases de salida son evacuados al ambiente.

En el caso de que el medio calentador (24) sea un regenerador como el mostrado en las figuras, antes de ser evacuado a la atmósfera, los gases de salida pasan por el regenerador y disminuyen su temperatura calentando el aire de suministro que circula por el ramal del medio calentador (24). Tras el regenerador los gases de salida provenientes de la fuente propulsiva (10) se descargan a la atmósfera.

Según una realización preferida, el procedimiento de la presente invención comprende emular uno o varios de los siguientes rangos de gradientes temporales:

– Rango de gradientes temporales de presión del aire de suministro de 5 bar/s a -5

bar/s.

- Rango de gradientes temporales de contrapresión de los gases de salida en el escape de la fuente propulsiva (también denominado contrapresión de escape) de 5 bar/s a -15 bar/s.
- 5 - Rango de gradientes temporales de temperatura del aire de suministro de 0,5°C/s a 5°C/s.

Además, estos gradientes se pueden conseguir dentro de rangos de valores absolutos de presión y temperatura también muy amplios (también independientes entre sí) y con gran precisión:

- Según una realización preferida, se emula un rango de presión absoluta de aire de suministro y precisión de 2,0-6,0 bar(A) \pm 20 mbar.
- Según una realización preferida, se emula un rango de temperatura absoluta de aire de suministro y precisión de 30-80°C \pm 0,5°C.

15

Según una realización preferida, el control del dispositivo de emulación lo realiza un autómata programable en comunicación con uno o varios sensores. El autómata programable recoge las medidas del sensor o sensores que, preferentemente, miden la presión y temperatura en la admisión de la fuente propulsiva (10) y en su escape.

20 Para regular los valores de estas presiones y temperaturas a los valores de consigna requeridos por un usuario, el autómata programable comprende varios mecanismos de control, preferentemente controladores PID, que pueden actuar sobre los actuadores de la instalación:

- Un mecanismo de control del electro-compresor o electro-compresores (14), que regula la presión de admisión a partir del régimen de giro del motor o motores acoplados al electro-compresor o electro-compresores (14), respectivamente.
 - Un mecanismo de control de la turbina del turbogrupo (12), que regula la contrapresión de gases de salida a partir de la modificación de la geometría de la turbina.
- 30 - Un mecanismo de control del medio de regulación de temperatura, que regula la temperatura del aire de suministro en admisión, preferentemente a partir del posicionamiento de la válvula o válvulas de mezcla (26).

Según una realización preferida, el autómata programable también comprender un mecanismo de control del medio de seguridad, preferentemente un controlador PID,

35

que regula las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14) para que estas condiciones sean adecuadas en cada momento, en términos de seguridad. Preferentemente, este mecanismo de control regula las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14) a
5 partir del posicionamiento de la válvula o válvulas de purga (18) correspondientes.

Según lo expuesto anteriormente, el dispositivo de emulación dado a conocer en el presente documento puede simular sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas, tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas de
10 funcionamiento. La posibilidad de simular las evoluciones dinámicas de los sistemas de sobrealimentación hace que el dispositivo dado a conocer en el presente documento sea singular y diferente de cualquier otro dispositivo de simulación de sistemas de sobrealimentación de la técnica anterior.

15 El dispositivo de la presente invención se basa en la combinación de varios medios de compresión, concretamente en un turbogrupo (12) y uno o varios electro-compresores (14), para poder simular aceleraciones y desaceleraciones de turbogrupos que se usan en fuentes propulsivas actuales como, por ejemplo, motores de combustión interna alternativos o pilas de combustible. El funcionamiento del dispositivo de
20 emulación se basa en recuperar energía de los gases de salida de la fuente propulsiva (10) a alta presión, para sobrealimentar la propia fuente propulsiva (10). El hecho de que el electro-compresor o electro-compresores (14) sean de accionamiento eléctrico permite respuestas muy rápidas (muy dinámicas). El compresor del turbogrupo (12) ayuda a consumir menos energía eléctrica en situaciones que es
25 capaz de proporcionar relaciones de compresión positivas.

El funcionamiento del dispositivo de emulación también puede apoyarse en un medio enfriador (20), un medio calentador (24), y un medio de regulación térmica que permite regular la temperatura del aire de suministro de manera independiente a la
30 regulación de su presión.

El dispositivo de la presente invención constituye una herramienta para el diseño de fuentes propulsivas y sistemas de sobrealimentación. Gracias al dispositivo de la presente invención, es posible realizar emulaciones usando como base una
35 "simplificación" de la fuente propulsiva real, a modo de maqueta de esta, con una sola

unidad de trabajo (por ejemplo, un motor monocilíndrico o una pila de combustible monocelda). A modo explicativo, en el caso de motores de combustión interna alternativos, la unidad de trabajo es un cilindro; análogamente, en el caso de pilas de combustible, la unidad de trabajo es una celda. En el presente documento, se
5 denomina fuente propulsiva múltiple, a una fuente propulsiva con varias unidades de trabajo (por ejemplo, un motor policilíndrico); y se denomina fuente propulsiva simple, a una fuente propulsiva con una única unidad de trabajo (por ejemplo, un motor monocilíndrico).

10 A modo de ejemplo, a continuación, se expone de manera general el proceso llevado a cabo para el diseño de un motor de combustión interna sobrealimentado mediante el dispositivo de emulación de la presente invención:

– Se acopla el dispositivo de emulación al cilindro de un motor monocilíndrico (motor base de desarrollo) con unas características concretas (volumen de cilindro,
15 relación de carrera, diámetro, etc.).

– Se somete al motor a diferentes escenarios de sobrealimentación, mediante el dispositivo de emulación.

Para ello, se actúa sobre diferentes componentes del dispositivo de emulación variando sus parámetros de funcionamiento: por ejemplo, control de regímenes de
20 giro del electro-compresor o electro-compresores (14), control de temperatura del aire de suministro mediante el medio de regulación de temperatura, control de geometría de la turbina del turbogruppo (12), etc.

– Se obtienen la respuesta del motor.

– Se analiza la respuesta del motor y se evalúan los posibles cambios en el cilindro
25 para mejorar la respuesta del motor.

– En caso de ser necesario, se repiten los pasos anteriores, pero con el cilindro del motor modificado, y así sucesivamente hasta encontrar una solución óptima.

– Finalmente se diseña/fabrica el motor final, con los cilindros necesarios, en base al cilindro óptimo.

30

El diseño de otros tipos de fuentes propulsivas mediante el dispositivo de emulación de la presente invención como, por ejemplo, diseño de pilas de combustible, se realiza de manera análoga a lo explicado en el párrafo anterior. Simplemente se realizan los pasos sobre la fuente propulsiva correspondiente, por ejemplo, una pila
35 de combustible monocelda, en vez del cilindro del motor monocilíndrico.

El dispositivo de emulación también puede usarse como una herramienta de diseño para especificar las características del sistema de sobrealimentación que mejor vaya a rendir con la fuente propulsiva (10). A continuación, se expone de manera general el
5 proceso llevado a cabo para el diseño de un sistema de sobrealimentación para una fuente propulsiva (10) sin sobrealimentar, mediante el dispositivo de emulación de la presente invención:

- Mediante el dispositivo de emulación, se somete la fuente propulsiva (10) a ensayos, con diferentes escenarios de sobrealimentación. Para ello, se actúa sobre
10 diferentes componentes del dispositivo de emulación variando sus parámetros de funcionamiento: por ejemplo, control de regímenes de giro del electro-compresor o electro-compresores (14), control de temperatura del aire de suministro mediante el medio de regulación de temperatura, control de geometría de la turbina del turbogruppo (12), etc.
- 15 – Se analiza la respuesta de la fuente propulsiva (10) y se evalúan los posibles cambios en los parámetros de los componentes del dispositivo de emulación, para mejorar la respuesta de la fuente propulsiva (10).
- En caso de ser necesario, se repiten los pasos anteriores hasta encontrar una solución óptima para el sistema de sobrealimentación.
- 20 – Finalmente, con las presiones, caudales, temperaturas y gradientes medidos en los ensayos se diseña/fabrica el sistema de sobrealimentación (turbomáquinas), en base a la solución técnica que mejor reproduce las relaciones de presión y temperatura medidas, los caudales medidos (apropiadamente adimensionalizados), y que genera y soporta los gradientes medidos.

25

Debido a que el dispositivo de la presente invención permite realizar emulaciones usando como base una “simplificación” de la fuente propulsiva real, a modo de maqueta de la misma, con una sola unidad de trabajo, la escala de las turbomáquinas usadas ha de ser necesariamente variable en cuanto al tamaño y la potencia. Esta
30 escala ha de adaptarse por una parte a la variedad de fuentes propulsivas, por ejemplo, a la variedad de cilindradas de los motores usados en automoción (turismos, transporte ligero, transporte pesado, ferroviario, marino, aviación ligera, etc.), y por otra parte al número de unidades de trabajo de fuentes propulsivas múltiples frente a una fuente propulsiva simple (por ejemplo, cilindros del motor policilíndrico frente al
35 motor monocilíndrico (12/1, 6/1, 4/1, 3/1). La dificultad de desarrollar un dispositivo de

emulación lo suficientemente flexible como para reproducir rangos de gradientes de presión y temperatura, y para adaptarse a las exigencias de escala en una única arquitectura, justifica la novedad de la presente invención.

5 De este modo, para el desarrollo del dispositivo de emulación, hay que tener en cuenta algunas circunstancias importantes. El dispositivo de emulación tiene que ser capaz de emular con una misma arquitectura múltiples situaciones con diferentes condiciones de funcionamiento, tanto estáticas como dinámicas. Por ello, con la misma arquitectura, ha de poder variarse la escala de los componentes del dispositivo
10 emulador, como el turbogrupo, el electro-compresor o electro-compresores, el medio enfriador, el medio calentador, el medio de regulación térmica, etc.

Debido a la complejidad del diseño del propio dispositivo de emulación de la presente invención, para su desarrollo se ha usado un software de simulación de motores de
15 combustión interna alternativos y sistemas de fluidos. Mediante este software ha sido posible calcular con el nivel de precisión requerido las prestaciones de los diferentes componentes del dispositivo de emulación, para dimensionar adecuadamente dichos componentes considerando la influencia de los flujos pulsantes (altamente no estacionarios) generados por la fuente propulsiva sobre las prestaciones del
20 dispositivo de emulación dinámica.

A modo de ejemplo, a continuación, se expone de manera general el proceso llevado a cabo para el diseño del dispositivo de emulación mediante el software, para su aplicación a motores de combustión interna alternativa:

- 25 – En primer lugar, se introduce en el software una propuesta del dispositivo de emulación acoplado a una fuente propulsiva (10) con una única unidad de trabajo, en este caso a un motor monocilíndrico (propuesta que corresponde a un modelo virtual del dispositivo de emulación), según una distribución y unas características concretas de los componentes; características que se obtienen, por ejemplo, de
30 datos de proveedores y/o datos empíricos.
- En base a la propuesta introducida, se simulan diferentes escenarios con el software, variando en cada simulación los parámetros de funcionamiento de uno o varios componentes.
- Se compara el resultado de la simulación con valores de referencia
35 correspondientes a sistemas de sobrealimentación reales.

- Si la respuesta simulada se aleja de la respuesta real (valores de referencia), se modifican algunas de las características del dispositivo de emulación, se vuelve a realizar el mismo proceso de validación (es decir, introducir la propuesta en el software, simular diferentes escenarios y comparar con la realidad), y así sucesivamente hasta que el resultado es óptimo, es decir, cuando el resultado es suficientemente cercano a la realidad.
- Una vez que se ha validado la propuesta, se fabrica el dispositivo de emulación según dicha propuesta validada.

10 El diseño del dispositivo de emulación de la presente invención para su aplicación a otros tipos de fuentes propulsivas como, por ejemplo, pilas de combustible, se realiza de manera análoga a lo explicado en el párrafo anterior. Simplemente se realizan los pasos sobre la fuente propulsiva correspondiente, por ejemplo, una pila de combustible, en vez del motor de combustión.

15

En base a todo lo expuesto anteriormente, el dispositivo y procedimiento de la presente invención permite emular condiciones dinámicas (es decir, en estado transitorio) y condiciones estáticas de funcionamiento de fuentes propulsivas sobrealimentadas; condiciones que son impuestas por parte de un usuario, en base, por ejemplo, a criterios de optimización y diseño.

El usuario puede realizar emulaciones estáticas y dinámicas de una fuente propulsiva sobrealimentadas, con el fin de poder diseñar y desarrollar dicha fuente propulsiva y/o el sistema de sobrealimentación. Esto es muy útil, por ejemplo, en el caso de diseño y/o mejora de motores de competición sobrealimentados. Habitualmente, para el diseño y/o la mejora de motores de competición, se monta el motor en el vehículo de competición y se realizan largas sesiones de pruebas en pista. En las sesiones de pruebas, el piloto somete al motor a múltiples escenarios de sobrealimentación (diferentes aceleraciones, desaceleraciones, velocidades, etc.) con el fin de obtener, mediante sensores, la mayor cantidad de datos de la respuesta del motor y del sistema de sobrealimentación. Mediante la presente invención se pueden conseguir gran parte de dichos datos sin la necesidad de realizar estas pruebas en pista con el vehículo de competición, lo que permite reducir en gran medida los costes.

35 Aunque la presente invención se ha descrito en el presente documento haciendo

referencia a una realización preferida de la misma, los expertos en la técnica entenderán que pueden aplicarse diversas modificaciones y variaciones a dicha realización descrita sin por ello apartarse del alcance de la presente invención, definido por las siguientes reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas, que comprende:
 - 5 – un conducto de entrada (2) configurado para conectarse por un extremo a una admisión de una fuente propulsiva (10), y para aspirar aire del ambiente por otro extremo, denominado extremo de aspiración, para la utilización del aire aspirado del ambiente como aire de suministro de la fuente propulsiva (10);
 - 10 – un conducto de salida (4) configurado para conectarse por un extremo a un escape de la fuente propulsiva (10), y para expulsar gases de salida de la fuente propulsiva (10) al ambiente por otro extremo denominado extremo de descarga;
 - 15 – un turbogrupo (12) que comprende una turbina de geometría variable en el conducto de salida (4) y un compresor en el conducto de entrada (2), acoplado a la turbina, de modo que el turbogrupo (12) está configurado para que la turbina satisfaga los gradientes de contrapresión de los gases de salida y recupere parte de la energía disponible en dichos gases para comprimir el aire de suministro mediante el compresor;
 - 20 – uno o varios electro-compresores (14) en el conducto de entrada (2), colocados en serie con el compresor del turbogrupo (12), configurados para comprimir aire de suministro y reproducir de forma controlada gradientes de presión del aire de suministro;
 - 25 – un medio enfriador (20) en serie con el electro-compresor o electro-compresores (14), configurado para enfriar aire de suministro;
 - 30 – un medio calentador (24), configurado para calentar aire de suministro;
 - 35 – un medio de regulación térmica del aire de suministro, configurado para regular la mezcla de al menos, un flujo frío de aire de suministro proveniente del medio enfriador (20) y un flujo caliente de aire de suministro proveniente del medio calentador (24), y así regular la temperatura del aire de suministro de manera independiente a su presión;
 - una válvula antirretorno (16) en un conducto de derivación que baipasea el compresor del turbogrupo (12), estando configurada la válvula antirretorno (16) para impedir el retorno de aire de suministro por el conducto de derivación, con la particularidad de impedir la entrada de aire de suministro por el conducto de derivación cuando la presión de salida del compresor del turbogrupo (12) es

mayor o igual que su presión de entrada, y permitir, en caso contrario, la entrada de aire de suministro por el conducto de derivación para igualar ambas presiones.

- 5 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que la turbina del turbogruppo (12) es una turbina radial centrípeta.
3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los electro-compresores (14) están colocados en serie entre sí.
- 10 4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el electro-compresor o electro-compresores (14) son radiales centrífugos.
- 15 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el medio enfriador (20) es un enfriador tipo intercambiador de calor.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el medio calentador (24) es un regenerador, configurado para recuperar calor de los gases de salida de la fuente propulsiva (10), que circulan por el conducto de salida (4), y para usar dicho calor en el calentamiento del aire de suministro, que circula por el conducto de entrada (2).
- 20 7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que:
- 25 - el medio de regulación térmica está integrado en un circuito de ramales en paralelo, de modo que el medio calentador (24) se dispone en uno de los ramales y el medio enfriador (20) se dispone en otro de los ramales;
- 30 - el medio de regulación térmica comprende una o varias válvulas de mezcla (26) dispuestas en uno o varios de los ramales, respectivamente, que regulan el caudal del flujo de aire de suministro por su ramal correspondiente.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por que uno de los ramales del circuito de ramales discurre sin atravesar ningún medio calentador o medio enfriador, de modo que el flujo de aire de suministro que circula por este ramal
- 35

no cambia de temperatura.

9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que una de las válvulas de mezcla (26) está dispuesta en el ramal del medio calentador (24), y es una válvula de alta temperatura, con temperatura de funcionamiento de hasta 550°C.
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por que la válvula o válvulas de mezcla (26) son válvulas de regulación lineal de guillotina.
11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que:
- el turbogrupo (12) tiene una potencia de 10 kW;
 - el electro-compresor o electro-compresores (14) tienen una potencia total de 20 kW;
 - el medio calentador (24) tiene una potencia de 40 kW;
 - el medio enfriador (20) tiene una potencia de 15 kW.
12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un medio de seguridad configurado para controlar que las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14) son adecuadas en cada momento, en términos de seguridad; comprendiendo el medio de seguridad una o varias válvulas de purga (18) de aire asociadas al electro-compresor o electro-compresores (14), respectivamente.
13. Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado por que comprende una válvula de purga (18) de aire, asociada al compresor del turbogrupo (12).
14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, caracterizado por que la válvula o válvulas de purga (18) son válvulas de regulación lineal de guillotina.
15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado

por que comprende uno o varios separadores de condensados (22), configurados para retirar el agua condensada de la humedad del aire de suministro.

- 5 16. Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado por que el separador o separadores de condensados (22) son ciclónicos axiales.
17. Dispositivo según las reivindicaciones 1, 7, 12 y 15, caracterizado por que:
- la válvula antirretorno (16) es una válvula DN100;
 - 10 – la válvula o válvulas de purga (18) son válvulas DN100;
 - la válvula o válvulas de mezcla (26) son válvulas DN100;
 - el separador o separador de condensados (22) son de diámetro DN150;
 - los diámetros de los conductos del dispositivo son DN50.
- 15 18. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un medio enfriador (20) adicional en serie con el electro-compresor o electro-compresores (14).
19. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un filtro (28) de aire en el extremo de aspiración del conducto de entrada (2), y un silenciador (30) en el extremo de descarga del conducto de salida (4).
20. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende:
- sensores para medir parámetros de funcionamiento de la fuente propulsiva (10), como temperatura del aire de suministro en la admisión, presión del aire de suministro en la admisión, presión de gases de salida en el escape;
 - un autómata programable en comunicación con los sensores, que está
 - 30 configurado para controlar el funcionamiento del dispositivo en función de unos valores de consigna y de las lecturas de los sensores.
21. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la fuente propulsiva (10) se selecciona del grupo que consiste en un
- 35 motor de combustión interna alternativo y una pila de combustible.

22. Procedimiento de emulación dinámica de sistemas de sobrealimentación de fuentes propulsivas (10) usando un dispositivo de emulación tal como se describe en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, que comprende aspirar
 5 aire del ambiente para utilizarlo como aire de suministro de la fuente propulsiva (10); alimentar la fuente propulsiva (10) con el aire de suministro; expulsar al ambiente gases de salida de la fuente propulsiva (10); con la particularidad de que se realiza una o varias de las siguientes acciones:
- regular la presión del aire de suministro, mediante el control del régimen de
 10 giro del electro-compresor o electro-compresores (14);
 - controlar que las condiciones de funcionamiento del electro-compresor o electro-compresores (14) son adecuadas en cada momento, mediante un medio de seguridad;
 - regular la temperatura de aire de suministro, mediante el medio de regulación
 15 térmica;
 - regular la contrapresión de los gases de salida de la fuente propulsiva (10), mediante la modificación de la geometría de la turbina del turbogruppo (12).
23. Procedimiento según la reivindicación 22, caracterizado por que comprende
 20 emular uno o varios de los siguientes rangos de gradientes temporales:
- rango de gradientes temporales de presión de aire de suministro de 5 bar/s a -5 bar/s;
 - rango de gradientes temporales de contrapresión de 5 bar/s a -15 bar/s;
 - rango de gradientes temporales de temperatura de aire de suministro de
 25 0,5°C/s a 5°C/s.
24. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 22 o 23, caracterizado por que comprende emular un rango de presión absoluta de aire de suministro y precisión de 2,0 – 6,0 bar(A) ± 20 mbar.
 30
25. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, caracterizado por que comprende emular un rango de temperatura absoluta de aire de suministro y precisión de 30-80°C ± 0,5°C.
- 35 26. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 22 a 25, caracterizado

por que el control del dispositivo de emulación lo realiza un autómata programable en base a lecturas de varios sensores, que miden la presión y temperatura en la admisión de la fuente propulsiva (10) y en su escape.

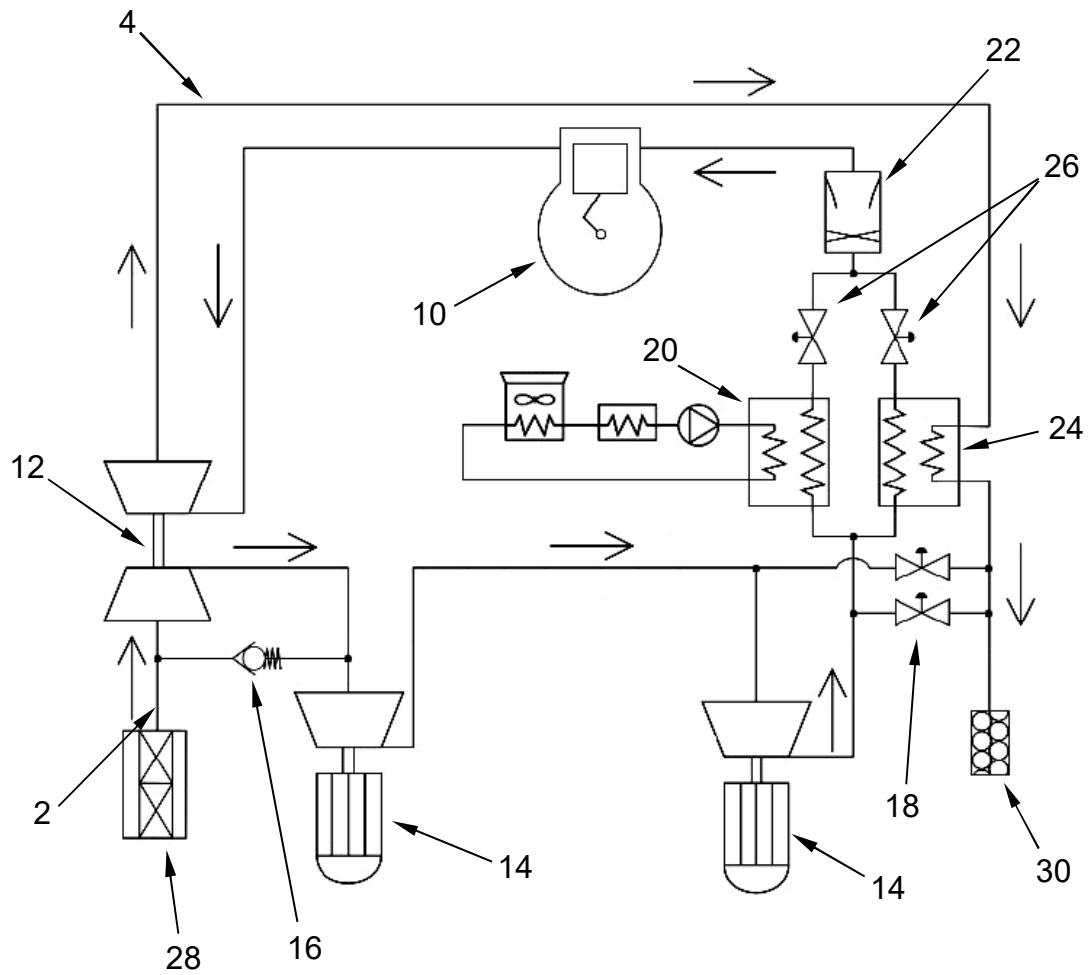


FIG. 1

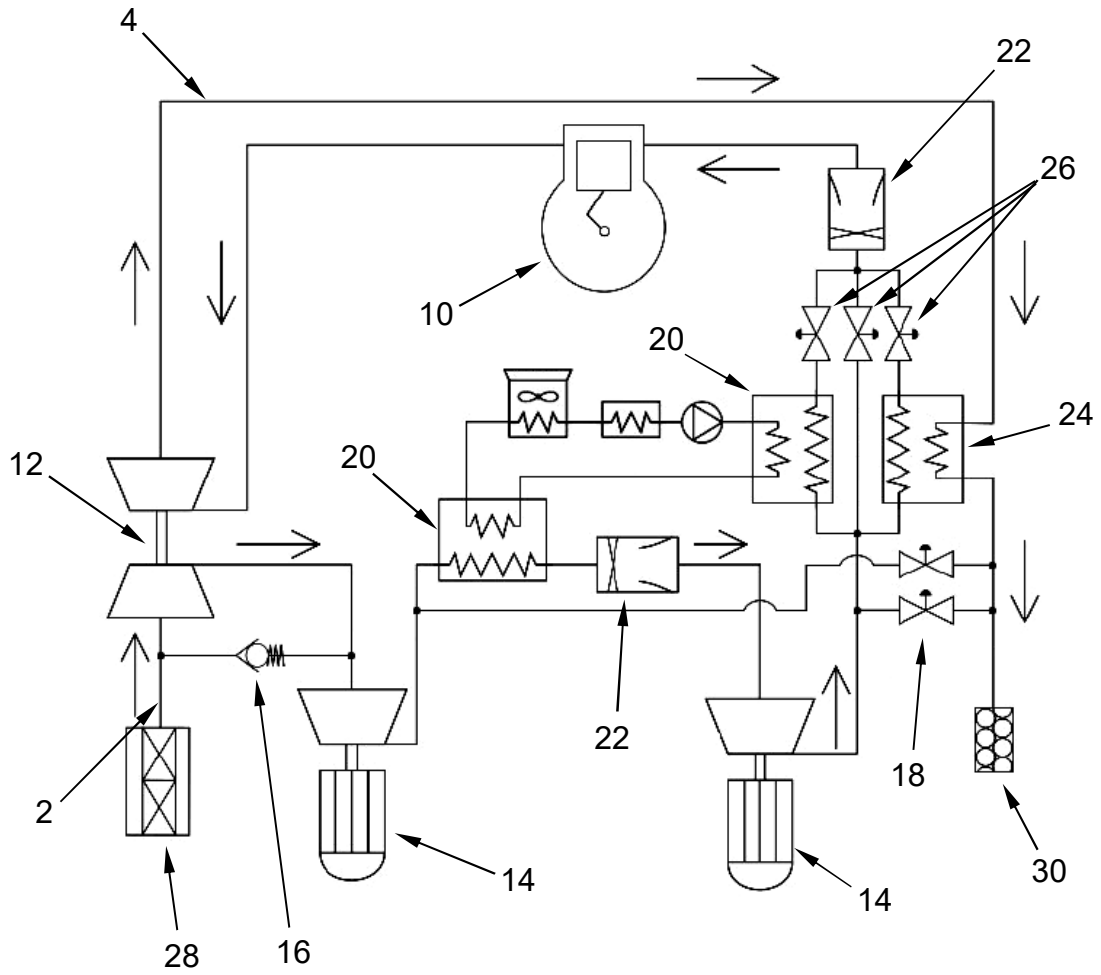


FIG. 2

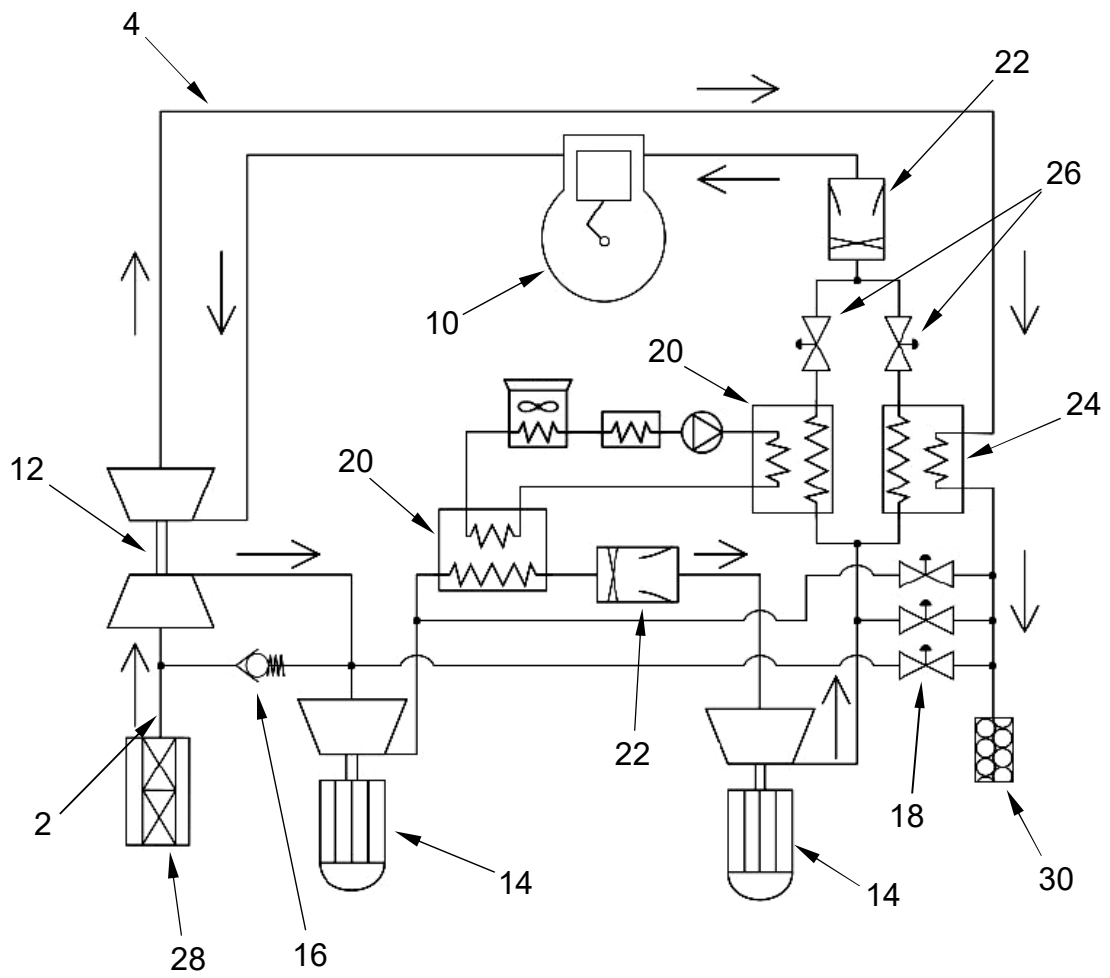


FIG. 3