

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 186**

51 Int. Cl.:

**B64D 37/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2015 PCT/US2015/046904**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16118192**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2015 E 15760015 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 3247637**

54 Título: **Sistemas, procedimientos y aparatos de inertización de combustible**

30 Prioridad:

**23.01.2015 US 201514603458**

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

**09.05.2019**

73 Titular/es:

**AMETEK, INC. (100.0%)  
1100 Cassatt Road  
Berwyn, PA 19312, US**

72 Inventor/es:

**VIGLIOTTA, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 712 186 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistemas, procedimientos y aparatos de inertización de combustible

5 La presente solicitud está relacionada con, y reclama el beneficio de prioridad de la Solicitud No Provisional de los EE.EE número 14/603.458, titulada SISTEMAS, PROCEDIMIENTOS Y APARATOS DE INERTIZACIÓN DE COMBUSTIBLE, presentada el 23 de enero de 2015.

**Campo de la invención**

La invención se refiere a un sistema de inertización de combustible y a un procedimiento para inertizar combustible.

**Antecedentes de la invención**

10 Los sistemas de inertización de combustible son ampliamente utilizados en aviones en los que se almacenan grandes cantidades de combustible. A medida que se consume combustible durante un vuelo, el nivel de combustible en el depósito se reduce y el oxígeno remanente en el depósito es reemplazado por gas inerte no inflamable (por ejemplo, aire enriquecido con nitrógeno) para evitar la combustión. Durante el vuelo, el aire de purga, que es el aire comprimido tomado de la etapa de compresión del motor del avión, pasa a través de módulos de separación de aire (por ejemplo, lechos de tamices moleculares) para producir aire enriquecido con nitrógeno. Existe una necesidad continua de utilizar eficientemente los módulos de separación de aire. El Documento US2005/247197 describe un sistema de inertización de combustible así como un procedimiento para inertizar el combustible.

**Sumario de la invención**

20 De acuerdo con la presente invención, un sistema de inertización de combustible incluye un pasaje de entrada de aire configurado para recibir aire de entrada, una pluralidad de módulos de separación de aire configurados para separar el oxígeno del aire de entrada cuando se recibe, y una pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire acopladas entre el pasaje de entrada de aire y la pluralidad de módulos de separación de aire. Cada una de la pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire está asociada con uno de la pluralidad de módulos de separación de aire, de manera que la apertura de una de las válvulas de módulos de separación de aire hace pasar al menos una porción del aire de entrada desde el pasaje de entrada de aire al módulo de separación de aire asociado con la una válvula de módulo de separación de aire. Un controlador abre de forma selectiva cada una de la pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire, de manera que cada uno de la pluralidad de módulos de separación de aire recibe un nivel de desgaste sustancialmente igual. De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un procedimiento para inertizar combustible comprende las etapas de: determinar un nivel de desgaste para cada uno de una pluralidad de módulos de separación de aire configurados para producir aire enriquecido con nitrógeno; abrir selectivamente cada una de una pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire de tal manera que cada uno de la pluralidad de módulos de separación de aire tenga un nivel de desgaste similar; y dirigir el aire enriquecido con nitrógeno producido por la pluralidad de módulos de separación de aire a un depósito de almacenamiento de combustible.

**Breve descripción de los dibujos**

35 La invención se entiende mejor por medio de la descripción detallada que sigue cuando se lee en relación con los dibujos que se acompañan, teniendo los elementos similares los mismos números de referencia. Cuando hay presente una pluralidad de elementos similares, se puede asignar un número de referencia único a la pluralidad de elementos similares con una designación de letra minúscula que se refiere a elementos específicos. Cuando se hace referencia a los elementos colectivamente o a uno o más de los elementos no específicos, la designación de letras minúsculas puede ser eliminada. En los dibujos se incluyen las siguientes figuras:

la figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de inertización de combustible de acuerdo con la invención;

la figura 2a es una vista frontal de una implementación de un sistema de inertización de combustible de acuerdo con la invención;

45 la figura 2b es una vista trasera de una implementación de un sistema de inertización de combustible de acuerdo con la invención; y

la figura 3 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento para inertizar un combustible de acuerdo con la invención.

**Descripción detallada de la invención**

50 La figura 1 representa un sistema ejemplar 100 para inertizar combustible de acuerdo con la invención. Como descripción general, el sistema 100 puede incluir un intercambiador de calor 110, válvulas de aislamiento 120 y 130, un

filtro 135, un convertidor catalítico de ozono 140, una pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire ("válvulas de ASM") 150, una pluralidad de módulos de separación de aire ("ASM") 160, un sensor de oxígeno 170, una válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 y un controlador 190.

5 El intercambiador de calor 110 está configurado para regular la temperatura y / o la presión del aire de entrada para lograr una temperatura y / o presión del aire de entrada que permita la separación eficiente del aire de entrada por los ASM 160. El aire de entrada puede ser aire de purga obtenido de la etapa de compresión de un motor de avión. El aire de entrada es introducido en el intercambiador de calor 110 a través de un pasaje de entrada de aire 111. El intercambiador de calor 110 puede ser uno de carcasa y tubo, un tubo doble, un intercambiador de calor de placas u otro tipo de intercambiador de calor que cumpla con los aspectos prácticos del sistema 100. En una realización, el  
10 intercambiador de calor 110 reduce la temperatura del aire de entrada de un rango de aproximadamente 260°C a 537,7°C en el pasaje de entrada de aire 111, a un rango de aproximadamente 70°C a aproximadamente 93,3°C medido en un pasaje de salida de aire 112 del intercambiador de calor 110. El enfriador del intercambiador de calor 110 puede ser aire u otro fluido utilizado típicamente para enfriar.

15 Aunque la descripción en la presente memoria descriptiva está enfocada principalmente a realizaciones en las que el aire de entrada es aire de purga obtenido de la etapa de compresión del motor de un avión, se contempla que se pueden usar otras fuentes de aire, tales como el aire ambiente. Como se usa en la presente memoria descriptiva, el término "aire de entrada" está destinado a cubrir estas otras fuentes de aire. Las técnicas adecuadas para regular estas otras fuentes de aire serán entendidas por un experto en la técnica a partir de la descripción en la presente memoria descriptiva. Por ejemplo, cuando el aire de entrada es aire ambiente, el aire ambiente puede ser presurizado y / o calentado, por ejemplo, por un compresor y / o un intercambiador de calor, para lograr una presión y / o  
20 temperatura que permita una separación eficiente del aire por una pluralidad de ASM 160.

Se puede usar una primera válvula de aislamiento 120 para proteger los componentes aguas abajo contra una temperatura y / o presión excesiva y / o inadecuada. Se pueden utilizar un conmutador de temperatura 115 y un conmutador de presión 116 para controlar la primera válvula de aislamiento 120 en función de la temperatura y / o la presión del aire de entrada aguas arriba de la primera válvula de aislamiento 120. Si la temperatura y la presión del aire de entrada son adecuadas, entonces la válvula 120 se abre. Si la temperatura y / o la presión no son adecuadas (por ejemplo, pueden dañar los componentes del sistema 100), la válvula 120 se puede usar para restringir (por ejemplo, reducir o detener) el flujo de aire de entrada.  
25

El sistema 100 también puede incluir una segunda válvula de aislamiento 130 controlada por el controlador 190. La válvula 130 también puede proteger el sistema 100 contra el aire de entrada que tenga una temperatura y / o presión que no sea adecuada para el sistema 100. Para determinar la temperatura y presión, un primer sensor de temperatura 125 y un primer sensor de presión 126 pueden estar situados aguas arriba de la válvula 130. El controlador 190 puede controlar entonces la válvula 130 en función de la temperatura y / o de la presión determinada por el sensor de temperatura 125 y / o por el sensor de presión 126 para evitar que la presión y / o la temperatura excesiva y / o  
30 no adecuada dañe los componentes aguas abajo.  
35

Se puede emplear un filtro 135 para reducir la cantidad de partículas y / o la cantidad de moléculas de agua en el aire de entrada. Por ejemplo, un filtro que tenga un tamaño de poro de 0,1 micrómetros puede ser utilizado para eliminar partículas que tengan un tamaño superior a 0,1 micrómetros, que podrían dañar los ASM 160. Un procedimiento para determinar cuándo reemplazar el filtro 135 es calcular la caída de presión a través del filtro 135. De acuerdo con este procedimiento, el controlador 190 puede utilizar el primer sensor de presión 126 y un segundo sensor de presión 146 para determinar la caída de presión a través del filtro 135. El controlador 190 puede comparar la caída de presión con un valor umbral, por ejemplo, dos (2) a cuatro (4) veces su valor nominal, para determinar si el filtro 135 necesita ser purgado y / o reemplazado.  
40

Se puede usar una válvula de drenaje 137 para extraer con sifón sustancias indeseables, subproductos y / o materiales del aire de entrada, a una corriente de desecho 138. Por ejemplo, las partículas del aire de entrada eliminadas por el filtro 135 se pueden purgar y eliminar a través de la corriente de desecho 138 por medio de la válvula de drenaje 137. Para facilitar la eliminación, la corriente de desecho 138 puede estar bajo presión de vacío o las sustancias, subproductos y / o materiales indeseables pueden ser presurizados desde aguas arriba.  
45

Se puede incorporar un convertidor catalítico de ozono 140 en el sistema 100 para proteger los componentes que puedan ser dañados por las moléculas de ozono.  
50

El sistema ilustrado incluye un primer ASM 160a, un segundo ASM 160b y un tercer ASM 160c. Cada ASM 160 está configurado para separar el oxígeno de una porción del aire de entrada recibido para producir aire enriquecido con nitrógeno. Tal como se usa en la presente memoria descriptiva, se usa una porción del aire de entrada para referirse a parte (por ejemplo, veinticinco por ciento, un tercio, la mitad, dos tercios, etc.) o todo el aire de entrada recibido por cada uno de la pluralidad de ASM 160. La pluralidad de ASM 160 puede comprender membranas y / o fibras construidas a partir de polímeros, cerámicas u otros materiales selectivamente porosos. Alternativamente, los procedimientos para ionizar moléculas de aire o utilizar procesos químicos pueden implementarse en el sistema 100 para  
55

producir flujos de aire enriquecidos con nitrógeno 163 y / o flujos de aire empobrecidos de oxígeno. En una realización, los ASM 160 son lechos de tamices moleculares. Un experto en la técnica entenderá los ASM adecuados 160 a partir de la descripción en la presente memoria descriptiva.

5 El sistema ilustrado 100 incluye una primera válvula de ASM 150a, una segunda válvula de ASM 150b y una tercera válvula de ASM 150c. Cada válvula de ASM 150 está asociada con uno de los ASM 160. Por ejemplo, la válvula de ASM 150a está asociada con el ASM 160a, la válvula de ASM 150b está asociada con el ASM 160b y la válvula de ASM 150c está asociada con el ASM 160c. Las válvulas de ASM 150, bajo el control del controlador 190, regulan la porción del aire de entrada dirigido a cada uno de los ASM 160. Aunque se representan tres válvulas de ASM 150 y ASM 160 asociados, se pueden emplear menos o más válvulas de ASM 150 y / o ASM 160.

10 Cada ASM 160 ilustrado tiene una salida de aire enriquecido con nitrógeno 161 y una salida de aire empobrecido de nitrógeno 162. Cuando un ASM 160 está activo (por ejemplo, tiene aire de entrada que fluye a través del mismo), se produce un vapor de aire enriquecido con nitrógeno 163 que puede ser dirigido al interior de un depósito de almacenamiento de combustible 185, así como una corriente de aire empobrecido de nitrógeno que se puede eliminar por medio de la corriente de desechos 138.

15 Se puede usar un sensor de oxígeno 170 para probar la corriente de aire 163 enriquecido con nitrógeno, que incluye una combinación de las corrientes de aire 161a, 161b y / o 161c enriquecido con nitrógeno. El sensor de oxígeno 170 detecta la cantidad de oxígeno en la corriente de aire enriquecido con nitrógeno 163. Alternativamente (o adicionalmente), se puede emplear un sensor de nitrógeno para detectar la cantidad de nitrógeno en la corriente de aire enriquecido con nitrógeno 163.

20 El sensor de oxígeno 170 puede contener un segundo sensor de temperatura 175 y / o un tercer sensor de presión 176. Un procedimiento para determinar cuándo reemplazar cada uno de la pluralidad de ASM 160 es calcular la caída de presión en cada ASM 160. Por ejemplo, los sensores de presión 146 y 176 pueden ser utilizados por el controlador 190 para determinar la caída de presión a través de los ASM 160a, 160b y / o 160c. Cuando la caída de presión excede un umbral predefinido, por ejemplo, de dos (2) a cuatro (4) veces su valor nominal, el controlador 190 puede identificar los ASM 160 para su reemplazo y producir una señal que indique que los ASM 160 deben ser reemplazados.

25 Se puede usar una válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 para regular el flujo de la corriente de aire enriquecido con nitrógeno 163 a un depósito de almacenamiento de combustible 185. En una realización, la válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 está diseñada para evitar que el vapor de aire enriquecido con nitrógeno 163 fluya hacia el depósito de almacenamiento de combustible 185, por ejemplo, si la concentración de oxígeno en la corriente de aire enriquecido con nitrógeno 163 es demasiado grande. En otra realización, la válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 previene o restringe la corriente de aire enriquecido con nitrógeno 163 si la temperatura y / o la presión no son adecuadas.

30 El sistema 100 contiene un controlador 190 acoplado a los componentes del sistema 100. El controlador 190 puede estar configurado para detectar datos de los sensores de temperatura y / o de presión 115, 116, 125, 126, 146, 175 y / o 176, controlar las válvulas 130, 137, 150 y / o 180, y determinar cuándo deben reemplazarse los ASM 160. El controlador 190 puede ser un microprocesador que recibe datos de varios componentes y / o sensores del sistema 100 y controla las válvulas en base a los datos detectados. Además, el controlador 190 puede estar configurado para llevar a cabo una o más de las otras funciones que se describen en la presente memoria descriptiva. El controlador 190 se puede conectar a una caja de conexiones 192 para la comodidad de instalar y utilizar el sistema 100. En una realización, el controlador 190 ejecuta pruebas de rendimiento en los componentes del dispositivo. Estas pruebas de rendimiento incluyen conectividad, exactitud, precisión y otras pruebas relevantes para el componente respectivo. Los controladores 190 adecuados para uso con el sistema 100 serán comprendidos por un experto en la técnica a partir de la descripción en la presente memoria descriptiva.

35 El controlador 190 está acoplado al dispositivo de memoria 191. El controlador 190 está configurado para escribir información y recibir información del dispositivo de memoria 191. Las instrucciones para configurar el controlador 190 para realizar una o más de las funciones que se describen en la presente memoria descriptiva pueden ser almacenadas en el dispositivo de memoria 191. Además, el controlador 190 puede almacenar en el dispositivo de memoria 191 uno o más parámetros necesarios para implementar las funciones que se describen en la presente memoria descriptiva. El dispositivo de memoria 191 puede incluir uno o más componentes del dispositivo de memoria que incluyen memoria no volátil y / o volátil. Un experto en la técnica entenderá los dispositivos de memoria adecuados 191 a partir de la descripción en la presente memoria descriptiva. Aunque se ilustra como un componente separado, el dispositivo de memoria 191 (o una porción del mismo) puede estar integrado en el controlador 190.

40 El controlador 190 puede estar configurado para ejecutar algoritmos de nivelación de desgaste. Los algoritmos de nivelación de desgaste aumentan la eficiencia del sistema 100 al mejorar la utilización y el reemplazo de la pluralidad de ASM 160. Los algoritmos de nivelación de desgaste permiten al controlador 190 regular el nivel de desgaste (que también se describe en la presente memoria descriptiva como "nivelación de desgaste") recibido por cada ASM

160. El nivel de desgaste recibido por un ASM 160 es indicativo de la cantidad de degradación del ASM 160 y / o proporciona una indicación del momento en el que será necesario reemplazar el ASM 160. Los algoritmos de nivelación de desgaste permiten al controlador 190 regular los ASM 160 activando selectivamente cada ASM 160a, 160b y / o 160c en función del nivel de desgaste de cada uno de los ASM 160a, 160b y / o 160c, de manera que la pluralidad de los ASM 160 reciban un nivel de desgaste sustancialmente igual. Por lo tanto, en un ejemplo, la utilización de los algoritmos de nivelación de desgaste en el sistema 100 permite un desgaste uniforme en los ASM 160, de manera que el reemplazo de los ASM 160 se puede realizar al mismo tiempo. Esto disminuye el costo de mantenimiento y aumenta la cantidad de tiempo que el sistema 100 está en funcionamiento.

Un controlador 190 que implementa los algoritmos de nivelación de desgaste puede determinar el nivel de desgaste de cada ASM 160 de acuerdo con la cantidad de tiempo que cada ASM 160 esté activo, la intensidad de la porción de aire de entrada recibida por cada ASM 160 y / o la caída de presión. a través de cada ASM 160. La cantidad de tiempo activo para cada ASM 160 puede ser determinada por los algoritmos de nivelación de desgaste basados en los datos relativos a la cantidad de tiempo que la válvula 150 de ASM asociada ha estado abierta. Los algoritmos de nivelación de desgaste pueden determinar la intensidad de la porción de aire de entrada recibido por el ASM 160 en función de los datos relativos a la presión del aire de entrada recibido por el ASM 160 y / o la velocidad de flujo del aire de entrada a través del ASM 160 tal como fue detectado. por los sensores de presión 146 y / o 176 y / o un sensor de caudal 149. Los algoritmos de nivelación de desgaste también pueden emplear datos relativos a la caída de presión en cada ASM 160. En función de los datos recibidos, los algoritmos de nivelación de desgaste permiten al controlador 190 determinar el nivel de desgaste de cada ASM 160 y, posteriormente, enviar señales para activar el ASM 160 que tenga el menor nivel de desgaste. En el sistema ilustrado 100, el controlador 190 abre la válvula de ASM 150 asociada con el ASM 160 que tiene el menor nivel de desgaste. El controlador 190 determinará de forma periódica o continua el nivel de desgaste de cada ASM 160 utilizando los algoritmos de nivelación de desgaste. La frecuencia a la que el controlador 190 determina el nivel de desgaste puede depender del plan de vuelo y / o del régimen de vuelo, por ejemplo, el controlador 190 puede utilizar los algoritmos de nivelación de desgaste con mayor frecuencia mientras el avión está en estado de crucero. Por ejemplo, mientras el avión está ascendiendo, típicamente todos los ASM 160 están activos; por lo tanto, es posible que el controlador 190 no necesite utilizar los algoritmos de nivelación de desgaste para determinar qué ASM 160 activar o desactivar.

A modo de ejemplo, el controlador 190 puede utilizar los algoritmos de nivelación de desgaste para identificar el ASM 160 con el menor nivel de desgaste y activar los ASM 160, de acuerdo con lo que sea necesario, en función del nivel de desgaste. Por ejemplo, si el primer ASM 160a tiene el menor nivel de desgaste, el controlador 190 enviará señales para abrir la primera válvula 150a del ASM para activar el primer ASM 160a cuando se necesite un ASM 160. Si se requiere más aire enriquecido con nitrógeno desde el sistema 100, el controlador 190 identificará el ASM 160b o 160c con el siguiente mínimo nivel de desgaste. Si el segundo ASM 160b tiene el siguiente mínimo nivel de desgaste, entonces el controlador 190 puede enviar señales para abrir la segunda válvula 150b del ASM para activar el segundo ASM 160b. El controlador 190 puede sustituir un ASM 160 por otro para mantener un nivel de desgaste sustancialmente igual entre los ASM 160. Por ejemplo, si después de un tiempo predeterminado el controlador 190 utiliza los algoritmos de nivelación de desgaste y determina que el tercer ASM 160c ahora tiene el menor nivel de desgaste, el controlador 190 puede enviar señales para cerrar la válvula de ASM 150 asociada con el ASM 160 que tiene el mayor nivel de desgaste para desactivar el ASM 160 con el mayor nivel de desgaste y abrir la tercera válvula de ASM 150c para activar el tercer ASM 160c. En este ejemplo, el controlador 190 determina periódicamente el nivel de desgaste usando algoritmos de nivelación de desgaste. Este proceso ilustrativo se repite para lograr un desgaste sustancialmente igual entre la pluralidad de ASM 160. Un nivel de desgaste sustancialmente igual se define en la presente memoria descriptiva como una diferencia en el nivel de desgaste entre los ASM 160 que no exceda el diez (10) por ciento.

La figura 2a y la figura 2b ilustran una implementación del sistema de inertización de combustible 100 de acuerdo con la invención. Esta implementación es particularmente adecuada para aviones grandes, comerciales o militares, incluidos aviones de pasajeros y aviones de carga, que contienen espacios vacantes adecuados para esta implementación del sistema 100. Las implementaciones adecuadas configuradas para que quepan en aviones más pequeños, tales como aviones de combate militares, serán entendidas por un experto en la técnica a partir de la descripción en la presente memoria descriptiva. El sistema de inertización de combustible 100 está fijado a una placa de montaje 200. La figura 2a ilustra un primer lado 210 de la placa de montaje 200 y la figura 2b ilustra un segundo lado 220 de la placa de montaje 200.

Un intercambiador de calor 110 está montado en el primer lado 210 de la placa de montaje 200. El intercambiador de calor 110 está conectado por un tubo a una primera válvula de aislamiento 120. Además, un conmutador de temperatura 115 detecta el aire de entrada aguas arriba de la válvula de aislamiento 120 y controla la válvula 120 enviando una señal por medio de un cable a la válvula 120. Además, e independientemente, en el primer lado 210 de la placa de montaje 200, un conmutador de presión 116 detecta el aire de entrada aguas arriba de la válvula de aislamiento 120 y controla la válvula 120 al enviar una señal por medio de un cable a la válvula 120.

La primera válvula de aislamiento 120 está conectada a una segunda válvula de aislamiento 130 por medio de un tubo situado en el primer lado 210 de la placa de montaje 200. La segunda válvula de aislamiento 130 está controla-

da por un controlador 190, que puede enviar señales a la válvula 130 directamente a través de cables y / o a través de una caja de conexiones intermedia 192. El controlador 190 recibe datos relativos a la temperatura y presión del aire de entrada aguas arriba de la válvula 130 de un sensor de temperatura 125 y un sensor de presión 126, situado en el primer lado 210 de la placa de montaje 200.

5 Además, en el primer lado 210 de la placa de montaje 200, un filtro 135 está conectado a la segunda válvula de aislamiento 130 por medio de un tubo. El filtro 135 está conectado además por tuberías a un convertidor catalítico de ozono 140, situado en el primer lado 210 de la placa de montaje 200, y a una válvula de drenaje 137, situada en el segundo lado 220 de la placa de montaje 200. Cuando la válvula de drenaje 137 está cerrada, el aire de entrada  
10 pasa a través del filtro 135 al convertidor catalítico de ozono 140. Cuando la válvula de drenaje 137 se abre, el agua y / o las partículas se purgan del filtro 135 y se eliminan a través de una tubería que contiene la corriente de desecho 138.

Un convertidor catalítico de ozono 140 se coloca en el primer lado 210 de la placa de montaje 200 para eliminar el ozono del aire de entrada. El convertidor catalítico de ozono 140 está conectado por una tubería a la pluralidad de válvulas de ASM 150. Un segundo sensor de presión 146, situado en el primer lado 210 de la placa de montaje 200,  
15 detecta la presión del aire de entrada que se desplaza desde el convertidor catalítico 140 a la pluralidad de válvulas de ASM 150. El sensor de presión 146 envía datos con respecto a la presión del aire de entrada a través de los cables al controlador 190.

Una primera válvula de ASM 150a, una segunda válvula de ASM 150b y una tercera válvula de ASM 150c se posicionan en el primer lado 210 de la placa de montaje 200. El controlador 190 puede abrir cada válvula de ASM 150,  
20 por ejemplo, enviando señales a través de cables a cada una de las válvulas de ASM 150.

Un primer ASM 160a, un segundo ASM 160b y un tercer ASM 160c están montados en el segundo lado 220 de la placa de montaje 200 (figura 2b). El controlador 190 puede activar un ASM 160 enviando una señal para abrir la válvula de ASM 150 asociada.

Una válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 está situada en el primer lado 210 de la placa de montaje 200. La  
25 válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 puede restringir o evitar que el aire enriquecido con nitrógeno recibido de al menos uno de los ASM 160, a través de una red de tuberías, fluya al depósito de almacenamiento de combustible 185. Se puede montar un sensor de oxígeno 170 en el primer lado 210 de la placa de montaje 200 para detectar el flujo de aire a través de la corriente de aire enriquecido con nitrógeno 163 a la válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180. Aunque no se ve en la figura 2a, el sensor de oxígeno 170 puede contener un sensor de temperatura  
30 175 y / o un sensor de presión 176. El sensor de oxígeno 170 envía señales al controlador 190 con respecto al aire enriquecido con nitrógeno en la corriente 163. El controlador 190 puede controlar entonces la válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 para regular la cantidad de aire enriquecido con nitrógeno que fluye hacia el depósito de almacenamiento de combustible 185.

El controlador 190 está montado en el segundo lado 220 de la placa de montaje 200 (figura 2b). La caja de conexio-  
35 nes 192 también está montada en el segundo lado 220 de la placa de montaje 200.

La figura 3 ilustra un procedimiento ejemplar 300 para inertizar combustible. El procedimiento 300 se describe con referencia al sistema de inertización de combustible 100 para facilitar la descripción. Un experto en la técnica entenderá otros sistemas de inertización de combustible adecuados a partir de la descripción en la presente memoria descriptiva.

40 En la etapa 310, el aire de entrada es dirigido a la pluralidad de válvulas de ASM 150. El aire de entrada puede ser aire de purga de la etapa de compresión del motor de un avión. El aire de entrada se puede regular antes de alcanzar la pluralidad de válvulas de ASM 150. El aire de entrada se puede regular, por ejemplo, para cambiar la temperatura y / o la presión por medio de un intercambiador de calor 110, para eliminar partículas y / o humedad mediante un filtro 135, y / o para eliminar el ozono mediante un convertidor catalítico de ozono 140. Las válvulas de aislamiento 120 y / o 130 pueden ser utilizadas para regular el flujo de aire de entrada aguas abajo, por ejemplo, para proteger  
45 los componentes del sistema 100 que pueden ser dañado por el flujo de aire de entrada sin restricciones.

En la etapa 320, se determina el nivel de desgaste para cada uno de los ASM 160. El controlador 190 puede determinar el nivel de desgaste para cada ASM 160 recuperando un nivel de desgaste para cada ASM 160 de la memoria. El nivel de desgaste se puede basar en la cantidad de tiempo que cada uno de los ASM 160 ha estado activo. La  
50 cantidad de tiempo que cada ASM 160 ha estado activo (o la válvula de ASM 150 asociada ha estado abierta) puede ser almacenada en el dispositivo de memoria 191 para su recuperación por el controlador 190. Opcionalmente, la intensidad (por ejemplo, la presión) de las porciones de aire de entrada que recibe cada ASM 160 y / o la caída de presión a través de cada ASM 160 también pueden ser consideradas. La intensidad se puede considerar aplicando un factor de peso a porciones de la cantidad de tiempo que un ASM 160 ha estado activo. Por ejemplo, si una porción de aire de entrada recibida por un ASM 160 tenía una intensidad relativamente alta, esa porción de aire de  
55 entrada puede ser ponderada por un factor de peso multiplicador (por ejemplo, 1,3). Por otro lado, si una porción de

aire de entrada recibida por un ASM 160 tenía una intensidad relativamente baja, esa porción de aire de entrada puede ser ponderada por otro factor de peso (por ejemplo, 0,8). La cantidad ponderada de tiempo activo es denominada en la presente memoria descriptiva como un uso efectivo. La intensidad de las porciones de aire de entrada recibidas por el ASM 160 puede estar basada en los datos recibidos de un sensor de caudal 149.

5 En la etapa 330, se determina la caída de presión a través de los ASM 160. La caída de presión se puede determinar para uno o más ASM 160, por ejemplo, cuando el controlador 190 determina el nivel de desgaste de un ASM 160, periódicamente (por ejemplo, cada 15, 35, 50 minutos, etc.) o cada vez en la que se produce un cambio en los ASM activos 160. El controlador 190 puede determinar la caída de presión a través de los ASM 160 procesando los datos recibidos desde un sensor de presión 146 situado aguas arriba de la pluralidad de ASM 160 y desde un sensor de presión 176 situado aguas abajo de la pluralidad de ASM 160. La colocación de los sensores de presión puede permitir al controlador 190 determinar la caída de presión a través de cada ASM 160. En una realización, el controlador 190 compara la caída de presión a través de los ASM 160 con un valor umbral para determinar si los ASM 160 necesitan ser reemplazados. El controlador 190 puede determinar la caída de presión para los ASM 160 que están actualmente activos. Si solo un ASM 160 está activo, la caída de presión a través de ese ASM 160 se puede comparar con un valor umbral de caída de presión de ASM 160 para un solo ASM 160. Si dos ASM 160 están activos, la caída de presión en los dos ASM activos 160 se puede comparar con un valor umbral de caída de presión de ASM 160 para dos ASM 160, por ejemplo, el doble del valor umbral de caída de presión para un ASM único 160. Si hay tres ASM 160 activos, la caída de presión en los tres ASM activos 160 se puede comparar con un valor umbral de caída de presión de ASM 160 para tres ASM 160, por ejemplo, el triple del valor umbral de caída de presión para un solo ASM 160.

En la etapa 340, las válvulas de ASM 150 son abiertas selectivamente por el controlador 190. El controlador 190 puede abrir selectivamente las válvulas de ASM 150 usando un algoritmo de nivelación de desgaste aplicado al nivel de desgaste asociado con cada ASM 160. El nivel de desgaste puede estar basado solamente en la cantidad de tiempo que cada ASM 160 está activo o puede estar basado adicionalmente en otros factores, tales como la intensidad del aire recibido por un ASM 160 y / o una lectura reciente de caída de presión a través de un ASM 160. Las válvulas de ASM 150 pueden abrirse y / o cerrarse para activar y / o desactivar selectivamente el ASM 160 específico cuando se necesita otro ASM 160 o si ya no es necesario un ASM 160 activo. Además, las válvulas de ASM 150 pueden abrirse y / o cerrarse para sustituir un ASM 160 por otro si un ASM 160 en particular ha estado activo durante un período de tiempo relativamente largo (por ejemplo, una hora). A modo de ejemplo, cuando se necesita aire enriquecido con nitrógeno, el controlador 190 puede determinar el ASM 160 que tiene el menor nivel de desgaste y abrir selectivamente la válvula de ASM 150 asociada con el ASM 160 que tiene el menor nivel de desgaste para pasar el aire de entrada a ese ASM 160 (es decir, activando ese ASM 160).

En una realización, la etapa 340 se realiza durante los regímenes de vuelo predefinidos (por ejemplo, durante el crucero) en los que se requieren menos de todos los ASM 160 (por ejemplo, solo un ASM 160) para proporcionar y mantener la inertización del depósito de almacenamiento de combustible del avión 185. Cuando se requieren todos los ASM 160 (por ejemplo, durante el desplazamiento en pista, el despegue y el aterrizaje), la nivelación de desgaste puede suspenderse hasta que se requieran menos de todos los ASM 160, ya que el desgaste será uniforme.

En la etapa 345, se registra el tiempo activo de cada ASM 160. El controlador 190 puede registrar en el dispositivo de memoria 191 el tiempo activo de un ASM 160 cuando se desactiva (por ejemplo, cuando su válvula de ASM 150 asociada está desconectada). Opcionalmente, el controlador 190 puede registrar adicionalmente el nivel de intensidad del flujo de aire durante el tiempo en que el ASM 160 estaba activo.

En una realización, el controlador 190 repite los pasos 320, 330, 340 y 345, hasta que la necesidad de aire enriquecido con nitrógeno haya cesado. El controlador 190 puede repetir tales pasos periódicamente (por ejemplo, cada pocos minutos, horas, etc.) o sustancialmente de manera continua. Se contempla que la etapa 330 se pueda realizar con independencia de las etapas 320, 340 y 345 y / o a una velocidad diferente.

En la etapa 350, el aire enriquecido con nitrógeno es dirigido al depósito de almacenamiento de combustible 185, por ejemplo, para reemplazar el volumen de combustible gastado para reducir el riesgo de combustión en el depósito de almacenamiento de combustible 185. Un sensor de oxígeno 170, que contiene un tercer sensor de presión 176 y / o un segundo sensor de temperatura 175, pueden emplearse para detectar el aire enriquecido con nitrógeno producido por los ASM 160. El sensor de oxígeno 170 comunica datos al controlador 190 con respecto al aire enriquecido con nitrógeno detectado. Una válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 puede emplearse aguas abajo del sensor de oxígeno 170. De acuerdo con los datos recibidos del sensor de oxígeno 170, el controlador 190 puede controlar la válvula de aire enriquecido con nitrógeno 180 para regular el flujo de aire enriquecido con nitrógeno al depósito de almacenamiento de combustible 185.

55 En la etapa 355, el controlador 190 determina si se deben reemplazar los ASM 160. En un ejemplo, el controlador 190 determina si los ASM 160 se deben reemplazar en base a una comparación de su nivel de desgaste (por ejemplo, como se ha determinado más arriba en la etapa 320) con un valor umbral. Por ejemplo, el controlador 190 puede determinar que los ASM 160 se deben reemplazar cuando el nivel de desgaste de cualquier ASM 160 exceda las

100 horas de uso efectivo. Como se ha descrito más arriba, el nivel de desgaste puede ser una cantidad real de tiempo modificado por la intensidad y / o la caída de presión. En otro ejemplo, el controlador 190 determina si los ASM 160 se deben reemplazar en base a una comparación de la caída de presión a través de los ASM activos 160 (por ejemplo, como se determinó más arriba en la etapa 320) a un valor umbral. Por ejemplo, el controlador 190 puede determinar que los ASM 160 se deben reemplazar cuando la caída de presión de cualquiera de los ASM 160 (o cualquier grupo de ASM 160) exceda una especificación del fabricante.

5 En la etapa 360, el controlador 190 proporciona una indicación de que los ASM 160 se deben reemplazar de acuerdo con la determinación realizada en la etapa 355. Por ejemplo, el controlador 190 puede generar una señal que ilumina un indicador en la cabina de un avión.

10 Aunque la invención se ilustra y se describe en la presente memoria descriptiva con referencia a realizaciones específicas, la invención no pretende limitarse a los detalles mostrados. Por el contrario, se pueden hacer varias modificaciones en los detalles dentro del alcance y rango de equivalentes de las reivindicaciones y sin apartarse de la invención.



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (100) para inertizar combustible, que comprende:
  - un pasaje de entrada de aire (111) configurado para recibir aire de entrada;
  - una pluralidad de módulos de separación de aire (160) configurados para separar el oxígeno del aire de entrada cuando se recibe;
  - una pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire (150) acopladas entre el pasaje de entrada de aire y la pluralidad de módulos de separación de aire, estando asociada cada una de la pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire con uno de la pluralidad de módulos de separación de aire de tal manera que la apertura de una de las válvulas de módulos de separación de aire hace pasar al menos una porción del aire de entrada desde el pasaje de entrada de aire al módulo de separación de aire asociado con una de las válvulas de módulos de separación de aire; **caracterizado en que** el sistema comprende además
  - un controlador (190) acoplado a cada una de la pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire, estando configurado el controlador para abrir selectivamente cada una de la pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire de manera que cada uno de la pluralidad de módulos de separación de aire reciba un nivel de desgaste sustancialmente igual.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para determinar el nivel de desgaste para cada uno de la pluralidad de módulos de separación de aire.
3. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un primer sensor de presión (126) configurado para detectar la presión aguas arriba de la pluralidad de módulos de separación de aire y un segundo sensor de presión (146) configurado para detectar la presión aguas abajo de la pluralidad de módulos de separación de aire; y en el que el controlador está acoplado al primer sensor de presión y al segundo sensor de presión y está configurado además para detectar una caída de presión en al menos uno de la pluralidad de módulos de separación de aire en base a una diferencia entre la presión detectada en el primer sensor de presión y la presión detectada en el segundo sensor de presión.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que el controlador está configurado además para determinar que uno o más de la pluralidad de módulos de separación de aire necesitan ser reemplazados cuando la caída de presión excede un valor umbral de reemplazo.
5. El sistema de la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado además para determinar que uno o más de la pluralidad de módulos de separación de aire necesitan ser reemplazados cuando la cantidad de tiempo de apertura para la una o más de la pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire excede un valor umbral.
6. El sistema de la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado además para determinar el nivel de desgaste que recibe uno de la pluralidad de módulos de separación de aire en función de la cantidad de tiempo durante el cual un módulo de separación de aire recibe la porción de aire de entrada.
7. El sistema de la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado además para determinar el nivel de desgaste que recibe uno de la pluralidad de módulos de separación de aire en función de la intensidad de la porción de aire de entrada recibida por los módulos de separación de aire.
8. El sistema de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de módulos de separación de aire está acoplada a un depósito de almacenamiento de combustible (185) y en el que la pluralidad de módulos de separación de aire proporciona aire enriquecido con nitrógeno a una tasa que corresponde a la tasa de combustible que se extrae del depósito de almacenamiento de combustible.
9. Un procedimiento para inertizar combustible, utilizando el sistema de la reivindicación 8, comprendiendo el procedimiento los pasos de:
  - determinar un nivel de desgaste para cada uno de una pluralidad de módulos de separación de aire configurados para producir aire enriquecido con nitrógeno;
  - abrir selectivamente cada una de una pluralidad de válvulas de módulos de separación de aire de tal manera que cada uno de la pluralidad de módulos de separación de aire tenga un nivel de desgaste similar; y
  - dirigir el aire enriquecido con nitrógeno producido por la pluralidad de módulos de separación de aire al depósito de almacenamiento de combustible.

10. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:
  - determinar una caída de presión en al menos uno de la pluralidad de módulos de separación de aire detectando una presión aguas arriba de la pluralidad de módulos de separación de aire y detectando una presión aguas abajo de la pluralidad de módulos de separación de aire; e
  - 5 identificar al menos uno de la pluralidad de módulos de separación de aire para reemplazarlo cuando la caída de presión excede un valor umbral.
11. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la etapa de determinación comprende determinar el nivel de desgaste de uno o más de la pluralidad de módulos de separación de aire en función de la cantidad de tiempo en el que el uno o más módulos de separación de aire recibe la porción de aire de entrada.
- 10 12. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la etapa de determinación comprende determinar el nivel de desgaste de uno o más de la pluralidad de módulos de separación de aire en base a la intensidad de la porción de aire de entrada recibida por uno o más módulos de separación de aire.

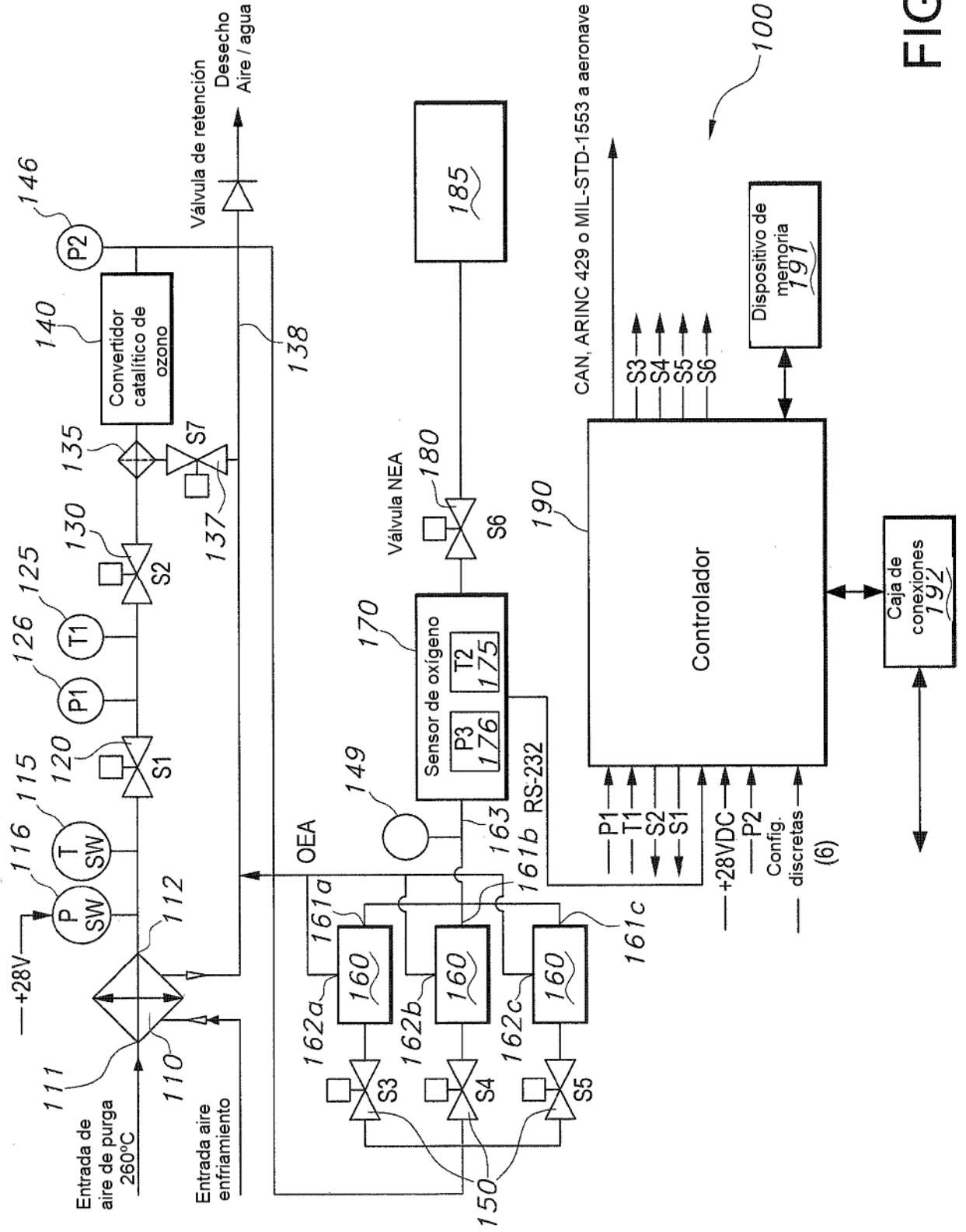


FIG. 1

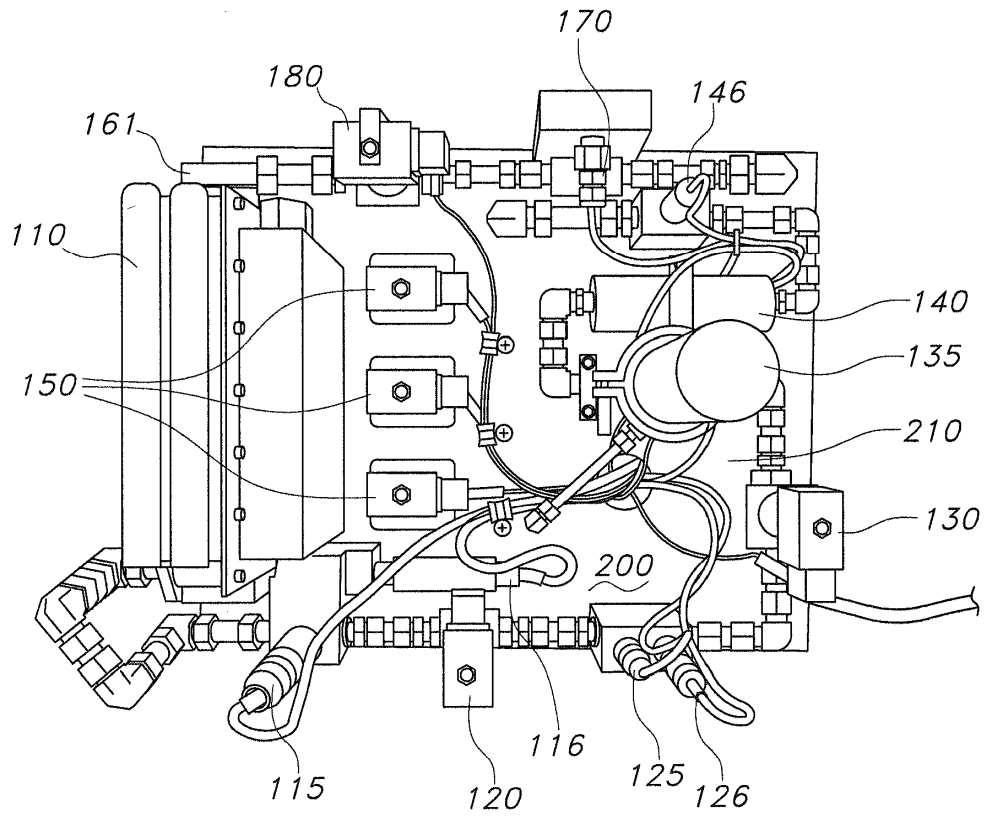


FIG. 2a

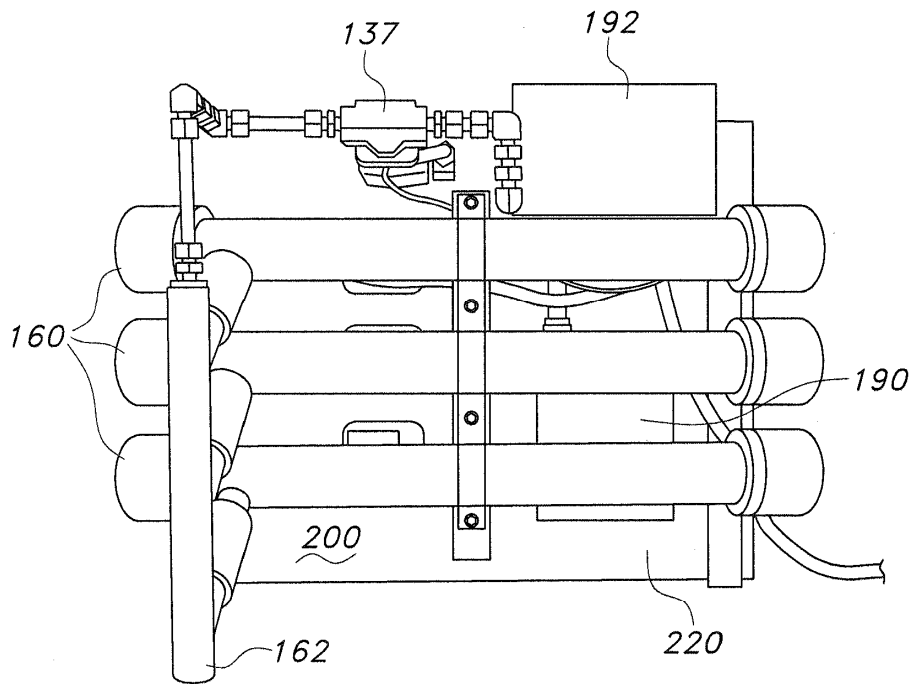


FIG. 2b

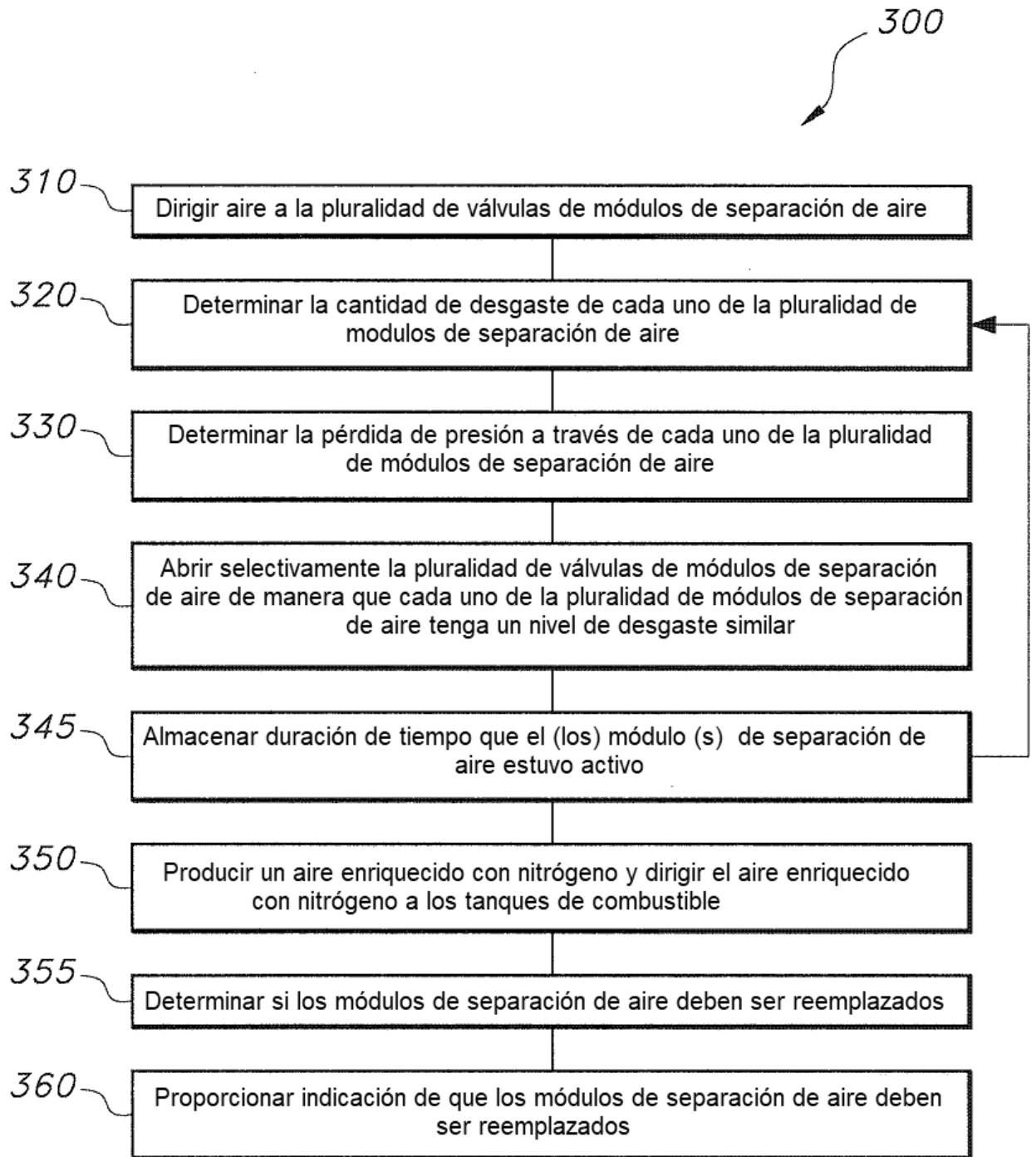


FIG. 3