

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 631**

51 Int. Cl.:

B64D 37/32 (2006.01)

B64D 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2012** **E 12193102 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019** **EP 2594487**

54 Título: **Sistema de reducción e inertización de la inflamabilidad de un depósito de combustible y métodos del mismo**

30 Prioridad:

17.11.2011 US 201113299001

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

03.03.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

GUPTA, ALANKAR

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 745 631 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

Sistema de reducción e inertización de la inflamabilidad de un depósito de combustible y métodos del mismo

ANTECEDENTES

- 5 Realizaciones de esta divulgación se refieren generalmente a un depósito de combustible y, más particularmente, a reducir un potencial de condiciones peligrosas dentro de un depósito de combustible de aeronave refrigerando merma en un intercambiador de calor.
- 10 Inertizar depósitos de combustible de aeronave puede eliminar situaciones peligrosas potenciales que surgen de combinaciones de oxígeno de combustible, vapores de combustible y fuentes de ignición. Soluciones existentes para reducir la inflamabilidad del depósito de combustible pueden incluir adulterar merma dentro del depósito de combustible con aire enriquecido con nitrógeno (NEA) o aire empobrecido con oxígeno (ODA) que puede generarse mediante un sistema de generación de gas inerte a bordo (OBIGGS), al cual se puede hacer referencia como un sistema de inertización de gas nitrógeno (NGS) o sistema de inertización de depósito de combustible (FTIS).
- 15 OBIGGS puede utilizar aire comprimido para generar NEA u ODA. OBIGGS puede requerir que el aire suministrado al mismo se encuentre dentro de una banda de presiones y temperaturas estrecha y que el aire sea limpio, de baja humedad y con bajas concentraciones de ozono e hidrocarburo.
- 20 NEA u ODA pueden ser asfixiantes, mientras que el aire enriquecido con oxígeno (OEA) puede ser un peligro potencial de fuego. Gases cargados con hidrocarburo que aspiran del depósito de combustible pueden ser cancerígenos y también malolientes y perjudiciales para el medio ambiente. OBIGGS pueden utilizar una membrana de fibra hueca (HFM) en módulos de separación de aire (ASM) para generar NEA y OEA. La realización y funcionamiento de ASM puede verse adversamente afectado por contaminantes en el aire que procesan.
- 25 Los sistemas NGS pueden ser caros de desarrollar y certificar ya que pueden no ser simulados mediante análisis de manera fiable. Pueden utilizar equipamiento auxiliar sustancial que es caro, por ejemplo, un conversor de ozono a ozono disociado en aire, turbocompresor para asegurar la presión del aire dentro de límites de diseño durante condiciones de baja presión, intercambiadores de calor para refrigerar y calefactores para calefactar para asegurar suministro de aire dentro de los límites de temperatura de diseño, filtro para reducir contaminación particulada, separador de agua para eliminar humedad excesiva y sensor de oxígeno para verificar el funcionamiento de ASM. Además, pueden utilizarse múltiples sensores y dispositivos de control para monitorizar el funcionamiento de componentes y para proteger al equipamiento de fallos de componentes.
- 30 Por tanto, sería deseable proporcionar un sistema de inertización y reducción de la inflamabilidad de un depósito de combustible y métodos que superaran los problemas anteriormente mencionados.
- 35 En el documento US2010/0108692, que está considerado como la técnica anterior más próxima y da a conocer las características del preámbulo según la reivindicación 1, se da a conocer un método y sistema utilizados para hacer un depósito de combustible inerte que incluye un conjunto refrigerador acoplado en comunicación fluidica con un depósito de combustible de vehículo, y un conjunto de controlador de sistema acoplado operativamente al conjunto refrigerador.
- 40

SUMARIO

- 45 Diversos aspectos y realizaciones de la invención se presentan en las reivindicaciones adjuntas.
- 50 En un aspecto se proporciona un sistema para reducir la inflamabilidad que comprende un intercambiador de calor que refrigera merma de un depósito, condensa vapores dentro de la merma, y devuelve la merma y los vapores refrigerados al depósito, una turbina para recibir alta presión y aire de temperatura moderada que aspira del intercambiador de calor, en el que la turbina extrae energía del aire e introduce la energía en una caja de cambios, y un ventilador de refrigeración que obtiene potencia a través de la caja de cambios al cual la turbina proporciona potencia, controlando la caja de cambios el ventilador de refrigeración y un ventilador de mezcla de merma.
- 55 Un sistema de inertización de combustible tiene un intercambiador de calor. Un elemento de subsistema del sistema tiene al menos un procesador y una memoria acoplado operativamente al procesador. La memoria almacena instrucciones de programa que cuando se ejecutan por el procesador provocan que el procesador determine una relación combustible-aire dentro de un depósito y refrigere merma dentro del depósito en el intercambiador de calor cuando la relación combustible-aire está por encima del umbral predeterminado.
- 60 En otro aspecto se proporciona un método para reducir la inflamabilidad del depósito que comprende: eliminar merma de un depósito; refrigerar la merma para condensar vapores de combustible dentro de la merma por un intercambiador de calor; devolver la merma refrigerada y vapores condensados al depósito por el intercambiador de calor; recibir alta presión y aire de temperatura moderada que aspira del intercambiador de calor, extrayendo la

turbina energía del aire e introduce la energía en una caja (410) de cambios, y controlar, utilizando la caja de cambios, un ventilador de refrigeración y un ventilador de mezcla de merma.

5 Las características y funciones pueden alcanzarse independientemente en varias realizaciones de la divulgación o pueden combinarse en aún otras realizaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Realizaciones de la divulgación serán más comprensibles a partir de la descripción detallada y los dibujos adjuntos, los cuales:

la figura 1 es un sistema de inertización y reducción de la inflamabilidad de un depósito de combustible ejemplificativo;

15 la figura 2 es un panel de indicación y control ejemplificativo del sistema ejemplificativo provisto en la figura 1;

la figura 3 es la lógica de un controlador ilustrativo del sistema ejemplificativo provisto en la figura 1;

20 la figura 4 es un sistema de refrigeración ilustrativo del sistema ejemplificativo provisto en la figura 1;

la figura 5 es un depósito de combustible ilustrativo del sistema ejemplificativo provisto en la figura 1;

25 la figura 6 es un diagrama de procesos que muestra el funcionamiento del sistema de refrigeración ilustrativo de la figura 4; y

la figura 7 es el sistema ejemplificativo provisto en la figura 1 que representa el funcionamiento estimado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Con referencia a la figura 1, puede proporcionarse un sistema 100 de inertización y reducción de la inflamabilidad de un depósito de combustible ejemplificativo. El sistema 100 puede incluir un panel 200 de indicación y control, controlador 300, sistema 400 de refrigeración y depósito 500 de combustible. Como se mostrará, puede proporcionarse un número de señales e instrucciones diferentes entre los componentes del sistema 100. En una realización, estas señales e instrucciones pueden proporcionarse de manera inalámbrica. Puede utilizarse una
35 conexión de línea inalámbrica o una combinación de ambas conexiones inalámbrica y de línea inalámbrica.

A través del panel 200 de indicación y control puede proporcionarse una instrucción 14 seleccionada del sistema al y desde el controlador 300. Una instrucción 34 de indicador puede proporcionarse del controlador 300 al panel 200 de indicación y control. Una instrucción 35 de válvula de dos vías de turbina puede proporcionarse del controlador 300
40 al sistema 400 de refrigeración. Una temperatura 51 de descarga de turbina TTURBINE puede proporcionarse por el sistema 400 de refrigeración al controlador 300. Del controlador 300, puede proporcionarse una instrucción 36 de parada del sistema de refrigeración al sistema 400 de refrigeración. Puede proporcionarse una instrucción 38 de inicio del sistema de refrigeración al sistema 400 de refrigeración del controlador 300. La temperatura 78 de merma TULLAGE puede enviarse al controlador 300 del depósito 500 de combustible. También puede proporcionarse presión
45 76 del depósito de combustible PFUEL del depósito 500 de combustible al controlador 300. En el caso de un depósito 500 de combustible ventilado al ambiente exterior, PFUEL 76 puede sustituirse por la señal de presión ambiente de la aeronave (no mostrada) del sistema de datos de aeronave.

A través de estas señales e instrucciones proporcionadas anteriormente, el sistema 400 de refrigeración puede interactuar con el depósito 500 de combustible de manera que la mezcla de merma puede separarse del depósito
50 500 de combustible a través del conducto 71 al sistema 400 de refrigeración. Puede incluirse por seguridad un parallamas (no mostrado). La mezcla de merma puede llevarse a bajas temperaturas en un intercambiador 420 de calor dentro del sistema 400 de refrigeración condensando así vapores de combustible presentes en la mezcla. Los vapores condensados de combustible, en la forma de combustible líquido, pueden separarse de la mezcla
55 refrigerada en el separador 422 y devolverse al depósito 500 de combustible a través del conducto 55. La mezcla refrigerada de merma puede también devolverse al depósito 500 de combustible a través del conducto 53.

Normalmente, el sistema 100 puede funcionar hasta que la relación combustible-aire de la merma en el depósito 500 de combustible desciende significativamente por debajo del umbral de combustión relación combustible-aire en la
60 presión del depósito de combustible. La inflamabilidad del depósito 500 de combustible puede reducirse a medida que las relaciones de la merma combustible-aire se reducen y la merma se vuelve inerte cuando la relación combustible-aire desciende por debajo del umbral de combustión relación combustible-aire.

En una realización, el sistema 100 puede utilizar la correlación entre TULLAGE 78 y su saturación relación
65 combustible-aire para monitorizar la inflamabilidad de la merma y para el sistema control. La merma del depósito de combustible puede refrigerarse para diseñar umbrales de temperatura Xso, que representan la temperatura para

parar el sistema 400 de refrigeración, que puede ser una función de PFUEL 76. El umbral Xso puede asegurar que la relación combustible-aire saturado de la merma es menor que el umbral de combustión. Por ejemplo, el umbral de combustión de la relación combustible-aire para combustible Jet A puede ser de 0,03 para depósitos de combustible 500 en altitudes desde el nivel del mar hasta aproximadamente 14,000 m (45,000 pies).

Esta relación combustible-aire del 0,03 puede suceder merma saturada de vapor de combustible a temperaturas de aproximadamente 38,9°C (102°F) al nivel del mar reduciéndose linealmente hasta aproximadamente 14°C (58°F) a aproximadamente una altitud de 11,000 m (35,000 pies). En una realización, temperaturas de merma TSAFE pueden seleccionarse en correspondencia con una relación combustible-aire de 0,02 saturada indicando que el depósito 500 de combustible es inerte para proporcionar un "factor de seguridad" deseado. Esto correspondería a temperaturas de merma de aproximadamente 29°C (85°F) al nivel del mar y aproximadamente 7,2°C (45°F) a aproximadamente 11,000 m (35,000 pies). La correspondiente temperatura de merma para una indicación 204 de inflamabilidad puede entonces ser mayor de TSAFE.

En una realización, el sistema 100 puede refrigerar la merma hasta temperaturas Xso en todas las altitudes, lo que puede ser menor de TSAFE. Cuando la temperatura de merma es menor que Xso el sistema 100 puede apagar el sistema 400 de refrigeración en respuesta a una señal 36 proporcionada por el controlador 300. El sistema 100 puede reiniciar automáticamente el sistema 400 de refrigeración cuando la temperatura de merma sobrepasa temperaturas XOP que pueden ser mayores de Xso y menores de TSAFE. XOP puede representar la temperatura para iniciar el sistema 400 de refrigeración en respuesta a la señal 38 proporcionada por el controlador 300. Normalmente, el sistema 100 puede mantener la merma del depósito de combustible por debajo de TSAFE y por debajo de una relación combustible-aire de 0,02.

El sistema 100 puede generar aire frío para refrigerar la mezcla de merma que fluye a través del intercambiador de calor del sistema 400 de refrigeración. Este aire frío puede generarse utilizando procedimientos termodinámicos. Estos procedimientos pueden incluir compresión, transferencia térmica y expansión. Puede utilizarse potencia eléctrica para el procedimiento de compresión y la potencia generada por una turbina 101 de aire durante el procedimiento de expansión puede utilizarse por equipamiento auxiliar para mover aire que se está refrigerando y la mezcla de merma a través de intercambiadores de calor dentro del sistema 400 de refrigeración.

Pueden ofrecerse numerosas ventajas por el sistema 100 descrito en el presente documento. El sistema 100 puede eliminar la utilización de aire enriquecido con nitrógeno (NEA) y descarga alta de aire empobrecido con oxígeno (ODA). La contaminación particulada, humedad y contaminación gaseosa de aire y su contenido en ozono pueden no tener efecto en el funcionamiento del sistema. Pueden implementarse mantenimiento programado y un nivel de seguridad más elevado a muy bajos costes. El sistema 100 puede ser simple, fiable, de bajo coste y ligero. Además, el sistema 100 puede no requerir modificaciones significativas de otros sistemas de a bordo. El sistema 100 puede simularse analíticamente con una elevada precisión. Aire frío externo a altitudes elevadas puede mejorar el funcionamiento del sistema de manera que el ciclo de trabajo del sistema puede ser corto. Muchas ventajas adicionales de la presente divulgación serán aparentes para aquellos expertos en la técnica relevante, como se proporciona en la siguiente descripción.

Pasando ahora a la figura 2, puede proporcionarse un panel 200 de indicación y control ilustrativo del sistema ejemplificativo 100 provisto en la figura 1. El panel 200 de indicación y control puede situarse en la cabina de una aeronave u otra área que puede permitir a un usuario iniciar y para fácilmente el sistema 100. El panel 200 de indicación y control puede incluir un conmutador 202 manual para la selección de sistema. El conmutador 202 en la posición "on" puede proporcionar una señal 14 al controlador 300 del sistema para gestionar el funcionamiento del sistema 400 de refrigeración. Puede proporcionarse una señal 14 de retorno al panel 200 de indicación y control que puede indicar (indicador no mostrado) que el sistema se ha iniciado satisfactoriamente. En una realización, el funcionamiento del sistema puede ser automático.

El panel 200 de indicación y control puede recibir una instrucción 34 de indicador del controlador 300 cuando la temperatura de mezcla de merma del depósito de combustible TULLAGE es mayor que el umbral de temperatura de aviso TSAFE indicando, por tanto, que el nivel de inflamabilidad de la mezcla de merma es mayor que el diseñado. La instrucción 34 de indicador puede utilizarse para advertir, avisar o advertir. En una realización, la instrucción 34 de indicador puede iluminar un indicador de aviso "INFLAMABLE" 204. Los avisos acústicos también pueden proporcionarse además del indicador 204. El panel 200 de indicación y control puede incluir otros indicadores, por ejemplo, temperatura de combustible y temperatura de merma, si se desea.

Con relación ahora a la figura 3, puede mostrarse un controlador 300 ilustrativo del sistema 100 ejemplificativo provisto en la figura 1. El controlador 300 puede acoplarse al panel 200 de indicación y control, sistema 400 de refrigeración y depósito 500 de combustible. El controlador 300 puede implementarse en software, hardware o combinación de los mismos. Los componentes también pueden conectarse a través de una red.

Normalmente, el controlador 300 puede incluir al menos un procesador e instrucciones 302 para la ejecución por el procesador. Los códigos y estructuras de datos dentro del software en el que puede implementarse la presente divulgación pueden almacenarse normalmente en un almacenamiento legible por ordenador no transitorio. El

almacenamiento puede ser cualquier dispositivo o medio que pueda almacenar código y/o datos para su utilización por un sistema de ordenador. El medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio incluye, pero no está limitado a, memoria volátil, memoria no volátil, dispositivos de almacenamiento óptico y magnético tales como unidades de disco, banda magnética, CD (*compact discs*), DVD (*digital versatile discs* o *digital video discs*, por sus siglas en inglés), u otros medios capaces almacenar código y/o datos ahora conocidos o desarrollados posteriormente.

Los métodos y procedimientos descritos en la divulgación pueden realizarse como código y/o datos, que puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio como se describe anteriormente.

Cuando un sistema de ordenador lee y ejecuta el código y/o datos almacenados en el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio, el sistema de ordenador realiza los métodos y procedimientos realizados como estructuras de datos y código y los almacena dentro del medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio. Además, los métodos y procedimientos descritos pueden incluirse en módulos de hardware. Por ejemplo, los módulos de hardware pueden incluir, pero no están limitados a, chips de circuito integrado de aplicación específica (ASIC), arreglo de compuertas programable en el campo (FPGA), y otros dispositivos lógicos programables ya conocidos o desarrollados posteriormente. Cuando se activan los módulos de hardware, los módulos de hardware realizan los métodos y procedimientos incluidos dentro de los módulos de hardware.

La tecnología descrita en el presente documento puede implementarse como operaciones y/o módulos lógicos. Las operaciones lógicas pueden implementarse como una secuencia de procesador- etapas ejecutadas implementadas (o bloques) y como máquina interconectada o módulos de circuito. Asimismo, pueden proporcionarse las descripciones de varios módulos de componentes en términos de operaciones ejecutadas o efectuadas por los módulos. La implementación resultante es una cuestión de elección, que depende de requisitos de funcionamiento del sistema subyacente que implementa la tecnología descrita. Por consiguiente, se hace referencia a las operaciones lógicas que constituyen la realización de la tecnología descrita en el presente documento diversamente como operaciones, etapas, objetos, o módulos. Debe comprenderse que las operaciones lógicas pueden realizarse en cualquier orden, a menos que se reivindique específicamente lo contrario o se necesite inherentemente un orden específico por el lenguaje de la reivindicación.

El controlador 300 puede incluir puertos de comunicación para conectar con los otros componentes del sistema 100. El controlador 300, a través del procesador 302 e instrucciones, así como los puertos de comunicación, puede recibir continuamente datos del sensor de presión del depósito de combustible y sensor de temperatura de la merma. En una realización, pueden recibirse los datos de una señal de presión ambiente de un sistema de datos de aeronave para un depósito de combustible ventilado al ambiente exterior. También puede recibirse una temperatura de descarga del sistema de refrigeración de turbina de la válvula de dos vías del sistema de refrigeración de turbina.

El controlador 300 puede utilizarse para dirigir la lógica con respecto a encender ("On") y apagar ("Off") el subsistema 400 de refrigeración de sistema 100. Con relación ahora al bloque 310 de la figura 3, el controlador 300 puede determinar nuevos valores de TSAFE, XOP y XSO utilizando PFUEL 76. TSAFE puede ser más bajo que el límite inferior de inflamabilidad mostrado como una referencia para proporcionar un "factor de seguridad" deseado. Xso puede ser un umbral de temperatura diseñado para parar el sistema 400 de refrigeración y XOP puede ser mayor que Xso y menor que TSAFE y representa una temperatura para iniciar el sistema 400 de refrigeración.

Para determinar estos valores, puede mostrarse una gráfica 350 representativa. Esta gráfica 350 puede mostrar un umbral de combustión en la forma de un límite de inflamabilidad inferior (referencia). La temperatura de merma TULLAGE puede situarse en el eje Y, y la presión del depósito de combustible PFUEL puede situarse a lo largo del eje X. Combinaciones de TULLAGE y PFUEL por encima del límite de inflamabilidad inferior pueden resultar en combustión dentro del depósito 500 de combustible.

TSAFE puede configurarse por debajo del límite de inflamabilidad inferior como se indica dentro de la gráfica 350. Generalmente, TSAFE puede configurarse bien por debajo del límite de inflamabilidad. XOP puede situarse por debajo de TSAFE representando la temperatura para iniciar el sistema 400 de refrigeración. Xso, que representa la temperatura para parar el sistema 400 de refrigeración, puede situarse para indicar una temperatura menor que XOP. Como se muestra en el bloque 310, el controlador 300 puede determinar valores automáticamente a través de la gráfica representativa anterior. El controlador 300 puede determinar continuamente TSAFE, Xso y XOP.

En una realización, puede utilizarse una búsqueda en tabla utilizando PFUEL 76 para determinar TSAFE, Xso, y XOP a partir de datos almacenados en la memoria del controlador 300. El método de búsqueda en tabla puede almacenar datos representados en la gráfica 350. Alternativamente, pueden utilizarse algoritmos e implementarse en software y hardware para determinar aquellos valores.

La temperatura de merma TULLAGE puede proporcionarse en el bloque 320. TSAFE, Xso, XOP y TULLAGE pueden entonces utilizarse para determinar señales proporcionadas por el controlador 300 a componentes dentro del sistema 100. En el bloque 330, el controlador 300 puede determinar si la temperatura de merma TULLAGE del depósito 500 de combustible puede ser mayor que el límite de temperatura de seguridad TSAFE definido anteriormente. Cuando TULLAGE es mayor que TSAFE, puede proporcionarse una señal a la instrucción 34 del

indicador del controlador 300 al panel 200 de indicación y control de la figura 2. Esta condición puede indicar que la inflamabilidad del combustible es mayor de la deseada. En el panel 200 de indicación y control, el usuario del sistema 100 puede estar avisado de una condición potencialmente peligrosa a través de modos acústicos o visuales. La señal o instrucción 34 puede iluminar el indicador 204. En una realización, las acciones del sistema 400 de refrigeración pueden implementarse automáticamente.

En el bloque 340, y cuando no se cumple la primera condición, el procesador 302 e instrucciones pueden comparar TULLAGE con XSO. Reutilizar este TULLAGE puede representar la temperatura de la merma dentro del depósito 500 de combustible, mientras que XSO puede representar la temperatura para parar el sistema 400 de refrigeración. Puede proporcionarse una instrucción 36 de parada del sistema de refrigeración al sistema 400 de refrigeración. La instrucción 36 puede generarse cuando TULLAGE es igual a o menor que XSO, esto es, $TULLAGE \leq XSO$. La condición puede significar que la inflamabilidad de la merma del depósito de combustible (o relación combustible-aire) puede ser igual a o menor que el valor XSO deseado y refrigeración adicional de la merma puede no ser necesaria. Puede proporcionarse de nuevo control al bloque 310 cuando TULLAGE es igual a o menor que XSO. En una realización puede utilizarse $TULLAGE < XSO$.

En el bloque 350, y cuando no se cumplió la segunda condición, TULLAGE puede compararse con XOP. TULLAGE puede representar la temperatura de la merma dentro del depósito 500 de combustible, mientras que XOP puede representar la temperatura para iniciar el sistema 400 de refrigeración. Puede proporcionarse una instrucción 38 de inicio del sistema de refrigeración al sistema 400 de refrigeración cuando TULLAGE puede ser mayor que XOP, esto es, $TULLAGE > XOP$. La condición puede significar que la inflamabilidad de la merma del depósito de combustible (o relación combustible-aire) puede ser mayor que un valor deseado y puede implementarse la refrigeración de la merma. En una realización, puede utilizarse $TULLAGE \geq XOP$. Puede proporcionarse de nuevo control al bloque 310.

En el bloque 360, la temperatura de la turbina, TTURBINE 51, puede compararse con un umbral de temperatura en un conducto de descarga de turbina, Tc, almacenado en el controlador 300. Tc puede estar por encima de la temperatura de congelación del aire, aproximadamente 0°C (32°F). TTURBINE 51 puede recibirse del sensor de temperatura del sistema de refrigeración localizado en un conducto de descarga de turbina, que se muestra en la figura 4. Cuando TTURBINE 51 menor que el umbral de temperatura programado Tc ($TTURBINE - Tc$) es mayor que 0,0, puede proporcionarse una señal para cerrar la instrucción 35 de válvula de dos vías de turbina del controlador 300 al sistema 400 de refrigeración. Cuando es igual a 0,0, puede no proporcionarse instrucción 35. Cuando es menor que a 0,0, la instrucción 35 puede señalar al sistema 400 de refrigeración para abrir la válvula de dos vías de turbina. Pueden utilizarse variaciones de la comparación y no está limitado a lo descrito anteriormente.

Además, para la instrucción 35 de válvula de dos vías de turbina, puede utilizarse una señal de modulación de válvula de dos vías de turbina. Mientras que se ha descrito principalmente como que está implementado por el procesador 302 e instrucciones, pueden incorporarse o utilizarse otras variaciones. Por ejemplo, puede utilizarse un microprocesador con las instrucciones. Pueden utilizarse múltiples procesadores y, por consiguiente, pueden dividirse tareas a un sistema de multiproceso.

Con referencia a la figura 4, puede mostrarse un sistema 400 de refrigeración ilustrativo del sistema ejemplificativo 100 provisto en la figura 1. El sistema 400 de refrigeración puede estar acoplado al controlador 300 y el depósito 500 de combustible. El sistema 400 de refrigeración puede estar acoplado al depósito 500 de combustible a través de un conducto 55 de combustible líquido, un conducto 53 de mezcla de merma refrigerada y un conducto 71 de evacuación de mezcla de merma. El sistema 400 de refrigeración puede funcionar cuando se le ordena mediante instrucción 38 del controlador 300. El sistema 400 de refrigeración puede parar cuando se le ordena mediante el controlador 300 a través de la instrucción 36. Puede proporcionarse una señal a la instrucción 35 de válvula de dos vías de turbina del controlador 300 y más específicamente a la válvula 416 de dos vías de turbina.

El sistema 400 de refrigeración puede incluir, pero no está limitado a, un aire compresor 402, motor eléctrico con controladores 404, intercambiador 406 de calor aire-aire, turbina 408, caja 410 de cambios que dirige un ventilador 412 de refrigeración y un ventilador 414 de mezcla de merma que está conectado al conducto 71 de evacuación de mezcla de merma, válvula 416 de dos vías de turbina y sensor 418 de temperatura de descarga de turbina que proporcionan instrucción 51 al controlador 300. Otros componentes del sistema 400 pueden incluir un intercambiador 420 de calor de mezcla/aire de merma y separador 422 de vapor de combustible. El separador 422 de vapor de combustible puede estar acoplado al conducto 55 de combustible líquido y conducto 53 de mezcla refrigerada.

El sistema 400 de refrigeración puede recibir aire 57 que se está refrigerando. Evacuación 82 de aire que se está refrigerando puede expulsarse por el ventilador 412. En una realización, el sistema 400 puede recibir aire 80 ambiente. Evacuación 84 de aire que se está refrigerando puede expulsarse también por el intercambiador 420 de calor de mezcla/aire de merma. Las características del sistema 400 de refrigeración serán evidentes a partir de la exposición proporcionada a continuación.

En funcionamiento, el motor 404 eléctrico puede comenzar el procedimiento de refrigeración. El motor 404 puede venir en una variedad de perfiles y formas y continuar con potencia eléctrica. El motor 404 puede alimentar el compresor 402. El aire 80 ambiente puede salir o aspirarse por el compresor 402 y comprimirse a alta presión y

temperatura. El compresor 402 puede enviar este aire a alta presión y temperatura al intercambiador 406 de calor aire-aire.

El intercambiador de calor 406 puede refrigerar el aire 80 ambiente a una temperatura más baja por transferencia de calor. Para hacer esto, el aire 57 que se está refrigerando puede expulsarse a través del intercambiador de calor 406 mediante el ventilador 412 de refrigeración. Aire alta presión y a temperatura moderada que está expulsándose del intercambiador 406 de calor aire-aire puede fluir a continuación a la turbina 408 y a la válvula 416 de dos vías de turbina. La válvula 416 de dos vías de turbina puede manipularse mediante instrucción 51 recibida del controlador 300. La turbina 408 puede extraer energía del aire que fluye a través de la misma e introducir la energía en la caja de cambios 410.

Aire que está fluyendo a través de la turbina 408 puede expandirse y disminuir en presión y temperatura. El sensor 418 de temperatura, localizado aguas abajo de la turbina 408 en el tubo 59 de descarga puede detectar la temperatura y enviar los datos de temperatura, $T_{TURBINE}$ 51 al controlador 300 donde se compara con la temperatura umbral de descarga de turbina T_c . T_c puede programarse en el procesador 302 e instrucciones.

El controlador 300 puede generar una instrucción 35 de válvula de dos vías de turbina, como se muestra en la figura 3, que modula la válvula 416 de dos vías de turbina para minimizar el error ($T_{TURBINE} - T_c$). Durante condiciones cuando la válvula 416 de dos vías de turbina no está cerrada, una porción del aire de temperatura moderada puede atravesar la turbina 408 para mezclarse con el aire de descarga de turbina frío para alcanzar su temperatura en el conducto 59.

Un ventilador 412 de refrigeración puede obtener potencia para su funcionamiento de la caja 410 de cambios. La caja 410 de cambios, como se muestra, puede estar acoplada a la turbina 408, que puede introducir potencia a la caja 410 de cambios. En esencia, la configuración anteriormente mencionada puede generar aire frío utilizado para refrigerar la mezcla de merma extraída por el ventilador 414 del depósito 500 de combustible mediante el conducto 71.

Con referencia a la figura 5, puede mostrarse un depósito 500 de combustible ilustrativo del sistema ejemplificativo 100 provisto en la figura 1. El sistema 400 de refrigeración puede estar conectado al depósito 500 de combustible. El conducto 71 de evacuación de mezcla de merma junto con el conducto 55 de combustible líquido y el conducto 53 de mezcla refrigerada puede acoplar los dos componentes juntos.

El depósito 500 de combustible puede incluir combustible líquido 88 y mezcla de merma 74. Normalmente, la mezcla de merma 74 puede consistir en vapores de combustible y aire. El depósito 500 de combustible puede ventilarse al aire 80 ambiente exterior mediante un respiradero 506. El depósito 500 de combustible ventilado puede encontrarse esencialmente a una presión ambiente exterior.

Conectado al depósito 500 de combustible puede encontrarse un sensor 502 de presión y un sensor 504 de temperatura. Pueden utilizarse datos de presión del sistema de datos de aire de aeronave en vez del sensor 502 de presión para un depósito 500 de combustible ventilado. En una realización, un algoritmo para determinar las presiones del depósito de combustible puede utilizar presiones ambiente en lugar del sensor 502 de presión del depósito 500 de combustible cuando el depósito 500 de combustible está presurizado. La señal 502 de presión del depósito de combustible puede utilizarse continuamente por el controlador 300 para generar instrucciones 34, 36 y 38 como se muestra en las figuras 3 y 4.

Pasando ahora a la figura 4, un ventilador 414 de mezcla de merma y ventilador 412 de refrigeración pueden obtener potencia de la caja de cambios 410 del sistema 400 de refrigeración. La turbina 408 del sistema 400 de refrigeración puede utilizar aire comprimido enviado por el compresor 402 conducido por el motor 404 para introducir potencia en la caja de cambios 410. Por tanto, puede proporcionarse introducción de potencia en la caja 410 de cambios cuando el motor 404 eléctrico está en funcionamiento. El ventilador 414 de mezcla de merma y el ventilador 412 de refrigeración pueden funcionar cuando se utiliza el motor 404 eléctrico. El motor 404 eléctrico puede funcionar hasta que se le ordene parar de funcionar por instrucción 36 generada por el controlador 300.

En una realización, el ventilador 414 de mezcla de merma puede extraer algo de la mezcla de merma 74 de la merma del depósito de combustible 500 mediante el conducto 71. El ventilador 414 puede suministrar mezcla de merma 74 al intercambiador 420 de calor de mezcla/aire de merma cuando la mezcla de merma 74 se refrigera por el aire frío suministrado por la turbina 408.

Continuando con las figuras 4 y 5, cuando se refrigera la mezcla 74 de merma, algunos de los vapores de combustible presentes en la mezcla de merma pueden condensarse produciendo gotículas de combustible líquido (vapor de combustible). Las gotículas de combustible líquido pueden eliminarse de la mezcla refrigerada de merma 74 que se expulsa del intercambiador 420 de calor mediante un separador 422 de vapor de combustible. En una realización, el conducto 55 devuelve combustible 88 líquido condensado al depósito de combustible y el conducto 53 devuelve mezcla de merma refrigerada a la merma 72 del depósito de combustible. El combustible 88 en el depósito 500 de combustible puede reducirse a medida que se consume el combustible y la merma 74 puede aumentar en

volumen. El volumen total de la mezcla 74 de merma y combustible 88 líquido es el volumen del depósito 500 de combustible. Esta mezcla 74 de merma que se está refrigerando puede continuar en el intercambiador 420 de calor hasta que el sistema 400 de refrigeración para de funcionar bajo mandato 36 del controlador 300.

El aire que se está refrigerando de los intercambiadores 460, 420 de calor puede descargarse utilizando apropiados, no mostrados. La figura 4 muestra una caja 410 de cambios para controlar el ventilador 412 de refrigeración y el ventilador 414 de mezcla de merma. Pueden utilizarse otros métodos para controlar los dos ventiladores, por ejemplo, ambos ventiladores en un eje común que tiene la turbina 408 montado en la misma utilizando una máquina de tres ruedas. En otra realización, la turbina 408 puede controlar el ventilador 412 de refrigeración sin la caja 410 de cambios y un motor eléctrico (no mostrado) puede controlar el ventilador 414. El motor eléctrico (no mostrado) puede funcionar cuando el sistema de refrigeración funciona.

Como es evidente de la divulgación proporcionada anteriormente, el sistema 400 de refrigeración puede reducir la temperatura de la mezcla 74 de merma en el depósito 500 de combustible. Reduciendo la temperatura, la relación combustible-aire y, por tanto, su inflamabilidad puede también disminuirse. Esto puede hacer inerte la mezcla de merma 74 reduciendo la relación combustible-aire de la mezcla de merma por debajo del umbral de combustión.

Pueden realizarse muchos cambios o mejoras en el sistema 400 descrito anteriormente. Por ejemplo, pueden añadirse tiras para conexión a masa para reducir el potencial de fuego debido a la electricidad estática. Pueden instalarse parallas para impedir la propagación de llama en el caso de un fuego. Puede añadirse equipo integral de pruebas para detectar fallo de componentes. La incorporación de cambios o mejoras de este tipo puede realizarse sin apartarse de la divulgación.

Pasando a la figura 6, puede mostrarse una gráfica 600 que muestra el funcionamiento del sistema 400 de refrigeración ilustrativo de la figura 4. Pueden proporcionarse temperaturas a lo largo del Y mientras que puede detallarse entropía a lo largo del eje X. El punto A puede representar una condición 80 de aire ambiente. La línea AB puede detallar la succión de aire por el compresor 402. La línea BC puede mostrar la compresión de aire por el compresor 402. La temperatura puede aumentar significativamente durante el procedimiento de compresión, como se muestra.

La línea CD puede representar refrigeración de aire en el intercambiador 406 de calor. La temperatura desciende durante este procedimiento. La línea DE puede mostrar la expansión de aire dentro de la turbina 408, mientras que la línea EF puede representar desviación de aire desde la válvula 416 de dos vías mezclándose con evacuación de turbina. El punto F puede mostrar aire frío acondicionado a una baja temperatura suministrado al intercambiador 420 de calor de la mezcla de merma.

Con relación a la figura 7, puede mostrarse el sistema 100 ejemplificativo provisto en la figura 1 que representa el funcionamiento estimado. El funcionamiento muestra el potencial de refrigerar la mezcla 74 de merma. El análisis puede proporcionarse para condiciones a nivel del mar en un día caluroso. Se indican hipótesis y características de componentes.

El sistema 100 puede utilizar un motor 404 eléctrico controlado por el compresor 402 que tiene una relación de presión de 1,9. El motor 404 eléctrico puede ser de aproximadamente 4 kW (5,4 HP). El sistema 100 puede extraer aproximadamente 1,7 metros cúbicos por minuto (60 cfm) o aproximadamente 2,0 kg por minuto (4,5 lbm) de mezcla 74 de merma saturada con vapor de combustible (relación combustible-aire de 0,03 que es potencialmente inflamable). El sistema 100 puede refrigerar la mezcla 74 de merma extraída a 16°C (60°F). En este procedimiento, el sistema 100 puede eliminar aproximadamente 0,04 kg por minuto (0,08 lb/min) de combustible 88 de la mezcla 74 de merma extraída y reducir la relación combustible-aire de la mezcla a 0,0102 haciendo, por tanto, inerte la mezcla 74. El sistema 100 puede utilizar componentes del estado de la técnica. La figura 7 puede mostrar las condiciones físicas de la mezcla 74 de aire y merma en ubicaciones seleccionadas.

En una realización, el sistema 100 puede ser capaz de reducir la relación combustible-aire de mezcla de merma 74 de un 0,03 inicial a 0,01 en aproximadamente 12 minutos en un depósito 500 de combustible térmicamente asilado con un volumen de aproximadamente 20 m³ (600 pies cúbicos). Generalmente, el sistema 100 puede necesitar más tiempo cuando el depósito 500 de combustible está expuesto a fuentes de calor. El tiempo puede acortarse reduciendo la temperatura de descarga de turbina aumentando la prelación de presión del compresor y/o aumentando el flujo de aire del compresor. El sistema 100 puede proporcionar flexibilidad de diseño.

Según un aspecto de la presente invención se proporciona un sistema de inertización de combustible que comprende un intercambiador de calor, al menos un procesador, y una memoria conectada operativamente al procesador, almacenando la memoria instrucciones de programa que cuando se ejecutan por el procesador, provoca que el procesador determine una relación combustible-aire dentro de un depósito, refrigere merma dentro del depósito a través del intercambiador de calor cuando la relación combustible-aire se encuentra por encima de un umbral predeterminado. Ventajosamente el umbral predeterminado se encuentra por debajo de un punto en el que la merma se considera inflamable.

Ventajosamente el sistema de inertización comprende además un controlador para generar señales para determinar la relación combustible-aire y refrigerar la merma.

5 Ventajosamente el sistema de inertización comprende además un separador de vapor de combustible para eliminar gotículas de combustible de la merma refrigerada.

10 Mientras que se han descrito realizaciones de la divulgación en términos de varias realizaciones específicas, los expertos en la técnica reconocerán que las realizaciones de la divulgación pueden practicarse con modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para reducir la inflamabilidad que comprende:
un depósito (500);
un intercambiador (420) de calor que refrigera una mezcla de merma de un depósito (500), condensa vapores dentro de la merma, y devuelve la merma y vapores refrigerados al depósito (500);
caracterizado porque:
una turbina (101) para recibir alta presión y aire de temperatura moderada que aspira del intercambiador (420) de calor, en el que la turbina extrae energía del aire e introduce la energía en una caja (410) de cambios; y
un ventilador (412) de refrigeración que obtiene potencia a través de la caja (410) de cambios a la que la turbina proporciona potencia, controlando la caja (410) de cambios el ventilador (412) de refrigeración y un ventilador de mezcla de merma.
2. Sistema para reducir la inflamabilidad según la reivindicación 1, que comprende además un conmutador (202) para gestionar operaciones del sistema.
3. Sistema para reducir la inflamabilidad de las reivindicaciones 1 y 2, que comprende además un controlador (300) para activar y desactivar el sistema.
4. Sistema para reducir la inflamabilidad en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además un sensor (500) de presión del depósito y sensor de temperatura de la merma.
5. Sistema para reducir la inflamabilidad en cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además un compresor (402) que proporciona aire comprimido al intercambiador de calor.
6. Sistema para reducir la inflamabilidad según la reivindicación 5, que comprende además un motor (404) acoplado al compresor (402) para alimentar el compresor (402).
7. Sistema para reducir la inflamabilidad en cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además un ventilador (412) de refrigeración para extraer aire frío a través del intercambiador (420) de calor.
8. Sistema para reducir la inflamabilidad según la reivindicación 1, que comprende además una válvula de dos vías de turbina la cual, cuando está abierta, una parte de aire de temperatura moderada recorre la turbina para mezclarse con aire de descarga de turbina frío.
9. Método para reducir la inflamabilidad del depósito que comprende:
extraer mezcla de merma de un depósito (500);
refrigerar la mezcla de merma para condensar vapores dentro de la merma por un intercambiador de calor; y
devolver la merma y vapores refrigerados al depósito (500) por el intercambiador de calor;
caracterizado porque el método comprende, además:
recibir en una turbina (101) alta presión y aire de temperatura moderada que aspira del intercambiador (420) de calor, extrayendo la turbina energía del aire e introduciendo la energía en una caja (410) de cambios; y
controlar, utilizando la caja de cambios, un ventilador (412) de refrigeración y un ventilador de mezcla de merma.
10. Método para reducir la inflamabilidad del depósito (500) según la reivindicación 9, que comprende además parar la extracción de la merma del depósito (500) cuando una temperatura de la merma es menor que un umbral.
11. Método para reducir la inflamabilidad del depósito según la reivindicación 10, que comprende además reiniciar la extracción de la merma del depósito (500) cuando la temperatura sobrepasa el umbral.
12. Método para reducir la inflamabilidad del depósito (500) en cualquiera de las reivindicaciones 9-11, que comprende además monitorizar la inflamabilidad de la merma correlacionando una temperatura de la merma dentro del depósito (500) y una relación combustible-aire.
13. Método para reducir la inflamabilidad del depósito en cualquiera de las reivindicaciones 9-12, que comprende además refrigerar la merma hasta que una relación combustible-aire desciende por debajo de un umbral de combustión dentro del depósito (500).

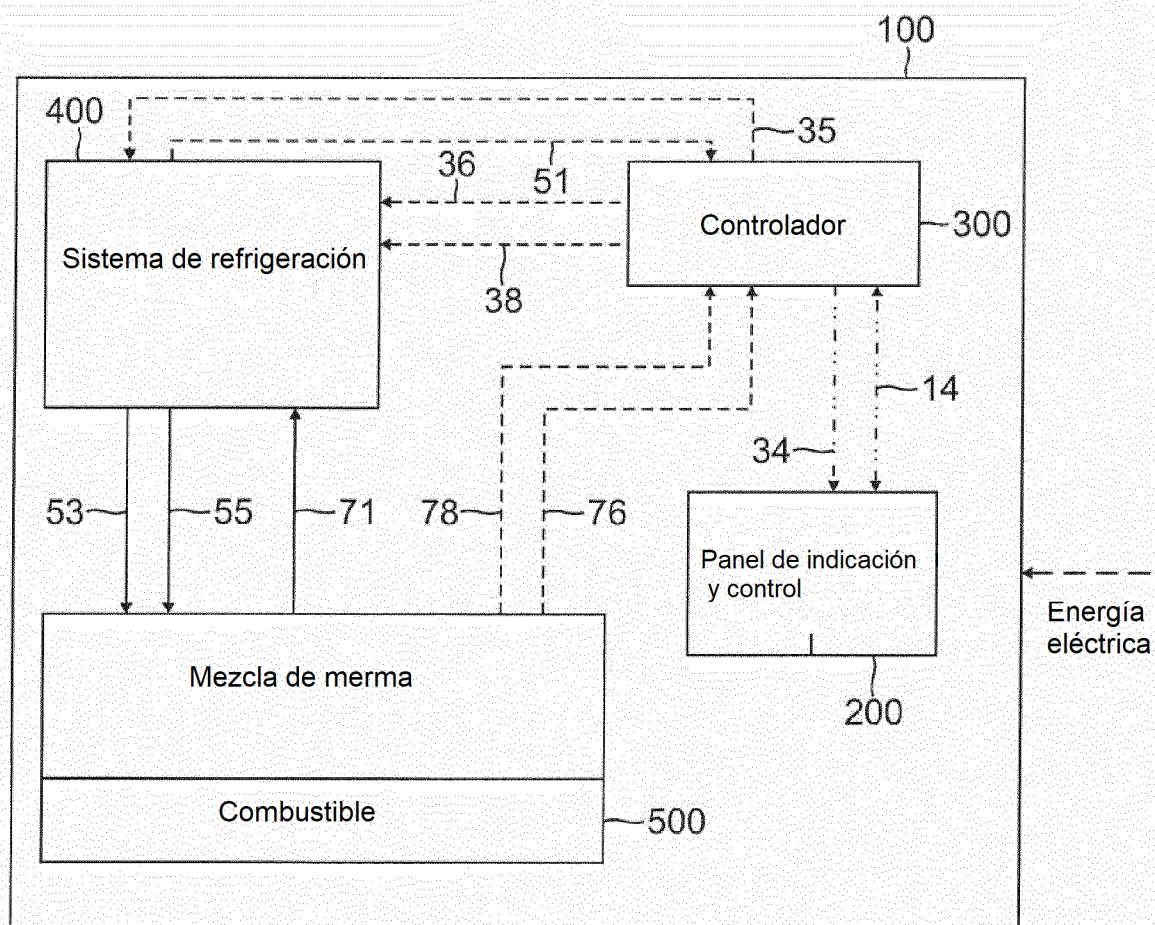


FIG. 1

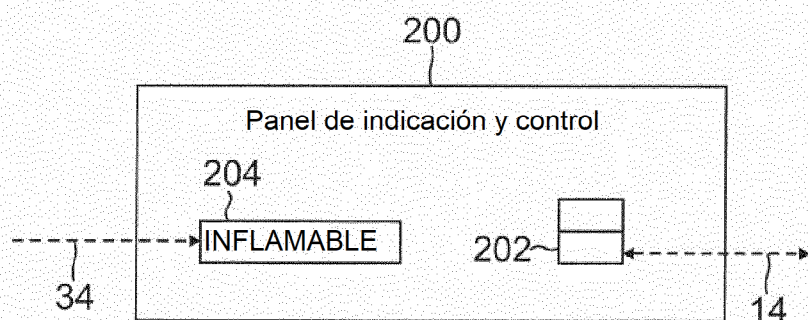


FIG. 2

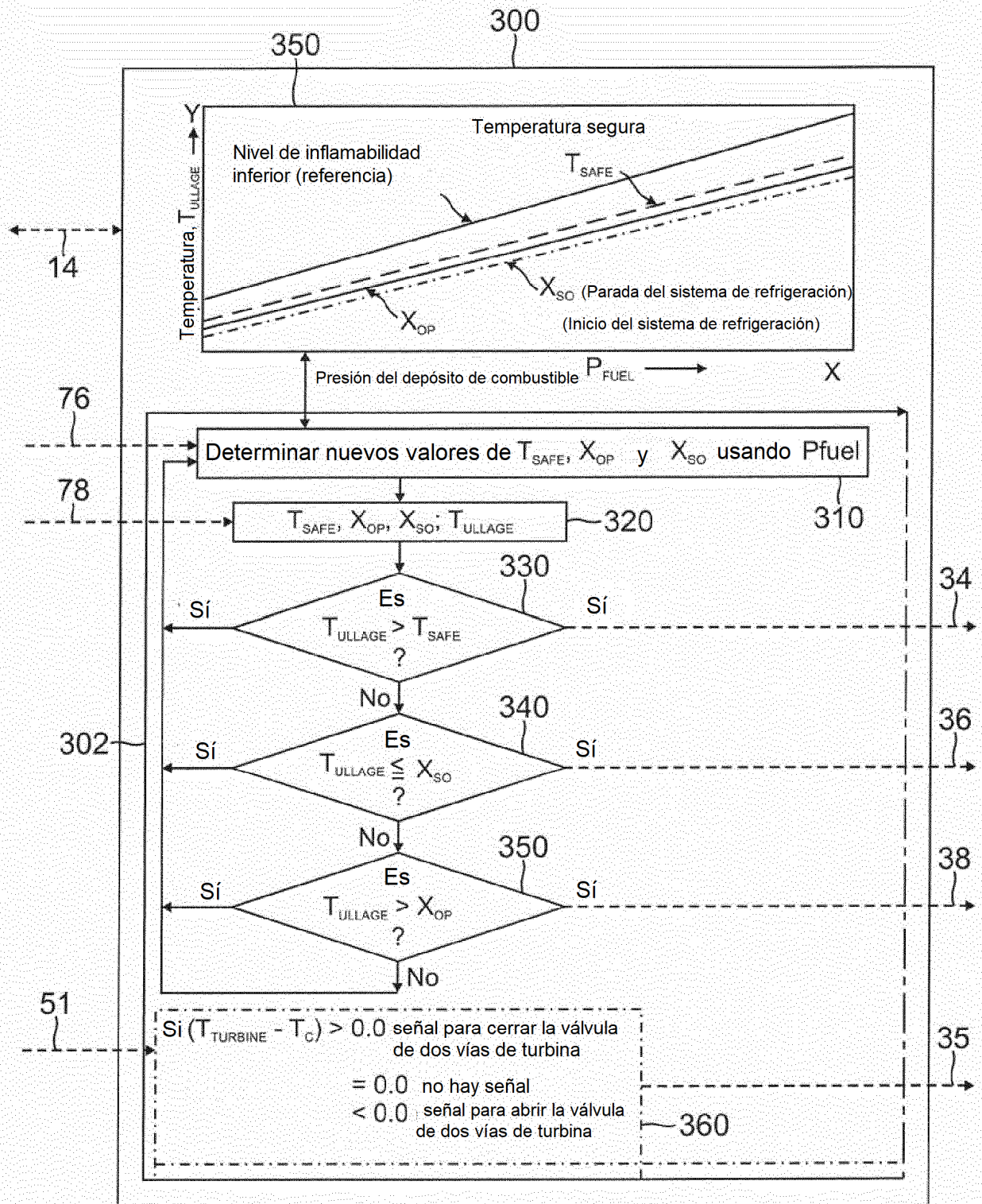


FIG. 3

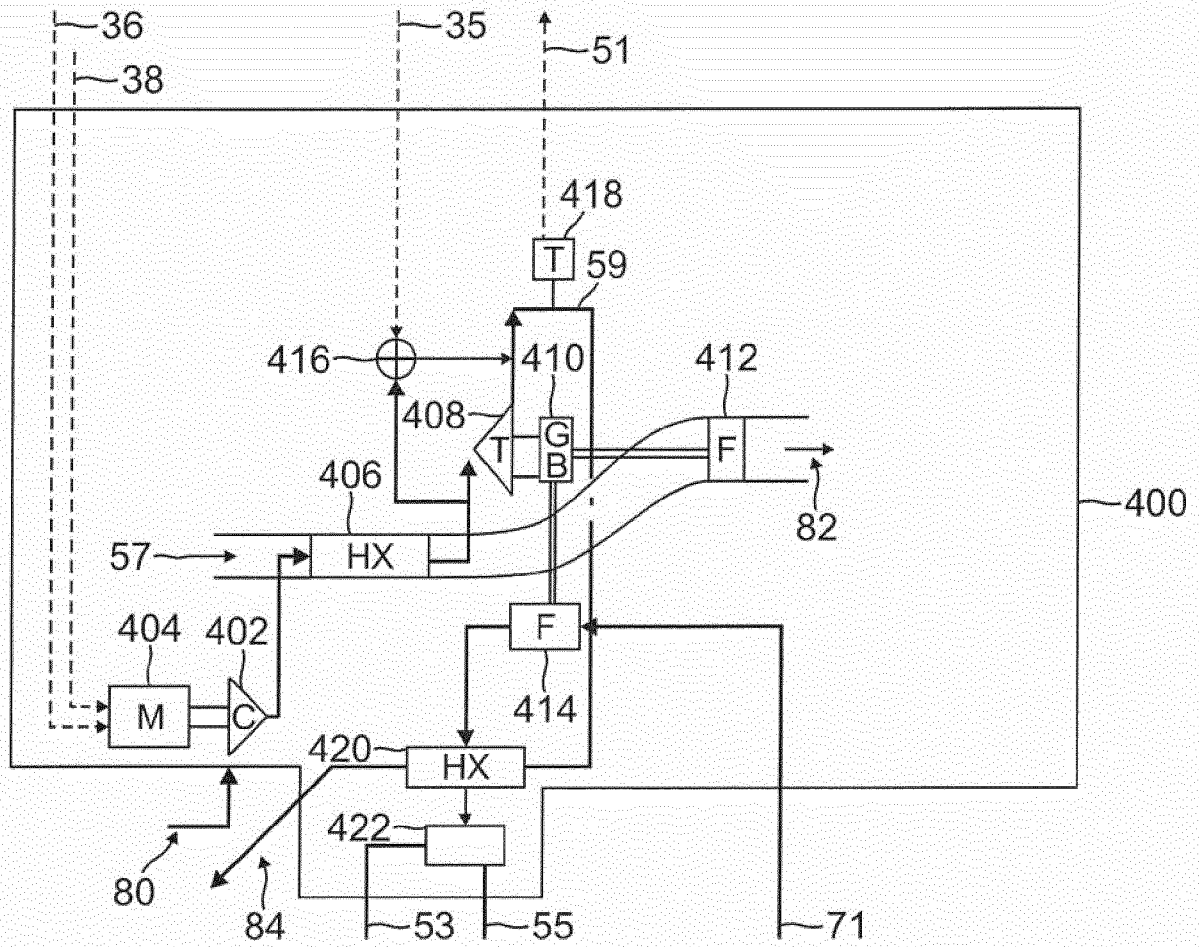


FIG. 4

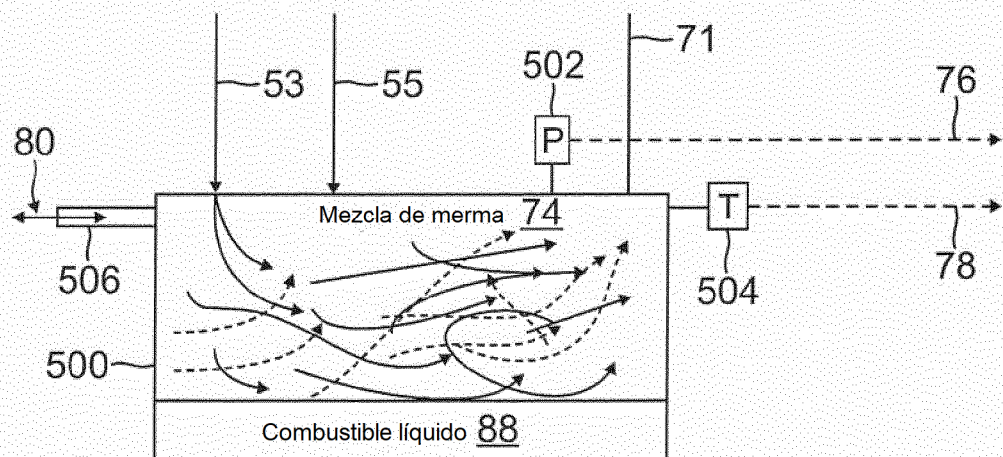


FIG. 5

