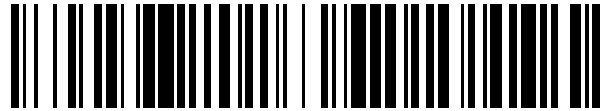


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 739**

51 Int. Cl.:

**B64D 37/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2010 E 10720451 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2576347**

54 Título: **Equipo de reabastecimiento y método para reabastecer un sistema de combustible de aeronave**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.07.2016**

73 Titular/es:

**ZODIAC AEROTECHNICS (100.0%)**  
**61, Rue Pierre Curie**  
**78373 Plaisir Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**TRAVERS, NICOLAS y**  
**VEYRAT-MASSON, ANTOINE**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

**ES 2 576 739 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**

Equipo de reabastecimiento y método para reabastecer un sistema de combustible de aeronave

**5 Sector de la técnica**

La presente invención se refiere, en general, al reabastecimiento de combustible de aeronaves. Se refiere, más en particular, a un equipo de reabastecimiento a bordo de una aeronave, en particular, aunque no necesariamente de forma exclusiva, una aeronave que tenga un equipo de reabastecimiento de combustible a bordo que comprenda 10 válvulas de combustible. La invención también se refiere a un método para reabastecer un avión.

**Estado de la técnica**

Los sistemas de reabastecimiento convencionales a bordo de aeronaves comprenden limitadores de flujo de 15 combustible cuyo tamaño está de acuerdo con una presión máxima de combustible de aproximadamente 3,79 bar. Esto puede corresponder a una velocidad máxima de 7 m/s para la tubería de reabastecimiento de combustible de la aeronave. Dado que la presión de alimentación real normalmente es significativamente menor que este máximo, los tiempos de reabastecimiento de combustible se extienden dado que los limitadores de flujo de combustible restringen innecesariamente las velocidades de flujo.

El documento US2008/0173762 A1 da a conocer un sistema de reabastecimiento de aeronave que permite 20 aumentar las velocidades de abastecimiento de combustible, en el que los limitadores de flujo de combustible están montados en la tubería de reabastecimiento de combustible de la aeronave, y limitan la velocidad de flujo de combustible de la tubería de reabastecimiento de combustible hacia los depósitos de combustible. También se proporcionan válvulas de combustible para permitir desconectar cada depósito de la tubería de reabastecimiento de combustible. Un regulador de presión de combustible a bordo de la aeronave lleva a cabo una regulación general, a fin de definir la presión máxima en la tubería de reabastecimiento de combustible.

El documento Estados Unidos 2009/0032645 da a conocer un equipo de reabastecimiento de aeronave de acuerdo 30 con el preámbulo de la reivindicación 1.

Un regulador de presión de combustible a bordo de la aeronave lleva a cabo una regulación general, a fin de definir la presión máxima en la tubería de reabastecimiento de combustible.

35 Sin embargo, un sistema de reabastecimiento con tal tipo de regulación general no está adaptado cuando existe la necesidad de reabastecer más de un depósito de combustible específico. Así, el circuito de combustible a bordo de una aeronave no siempre puede optimizarse de acuerdo a las necesidades concretas.

40 Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar la forma de reabastecer los respectivos depósitos de combustible de un avión.

**Objeto de la invención**

45 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un equipo de reabastecimiento de aeronave para una aeronave, comprendiendo el equipo todas las características definidas en la reivindicación 1.

En consecuencia, cada una de las primeras válvulas define una válvula de control de flujo. Con tal disposición, se puede obtener una optimización de los tiempos de reabastecimiento de combustible de los depósitos de combustible. Con una regulación de la posición abierta (con una relación de apertura determinada) de las primeras 50 válvulas, se permite ventajosamente controlar a tiempo real la distribución de los caudales. Tal control dinámico puede prevenir la perturbación que puede producirse al final de la carga de combustible. En particular, se puede efectuar de manera eficiente el reabastecimiento de combustible de los depósitos de las alas de los aviones comerciales, con un reparto equilibrado del combustible.

55 Por otra parte, la regulación de las respectivas aperturas permite minimizar la influencia de las fluctuaciones de temperatura eventuales (que modifican la densidad del combustible).

De acuerdo con una característica específica, el equipo de reabastecimiento de combustible comprende además al 60 menos un dispositivo de calibración asociado con al menos uno de dichos depósitos de combustible, y preferiblemente con cada uno de los depósitos de combustible, para medir un nivel de combustible y para proporcionar al menos una señal indicativa del nivel medido de combustible para el correspondiente depósito de combustible, en el que la unidad electrónica de control está adaptada para regular dicha apertura, usando datos de parámetro de flujo de primeras válvulas y datos de nivel de combustible. En consecuencia, se logra una optimización de la velocidad de reabastecimiento de combustible para uno o más de los depósitos de combustible, y, 65 preferiblemente, para cada uno de los depósitos de combustible, teniendo en cuenta las respectivas cantidades iniciales de combustible.

Un objeto de la presente invención también es proporcionar un método adaptado para reabastecer un sistema de depósitos de combustible.

5 En consecuencia, de acuerdo con la invención se propone además un método de reabastecimiento de combustible para un sistema de depósitos de combustible, que comprende una línea de suministro de combustible, una tubería, depósitos de combustible y unas primeras válvulas adaptadas para permitir desconectar cada depósito de combustible de la línea de suministro de combustible, comprendiendo el método las etapas de método de la reivindicación 13.

10 Opcionalmente, el método comprende:

- para al menos uno de los depósitos de combustible a reabastecer, procesar la señal indicativa del nivel de combustible en el depósito de combustible y la señal indicativa de la presión dentro de la tubería, mediante dicha unidad electrónica de control, y producir al menos un parámetro de reabastecimiento de combustible que permita determinar, para dicho depósito de combustible, el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento de combustible; y
- controlar dichos actuadores mediante la unidad electrónica de control, a fin de aumentar una relación de distribución en uno de los depósitos de combustible que requiera la mayor duración de reabastecimiento de combustible, en respuesta a al menos una señal de control desde la unidad electrónica de control.

25 De acuerdo con una característica específica, el método comprende además desconectar gradualmente un depósito de combustible desde la línea de suministro de combustible, con el fin de anticipar el final del reabastecimiento de combustible para desconectar el depósito de combustible, en respuesta a al menos una señal de control de interrupción de la unidad electrónica de control, generándose la señal de control de interrupción después de comparar el parámetro de reabastecimiento de combustible y un umbral.

30 De acuerdo con otra característica, se ajusta una de las primeras válvulas, que está asociada con el depósito de combustible que requiere la mayor cantidad de combustible, con una apertura inicial que puede aumentarse, y en la que el control electrónico genera una señal de control adaptada para aumentar dicha apertura inicial, tan pronto como se haya determinado la existencia de al menos una de las siguientes condiciones para otro de los depósitos de combustible:

- el tiempo restante para completar la carga de combustible es menor que un periodo predeterminado que preferiblemente no sea, de manera no limitativa, superior a 60 segundos;
- la cantidad restante de combustible a inyectar en el depósito de combustible es menor que un valor predeterminado que preferiblemente no sea, de manera no limitativa, superior a 1 tonelada.

40 Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica durante la siguiente descripción, presentada a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos.

**Descripción de las figuras**

45 La Fig. 1 muestra un sistema de reabastecimiento de aeronave convencional;  
 la Fig. 2 muestra esquemáticamente un equipo de reabastecimiento de aeronave, de acuerdo con una primera realización de la presente invención;  
 la Fig. 3 muestra esquemáticamente un equipo de reabastecimiento de aeronave, de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;  
 la Fig. 4 muestra una disposición de válvulas, de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;  
 50 la Fig. 5 muestra esquemáticamente una parte de interfaz de reabastecimiento, que representa cantidades deseadas y reales de combustible;  
 las Figs. 6A y 6B muestran unas respectivas vistas de una válvula de bola, adaptada para su uso como una válvula de control de flujo del equipo de reabastecimiento de aeronave de acuerdo con la primera realización de la invención;  
 55 la Fig. 7 es un diagrama que ilustra un método que comprende varios pasos implementados en la invención para controlar la carga de combustible.

**Descripción detallada de la invención**

60 En las diversas figuras, se utilizan las mismas referencias para designar elementos idénticos o similares.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema 10 de reabastecimiento de aviones, usado convencionalmente para reabastecer combustible en aviones comerciales, tales como el A320. Este sistema 10 de reabastecimiento de aeronave está provisto de válvulas 11 de solenoide conectadas en Y con un acoplamiento 12 de reabastecimiento que define una entrada 12a de suministro de combustible para la línea 13 de suministro de combustible. En este ejemplo, el depósito central 14 tiene una capacidad de 8250 litros y cada de los depósitos 15, 16 de ala tiene una

capacidad de 6925 litros (interior del depósito de combustible). También pueden proporcionarse depósitos de combustible opcionales, por ejemplo al menos un depósito central adicional ACT (no mostrado).

5 Como se muestra en las Figs. 2-4, las realizaciones de la invención proporcionan un equipo 20 para reabastecer dinámicamente un sistema 21 de depósitos de aeronave, con el fin de minimizar los tiempos de reabastecimiento de combustible. Dicho equipo 20 puede utilizarse adecuadamente para un avión que tenga una pluralidad de depósitos de combustible, por ejemplo tres depósitos de combustible 14, 15, 16 como en el ejemplo de la Fig. 1.

10 En la primera realización ilustrada en la Fig. 2, el equipo 20 comprende una línea 13 de suministro de combustible, tres líneas de suministro de depósito y tres depósitos de combustible 14, 15, 16. La tubería de reabastecimiento de combustible, en lo sucesivo denominada tubería 22, tiene unas respectivas tuberías conectadas a cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16. Una conexión en Y está formada a través de una unión J de la tubería 22. Una válvula, por ejemplo una válvula 23 de solenoide, está dispuesta en este punto entre la entrada 13 de suministro de combustible y la unión J, a fin de funcionar a modo de válvula principal con respecto a una pluralidad de válvulas controlables 24, 25, 26. En esta primera realización, la válvula 24 está conectada al depósito 14 de combustible, la válvula 25 está conectada al depósito 15 de combustible, y la válvula 26 está conectada al depósito 16 de combustible. En consecuencia, cada una de estas válvulas 24, 25, 26 permite desconectar cada depósito de combustible de la línea de suministro 13 de combustible, de tal manera que puede dirigirse el combustible según sea necesario. Por supuesto, puede utilizarse cualquier número alternativo de depósitos de combustible, y la válvula 23 de solenoide, que está conectada directamente a la línea 13 de suministro de combustible, podrá reemplazarse por cualquier válvula actuable adecuada. Además, tal válvula maestra puede estar provista de un botón de empuje o elemento de accionamiento manual similar, con el fin de permitir un operador abrir la válvula principal.

25 Aún con referencia a la Fig. 2, se proporcionan uno o más captores 30 para transmitir un parámetro físico indicativo de las condiciones de flujo dentro de la tubería 22. En este caso, el captor 30 es un sensor de presión situado entre la unión J y la válvula 23 de solenoide, o cualquier válvula maestra similar conectada directamente a la línea 13 de suministro de combustible. En la realización mostrada en la Fig. 2, el sensor de presión o captor 30 similar está en conectado con una unidad electrónica de control ECU. Este captor 30 permite llevar a cabo, en combinación con los respectivos conjuntos de válvula y actuador también conectados a la unidad electrónica de control ECU, una regulación de los respectivos caudales de reabastecimiento de combustible. También podrá reemplazarse el captor 30 por uno o más medidores de flujo, dispuestos adecuadamente en la tubería 22, y proporcionando cada uno de los mismos unas señales indicativas de un caudal.

30 En el ejemplo no limitativo ilustrado en la Fig. 2, un módulo de recepción M de la unidad electrónica de control recupera datos sobre la presión detectados, por el captor 30 dentro de la tubería 22, y datos sobre la apertura de las primeras válvulas 24, 25, 26. Este módulo M está configurado para calcular los respectivos parámetros de flujo de las primeras válvulas, utilizando los datos de presión y los datos de posición.

40 Cada una de las válvulas 24, 25, 26 puede estar provista de actuadores y posicionadores para definir una válvula de control de flujo que regule el flujo de combustible. Con referencia a las Figs. 6A y 6B, que ilustran esquemáticamente un ejemplo no limitativo para la arquitectura de la válvula de control de flujo, el cuerpo B de la válvula puede ser una bola girada por un posicionador convencional (no mostrado), accionado por un servomotor 31 o servo-unidad similar. En este caso, un sensor de posición 32 proporciona una señal indicativa de la posición del cuerpo B de la válvula. Cuando el elemento motor del servomotor 31 es del tipo giratorio, el sensor de posición 32 puede detectar la posición angular del cuerpo B de la válvula o de otro elemento conectado al cuerpo B de la válvula. La apertura de las válvulas 24, 25, 26 se puede ajustar selectivamente a una posición abierta, definida entre la posición totalmente abierta mostrada en la Fig. 6A y la posición cerrada mostrada en la Fig. 6B. Como resultado, puede ajustarse el caudal entre los dos puertos de la válvula de bola. El actuador permite ajustar a tiempo real la apertura de la correspondiente primera válvula. La posición angular de la unidad de rotación D puede definir con precisión la relación de apertura del cuerpo B de la válvula. El actuador de válvula puede ser del tipo descrito en la solicitud relacionada PCT/EP2010/057656.

55 Aunque en este caso se representa una válvula de bola de paso recto, que tiene una respuesta rápida y una larga vida útil, se entiende que las primeras válvulas 24, 25, 26 no son necesariamente válvulas de bola o válvulas de un cuarto de vuelta similares. Más en general, cada una de las válvulas 24, 25, 26 comprende un cuerpo de válvula con una pluralidad de posiciones ajustables entre la posición completamente abierta y la posición cerrada, a fin de permitir la regulación del caudal o de la presión del combustible, o líquido similar a almacenar en los respectivos depósitos de combustible 14, 15, 16.

60 Los posicionadores (normalmente denominados posicionadores inteligentes), o elementos de accionamiento similares de las válvulas 24, 25, 26, se controlan como una función de las señales generadas por el captor 30. El control de la posición de los respectivos cuerpos de válvula también puede tener en cuenta los datos de parámetro de flujo y los datos de nivel de combustible. En este caso, los datos de nivel de combustible pueden obtenerse mediante la medición de un nivel de combustible, para cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 a reabastecer. Un dispositivo calibrador, y preferiblemente una pluralidad de dispositivos calibradores 34, 35, 36, puede estar asociado con cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 para proporcionar a la unidad

electrónica de control ECU una señal indicativa del nivel de combustible medido. Durante la operación de reabastecimiento de combustible, la unidad electrónica de control procesa las señales del captor 30 y de los dispositivos calibradores 34, 35, 36 para regular dinámicamente la apertura de las respectivas primeras válvulas 24, 25, 26. Las señales del captor 30, o de cualesquiera captos similares, se transforman así en datos de parámetro de flujo de primeras válvulas, mientras que las señales de los dispositivos de calibración 34, 35, 36 se convierten en datos de nivel de combustible. Estos datos o datos similares recuperados por la unidad de control electrónica ECU, se utilizan para determinar las necesidades individuales en los respectivos depósitos 24, 25, 26 de combustible.

Con referencia a la Fig. 5, los datos de la cantidad deseada de combustible para cada uno de los depósitos de combustible se pueden mostrar mediante un panel 28 de reabastecimiento de combustible específico y/o mediante una pantalla de navegación. Estos datos se introducen de manera conocida cuando el operador selecciona un modo de reabastecimiento. El selector 29 permite seleccionar tal modo, lo que permite reprogramar la operación de reabastecimiento. La correspondiente interfaz, que puede ser una interfaz convencional, comprende unas primeras áreas de visualización 28a para indicar la cantidad programada de combustible en los respectivos depósitos de combustible 14, 15, 16, y unas segundas áreas de visualización 28b para indicar la cantidad medida de combustible en los respectivos depósitos de combustible 14, 15, 16. La unidad electrónica de control ECU está conectada a este tipo de panel 28 de reabastecimiento de combustible, y ventajosamente puede tener en cuenta los datos de entrada indicativos de la cantidad deseada de combustible para cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16.

En una realización ejemplar no limitativa, la unidad electrónica de control ECU mostrada en la Fig. 2 permite procesar la señal de dicho captor, la señal de los dispositivos de calibración, y datos de entrada adicionales, tales como los datos indicativos de las cantidades deseadas de combustible a procesar, con el fin de estimar el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento de combustible del correspondiente depósito de combustible. La unidad electrónica de control ECU puede comprender un algoritmo que use la información resultante del procesamiento de dichas señales y de los datos de entrada, para producir parámetros de reabastecimiento de combustible. Por ejemplo, cada uno de los parámetros de reabastecimiento de combustible es indicativo de las necesidades de reabastecimiento de combustible de uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16. Dado que con tales parámetros de reabastecimiento se puede calcular el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento de los correspondientes depósitos de combustible 14, 15, 16, el algoritmo puede adaptarse además para determinar un reparto optimizado de los caudales.

Con referencia a la Fig. 2, la unidad electrónica de control ECU comprende en este caso un módulo de control 33 adaptado para generar, en función de los parámetros de reabastecimiento de combustible, una pluralidad de señales de control, cada una adaptada para controlar el actuador de una de dichas primeras válvulas 24, 25, 26. Estas señales de control se producen de acuerdo con el reparto optimizado, determinado por el algoritmo. Por supuesto una optimización de este tipo depende de la configuración específica de la aeronave. El módulo de control 33 puede estar adaptado para generar al menos una señal de control de interrupción, si la comparación de un parámetro de reabastecimiento con un umbral es indicativa de un inminente fin de la carga de combustible en uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16. En respuesta a la señal de control de interrupción, el actuador acciona la primera válvula asociada para desconectar gradualmente el respectivo depósito de combustible de la línea 13 de suministro de combustible.

En un caso habitual en el que el caudal total (en este caso, el caudal que pasa a través de la válvula 23 de solenoide) es constante, las velocidades de flujo de los depósitos de combustible 14, 15, 16 pueden ser similares al comienzo del reabastecimiento de combustible, y se ajusta individualmente a través de diferentes tasas de apertura en las primeras válvulas 24, 25, 26 cuando los dispositivos de calibración 14, 15, 16 indican que al menos un primero de los depósitos 24, 25, 26 de combustible se ha reabastecido a un nivel cercano al nivel deseado.

Por ejemplo, el reabastecimiento de combustible de los depósitos 15, 16 de ala se puede completar en una primera etapa. Tan pronto como el nivel de combustible de un depósito 15 de ala de los depósitos 15, 16 de ala está a un nivel predeterminado cerca del nivel deseado, puede disminuirse suavemente la apertura de la correspondiente primera válvula 25, con una menor tasa de apertura. En una realización no limitativa de ejemplo, el nivel predeterminado puede corresponder el nivel, para el que el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento de combustible es inferior a entre 30 y 60 segundos (basándose en el cálculo en la unidad electrónica de control ECU, con un caudal constante antes de disminuir la primera apertura de la válvula). También pueden utilizarse otros valores de umbral apropiados para iniciar la disminución de la primera apertura de la válvula, justo antes del final del reabastecimiento de combustible en el depósito 15 de ala.

Aunque la primera válvula 25 se cierra progresivamente con unos respectivos incrementos de la relación de apertura, al menos una de las otras válvulas 24, 26 se acciona a través del actuador asociado, a fin de reabastecer combustible con una velocidad superior al menos uno de los demás depósitos 14, 16 de combustible, en una segunda etapa. En otras palabras, la velocidad de flujo puede redistribuirse de forma automática, a fin de acelerar el reabastecimiento de combustible. Por ejemplo, se puede aumentar sólo la velocidad de flujo asociado al depósito central 14 cuando uno de los depósitos 15, 16 de ala tenga la cantidad deseada de combustible o no requiera tanto combustible como los demás depósitos de combustible. Opcionalmente, cada actuador de las primeras válvulas 24, 25, 26 permite efectuar una desconexión gradual dentro de un breve período de tiempo predeterminado,

preferiblemente no inferior a 10 segundos, por ejemplo 30 segundos.

Debe comprenderse que la apertura de las primeras válvulas 24, 25, 26 se puede controlar de diferentes maneras, con el fin de optimizar el tiempo de reabastecimiento de combustible y no se limita al anterior ejemplo indicado. Por ejemplo, en una primera etapa pueden reabastecerse con combustible sólo los depósitos 15, 16 de ala, y el inicio de reabastecimiento del depósito central 14 puede efectuarse en una segunda etapa. Más en general, puede utilizarse cualquier control inteligente automático para minimizar el tiempo de reabastecimiento de combustible.

Con referencia a la Fig. 2, la unidad electrónica de control ECU puede proporcionar señales de control de la válvula 23 de solenoide y de los actuadores de las primeras válvulas 24, 25, 26 a través de líneas de control convencionales, y puede comunicarse con un ordenador central o terminal similar a través de al menos un bus 38. Una pluralidad de opciones de abastecimiento de combustible puede estar disponible, y el operador puede seleccionar la opción deseada con la terminal al seleccionar las cantidades deseadas de combustible para los respectivos depósitos de combustible 14, 15, 16. También se proporciona una conexión 39 con una fuente de alimentación (no mostrada) para suministrar baja tensión a la unidad electrónica de control ECU. De manera opcional, se puede proporcionar una unidad electrónica de control adicional o cualquier controlador adecuado, para permitir el reabastecimiento de combustible incluso en caso de fallo o avería de la unidad electrónica de control ECU.

Con referencia a las Figs. 2 y 7, el método para reabastecer con combustible el sistema 21 de depósitos de aeronave provisto de una pluralidad de depósitos de combustible 14, 15, 16 puede iniciarse mediante la programación, en una etapa P1, de las cantidades deseadas de combustible. A continuación, la unidad central electrónico ECU inicia el reabastecimiento de combustible mediante el suministro, S1, de combustible a la tubería 22 con un caudal determinado. Este suministro se lleva a cabo mediante la activación de apertura, S10, de la válvula 23 de solenoide, o cualquier válvula maestra similar, y se acciona la pluralidad de primeras válvulas 24, 25, 26 para distribuir adecuadamente, S11, la velocidad de flujo determinada, entre los depósitos de combustibles 14, 15, 16. Opcionalmente, la unidad electrónica de control ECU lleva a cabo inicialmente un cálculo de los respectivos caudales asociados a los depósitos de combustible 14, 15, 16, usando datos indicativos de la cantidad inicial de combustible en cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 y datos indicativos de las cantidades deseadas de combustible. Unas señales de control iniciales de la unidad electrónica de control ECU permiten a los actuadores abrir proporcionalmente las respectivas primeras válvulas 24, 25, 26, de acuerdo con dicho cálculo.

A continuación, el módulo M de la unidad electrónica central ECU, en conexión con el captor 30 y los actuadores de las primeras válvulas 24, 25, 26, estima en S2 un primer parámetro de flujo de válvula para cada una de dichas primeras válvulas 24, 25, 26. Los dispositivos de calibración 34, 35, 36 pueden efectuar una etapa de medición, S3, al mismo tiempo que la estimación S3, o antes o después, con el fin de determinar los respectivos niveles de combustible.

Una vez que la unidad electrónica central ECU ha recogido datos de parámetro de flujo de primeras válvulas y datos de nivel de combustible, se pueden efectuar las siguientes etapas, y puede utilizarse el algoritmo. Se lleva a cabo entonces el procesamiento, S4, de dichos datos para estimar a tiempo real los caudales y las necesidades relativas de reabastecimiento (cantidades restantes de combustible). El algoritmo está adaptado para producir, S5, parámetros de reabastecimiento de combustible que permitan determinar para cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento de combustible. Alternativamente, puede calcularse cualquier parámetro indicativo de la adecuación de las respectivas velocidades de flujo y la necesidad asociada de reabastecimiento de combustible. Después de eso, el algoritmo puede comparar las necesidades relativas a fin de establecer una jerarquía de los depósitos de combustible 14, 15, 16. Si la comparación, C1, determina que debe modificarse una de las velocidades de flujo en una de las primeras válvulas 24, 25, 26, tiene que cambiarse la configuración de los actuadores. En otras palabras, puede obtenerse de manera concreta una regulación de la apertura, con la necesidad de cambiar la configuración de los actuadores determinada durante la comparación C1.

En consecuencia, tal como se ilustra en la Fig. 7, la unidad electrónica de control ECU envía una señal de control que es recibida, S6, por los actuadores de las primeras válvulas 24, 25, 26. A continuación, se efectúa el control activo de la regulación de flujo por cada depósito de combustible, en la etapa de control S7. Se ajusta la apertura de al menos una de las primeras válvulas 24, 25, 26, como una función de la variación de la necesidad de un mayor caudal. Gracias a este control, se aumenta una relación de distribución en aquel de los depósitos de combustible 14, 15, 16 que requiera el tiempo más largo de reabastecimiento de combustible.

La comparación S1 también se puede efectuar para iniciar una desconexión gradual de uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 con respecto a la línea 13 de suministro de combustible, con el fin de anticipar el final del reabastecimiento de combustible para el depósito de combustible a desconectar. Por ejemplo, se hace una comparación entre el parámetro de reabastecimiento de combustible y un umbral indicativo de que el depósito de combustible está cercano a su nivel deseado. De una manera no limitativa, los indicios o umbrales para iniciar un cierre progresivo pueden ser indicativos de un tiempo calculado restante hasta completar la carga de combustible, que sea inferior a un periodo predeterminado, o indicativo de una cantidad de combustible restante a inyectar en el

depósito de combustible que sea inferior a un valor predeterminado.

Al anticipar el final del reabastecimiento de combustible de los depósitos de combustible 14, 15, 16 se obtienen diversas ventajas:

- como el caudal es importante, se generan ondas en los depósitos 14, 15, 16, este fenómeno causa dificultades para calcular la cantidad real de combustible;
- la cantidad final también puede estar muy cercana a la cantidad deseada, mientras que con los sistemas de reabastecimiento convencionales ilustrados en la Fig. 1 no se puede predecir exactamente el caudal cuando se cierra la válvula 11 de solenoide.

El equipo 20 de reabastecimiento de combustible ilustrado en la Fig. 2 permite alcanzar el reabastecimiento de combustible de manera regular, y a través del control de apertura ejercido por la unidad electrónica de control ECU se puede reducir el tiempo de reabastecimiento de combustible, en función de las necesidades en los respectivos depósitos de combustible 24, 25, 26. Este equipo 20 de reabastecimiento de combustible puede implementarse a modo de "alma de reabastecimiento" en un avión o en cualquier configuración adecuada. Las primeras válvulas 24, 25, 26 pueden estar cerca de la válvula de solenoide para minimizar la longitud de los conductos conectados a la unión J. Además, el equipo 20 de reabastecimiento de combustible puede estar asociado con más de tres depósitos de combustible 15, 15, 16. Pueden reabastecerse con combustible dos ACT (no mostrados) usando conductos adicionales y primeras válvulas adicionales. También pueden utilizarse derivaciones o similares. Las primeras válvulas 24, 25, 26 también pueden estar asociadas con medios de derivación para obtener una arquitectura a prueba de fallos. También puede alimentarse uno o más de los depósitos de combustible 14, 15, 16 con combustible mediante una de dichas primeras válvulas 24, 25, 26 que esté provista de dos actuadores distintos. Cuando se produzca un fallo que impida desplazar un cuerpo B de válvula a una posición abierta, se pueden utilizar de forma automática tales medios de derivación o actuadores secundarios. Unos captosres específicos pueden proporcionar señales indicativas de un fallo de este tipo a la unidad electrónica de control ECU.

Se ilustra una segunda realización con referencia a la Fig. 3, que muestra un control de los caudales dirigidos a los respectivos depósitos de combustible 14, 15, 16, como en la Fig. 2, usando de unas primeras válvulas de control 24, 25, 26. En esta segunda realización, se proporcionan respectivamente unas segundas válvulas 44, 45, 46, en paralelo, para permitir el reabastecimiento de combustible de los depósitos de combustible 14, 15, 16 en caso de fallo de apertura de la primera válvula. Cada una de las segundas válvulas 44, 45, 46 puede estar provista de un actuador de dos posiciones convencional, mientras que las primeras válvulas 24, 25, 26 pueden considerarse válvulas inteligentes. Alternativamente, al menos una de las segundas válvulas 44, 45, 46 puede controlarse mediante un actuador específico que reciba señales de control desde la unidad central de control ECU.

Opcionalmente, la carga de combustible se puede efectuar con las segundas válvulas 44, 45, 46 configuradas en el estado abierto, en paralelo con las primeras válvulas 24, 25, 26, que también se utilizan activamente. En tal opción, se puede reducir ventajosamente el tamaño de las diferentes válvulas dado que el caudal para cada uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 se distribuye a través de dos válvulas 24,44; 25,45; 26,46.

Se ilustra una tercera realización con referencia a la Fig. 4, en la que la válvula principal puede retirarse opcionalmente y unas válvulas selectoras 54, 55, 56, que tienen dos o tres posiciones, están conectadas entre las primeras válvulas 24, 25, 26 y los respectivos depósitos de combustible 14, 15, 16. El captor 30 puede estar situado al comienzo de la línea 13 de suministro de combustible. El sistema 21 de depósitos de combustible es similar al descrito en la Fig. 2, pero en este caso es a prueba de fallos dado que:

- cuando se produce un fallo en una de las primeras válvulas 24, 25, 26 y hace que esta primera válvula se bloquee en la posición cerrada, un ajuste de las posiciones de las válvulas selectoras puede proporcionar una derivación, con el fin de evitar cualquier interrupción del reabastecimiento de combustible; y
- las válvulas selectoras 54, 55, 56 pueden detener el reabastecimiento de combustible de uno de los depósitos de combustible 14, 15, 16 cuando la asociada de las primeras válvulas 24, 25, 26 se bloquea en una posición abierta.

En este caso, las válvulas selectoras 54, 55, 56 son válvulas de cuatro posiciones, que se controlan mediante la unidad electrónica de control ECU. Por supuesto, el número de válvulas selectoras 54, 55, 56 puede ser diferente, dependiendo de la configuración del sistema 21 de depósitos de combustible. Puede seleccionarse una posición por defecto, que sea una posición abierta de las válvulas selectoras 54, 55, 56, de manera que se permita el reabastecimiento normal de combustible si se produce un fallo de una de las válvulas selectoras 54, 55, 56. Para la primera válvula 24 se proporciona una tubería de derivación que incluye una tubería 60 que une dos de las válvulas selectoras 54, 55, entre la válvula selectora 54 conectada al depósito central 14 y una segunda de las primeras válvulas 25, 26. Para derivar esta primera válvula 24, la válvula selectora 54 puede conmutarse a una posición en la que el depósito central 14 reciba el combustible procedente de una de las otras dos válvulas selectoras 55, 56. Cada una de las otras dos primeras válvulas 25, 26 puede derivarse de manera similar.

También se puede usar al menos una tubería 60 y al menos una de las primeras válvulas 25, 26 para acelerar el

reabastecimiento del depósito central 14. Este modo de reabastecimiento particular es opcional, y lo puede activar el operador.

5 En una variante, la tubería 22 está dispuesta para distribuir el caudal suministrado por la línea 13 de suministro de combustible entre un número N1 de depósitos de combustible 14, 15, 16, usando de un número N2 inferior o igual ( $N2 \leq N1$ ) de primeras válvulas 24, 25, 26 dispuestas en una conexión en Y con respecto a la línea 13 de suministro de combustible. El número de primeras válvulas 24, 25, 26 se puede reducir usando de una o más válvulas de control de vías múltiples conectadas, directamente a los depósitos de combustible 14, 15, 16. Por ejemplo, podría eliminarse la primera válvula 25 mostrada en la Fig. 4 y en este caso el depósito de combustible 15 se reabastecería usando de dos válvulas selectoras 54, 55 y la tubería 60 situada entre las mismas. Alternativamente, se puede mantener el número de primeras válvulas 24, 25, 26 y aumentar el número de depósitos de combustible 14, 15, 16, por ejemplo para incluir depósitos ACT.

15 Con referencia a las Figs. 2-4, la distancia media entre la línea 13 de suministro de combustible y las respectivas primeras válvulas 24, 25, 26, y la distancia media entre la unidad electrónica central ECU y la línea 13 de suministro de combustible, son preferiblemente muy inferiores a la distancia media entre las respectivas primeras válvulas 24, 25, 26 y los correspondientes depósitos de combustible 14, 15, 16. Con este tipo de configuración opcional, puede implementarse el equipo 20 de reabastecimiento de aeronave con una modificación mínima de la tubería convencional.

20 La presente invención se ha descrito en conexión con las realizaciones preferidas. Sin embargo, estas realizaciones son meramente ejemplares, y la invención no se limita a las mismas. Los expertos en la técnica comprenderán que pueden hacerse fácilmente otras variaciones y modificaciones dentro del alcance de la invención según lo definido por las reivindicaciones adjuntas, por lo que la presente invención sólo pretende estar limitada por las siguientes reivindicaciones.

25 En ciertas realizaciones, la tubería 22 de reabastecimiento de combustible a la que se hace referencia en la anterior descripción de la realización de la invención, también puede utilizarse para suministrar combustible desde los depósitos de combustible 14, 15, 16 a los motores de la aeronave, o para transferir el combustible desde un depósito de combustible a otro depósito de combustible. Además, debe comprenderse que los parámetros de abastecimiento de combustible también pueden utilizarse para determinar la cantidad de combustible restante a inyectar en el depósito de combustible. También es obvio que las primeras válvulas 24, 25, 26 pueden accionarse para la operación de descarga de combustible.

35 En el contexto de la presente invención, el término "combustible" no debe interpretarse de manera restrictiva a los combustibles de aeronave habituales, como por ejemplo queroseno. En cambio, en el sentido de la presente invención, el término "combustible" también debe incluir fluidos sustitutos, que tengan preferiblemente un punto de inflamación  $> 100$  °C.

40 Cualquier signo de referencia en las siguientes reivindicaciones no debe interpretarse como limitante de la reivindicación. Será obvio que el uso del verbo "comprender", y sus conjugaciones, no excluye la presencia de otros elementos además de los definidos en cualquier reivindicación. La palabra "un" o "uno/a" precediendo a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos.



**REIVINDICACIONES**

1. Un equipo (20) de reabastecimiento de aeronave para una aeronave, comprendiendo el equipo:

- 5 - una tubería (22) que comprende una línea (13) de suministro de combustible, conectada a una pluralidad de líneas de suministro de depósito;
- unos depósitos de combustible (14, 15, 16) conectados a líneas de suministro de depósito de la tubería (22) y adaptados para su reabastecimiento con combustible a través de la línea (13) de suministro de combustible;
- 10 - unas primeras válvulas (24, 25, 26) dispuestas en dicha tubería (22), y adaptadas para permitir desconectar cada depósito de combustible (14, 15, 16) de la línea (13) de suministro de combustible;
- al menos un captor (30) que permite, para cada una de dichas primeras válvulas (24, 25, 26), estimar un primer parámetro de flujo de la válvula, estando dispuesto dicho al menos un captor (30) dentro de la tubería (22) para proporcionar al menos una señal indicativa de una presión o un caudal, comprendiendo dicho al menos un captor (30) al menos un captor de presión para detectar una presión dentro de la tubería (22) y para proporcionar al
- 15 menos una señal indicativa de una presión; y

**caracterizado por que** cada primera válvula (24, 25, 26) comprende un cuerpo de válvula, con una pluralidad de posiciones ajustables entre una posición completamente abierta y una posición cerrada, y **por que** comprende además: - al menos un actuador asociado con cada una de dichas primeras válvulas (24, 25, 26) en un respectivo conjunto de actuador y primera válvula y que permite ajustar la apertura de la primera válvula asociada a una posición definida del cuerpo de válvula, elegida entre la posición totalmente abierta, la posición cerrada y la pluralidad de posiciones ajustables entre las mismas;

- 20 - una unidad electrónica de control (ECU) conectada a los respectivos conjuntos de actuador y primera válvula, comprendiendo la unidad electrónica de control (ECU):

- 25 un módulo de recepción (M) para recibir datos de posición desde dichas primeras válvulas (24, 25, 26) y para estimar los respectivos parámetros de primer flujo de la válvula, utilizando los datos de presión y los datos de posición, y
- 30 un módulo de control (33), adaptado para regular la apertura de las primeras válvulas, usando unos respectivos datos de parámetro de flujo de primeras válvulas.

2. El equipo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además al menos un dispositivo de calibración (34, 35, 36) asociado con al menos uno de dichos depósitos de combustible (14, 15, 16), para medir un nivel de combustible y para proporcionar al menos una señal indicativa del nivel de combustible medido para el correspondiente depósito de combustible, en el que la unidad electrónica de control (ECU) está adaptada para regular dicha apertura, usando datos de parámetro de flujo de primeras válvulas y datos de nivel de combustible.

3. El equipo de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la unidad electrónica de control (ECU) está adaptada para procesar la señal de dicho captor (30) y la señal de dicho dispositivo de calibración (34, 35, 36), así como datos de entrada indicativa de la cantidad deseada de combustible para cada uno de los depósitos de combustible, y comprende:

- 45 - un algoritmo que utiliza la información resultante del procesamiento de dichas señales y datos de entrada, para producir un parámetro de reabastecimiento de combustible que permita determinar el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento con combustible del correspondiente depósito de combustible; y
- un módulo de control (33) adaptado para generar, en función de los parámetros de reabastecimiento de combustible, una pluralidad de señales de control, cada una adaptada para controlar dicho actuador de una de dichas primeras válvulas (24, 25, 26).
- 50

4. El equipo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el módulo de control (33) de la unidad electrónica de control (ECU) está adaptado para generar al menos una señal de control de interrupción, si la comparación de un parámetro de reabastecimiento con un umbral es indicativa de un inminente fin del reabastecimiento de un depósito de combustible, estando dispuesto el correspondiente actuador para accionar la primera válvula asociada para desconectar gradualmente dicho depósito de combustible de la línea (13) de suministro de combustible, en respuesta a dicha señal de control de interrupción.

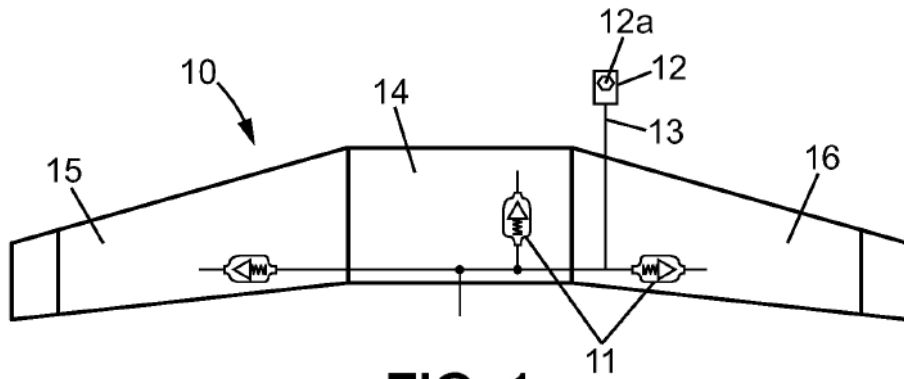
5. El equipo de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho correspondiente actuador está adaptado para permitir la desconexión gradual que se lleva a cabo durante un período no inferior a un periodo de tiempo predeterminado y preferiblemente no inferior a 10 segundos.

6. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que cada una de dichas primeras válvulas (24, 25, 26) es una válvula de bola provista de un actuador, adaptado para ajustar a tiempo real la apertura de la primera válvula.

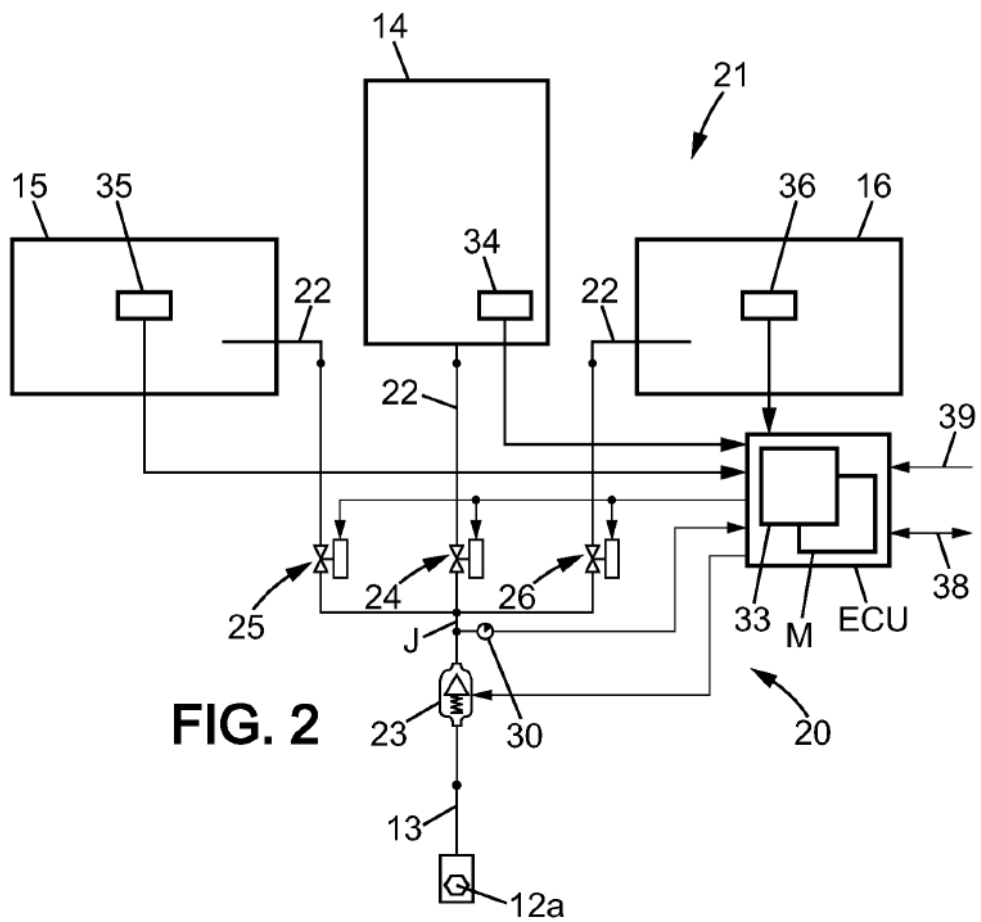
65

7. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende al menos una válvula adicional directamente conectada a la línea (13) de suministro de combustible y que suministra combustible a la tubería (22) a través de dicha línea (13) de suministro de combustible.
- 5 8. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que al menos uno de dichos depósitos de combustible (14, 15, 16) está conectado, por un lado, a una de dichas primeras válvulas (24, 25, 26) accionadas por dicho actuador y, por el otro lado, a una segunda válvula (44, 45, 46).
- 10 9. El equipo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la segunda válvula (44, 45, 46) está accionada por un actuador específico, adaptado para su control por parte de la unidad central de control.
- 15 10. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que al menos uno de dichos depósitos de combustible (14, 15, 16) está adaptado para ser suministrado con combustible a través de una de dichas primeras válvulas (24, 25, 26), que está provista de dos actuadores distintos.
- 20 11. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende una válvula selectora dispuesta entre uno de los depósitos (14, 15, 16) de combustible y una primera de dichas primeras válvulas (24, 25, 26), en el que se proporciona una tubería de derivación entre dicha válvula selectora y una segunda de dichas primeras válvulas, estando dispuesta la válvula selectora para seleccionar al menos una de una pluralidad de posiciones, una de las cuales permite derivar dicha primera de dichas primeras válvulas.
- 25 12. El equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que la tubería (22) está dispuesta para distribuir el caudal suministrado por la línea (13) de suministro de combustible entre un número N1 de depósitos de combustible, usando de un número N2 de primeras válvulas dispuestas en una conexión en Y con respecto a la línea de suministro de combustible, en el que  $N1 \geq N2$ , y usando al menos una válvula de control de múltiples vías conectada directamente a una pluralidad de los depósitos de combustible (14, 15, 16).
- 30 13. Un método de reabastecimiento de combustible de un sistema de depósitos de la aeronave (21) que comprende una línea de suministro de combustible (13), una tubería (22), depósitos de combustible (14, 15, 16) y primeras válvulas (24, 25, 26) adaptado para permitir que cada depósito de combustible pueda desconectarse de la línea de suministro de combustible, comprendiendo el método:
- suministrar (S1) combustible a la tubería a través de dicha línea de suministro de combustible con un caudal determinado;
  - 35 - distribuir (S11) el caudal determinado entre los depósitos de combustible; y
  - estimar (S2) un primer parámetro de flujo para cada una de dichas primeras válvulas, usando al menos un captor adaptado para proporcionar al menos una señal indicativa de una presión o un caudal, comprendiendo dicho al menos un captor (30) al menos un captor de presión, para detectar una presión dentro de la tubería (22) y para proporcionar al menos una señal indicativa de una presión;
- 40 **caracterizado por que** comprende además las etapas de:
- ajustar la apertura de las respectivas primeras válvulas (24, 25, 26) mediante unos actuadores asociados, a fin de efectuar la distribución de dicho caudal determinado, comprendiendo cada primera válvula (24, 25, 26) un cuerpo de válvula con una pluralidad de posiciones ajustables entre una posición completamente abierta y una posición cerrada, ajustándose la apertura de la válvula a una posición definida del cuerpo de válvula, elegida entre la posición completamente abierta, la posición cerrada y la pluralidad de posiciones ajustables entre las mismas; y
  - 45 - recibir datos de posición desde dichas primeras válvulas (24, 25, 26) y estimar los respectivos parámetros de flujo primeras válvulas, mediante un módulo de recepción (M) de una unidad electrónica de control (ECU), que forma parte del sistema (21) de depósitos de la aeronave, utilizando los datos de presión y los datos de posición,
  - regular la apertura de las respectivas primeras válvulas (24, 25, 26) mediante un módulo de control (33) de la unidad electrónica de control (ECU), usando datos de parámetro de flujo de primeras válvulas.
- 50
- 55 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además:
- programar (P1) una cantidad deseada de combustible para cada uno de los depósitos de combustible a reabastecer;
  - medir (S3), para cada uno de los depósitos de combustible (14, 15, 16) a reabastecer, un nivel de combustible y proporcionar una señal indicativa del nivel de combustible en el depósito de combustible, mediante al menos un dispositivo de calibración (34, 35, 36); y
  - 60 - regular dicha apertura mediante la unidad electrónica de control (ECU), usando datos de parámetro de flujo de primeras válvulas y datos de nivel de combustible.
- 65 15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además:

- 5 - para al menos uno de los depósitos de combustible (14, 15, 16) a reabastecer, procesar (S4) la señal indicativa del nivel de combustible en el depósito de combustible y la señal indicativa de la presión dentro de la tubería (22), mediante dicha unidad electrónica de control (ECU) y producir (S5) al menos un parámetro de reabastecimiento de combustible que permita determinar para dicho depósito de combustible el tiempo restante hasta completar el reabastecimiento de combustible; y
- 10 - controlar (S7) dichos actuadores mediante la unidad electrónica de control (ECU), a fin de aumentar una relación de distribución en uno de los depósitos de combustible (14, 15, 16) que requiera el mayor tiempo de reabastecimiento de combustible, en respuesta a al menos una señal de control desde la unidad electrónica de control (ECU).
- 15 16. El método de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además desconectar gradualmente un depósito de combustible de la línea de suministro de combustible, para anticipar el final del reabastecimiento de combustible para el depósito de combustible a desconectar, en respuesta a al menos una señal de control de interrupción de la unidad electrónica de control (ECU), generándose la señal de control de interrupción después de una comparación entre el parámetro de reabastecimiento de combustible y un umbral.
- 20 17. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13-16, en el que una de las primeras válvulas (24, 25, 26), que está asociada con el depósito de combustible que requiere la mayor cantidad de combustible, está ajustada con una apertura inicial que puede aumentarse y en el que un control electrónico genera una señal de control adaptada para aumentar dicha apertura inicial, tan pronto como se haya determinado que existe al menos una de las siguientes condiciones para otro de los depósitos de combustible (14, 15, 16):
- 25 - el tiempo restante para completar la carga de combustible es menor que un valor predeterminado, que preferiblemente no es superior a 60 segundos;
- la cantidad de combustible restante a inyectar en el depósito de combustible es menor que un valor predeterminado, que preferiblemente no es superior a 1 tonelada.

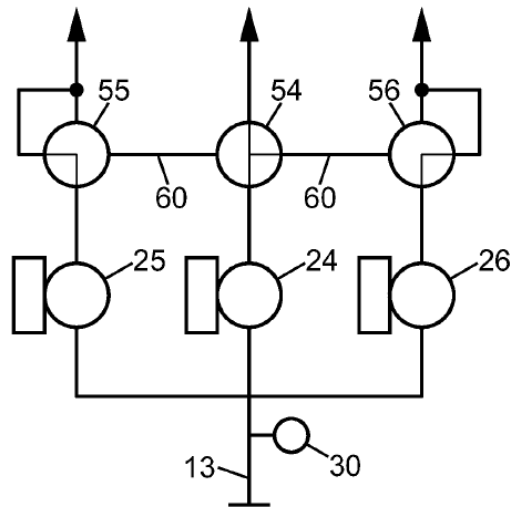
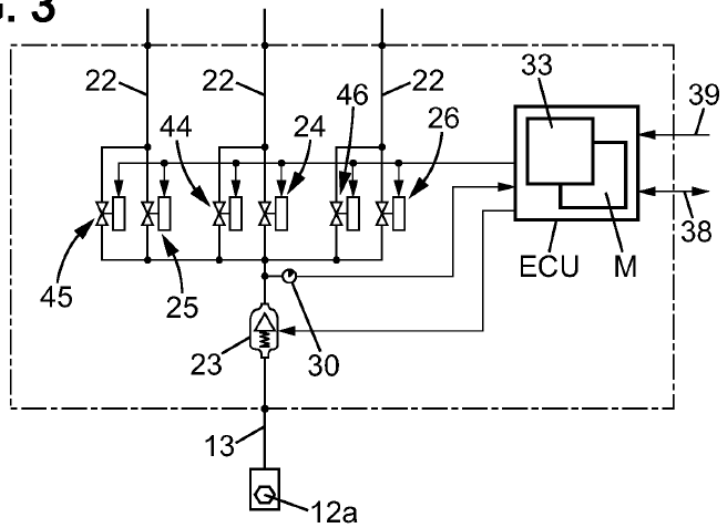


**FIG. 1**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



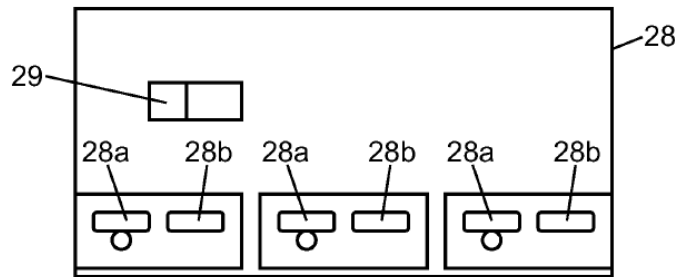
**FIG. 2**

**FIG. 3**

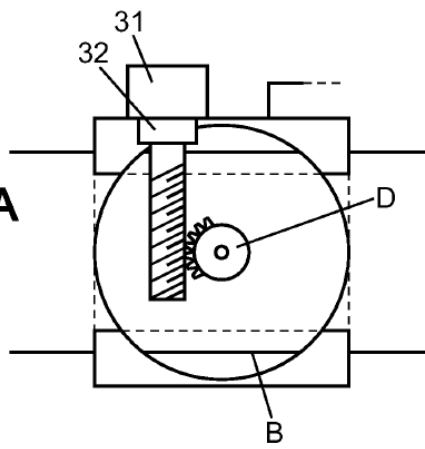


**FIG. 4**

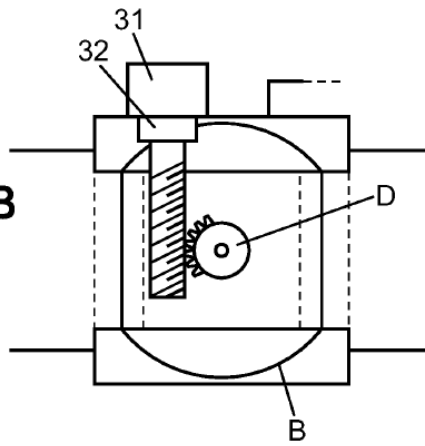
**FIG. 5**

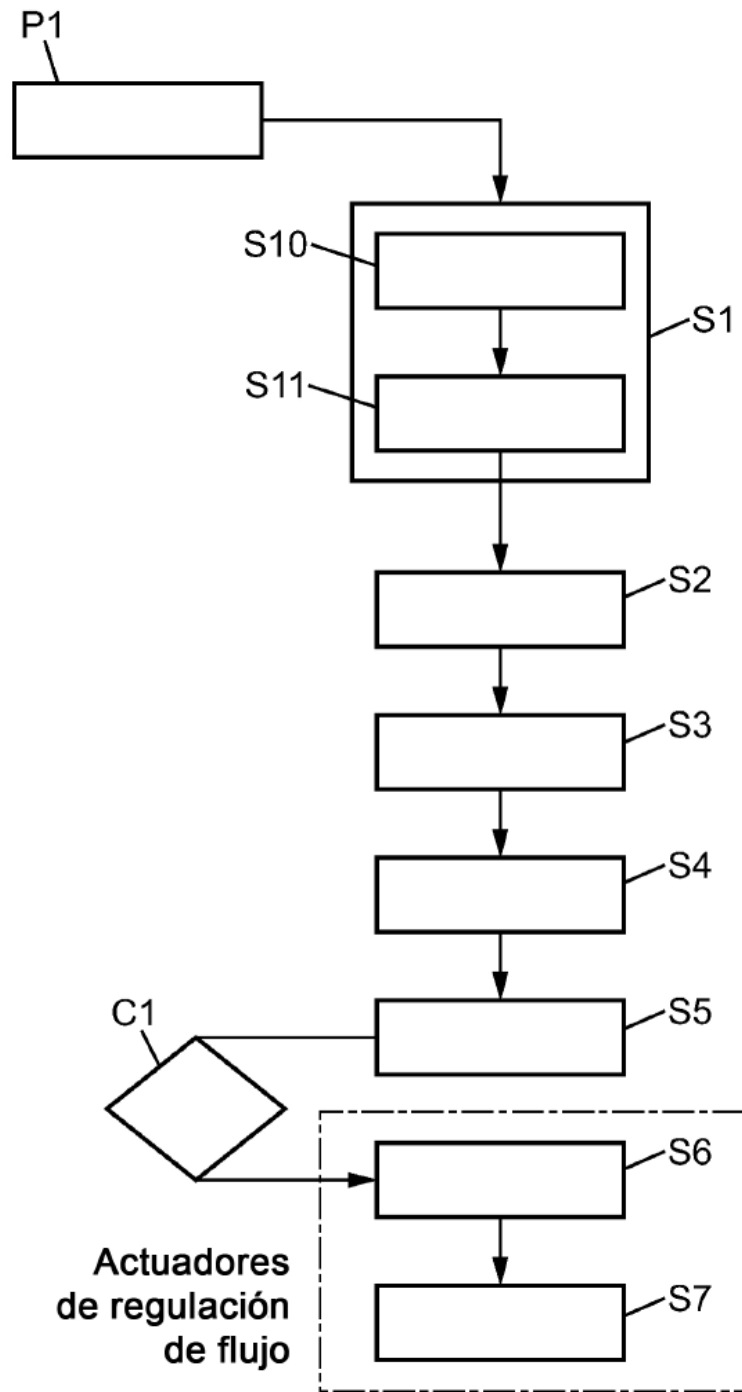


**FIG. 6A**



**FIG. 6B**





**FIG. 7**