



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 315 901**

(51) Int. Cl.:

F02K 9/56 (2006.01)

G01F 23/296 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05775553 .0**

(96) Fecha de presentación : **31.05.2005**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1766220**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **28.03.2007**

(54) Título: **Procedimientos de detección del vaciado completo de un depósito de ergol y de gestión de ergol a bordo de un satélite.**

(30) Prioridad: **10.06.2004 FR 04 06282**

(73) Titular/es: **ASTRIUM S.A.S.**
6, rue Laurent Pichat
75016 Paris, FR

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2009

(72) Inventor/es: **Jallade, Sophie, Martine**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2009

(74) Agente: **Buceta Facorro, Luis**

ES 2 315 901 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

Procedimientos de detección del vaciado completo de un depósito de ergol y de gestión de ergol a bordo de un satélite.

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un procedimiento de detección del vaciado completo de al menos un depósito de ergol líquido de tensión superficial de un satélite artificial, en particular de un satélite geosíncrono o geoestacionario, del tipo al que está unido este depósito de ergol, por un conducto de vaciado sobre el cual está montada una válvula de vaciado de depósito, con al menos un conducto de alimentación de una tobera o pluralidad de toberas, dedicado al control de actitud y/o de órbita del satélite en el interior de un sistema de propulsión del satélite, y sobre cuyo conducto está montada una válvula de alimentación de tobera(s), controlada por intermitencia de la apertura y del cierre para accionar por intermitencia dicha tobera o pluralidad de toberas.

Estado de la técnica

Tal procedimiento se describe en el documento FR 2 635 499 que se considera como la técnica anterior más próxima.

La invención se refiere también a un procedimiento de gestión de ergol a bordo de un satélite artificial en órbita, procedimiento del que una etapa esencial está constituida por el procedimiento de detección del vaciado completo de al menos un depósito de ergol líquido de tensión superficial según la invención, ya que la detección del vaciado completo de un depósito de ergol es un parámetro determinante para la puesta en práctica de estrategias de control de la alimentación de las toberas o pluralidades de toberas con cantidades residuales de ergol en otro u otros depósitos, durante el final de la duración operativa del satélite y/o para la reorbitación desorbitación del satélite sobre una órbita "cementerio".

En efecto, la desorbitación o reorbitación de los satélites artificiales al final de su periodo operativo, es una operación que tiende a volverse sistemática por dos razones principales:

- en lo que se refiere a los satélites geoestacionarios, la órbita geoestacionaria sólo puede recibir un número limitado de satélites que ocupan posiciones predefinidas y asignadas por la ITU (*International Telecommunication Union*, Unión Internacional de Telecomunicaciones), y es deseable, incluso necesario, liberar estas posiciones al final de la vida útil de los satélites, con el fin de que estas posiciones puedan reutilizarse;

- en lo que se refiere a los satélites en órbitas bajas, el número de estos satélites está creciendo y presentan, en un plazo más o menos largo, riesgos de colisiones entre sí, o, lo que podría ser más grave, con una estación espacial tripulada, y están elaborándose reglamentos para limitar la duración en órbita de satélites de este tipo una vez cumplida su misión, una recomendación generalmente admitida hoy en día es que se establece una duración limitada a 25 años.

La desorbitación o reorbitación de un satélite se garantiza por lo general utilizando el empuje de al menos una de dos toberas, o pluralidades de toberas, que sirven para controlar la órbita y/o la actitud del satélite durante su fase operativa, tras la cual la cantidad residual de ergol, o una parte de esta cantidad residual, se emplea para alimentar estas toberas, o pluralidades de toberas, y efectuar esta maniobra de desorbitación o reorbitación.

Para un satélite comercial, y en particular un satélite de telecomunicación en órbita geoestacionaria, se pone de manifiesto de manera inmediata el interés que hay para prolongar al máximo la fase operativa del satélite. El operador del satélite tiene gran interés en activar lo más tarde posible la secuencia de cambio de órbita, manteniendo la compatibilidad con las necesidades mínimas de ergol necesarias para la alimentación de las toberas o pluralidades de toberas para garantizar la puesta sobre una órbita denominada "cementerio".

Objeto de la invención

Para ello, la invención propone, por una parte, un procedimiento sencillo y fiable de detección del vaciado completo de al menos un depósito de ergol líquido de tensión superficial de un satélite artificial, y, por otra parte, un procedimiento que comprende, como etapa esencial, el procedimiento anteriormente mencionado de detección del vaciado completo de un depósito de ergol, para garantizar la gestión de ergol a bordo del satélite, y en particular el control del o de los ergoles, con vistas a una utilización óptima del o de los ergoles restantes en los depósitos del satélite para retrasar al máximo la puesta en práctica de la secuencia de desorbitación o reorbitación del satélite.

La invención propone por tanto procedimientos de detección del vaciado completo de al menos un depósito de ergol y de gestión de ergol a bordo de un satélite artificial en órbita, procedimientos que están particularmente adaptados para una utilización óptima de ergol al final de la vida operativa de un satélite en órbita y/o para una maniobra de desorbitación o reorbitación del satélite al final de la vida.

Con este fin, el procedimiento de detección del vaciado completo de al menos un depósito de ergol líquido de tensión superficial de un satélite artificial del tipo sobre el cual el depósito está unido a al menos, una tobera, o

pluralidad de toberas, de la manera presentada anteriormente, se caracteriza porque comprende al menos las etapas que consisten, con la ayuda de al menos un sensor de presión montado sobre el conducto de vaciado o de alimentación entre dichas válvulas de vaciado y de alimentación, en detectar las ondas de oscilación de presión (golpes de ariete) resultantes de las aperturas y cierres de dicha válvula de alimentación y que recorren los conductos de alimentación y de vaciado de la válvula de alimentación, aguas abajo, hacia dicho depósito, aguas arriba, después en detectar, a continuación de una orden de dicha válvula de alimentación, la amortiguación al menos parcial, si no la desaparición, de dichas ondas de oscilaciones de presión que son prueba del paso de la transición entre el ergol líquido y un gas de presurización del ergol (tal como el helio utilizado para presurizar el ergol en el depósito) al nivel del sensor de presión, y por tanto del vaciado completo del depósito.

De esta manera se puede detectar y controlar el vaciado de ergol líquido de los depósitos del satélite, basándose el principio de esta detección en la utilización de al menos un sensor de presión sobre la línea de alimentación de los motores de ergol a la salida del depósito, permitiendo la medición efectuada por el o los sensores de presión definir en particular el momento de paso de la transición entre el ergol líquido y el gas de presurización en la proximidad de un sensor de presión, de modo que, gracias a esta información, es posible anticipar la llegada de burbujas al nivel de los motores de toberas de control de actitud y/o de órbita.

En el caso de que sólo exista un único depósito por tipo de ergol, aunque generalmente son necesarios dos ergoles, que incluyen un carburante y un comburente, la información anteriormente mencionada que se desprende de la medición del o de los sensores de presión, permite concretamente evitar la pérdida de control del satélite al final de la vida, por falta de ergol al nivel de los motores, y de proteger operaciones venideras. En particular, esto permite efectuar las operaciones de extinción del satélite en alineación nominal por telemandos manuales con una visibilidad del suelo garantizada.

Más precisamente, cuando el satélite comprende un único depósito de ergol líquido de tensión superficial por tipo de ergol, y que este depósito está unido, por un conducto de vaciado sobre el que está montada una válvula de vaciado del depósito, con dos conductos de alimentación sobre cada uno de los cuales está montada una válvula de alimentación respectiva de una tobera, o pluralidad de toberas, respectiva de control de actitud y/o de órbita de un sistema de propulsión del satélite, el procedimiento de gestión de ergol según la invención se caracteriza porque comprende al menos las etapas que consisten:

- en alimentar por intermitencia una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas, con ergol por órdenes de apertura y cierre de una u otra de las válvulas de alimentación, mientras que dicha válvula de vaciado del depósito está abierta,

- en controlar el vaciado de ergol de dicho depósito, y se caracteriza porque comprende también al menos la etapa que consiste en detectar el vaciado completo de este depósito por el procedimiento de detección del vaciado completo de al menos un depósito, según la presente invención y tal como se definió anteriormente, y, a partir de una señal de al menos un sensor de presión que detecta el vaciado completo de dicho depósito, en ordenar la parada de la maniobra en curso, y el cierre de la válvula de alimentación de dicha tobera, o pluralidad de toberas, accionada en el curso de dicha maniobra, para proteger operaciones venideras, y para efectuar operaciones de extinción del satélite en alineación nominal por telemandos manuales con una visibilidad del suelo garantizada.

Por el contrario, en el caso en el que existen al menos dos depósitos por tipo de ergol, la información anteriormente mencionada, relativa al momento de paso de la transición entre el ergol líquido y un gas de presurización al nivel de un sensor de presión, permite, por una parte, conmutar la alimentación de ergol de las toberas, o pluralidades de toberas, de un depósito vacío a un segundo depósito, evitando la pérdida de control del satélite por falta de ergol al nivel de los motores, y, por otra parte, utilizar el ergol contenido en un segundo depósito para garantizar un cambio de órbita del satélite, quedando limitada la incertidumbre sobre el conocimiento de la cantidad de ergol restante que puede utilizarse de este modo al segundo depósito, así como a eventuales depósitos suplementarios, ya que el primer depósito de este ergol está íntegramente vacío.

Más precisamente, cuando el satélite comprende, para al menos un ergol, dos depósitos de ergol líquido de tensión superficial unidos, cada uno por un conducto de vaciado respectivo sobre el que está montada una válvula de vaciado respectiva, en el extremo aguas arriba de un conducto común, cuyo extremo aguas abajo está unido en paralelo a cada una de dos toberas, o pluralidades de toberas, de control de actitud y/o de órbita de un sistema de propulsión del satélite, por un conducto de alimentación respectiva sobre el cual está montada una válvula de alimentación respectiva de la tobera, o pluralidad de toberas, correspondiente, el procedimiento de gestión de ergol a bordo de este satélite en órbita comprende al menos las etapas que consisten:

- en alimentar por intermitencia una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas, de ergol por órdenes de apertura y cierre de una u otra de las válvulas de alimentación, mientras que una de las válvulas de vaciado está abierta y la otra cerrada, de modo que el ergol se vacía de al menos uno de los dos depósitos,

- en cerrar la válvula de vaciado anteriormente abierta y abrir aquella anteriormente cerrada, para bascular la alimentación de las toberas, o pluralidades de toberas, desde el depósito anteriormente vaciado a partir del otro depósito, y

ES 2 315 901 T3

- en repetir, según las necesidades para el control de actitud y/o de órbita del satélite, las dos etapas anteriores, y se caracteriza porque comprende además al menos las etapas que consisten:

- en controlar el vaciado de ergol líquido de los dos depósitos, y en detectar el vaciado completo de un primer depósito por el procedimiento de detección del vaciado completo de al menos un depósito de ergol líquido según la invención y tal como se presentó anteriormente y después ordenar la parada de la maniobra en curso y en conmutar la alimentación de ergol líquido del primer depósito, que está vacío, al segundo depósito, por una orden apropiada de apertura de la válvula de vaciado de dicho segundo depósito.

En esta segunda configuración, el procedimiento de gestión de ergol según la invención consiste además ventajosamente, en controlar el vaciado de los dos depósitos y en detectar el vaciado completo de un primer depósito con la ayuda de al menos un sensor de presión aguas abajo, montado sobre dicho conducto común, y/o de al menos un sensor de presión aguas arriba, montado sobre cada uno de los dos conductos de vaciado, entre el extremo aguas arriba del conducto común y la válvula de vaciado de depósito correspondiente.

En este caso, si la detección del vaciado completo del primer depósito se garantiza por un sensor de presión aguas arriba, antes de que el gas de presurización del ergol alcance dicho conducto común, el procedimiento comprende también y de manera ventajosa, tras la orden de parada de la maniobra en curso, la reanudación de al menos una maniobra por accionamiento de una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas, tras la conmutación de su alimentación al segundo depósito del mismo ergol.

Por el contrario, si la detección del vaciado completo del primer depósito de este ergol se garantiza por un sensor de presión aguas abajo, el procedimiento de gestión de ergol según la invención comprende además y de manera ventajosa, tras la parada de la maniobra en curso, etapas que consisten en ordenar la conmutación de la alimentación de dicha tobera, o pluralidad de toberas, en acción en el momento de la detección del vaciado completo, sobre el segundo depósito del mismo ergol, hasta la detección de una perturbación del funcionamiento de dicha tobera, o pluralidad de toberas, en ordenar de este modo el cierre de la válvula de alimentación de dicha tobera, o pluralidad de toberas, y la apertura de la válvula de alimentación de la otra tobera, o pluralidad de toberas, para compensar las consecuencias de dicha perturbación sobre la actitud y/o la órbita del satélite, y después en controlar cualquier maniobra posterior alimentando dicha otra tobera, o pluralidad de toberas, a partir del segundo depósito del mismo ergol.

En este caso, la detección de dicha perturbación del funcionamiento de la tobera, o pluralidad de toberas, en acción en el momento de la detección del vaciado completo del primer depósito se garantiza de manera ventajosa, con la ayuda de un criterio de desalineación de actitud del satélite, y recuperando la alineación por el accionamiento de la otra tobera, o pluralidad de toberas, alimentada por el segundo depósito del mismo ergol.

El criterio de desalineación de actitud del satélite puede determinarse de muy diversas maneras, pero, según una realización eficaz en práctica, y propia de la invención, consiste en utilizar un umbral de desalineación verificando las restricciones siguientes:

- ser superior a las desalineaciones registradas normalmente en maniobra, para no activar de forma intempestiva las operaciones previstas tras la detección de dicha perturbación, antes de la detección del vaciado completo del primer depósito,

- ser inferior a un umbral aceptable para una misión, si está en curso de ejecución, y

- ser inferior a un umbral de activación del modo de reconfiguración del satélite, asociado a los casos de fallo leve, tomando un margen para permitir la recuperación de la actitud del satélite por accionamiento de la otra tobera, o pluralidad de toberas.

En los diferentes modos de puesta en práctica del procedimiento de gestión de ergol según la invención, la etapa de orden de parada de la maniobra en curso puede garantizarse de manera ventajosa a partir de una señal emitida por al menos un sensor de presión y/o con la ayuda de un criterio procedente de un análisis de la información por al menos un sensor de presión.

Cuando el satélite está equipado con un sistema de propulsión clásico, con dos ergoles contenidos cada uno en dos depósitos de ergoles líquidos de tensión superficial, que forman dos parejas de depósitos asociados de los que cada uno comprende un depósito de un primer ergol y un depósito de un segundo ergol, estando alimentadas una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas, con ergoles de manera simultánea por los dos depósitos de una u otra pareja de depósitos asociados, el procedimiento de gestión de ergol según la invención es ventajosamente tal como después de la detección del vaciado completo de un primer depósito de un primer ergol, la parada de la maniobra en curso, la conmutación de la alimentación a partir del segundo depósito del primer ergol, y, eventualmente, la conmutación de la propulsión sobre una de las toberas, o pluralidades de toberas, tras la contaminación de la otra tobera, o pluralidad de toberas, por la llegada del gas de presurización del primer ergol resultante del vaciado completo del primer depósito del primer ergol, para alimentar una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas, o únicamente aquella que no está contaminada por gas de presurización, a partir del segundo depósito del primer ergol y simultáneamente de uno u otro de los dos depósitos del segundo ergol.

En las diferentes configuraciones en las que la instalación de alimentación con ergol de los motores comprende, para al menos un ergol, dos depósitos de ergol líquido de tensión superficial, como se presentó anteriormente, el procedimiento de gestión de ergol según la invención puede de manera ventajosa consistir además, tras la detección del vaciado completo de un primer depósito de un ergol y conmutación de la alimentación de una y/u otra de las toberas, o pluralidades de toberas, sobre el segundo depósito del mismo ergol, y eventualmente después de la restauración de la actitud del satélite, en destinar las cantidades residuales de ergoles en los depósitos a una duración residual del satélite en órbita y/o a la reorbitación del satélite sobre una órbita cementerio.

Finalmente de manera ventajosa, para obtener una gran precisión de detección por el procedimiento de detección del vaciado completo de un depósito según la invención, este procedimiento puede consistir, además, en el muestreo de la señal de al menos un sensor de presión con una frecuencia sensiblemente igual a la mitad de la frecuencia de accionamiento de una tobera, o pluralidad de toberas, para una detección de las oscilaciones de presión consecutivas en las aperturas y cierres de la válvula de alimentación correspondiente.

Descripción de las figuras

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción dada anteriormente, a título no limitativo, de un ejemplo de realización descrito con referencia al dibujo adjunto, que comprende una única figura que representa de manera esquemática un subsistema de propulsión de satélite con dos depósitos de un mismo ergol para alimentar selectivamente una u otra de las dos pluralidades de toberas de control de actitud y/o de órbita del satélite, sabiendo que estas pluralidades de toberas se alimentan con un segundo ergol contenido en otros dos depósitos por un circuito de simetría especular del mismo de la única figura adjunta.

Descripción detallada de la invención

Se supone que la figura única representa aquel de los dos subsistemas de propulsión, con cada uno de los dos depósitos de un mismo ergol que uno es respectivamente de dos ergoles de los que uno es un carburante y el otro un comburente, y del que uno de los dos depósitos es el de los cuatro depósitos que será el primero en vaciarse completamente durante la vida útil de un satélite en órbita.

Este subsistema de propulsión comprende por tanto los dos depósitos (1 y 2), que contienen un mismo ergol de tensión superficial y líquido, por ejemplo monometil- hidrazina, o tetróxido de nitrógeno, y un presurizante o gas de presurización, tal como helio, que pone el ergol a presión en los depósitos (1 y 2), para la alimentación con ergol líquido de un conducto (3 ó 4) de vaciado respectivo cuando se ordena la apertura de una válvula (5 ó 6) respectiva de vaciado del depósito (1 ó 2) respectivo, y montada sobre el conducto (3 ó 4) de vaciado respectivo. Los conductos (3 y 4) de vaciados se reúnen en su extremo aguas abajo, al nivel del extremo aguas arriba, en el punto (A), de un conducto (7) común, cuyo extremo aguas abajo, en el punto (B), está en comunicación con los extremos aguas arriba de dos conductos (8 y 9) de alimentación, sobre cada uno de los que está montada una válvula (10 ó 11) de alimentación, cuyas órdenes de apertura y cierre permiten ordenar por intermitencia y durante periodos alternos, la alimentación con ergol de un primer o de un segundo grupo de toberas (12 o 13) de control de actitud y/o de órbita del satélite, en el extremo aguas debajo del conducto (8 ó 9) de alimentación respectivo.

Al menos un sensor de presión aguas arriba, tal como (14 ó 15), está montado sobre cada uno de los conductos (3 y 4) de vaciados, entre la válvula (5 ó 6) de vaciado correspondiente y el extremo (A) aguas arriba del conducto (7) común, y preferiblemente con proximidad aguas abajo de la válvula (5 ó 6) de vaciado correspondiente.

Igualmente, al menos un sensor (16) de presión aguas abajo está montado sobre el conducto (7) común. Las válvulas (5 y 6) de vaciado y las válvulas (10 y 11) de alimentación son electroválvulas dispuestas respectivamente sobre los conductos (3 y 4) de vaciado y sobre los conductos (8 y 9) de alimentación.

El ergol líquido se capta, a la salida de cada depósito (1 ó 2), por un dispositivo capilar, tal como una esponja (no representada) que permite suministrar a los conductos (3 y 4) de vaciado ergol líquido hasta que éste último no pueda detectarse por el dispositivo capilar, y sólo represente residuos estáticos líquidos en el depósito (1 ó 2). El vaciado completo de un depósito (1 ó 2) conlleva así una transición entre el ergol líquido y el gas de presurización en el conducto (3 ó 4) de vaciado correspondiente, y después en el conducto (7) común, transición cuyo paso va a detectarse por uno de los dos sensores (14 y 15) de presión aguas arriba y/o el sensor (16) de presión aguas abajo.

En efecto, durante las puestas en acción del grupo de toberas (12 ó 13), y por tanto durante el consumo por estas toberas (12 ó 13) de ergol líquido procedente del depósito (1 ó 2), las aperturas y cierres sucesivos de la válvula (10 u 11) de alimentación (ya que los grupos de toberas (12 y 13) se accionan por intermitencia) crean oscilaciones de presión que generan ondas de presión denominadas "golpes de ariete", que recorren el conducto (8 ó 9) de alimentación, el conducto (7) común y el conducto (3 ó 4) de vaciado de aguas abajo a aguas arriba, y según aquella de las válvulas (10 y 11) de alimentación que sucesivamente se abre y se cierra cuando la otra permanece cerrada, y aquella de las válvulas (5 y 6) de vaciado que se abre cuando la otra está cerrada. Estas ondas de oscilación de presión se detectan al nivel del sensor (16) aguas abajo y del sensor (14 ó 15) de presión aguas arriba según la válvula (5 ó 6) de vaciado esté abierta y la otra cerrada, por variaciones de presión, del orden de 0,05 MPa para presiones del orden de 1 MPa por ejemplo, pudiendo discernirse estas variaciones de presión si se ha muestreado correctamente la señal del sensor (16,

ES 2 315 901 T3

14 ó 15) de presión. De este modo, una frecuencia de muestreo del sensor de presión igual a la mitad de la frecuencia de accionamiento de las toberas (12 ó 13) puede resultar suficiente para observar este fenómeno.

No obstante, cuando se presentan burbujas, esencialmente de gas de presurización, en la línea de alimentación constituida por uno de los conductos (3 y 4) de vaciado, del conducto (7) común y de uno de los conductos (8 y 9) de alimentación, el efecto amortiguador de estas burbujas atenúa de manera considerable, incluso hace desaparecer, estas variaciones de presión, lo que permite definir el momento de paso de las burbujas al nivel de un sensor (14 ó 15) de presión aguas arriba o del sensor (16) de presión aguas abajo, lo que indica que el depósito (1 ó 2) que alimenta las toberas (12 ó 13) está vacío.

Esta señal, que es prueba del vaciado completo del depósito (1 ó 2) solicitado durante una maniobra, ordena la parada de esta maniobra.

Para un sistema de propulsión que comprende dos depósitos del mismo ergol, como es el caso del sistema según el esquema genérico de la figura única, esta parada de la maniobra en curso en el momento del vaciado de un depósito (1 ó 2) debe producirse, dentro de lo posible, antes de que las burbujas de gas lleguen al conducto (7) común, es decir antes del punto (A). De ahí el interés de tener sensores (14 y 15) de presión aguas arriba posicionados dentro de lo posible lo más aguas arriba del punto (A). Las maniobras del satélite pueden así reanudarse tras la basculación de la alimentación de las toberas (12 ó 13) sobre el otro depósito (2 ó 1), es decir el depósito cuya válvula (6 ó 5) de vaciado estaba cerrada cuando el primer depósito se encontraba completamente vacío, interviniendo este cambio de depósito de alimentación sin que el ergol disponible para las toberas (12 ó 13) contenga burbujas procedentes del primer depósito ahora completamente vaciado. Esta restricción impone una gran velocidad de reacción del circuito de detección del vaciado completo de un depósito y de orden de cierre de las válvulas (10 y 11) de alimentación para tener la capacidad de interrumpir de manera suficientemente rápida cualquier maniobra en curso.

Sin embargo, en el caso en que esta interrupción de maniobra en curso sea demasiado tardía, y que hayan llegado burbujas de gas procedentes del depósito completamente vaciado al conducto (7) común, o si faltan los sensores (14 y 15) de presión aguas arriba, o si incluso el sistema sólo comprende al menos un sensor de presión aguas abajo tal como (16), la estrategia propuesta para la gestión del ergol es utilizar la redundancia proporcionada por la presencia de los dos grupos de toberas (12 y 13), después de haber efectuado la basculación de la alimentación del depósito completamente vaciado sobre el otro depósito.

Por ejemplo, se supone que una primera maniobra, para la que las toberas (12) son alimentadas con ergol por el depósito (1) (válvulas (5 y 10) abiertas y válvulas (6 y 11) cerradas), se interrumpe por un criterio de presión resultante de una señal del sensor (16) de presión aguas abajo o, en el caso de un circuito de detección y de control de velocidad de reacción relativamente limitada, del sensor (14) de presión aguas arriba, que detecta la llegada de burbujas procedentes del depósito (1) y que llegan hasta el conducto (7) común. La maniobra siguiente, o segunda maniobra, se efectúa a continuación alimentando las mismas toberas (12) a partir del otro depósito (2), que contiene todavía ergol líquido, es decir abriendo la válvula (6) de vaciado cerrada anteriormente y manteniendo las válvulas (10 y 11) de alimentación respectivamente abierta y cerrada. Esta segunda maniobra se interrumpe a continuación por la pérdida de rendimiento de las toberas (12), en el momento de la llegada a estas toberas (12) de las burbujas procedentes del depósito (1) y que llegan al conducto (7) común antes de la interrupción de la primera maniobra. La interrupción de la segunda maniobra se ordena entonces a partir de un criterio de desalineación del satélite, resultante de la pérdida de rendimiento mencionada anteriormente de las toberas (12). Y la recuperación de la actitud del satélite se efectúa inmediatamente a continuación accionando las toberas redundantes que son las toberas (13), alimentadas a partir del depósito (2), por orden de apertura de la válvula (11) de alimentación.

El criterio de desalineación, para controlar la interrupción de la segunda maniobra, se regula respecto a un umbral bastante débil, para permitir perturbar mínimamente la misión del satélite en curso de ejecución, y evitar el paso del satélite en modo de fallo leve o en modo de supervivencia. Las maniobras siguientes se efectúan alimentando las toberas (13) a partir del depósito (2). Para ello, la línea de alimentación constituida por el conducto (4) de vaciado, el conducto (7) común y el conducto de (9) alimentación es una línea de alimentación llena de ergol líquido y sin burbuja, en la medida en que el volumen del conducto (7) común, entre los puntos (A y B), es inferior al volumen del conducto (8) de alimentación, entre el punto (B) y las toberas (12) del grupo habiendo conocido la pérdida de rendimiento mencionada anteriormente, en el momento de la llegada de burbujas procedentes del depósito (1) a las toberas (12). En efecto, en esta configuración, las burbujas se han evacuado por las toberas (12) o han quedado atrapadas entre el extremo aguas abajo (al punto B) del conducto (7) común y las toberas (12). Para limitar la propagación o el desplazamiento eventual de las burbujas a largo plazo, es posible y se prefiere un cierre preventivo de la válvula (10) de alimentación sobre el conducto (8) de alimentación.

Se entiende que la puesta en práctica del procedimiento de detección del vaciado completo de un depósito según la invención, y por tanto de cualquier procedimiento de gestión de ergol que comprende como una de sus etapas, necesita, como mínimo, un depósito tal como (1 ó 2), de tensión superficial, y al menos un sensor de presión, tal como (14, 15 ó 16), sobremuestreado a la salida del depósito, y que permite detectar la amortiguación, o la desaparición, de las oscilaciones de presión provocadas en una línea de alimentación de toberas tales como (12 ó 13) con ergol líquido por órdenes de apertura y cierre de una válvula tal como (10 u 11) de alimentación de estas toberas (12 ó 13), y parar el plan de maniobras del satélite.

ES 2 315 901 T3

La capacidad de reacción del dispositivo de la figura única y poniendo en práctica los procedimientos de la invención se mejora por la utilización de un software de mando de este dispositivo, que permite la interrupción del vaciado de un depósito tal como (1 ó 2) en curso de maniobra, por ejemplo sobre la base de uno y/u otro de los dos criterios siguientes.

5

Un primer criterio puede proceder del análisis de la información dada por al menos un sensor de presión tal como (14 ó 15 y/o 16), por ejemplo tal como el descrito anteriormente durante la primera maniobra para la que el grupo de toberas (12) se alimenta a partir del depósito (1). El tiempo de reacción debe permitir la parada de la maniobra antes de la llegada de las burbujas al extremo aguas arriba del conducto (7) común, o bien en el punto (A), a continuación de una detección de la amortiguación o de la desaparición de las ondas de presión ligada al paso de la interfaz entre el ergol líquido y las burbujas de gas al nivel del sensor (14) de presión aguas arriba, o antes de la llegada de las burbujas a las toberas (12) o, preferiblemente, no más aguas abajo que el extremo aguas abajo, en el punto (B), del conducto (7) común, a continuación de una detección de la amortiguación o de la desaparición de las ondas de presión por el sensor (14) de presión aguas arriba o aguas abajo (16). Después de esta parada de maniobra, no se propone un cambio del grupo de toberas accionado (las toberas (13) en lugar de las toberas (12) en este ejemplo) si la detección de las burbujas se realiza muy aguas arriba, por ejemplo por el único sensor (14) de presión aguas arriba, y sin que el sensor (16) de presión aguas abajo detecte una amortiguación o una desaparición de dichas ondas de presión.

El segundo criterio puede ser un criterio de desalineación de actitud, como, por ejemplo, para la segunda maniobra descrita anteriormente, para la que el grupo de toberas (12) se alimenta a partir del depósito (2). El software de puesta en práctica del procedimiento de gestión de ergol ordena por tanto un cambio del grupo de toberas solicitado, que es el de las toberas (13), para beneficiarse de ergol sin burbuja y recuperar la alineación del satélite. El software de mando se garantiza mientras que el umbral de desalineación utilizado para la orden descrita anteriormente verifica al menos las tres restricciones siguientes.

La primera restricción es que el umbral de desalineación debe ser superior a las desalineaciones registradas habitualmente en maniobra del satélite, para no activar la orden descrita anteriormente de manera intempestiva, sin presencia de burbujas, por tanto antes de cualquier detección del vaciado completo de un depósito.

30

La segunda restricción es que este umbral de desalineación sea inferior al umbral aceptable para cualquier misión del satélite que esté en curso de ejecución.

La tercera restricción es que el umbral de desalineación sea inferior al umbral de activación del modo de reconfiguración del satélite que está asociado a los casos de fallo leve, tomando un margen, para permitir recuperar la actitud del satélite con el grupo redundante de toberas (por ejemplo las toberas (13) en el ejemplo descrito anteriormente).

35

Los procedimientos de detección del vaciado completo de un depósito de ergol líquido y de gestión de ergol a bordo de un satélite, tal como se describieron anteriormente, son particularmente interesantes para garantizar la gestión de los depósitos para dos tipos de ergoles de un satélite a propulsión bilingüida al final de la vida, con cuatro depósitos que incluyen dos por tipo de ergol, tal como ya se mencionó anteriormente para la figura única, que sólo representa los dos depósitos de un tipo de ergol (carburante o comburente), mientras que otros dos depósitos, para el otro tipo de ergol, pueden también alimentar los dos grupos de toberas (12 y 13) por conductos de vaciado análogos a los conductos (3 y 4), con válvulas de vaciados análogas a las válvulas (5 y 6), y sobre las que están montados sensores de presión aguas arriba tales como (14 y 15), con un conducto común tal como (7) sobre el que está montado al menos un sensor de presión aguas abajo tal como (16), y con conductos de alimentación tales como (8 y 9), sobre los que están montadas válvulas de alimentación tales como (10 y 11) respectivamente.

En este caso, durante los últimos años de la vida útil del satélite en órbita, antes de proceder a su reorbitación o desorbitación, procedimientos conocidos de estimación de los ergoles restantes en los depósitos permiten identificar qué tipo de ergol será excedentario (el ergol oxidante o el ergol reductor). La cantidad de este ergol en exceso, que no puede utilizarse puesto que ya no hay a bordo del satélite ninguna cantidad del otro tipo de ergol para consumir el ergol en exceso, se denomina "residual dinámico". Como los rendimientos de los motores de toberas tales como (12 y 13) con un solo tipo de ergol no se consideran suficientes, estos "residuales dinámicos" no se toman en cuenta por tanto en los presupuestos de ergol.

55

La primera etapa de la gestión de los depósitos al final de la vida del satélite consiste por tanto en identificar el tipo de ergol en exceso. A modo de ejemplo, se supone que se trata del ergol almacenado en los dos depósitos del otro ergol no representados en la figura única, y denominados tercer depósito y cuarto depósito.

60

Por la selección de los depósitos que alimentan uno o el otro de los grupos de toberas (12 y 13) durante las últimas maniobras del satélite, se propone mantener los depósitos tercero y cuarto en niveles idénticos de relleno según la estimación de ergol restante.

Asimismo, por la selección de los depósitos durante las últimas maniobras, se propone mantener, para los depósitos (1 y 2), el depósito (1) con un relleno inferior al del depósito (2) de la cantidad de ergol necesaria para la reorbitación o desorbitación del satélite, según las estimaciones de ergol restante.

65

El procedimiento de detección del vaciado completo de un depósito, tal como se definió anteriormente, se pone en práctica por tanto, y cuando se detecta el vaciado completo del depósito (1), se interrumpe la maniobra en curso, y se declara el final de la vida del satélite.

5 La basculación de la alimentación de las toberas (12 ó 13) sobre el depósito (2) redundante se efectúa a continuación según el procedimiento anteriormente descrito, y se efectúa la reorbitación o desorbitación del satélite por una alimentación de las toberas a partir del depósito (2), con un ergol, y alternativamente a partir de los depósitos (3 y 4), mantenidos a un nivel sensiblemente idéntico, para el otro ergol.

10 Conviene observar que el procedimiento de basculación de la alimentación de un ergol de un depósito del que se ha detectado el vaciado completo, al otro depósito de este ergol tal como se describió anteriormente, no es aplicable una segunda vez a los depósitos tercero y cuarto y no puede por tanto repetirse, puesto que se aprovecha de la redundancia de los grupos de toberas (12 y 13) para adaptarse a la basculación de la alimentación de un depósito al otro. La
15 detección del vaciado completo de uno de los depósitos tercero y cuarto no permitiría bascular la alimentación del segundo ergol sobre el otro de estos depósitos tercero y cuarto, sin pérdida de control del satélite después de la basculación de la alimentación sobre éste de los depósitos tercero y cuarto que parece redundante, puesto que las toberas de uno de los grupos, las toberas (12) en el ejemplo descrito anteriormente, pueden estar ya contaminadas por las burbujas procedentes del depósito (1) cuyo vaciado completo se ha detectado, y estas toberas están por tanto
20 inutilizables.

Por consiguiente, después de la detección del vaciado completo de un primer depósito de un ergol, por ejemplo del depósito (1), y conmutación de la alimentación de un y/o del otro de los dos grupos de toberas (12 y 13) sobre el segundo depósito del mismo ergol, por ejemplo el depósito (2), y eventualmente después de la restauración de la actitud del satélite, se destinan las cantidades residuales de ergol en los depósitos a una duración residual del satélite
25 en órbita y/o a la reorbitación o desorbitación del satélite sobre una órbita denominada "cementerio".

Referencias citadas en la memoria

30 Esta lista de referencias citadas por el solicitante se dirige únicamente a ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Incluso si se ha procurado el mayor cuidado en su concepción, no se pueden excluir errores u omisiones y el OEB declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente mencionados en la memoria

- 35
- FR 2635499 (0002)

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección del vaciado completo de al menos un depósito (1, 2) de ergol líquido de tensión superficial de un satélite artificial, en particular de un satélite geosíncrono (geoestacionario), en el que dicho depósito (1, 2) de ergol está unido, por un conducto (3, 4) de vaciado sobre el que está montada una válvula (5, 6) de vaciado de depósito, a al menos un conducto (7, 8, 9) de alimentación de una tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), de control de actitud y/u órbita de un sistema de propulsión del satélite, y sobre el que está montada una válvula (10, 11) de alimentación de tobera(s), controlada por intermitencia en la apertura y el cierre para accionar por intermitencia dicha tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), **caracterizado** porque comprende al menos las etapas que consisten, con ayuda de al menos un sensor (14, 15, 16) de presión montado sobre el conducto (3, 4) de vaciado o (7, 8, 9) de alimentación entre dichas válvulas (5, 6) de vaciado y (10, 11) de alimentación, en detectar las ondas de oscilaciones de presión (golpes de ariete) resultantes de las aperturas y cierres de dicha válvula (10, 11) de alimentación y que recorren los conductos (7, 8, 9) de alimentación y (3, 4) de vaciado de la válvula (10, 11) de alimentación aguas abajo, hacia dicho depósito (1, 2) aguas arriba, después en detectar, a continuación de una orden de dicha válvula (10, 11) de alimentación, la amortiguación al menos parcial (si no la desaparición) de dichas ondas de oscilaciones de presión que son prueba del paso de la transición entre ergol líquido y un gas de presurización del ergol al nivel del sensor (14, 15, 16) de presión, y por tanto del vaciado completo del depósito (1, 2).

2. Procedimiento de gestión de ergol a bordo de un satélite artificial en órbita, que comprende un único depósito (1) de ergol líquido de tensión superficial por tipo de ergol, estando unido dicho depósito (1), por un conducto (3) de vaciado sobre el que está montada una válvula (5) de vaciado del depósito, a dos conductos (8, 9) de alimentación sobre cada uno de los que está montada una válvula (10, 11) de alimentación respectiva de una tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), respectiva de control de actitud y/o de órbita de un sistema de propulsión del satélite, comprendiendo el procedimiento al menos las etapas que consisten:

en alimentar por intermitencia una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas (12, 13), con ergol mediante órdenes de apertura y cierre de una u otra de las válvulas (10, 11) de alimentación, mientras que dicha válvula (5) de vaciado del depósito está abierta,

en controlar el vaciado de ergol de dicho depósito (1), **caracterizado** porque comprende también al menos la etapa que consiste en detectar el vaciado completo de este depósito (1) mediante el procedimiento según la reivindicación 1 y, a partir de una señal de al menos un sensor (14, 16) de presión que detecta el vaciado completo de dicho depósito (1), en controlar la parada de la maniobra en curso, y el cierre de la válvula (10, 11) de alimentación de dicha tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), accionada durante dicha maniobra, para proteger operaciones venideras, y en efectuar operaciones de extinción del satélite en alineación nominal mediante controles remotos manuales con una visibilidad del suelo garantizada.

3. Procedimiento de gestión de ergol a bordo de un satélite artificial en órbita, que comprende, para al menos un ergol, dos depósitos (1, 2) de ergol líquido de tensión superficial unidos, cada uno por un conducto (3, 4) de vaciado respectivo sobre el que está montada una válvula (5, 6) de vaciado respectiva, al extremo (A) aguas arriba de un conducto (7) común, cuyo extremo (B) aguas abajo está unido en paralelo a cada una de dos toberas o pluralidades de toberas (12, 13) de control de actitud y/o de órbita de un sistema de propulsión del satélite, por un conducto (8, 9) de alimentación respectivo sobre el que está montada una válvula (10, 11) de alimentación respectiva de la tobera, o pluralidad de toberas (12, 13) correspondiente, comprendiendo el procedimiento al menos las etapas que consisten:

- en alimentar por intermitencia una u otra de las dos toberas o pluralidad de toberas (12, 13) con ergol mediante órdenes de apertura y cierre de una u otra de las válvulas (10, 11) de alimentación, mientras que una de las válvulas (5, 6) de vaciado está abierta y la otra cerrada, de modo que el ergol se vacía de uno al menos de los dos depósitos (1, 2),

- en cerrar la válvula (5, 6) de vaciado abierta anteriormente y abrir la cerrada anteriormente, para bascular la alimentación de las toberas, o pluralidades de toberas (12, 13), desde el depósito (1, 2) anteriormente vaciado a partir del otro depósito, y

- en repetir, según las necesidades para el control de actitud y/o de órbita del satélite, las dos etapas anteriores, **caracterizado** porque comprende además al menos las etapas que consisten:

- en controlar el vaciado de ergol líquido de los dos depósitos (1, 2), y en detectar el vaciado completo de un primer depósito (1) mediante el procedimiento según la reivindicación 1, después en controlar la parada de la maniobra en curso y en conmutar la alimentación con ergol líquido del primer depósito (1), que está vacío, al segundo depósito (2), mediante una orden apropiada en la apertura de la válvula (6) de vaciado de dicho segundo depósito (2).

4. Procedimiento de gestión de ergol, según la reivindicación 3, **caracterizado** porque consiste en controlar el vaciado de los dos depósitos (1, 2) y en detectar el vaciado completo de un primer depósito (1) con ayuda de al menos un sensor (16) de presión aguas abajo, montado sobre dicho conducto común (7), y/o de al menos un sensor (14, 15) de presión aguas arriba montado sobre cada uno de los dos conductos (3, 4) de vaciado, entre el extremo (A) aguas arriba del conducto (7) común y la válvula (5, 6) de vaciado de depósito correspondiente.

5. Procedimiento de gestión de ergol, según la reivindicación 4, **caracterizado** porque, si la detección del vaciado completo del primer depósito (1) se garantiza por un sensor (14) de presión aguas arriba, antes de que el gas de presurización del ergol alcance dicho conducto (7) común, el procedimiento comprende también, tras la orden de parada de la maniobra en curso, la reanudación de al menos una maniobra mediante el accionamiento de una u otra de las dos toberas o pluralidades de toberas (12, 13), después de la conmutación de su alimentación sobre el segundo depósito (2) del mismo ergol.

6. Procedimiento de gestión de ergol, según la reivindicación 4, **caracterizado** porque, si la detección del vaciado completo del primer depósito (1) se garantiza por un sensor (16) de presión aguas abajo, el procedimiento comprende además, tras la parada de la maniobra en curso, etapas que consisten en controlar la conmutación de la alimentación de dicha tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), en acción en el momento de la detección del vaciado completo, al segundo depósito (2) del mismo ergol, hasta la detección de una perturbación del funcionamiento de dicha tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), en controlar entonces el cierre de la válvula (10, 11) de alimentación de dicha tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), y la apertura de la válvula de alimentación de la otra tobera o pluralidad de toberas, para compensar las consecuencias de dicha perturbación sobre la actitud y/o la órbita del satélite, después en controlar cualquier maniobra posterior alimentando dicha otra tobera o pluralidad de toberas (12, 13) a partir del segundo depósito (2) del mismo ergol.

7. Procedimiento de gestión de ergol, según la reivindicación 6, **caracterizado** porque consiste en garantizar la detección de dicha perturbación del funcionamiento de la tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), en acción en el momento de la detección del vaciado completo del primer depósito (1), con ayuda de un criterio de desalineación de actitud del satélite, y en recuperar la alineación mediante el accionamiento de la otra tobera, o pluralidad de toberas (13, 14), alimentada por el segundo depósito (2) del mismo ergol.

8. Procedimiento de gestión de ergol, según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el criterio de desalineación consiste en utilizar un umbral de desalineación que verifica las restricciones siguientes:

- ser superior a las desalineaciones registradas habitualmente en maniobra, para no activar de manera intempestiva las operaciones previstas tras la detección de dicha perturbación, antes de la detección del vaciado completo del primer depósito (1),

- ser inferior a un umbral aceptable para una misión, si ésta está en curso de ejecución, y

- ser inferior a un umbral de activación del modo de reconfiguración asociado a los casos de fallo leve, tomando un margen para permitir la recuperación de la actitud del satélite mediante accionamiento de la otra tobera, o pluralidad de toberas (12, 13).

9. Procedimiento de gestión de ergol, según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizado** porque la etapa de orden de parada de la maniobra en curso se garantiza a partir de una señal emitida por un sensor de presión (14, 15, 16) y/o con ayuda de un criterio procedente de un análisis de la información proporcionada por al menos un sensor (14, 15, 16) de presión.

10. Procedimiento de gestión de ergol, según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, para un sistema de propulsión de satélite artificial de dos ergoles contenidos cada uno en dos depósitos de ergoles líquidos de tensión superficial, que forman dos parejas de depósitos asociados de los que cada uno comprende un depósito de un primer ergol y un depósito de un segundo ergol, estando alimentada una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas (12, 13), con ergoles simultáneamente por los dos depósitos de una u otra pareja de depósitos asociados, **caracterizado** porque tras la detección del vaciado completo de un primer depósito (1) de un primer ergol, la parada de la maniobra en curso, la conmutación de la alimentación a partir del segundo depósito (2) del primer ergol y, eventualmente, la conmutación de la propulsión a una de las toberas, o pluralidades de toberas (12, 13), tras la contaminación de la otra tobera o pluralidad de toberas, por la llegada de un gas de presurización del primer ergol como resultado del vaciado completo del primer depósito (1) de primer ergol, en alimentar una u otra de las dos toberas, o pluralidades de toberas (12, 13), o únicamente la que no está contaminada por el gas de presurización, a partir del segundo depósito (2) del primer ergol y simultáneamente de uno u otro de los dos depósitos del segundo ergol.

11. Procedimiento de gestión de ergol, según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 10, **caracterizado** porque consiste, tras la detección del vaciado completo de un primer depósito (1) de un ergol y la conmutación de la alimentación de una y/u otra de las toberas, o pluralidades de toberas (12, 13), al segundo depósito (2) del mismo ergol, y eventualmente tras la restauración de la actitud del satélite, en destinar las cantidades residuales de ergoles en los depósitos a una duración residual del satélite en órbita y/o a un cambio de órbita del satélite a una órbita cementerio.

12. Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque consiste además en muestrear la señal de al menos un sensor (14, 15, 16) de presión a una frecuencia sensiblemente igual a la mitad de la frecuencia de accionamiento de una tobera, o pluralidad de toberas (12, 13), para una detección de las oscilaciones de presión consecutivas a las aperturas y cierres de la válvula (10, 11) de alimentación correspondiente.

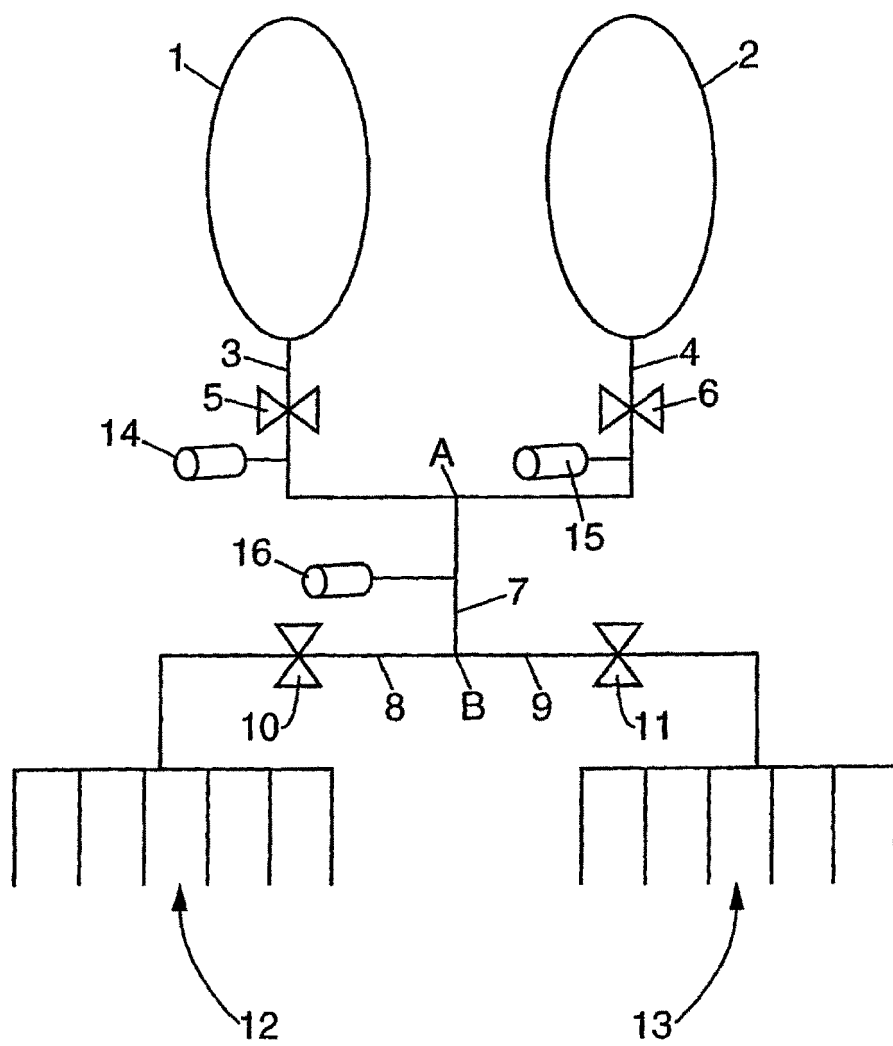


FIGURA UNICA