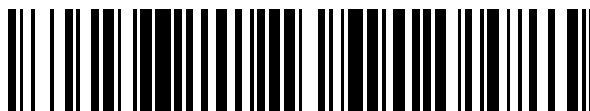


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 953 731**

51 Int. Cl.:

G01M 3/00 (2006.01)

G01M 3/16 (2006.01)

G01M 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2020** **E 20153115 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3855150**

54 Título: **Detector de fugas internas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2023

73 Titular/es:

EUROPEAN SPACE AGENCY (100.0%)
8-10 rue Mario-Nikis
75738 Paris Cedex 15, FR

72 Inventor/es:

SMITH, MATTHEW

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 953 731 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

Detector de fugas internas

Campo técnico

5 Esta aplicación se relaciona con detectores de fugas internas para vías de fluidos. En particular, la solicitud se refiere a detectores de fugas internas para motores de cohetes de vehículos espaciales. La solicitud se refiere además a métodos correspondientes de detección de fugas internas.

Antecedentes

10 La detección de fugas internas es un tema importante en varios campos técnicos diferentes. Estos campos técnicos incluyen, entre otros, motores de cohetes de vehículos espaciales. Se han producido anomalías de fugas en los motores de cohetes en múltiples programas espaciales durante las pruebas en tierra y en órbita. Las fugas del motor generalmente se clasifican como un peligro crítico o catastrófico debido a la toxicidad, la corrosividad y el potencial energético de los propulsores. Por lo tanto, la detección de fugas es una tarea importante. Sin embargo, la capacidad de detección de fugas hasta la fecha, especialmente la detección de fugas para aplicaciones espaciales como motores de cohetes, tiene una eficacia limitada.

15 Por lo tanto, existe la necesidad de técnicas mejoradas para la detección de fugas en vías de fluidos. Existe una necesidad particular de tales técnicas que sean aplicables a vehículos espaciales, por ejemplo, a sus motores de cohetes.

20 El documento US2018/0080847 A1 describe un detector de fugas para tuberías de varios tamaños. El detector de fugas comprende una sonda, electrodos eléctricamente conductores conectados de forma axialmente simétrica en relación con la sonda eléctrica y un collar conductor. Un campo eléctrico de la sonda puede llegar a las paredes con un potencial lo suficientemente alto como para localizar con precisión los defectos en la pared de la tubería.

El documento WO2019105854 A1 describe un detector de flujo de fuga para un sello, utilizando el detector una diferencia de temperatura creada artificialmente y comprendiendo al menos un elemento de calentamiento y al menos dos sensores de temperatura que están en conexión de transferencia de calor con el flujo de fuga.

25 El documento CN107264269 proporciona un método de diagnóstico de fugas de aceite combustible para un sistema de tanque de combustible basado en una comparación de los parámetros de temperatura y presión en una cavidad cerrada con valores críticos.

Compendio

30 En vista de algunas o todas estas necesidades, la presente descripción propone un dispositivo detector de fugas y un método para realizar la detección de fugas, que tiene las características de las respectivas reivindicaciones independientes 1 y 16.

Las realizaciones preferidas se describen en las reivindicaciones dependientes.

35 Un aspecto de la descripción se refiere a un dispositivo detector de fugas para detectar una fuga interna en una vía de fluido. Se entiende que la detección de fugas solo puede ser relevante (o solo puede realizarse) si no hay un flujo de fluido previsto a través de la vía de fluido. El dispositivo detector de fugas incluye una carcasa con un paso de flujo que se extiende a través de la carcasa. La carcasa puede insertarse en la vía de fluido de, por ejemplo, una tubería o montaje de tubería en general, o un motor de cohete para un vehículo espacial en particular. El dispositivo detector de fugas incluye además uno o más pares de sensores de temperatura para detectar una diferencia de temperatura entre el exterior de la carcasa y el paso de flujo. Un sensor de temperatura de cada par está dispuesto hacia una superficie exterior de la carcasa y el otro sensor de temperatura del par está dispuesto hacia una superficie interior de la carcasa que mira hacia el paso de flujo. Los sensores de temperatura de cada par pueden disponerse uno frente al otro, con una parte de pared de la carcasa interpuesta entre ellos. El dispositivo detector de fugas incluye además una matriz de cables eléctricamente conductores que se extienden a través del paso de flujo. La matriz de cables eléctricamente conductores incluye uno o más cables de polaridad positiva (es decir, cables que tienen polaridad positiva) y uno o más cables de polaridad negativa (es decir, cables que tienen polaridad negativa, por ejemplo, están conectados a tierra). La matriz de cables eléctricamente conductores puede incluir un primer subconjunto (por ejemplo, una pluralidad) de cables de polaridad positiva y un segundo subconjunto (por ejemplo, una pluralidad) de cables de polaridad negativa. Los cables eléctricamente conductores están dispuestos de manera que se cierra un circuito eléctrico cuando las gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso de flujo entran en contacto con un par de cables adyacentes de polaridad opuesta. Es decir, los cables pueden estar separados de manera que pares de cables adyacentes puedan conectarse eléctricamente mediante gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso de flujo.

50 La medición combinada de conductividad y temperatura (o diferencias de temperatura) utilizada por el dispositivo detector de fugas proporciona una detección de fugas confiable y ayuda a evitar indicaciones falsas positivas de fugas. Además, la combinación propuesta de dos enfoques de detección de fugas en un solo dispositivo sensor permite la

- 5 detección de fugas de vapor y fugas de líquido. El dispositivo detector de fugas propuesto es lo suficientemente compacto para ser fácilmente aplicable a casos de uso espacial, incluida la detección de fugas internas eficientes para motores de cohetes de vehículos espaciales. Para este propósito, puede integrarse en la válvula de control de flujo del motor cohete justo debajo del sello y, por lo tanto, permitir la detección inmediata de fugas, especialmente durante la preparación del lanzamiento, pero también más tarde en cualquier punto de la misión. En general, el dispositivo detector de fugas propuesto puede ayudar a mejorar la seguridad de la operación (por ejemplo, la seguridad de la misión) y la confiabilidad de la detección de fallos.
- 10 En algunas realizaciones, los pares de sensores de temperatura pueden adaptarse además para detectar un cambio de temperatura en el paso de flujo. Por ejemplo, la detección de fugas puede implicar observar que hay una caída en la temperatura dentro del paso de flujo (por ejemplo, detectada por los sensores de la superficie interior) y observar además que la temperatura fuera del paso de flujo (por ejemplo, detectada por los sensores de la superficie exterior) cae menos y/o más tarde. Al verificar la detección de fugas observando las caídas de temperatura (que se espera que resulten de la evaporación instantánea) y observando además un desarrollo de tiempo predefinido de la o las diferencias de temperatura, se puede evitar de manera más confiable la detección de fugas positivas falsas.
- 15 Según la invención reivindicada, los cables eléctricamente conductores pueden disponerse de modo que se formen uno o más pares de cables de polaridad opuesta. Los cables de cada par están separados por una distancia que permite que se forme una conexión eléctrica entre estos cables mediante gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso de flujo.
- 20 En algunas realizaciones, los cables eléctricamente conductores pueden disponerse de modo que cada cable de polaridad positiva esté separado de uno de los cables de polaridad negativa por no más de una distancia máxima predeterminada para al menos una posición a lo largo del respectivo cable de polaridad positiva. De este modo, se puede asegurar que las gotitas de fluido que se propagan a lo largo del paso de flujo puedan detectarse en cualquier lugar a través del paso de flujo.
- 25 En algunas realizaciones, los cables eléctricamente conductores pueden disponerse sustancialmente en paralelo entre sí.
- 30 En algunas realizaciones, los cables eléctricamente conductores pueden disponerse en un plano común que se cruza con el paso de flujo. Entonces, los cables eléctricamente conductores adyacentes en el plano común pueden tener polaridad opuesta. Alternativamente, los cables de polaridad positiva pueden disponerse en un primer plano común que interseca el paso de flujo y los cables de polaridad negativa pueden disponerse en un segundo plano común que interseca el paso de flujo. Los planos primero y segundo pueden extenderse en paralelo entre sí pero pueden estar desplazados (por ejemplo, desviados) entre sí, por ejemplo en una dirección que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal del paso de flujo. Este desplazamiento puede ser lo suficientemente pequeño para garantizar que las gotitas de líquido que fluyen a lo largo del paso de flujo formen circuitos eléctricos.
- 35 En algunas realizaciones, los cables de polaridad positiva pueden aislarse eléctricamente de la carcasa. Por el contrario, los cables de polaridad negativa pueden conectarse eléctricamente a la carcasa. La carcasa puede ser eléctricamente conductora.
- 40 En algunas realizaciones, los aisladores respectivos para aislar eléctricamente los cables de polaridad positiva de la carcasa pueden estar hechos (por ejemplo, formarse, fabricarse) de cerámica, cuarzo o teflón. Se ha encontrado que estos materiales son resistentes al contacto con propulsores u oxidantes usados para motores de cohetes.
- 45 En algunas realizaciones, los cables de polaridad positiva pueden conectarse eléctricamente entre sí a través de una conexión eléctrica. La conexión eléctrica puede proporcionarse dentro (por ejemplo, en) de la carcasa o fuera de la carcasa. La conexión eléctrica puede estar aislada de la carcasa. En algunas realizaciones, los cables eléctricamente conductores pueden estar hechos (por ejemplo, formados, fabricados) de una aleación de titanio o acero inoxidable. Se ha encontrado que estos materiales son resistentes al contacto con propulsores u oxidantes usados para motores de cohetes.
- 50 En algunas realizaciones, el dispositivo detector de fugas puede incluir además un circuito de lectura para detectar una corriente que fluye entre uno o más de los cables de polaridad positiva y uno o más de los cables de polaridad negativa del conjunto de cables eléctricamente conductores y para detectar uno o más diferencias de temperatura de los pares de sensores de temperatura. El circuito de lectura puede adaptarse adicionalmente para determinar si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en base a la corriente detectada y la detección de una o más diferencias de temperatura. El circuito de lectura puede implementar un algoritmo para determinar si existe una fuga, en base a la información mencionada anteriormente y los criterios predefinidos. En una implementación, se puede detectar una diferencia de temperatura por par de sensores de temperatura. Alternativamente, se puede detectar una diferencia general para todos los sensores de temperatura, por ejemplo, determinando una temperatura promedio para los sensores de temperatura de cada par que están dispuestos hacia la superficie exterior de la carcasa, determinando una temperatura promedio para los sensores de temperatura de cada par que se disponen hacia la superficie interior de la carcasa que mira hacia el paso del flujo, y tomando la diferencia de estas temperaturas medias. En algunas
- 55

realizaciones, el circuito de lectura se puede adaptar adicionalmente para determinar si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en base al cambio de temperatura detectado en el paso del flujo.

Otro aspecto de la descripción se refiere a un montaje de tubería para conducir un fluido y una válvula dispuesta dentro de la tubería, que incluye además el dispositivo detector de fugas según el aspecto anterior o cualquiera de sus realizaciones. Allí, el dispositivo detector de fugas puede estar dispuesto aguas abajo de la válvula, con respecto a una dirección de flujo del fluido a través de la válvula cuando la válvula está en un estado abierto. Por ejemplo, el dispositivo detector de fugas puede disponerse inmediatamente aguas abajo de la válvula. En algunas implementaciones, el ensamblaje puede ser parte de un motor de cohete de un vehículo espacial.

Otro aspecto de la descripción se refiere a un motor de cohete que incluye el dispositivo detector de fugas.

Otro aspecto más de la descripción se refiere a un método para realizar la detección de fugas según la reivindicación 16.

El método incluye detectar una corriente que fluye entre uno o más de los cables de polaridad positiva y uno o más de los cables de polaridad negativa del conjunto de cables eléctricamente conductores. El método incluye además detectar una o más diferencias de temperatura de los pares de sensores de temperatura. El método incluye además determinar si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en base a la corriente detectada y la detección de una o más diferencias de temperatura. El paso de determinación puede basarse además en uno o más criterios predefinidos.

En algunas realizaciones, el método puede incluir además la detección adicional de un cambio de temperatura en el paso de flujo. Entonces, determinar si hay una fuga interna presente en el paso del flujo puede depender además del cambio de temperatura detectado en el paso del flujo.

Se apreciará que las características del aparato y los pasos del método pueden intercambiarse de muchas maneras. En particular, los detalles del aparato descrito (por ejemplo, dispositivo detector de fugas) pueden realizarse mediante el método correspondiente de funcionamiento del aparato, y viceversa, como apreciará el experto en la materia. Además, se entiende que cualquiera de las declaraciones anteriores hechas con respecto al aparato se aplica igualmente al método correspondiente, y viceversa.

Breve descripción de las figuras

Las realizaciones ejemplares de la descripción se explican a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la Fig. 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un dispositivo detector de fugas según las realizaciones de la descripción,

la Fig. 2 es un dibujo en sección del dispositivo detector de fugas que se muestra en la Fig. 1m,

la Fig. 3 y la Fig. 4 ilustran esquemáticamente posibles opciones de ubicación para dispositivos detectores de fugas en motores de cohetes de vehículos espaciales según realizaciones de la descripción, y

la Fig. 5 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un método de detección de fugas según realizaciones de la descripción.

Descripción detallada

A continuación, se describirán realizaciones ejemplares de la descripción con referencia a las figuras adjuntas. Los elementos idénticos en las figuras pueden indicarse con números de referencia idénticos, y puede omitirse la descripción repetida de los mismos por razones de concisión.

Dos enfoques principales son factibles para la detección de fugas, como la detección de fugas en motores de cohetes: la disminución de la presión y la medición de la temperatura de evaporación del propulsor. En el enfoque de caída de presión, se mide una caída en la presión del propulsor debido a una fuga utilizando transductores de presión de la línea de alimentación. Esto solo es posible cuando se puede esperar una presión estable (por ejemplo, cuando el motor del cohete no está encendido y la temperatura es estable durante un período prolongado). Las fugas pequeñas a moderadas son difíciles de detectar debido a la variación de temperatura del sistema y la fidelidad del transductor de baja presión. También es difícil aislar la fuga en un motor determinado o incluso en un grupo de motores con este enfoque. La medición de la temperatura de evaporación del propelente se ha utilizado especialmente para vehículos espaciales tripulados. Este enfoque mide la caída de temperatura asociada con la evaporación instantánea del propulsor filtrado en el vacío. En el lado negativo, el combustible MMH tiene una menor tendencia que el oxidante MON a evaporarse repentinamente debido a la menor presión de vapor. Además, los sensores de temperatura normalmente se montarían en el exterior de la estructura del fluido y, por lo tanto, proporcionarían una fidelidad limitada, y los entornos externos (por ejemplo, la exposición al sol) pueden interferir con la medición de la temperatura.

La presente invención se refiere a la detección de fugas, y especialmente a la detección de fugas para motores de cohetes de vehículos espaciales. Combina de manera sinérgica dos enfoques de detección en un solo dispositivo de sensor especialmente diseñado para abordar las deficiencias de los enfoques antes mencionados.

5 En términos generales, la presente invención combina los siguientes dos métodos incorporados en un (pequeño) dispositivo sensor para detectar y señalar fugas: electrodos que están conectados por un fluido que se filtra (por ejemplo, propulsor) completando un circuito eléctrico y sensores térmicos (sensores de temperatura) que detectan una caída de temperatura debido a la evaporación instantánea de fluido (por ejemplo, propulsor).

10 Como tal, la presente invención se refiere a dispositivos y métodos que combinan dos enfoques para detectar fugas internas (por ejemplo, fugas en motores de cohetes): conductividad eléctrica y medición de temperatura. Un dispositivo sensor según las realizaciones de la descripción incluye cables conductores eléctricos que se extienden a lo largo de la vía de flujo (por ejemplo, vía de flujo de propulsor), de modo que las gotitas de fluido que se escapan (por ejemplo, gotitas de propulsor) entran en contacto con dos o más cables y completan un circuito eléctrico, permitiendo el flujo de corriente. Se pueden proporcionar aisladores alrededor de los cables conductores para aislar eléctricamente los cables de la carcasa del dispositivo sensor. La corriente que fluye indica una fuga y puede provocar, por ejemplo, el aislamiento y la recuperación del motor. El dispositivo sensor también incluye sensores de temperatura colocados sobre/cerca de la superficie interna y sobre/cerca de la superficie externa. Los sensores internos pueden detectar una caída en la temperatura asociada con la evaporación instantánea del fluido que se escapa (por ejemplo, propulsor). Esto indica una fuga y puede provocar, por ejemplo, el aislamiento y la recuperación del motor. Los materiales elegidos para el dispositivo sensor de detección de fugas son preferiblemente compatibles con los propulsores de motores de cohetes y los entornos de vehículos espaciales. En general, el dispositivo sensor de detección de fugas es preferiblemente compatible con entornos de vehículos espaciales.

15 En lo anterior, el posicionamiento de múltiples sensores de temperatura cerca/sobre la superficie interna del dispositivo sensor (es decir, cerca de la vía del flujo) permite la detección de cambios de temperatura muy cerca de la fuente. El posicionamiento de múltiples sensores de temperatura cerca/sobre la superficie externa del dispositivo sensor permite la medición de fuentes externas de cambio de temperatura. Se puede establecer un algoritmo para comparar las temperaturas internas y externas (por ejemplo, mediante el control de las diferencias entre las temperaturas internas y externas) y definir las condiciones indicativas de fugas. La comparación de las temperaturas internas y externas puede, por ejemplo, complementar la observación de las caídas de temperatura en la vía del flujo.

20 La configuración anterior permite lograr un dispositivo sensor de detección de fugas que es compacto y puede colocarse inmediatamente aguas abajo de, por ejemplo, un sello de válvula de control de flujo o puede integrarse fácilmente en la válvula de control de flujo.

25 Ahora se describirán ejemplos de dispositivos detectores de fugas según realizaciones de la descripción con referencia a Fig. 1 y Fig. 2. En esto, la Fig. 1 ilustra esquemáticamente una vista de un ejemplo de un dispositivo 100 detector de fugas según las realizaciones de la descripción cuando se ve a lo largo de una vía de flujo a través del dispositivo 100 detector de fugas. La Fig. 2 es un dibujo en sección del dispositivo 100 detector de fugas, con la sección indicada por la línea discontinua en Fig. 1.

30 Se entiende que el dispositivo 100 detector de fugas es capaz de detectar una fuga interna en una vía de fluido. Se entiende que esto es relevante solo en situaciones en las que no se espera que fluya fluido a través de la vía de fluido, por ejemplo, si se cierra una válvula destinada a bloquear la vía de fluido. Para poder detectar la fuga interna, el dispositivo 100 detector de fugas puede insertarse en la vía del fluido. Por ejemplo, el dispositivo detector de fugas puede ser adecuado para colocarlo en la salida de una válvula de control de flujo (FCV) de un motor de cohete.

35 El dispositivo 100 detector de fugas comprende una carcasa 110 que puede tener, por ejemplo, una forma anular con un segmento cilíndrico interior que forma un paso 120 de flujo que se extiende a través de la carcasa. Sin embargo, la forma de la carcasa 110 no se limita a anular, y la forma del paso de flujo no se limita a cilíndrica. En general, es suficiente que la carcasa 110 defina un paso 120 de flujo que se extienda a través de la carcasa 110. El dispositivo detector de fugas puede desplegarse insertando el dispositivo detector de fugas (es decir, el paso 120 de flujo) en una vía de fluido para la cual se va a realizar la detección de fugas, como, por ejemplo, una vía de flujo de propulsor de un motor de cohete. La carcasa 110 puede ser eléctricamente conductora.

40 Como se indicó anteriormente, las realizaciones de la presente descripción se refieren a un dispositivo sensor de detección de fugas y un proceso para detectar y señalar fugas. Dos enfoques de detección están integrados en un solo dispositivo detector de fugas: conductividad eléctrica y medición de temperatura. Para usar conductividad eléctrica para la detección de fugas, el dispositivo 100 detector de fugas comprende (una serie de) cables 150, 160 eléctricamente conductores que se extienden a través del paso 120 de flujo. Los cables eléctricamente conductores comprenden uno o más cables 150 de polaridad positiva y uno o más cables 160 de polaridad negativa. Los cables 150 de polaridad positiva pueden ser cables a los que se aplica un voltaje sobre tierra, y los cables 160 de polaridad negativa pueden ser cables que están conectados a tierra. La puesta a tierra se puede lograr, por ejemplo, conectando eléctricamente los cables 160 de polaridad negativa a la carcasa 110 (conductora de electricidad). En algunas realizaciones, las superficies exteriores de la carcasa se pueden aislar, especialmente aquellas superficies exteriores

que entran en contacto con los componentes de interfaz de, por ejemplo, el motor cohete. De ese modo, se puede evitar que corrientes vagabundas pasen por el motor del cohete.

5 Los cables 150 de polaridad positiva se pueden aislar eléctricamente de la carcasa 110. Esto se puede lograr mediante aisladores 155 que se pueden proporcionar, por ejemplo, en los respectivos conductos pasantes en la carcasa 110 para los cables 150 de polaridad positiva. En general, los cables 150 de polaridad positiva se entienden que se mantienen conjuntamente en un primer nivel de tensión que está por encima de un segundo nivel de tensión en el que se mantienen conjuntamente los cables 160 de polaridad negativa.

10 Los cables 150 de polaridad positiva se pueden conectar eléctricamente entre sí, en el que la conexión eléctrica se puede proporcionar dentro (en) o fuera de la carcasa. En cualquier caso, se entiende que la conexión eléctrica está eléctricamente aislada de la carcasa 110 si la carcasa 110 es eléctricamente conductora.

15 En tal configuración, las gotas de líquido (por ejemplo, gotas de propulsor líquido) que contactan dos o más cables (de polaridad opuesta) completan un circuito eléctrico, lo que permite generar una señal que indica una fuga. Con este fin, los cables 150, 160 eléctricamente conductores que se extienden a través del paso 120 de flujo pueden estar espaciados (por ejemplo, estrechamente espaciados) para asegurar que todas las gotas que pasen a través de cualquier parte del paso 120 de flujo serán detectadas. Por ejemplo, los cables 150, 160 eléctricamente conductores pueden disponerse de modo que se formen uno o más pares de cables de polaridad opuesta y que los cables de cada par estén separados por una distancia que permita establecer una conexión eléctrica entre estos cables. Formado por gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso 120 de flujo. Dicho de otra manera, los cables 150, 160 eléctricamente conductores pueden disponerse de modo que un circuito eléctrico se cierre cuando las gotas de fluido que fluyen a lo largo del paso 120 de flujo entran en contacto con un par de cables adyacentes de polaridad opuesta. Para garantizar que se detecten todas las gotitas que pasan a través de cualquier parte del paso 120 de flujo, los cables 150, 160 eléctricamente conductores pueden disponerse de modo que cada cable 150 de polaridad positiva esté separado de uno de los cables 160 de polaridad negativa por no más de una distancia máxima predeterminada (por ejemplo, para al menos una posición a lo largo del cable 150 de polaridad positiva respectivo).

25 En una implementación, los cables 150, 160 eléctricamente conductores están dispuestos sustancialmente en paralelo entre sí. En particular, los cables 150, 160 eléctricamente conductores pueden disponerse en un plano común que interseca el paso 120 de flujo. Entonces, los cables 150, 160 eléctricamente conductores adyacentes en el plano común pueden tener polaridad opuesta. En un ejemplo, los cables 150, 160 eléctricamente conductores pueden estar espaciados sustancialmente de manera uniforme en el plano común. En otra implementación, los cables 150 de polaridad positiva pueden disponerse en paralelo entre sí en un primer plano común y los cables 160 de polaridad negativa pueden disponerse en paralelo entre sí en un segundo plano común. Los planos comunes primero y segundo pueden ser paralelos entre sí y desplazados entre sí a lo largo de una dirección de flujo en el paso 120 de flujo. En tal configuración, la dirección de extensión de los cables 150 de polaridad positiva y la dirección de extensión de los cables 160 de polaridad negativa no necesitan coincidir entre sí. Por ejemplo, estas direcciones de extensión pueden ser ortogonales entre sí.

35 El material elegido para los cables eléctricamente conductores es preferiblemente compatible con los propulsores de motores de cohetes y los entornos de vehículos espaciales. Por ejemplo, los cables eléctricamente conductores se pueden fabricar a partir de una aleación de titanio o de acero inoxidable. Asimismo, el material elegido para los aisladores 155 es preferentemente compatible con propulsores de motores de cohetes y entornos de vehículos espaciales. Por ejemplo, los aisladores 155 pueden fabricarse a partir de cerámica, cuarzo o teflón.

40 Para permitir la detección de fugas, los cables 150, 160 eléctricamente conductores están conectados al circuito 170 de lectura (por ejemplo, la electrónica del vehículo espacial, como un sistema de detección, aislamiento y recuperación de fallos (FDIR)). Cuando el circuito se completa con una gota de líquido conductor (por ejemplo, una gota de propulsor), fluye una corriente entre los respectivos cables de polaridad positiva y negativa. El circuito 170 de lectura puede recibir una indicación 174 de la corriente entre los cables eléctricamente conductores. En algunas implementaciones, el circuito de lectura puede recibir una pluralidad de tales indicaciones, por ejemplo, relacionadas con diferentes pares de cables de polaridad positiva y negativa. Una corriente que fluye entre los cables 150, 160 eléctricamente conductores puede señalar una fuga, de modo que la indicación 174 recibida por el circuito 170 de lectura puede usarse para determinar si existe una fuga interna. Como tal, el circuito 170 de lectura puede detectar una corriente que fluye entre uno o más de los cables 150 de polaridad positiva y uno o más de los cables 160 de polaridad negativa de la (matriz de) cables 150, 160 eléctricamente conductores. Además, puede determinar si hay una fuga interna en la vía del fluido según la corriente detectada. Si se detecta que fluye una corriente entre el cable eléctricamente conductor, se puede concluir que las gotas de líquido se están moviendo a lo largo del paso 120 de flujo, lo que indica una fuga de líquido. Si se determina que hay una fuga interna, el circuito 170 de lectura puede emitir una señal 176 de detección de fugas. Como se describirá con más detalle a continuación, la determinación puede depender además de una o más temperaturas detectadas (o cambios en el tiempo de las mismas) y/o diferencias de temperatura entre temperaturas internas y externas (o cambios en el tiempo de las mismas).

60 Como se indicó anteriormente, el dispositivo 100 detector de fugas utiliza adicionalmente la medición de temperatura para la detección de fugas internas. Con este fin, el dispositivo 100 detector de fugas comprende uno o más pares de sensores 130, 140 de temperatura. Un sensor 130 de temperatura (por ejemplo, un sensor de temperatura exterior)

de cada par está dispuesto hacia (por ejemplo, sobre o cerca de) una superficie exterior de la carcasa 110 y el otro sensor 140 de temperatura (por ejemplo, un sensor de temperatura interior) del par están dispuestos hacia (por ejemplo, sobre o cerca de) una superficie interior de la carcasa 110 que mira hacia el paso 120 de flujo. Los sensores 130, 140 de temperatura de cada par pueden disponerse uno frente al otro, con una porción de pared de la carcasa 110 interpuesta entre ellos. En esta configuración, los sensores de temperatura pueden usarse para detectar una temperatura (o cambio de temperatura) dentro del paso 120 de flujo (por ejemplo, a través de los sensores 140 de temperatura internos), pero también para detectar diferencias de temperatura respectivas (o cambios de la misma) entre un fuera de la carcasa 110 y el paso 120 de flujo (por ejemplo, entre una temperatura externa y una temperatura interna con respecto al paso 120 de flujo).

Por ejemplo, los pares de sensores de temperatura se pueden usar para medir caídas de temperatura dentro del paso 120 de flujo, que se pueden asociar con la evaporación instantánea de fluido (por ejemplo, propulsor) en vacío. Sin embargo, los pares de sensores de temperatura permiten además diferenciar entre caídas de temperatura resultantes de la evaporación instantánea y caídas de temperatura (o cambios en general) resultantes de cambios de temperatura externa. Dado que múltiples sensores de temperatura están integrados en el dispositivo detector de fugas, en/cerca de la superficie interna y en/cerca de la superficie externa de la carcasa 110, los cambios de temperatura dentro del paso 120 de flujo pueden detectarse y compararse con (cambios de) la temperatura externa, para diferenciar entre una fuga interna y cambios de temperatura debidos a fuentes externas. Por ejemplo, la detección de fugas puede implicar observar que la temperatura dentro del paso 120 de flujo (por ejemplo, detectada por los sensores 140 de temperatura internos) presenta una caída y observar además que la temperatura fuera del paso 120 de flujo (por ejemplo, detectada por los sensores 130 de temperatura exterior) cae menos y/o más tarde.

Los sensores 130, 140 de temperatura están conectados al circuito 170 de lectura (por ejemplo, la electrónica del vehículo espacial, como el sistema FDIR). El circuito 170 de lectura puede recibir una o más indicaciones 172 de diferencias de temperatura y/o temperaturas de los pares de sensores de temperatura. El circuito de lectura puede establecer un algoritmo para marcar las temperaturas (o los cambios de las mismas) o las diferencias de temperatura (o los cambios de las mismas) que indican una fuga. Como tal, el circuito 170 de lectura puede detectar una o más diferencias de temperatura de los pares de sensores 130, 140 de temperatura. Además, puede determinar si hay una fuga interna en la vía del fluido en función de una o más diferencias de temperatura detectadas. En algunas implementaciones, el circuito 170 de lectura puede determinar si hay una fuga interna en la vía del fluido basándose además en un cambio de temperatura detectado en el paso 120 de flujo. Si se determina que hay una fuga interna, la señal 176 de detección de fugas puede ser emitida por el circuito 170 de lectura.

Como se señaló anteriormente, el circuito de lectura puede basar su determinación de si hay una fuga interna en la corriente que fluye entre los cables 150, 160 de polaridad positiva y negativa y las temperaturas y/o diferencias de temperatura leídas de los sensores 130, 140 de temperatura. Con este fin, el circuito 170 de lectura puede implementar un algoritmo para determinar si existe una fuga, en base a la información mencionada anteriormente y criterios predefinidos. En una implementación, se puede detectar una diferencia de temperatura por par de sensores de temperatura. Alternativamente, se puede detectar una diferencia general para todos los sensores de temperatura, por ejemplo, determinando una temperatura promedio para los sensores de temperatura de cada par que están dispuestos hacia la superficie exterior de la carcasa, determinando una temperatura promedio para los sensores de temperatura de cada par que se disponen hacia la superficie interior de la carcasa que mira hacia la vía del flujo, y tomando la diferencia de estas temperaturas medias. El circuito 170 de lectura puede considerar que la detección de una temperatura dentro del paso 120 de flujo que cae más y/o antes que una temperatura correspondiente fuera de la carcasa 110 indica una fuga de líquido que se ha evaporado. La detección de una corriente que fluye entre los cables 150, 160 de polaridad positiva y negativa puede ser juzgada por el circuito 170 de lectura como una indicación de una fuga de líquido.

Los enfoques combinados de medición de conductividad/temperatura utilizados por el dispositivo 100 detector de fugas descrito en la presente descripción proporcionan una detección de fugas mucho más fiable y evitan indicaciones de fugas falsas positivas. Además, la combinación propuesta de dos enfoques de detección de fugas en un solo dispositivo sensor permite la detección de fugas de líquido y fugas de líquido que se ha evaporado. Además, el dispositivo 100 detector de fugas se puede aplicar fácilmente a aplicaciones espaciales, incluida la detección de fugas internas eficientes en motores de cohetes arbitrarios para vehículos espaciales. Es lo suficientemente compacto como para integrarse en la válvula de control de flujo del motor cohete justo debajo del sello y permite la detección inmediata de fugas durante la preparación del lanzamiento y más tarde en cualquier punto de la misión. En general, el dispositivo 100 detector de fugas propuesto ayuda a mejorar la seguridad de la misión y la fiabilidad de la detección de fallos. De este modo, el fallo puede aislarse antes de que se propague y tenga consecuencias críticas o catastróficas. Dichas consecuencias podrían incluir, por ejemplo, explosiones intra-múltiples en impulsores bipropulsores hipergólicos, lo que provocaría la ruptura del impulsor y la ignición del sistema de propulsión o el daño/destrucción de los subsistemas adyacentes. Las consecuencias podrían incluir además, por ejemplo, la contaminación con propulsor de equipos sensibles y la pérdida de propulsor.

El dispositivo 100 detector de fugas es adecuado para insertarse en una tubería para conducir un fluido (por ejemplo, un propulsor), en el que el dispositivo 100 detector de fugas se inserta preferiblemente aguas abajo (por ejemplo, inmediatamente aguas abajo) de una válvula en la tubería. Como tal, la presente descripción también se refiere a un conjunto de tubería para conducir un fluido y una válvula dispuesta dentro de la tubería, en donde el conjunto

comprende además el dispositivo 100 detector de fugas descrito anteriormente. En este conjunto, el dispositivo 100 detector de fugas está dispuesto aguas abajo de la válvula, con respecto a una dirección de flujo del fluido a través de la válvula cuando la válvula está en un estado abierto. Este conjunto puede ser parte de un motor cohete para un vehículo espacial, por ejemplo. En consecuencia, la presente descripción también se refiere a motores de cohetes que comprenden el dispositivo detector de fugas propuesto.

Las Fig. 3 y Fig. 4 ilustran posibles ubicaciones del dispositivo 100 detector de fugas en motores 300, 400 de cohetes bipropulsores. Los motores bipropulsores tienen dos propulsores, un combustible y un oxidante. El combustible fluye a través del tubo 310, 410 de entrada, la válvula 315, 415 de control de flujo (cuando está abierta) y el inyector 440 hacia la cámara 330, 430 de combustión. El oxidante tiene un camino similar a través de su tubo 320, 420 de entrada, su válvula 325, 425 de control de flujo (cuando está abierta) y el inyector 440 a la cámara 330, 430 de combustión. Un ejemplo de una ubicación 350, 450 factible para disponer el dispositivo detector de fugas es en la salida de la válvula de control de flujo, aguas arriba del inyector 440.

Cabe señalar que las características del aparato descritas anteriormente pueden corresponder a las características del método respectivo (por ejemplo, características del método operativo) que pueden no describirse explícitamente, por razones de concisión, y viceversa. Se considera que la descripción del presente documento se extiende también a tales métodos y viceversa.

Por lo tanto, aunque anteriormente se ha descrito un dispositivo detector de fugas según las realizaciones de la invención, la presente descripción también se refiere a un método de detección de fugas, utilizando un dispositivo detector de fugas. El objetivo de este método es detectar una fuga interna en una vía de fluido. Un ejemplo de tal método 500 se ilustra en la Fig. 5. El método 500 comprende, en el paso S510, detectar una corriente que fluye entre uno o más de los cables de polaridad positiva y uno o más de los cables de polaridad negativa del conjunto de cables eléctricamente conductores. En el paso S520, se detectan una o más diferencias de temperatura a partir de los pares de sensores de temperatura. Por ejemplo, pueden detectarse diferencias de temperatura individuales entre sensores de temperatura de pares respectivos de sensores de temperatura, o pueden detectarse en este paso diferencias entre temperaturas promediadas respectivamente entre dos o más sensores de temperatura. Esto se puede hacer junto con (por ejemplo, en respuesta o después de) la detección de un cambio de temperatura interna dentro del paso de flujo. Dicho cambio de temperatura interna puede detectarse controlando las temperaturas detectadas por los sensores de la superficie interna, por ejemplo. En el paso S530, se determina si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en base a la corriente detectada y la detección de una o más diferencias de temperatura. Además, esta determinación puede basarse en el cambio de temperatura interna detectado. Por ejemplo, se puede determinar que existe una fuga interna si las diferencias de temperatura detectadas siguen un patrón predefinido y/o la corriente está presente. Como tal, la determinación puede basarse en uno o más criterios predefinidos para las diferencias de temperatura y la corriente.

En algunas realizaciones, el método 500 puede comprender además (no se muestra en la Fig. 5) detectar un cambio de temperatura en el paso de flujo. Si es así, la determinación de si existe una fuga interna en el paso S530 puede depender además del cambio de temperatura detectado en el paso de flujo. En un ejemplo, la determinación puede comprender observar que la temperatura dentro de la vía del fluido (detectada por los sensores de la superficie interna) ha disminuido (lo que puede ser indicativo de evaporación instantánea) y observar además que la temperatura fuera de la vía del fluido (detectada por los sensores de la superficie exterior) cae menos y/o más tarde. Este hallazgo puede complementarse con la corriente detectada, en el sentido de que se determina que existe una fuga interna si se detecta la corriente y/o las temperaturas observadas siguen el patrón mencionado anteriormente.

Se entiende que cualquier circuito, unidad o bloque descrito anteriormente puede implementarse mediante un procesador informático o procesadores informáticos respectivos, o similares.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) detector de fugas para detectar una fuga interna en una vía de fluido, que comprende:
 - una carcasa (110) con un paso (120) de flujo que se extiende a través de la carcasa (110);
 - 5 uno o más pares de sensores (130, 140) de temperatura para detectar una diferencia de temperatura entre el exterior de la carcasa (110) y el paso (120) de flujo, estando dispuesto un sensor (130) de temperatura de cada par hacia una superficie exterior de estando dispuestos la carcasa (110) y el otro sensor (140) de temperatura del par hacia una superficie interior de la carcasa (110) que mira hacia el paso (120) de flujo; y
 - 10 una matriz de cables (150, 160) eléctricamente conductores que se extienden a través del paso (120) de flujo, donde la matriz de cables (150, 160) eléctricamente conductores comprende uno o más cables (150) de polaridad positiva y uno o más cables (160) de polaridad negativa,
 - en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están dispuestos de manera que un circuito eléctrico se cierra cuando las gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso (120) de flujo entran en contacto con un par de cables adyacentes de polaridad opuesta.
- 15 2. El dispositivo (100) detector de fugas según la reivindicación 1, en el que los pares de sensores (130, 140) de temperatura están adaptados además para detectar un cambio de temperatura en el paso (120) de flujo.
3. El dispositivo (100) detector de fugas según la reivindicación 1 o 2, en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están dispuestos de tal manera que se forman uno o más pares de cables de polaridad opuesta, estando separados los cables de cada par por una distancia que permite que se forme una conexión eléctrica entre estos cables mediante gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso (120) de flujo.
- 20 4. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están dispuestos de modo que cada cable (150) de polaridad positiva esté separado de uno de los cables (160) de polaridad negativa por no más de una distancia máxima predeterminada para al menos una posición a lo largo del respectivo cable (150) de polaridad positiva.
- 25 5. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están dispuestos sustancialmente en paralelo entre sí.
6. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están dispuestos en un plano común que interseca el paso (120) de flujo.
7. El dispositivo (100) detector de fugas según la reivindicación 6, en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores adyacentes en el plano común tienen polaridad opuesta.
- 30 8. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los cables de polaridad positiva están eléctricamente aislados de la carcasa (110).
9. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los cables de polaridad positiva están eléctricamente conectados entre sí a través de una conexión eléctrica.
- 35 10. El dispositivo (100) detector de fugas según la reivindicación 8, en el que los respectivos aisladores (155) para aislar eléctricamente los cables (150) de polaridad positiva de la carcasa (110) están hechos de cerámica, cuarzo o teflón.
11. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que los cables (160) de polaridad negativa están conectados eléctricamente a la carcasa (110).
- 40 12. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están hechos de una aleación de titanio.
13. El dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende además un circuito (170) de lectura para detectar una corriente que fluye entre uno o más de los cables (150) de polaridad positiva y uno o más de los cables (160) de polaridad negativa de la matriz de cables (150, 160) eléctricamente conductores y para detectar una o más diferencias de temperatura de los pares de sensores (130, 140) de temperatura,
- 45 en el que el circuito (170) de lectura está adaptado además para determinar si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en función de la corriente detectada y la detección de una o más diferencias de temperatura.
14. El dispositivo (100) detector de fugas según la reivindicación 13 cuando depende de la reivindicación 2, en el que el circuito (170) de lectura está adaptado además para determinar si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en función del cambio de temperatura detectado en el paso (120) del flujo.

15. Un montaje de tubería para conducir un fluido y una válvula dispuesta dentro de la tubería, que comprende además el dispositivo (100) detector de fugas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14,

donde el dispositivo (100) detector de fugas está dispuesto aguas abajo de la válvula, con respecto a una dirección de flujo del fluido a través de la válvula cuando la válvula está en un estado abierto.

5 16. Un método para realizar la detección de fugas utilizando un dispositivo (100) detector de fugas para detectar una fuga interna en una ruta de fluido.

donde el dispositivo (100) detector de fugas comprende:

una carcasa (110) con un paso (120) de flujo que se extiende a través de la carcasa (110);

10 uno o más pares de sensores (130, 140) de temperatura para detectar una diferencia de temperatura entre el exterior de la carcasa (110) y el paso (120) de flujo, estando dispuesto un sensor de temperatura de cada par hacia una superficie exterior de la carcasa (110) y el otro sensor de temperatura del par está dispuesto hacia una superficie interior de la carcasa (110) que mira hacia el paso (120) de flujo; y

15 una matriz de cables (150, 160) eléctricamente conductores que se extiende a través del paso (120) de flujo, en la que la matriz de cables (150, 160) eléctricamente conductores comprende uno o más cables de polaridad positiva y uno o más cables de polaridad negativa,

en el que los cables (150, 160) eléctricamente conductores están dispuestos de modo que un circuito eléctrico se cierra cuando las gotitas de fluido que fluyen a lo largo del paso (120) de flujo entran en contacto con un par de cables adyacentes de polaridad opuesta; y

en el que el método comprende:

20 detectar una corriente que fluye entre uno o más de los cables de polaridad positiva y uno o más de los cables de polaridad negativa del conjunto de cables (150, 160) eléctricamente conductores;

detectar una o más diferencias de temperatura desde los pares de sensores (130, 140) de temperatura; y

determinar si hay una fuga interna presente en la vía del fluido en base a la corriente detectada y la detección de una o más diferencias de temperatura.

25 17. El método según la reivindicación 16, que comprende además detectar un cambio de temperatura en el paso (120) de flujo,

en el que determinar si existe una fuga interna en la vía del fluido depende además del cambio de temperatura detectado en el paso (120) de flujo.

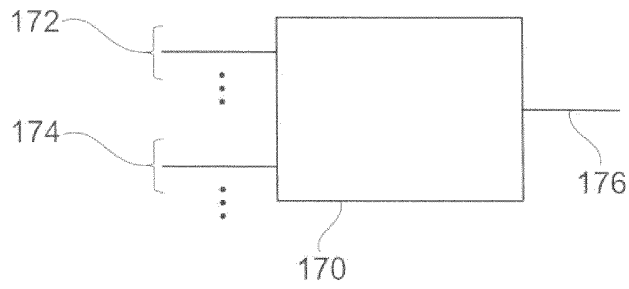
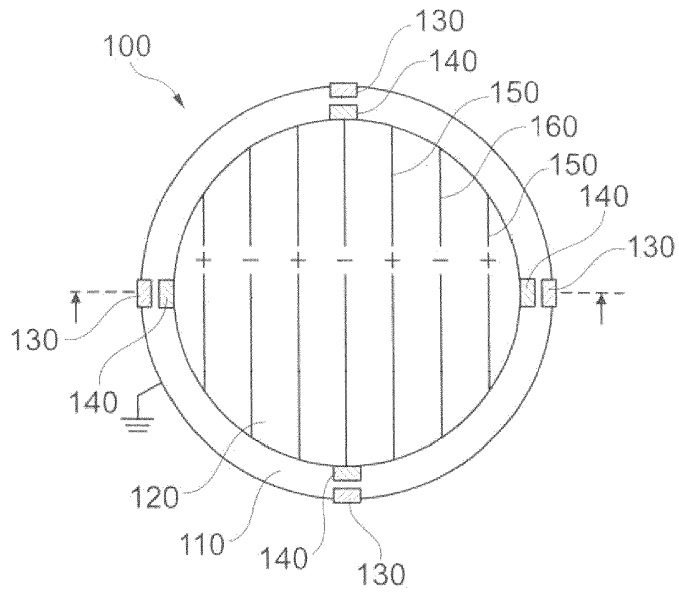


Fig. 1

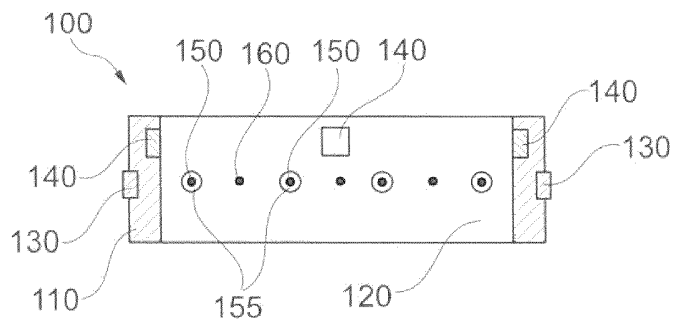


Fig. 2

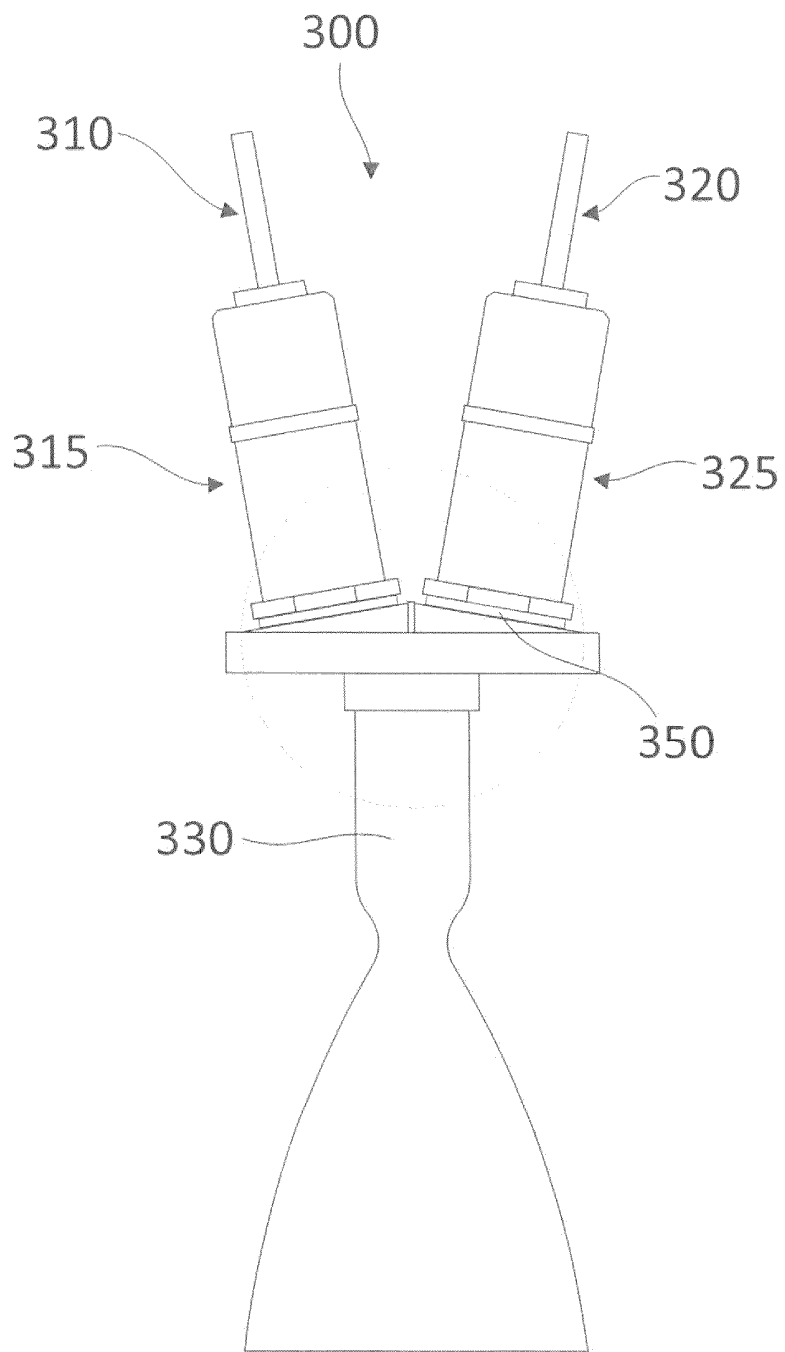


Fig. 3

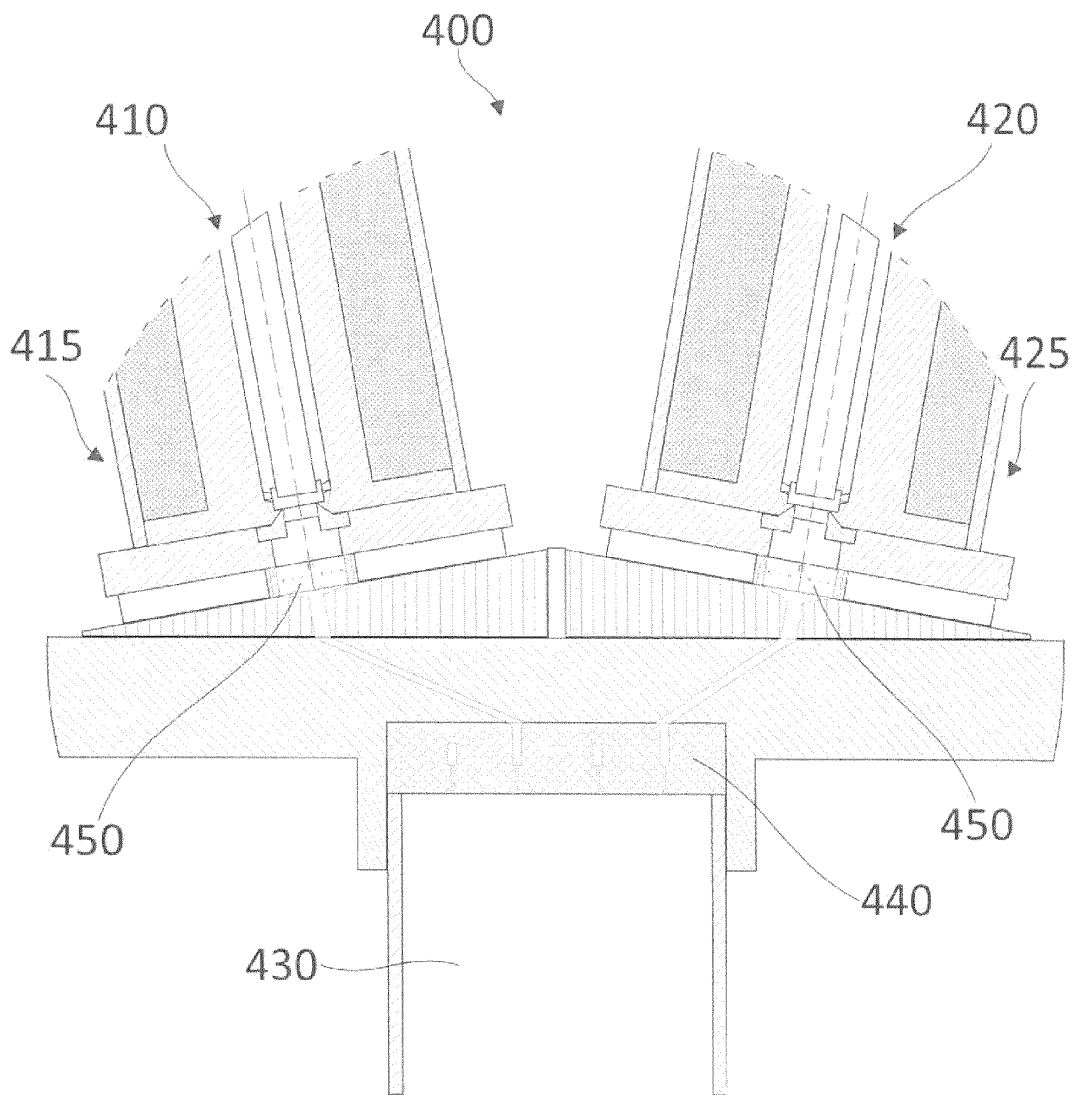


Fig. 4

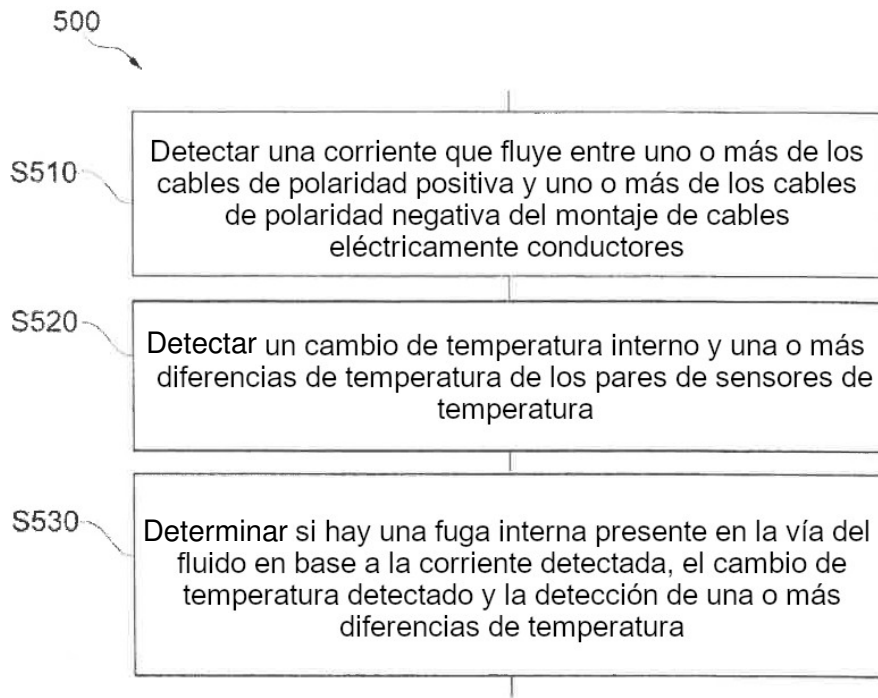


Fig. 5