

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 934 942**

51 Int. Cl.:

G01M 3/28 (2006.01)

F15B 19/00 (2006.01)

F17D 5/02 (2006.01)

F17D 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2019 PCT/IB2019/060166**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2020 WO20115610**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2019 E 19832191 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2022 EP 3891486**

54 Título: **Red de gas y método para la detección de fugas en una red de gas bajo presión o bajo vacío**

30 Prioridad:

07.12.2018 BE 201805861

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

28.02.2023

73 Titular/es:

**ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP (100.0%)
Boomsesteenweg 957
2610 Wilrijk, BE**

72 Inventor/es:

**GEUENS, PHILIPPE y
LOUARROUDI, EBRAHIM**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 934 942 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

Red de gas y método para la detección de fugas en una red de gas bajo presión o bajo vacío

5 La presente invención se refiere a un método para la detección de fugas en una red de gas bajo presión o bajo vacío.

Más concretamente, la invención pretende poder detectar y cuantificar las fugas que se producen en una red de gas.

"Gas" aquí significa, por ejemplo, aire, pero no necesariamente.

10

Ya se conocen métodos para monitorear o controlar una red de gas bajo presión, con lo cual estos métodos se establecen para tuberías largas y rectas, donde el flujo de entrada no es necesariamente igual al flujo de salida debido a la compresibilidad del gas en cuestión.

15

Estos métodos se basan en una serie de suposiciones, como tuberías muy largas, tuberías rectas, que no son adecuadas para redes complejas de gas bajo presión donde una o más plantas compresoras suministran gas bajo presión a una red compleja de consumidores.

20

Además, ya existen métodos, como se describe en los documentos US 7,031,850 B2 y US 6,711,507 B2, para detectar fugas en componentes neumáticos o herramientas de los propios consumidores finales. Un consumidor final puede ser un consumidor final individual o incluir una denominada área de consumidores o un grupo de consumidores finales individuales.

25

Los métodos para estimar la tasa de fuga total en el lado de la fuente también se conocen, por ejemplo, DE 20.2008.013.127 U1 y DE 20.2010.015.450 U1.

30

En ABDULLA MOHAMMAD BURHAN Y AL: "Pipeline leak detection using artificial neural network: Experimental study" 2013 5TJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODELING IDENTIFICATION AND CONTROL (ICMIC), UNIVERSIDAD DE CAIRO, EGIPTO, 31 de agosto de 2013, páginas 328-332, se divulga un método de detección que utiliza una red neuronal. En el documento US6389881B1 se describe un método acústico de localización y detección de fugas en tuberías. En el documento US 2005/234660A1 se divulga un método y un aparato para diagnosticar fugas en un sistema de energía de fluidos. En GB2554950A se describe un método para estimar las características de nuevas fugas en una tubería. En el documento WO2016/161389A1 se describe una identificación autónoma de una corriente acuosa anómala de una fuente acuosa que alimenta múltiples corrientes independientes y la determinación de directivas de remediación de la misma.

35

La desventaja de dichos métodos conocidos es que no permiten la detección de fugas en una red compleja de tuberías entre la fuente y los consumidores o áreas de consumidor. Además, la red de distribución de una red de gas o de vacío es una fuente de fugas que no debe subestimarse.

40

El objetivo de la presente invención es proporcionar una solución a este problema.

La presente invención se refiere a un método para la detección y cuantificación de fugas en una red de gas a presión o vacío, según la reivindicación 1.

45

'Un orden predeterminado' en el que se controlan las válvulas de alivio ajustables significa el orden en que se abren y cierran las válvulas de alivio ajustables, en caso de que haya más de una.

50

'Escenarios' se refiere a los diferentes estados de encendido y apagado de las diferentes válvulas de alivio, por ejemplo: [0 0 0 0], [1 0 0 0], [0 1 1 0], ... en el caso de cuatro válvulas de alivio. Es posible que haya más estados además de encendido (1) y apagado (0), donde un estado intermedio (por ejemplo, 1/2) es igualmente importante para la detección y cuantificación de fugas.

55

La 'derivada de la diferencia' significa cualquier cantidad matemática que se puede extraer de la diferencia, por ejemplo, una suma, suma acumulada, media aritmética, suma de cuadrados más pequeños...

El "área de consumidor" se refiere a un grupo de consumidores (finales) individuales. Una red de gas puede contener varios grupos de consumidores o áreas de consumidores.

60

Una ventaja es que dicho método permitirá conocer, detectar y también cuantificar fugas en la propia red de gas.

En otras palabras, las fugas detectadas y cuantificadas por el método no se limitan a fugas en las fuentes o consumidores de gas comprimido, es decir, en las plantas compresoras y herramientas o componentes neumáticos, sino que también pueden referirse a fugas en las tuberías de distribución de la propia red de gas.

65

Cabe señalar que en el caso de una red de gas bajo presión se producirán fugas al exterior y el gas escapará al área

circundante. En una red de gas de vacío, las fugas se producirán "hacia adentro", es decir, el aire ambiente entrará en la red de gas.

5 Durante la fase de entrenamiento, usando las mediciones de los varios sensores, se establece una relación entre este grupo de sensores.

Se realizan diferentes mediciones en diferentes configuraciones de las válvulas de alivio. En otras palabras, se generan diferentes fugas en la red de gas en una secuencia específica diseñada bajo diferentes escenarios de prueba y luego se leen las mediciones de los sensores.

10 En base a todos los datos, se establece un modelo matemático entre el primer grupo de sensores, o la entrada del modelo matemático, y el segundo grupo de sensores, o la salida del modelo matemático. Las manipulaciones matemáticas o de entrada también se denominan "características" del modelo matemático y la salida también se denomina "objetivos".

15 De esta manera, se creará un modelo matemático que muestra la relación entre los diferentes parámetros medidos por los sensores.

Este modelo, luego se usará para detectar inmediatamente irregularidades en futuras mediciones de los sensores al comparar los resultados del modelo y las mediciones de los sensores.

20 De esta manera, las fugas se detectarán, localizarán y cuantificarán de forma muy rápida y precisa y, en caso de detección de una fuga, se podrán tomar acciones y reparar la fuga.

25 Una ventaja adicional de un método según la invención es que no es necesario conocer la topología exacta de la red de gas. Conocer la ubicación de las válvulas de alivio es básicamente suficiente para poder detectar, cuantificar y localizar las fugas.

30 Otra ventaja es que el método según la invención tiene en cuenta toda la red de gas y, por lo tanto, puede detectar, cuantificar y localizar fugas en toda la red de gas. Esto significa que la red no debe dividirse en "subredes" a las que se aplica el método para poder aplicar el método.

35 Otra ventaja es que el método hace posible usar mediciones o conjuntos de datos de los sensores en la fase de entrenamiento para crear el modelo matemático, donde se simulan las fugas, en lugar de tener que usar datos de los sensores, donde las fugas "reales" ocurrieron en la red de gas. Por tanto, la generación de los datos necesarios a partir de los sensores es necesaria para poder elaborar el modelo matemático, independientemente de las fugas que puedan haberse producido en el pasado.

40 Preferiblemente, la fase operativa debe interrumpirse temporalmente o detenerse en determinados momentos, después de lo cual se debe reanudar la fase de entrenamiento para redefinir el modelo matemático o la relación entre las mediciones de diferentes sensores, antes de reanudar la fase operativa.

45 Cabe señalar que el proceso, es decir, la red de gas con fuentes, tuberías y consumidores, no se apaga, sino solo el método. En otras palabras, si la fase operativa se interrumpe o se detiene temporalmente, las fuentes seguirán suministrando gas o vacío a los consumidores.

La interrupción de la fase operativa y la reanudación de la fase de entrenamiento tiene la ventaja de que se actualiza el modelo o relación matemática.

50 Esto hará posible tener en cuenta, por ejemplo, fugas detectadas que se están reparando o ajustes o expansiones a la red de gas que se están realizando a lo largo del tiempo. La invención también se refiere a una red de gas bajo presión o bajo vacío, según la reivindicación 15.

55 Para una mejor demostración de las características de la invención, se han descrito a continuación, a título de ejemplo sin carácter limitativo, con referencia a las figuras adjuntas, un número de variantes preferidas de un método y red de gas según la invención, en la cual:

la figura 1 muestra esquemáticamente una red de gas según la invención;
la figura 2 muestra un diagrama de flujo esquemático del método según la invención.

60 La red de gas 1 de la figura 1 comprende principalmente un lado fuente 2, un lado consumidor 3 y una red 4 de gasoductos 5 entre ambos.

La red de gas 1 en este caso es una red de gas 1 bajo presión. El gas puede ser aire, oxígeno o nitrógeno o cualquier otro gas o mezcla de gases no tóxicos y/o peligrosos.

65 El lado fuente 2 comprende un número de compresores 6, en este caso tres, que generan aire comprimido. El lado

consumidor 3 comprende un número de consumidores 7 de aire comprimido y en este caso también tres.

También es posible que los compresores 6 contengan secadores de aire comprimido.

5 No se excluye que también pueda haber compresores 6 corriente abajo de la red de gas 1. Esto se conoce como "compresores de refuerzo".

El aire comprimido se conduce a través de la red 4 de tuberías 5 desde los compresores 6 hasta los consumidores 7. Esta red 4 es en la mayoría de los casos una red muy compleja de tuberías 5.

10

La figura 1 muestra esta red 4 de forma muy esquemática y simplificada. En la mayoría de las situaciones reales, la red 4 de tuberías 5 comprende una gran cantidad de tuberías 5 y acoplamientos que conectan los consumidores 7 en serie y en paralelo con los compresores 6. No se excluye que parte de la red 4 adopte o comprenda una estructura en anillo.

15

Esto se debe a que la red de gas 1 a menudo se extiende con el tiempo con consumidores 7 o compresores 6 adicionales, por lo que se deben colocar nuevas tuberías 5 entre las tuberías 5 existentes, lo que conduce a una maraña de tuberías 5.

20

La red de gas 1 también puede estar provista de un recipiente a presión 8, con todos los compresores 6 delante de este recipiente a presión 8.

No se excluye que pueda haber uno o más recipientes a presión 8 corriente abajo de la red de gas 1.

25

Además, los componentes 18, tales como filtros, separadores, atomizadores y/o reguladores, también pueden estar provistos en la red de gas 1. Estos componentes 18 se pueden encontrar en varias combinaciones y se pueden encontrar tanto cerca del tanque de compensación 8 como cerca de los consumidores individuales 7.

La red 4 también incluye un número de sensores 9a, 9b, 9c, que están ubicados en diferentes ubicaciones en la red 4.

30

En este caso, se han instalado dos sensores de flujo 9a, uno de los cuales se encuentra justo después del mencionado recipiente a presión 8, que medirá el flujo total q proporcionado por todos los compresores 6.

No se excluye que los caudales de los compresores 6 se calculen o midan por sí mismos.

35

Además, la figura muestra cuatro sensores de presión 9b, que miden la presión en diferentes lugares de la red 4.

En este caso, la presión 9b en el recipiente a presión también se mide preferiblemente para corregir el principio de "masa dentro masa fuera" para volúmenes grandes y concentrados.

40

Está claro que también se pueden proporcionar más o menos de cuatro sensores de presión 9b. Además, el número de sensores de flujo 9a no limita la invención.

Además de los sensores de flujo 9a o los sensores de presión 9b, adicional o alternativamente, los sensores 9a, 9b pueden usarse para determinar uno o más de los siguientes parámetros físicos del gas: presión diferencial, temperatura, humedad, velocidad del gas y similares.

45

Según la invención, la red de gas 1 también está provista de un número de válvulas de alivio 10 que están instaladas en las tuberías 1 en varios lugares. Las válvulas de alivio 10 son ajustables o controlables, lo que significa que la cantidad de gas que descargan puede ajustarse o regularse.

50

Además de los sensores 9a y 9b antes mencionados, que pueden medir los parámetros físicos del gas, también hay un número de sensores 9c, o 'sensores de estado 9c', que están ubicados en las válvulas de alivio 10. Preferiblemente, los sensores 9c son parte de la válvula de alivio 10.

55

Aunque no se indica explícitamente en la figura 1, no se puede excluir que en la red de gas 1 existan sensores de estado adicionales 9c en las cercanías de los compresores 6 y los consumidores 7 que determinan el estado encendido/apagado de estos componentes. Preferentemente, estos sensores de estado forman parte de los propios consumidores 7.

60

Los sensores de estado adicionales 9c (por ejemplo, encendido/apagado de los compresores 6) tienen como objetivo reducir significativamente la sensibilidad cruzada del modelo durante la fase de entrenamiento 16 y la fase operativa 17, como se explicará a continuación.

65

También es posible utilizar sensores 9a, 9b que miden la presión o el flujo del gas en las válvulas de alivio 10. También es posible utilizar sensores que miden la temperatura del gas en las válvulas de alivio 10.

Las válvulas de alivio 10 pueden estar formadas por válvulas de drenaje, que a menudo se proporcionan como estándar

en una red de gas 1. Tales válvulas de drenaje se pueden controlar como una válvula de alivio 10.

5 Al menos algunos de los sensores de flujo, sensores de presión, sensores alternativos y/o sensores de estado 9a, 9b, 9c deberían estar ubicados preferiblemente en la vecindad de las válvulas de alivio 10. En este caso, cada sensor de flujo 9a y cada sensor de estado 9c se colocan cerca de una válvula de alivio 10.

10 En este caso, el sensor de flujo 9a se utilizará para medir el caudal de la respectiva válvula de alivio 10, lo que permitirá cuantificar el flujo de fuga, y el estado, es decir, abierto o cerrado, de la válvula de alivio 10 puede ser determinado usando el sensor de estado 9c.

15 Preferiblemente, se debe proporcionar un sensor 9a, 9b, 9c y/o viceversa cerca de cada válvula de alivio 10 en la red de gas 1, es decir, se debe proporcionar una válvula de alivio 10 cerca de cada sensor 9a, 9b.

20 También es posible que al menos una parte de los sensores 9a, 9b, 9c estén integrados en un módulo junto con una válvula de alivio 10.

25 Esto también simplificará y acelerará la instalación o integración de los sensores 9a, 9b, 9c y las válvulas de alivio 10. Además, se puede asegurar que un sensor correcto y adecuado 9a, 9b, 9c para las válvulas de alivio 10 se coloque en un módulo.

30 Los sensores de presión diferencial 9d antes mencionados se colocan preferentemente sobre los componentes 18 de filtro, separador, atomizador y/o regulador. En el ejemplo actual, se han incorporado a la red de gas 1 cuatro sensores de presión diferencial 9d.

35 Los sensores de humedad y temperatura antes mencionados deben montarse preferiblemente en la entrada/salida de las plantas compresoras 6 y los consumidores 7. En el ejemplo mostrado, estos sensores adicionales no están todos incluidos en la red de gas 1, pero se sobreentiende que esto también es posible. Especialmente en redes de gas 1 más extensas y complejas, tales sensores 9a, 9b pueden usarse, así como en redes en las que solo se mide el flujo volumétrico en lugar del caudal másico.

40 De acuerdo con la invención, la red de gas 1 está provista además de una unidad de control de adquisición de datos 11 para recopilar datos de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d antes mencionados y también para controlar las válvulas de alivio 10.

45 En otras palabras, los sensores 9a, 9b, 9c, 9d determinan o miden los parámetros físicos del gas y las válvulas de alivio 10 y envían estos datos a la unidad de control de adquisición de datos 11, y la unidad de control de adquisición de datos 11 controlará o verificará cuánto se abren las válvulas de alivio 10 para ventilar el gas.

50 De acuerdo con la invención, la red de gas 1 está provista además de una unidad de cómputo 12 para procesar los datos de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d, donde la unidad de cómputo 12 podrá llevar a cabo el método para detectar y cuantificar las fugas 13 en la red de gas 1 según la invención, como se explica a continuación.

55 La unidad de cómputo 12 mencionada anteriormente puede ser un módulo físico que es una parte física de la red de gas 1. No se puede excluir que la unidad de cómputo 12 no sea un módulo físico, sino una denominada unidad de cómputo basada en la nube 12, que puede o no estar conectada de forma inalámbrica a la red de gas 1. Esto significa que la unidad de cómputo 12 o el software de la unidad de cómputo 12 está ubicado en la "nube".

60 En este caso, la red de gas 1 está además provista de un monitor 14 para mostrar o señalar las fugas 13 que se detectaron utilizando el método.

65 El funcionamiento de la red de gas 1 y el método según la invención es muy sencillo y como sigue.

La figura 2 ilustra esquemáticamente el método de detección de fugas 13 en la red de gas 1 de la figura 1.

En la primera fase 15, fase de puesta en marcha 15, los sensores 9a, 9b, 9c, 9d se calibran antes de su uso si es necesario. No hace falta decir que, si hay otros sensores, también se pueden calibrar antes de su uso.

Esto sucede una vez cuando los sensores 9a, 9b, 9c, 9d se colocan en la red de gas 1. Por supuesto, es posible que los sensores 9a, 9b, 9c, 9d puedan volver a calibrarse con el tiempo.

60 Preferiblemente, al menos el grupo de sensores 9a debe calibrarse durante el funcionamiento o mediante una autocalibración in situ. Esto significa que estos sensores 9a en la red de gas 1, es decir, después de haber sido instalados, están calibrados. "En funcionamiento" o "in situ" significa calibración sin retirar el sensor 9a de la red de gas 1.

65 Por supuesto, es posible que todos los sensores 9a, 9b, 9c, 9d y, por lo tanto, también el primer grupo de sensores 9a, 9b, 9c o 9d se calibren en funcionamiento o in situ mediante una autocalibración.

ES 2 934 942 T3

De esta forma se puede estar seguro que la colocación y/o posible contaminación de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d no afectará sus mediciones, ya que solo después de la colocación de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d se realizará la calibración o repetir la calibración durante un cierto período de tiempo.

5 Entonces comienza la segunda fase 16 o la fase de entrenamiento 16.

En esta fase, se realiza un modelo matemático entre las mediciones de un primer grupo de sensores 9a, 9b, 9c, 9d o las 'características' y un segundo grupo de sensores 9a, 9b, 9c, 9d o los 'objetivos'.

10 Preferiblemente, el primer grupo de sensores 9a, 9b, 9c, 9d incluye varios sensores de presión 9b en diferentes ubicaciones en la red de gas, un número de sensores de flujo 9a y posiblemente uno o más sensores de estado 9c, y el segundo grupo de sensores 9a, 9b, 9c, 9d incluye varios sensores de flujo 9a en diferentes ubicaciones en la red de gas.

15 En este caso, parte de los sensores de flujo 9a, los sensores de presión 9b y los sensores de estado 9c forman el primer grupo de sensores, y los sensores de flujo restantes 9a forman el segundo grupo de sensores.

En aras de la exhaustividad, se establece aquí que la invención no se limita a esto. Para el primer y segundo grupo de sensores, se puede realizar cualquier selección entre los sensores (9a, 9b, 9c, 9d), con la única restricción de que un sensor del primer grupo no debe estar en el segundo grupo y viceversa.

20 El modelo matemático antes mencionado se basa en varias mediciones de sensores 9a, 9b, 9c, 9d donde las válvulas de alivio ajustables 10 se controlan para generar fugas.

25 En otras palabras, la unidad de control de adquisición de datos 11 recopila datos o mediciones de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d donde la unidad de control de adquisición de datos 11 controlará las válvulas de alivio 10 para poder abrirlas para que las fugas sean creadas en la red de gas 1, de forma que se puedan recopilar datos de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d en caso de fuga o fugas 13 en la red de gas 1.

30 De esta manera, se puede recopilar todo un conjunto de datos o mediciones, junto con la información de las válvulas de alivio 10, es decir, la ubicación y el tamaño de las fugas introducidas. La unidad de cómputo 12 realizará un modelo matemático a partir de toda esta información. Este modelo matemático es preferiblemente un modelo de caja negra o un modelo basado en datos. El modelo normalmente contiene una serie de parámetros o coeficientes, también llamados "pesos", que se estiman.

35 Este modelo de caja negra, por ejemplo, toma la forma de una matriz o una función vectorial matemática no lineal o similar.

El modelo matemático se basa en un número de suposiciones. En este caso, se supone que la resistencia de las tuberías 5 de la red de gas 1 no cambia y que la topología de la red de gas 1 es fija.

40 La fase de entrenamiento 16 debe realizarse preferentemente durante el funcionamiento de la red de gas 1 o cuando la red de gas 1 está operativa.

45 El modelo matemático se utiliza en una fase operativa 17 para detectar y cuantificar fugas 13 en la red de gas 1. Aunque no es común, no se puede excluir que durante la fase operativa las válvulas de alivio 10 se controlen en un orden y escenario predeterminados para localizar fugas 13. Cabe señalar que el control de acuerdo con el escenario [0 0 0 ...] también es posible.

50 También durante esta fase, la unidad de control de adquisición de datos 11 recolectará diferentes datos de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d y la unidad de cómputo 12 realizará los cálculos necesarios utilizando el modelo matemático que se estableció en la fase 16 anterior.

La fase operativa 17 comienza con la lectura del primer grupo de sensores 9a, 9b, 9c, 9d.

55 Con estas mediciones de lectura, el valor del segundo grupo de sensores 9a es determinado o calculado por la unidad de cómputo 12 usando el modelo matemático, también llamado "objetivo previsto".

El valor determinado o calculado del segundo grupo de sensores 9a se compara con los valores leídos del segundo grupo de sensores 9a y se determina la diferencia entre ellos.

60 En base a la diferencia antes mencionada, la unidad de cómputo 12 determina si existe una fuga 13 y, si es necesario, localiza la fuga en la red de gas 1. Para ello, se examinará si la diferencia supera un determinado umbral, lo que indicará entonces una fuga 13 en la red de gas 1.

Este valor umbral se puede establecer de antemano o seleccionar empíricamente.

65 Cuando se detecta una fuga 13, se generará una alarma con posiblemente la tasa de fuga correspondiente y/o el costo

de fuga. En este caso, esto se hace usando el monitor 14, que muestra la alarma.

El usuario de la red de gas 1 notará esta alarma y podrá tomar los pasos oportunos.

5 Preferiblemente, los pasos de la fase operativa 17 se repiten secuencialmente, cíclicamente, en un cierto intervalo de tiempo.

Como resultado, durante todo el período de funcionamiento de la red de gas 1, las fugas 13 pueden detectarse, y no solo una vez durante o poco después de la puesta en marcha de la red de gas 1.

10 El intervalo de tiempo antes mencionado se puede seleccionar y configurar dependiendo de la red de gas 1. No se puede excluir que el intervalo de tiempo pueda variar con el tiempo.

15 En una variante preferida de la invención, en determinados momentos, la fase operativa 17 se interrumpirá o detendrá temporalmente, tras lo cual se reanudará la fase de entrenamiento 16 para restablecer la relación matemática entre las mediciones de diferentes sensores 9a, 9b, 9c, 9d, antes de que se reanude la fase operativa 17.

20 'En ciertos momentos' debe interpretarse aquí como momentos preestablecidos, por ejemplo, una vez a la semana, al mes o al año, o como momentos que puede elegir el usuario.

Esto actualizará el modelo matemático para tener en cuenta el posible comportamiento variable en el tiempo del sistema. Estos comportamientos variables en el tiempo son comportamientos que no fueron capturados por el modelo matemático durante la fase de entrenamiento 16 cuando el modelo matemático fue entrenado bajo diferentes escenarios.

25 Esto podría incluir, por ejemplo, cambios en la topología de la red de gas 1 o la adición de nuevos componentes a la red de gas 1.

Preferiblemente, los sensores 9a, 9b, 9c, 9d se calibran mediante una autocalibración in situ. Esto significa que los sensores 9a, 9b, 9c, 9d en la red de gas 1, es decir, después de haberlos instalado, están calibrados.

30 De esta manera, puede estar seguro de que la colocación de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d no afectará sus mediciones, porque la calibración solo se realizará después de la colocación de los sensores 9a, 9b, 9c, 9d.

35 Aunque en el ejemplo de la figura 1 se trata de una red de gas 1 bajo presión, también puede ser una red de gas 1 bajo vacío.

El lado de la fuente 2 comprende entonces un número de fuentes de vacío, es decir, bombas de vacío o similares.

En este caso, los consumidores 7 han sido sustituidos por aplicaciones que requieren vacío.

40 Además, el método es el mismo, teniendo en cuenta por supuesto que las fugas ahora introducen aire ambiente en la red de gas 1. Preferiblemente, se establecerán umbrales más pequeños para generar una alarma.

45 Además, en este caso, las válvulas de alivio 10 introducirán aire ambiente en la red de gas 1, en lugar de expulsar aire real. Por lo tanto, es más probable que las válvulas de alivio 10 sean válvulas de succión 10. Sin embargo, el principio sigue siendo el mismo.

50 Esta invención no se limita en modo alguno a las realizaciones a modo de ejemplo y mostradas en las figuras, sino que tal método y red de gas como se reivindica en la invención puede llevarse a cabo en diferentes variantes sin salirse del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la detección y cuantificación de fugas (13) en una red de gas (1) bajo presión o vacío, comprendiendo la red de gas (1):
- una o más fuentes (6) de gas comprimido o vacío;
 - uno o más consumidores (7) o áreas de consumidor de gas comprimido o aplicaciones de vacío;
 - tuberías o una red de tuberías (5) para transportar el gas o vacío desde las fuentes (6) hasta los consumidores (7), áreas de consumidor o aplicaciones;
 - 10 - una pluralidad de sensores (9a, 9b) que determinan uno o una pluralidad de parámetros físicos del gas en diferentes momentos y ubicaciones en la red de gas (1);
- caracterizado porque la red de gas (1) está provista además de un número de válvulas de alivio controlables o ajustables (10) y porque el método comprende los siguientes pasos:
- 15 - una fase de entrenamiento (16) en la que se establece un modelo matemático entre las mediciones de un primer grupo de sensores (9a, 9b) y un segundo grupo de sensores (9a, 9b) que comprende una pluralidad de sensores de presión (9b), posiblemente un número de sensores de flujo (9a) y posiblemente un número de sensores de estado (9c) en diferentes ubicaciones en la red de gas (1), con base en diferentes mediciones de estos sensores (9a, 9b), comprendiendo el segundo grupo de sensores una pluralidad de sensores de estado (9c) en diferentes ubicaciones de la red de gas (1), donde un sensor del primer grupo no está en el segundo grupo y viceversa, en la que las válvulas de alivio ajustables (10) son controladas en un orden predeterminado y según escenarios bien diseñados para generar fugas (13);
 - 20 - una fase operativa (17), en la que se utiliza el modelo matemático establecido entre las mediciones del primer grupo de sensores (9a, 9b) y el segundo grupo de sensores (9a, 9b) para detectar, localizar y cuantificar fugas (13) en la red de gas (1); donde el pase operativo (17) comprende los siguientes pasos:
 - controlar las válvulas de alivio en un orden predeterminado y según escenarios bien diseñados;
 - leer el primer grupo de sensores (9a, 9b);
 - basándose en estas mediciones de lectura, cálculo o determinación del valor del segundo grupo de sensores (9a, 9b) con la ayuda del modelo matemático;
 - 30 - comparar los valores calculados o determinados del segundo grupo de sensores (9a, 9b) con los valores leídos del segundo grupo de sensores (9a, 9b) y determinar la diferencia entre ellos;
 - determinar si existe una fuga (13) en la red de gas (1) en base a la mencionada diferencia y alguna de sus derivadas comprendiendo una cantidad matemática extraíble de la diferencia;
 - generar una alarma si se detecta una fuga (13) y/o; generar una tasa de fuga y/o generar el costo de fuga correspondiente, así como cualquier ubicación si se detecta una fuga (13) donde la ubicación se determina controlando las válvulas de alivio ajustables 10 en un orden predeterminado.
- 40 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos una parte de los sensores de flujo (9a) se colocan en la proximidad de las válvulas de alivio (10) para poder medir el caudal de las válvulas de alivio (10).
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el método para la fase de entrenamiento (16) comprende una fase de puesta en marcha (15) en la que se calibran los sensores (9a, 9b) mencionados antes de su uso.
- 45 4. Método según la reivindicación 3, caracterizado porque los sensores (9a, 9b) se calibran mediante una autocalibración in situ.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los mencionados sensores (9a, 9b) pueden medir uno o varios de los siguientes parámetros físicos del gas: presión, presión diferencial, temperatura, flujo, velocidad del gas y humedad.
- 50 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la fase operativa (17) se interrumpe temporalmente o se detiene en determinados momentos, tras lo cual se reanuda la fase de entrenamiento (16) para redefinir el modelo matemático entre las mediciones de diferentes sensores (9a, 9b) antes de que se reinicie la fase operativa (17).
- 55 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los pasos de la fase operativa (17) se repiten secuencialmente en un intervalo de tiempo dado.
- 60 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las válvulas de alivio (10) están formadas por válvulas de drenaje.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque al menos parte de los sensores (9a, 9b) junto con una válvula de alivio (10) están integrados en un módulo.
- 65 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la proximidad de cada válvula

de alivio (10) de la red de gas (1) se proporciona un sensor (9a, 9b) y/o viceversa.

- 5 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque es gas, aire, oxígeno o nitrógeno u otro gas o mezcla de gases no tóxico(s) y/o peligroso(s).
12. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el modelo matemático es un modelo de caja negra.
- 10 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el modelo matemático mencionado toma la forma de una matriz y/o una función vectorial no lineal con parámetros o constantes, donde se rastrean los cambios de la salida u 'objetivos' del modelo matemático durante la fase operativa (17).
- 15 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la red de gas (1) está provista además de uno o una pluralidad de sensores (9c) que pueden registrar el estado de una o una pluralidad válvulas de alivio (10) y/o que la red de gas (1) esté provista además de uno o una pluralidad de sensores de presión diferencial (9d).
- 20 15. Red de gas bajo presión o bajo vacío, la red de gas (1) está provista al menos de:
- una o más fuentes (6) de gas comprimido o vacío;
 - uno o más consumidores (7) o áreas de consumidor de gas comprimido o aplicaciones de vacío;
 - tuberías o una red de tuberías (5) para transportar el gas o el vacío desde las fuentes (6) hasta los consumidores (7) o áreas de consumidor.
- 25 - una pluralidad de sensores (9a, 9b) que proporcionan uno o más parámetros físicos del gas comprimido en diferentes momentos y ubicaciones dentro de la red de gas (1);
- caracterizado porque la red de gas (1) está provista además de:
- 30 - un número de válvulas de alivio (10) controlables o ajustables;
- posiblemente uno o una pluralidad de sensores (9c) que pueden registrar el estado o estatus de una o una pluralidad de válvulas de alivio (10);
 - una unidad de control de adquisición de datos (11) para la recopilación de datos de los sensores (9a, 9b, 9c) y para el control o ajuste de las mencionadas válvulas de alivio;
- 35 - una unidad de cómputo (12) para llevar a cabo el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
16. Red de gas según la reivindicación 15, caracterizada porque al menos algunos de los sensores (9a, 9b, 9c) junto con una válvula de alivio (10) están integrados en un módulo.
- 40 17. Red de gas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 ó 16, caracterizada porque en la proximidad de cada válvula de alivio (10) de la red de gas (1) está provisto un sensor (9a, 9b, 9c) y/o viceversa.
- 45 18. Red de gas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 17, caracterizada porque las válvulas de alivio (10) están formadas por válvulas de drenaje.
19. Red de gas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 18, caracterizada porque al menos parte de los sensores (9a, 9b, 9c) junto con una válvula de alivio (10) están integrados en un módulo.
- 50 20. Red de gas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 19, caracterizada porque la red de gas (1) está provista además de un monitor (14) para visualizar o señalar fugas, tasas de fuga, costes de fuga y posible ubicación (13).
- 55 21. Red de gas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 20, caracterizada porque la red de gas (1) está provista además de uno o una pluralidad de sensores (9c) que pueden registrar el estado o estatus de una o una pluralidad de válvulas de alivio (10) y/o que la red de gas (1) esté provista además de uno o una pluralidad de sensores de presión diferencial (9d).
22. Red de gas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15 a 21, caracterizada porque la unidad de cómputo (12) es una unidad de cómputo (12) basada en la nube, que está conectada a la red de gas (1), inalámbricamente o no.

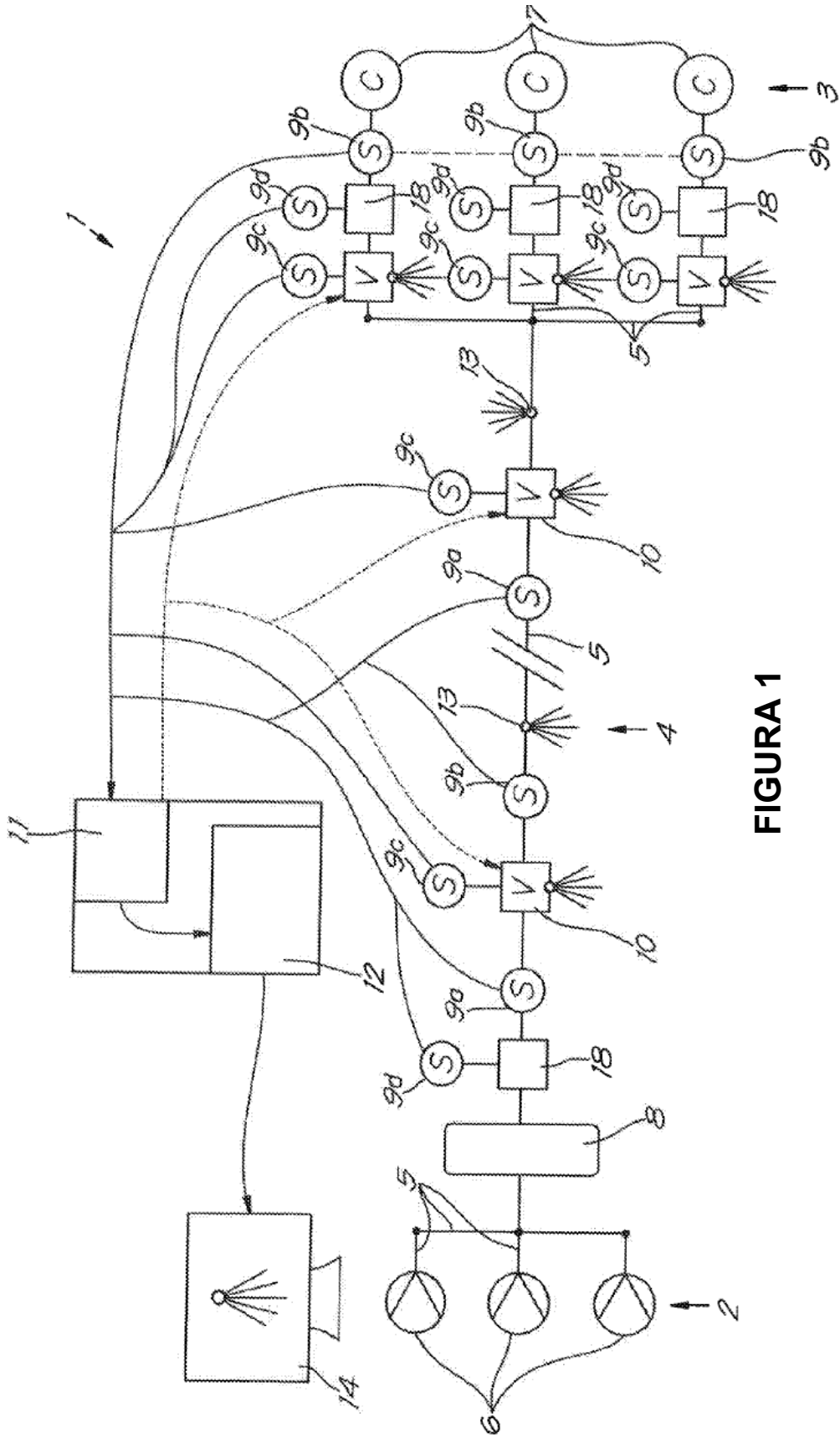


FIGURA 1

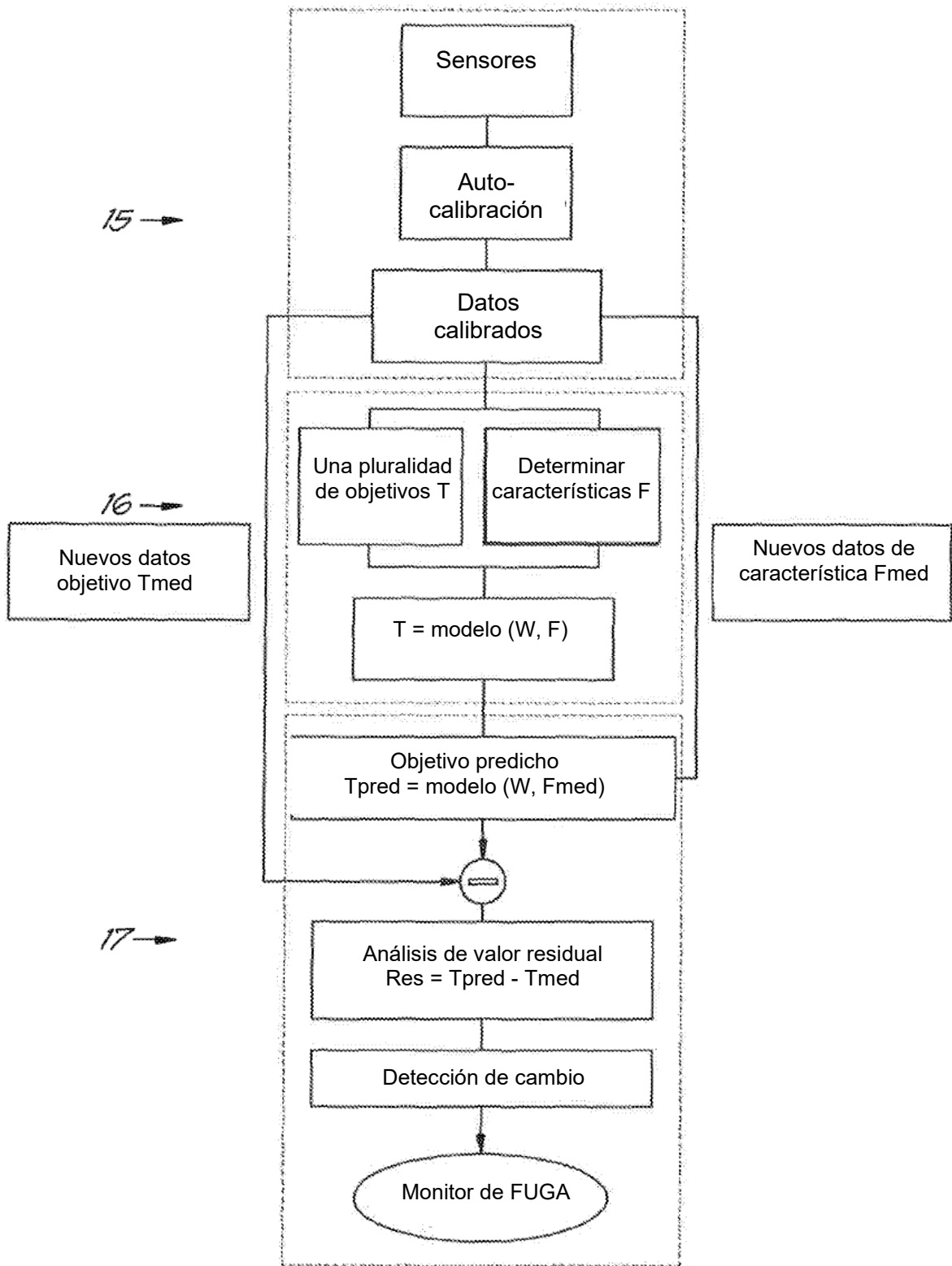


FIGURA 2