

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 920**

51 Int. Cl.:

F16K 31/126 (2006.01)

F16K 37/00 (2006.01)

G05D 16/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.01.2018** **PCT/IB2018/050378**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2018** **WO18134791**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2018** **E 18706856 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2021** **EP 3571432**

54 Título: **Método para monitorear un dispositivo de regulación y sistema de control que utiliza dicho método**

30 Prioridad:

23.01.2017 IT 201700006901

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2021

73 Titular/es:

PIETRO FIORENTINI S.P.A. (100.0%)
Via E. Fermi, 8/10
36057 Arcugnano (VI), IT

72 Inventor/es:

DE FEO, GIANFRANCO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 863 920 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

Método para monitorear un dispositivo de regulación y sistema de control que utiliza dicho método

La presente invención se refiere a un método para monitorear un dispositivo para regular el flujo de un gas, en particular para un reductor de presión o para una válvula de control de caudal, del tipo utilizable por ejemplo en una red para la distribución de gas comprimido, en particular gas natural.

La presente invención se refiere además a un sistema de regulación que emplea el método mencionado anteriormente.

Como se sabe, el gas natural se distribuye a los dispositivos de los usuarios a través de redes de distribución adecuadas que mantienen la presión de entrega a los dispositivos de los usuarios lo más constante posible, independientemente de la presión de suministro de la red y del caudal proporcionado.

El mantenimiento de la presión de entrega a un nivel constante está asegurado por un sistema de regulación que puede comprender un reductor de presión colocado a lo largo de un conducto de la red de distribución, que reduce la presión de suministro de la red al valor requerido para los dispositivos de usuario. En particular, el conjunto reductor de presión comprende un obturador móvil colocado en el conducto para definir una restricción que provoque la reducción de presión antes mencionada. El obturador está asociado a un conjunto de motorización que puede accionarse para modificar la posición del propio obturador.

El sistema de regulación comprende además un conjunto de sensores que mide la presión del gas aguas abajo del obturador instante a instante. Si la presión se desvía de un valor de entrega predeterminado, el conjunto de motorización se activa de tal manera que mueva el obturador, de manera que se modifique la caída de presión hasta que la presión de entrega se devuelva al valor predeterminado antes mencionado.

Según una solución conocida, el conjunto de motorización está comandado por un dispositivo de mando, por ejemplo neumático, que recibe las señales del conjunto de sensores y las procesa para enviar una señal capaz de controlar el propio conjunto de motorización.

Según otras soluciones, el dispositivo de mando puede ser electrónico en lugar de neumático.

También se sabe que el obturador del reductor de presión se desgasta con el paso del tiempo, debido a las altas velocidades del gas que se desarrollan en la restricción. El desgaste mencionado afecta mayoritariamente a la junta del propio obturador, generalmente hecha de caucho o de otro material adecuado para asegurar la estanqueidad al gas del obturador. El mencionado desgaste conlleva una reducción de la estanqueidad al gas del obturador, lo que puede conducir a una reducción de la estabilidad operativa del reductor de presión y peores condiciones de seguridad de la red de distribución. Por lo tanto, para asegurar la eficiencia y seguridad de la red de distribución, es necesario realizar un mantenimiento periódico en el reductor de presión para reemplazar la junta de goma del obturador.

Por ejemplo, la solicitud de patente EP0660017A1, con fecha de prioridad 22 de diciembre de 1993, describe un sistema de control para un actuador para válvulas neumáticas, que comprende medios para medir el grado de desgaste de los elementos de sellado de una válvula, conectados a otros medios configurados para emitir una señal de alarma cada vez que una determinada entrada la señal relativa al estado de desgaste es igual o superior a un valor umbral predeterminado.

Este sistema tiene el inconveniente de que el valor relativo al estado de desgaste se presume en base a la detección de la posición del obturador de válvula y se señala únicamente cuando dicho valor relativo al estado de desgaste supera un valor umbral.

En la técnica anterior, el mantenimiento periódico mencionado anteriormente se lleva a cabo a intervalos de tiempo predeterminados, según lo establecido por normas de seguridad específicas.

Un inconveniente de la técnica anterior mencionada está ligado al hecho de que las normas establecen el intervalo de tiempo entre una operación de mantenimiento y la siguiente en base a criterios teóricos, sin tener en cuenta el historial operativo real de cada reductor de presión.

Por lo tanto, en muchos casos prácticos, se encuentra que las normas mencionadas son excesivamente preventivas y pueden conducir a que se lleven a cabo trabajos de mantenimiento cuando el reductor de presión todavía es completamente eficiente y por lo tanto podría garantizar todavía un funcionamiento seguro durante un cierto período de tiempo.

Por otro lado, también puede ocurrir que un uso inusualmente intenso de un regulador de presión requiera que el mantenimiento se lleve a cabo antes de lo programado. En este caso, el rendimiento del regulador de presión se deteriora antes de que se lleven a cabo los trabajos de mantenimiento, lo que conduce a posibles riesgos para la seguridad del sistema.

Se aplican inconvenientes similares a las válvulas de control de caudal, que también comprenden un obturador que se ordena de tal manera que controle el caudal de gas.

La presente invención está destinada a superar los inconvenientes de la técnica anterior descritos anteriormente.

5 En particular, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de monitorización que haga posible estimar la vida residual real del obturador de un dispositivo para regulación del flujo de un gas, del tipo utilizable por ejemplo en redes para la distribución y transporte de gas comprimido, en particular gas natural.

Otro objeto de la invención es hacer posible que el mencionado método de monitorización se implemente utilizando los mismos dispositivos que un sistema de regulación conocido.

10 Los objetos antes mencionados se logran mediante un método para monitorear un dispositivo para regular el flujo de un gas según la reivindicación 1.

Los objetos antes mencionados también se logran mediante un sistema para regular el flujo de un gas según la reivindicación 14.

15 En las reivindicaciones dependientes relacionadas se proporcionan otras características de la invención. Ventajosamente, la posibilidad de estimar la vida residual real del obturador de un dispositivo de regulación hace posible llevar a cabo los trabajos de mantenimiento necesarios, en particular la sustitución de la junta de estanqueidad del obturador, cuando sea realmente necesario.

En particular, si el uso del dispositivo de regulación es menos intenso de lo esperado, la invención hace posible ventajosamente posponer el mantenimiento con respecto al tiempo programado, reduciendo así los costes laborales relacionados y los costes de amortización del sistema de regulación.

20 Por el contrario, si el uso del dispositivo de regulación es más intenso de lo esperado, el método de la invención hace posible ventajosamente llevar a cabo los trabajos de mantenimiento antes de lo programado, limitando los riesgos de seguridad.

25 También ventajosamente, el hecho de que el método de la invención pueda implementarse utilizando los mismos dispositivos que un sistema de regulación conocido hace posible implementarlo en un sistema de regulación preexistente a costes limitados. Los propósitos y ventajas antes mencionados, junto con otros que se mencionarán más adelante, serán fácilmente evidentes en el curso de la siguiente descripción de algunas realizaciones preferidas de la invención, que se dan a modo de indicación no limitativa con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- la figura 1 muestra una vista esquemática de un sistema de regulación según la invención;

- la figura 2 es un diagrama de bloques del método de monitorización de la invención;

30 - las figuras 3, 4 y 5 muestran, en forma de diagrama, algunas operaciones del método de la invención.

35 El método de la invención para monitorear un dispositivo para regular el flujo de un gas se describe a continuación en base a un sistema de regulación que se indica en su totalidad en la figura 1 con el número 13. Preferiblemente, el sistema de regulación antes mencionado se emplea en una red para distribuir gas comprimido, en particular gas natural, para mantener a un nivel constante la presión de entrega del gas a los dispositivos de usuario. Sin embargo, en lo sucesivo será fácilmente evidente que el método de la invención es igualmente aplicable a un sistema de regulación capaz de controlar el caudal del gas.

40 El sistema de regulación antes mencionado 13 comprende un dispositivo regulador 1 que define un conducto de flujo 2 para el tránsito del gas según una dirección predefinida X. En el conducto de flujo 2 se coloca un conjunto de obturador de geometría variable 3 que define, en el conducto de flujo 2, una restricción 4 provista de un área de paso A. En particular, la restricción 4 está delimitada, en dos lados opuestos, por dos bordes de sellado 3a, 3b respectivos pertenecientes al conjunto de obturador 3, que se pueden mover mutuamente hasta ponerlos en contacto entre sí para cerrar el conducto de flujo 2. Preferiblemente, pero no necesariamente, uno o ambos bordes de sellado 3a, 3b están hechos de caucho o de otro material elásticamente deformable que tenga propiedades de sellado similares.

45 El dispositivo regulador 1 además comprende un conjunto de motorización 8 para mover el conjunto del obturador 3 para regular el área de paso A de la restricción 4. Preferiblemente, el conjunto de motorización 8 comprende una cámara de motorización 14 en el que está presente una presión ligada a la presión aguas abajo del conjunto de obturador 3. La cámara de motorización 14 está delimitada por una membrana 15 sobre el que actúa un resorte 16, de modo que un cambio de presión en la cámara de motorización 14 provoca el movimiento de la membrana 15. La membrana 15 también está conectada al conjunto del obturador 3 de modo que el cambio de presión antes mencionado provoque el movimiento mutuo entre los dos bordes de sellado 3a, 3b del conjunto de obturador 3, para cambiar el área de paso A de la restricción 4. También preferiblemente, la presión en la cámara de motorización 14 está regulada por un dispositivo de mando 9 sobre la base de la presión del gas aguas abajo del conjunto de obturador 3. En particular, el dispositivo de mando 9 está configurado para activar el conjunto de motorización 8 para

mantener la presión en una sección aguas abajo 6 a un valor de calibración predefinido. Preferiblemente, pero no necesariamente, el dispositivo de mando 9 antes mencionado comprende un piloto neumático 17.

5 También preferiblemente, un primer borde de sellado 3a pertenece a una placa móvil 20 conectada mecánicamente a la membrana 15, por ejemplo, por medio de un eje de transmisión, mientras que el segundo borde de sellado 3b es integral con la carcasa del dispositivo de regulación 1.

Claramente, el conjunto de motorización 8, el montaje del obturador 3 y una parte del conducto de flujo 2 descritos anteriormente definen, en su totalidad, un reductor de presión 18 del tipo conocido en sí mismo.

También es fácilmente evidente que el método de la invención se puede aplicar a un dispositivo de regulación 1 de cualquier tipo conocido, configurado para controlar la presión y/o el caudal del gas.

10 El sistema de regulación 13 además comprende un conjunto de sensores 7 para medir uno o más parámetros operativos del sistema de regulación 13. Preferiblemente, el conjunto de sensores 7 antes mencionado comprende un sensor de presión de gas colocado en una sección 5 del conducto de flujo 2 aguas arriba del conjunto de obturador 3 según la dirección predefinida X, así como un sensor de presión y un sensor de temperatura del gas colocados en una sección 6 del conducto 2 aguas abajo del conjunto de obturador 3. En variantes de realización de la invención, el sensor de temperatura también se puede colocar en la sección 5 aguas arriba.

El sistema de regulación 13 también comprende una unidad lógica de control 10 asociada operativamente al conjunto de sensores 7 y provista de una unidad de almacenamiento 11 y con un reloj 12.

20 El método de la invención, que se muestra esquemáticamente en la figura 2, comprende definir una secuencia de intervalos de tiempo $Z_1 \dots Z_n$. La notación " $Z_1 \dots Z_n$ " indica una sucesión de n intervalos de tiempo incluidos entre Z_1 y Z_n , donde Z_1 y Z_n son respectivamente el primero y el último en el tiempo, mientras que Z_i , con i entre 1 y n, es cualquier intervalo de tiempo de la sucesión y, en el tiempo, sigue inmediatamente al intervalo Z_{i-1} e inmediatamente precede al intervalo Z_{i+1} .

25 Por la presente se especifica que los intervalos de la secuencia $Z_1 \dots Z_n$ no se definen necesariamente antes del inicio del método. Por el contrario, preferiblemente cada intervalo Z_i se define de vez en cuando al final del intervalo de tiempo anterior y se agrega a la secuencia. De manera similar, el número n indica sólo el último intervalo de tiempo de la secuencia en el que se considera que el método ha concluido y, por lo tanto, no se necesita definir antes de definir los intervalos de tiempo de la secuencia.

30 Cada intervalo de tiempo genérico Z_i se extiende una duración de tiempo t_i correspondiente. Por la presente se especifica que la duración del tiempo y las otras cantidades que se definirán a continuación con referencia a cada uno de los intervalos antes mencionados se indican con el mismo subíndice que el intervalo de tiempo correspondiente.

Preferiblemente, las duraciones $t_1 \dots t_n$ son iguales entre sí.

También preferiblemente, los intervalos de tiempo $Z_1 \dots Z_n$ se definen de modo que el final del intervalo genérico Z_i coincide con el inicio del intervalo Z_{i+1} , de modo que los intervalos de tiempo se sucedan sin interrupciones.

35 El método comprende estimar, para cada intervalo Z_i , un valor de velocidad v_i y un valor de densidad d_i del gas en la restricción 4.

40 La figura 3 muestra, meramente a modo de ejemplo y de forma cualitativa, un posible patrón de los valores de velocidad v_i y de densidad d_i calculados para cada intervalo de tiempo genérico Z_i perteneciente a la serie $Z_1 \dots Z_n$. Las líneas punteadas v y d representan las respectivas interpolaciones de los puntos antes mencionados. Aunque cada velocidad v_i y densidad d_i se muestran en el centro del intervalo de tiempo Z_i correspondiente, esta indicación no limita la invención, que en variantes de realización pueden proporcionar los valores antes mencionados v_i y d_i se calculan con referencia a cualquier instante respectivo perteneciente al intervalo de tiempo Z_i , incluyendo sus extremos.

45 Posteriormente, el método comprende calcular el producto del valor de la velocidad v_i , del valor de la densidad d_i , de la duración t_i del intervalo de tiempo Z_i y de un coeficiente de corrección k_i para obtener un valor u_i , según la siguiente fórmula:

$$u_i = v_i \cdot d_i \cdot t_i \cdot k_i \quad (3)$$

50 La fórmula (3) antes mencionada expresa el hecho de que u_i es proporcional al producto $v_i \cdot d_i$ y a la duración t_i del período Z_i , menos el coeficiente de corrección k_i . Es interesante señalar que este producto está ligado a la cantidad de movimiento de la cantidad total de gas que fluyó a través de la restricción 4 durante el período Z_i .

Como se muestra en la figura 4, cada valor de u_i aproxima el área subtendida por una curva hipotética de desgaste instantáneo u, representado en la figura con una línea discontinua, durante el período de tiempo Z_i correspondiente.

En otras palabras, cada valor de u_i representa una aproximación del valor de la integral de la curva u durante el intervalo de tiempo Z_i .

El solicitante que presenta la presente invención ha observado que el desgaste de los elementos de sellado del dispositivo de regulación 1, es decir, de los bordes de sellado 3a y/o 3b del conjunto de obturador 3, durante cada intervalo de tiempo Z_i son en gran medida proporcionales al valor correspondiente de u_i definido anteriormente. Por esta razón, este valor u_i se denominará "desgaste equivalente" en lo sucesivo.

La precisión de la correspondencia entre el desgaste equivalente descrito anteriormente y el desgaste real del grupo de obturadores 3 depende, claramente, tanto de la precisión de los cálculos utilizados para estimar la velocidad y la densidad del gas en la restricción 4, como de la duración t_i del intervalo de tiempo Z_i . En particular, una duración más corta conlleva errores de cálculo menores, ya que la variación en la presión y temperatura del gas durante el intervalo y , por tanto, en la velocidad y densidad durante ese intervalo, generalmente crecen a medida que crece la duración de ese intervalo. Por otro lado, los intervalos más largos conllevan mediciones menos frecuentes y menos numerosas y , por tanto, hacen posible utilizar instrumentos y dispositivos de cálculo menos potentes.

Como se representa en la figura 5, para cada intervalo de tiempo Z_i se calcula un valor acumulativo cu_i de desgaste equivalente, correspondiente a la suma de todos los valores de desgaste equivalente $u_1 \dots u_i$ calculado para los intervalos de tiempo desde Z_1 a Z_i .

Como se describió anteriormente, los valores de u_i representan el desgaste equivalente del conjunto de obturador 3 para los intervalos correspondientes Z_i , por lo tanto, su suma representa el desgaste acumulativo desde el inicio de la medición, es decir, desde el instante inicial del primer intervalo de tiempo Z_1 .

El método comprende comparar los valores acumulativos antes mencionados cu_i con un valor límite predefinido cu^* , correspondiente a una condición de desgaste máximo permitido para el conjunto de obturador 3, utilizando un método de comparación predeterminado, para obtener una indicación de la condición de eficiencia del conjunto de obturador 3.

Más concretamente, el valor límite cu^* antes mencionado representa el desgaste equivalente correspondiente a la ineficiencia alcanzada del conjunto de obturador 3, evaluado sobre la base de determinados criterios de seguridad.

En base al resultado de la comparación antes mencionada, un operador puede establecer si el conjunto de obturador 3 tiene que ser reemplazado, y/o se puede obtener una estimación de la duración residual del mismo, logrando así uno de los objetos de la invención.

Preferiblemente, el método para comparar los valores acumulativos cu_i con el valor límite predefinido cu^* comprende la operación de establecer si cada valor acumulativo cu_i supera el valor límite predefinido cu^* , preferiblemente informar esta eventualidad al operador.

Según una variante de realización diferente del método de la invención, la comparación del valor acumulativo cu_i con el valor límite predefinido cu^* comprende la definición de una curva de desgaste sobre la base de los valores acumulativos cu_i anteriores y el cálculo posterior del intervalo de tiempo entre el instante actual y aquel en el que la curva de desgaste antes mencionada se cruza con el valor límite predefinido cu^* . La curva de desgaste antes mencionada representa así una estimación del patrón futuro del desgaste acumulativo en base a la secuencia de los valores anteriores de desgaste acumulativo, y puede definirse de cualquier forma conocida, por ejemplo a través del método de mínimos cuadrados. Preferiblemente, los valores de velocidad v_i y de densidad d_i se determinan en función de uno o más parámetros operativos determinados durante cada intervalo de tiempo Z_i de la secuencia. Los parámetros operativos antes mencionados se pueden seleccionar entre los dos valores de presión $p_{i,1}$, $p_{i,2}$ del gas respectivamente en las dos secciones 5, 6 antes mencionadas del conducto de flujo 2, el valor de la temperatura T_i del gas en una de las dos secciones 5, 6 antes mencionadas, por ejemplo en la sección 6 aguas abajo, el caudal volumétrico q_{vi} del gas a lo largo del conducto de flujo 2 y el valor del área de paso A_i de la restricción 4.

Uno o más de los parámetros operativos antes mencionados se determinan, preferiblemente, a través de una medición de los mismos llevada a cabo por medio del conjunto de sensores 7 del sistema de regulación 13. Además, uno o más de los parámetros operativos antes mencionados se pueden determinar mediante un cálculo de los valores respectivos sobre la base de los otros parámetros operativos.

Según una variante de realización de la invención, los valores de velocidad v_i y de densidad d_i se calculan empleando funciones respectivas de los dos valores de presión $p_{i,1}$, $p_{i,2}$ antes mencionados, del valor de temperatura T_i y del valor del caudal volumétrico q_{vi} , es decir:

$$v_i = f_1(p_{i,1}, p_{i,2}, T_i, q_{vi}) \quad (1)$$

$$d_i = f_2(p_{i,1}, p_{i,2}, T_i, q_{vi}) \quad (2)$$

Cabe señalar que las funciones f_1 y f_2 no son necesariamente funciones en el significado más común del término, sino que también pueden ser algoritmos numéricos, siempre que utilicen los valores de $p_{i,1}$, $p_{i,2}$, T_i , q_{vi} como variables de entrada y produzcan v_i y d_i como valores de salida.

5 Claramente, de acuerdo con variantes de realización de la invención, los parámetros operativos empleados para calcular los valores de v_i y d_i pueden ser diferentes de los descritos anteriormente. Por ejemplo, en una variante de realización, en lugar de los valores de una de las presiones $p_{i,1}$ o $p_{i,2}$, se emplean los valores del área de paso A_i .

Preferiblemente, pero no necesariamente, los valores de velocidad antes mencionados v_i y de densidad d_i representan promedios de las respectivas cantidades del gas en la restricción 4. Según una variante de la invención, los valores antes mencionados son los de los bordes de sellado 3a o 3b, o un promedio de los mismos.

10 Sobre el coeficiente de corrección k_i , es preferiblemente igual a 1. Sin embargo, en variantes de realización de la invención, k_i puede asumir un valor distinto de 1. En particular, k_i puede variar según el tipo de dispositivo de regulación 1. Alternativamente, o en combinación con lo que se acaba de exponer, k_i también se puede calcular en cada intervalo de tiempo Z_i en función de los parámetros operativos, por ejemplo de las presiones $p_{i,1}$ y $p_{i,2}$ antes mencionadas, de la temperatura T_i y del caudal q_{vi} .

15 Preferiblemente, los cálculos descritos anteriormente se llevan a cabo por la unidad lógica de control 10, que recibe los datos medidos por el conjunto de sensores 7. La recepción de los datos puede tener lugar de forma indiferente por medio de una conexión eléctrica directa con el conjunto de sensores 7, si la unidad lógica de control 10 se encuentra en las inmediaciones del dispositivo de regulación 1, o puede tener lugar por medio de ondas de radio, en cuyo caso la unidad lógica de control 10 se puede ubicar de forma remota. Además, la unidad lógica de control 10 está provista de los medios adecuados para calcular, en cada intervalo de tiempo Z_i , los valores correspondientes de velocidad v_i y de densidad d_i , así como el producto del valor de la velocidad v_i , del valor de la densidad d_i , de la duración t_i y del coeficiente de corrección k_i para obtener el valor correspondiente de desgaste equivalente u_i .

20 En particular, la unidad lógica de control 10 usa el reloj 12 para contar la duración de cada intervalo Z_i y para establecer cuándo determinar los valores de los parámetros operativos, por ejemplo las medidas de las presiones $p_{i,1}$, $p_{i,2}$, de la temperatura T_i y de cualquier otro parámetro necesario para calcular las funciones f_1 y f_2 .

La unidad lógica de control 10 también está configurada para calcular el valor acumulativo cu_i para cada intervalo de tiempo Z_i , para compararlo con el valor límite cu^* almacenado en la unidad de almacenamiento 11, y emitir la señal antes mencionada si el valor acumulativo cu_i excede el valor límite cu^* .

30 Preferiblemente, la unidad lógica de control 10 comprende medios para almacenar el valor acumulativo cu_i en la unidad de almacenamiento 11, para poder utilizarlo como base para calcular el valor acumulativo cu_{i+1} para el siguiente intervalo Z_{i+1} . Ventajosamente, esto evita tener que almacenar todos los valores de desgaste equivalente u_i y, por tanto, limita la utilización de la memoria.

35 Según una variante de realización, la unidad lógica de control 10 puede comprender medios para almacenar en la unidad de almacenamiento 11 los valores de desgaste equivalente u_i de cada intervalo de tiempo Z_i y posiblemente agregarlos a los valores anteriores para obtener cada valor acumulativo cu_i .

40 Según una variante de realización adicional, la unidad lógica de control 10 puede comprender medios para almacenar en la unidad de almacenamiento 11 uno o más valores de los parámetros operativos, por ejemplo de las presiones $p_{i,1}$, $p_{i,2}$ y de la temperatura T_i , y/o del caudal volumétrico q_{vi} , de la velocidad v_i , de la densidad d_i y del valor del área de paso A_i o de un parámetro representativo de la configuración del obturador 3, determinado para cada intervalo Z_i . Almacenar los diversos parámetros de cada intervalo Z_i en la unidad de almacenamiento 11 hace posible realizar análisis sobre el funcionamiento del dispositivo de regulación 1 con el tiempo.

45 Con relación al cálculo del valor acumulativo cu_i , su comparación con el valor límite cu^* y la posible emisión de la señal relacionada, estas operaciones preferiblemente tienen lugar inmediatamente después de determinar los valores de los parámetros operativos, por ejemplo de las presiones $p_{i,1}$, $p_{i,2}$, de la temperatura T_i y del caudal volumétrico q_{vi} , durante cada intervalo Z_i o al final del mismo.

50 La señal antes mencionada se emite preferiblemente a través de un dispositivo de comunicación 21 conectado a la unidad lógica de control 10. En este caso, se proporciona un dispositivo receptor, no mostrado en los dibujos pero conocido per se, capaz de poner la señal a disposición de un operador. El dispositivo de comunicación 21 puede comunicarse con el dispositivo receptor por medio de señales de cualquier tipo conocido, en particular por medio de señales de radio analógicas o digitales.

55 Alternativamente o en combinación con el dispositivo de comunicación 21 antes mencionado, la unidad lógica de control 10 puede integrar un dispositivo de señalización, no mostrado en los dibujos, capaz de poner la señal a disposición de un operador presente en las inmediaciones de la propia unidad lógica de control 10. El dispositivo de señalización antes mencionado puede comprender una pantalla, un indicador luminoso, un indicador de sonido o cualquier otro tipo de dispositivo capaz de reproducir la señal antes mencionada en cualquier forma que se pueda poner a disposición de un operador.

Según una variante de realización adicional de la invención, el dispositivo de comunicación 21 antes mencionado puede emplearse para transmitir los datos del gas adquiridos del conjunto de sensores.

Con relación al algoritmo para calcular la velocidad v_i y densidad d_i , que comprende, por ejemplo, las funciones f_1 y f_2 antes mencionadas, se puede determinar para cada tipo de dispositivo de regulación 1 a través de pruebas de laboratorio y/o a través de algoritmos de dinámica de fluidos computacional implementados en ordenadores. Con relación a la determinación del caudal volumétrico q_{vi} , se puede calcular en función de los valores de las presiones $p_{i,1}$, $p_{i,2}$, de la temperatura T_i y del área de paso A_i de la restricción 4 durante el intervalo de tiempo Z_i correspondiente. A su vez, el valor del área de paso A_i se puede calcular en función de la configuración del conjunto de obturador 3, detectable, por ejemplo, por un sensor de posición que pertenece al conjunto de sensores 7.

Los cálculos anteriores pueden llevarse a cabo mediante fórmulas conocidas en sí mismas y especificadas en los estándares de referencia. Por ejemplo, q_{vi} se puede expresar en función de las presiones del gas y de un coeficiente c_{gi} característico de cada regulador de presión, que a su vez es función del grado de apertura del obturador 3, según la relación de proporcionalidad:

$$q_{vi} \propto c_{gi} \cdot p_{i,1}$$

o según la relación de proporcionalidad:

$$q_{vi} \propto c_{gi} \cdot p_{i,1} \cdot \sin\{k \cdot \sqrt{[(p_{i,1} - p_{i,2})/p_{i,1}]}\}$$

Alternativamente, el caudal volumétrico q_{vi} se puede medir a lo largo del conducto de flujo 2 durante el intervalo de tiempo Z_i correspondiente por medio de un dispositivo de medición de caudal, o volumen, que es conocido en sí mismo.

Cabe señalar que todas las operaciones descritas anteriormente para el método de la invención pueden ser llevadas a cabo por cualquier dispositivo de control que comprenda una unidad lógica de control 10, una unidad de almacenamiento 11 y un reloj 12. Este tipo de dispositivos de control ya es conocido y ampliamente utilizado para controlar las redes de distribución de gas natural y, por tanto, puede adaptarse a la implementación del método antes mencionado a través de una actualización de software, sin requerir ninguna modificación estructural, logrando así otro objeto de la invención.

En particular, de manera ventajosa, la actualización de software antes mencionada se puede llevar a cabo directamente sobre el terreno en dispositivos de mando que ya están instalados.

Es evidente fácilmente que el método también se puede emplear en redes de distribución que no comprenden los dispositivos de control del tipo descrito anteriormente. En este caso, será suficiente agregar a la red un dispositivo de control adecuado para ejecutar el método y/o cualquier sensor que aún no esté presente. Con relación al valor límite predefinido cu^* , se determina preferiblemente por medio de una recopilación de datos provenientes de dispositivos de regulación ya instalados en el campo.

Alternativamente, el valor límite predefinido cu^* se puede determinar en el laboratorio, estableciendo un banco de pruebas provisto de un dispositivo de prueba operativamente equivalente al dispositivo de regulación 1 para ser monitoreado. El término "operativamente equivalente" significa un dispositivo de prueba que, para las mismas condiciones y configuración operativa, produce la misma transformación en el gas que se produce por el dispositivo de regulación 1 a ser monitoreado, en particular, la misma caída de presión para una apertura igual del obturador. Preferiblemente, el dispositivo de prueba es un dispositivo de regulación idéntico al que se va a monitorear.

A continuación, se hace que el gas pase a través del conjunto de obturador 3 del dispositivo de prueba. Durante el tránsito antes mencionado, las condiciones predefinidas de presión y temperatura se mantienen en el conducto de flujo 2 del dispositivo de prueba, aguas arriba o aguas abajo del conjunto de obturador 3.

Para cada instante de tiempo de una secuencia predefinida de instantes de tiempo, y comenzando desde un primer instante de tiempo, la presión se mide en una sección del conducto de flujo 2 posicionado, con respecto al conjunto de obturador 3, en el lado opuesto a aquél en el que se mantienen las condiciones predefinidas antes mencionadas. Además, se monitoriza un parámetro de control indicativo de la eficacia del dispositivo de prueba.

Cuando, en un segundo instante de tiempo, el parámetro de control antes mencionado alcanza un valor de referencia predeterminado, representativo de una condición de ineficiencia del dispositivo de prueba, se obtiene un cálculo del producto de la velocidad por la densidad del gas total que fluyó a través de la restricción 4 del dispositivo de prueba entre el primer instante de tiempo y el segundo instante de tiempo. Los valores antes mencionados de velocidad y densidad del gas se calculan en función de las condiciones predefinidas de presión y temperatura antes mencionadas, de las presiones medidas en los instantes de tiempo antes mencionados y del área de paso A de la restricción 4.

Posteriormente, el producto mencionado se multiplica por un coeficiente predefinido para obtener el valor límite cu^* , que representa el desgaste equivalente correspondiente a la condición en la que la eficiencia del dispositivo de regulación 1 ya no es aceptable.

- 5 Con relación al parámetro de control antes mencionado, puede coincidir con la presión medida en la sección del conducto de flujo 2 posicionado, con respecto al conjunto de obturador 3, en el lado opuesto a aquél en el que se mantienen las condiciones predefinidas. La condición de ineficacia alcanzada del dispositivo de prueba puede definirse convencionalmente como la condición en la que la tasa de desgaste medida es tal que afecta a la funcionalidad correcta del regulador de presión.

- 10 En vista de lo anterior, se entiende que el método y sistema de regulación descritos anteriormente logran todos los objetos de la invención.

En particular, el cálculo de un desgaste equivalente proporcional al producto de la velocidad y de la densidad del gas que fluyó a través de la restricción, integrado durante un intervalo de tiempo a partir de un instante inicial, hace posible estimar en tiempo real la vida útil residual del obturador del dispositivo de regulación en base al uso real del mismo y, por tanto, permite llevar a cabo los trabajos de mantenimiento necesarios cuando sea realmente necesario.

- 15 Además, el método antes mencionado se puede implementar en dispositivos de regulación conocidos que comprenden una unidad lógica de control y un conjunto de sensores, incluso si ya están instalados, por medio de una simple adaptación del software de la unidad lógica de control.

REIVINDICACIONES

1. Un método para monitorear un dispositivo (1) para regular el flujo de un gas, comprendiendo dicho dispositivo de regulación (1) un conducto de flujo (2) a lo largo del cual se coloca un conjunto de obturador (3) que es capaz de definir en dicho conducto de flujo (2) una restricción (4) que define un área de paso (A) para dicho gas, comprendiendo dicho método las siguientes operaciones:
 - a) provocar el tránsito de un gas a través de dicho conducto de flujo (2) según una dirección predefinida (X);
 - b) definir una secuencia de intervalos de tiempo ($Z_1... Z_n$), cada uno de los cuales se extiende una duración correspondiente ($t_1... t_n$);dicho método estando caracterizado por que comprende las siguientes operaciones:
 - c) durante cada intervalo de tiempo (Z_i) de dicha secuencia, determinar un valor de densidad (d_i) y un valor de velocidad (v_i) de dicho gas en dicha restricción (4);
 - d) calcular el producto de dicho valor de densidad (d_i), de dicho valor de velocidad (v_i), de la duración (t_i) de dicho intervalo de tiempo (Z_i) y de un coeficiente de corrección (k_i) para obtener un valor correspondiente de desgaste equivalente (u_i);
 - e) para cada intervalo de tiempo (Z_i) de dicha secuencia, sumar todos los valores de desgaste equivalente ($u_1... u_i$) calculados para dicho intervalo de tiempo (Z_i) y para cada uno de los intervalos de tiempo ($Z_1... Z_{i-1}$) que preceden a dicho intervalo de tiempo (Z_i) en dicha secuencia para obtener un valor acumulativo (cu_i);
 - f) comparar dichos valores acumulativos (cu_i) con un valor límite predefinido (cu^*), correspondiente a una condición de desgaste máximo admisible para dicho conjunto de obturador (3), utilizando un método de comparación predeterminado, para obtener una indicación de la condición de eficiencia de dicho conjunto de obturador (3).
2. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho método de comparación predeterminado comprende la operación de determinar si un valor acumulativo (cu_i) calculado para un intervalo de tiempo (Z_i) supera dicho valor límite predefinido (cu^*).
3. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho método de comparación predeterminado comprende las siguientes operaciones:
 - definir una curva de desgaste esperado sobre la base de los valores acumulativos (cu_i);
 - calcular el intervalo de tiempo entre un instante actual y el instante en el que dicha curva de desgaste esperado se cruza con dicho valor límite predefinido (cu^*).
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende la operación de determinar uno o más parámetros operativos durante cada intervalo de tiempo (Z_i) de dicha secuencia, seleccionándose dichos uno o más parámetros operativos entre un primer valor de presión ($p_{i,1}$) de dicho gas en una sección (5) de dicho conducto de flujo (2) colocado aguas arriba de dicho conjunto de obturador (3) según dicha dirección predefinida (X), un segundo valor de presión ($p_{i,2}$) de dicho gas en una sección (6) de dicho conducto de flujo (2) posicionado aguas abajo de dicho conjunto de obturador (3) según dicha dirección predefinida (X), un valor de temperatura (T_i) de dicho gas en una de dichas dos secciones (5, 6), un valor de caudal volumétrico (q_{vi}) de dicho gas a lo largo de dicho conducto de flujo (2), y un valor de dicha área de paso (A_i) de dicha restricción (4), y por que dicho valor de densidad (d_i) y dicho valor de velocidad (v_i) se determinan en función de dichos uno o más parámetros operativos.
5. El método según la reivindicación 4, caracterizado por que cada uno de dichos uno o más parámetros operativos se determina a través de una medición o a través de un cálculo.
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que dicho caudal volumétrico (q_{vi}) se calcula en función de dicho primer valor de presión ($p_{i,1}$), de dicho segundo valor de presión ($p_{i,2}$), de dicho valor de temperatura (T_i) y de dicho valor de dicha área de paso (A_i).
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que dicho caudal volumétrico (q_{vi}) se mide en una de dichas dos secciones (5, 6) durante el intervalo de tiempo correspondiente (Z_i) por medio de un dispositivo de medición de caudal.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado por que dicho coeficiente de corrección (k_i) se define para cada intervalo de tiempo (Z_i) en función de los parámetros operativos determinados para dicho intervalo de tiempo (Z_i).
9. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una operación de mover dicho conjunto de obturador (3) para modificar dicha área de paso (A) durante dicho tránsito de dicho gas.

10. El método según la reivindicación 9, caracterizado por que dicha operación de mover dicho conjunto de obturador (3) se lleva a cabo de tal manera que se mantenga la presión, o el caudal volumétrico, de dicho gas en una sección (6) de dicho conducto de flujo (2) aguas abajo de dicho conjunto de obturador (3) a un valor de calibración predefinido.

5 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una operación de sustitución total o parcial de dicho conjunto de obturador (3) como resultado de la recepción de dicha señal.

12. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una operación de determinación de dicho valor límite predefinido (cu^*), que comprende las siguientes operaciones:

10 - proporcionar un dispositivo de prueba operativamente equivalente a dicho dispositivo de regulación (1), provisto de un conducto de prueba correspondiente y con un conjunto de obturador de prueba correspondiente capaz de definir una restricción de prueba en dicho conducto de prueba;

- provocar el tránsito de dicho gas a través de dicha restricción de prueba;

- durante dicho tránsito, mantener las condiciones predefinidas de presión y temperatura en dicho conducto de prueba aguas arriba o aguas abajo de dicha restricción de prueba;

15 - para cada instante de tiempo de una secuencia de instantes de tiempo y a partir de un primer instante de tiempo, medir la presión en dicho conducto de prueba en una sección colocada, con respecto a dicha restricción de prueba, en el lado opuesto a aquél en el que se mantienen dichas condiciones predefinidas ;

- monitorear el valor de un parámetro de control representativo de la eficiencia de dicho conjunto de obturador de prueba;

20 - determinar un segundo instante de tiempo de dicha secuencia de instantes de tiempo en el que el valor de dicho parámetro de control alcanza un valor de referencia predeterminado, representativo de una condición de ineficiencia de dicho conjunto de obturador de prueba;

25 - calcular el producto de la velocidad y de la densidad de todo el gas que fluyó a través de dicha restricción (4) entre dicho primer instante de tiempo y dicho segundo instante de tiempo en función de dichas condiciones de presión y temperatura predefinidas, de las presiones medidas en dichos instantes de tiempo, y del área de paso (A) de dicha restricción (4);

- multiplicar dicho producto por un coeficiente predefinido para obtener dicho valor límite predefinido (cu^*).

30 13. El método según la reivindicación 12, caracterizado por que dicho parámetro de control es la presión medida en dicho conducto de prueba sobre dicha sección colocada, con respecto a dicho conjunto de obturador de prueba, en el lado opuesto a aquél en el que se mantienen dichas condiciones predefinidas.

14. Un sistema (13) para regular el flujo de un gas que comprende:

35 - un dispositivo de regulación (1) provisto de un conducto de flujo (2) para el tránsito de dicho gas según una dirección predefinida (X), de un conjunto de obturador (3) posicionado a lo largo de dicho conducto de flujo (2) para definir en dicho flujo conducto (2) una restricción (4) que define un área de paso (A), y un conjunto de motorización (8) de dicho conjunto de obturador (3) para moverlo para regular dicha área de paso (A);

- un conjunto de sensores (7) configurado para medir uno o más parámetros operativos de dicho sistema de regulación (13);

40 - un dispositivo de mando (9) configurado para activar dicho conjunto de motorización (8) en base a los valores de dicho uno o más parámetros operativos para mantener la presión en una sección (6) aguas abajo de dicho conjunto de obturador (3), o el caudal a lo largo de dicho conducto de flujo (2), en un valor de calibración predefinido;

- una unidad lógica de control (10) asociada operativamente a dicho conjunto de sensores (7) y que comprende una unidad de almacenamiento (11) y un reloj (12);

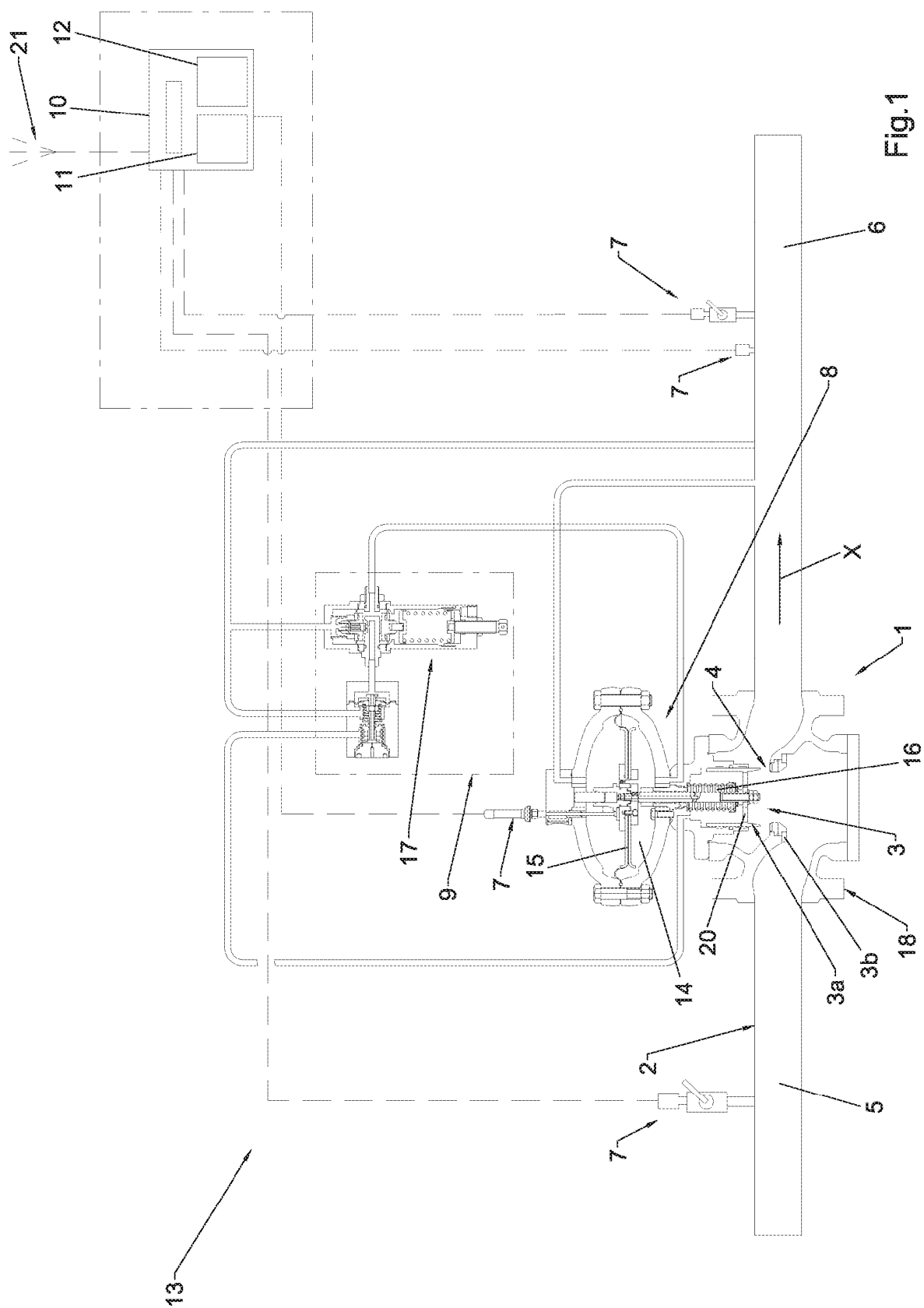
45 caracterizado por que comprende un dispositivo para determinar un valor de caudal volumétrico (q_v) de dicho gas a lo largo de dicho conducto de flujo (2), comprendiendo dicha unidad lógica de control (10) medios para calcular, en cada intervalo de tiempo (Z_i) de una secuencia predefinida ($Z_1... Z_n$) de intervalos de tiempo que se extienden las duraciones correspondientes ($t_1... t_n$), los siguientes valores:

- un valor de velocidad (v_i) y un valor de densidad (d_i) de dicho gas en dicha restricción (4) en función de dicho uno o más parámetros operativos determinados durante dicho intervalo de tiempo (Z_i) y de un valor de caudal volumétrico (q_{vi}) de dicho gas a lo largo de dicho conducto de flujo (2) determinado durante dicho intervalo de tiempo (Z_i);

- el producto de dicho valor de velocidad (v_i), de dicho valor de densidad (d_i), de la duración (t_i) de dicho intervalo de tiempo (Z_i) y de un coeficiente de corrección (k_i) para obtener un valor correspondiente de desgaste equivalente (u_i);

dicha unidad lógica de control (10) también está configurada para:

- 5 - calcular, para cada intervalo de tiempo (Z_i) de dicha secuencia, un valor acumulativo (cu_i) igual a la suma de los valores de desgaste equivalente ($u_1... u_i$) correspondiente a dicho intervalo de tiempo (Z_i) y a todos los intervalos de tiempo ($Z_1... Z_{i-1}$) que preceden a dicho intervalo de tiempo (Z_i) en dicha secuencia;
- almacenar en dicha unidad de almacenamiento (11) dicho valor acumulativo (cu_i) y/o dicho valor de desgaste equivalente (u_i) de cada intervalo de tiempo (Z_i);
- 10 - comparar dichos valores acumulativos (cu_i) con un valor límite predefinido (cu^*) almacenado en dicha unidad de almacenamiento (11) y correspondiente a una condición de desgaste máximo admisible para dicho conjunto de obturador (3), utilizando un método de comparación predeterminado, para obtener una indicación de la condición de eficiencia de dicho conjunto de obturador (3).
- 15 15. El sistema de regulación (13) según la reivindicación 14, caracterizado por que dicho dispositivo para determinar un valor de caudal volumétrico (q_v) comprende un sensor para determinar la configuración de dicho obturador (3).
16. El sistema de regulación (13) según la reivindicación 14, caracterizado por que dicho dispositivo para determinar un valor de caudal volumétrico (q_{vi}) comprende un dispositivo para medir el caudal volumétrico.



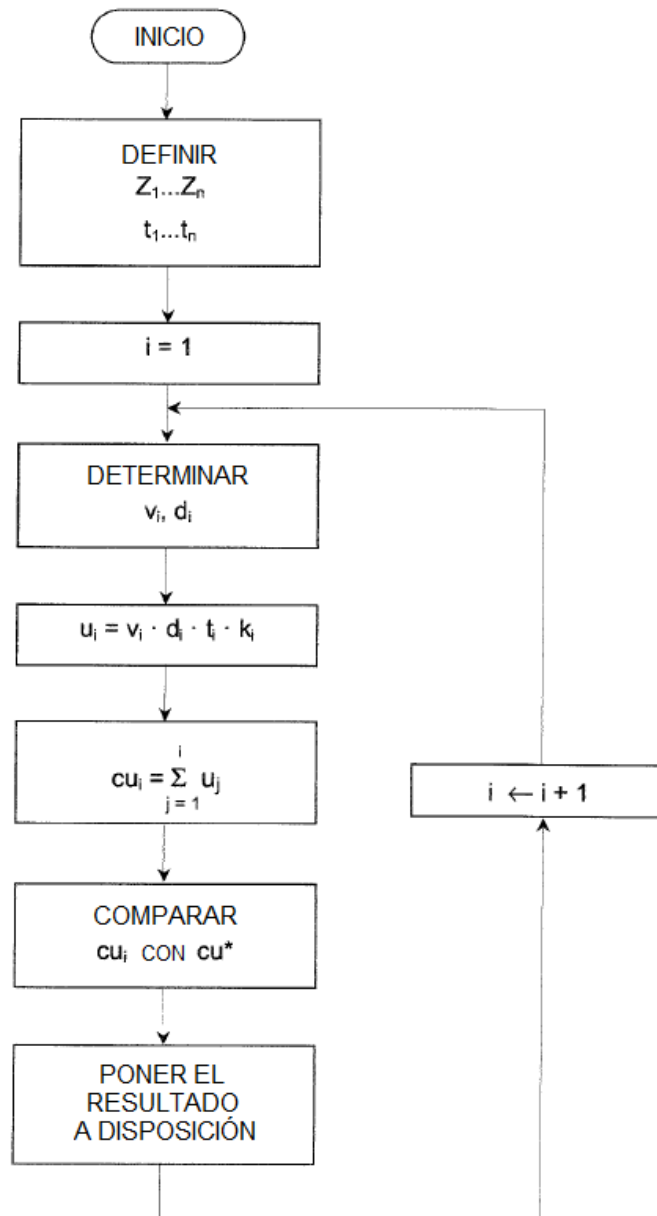


Fig.2

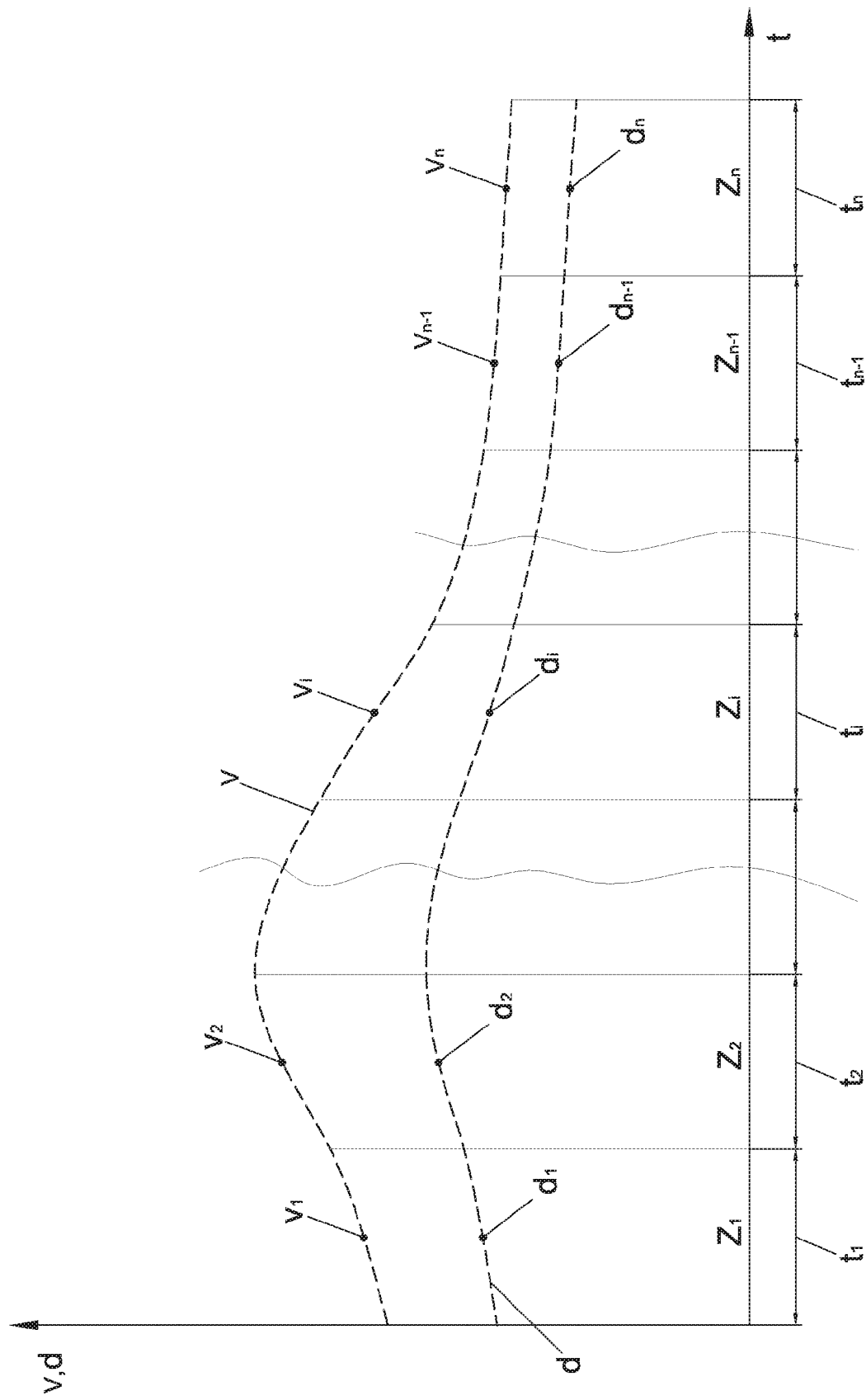


Fig.3

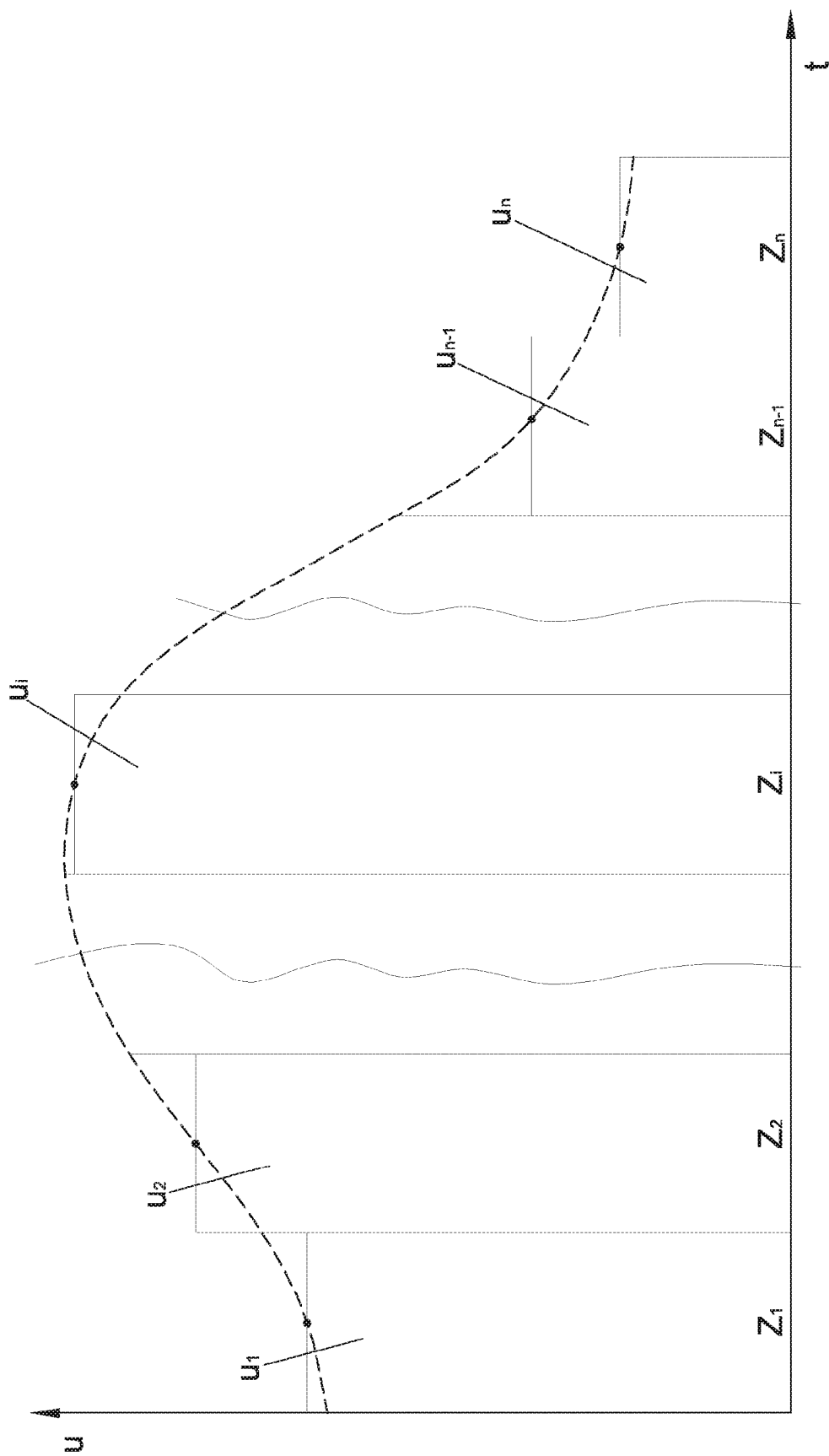


Fig.4

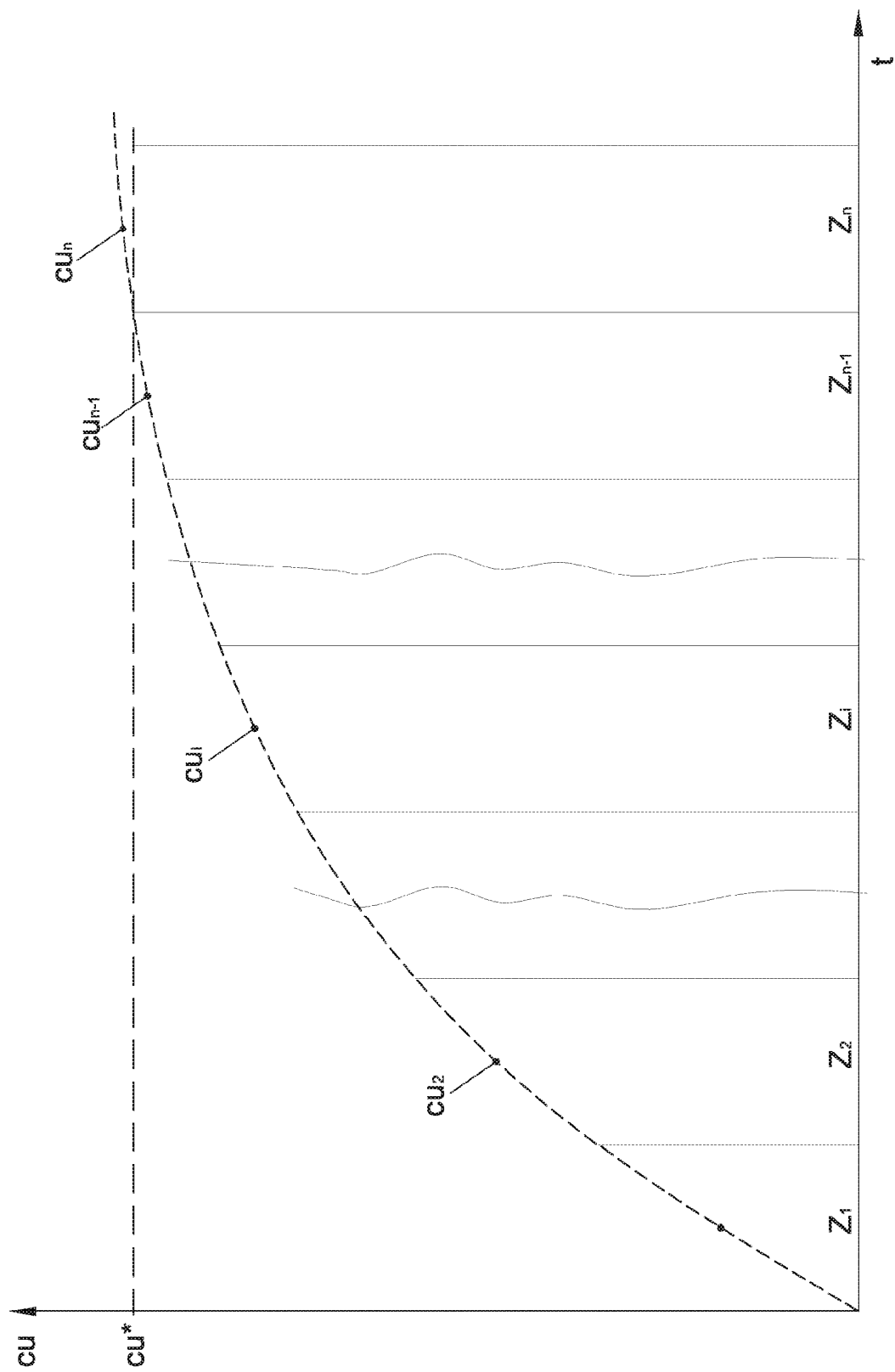


Fig.5