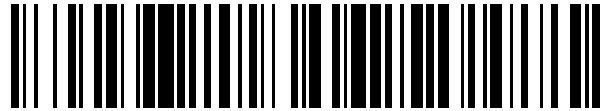


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 464**

51 Int. Cl.:

G01F 1/66

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2013** **E 13187401 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018** **EP 2722654**

54 Título: **Aparato de medición de caudal**

30 Prioridad:

19.10.2012 GB 201218898

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

04.05.2018

73 Titular/es:

SECURE INTERNATIONAL HOLDINGS PTE. LTD.
(100.0%)

3 Philip Street 18-00, Commerce Point
Singapore 048693, SG

72 Inventor/es:

THOMPSON, PETER ROBERT y
DUBEY, VIMAL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 666 464 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

Aparato de medición de caudal

- 5 La presente invención se refiere al caudal y, en particular, a la supervisión del caudal en caudalímetros ultrasónicos tales como medidores de gas.

10 Un caudalímetro ultrasónico comprende habitualmente un paso de flujo que abarca una sección de medición en el que se utiliza un par de transductores ultrasónicos montados a cada extremo de la sección de medición para generar señales ultrasónicas. Estas señales se propagan en la dirección del flujo (aguas abajo) y la dirección opuesta contra la dirección del flujo (aguas arriba). Cada señal se transmite normalmente en cada dirección alternativamente. El tiempo que necesitan las señales ultrasónicas para viajar tanto aguas abajo como aguas arriba se mide (los tiempos de tránsito) y, junto con la diferencia en los tiempos y la distancia cubierta, se utiliza para calcular la velocidad del fluido. Como alternativa, puede utilizarse la velocidad del sonido (VDS) en el fluido en el cálculo en lugar del tiempo total. Puede utilizarse un tercer transductor independiente para determinar la VDS en una célula de medición distinta dentro de la envoltura del fluido.

20 La sección de medición tiene generalmente la forma de un tubo a lo largo del cual está fluyendo el fluido que se está midiendo. El fluido es dirigido a través del tubo con el fin de confinarlo durante la medición y acelerar el flujo para aumentar la precisión de la medición. Dicho medidor de flujo se conoce como medidor de flujo por tiempo de tránsito o medidor de tiempo de vuelo. Cuando el medidor de flujo es un medidor de gas, el fluido es generalmente gas natural.

25 Una técnica que se utiliza actualmente para generar una señal para accionar el transductor transmisor conlleva el uso de un único pulso, generalmente de alta tensión, para accionar el transductor transmisor y calcular directamente la recepción de uno de los bordes recibidos. Los transductores se sintonizan a una frecuencia alta, por ejemplo, 200kHz o más. La señal recibida en el transductor receptor es de amplitud muy baja y consiste en una serie breve de ondas senoidales que aumentan rápidamente en amplitud antes de descomponerse. El tiempo se mide desde el momento de transmisión hasta un nivel umbral conocido o cruce de cero en la ráfaga de señales recibidas. Es extremadamente difícil detectar el comienzo de esta ráfaga recibida y generalmente se detecta el segundo o tercer ciclo. La frecuencia de las ondas senoidales depende de la respuesta de los transductores utilizados y puede variar provocando incertidumbre en el valor medido. La señal tiene una Relación Señal-Ruido (RSR) deficiente y el único punto de detección es susceptible al ruido por lo que es necesario promediar un gran número de mediciones. Las pérdidas de amplitud de señal también están influidas por el gas, el gas natural tiene un alto contenido en metano que atenúa las frecuencias altas, por lo que la señal cambia su naturaleza y amplitud con el tipo de gas. Los pulsos tienen generalmente un ancho de banda alto y evitan la generación de modos.

40 Otra técnica para accionar el transductor transmisor conlleva una ráfaga de varios ciclos, generalmente a una frecuencia sintonizada a la máxima respuesta de los transductores. La señal en el transductor receptor aumenta de amplitud a medida que la ráfaga aumenta de duración hasta que se alcanza un máximo. El tiempo necesario para alcanzar la amplitud máxima depende del ancho de banda de todo el sistema, principalmente restringido por los anchos de banda del transductor. No todas las señales se han diseñado para alcanzar una máxima amplitud recibida. Cuando la señal transmitida termina el sistema continúa sonando a una frecuencia determinada por las respuestas del transductor, descomponiéndose gradualmente, hasta que la energía se disipa.

45 El documento GB2321705A se refiere a un método y un aparato para medir la impedancia acústica de, la densidad de, o la masa de un fluido que fluye que comprende proporcionar un primer transductor acoplado a un bloque correspondiente y un segundo transductor acoplado a un segundo bloque correspondiente, estando los dos bloques separados. Los bloques correspondientes pueden estar fabricados de un material plástico. Se proporciona un fluido bajo prueba entre los bloques, y se genera una primera señal ultrasónica en una primera dirección en el primer bloque. Las señales resultantes son detectadas por el primer transductor y el segundo transductor. De modo similar, una segunda señal acústica es generada en el segundo bloque por el segundo transductor y las señales resultantes son detectadas por el primer transductor y el segundo transductor (es decir, se realizan dos mediciones direccionales). Después puede procesarse una combinación de las señales desde ambas direcciones para proporcionar una medida de la impedancia acústica/densidad/masa del fluido que fluye independientemente de cualesquiera pérdidas de acoplamiento que puedan surgir entre los bloques y el fluido. El documento WO99/51944A se refiere a un medidor de flujo ultrasónico que contiene un primer y segundo sensor que pueden accionarse alternativamente como transmisores o actuar como receptores, y un generador de transmisión para generar diferentes funciones de excitación. Las señales recibidas se correlacionan por ordenador utilizando el método de correlación de retardo. El objetivo es mejorar la precisión utilizando medios sencillos y, para este fin, los sensores, cuando se accionan como transmisores, se someten a excitación de banda ancha para una detección máxima y a excitación de banda estrecha para una buena resolución de tiempo. Los inventores han determinado que un inconveniente del método de ráfagas de frecuencia convencional es que la señal recibida en el transductor receptor variará en función de propiedades tales como el ancho de banda y la frecuencia resonante de los transductores.

65 Desde un primer punto de vista, la presente invención proporciona un aparato de medición de caudal que

comprende un paso de flujo dentro del cual el fluido se adapta para fluir, y medios para propagar una señal ultrasónica a través del paso de flujo, comprendiendo los medios de propagación un primer transductor para enviar una señal ultrasónica aguas abajo del flujo y un segundo transductor para enviar una señal aguas arriba del flujo, comprendiendo el aparato también circuitería de procesamiento de señales para hacer que la señal ultrasónica sea transmitida en ambas direcciones a través de los pasos de flujo por el primer y segundo transductores y un medio de procesamiento para determinar información representativa del tiempo de vuelo de las señales ultrasónicas recibidas por el primer y segundo transductores, en el que la circuitería de procesamiento de señales puede manejarse para proporcionar una señal de accionamiento que comprende una banda de frecuencias, caracterizada por que a) dicha señal de accionamiento cambia su ancho de banda con el tiempo, estrechándose a medida que pasa el tiempo, y b) en el que la señal de accionamiento se elige para que tenga una duración tal que antes del final de señal su ancho de banda se encuentre dentro del ancho de banda del aparato.

En las reivindicaciones dependientes se proporcionan otras características opcionales.

15 La señal de accionamiento es preferentemente una onda senoidal.

El diámetro del paso de flujo puede ser comparable o inferior al tamaño de corte para la banda de frecuencias. En una realización, la estructura de flujo comprende una pluralidad de dichos pasos de flujo, opcionalmente siete pasos de flujo. Cada paso de flujo tiene preferentemente una sección transversal hexagonal. Los pasos de flujo pueden acoplarse juntos para proporcionar la estructura de flujo con siete pasos de flujo.

En la entrada de la estructura de flujo, puede proporcionarse una estructura de guía para guiar el caudal al interior de la estructura de flujo. La estructura de guía es un reborde acústicamente transparente dispuesto para evitar la reflexión de la señal ultrasónica desde el primer transductor.

25 El primer y segundo transductores se montan preferentemente a lo largo del eje longitudinal de la estructura de flujo pero suficientemente lejos de la entrada y la salida respectivamente de la estructura de flujo de manera que se evita la alteración del caudal a lo largo del medidor.

30 En un ejemplo, puede proporcionarse un aparato de medición de caudal que comprende estructura de flujo que comprende una pluralidad de pasos de flujo dentro de los cuales el fluido se adapta para fluir, y medios para propagar una señal ultrasónica a través del paso de flujo, comprendiendo los medios de propagación un primer transductor para enviar una señal ultrasónica aguas abajo del flujo y un segundo transductor para enviar una señal aguas arriba del flujo. Se proporciona un medio transmisor para hacer que la señal ultrasónica sea transmitida en ambas direcciones a través de los pasos de flujo por el primer y segundo transductores y se proporciona un medio de procesamiento para determinar información representativa del tiempo de vuelo de las señales ultrasónicas recibidas por el primer y segundo transductores. Cada paso de flujo tiene una sección transversal hexagonal idéntica a lo largo de su longitud.

40 A continuación se describirán realizaciones preferidas de la presente invención, únicamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los siguientes dibujos en los que:

- la Figura 1 muestra una vista esquemática de una primera realización de un caudalímetro;
- la Figura 2 muestra una ráfaga de señales a modo de ejemplo utilizada en el medidor de la Figura 1;
- 45 la Figura 3 muestra una forma de onda recibida a modo de ejemplo proporcionada por el medidor de la Figura 1;
- la Figura 4 muestra una vista transversal de extremo tomada a lo largo de la línea D-D de la Figura 1;
- la Figura 5 muestra una vista en perspectiva de un caudalímetro similar al de la Figura 1 con determinadas características omitidas; y
- 50 la Figura 6 es una realización alternativa del tubo mostrado en las Figuras 1, 2 y 5.

En una primera realización mostrada en la Figura 1, un caudalímetro 10 comprende un alojamiento que tiene una entrada 1a para recibir fluido en el alojamiento y una salida 1b para expulsar fluido desde el alojamiento. Un tubo 3 de medición de flujo se coloca dentro del medidor 10 y la estructura interna del alojamiento es tal que el fluido puede fluir a través del tubo 3. El tubo 3 es una estructura de flujo de forma generalmente cilíndrica y su eje longitudinal es rectilíneo y generalmente perpendicular al eje de la entrada 1a y la salida 1b. El fluido es preferentemente gas y fluye en la dirección A a través del tubo 3.

En el alojamiento también se proporciona una pluralidad de transductores 2a,2b colocados con respecto al tubo 3 para proporcionar una señal ultrasónica a través del tubo 3. En esta realización, cada transductor 2a,2b se dispone sobre el eje longitudinal del tubo 3 separado de cada extremo de la cara del tubo 3, pero la invención no se limita a esta ubicación. El hueco es tal como para permitir que el caudal se establezca en la entrada del tubo 3 y se disipe en la salida del tubo 3 sin cambiar su recorrido esencialmente con el cambio de velocidad del caudal. Una distancia preferible está en el intervalo de 15 mm a 25 mm y, más preferentemente, 20 mm. Mucho más cerca que esto puede ocasionar un error dependiente de la velocidad del gas en la medición y demasiado lejos puede significar que la señal desde los transductores 2a,2b no alcance el tubo 3 en suficiente medida.

Los transductores 2a,2b se adaptan para transmitir las señales ultrasónicas alternativamente a través del tubo en direcciones diferentes. El transductor 2a se dispone para transmitir la señal ultrasónica B aguas abajo (en la dirección de flujo de fluido) y el transductor 2b se dispone para transmitir la señal ultrasónica C aguas arriba (opuesta a la dirección de flujo de fluido).

5 Los transductores 2a, 2b también pueden recibir las respectivas señales C,B, de manera que actúen como transceptores.

10 Para evitar que las reflexiones acústicas vuelvan a entrar en el tubo 3 a lo largo de la duración de una ráfaga de señales, cada transductor 2a,2b se coloca en un espacio libre suficientemente lejos de superficies reflectoras dentro del alojamiento.

15 La circuitería de procesamiento de señales 20 y una batería (no mostrada) se encuentran fuera del tubo 3 y el circuito de procesamiento 20 se utiliza para generar y analizar señales de medición desde el tubo 3 y calcular el resultado. La circuitería 20 puede encontrarse dentro o fuera del alojamiento del medidor de flujo 10.

20 Con el fin de accionar los transductores 2a,2b, se utiliza un método de ráfaga de frecuencias con una longitud de ráfaga suficiente para permitir que la amplitud receptora se estabilice más un conjunto de ciclos utilizados en la medición, generalmente la estabilización se producirá después de entre 25 y 35 ciclos. Al ser una ráfaga, la señal consiste en una banda de frecuencias que cambia su ancho de banda con el tiempo, estrechándose a medida que transcurre el tiempo. Específicamente, es una única señal de accionamiento fija en vez de una única frecuencia de diversa amplitud o múltiples señales que incluyen distintas señales de banda ancha y de banda estrecha. Un ejemplo de una ráfaga de señales aparece en la Figura 2.

25 Una señal de accionamiento de onda senoidal se proporciona preferentemente a los transductores 2a,2b para reducir el ancho de banda lo máximo posible.

30 Cuando la señal recibida en un transductor es suficientemente larga, está dentro del ancho de banda del sistema, en particular el ancho de banda de los transductores. La Figura 3 muestra un ejemplo de una forma de onda de señal recibida después de haber sido muestreada por un conversor A/D y reconstruida después a partir de sus muestras uniendo los puntos de la muestra de salida. El ancho de banda de la señal entrará dentro del ancho de banda del sistema y la frecuencia de la señal recibida se estabilizará a la frecuencia transmitida ya que está dentro del ancho de banda del sistema. En consecuencia, la señal recibida se convierte en la señal transmitida originalmente. Ahora la señal solo depende de las propiedades de la señal transmitida y no de las propiedades de los transductores y es por tanto independiente de las propiedades del transductor. La señal transmitida es regulable mientras los transductores sean dispositivos adquiridos con variabilidad de fabricación sobre los cuales haya poco control. La fase de señal recibida se ha estabilizado desde que la frecuencia se ha estabilizado. La duración de la ráfaga es suficiente para que los datos de medición de fase puedan recogerse desde la última parte de la ráfaga de señales, después de haber satisfecho el requisito de que el ancho de banda entre dentro del ancho de banda del sistema descrito anteriormente y habiéndose estabilizado así tanto en frecuencia como en fase, dando una medición precisa y estable. Esta fase se utiliza como herramienta de medición ya que ofrece una representación fiel de la señal transmitida original.

45 La circuitería de procesamiento de señales 20 se dispone para conectar los transductores 2a,2b con un sistema de conmutación 21, alternativamente como transmisores y receptores de manera que las señales puedan pasarse en cualquier dirección a través del tubo 3 del caudal. En el sistema de ráfaga de frecuencias, la señal recibida puede amplificarse habitualmente con un amplificador receptor 23 y después digitalizarse con un conversor A/D. Puede operarse sobre la señal digital para extraer la información de los tiempos. Otro cálculo obtiene la velocidad del gas y, por tanto, el volumen de gas. La medición no es continua, sino que se repite a un intervalo adecuado para garantizar que las variaciones esperadas en el flujo de gas pueden establecerse de forma precisa.

50 En esta realización, un microcontrolador 24 con conversor D/A y conversor A/D en chip proporciona la señal de transmisión, digitaliza la señal recibida, regula la conmutación y procesa los datos para calcular los tiempos de tránsito, la VDS, la velocidad del gas y, por tanto, el volumen del gas. Un controlador LCD en chip (no mostrado) presenta la lectura de índice actual al usuario. El microprocesador también puede comunicarse con dispositivos externos y regular el flujo de gas con una válvula (no mostrada) que puede proporcionarse en el alojamiento del medidor de flujo 10 tal como en la entrada 1a. En dicha realización, se proporcionarían conexiones apropiada entre el microcontrolador 26 y la válvula. Puede incluirse un elemento sensor de temperatura (no mostrado) capaz de medir la temperatura del gas que fluye y de comunicarlo al microprocesador 26. Esta temperatura medida puede utilizarse para calcular un volumen alternativo que representa el volumen del gas a una temperatura estándar definida, un método conocido como Corrección de Temperatura. Pueden proporcionarse otras formas de procesador o circuitería para alcanzar la funcionalidad del microprocesador, sin embargo, se ha descubierto que el microprocesador es ventajoso en esta disposición.

65 Los transductores 2a,2b se disponen de tal manera que se conectan a un transmisor 22 con una clavija y un receptor 23 con la otra clavija. Se proporcionan conmutadores en el sistema de conmutación de tal manera que

conectan cada clavija transductora 2a,2b a tierra, acortando o bien la salida del transmisor 22 durante la recepción o la entrada del receptor 23 durante la transmisión.

5 La impedancia de entrada es baja, aproximadamente 5 ohmios, debido a que el receptor 23 es un amplificador de transimpedancia con gran realimentación negativa. Se utiliza una cadena amplificadora habitual para evitar diferencias de retardo de propagación entre los transductores. El transmisor 22 tiene una impedancia de salida que es baja, dirigida desde la salida de un amplificador operacional en configuración de ganancia unitaria. Los amplificadores utilizados tienen una respuesta de frecuencia muy alta en comparación con las frecuencias de señal durante el funcionamiento con el fin de minimizar el retardo de propagación y, por tanto, cualquier diferencia en el tiempo de propagación que pueda causar compensaciones de tiempos.

15 El receptor amplificador 23 y circuitos de accionamiento del transmisor 22 se interconectan a los transductores 2a,2b y sus circuitos de acoplamiento a una impedancia muy baja que presenta diferencias mínimas entre las configuraciones de transmisión y recepción de los transductores 2a,2b y sus circuitos de acoplamiento. Esto minimiza las compensaciones de medición causadas por impedancias cambiantes y los cambios de fase resultantes.

La batería (no mostrada) suele ser una batería de litio-cloruro de tionilo.

20 Con el fin de alcanzar reciprocidad del transductor (el mismo rendimiento en la transmisión que en la recepción), la interconexión a los sistemas electrónicos proporcionada por los circuitos de acoplamiento es generalmente o bien una impedancia muy alta o una impedancia muy baja. El transductor 2a,2b también puede tener una inductancia y resistencia añadidas para ampliar el ancho de banda de su respuesta. Está generalmente aceptado que una adaptación de impedancia muy baja desde el sistema electrónico minimice compensaciones no deseadas.

25 Se utiliza una señal de frecuencia ultrasónica baja, lo que significa que se evitan problemas de alta atenuación asociados con un fluido tal como el metano que se utiliza en medidores de gas; solo hay una pequeña atenuación a una frecuencia ultrasónica baja. Las pérdidas en el sistema son pequeñas, por lo que solo es necesaria una tensión relativamente pequeña para la transmisión y la señal recibida es bastante grande dando una buena RSR. Esto hace que la circuitería sea sencilla y el consumo de batería sea bajo.

30 El tubo 3 de flujo incluye preferentemente una pluralidad de pasos de flujo de menor diámetro. Cada uno de los pasos de flujo tiene un diámetro pequeño, cerca de la frecuencia de corte, para reducir los modos acústicos. Puesto que se está utilizando una ráfaga de señales, la señal es una banda de frecuencias, centrada alrededor de la frecuencia resonante del transductor, no una única frecuencia. En el gas natural y el metano, el tubo es comparable o inferior a una frecuencia de corte del ancho de banda de señales durante el funcionamiento.

40 Dado que la longitud de onda de la señal es similar al diámetro del transductor, el transductor actúa casi como una fuente puntual, no un generador de ondas planas. De modo similar, cada paso de flujo también actúa como una fuente puntual. En consecuencia, la obstrucción acústica de la cara del tubo será mínima ya que es pequeña en comparación con la longitud de onda, se generará un patrón de difracción, no una reflexión fuerte. Aunque la longitud del recorrido y, por tanto, el retardo del tiempo, varíe ligeramente a lo largo del ancho de la pluralidad de pasos de flujo las amplitudes instantáneas de las frecuencias de desplazamiento de fase en el ancho de banda del combinado de ráfagas de señales. Puesto que la diferencia en las fases resultantes está comparada con la suma de las mismas fases resultantes, se obtiene un valor proporcional al flujo real.

45 Preferentemente, el tubo 3 del flujo incluye siete de los pasos de flujo más pequeños anteriores, seis pasos de flujo 4a alrededor de un paso de flujo central 4b, para reducir la caída de presión causada por el flujo de gas. La forma del paso de flujo 4a, 4b individual es preferentemente hexagonal porque se agrupa mejor dejando poco grosor de pared entre los tubos, útil tanto para el rendimiento del caudal como para el acústico. Los pasos de flujo 4a,4b son pasos paralelos que se extienden axialmente.

50 Cada paso de flujo 4a, 4b podría considerarse un tubo de sección transversal hexagonal distinto teniendo cada paso de flujo 4a tres de sus paredes externas acopladas a la pared de otro paso de flujo 4a,4b adyacente. El paso de flujo 4b se encuentra en el centro de los pasos de flujo 4b y, por tanto, cada una de sus paredes externa está acoplada a la pared de un paso de flujo 4a. Esto proporciona una disposición compacta.

60 El extremo del tubo que es proximal a la entrada 1a al alojamiento (es decir, la entrada al tubo 3) tiene un reborde 5 pegado para mejorar la dinámica de fluidos en el interior del tubo 3. El reborde 5 tiene una superficie plana y se extiende radialmente hacia el exterior desde la superficie externa del tubo 3 y alrededor de la superficie externa del tubo 3. En una realización, se proporciona un único reborde en la entrada al tubo 3.

65 El reborde 5 reduce la caída de presión debido a una forma del flujo baja en la entrada al tubo 3. Para evitar reflexiones acústicas, que podrían añadirse en las últimas partes de la ráfaga de señales causando distorsión de fase, el reborde 5 de entrada plano se fabrica de material acústicamente transparente. En la práctica, material transparente, tal como espuma de baja densidad de celda abierta, también es ligeramente absorbente o disipador, pero evita reflexiones. Es decir, es acústicamente transparente debido a la porosidad, pero crea una barrera física

evitando reflexiones. Un reborde 6 de salida similar situado en el otro extremo del tubo 3 evita reflexiones, pero no tiene ninguna ventaja de dinámica de fluidos significativa en vista de la dirección de caudal a través del alojamiento. Los bordes de entrada del tubo 3 pueden tener conformación para mejorar un perfil bajo. La Figura 5 muestra una vista en perspectiva de un medidor de gas similar a la Figura 1 con determinadas características tales como los rebordes 5,6 omitidos. Los mismos números de referencia se utilizan para mostrar características similares entre las figuras 1 y 5. El tubo 3 se muestra en posición entre los transductores 2a, 2b. Los transductores 2a,2b se aseguran internamente mediante una estructura interna 7 unitaria colocada dentro del alojamiento del medidor.

Como alternativa, el tubo 3 en la Figura 1, 4 y 5 se sustituye con un tubo 30 mostrado en la Figura 6. El tubo 30 puede proporcionarse incluyendo siete de los pasos de flujo más pequeños anteriores como en la realización anterior, es decir, seis pasos de flujo 40a alrededor de un paso de flujo 40b central, para reducir la caída de presión causada por el flujo de gas. Sin embargo, los bordes de pasos de flujo hexagonales adyacentes no se acoplan entre sí como en la Figura 2 sino que, por el contrario, los pasos 40a, 40b se forman en un tubo 31 cilíndrico firme de tal modo que los pasos de flujo forman rebajes a través del tubo 31 con cada paso 40a, 40b que tiene una sección transversal hexagonal. Los pasos de flujo 40a,40b son pasos paralelos que se extienden axialmente a través del tubo 31 cilíndrico. La superficie externa del tubo 30 puede ser lisa. Puede proporcionarse un reborde adicional (no mostrado) como en la Figura 2.

Durante el funcionamiento, el microcontrolador 24 en la Figura 1 funciona en un modo de reposo / activación para preservar la alimentación de la batería, activándose a intervalos irregulares con un breve periodo medio para realizar una medición. Se ha determinado un breve periodo como un intervalo de muestreo adecuado para medir con precisión los patrones de flujo esperado de un suministro de gas doméstico. Tras la activación, se determina un nuevo intervalo de activación y se inicia un temporizador integrado preferentemente en el microcontrolador 24, estando disponible el intervalo de activación anterior para el cálculo del volumen. El sistema de conmutación 21 se ajusta para hacer que el primer transductor 2a se conecte a la salida del transmisor 22 y que el segundo transductor 2b se conecte a la entrada del amplificador receptor 23. Una ráfaga de señales se genera desde el conversor D/A proporcionado en el microcontrolador 24 y se transmite desde el primer transductor 2a, con una amplitud determinada a partir de encendidos anteriores. La señal se recibe en el segundo transductor 2b y se captura mediante un conversor A/D y se almacena en una memoria RAM (ambos proporcionados en el microcontrolador 24).

Los datos se procesan para determinar el punto de partida de la ráfaga y su retardo del tiempo desde la transmisión. El procesamiento posterior determina la fase de los datos recibidos en comparación con los datos transmitidos. Estos valores se combinan para generar el tiempo de tránsito total.

Después de un breve retardo para permitir que los ecos y el sonido se vayan apagando, el sistema de conmutación 21 revierte las conexiones al primer y segundo transductores 2a,2b. Una ráfaga de señales de retorno se transmite desde el segundo transductor 2b y se recibe en el primer transductor 2a, capturándose y almacenándose en la memoria RAM como antes. Estos datos se procesan como antes para determinar un segundo tiempo de tránsito.

El tiempo de tránsito aguas abajo será más corto que el tiempo de tránsito aguas arriba debido a la velocidad adicional del flujo de gas. El tiempo aguas abajo se sustrae del tiempo aguas arriba para obtener la diferencia del tiempo de tránsito que es proporcional a la velocidad del flujo de gas.

La VDS se calcula a partir de la media de los tiempos de tránsito aguas arriba y aguas abajo, después de sustraer el tiempo extra tomado para que la señal atravesase los transductores 2a,2b y la circuitería 20 electrónica. Este tiempo se mide durante la calibración y permanece prácticamente constante durante la vida del medidor 10.

Pueden utilizarse las siguientes ecuaciones para realizar los cálculos necesarios:

$$\text{Velocidad_del_gas} = \text{diferencia_de_tiempo_de_tránsito} \times \text{VDS}^2 / (2 \times \text{longitud_del_tubo}) \dots \quad (1)$$

$$\text{Volumen_del_gas} = \text{velocidad_del_gas} \times \text{sección_transversal_del_tubo} \times \text{intervalo_de_activación_anterior}$$

Si las mediciones obtenidas son fiables en comparación con las anteriores, se añade el nuevo volumen incremental al total en curso en un registro de índice proporcionado en el microcontrolador 24. De lo contrario, se almacena el resultado y el intervalo_de_activación_anterior se añadirá al siguiente intervalo_de_activación con la expectativa de que las siguientes mediciones o bien coincidirán con las rechazadas o coincidirán con valores anteriores. Si la amplitud de cualquiera de las señales recibidas fue incorrecta (demasiado alta o demasiado baja), la ganancia de transmisión se modifica en consecuencia para la siguiente activación.

Cualquier otra operación o comunicación doméstica pendiente que se atienda, el microcontrolador 24 se pone en reposo para esperar la siguiente activación. La secuencia empieza nuevamente a partir de la activación del microcontrolador desde el modo de reposo y la determinación de un nuevo intervalo de activación, pero las funciones del transductor se revierten con el segundo transductor transmitiendo inicialmente seguido por el primer transductor. Esto ayuda a eliminar compensaciones causadas por alteraciones debidas a condiciones residuales, causadas por la transmisión inicial, en la segunda la transmisión. Este proceso continúa indefinidamente,

revirtiéndose las funciones del transductor cada vez.

Aunque las realizaciones anteriores se han descrito por separado, los expertos en la materia entenderán que no se excluyen mutuamente, que pueden combinarse diferentes aspectos de las realizaciones y que se puede prescindir de determinadas características al combinar realizaciones sin apartarse del alcance de la invención.

5

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de medición de caudal que comprende un paso de flujo (3), dentro del cual el fluido está adaptado para fluir, y medios para propagar una señal ultrasónica a través del paso de flujo, comprendiendo los medios de propagación un primer transductor (2a) para enviar una señal ultrasónica aguas abajo del flujo y un segundo transductor (2b) para enviar una señal aguas arriba del flujo, comprendiendo el aparato además circuitería de procesamiento de señales (20) para hacer que la señal ultrasónica sea transmitida en ambas direcciones a través de los pasos de flujo por el primer y el segundo transductores, y un medio de procesamiento (24) para determinar información representativa del tiempo de vuelo de las señales ultrasónicas recibidas por el primer y el segundo transductores, en donde la circuitería de procesamiento de señales (20) puede manejarse para proporcionar una señal de accionamiento que comprende una banda de frecuencias y cambia su ancho de banda con el tiempo, estrechándose a medida que pasa el tiempo, en donde la señal de accionamiento se elige para que tenga una duración tal que antes del final de señal su ancho de banda se encuentre dentro del ancho de banda del aparato.
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la duración de la señal de accionamiento se elige de tal modo que permita que la frecuencia y la fase de la señal recibida se establezcan y permanezcan estables durante el periodo utilizado para la medición.
3. El aparato de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la señal de accionamiento es una señal de frecuencia ultrasónica baja.
4. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que la señal de accionamiento es una onda senoidal.
5. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el diámetro del paso de flujo es comparable o inferior al tamaño de corte para la banda de frecuencias.
6. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que la estructura de flujo comprende una pluralidad de los pasos de flujo.
7. El aparato de la reivindicación 6, en el que cada paso de flujo tiene una sección transversal hexagonal (4a, 4b, 40a, 40b) y, opcionalmente, hay siete pasos de flujo.
8. El aparato de las reivindicaciones 6 o 7, en el que los pasos de flujo (4a, 4b) están acoplados para proporcionar la estructura de flujo.
9. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que la estructura de flujo comprende una entrada y una salida, y el aparato comprende además una estructura de guía (5) en la entrada para guiar el caudal al interior de la estructura de flujo.
10. El aparato de la reivindicación 9, en el que la estructura de guía es un reborde acústicamente transparente adaptado para evitar la reflexión de la señal ultrasónica desde el primer transductor.
11. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el primer y el segundo transductor se montan a lo largo del eje longitudinal de la estructura de flujo, pero a una distancia predeterminada de la estructura de flujo para evitar alteraciones del caudal a lo largo del medidor.
12. El aparato de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una válvula para regular el paso de fluido a lo largo del aparato de medición, en el que el medio de procesamiento está adaptado para controlar el funcionamiento de la válvula.
13. El aparato de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un sensor de temperatura para medir la temperatura del gas que fluye y comunicar la medición de temperatura al medio de procesamiento.
14. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el fluido es gas.

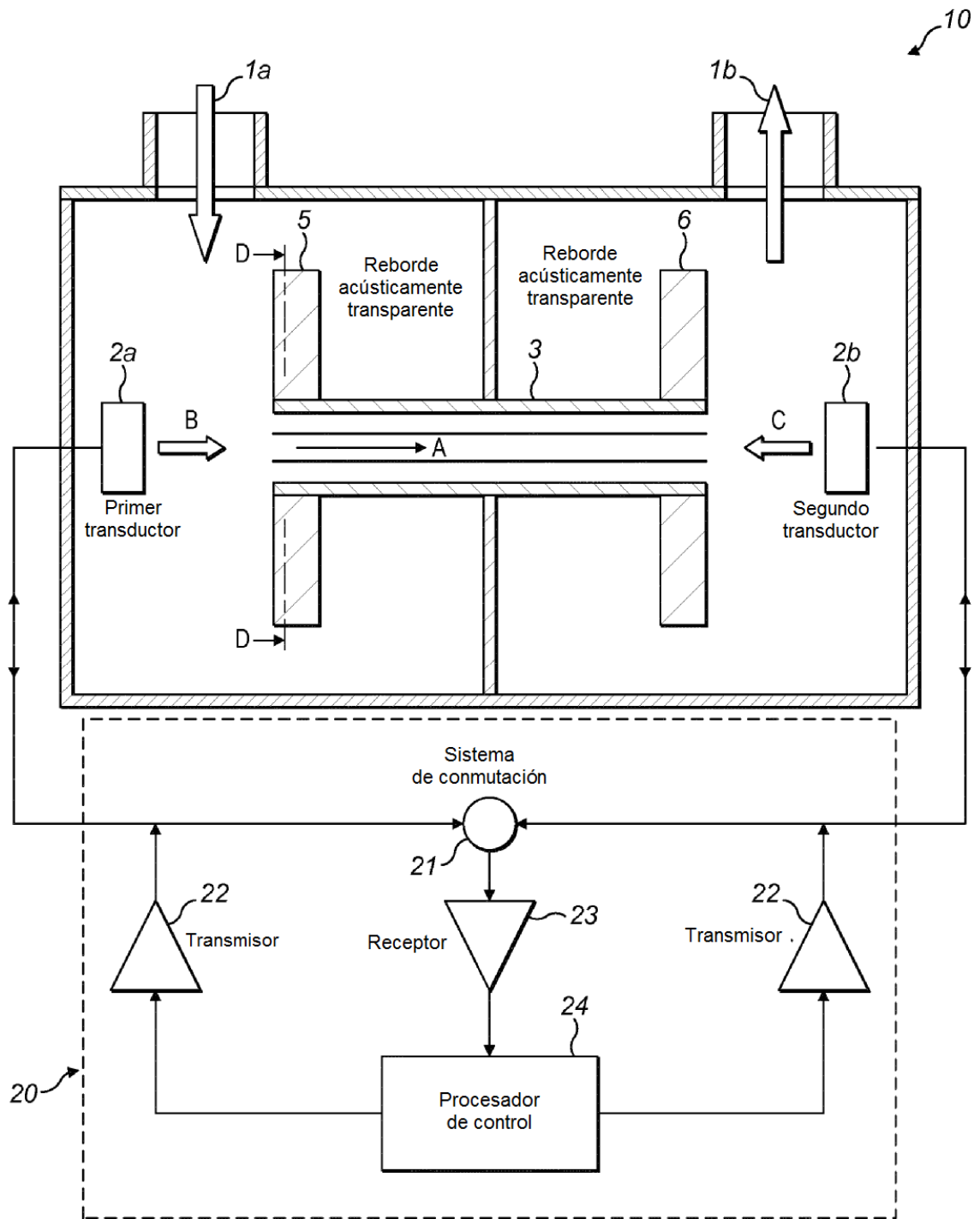


FIG. 1

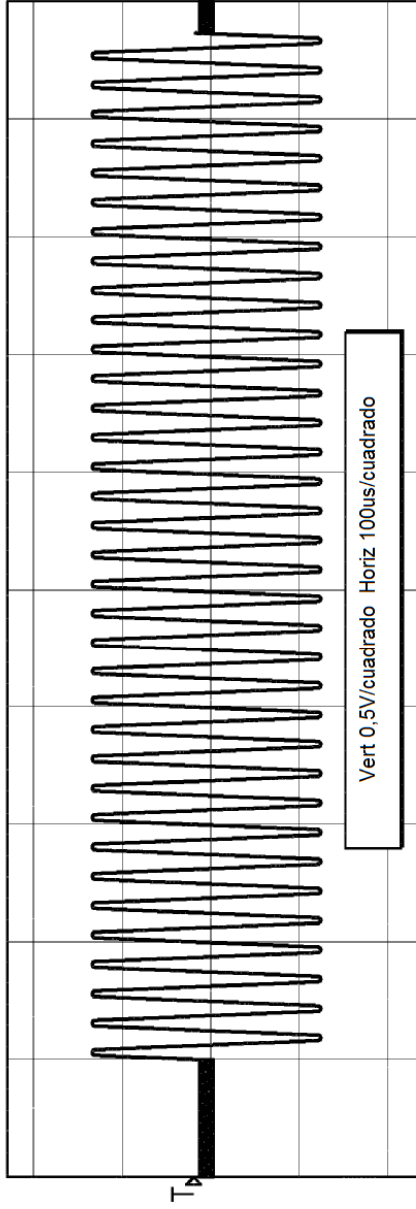


FIG. 2

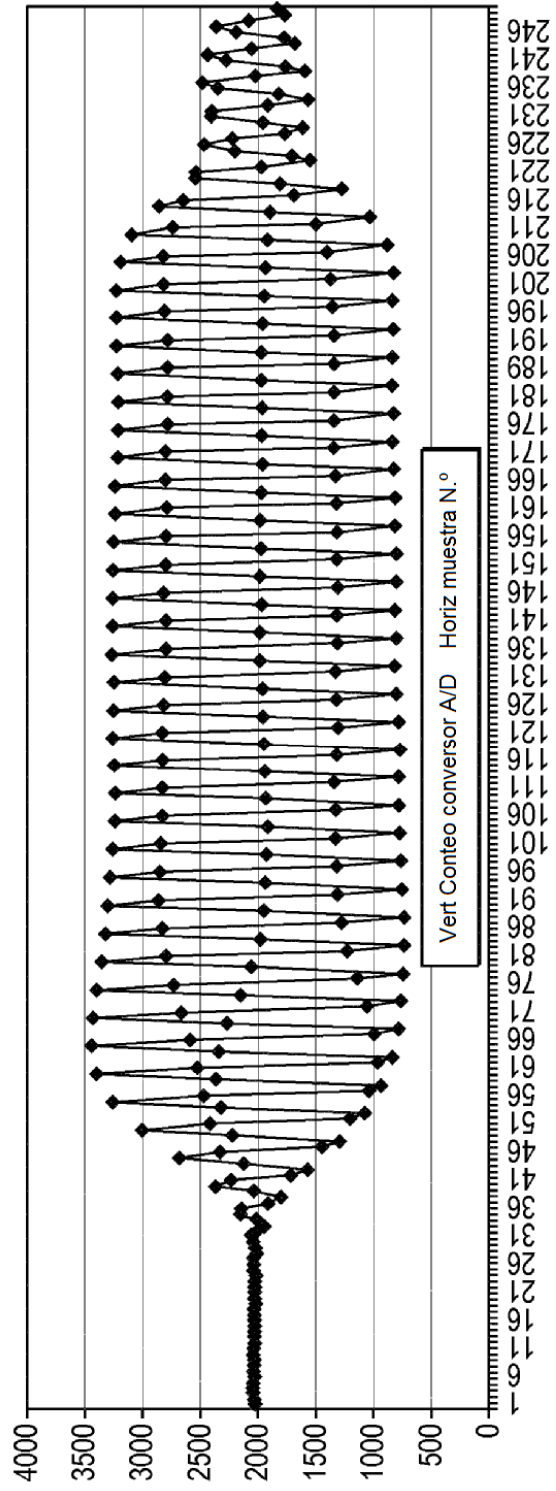


FIG. 3

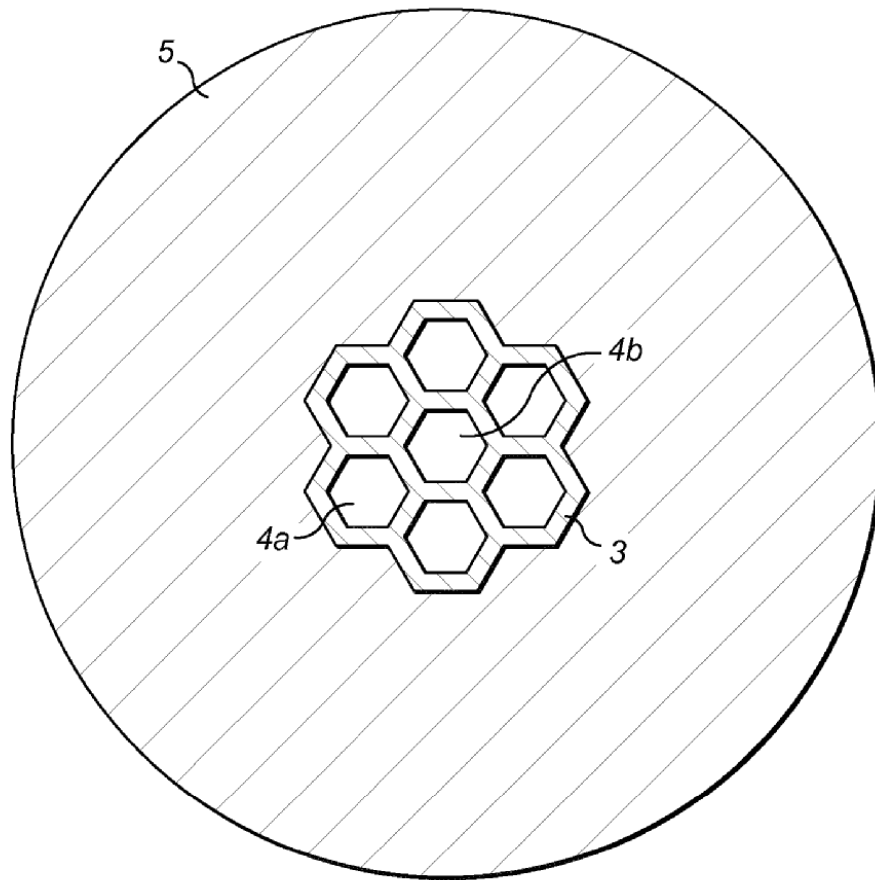


FIG. 4

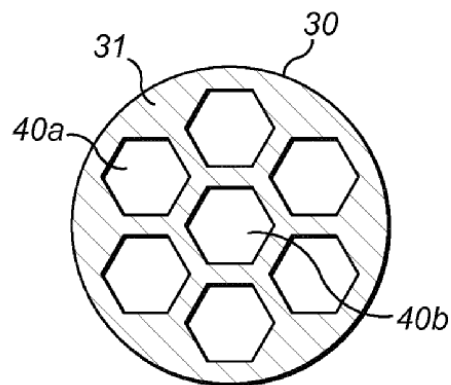


FIG. 6

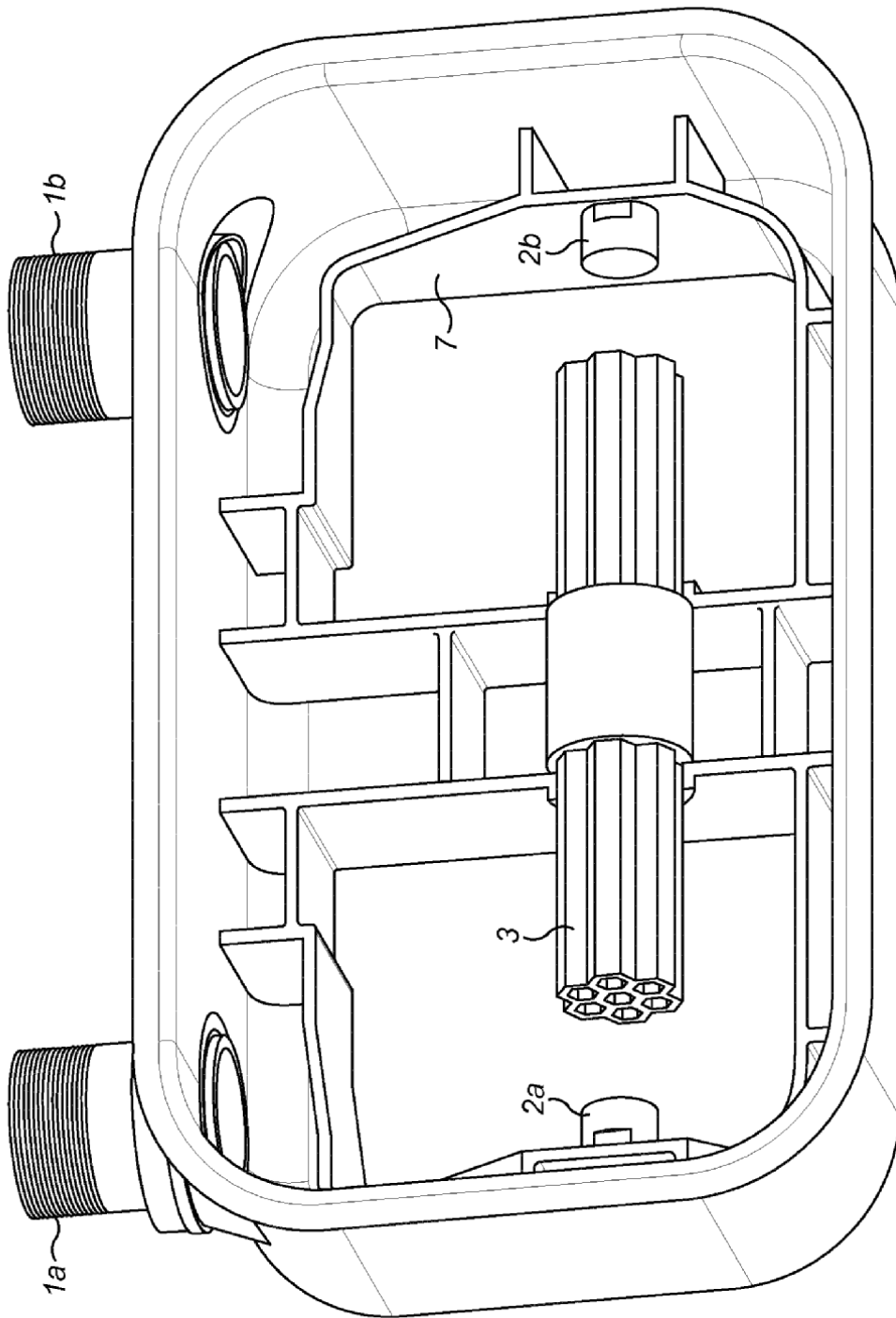


FIG. 5