



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 226**

51 Int. Cl.:
G01N 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09159014 .1**

96 Fecha de presentación : **29.04.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2246688**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.11.2010**

54 Título: **Dispositivo de medición de la densidad de un fluido.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.10.2011

73 Titular/es: **NEST INTERNATIONAL N.V.**
Landhuis Joonchi Kaya Richard J. Beaujon Zn
Willemstad, Curaçao, AN
Vladimir Drobkov,
Vladimir Melnikov y
Andrey Shustov

72 Inventor/es: **Drobkov, Vladimir;**
Melnikov, Vladimir y
Shustov, Andrey

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 367 226 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

Dispositivo de medición de la densidad de un fluido

Campo tecnológico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para medir la densidad de un fluido en diferentes medios, incluidos los agresivos, tanto en condiciones normales como en entornos de alta presión. A título de ejemplo, se puede aplicar en sistemas de producción y transporte de petróleo bruto y gas, en la producción química y petroquímica, así como en las industriales de los combustibles y de la energía, etc.

Estado de la técnica

10 Los dispositivos para medir o determinar la densidad de un fluido son en sí conocidos. El principio operativo de tales dispositivos conocidos se basa, por ejemplo, en la aplicación de un resonador mecánico de baja frecuencia sumergido en un fluido cuya densidad ha de determinarse. Con este propósito, se hace referencia a la patente de la Federación Rusa nº 2 291 403, la patente de los Estados Unidos nº 4 922 745, la patente de los Estados Unidos nº 6 389 891, la patente de los Estados Unidos 6 845 663. Debido a la influencia de la masa añadida de un medio (por ejemplo un fluido), la frecuencia de resonancia del resonador mecánico cambia. Dispositivos conocidos, por ejemplo, comprenden un circuito de medición para determinar un eventual cambio de frecuencia de resonancia que se puede usar entonces para calcular un valor de densidad requerido. Resonadores mecánicos conocidos, por ejemplo, incluyen un diapasón que, gracias a su diseño simétrico, evita la transferencia de oscilaciones al cuerpo del sensor y, de este modo, excluye la influencia de las partes metálicas circundantes sobre las características de frecuencia del resonador. Para determinar la frecuencia de resonancia, se pueden usar varios circuitos electrónicos, por ejemplos escáneres de la respuesta en amplitud/frecuencia de un resonador o sistemas de realimentación positiva de autodisparo a una frecuencia de resonancia.

15

20

A pesar de su rendimiento satisfactorio, el dispositivo conocido puede tener uno o más desventajas.

25 En primer lugar, si se usa para medir la densidad de un fluido constituido por componentes no miscibles (mezcla heterogénea), como una emulsión agua y aceite, las propiedades de un medio que rodea el diapasón puede causar una variación de la característica de resonancia y de este modo una incertidumbre en la medición de frecuencia de resonancia, afectando de este modo de manera adversa a la precisión de medición.

30 En segundo lugar, se ha encontrado que el dispositivo conocido no es apropiado para medir la densidad de un fluido que contiene gas ocluido ya que la presencia de tal gas ocluido puede causar cambios considerables y bruscos en la frecuencia de resonancia influyendo de este modo sobre su valor y comprometiendo la determinación de la densidad de fluido.

A la vista de lo anterior, un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo para determinar una densidad de un fluido con mayor precisión, en particular para fluido que comprenden componentes no miscibles (formando de este modo una mezcla heterogénea), como una emulsión agua y aceite, o un fluido con gas ocluido.

Sumario de la invención

35 Según un aspecto de la invención se proporciona un dispositivo para determinar la densidad de un fluido, comprendiendo el dispositivo:

- un resonador mecánico,
 - una unidad de mando/recepción dispuesta para proporcionar un accionamiento al resonador mecánico, detectar una respuesta del resonador mecánico al accionamiento, y proporcionar una señal de salida que representa la respuesta; y
 - una unidad de evaluación para determinar una frecuencia de resonancia del resonador mecánico basada en la señal de salida de la unidad de mando/recepción,
- 40

caracterizado porque

la unidad de evaluación está dispuesta para:

- 45 i. determinar una distribución de oscilaciones a partir de la señal de salida, y
- ii. determinar una estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones,
- iii. determinar la densidad del fluido basándose en la estimación de frecuencia de resonancia.

El dispositivo según la invención permite que la densidad de un fluido sea determinada basándose en la determinación de una estimación de frecuencia de resonancia obtenida a partir de una distribución de oscilaciones.

5 Con el fin de determinar la densidad de un fluido, el dispositivo según la invención comprende un resonador mecánico que, durante su uso, está al menos parcialmente sumergido en el fluido cuya densidad ha de determinarse. Ejemplos de resonadores mecánicos apropiados son, varillas, diapasones, resonadores en forma de T, etc... En una realización, el resonador mecánico es un diapason que tiene una base montada en la unidad de mando/recepción del dispositivo.

La unidad de mando/recepción aplicada en el dispositivo según la invención se dispone para, en uso, llevar a cabo lo siguiente:

- 10
- proporcionar un accionamiento al resonador mecánico,
 - detectar una respuesta del resonador mecánico al accionamiento,
 - proporcionar una señal de salida que representa la respuesta.

Con el fin de realizar esto último, la unidad de mando/recepción puede, por ejemplo, comprender un accionador (por ejemplo accionador electromagnético o piezoeléctrico) para accionar el resonador mecánico.

15 La unidad de mando/recepción aplicada en el dispositivo según la invención está equipada, además, para detectar una respuesta del resonador mecánico al accionador. En respuesta a un accionador, el resonador mecánico experimentará un desplazamiento y oscilará o vibrará. Tal oscilación o vibración del resonador mecánico puede ser detectada por la unidad de mando/recepción, por ejemplo por un detector de vibración. La vibración u oscilación puede ser, por ejemplo, determinada por un detector de velocidad o un detector de aceleración (por ejemplo un acelerómetro) o un detector de desplazamiento. Como es conocido por el experto en la técnica, varias implementaciones son factibles para detectar una oscilación o vibración del resonador. En una realización, la

20 unidad de mando/recepción comprende un elemento piezoeléctrico dispuesto para proporcionar tanto el accionamiento (cuando opera en un modo de accionamiento, es decir como accionador) como la detección (cuando opera en un modo de detección, es decir como detector).

25 La unidad de mando/recepción está dispuesta, también para proporcionar una señal de salida representativa de la respuesta del resonador mecánico al accionamiento. Por ejemplo, la señal de salida puede ser una señal eléctrica proporcional a, por ejemplo, un desplazamiento o velocidad o aceleración del resonador mecánico, siendo proporcionada la señal por ejemplo, por un detector de la unidad de mando/recepción.

30 El dispositivo según la invención comprende, además, una unidad de evaluación para determinar una estimación de frecuencia de resonancia del resonador mecánico. Según la invención, la estimación de frecuencia de resonancia es determinada por la unidad de evaluación a partir de la señal de salida de la unidad de mando/recepción. Se sugiere que, en caso de aplicación del resonador mecánico en un fluido que comprende componentes no miscibles (que forma de este modo una mezcla heterogénea) como una emulsión de agua y aceite, o un fluido con gas ocluido el resonador puede oscilar o vibrar a diferentes frecuencias en diferentes casos. La vigilancia del comportamiento vibratorio del resonador mecánico a largo de un periodo de tiempo puede de este modo dar como

35 resultado una distribución de oscilaciones en lugar de una única oscilación específica a una frecuencia específica (de resonancia). A partir de tal distribución de oscilaciones, la unidad de evaluación aplicada en el dispositivo según la invención, puede determinar una estimación para la frecuencia de resonancia del fluido.

40 Según la invención, se determina una distribución de oscilaciones a partir de la señal de salida de la unidad de mando/recepción. Dentro del marco de la presente invención, una distribución de oscilaciones puede, por ejemplo, incluir, pero no limitarse a, una distribución de los periodos de oscilación observados en la señal de salida. Igualmente, dentro del marco de la presente invención, un espectro de frecuencia (por ejemplo obtenido aplicando una transformada de Fourier a la señal de salida) de la señal de salida, es decir un espectro que representa el contenido de frecuencia de las vibraciones u oscilaciones del resonador mecánico, puede ser considerado una

45 distribución de oscilaciones. Como es conocido por el experto en la técnica, una oscilación se puede caracterizar por un periodo (o duración) de la oscilación o por una frecuencia de la oscilación (siendo la frecuencia lo opuesto al periodo). De este modo, una distribución de frecuencia también se puede representar mediante una distribución de frecuencia o una distribución de periodos de oscilación. Como se describirá más en detalle en los sucesivos, la distribución de oscilaciones se puede obtener de diferentes maneras. Por ejemplo, usando un contador y un

50 comparador, la señal de salida obtenida a partir de la unidad de mando/recepción puede ser vigilada por la unidad de evaluación durante un cierto periodo (bien predeterminado o continuamente) con lo cual la duración de cada periodo (o un número representativo de la duración) se memoriza, por ejemplo, en una unidad de memoria de la unidad de evaluación.

A partir de la distribución de oscilaciones, la unidad de evaluación puede determinar, además, una estimación de

5 frecuencia de resonancia (por ejemplo, a partir de un valor de pico o un valor mediano o un valor medio de la distribución de oscilaciones) y determinar un valor de densidad para el fluido que rodea el resonador mecánico (por ejemplo, basándose en una diferencia entre la estimación de frecuencia de resonancia medida/determinada y una frecuencia de resonancia nominal, es decir la frecuencia de resonancia del resonador mecánico cuando no está sumergido).

En una realización, la unidad de evaluación comprende una unidad de cálculo (por ejemplo comprender un microcontrolador, un microprocesador o similar) para determinar la estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones y determinar la densidad del fluido basándose en la estimación de frecuencia de resonancia.

10 En una realización, la unidad de evaluación comprende una unidad de medición para obtener la distribución de oscilaciones. La unidad de medición puede, por ejemplo, comprender un comparador dispuesto para recibir y comparar la señal de salida con un valor predeterminado (por ejemplo cero), un contador, un registro de escritura (en general una unidad de memoria) del estado del contador y un oscilador de alta frecuencia. En una realización, una salida del comparador se puede conectar al registro de escritura del estado del contador. Contando un número de impulsos (por ejemplo, proporcionado por el oscilador de alta frecuencia) que se produce durante un periodo de la señal de salida, se obtiene un valor de periodo de oscilación que se puede almacenar en una unidad de memoria. Repitiendo este proceso durante un periodo de tiempo relativamente grande, se puede obtener una distribución de oscilaciones que representa una distribución de los periodos de oscilación ocurridos en respuesta al accionamiento.

20 La unidad de medición y la unidad de cálculo pueden diseñarse con un microprocesador. Tal microprocesador se puede aplicar, además, en una realización de la invención, para determinar una estimación de frecuencia de resonancia, por ejemplo como valor medio del periodo de oscilación del resonador mecánico. Alternativamente, o además, el microprocesador puede evaluar al menos dos valores del periodo de oscilación del resonador mecánico usando una curva de distribución de densidad de probabilidad polifuncional. Tal curva, por ejemplo un polinomio, se puede usar, por ejemplo por ajuste de curvas, para determinar uno o más valores de pico del periodo de oscilación.

El dispositivo según la invención puede comprender, además, un detector para medir una característica del resonador mecánico o fluido, por ejemplo una temperatura del resonador o fluido o una presión del fluido.

El dispositivo según la invención puede comprender, además, una pantalla de visualización para visualizar la distribución de oscilaciones y/o la densidad de fluido que se determina.

30 Estos y otros aspectos de la invención se apreciarán más fácilmente ya que estos se entenderán mejor en referencia a la siguiente descripción detallada y se consideran en conexión con los dibujos anexos en los cuales los símbolos de referencia idénticos designan partes iguales.

Breve descripción de los dibujos

- la figura 1 describe esquemáticamente una realización de un dispositivo según la invención.
- 35 - la figura 1 describe esquemáticamente otra realización de un dispositivo según la invención.
- La figura 3a describe esquemáticamente una distribución de oscilaciones de un primer fluido heterogéneo.
- La figura 3b describe esquemáticamente una distribución de oscilaciones de un segundo fluido heterogéneo.

Descripción

40 La presente invención se refiere a un dispositivo para medir la densidad de un fluido. Dispositivos conocidos para determinar la densidad de un fluido, por ejemplo, comprenden un detector dispuesto para detectar una oscilación de un resonador mecánico, por ejemplo accionado por un accionador (con lo cual el detector y el accionador se pueden combinar en una unidad de mando/recepción), y una unidad de evaluación para determinar la densidad de un medio medido (por ejemplo, un fluido) determinando un cambio de la frecuencia de resonancia del resonador mecánico. El dispositivo según la invención, del cual se describe esquemáticamente una realización en la figura 1, difiere de dispositivos conocidos porque comprende una unidad de evaluación dispuesta para determinar una distribución de oscilaciones. Analizando la distribución de oscilaciones del resonador mecánico, es posible obtener estadísticamente información válida acerca de una fluctuación de densidad del medio medido (por ejemplo, un fluido) que rodea el resonador mecánico. En consecuencia, se puede realizar una precisión mejorada de las mediciones de la densidad de fluidos. En particular, se ha de resaltar que el dispositivo según la invención puede proporcionar una precisión mejorada en la determinación de una densidad de fluido para fluidos que comprenden componentes no miscibles (formando de este modo una mezcla heterogénea) como una emulsión de agua y aceite

o un fluido con gas ocluido. Como se muestra en la figura 1, el dispositivo según la invención comprende un resonador mecánico 100 y una unidad de mando/recepción 110 para aplicar un accionamiento al resonador, detectar una respuesta del resonador al accionamiento y proporcionar una señal de salida representativa de la respuesta. Por ejemplo, la unidad de mando/recepción puede comprender uno o más elementos piezoeléctricos para accionar el resonador y/o detectar la respuesta del resonador. El resonador puede, por ejemplo, ser accionado por una señal de impulso, por ejemplo, proporcionada por un oscilador de alta frecuencia. La señal para accionar el resonador mecánico puede también comprender una señal de ruido (es decir, una señal que comprende una pluralidad de diferentes componentes de frecuencia), excitando de este modo resonador mecánico a diferentes frecuencias. Como se muestra en la figura 1, el dispositivo según la invención comprende, además, una unidad de evaluación 120, estando la unidad de evaluación dispuesta para:

- i. determinar una distribución de oscilaciones a partir de la señal de salida, y
- ii. determinar una estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones,
- iii. determinar la densidad del fluido basándose en la estimación de frecuencia de resonancia.

En una realización, a la unidad de evaluación está dispuesta para determinar una distribución de oscilaciones a partir de la señal de salida muestreando la señal de salida recibida por la unidad de mando/recepción. En la práctica el resonador mecánico se puede diseñar de manera que su frecuencia de resonancia operativa varíe entre 1.000 y 10.000 Hz (teniendo de este modo un periodo de oscilación de entre 0,1 y 1,0 ms). En el caso de que se use un diapasón como resonador, esto se puede conseguir principalmente cambiando la sección transversal y la longitud de los dientes de diapasón. La elección de este intervalo de frecuencia se basa, por ejemplo, en las siguientes consideraciones. La frecuencia de oscilación debería ser tan baja como sea posible para aumentar el espesor efectivo de la capa de pared de un fluido, lo cual reduce la influencia de la heterogeneidad del fluido medido. Esto puede, sin embargo, conducir a una mayor longitud de los dientes de diapasón, lo cual les hace menos estables en el flujo, convirtiéndose toda la estructura en voluminosa e inservible en un entorno real cuando se coloca un diapasón en un tubo que contiene un flujo de aceite, agua y gas. Esto explica porque normalmente se usan diapasones con una frecuencia de resonancia no inferior a 1.200 Hz. Basándose en el intervalo de frecuencia esperado del resonador mecánico, se puede determinar una frecuencia de muestreo apropiada para muestrear la señal de salida. Preferiblemente, la frecuencia de muestreo es igual o superior a la frecuencia Nyquist de la respuesta esperada del resonador. Cuando se obtiene tal señal de salida muestreada (la unidad de evaluación puede, por ejemplo, comprender una medición dedicada para tal muestreo), un espectro de frecuencia (en general una distribución de oscilaciones) se puede obtener aplicando una transformada de Fourier (por ejemplo una transformada de Fourier discreta) a la señal de salida muestreada. A partir del espectro de frecuencia, la unidad de evaluación (o una unidad de cálculo de la unidad de evaluación) puede determinar una estimación de frecuencia de resonancia. Basándose en la estimación de frecuencia de resonancia, la unidad de evaluación puede derivar un valor para la densidad del fluido examinado comparando la estimación de frecuencia de resonancia con una frecuencia de resonancia de referencia del resonador, por ejemplo, una frecuencia de resonancia del resonador, por ejemplo una frecuencia de resonancia del resonador aplicado en el aire o un fluido con una densidad conocida. Para tener en cuenta un factor de temperatura, un detector de temperatura, por ejemplo, un semiconductor o un termómetro de resistencia de platino, se puede proporcionar, además para medir la temperatura del fluido que rodea el resonador y/o el propio resonador mecánico.

La figura 2 describe esquemáticamente otra realización del dispositivo según la invención. El dispositivo comprende un resonador mecánico (por ejemplo un diapasón 1) fijado a una membrana 2, y una unidad de mando/recepción (por ejemplo un elemento piezoeléctrico bimorfo) que comprende elementos piezoeléctricos de recepción 3 y emisión 4. Los elementos piezoeléctricos de recepción 3 y emisión se conectan a un circuito electrónico que comprende un preamplificador 5, estando su entrada conectada al elemento piezoeléctrico de recepción 3, un circuito de corrección de fase 6, y un amplificador final 7, estando su salida ligada al elemento piezoeléctrico de emisión 4. En el ejemplo mostrado, el amplificador final 7 está, además, conectado a un comparador 8 que forma impulsos de salida. El comparador 8 está conectado a un contador 10 a través de un formador de impulsos de restablecimiento del contador 9 y a un registro de escritura del estado de contador 11. El contador está ligado a la salida de un oscilador de alta frecuencia 12. La salida del registro de escritura del estado de contador 11 está conectada a un bloque de medición 13 dispuesto para determinar una distribución de oscilaciones basada en la salida del registro de escritura. El bloque de medición 13 está ligado, además, a una unidad de cálculo 14 con una unidad de visualización 15. El resonador mecánico está provisto, además, de un detector de temperatura 16. Los elementos 5-14 de la realización descrita en la figura 2 pueden ser considerados un ejemplo de cómo realizar la unidad de evaluación aplicada en el dispositivo según la invención.

En el dispositivo descrito esquemáticamente en la figura 2, se lleva a cabo una medición de densidad de un fluido mediante un análisis (estadístico) de una distribución de oscilaciones que se puede derivar, por ejemplo, vigilando el historial de periodo de oscilación. El resonador mecánico (el diapasón) oscila a una frecuencia de resonancia F debido a la aplicación de un accionamiento por la unidad de mando/recepción, por ejemplo controlando el elemento

piezoeléctrico de emisión 4 por el circuito electrónico (elementos 5, 6, 7). En general, la frecuencia del resonador de diapasón varía entre 1.200 y 5.000 Hz. Como consecuencia, una tensión CA (es decir, la señal de salida se puede aplicar para determinar una distribución de oscilaciones) con un periodo de $T=1/F$ se genera a la salida del amplificador 7. Este periodo depende de la densidad de un medio en el cual se sumerge el resonador. Según la realización de la presente invención, la oscilación o vibración del resonador se puede vigilar durante un cierto número de periodos con lo cual se determina la longitud de los periodos (o se determina un valor indicativo de la longitud) para cada periodo. Según la realización descrita en la figura 2, la longitud de cada periodo se puede medir como se describe en lo sucesivo. El oscilador de alta frecuencia 12 puede generar continuamente impulsos de alta frecuencia a una frecuencia de, por ejemplo, 16 MHz. Antes de cada medición, el formador de impulsos de restablecimiento de contador 9 pone el contador a cero, por ejemplo al detectarse el inicio de un periodo (por ejemplo cuando un desplazamiento del resonador corresponde a una posición neutra) o cuando el valor de señal de salida (por ejemplo representativa del desplazamiento o velocidad o aceleración del resonador) es cero o un valor predeterminado. El contador 10 cuenta, durante cada periodo el número de impulsos de entrada de alta frecuencia. Antes de que se produzca un impulso de restablecimiento de contador, los datos obtenidos a partir del contador se escriben en el registro de escritura 11 (e general, una unidad de memoria), por ejemplo, por un impulso de salida del comparador 8. Esto da como resultado un número binario escrito en el registro de escritura 11, proporcional a un periodo de oscilación T. El contenido del registro se registran en la memoria del bloque de medición 13 y también en la unidad de cálculo 14. A continuación el proceso se repite iterativamente durante un número de periodos que dan como resultado una distribución de oscilaciones, en la realización descrita, una distribución de periodos de oscilación.

Cuando los datos se acumulan, el microprocesador puede generar un gráfico (por ejemplo en la unidad de visualización 15 de la realización mostrada que representa una distribución de la longitud de los periodos medidos y debida a los cambios en la densidad de fluido a lo largo del tiempo. El gráfico o los datos de gráfico se pueden aplicar, además (por ejemplo por la unidad de cálculo 14) para evaluar la densidad del fluido (por ejemplo, un medio heterogéneo, como una emulsión de agua y aceite, o gas ocluido) por ejemplo calculando un valor medio de la longitud de periodo. La unidad de cálculo 14 puede, por ejemplo, aplicar uno o más criterios de probabilidad para determinar una longitud de periodo media o mediano. Hay que resaltar que el valor calculado de la longitud de periodo puede ser considerado el valor opuesto a la estimación de frecuencia de resonancia descrita anteriormente. La determinación, usando un criterio de probabilidad, de un valor que representa la longitud de periodo observada en las mediciones se puede, de este modo, considerar un ejemplo de determinación de una estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones.

Cuando el diapasón (en general, el resonador mecánico) se sumerge en un fluido y es accionado, oscila a una frecuencia determinada por la densidad del medio. Como consecuencia, una señal que tiene una frecuencia correspondiente se puede generar a la salida del comparador 8. La distancia entre dos frentes positivos de la señal pueden, por ejemplo, ser iguales a una longitud del periodo. Si un fluido es un medio homogéneo, su densidad es constante y el periodo de oscilación (y de este modo la longitud del periodo) es estable. Una curva de distribución de oscilaciones se reduciría en este caso hasta una línea vertical. Su posición sobre la base de tiempo (abscisa) determina por completo una densidad requerida del fluido sin ninguna evaluación adicional.

En el caso en el que el fluido es un medio heterogéneo, su densidad puede variar, y el diapasón puede, de este modo, situarse en un flujo de una densidad fluctuante. En consecuencia, el periodo de oscilación (o longitud del periodo de oscilación) empieza variado dentro de un cierto intervalo, lo cual causa un ensanchamiento de la distribución del periodo de oscilación. Una distribución de oscilaciones típica para fluidos finos dispersos ligeramente heterogéneos, por ejemplo mezclas de aceite y agua, se mezcla en la figura 3a. La figura 3a describe esquemáticamente la eventual o probable densidad (D) de los periodos de oscilación en la señal de salida como función de la longitud de periodo de oscilación (T). La curva de distribución máxima (T) determina una densidad de fluido medio en la primera aproximación. Otro análisis estadístico puede mejorar, además, la validez del resultado, por ejemplo, analizando la desviación de probabilidad, se pueden evaluar el análisis de tendencia o incluso el orden de funcionamiento del resonador mecánico.

Una distribución de oscilaciones típica para fluidos heterogéneos marcado, por ejemplo una mezcla de aceite y agua, se muestra en la figura 3b. La posición de los máximos de distribución (T1, T2) se puede usar para determinar cual de ellos representa una fase líquida, y cual cuenta con un gas. Habiéndose distinguido la parte relativo al aceite (el periodo más largo) se puede evaluar su densidad.

Como ejemplo de una implementación de un dispositivo según la invención, se puede menciona lo siguiente:

- resonadores de diapasón, para longitudes de 40 mm, equivalentes a un diámetro de 4 mm,
- unidad bimorfa con un elemento piezoeléctrico, diámetro del elemento de 10 mm; espesor de 0,2 mm;
- material de diapasón – acero inoxidable;

- frecuencia operativa del detector – aproximadamente 3.800 Hz,
- se han usado microchips estándar y un microprocesador en el circuito eléctrico.

5 El dispositivo descrito se ha ensayado en diferentes fluidos, específicamente en agua, aceite mineral, disolventes, agentes químicos, gases licuados en los cuales se han observado una prestación estable y fiable del dispositivo en todos los fluidos de ensayo.

10 Tal como se requiere, en el presente documento se han divulgado realizaciones de la presente invención; sin embargo, se ha de entender que las realizaciones divulgadas son meramente ejemplares de la invención, la cual se puede materializar de varias maneras. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento no se ha de interpretar como limitativos, sino meramente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica los diversos empleos de la presente invención en virtualmente cualquier estructura apropiadamente detallada. Además, los términos y expresiones usados en el presente documento no están destinados a ser limitativos, sino a proporcionar una descripción entendible de la invención.

15 Los términos “uno”, tal como se usa en el presente documento, están definidos como uno o más que uno. El término “pluralidad” tal como se usa en la presente memoria, se define como dos o más de dos. El término “otro” tal como se usa en el presente documento, se define como al menos un segundo o más. Los términos “incluye” y/o “tiene”, como se usan en el presente documento se definen como que comprenden (es decir en sentido amplio, no excluyen otros elementos o etapas). Cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no debería interpretarse como limitativo del alcance de las reivindicaciones o de la invención. El mero hecho de mencionar
20 algunas mediciones en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas mediciones no se pueda usar ventajosamente.

El término “acoplado”, tal como se usa en el presente documento, se define como conectado, aunque no necesariamente de manera directa, y no necesariamente de manera mecánica.

25 Un único procesador u otra unidad puede satisfacer las funciones de varios elementos mencionados en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo para determinar la densidad de un fluido, comprendiendo el dispositivo:

- un resonador mecánico (100),
- 5 - una unidad de mando/recepción (110) dispuesta para proporcionar un accionamiento al resonador mecánico (100), detectar una respuesta del resonador mecánico (100) al accionamiento, y proporcionar una señal de salida que representa la respuesta; y
- una unidad de evaluación (120) para determinar una frecuencia de resonancia del resonador mecánico (100) basada en la señal de salida de la unidad de mando/recepción (110), **caracterizado porque**

la unidad de evaluación (120) está dispuesta para:

- 10 i. determinar una distribución de oscilaciones a partir de la señal de salida,
- ii. determinar una estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones, y
- iii. determinar la densidad del fluido basándose en la estimación de frecuencia de resonancia.

2.- Dispositivo según la reivindicación 1, en el cual la unidad de evaluación (120) puede comprender una unidad de cálculo (14) par:

- 15 iv. determinar la estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones, y
- v. determinar la densidad del fluido basándose en la estimación de frecuencia de resonancia

3.- Dispositivo según la reivindicación 2, en el cual la unidad de evaluación (120) comprende una unidad de medición (13) para determinar una distribución de oscilaciones de la señal de salida.

20 4.- Dispositivo según la reivindicación 3 en el cual la señal de salida representa un muestreo de la respuesta del resonador (100).

5.- Dispositivo según la reivindicación 2, en el cual la unidad de cálculo está dispuesta para aplicar una transformada de Fourier para determinar la estimación de frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones.

25 6.- Dispositivo según la reivindicación 2-3 en el cual la distribución de oscilaciones comprende una distribución de periodos de oscilación derivada a partir de la señal de salida.

7.- Dispositivo según la reivindicación 6 en el cual la distribución de periodos de oscilación comprende una matriz de valores de periodos de oscilación derivados de la señal de salida determinando una duración de una pluralidad de periodos sucesivos de periodos de oscilación de la señal de salida y almacenando un valor que representa la duración en la matriz.

30 8.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2-7 en el cual la unidad de cálculo está dispuesta, además, para determinar un valor de pico de resonancia (T1, T2) a partir de la distribución de oscilaciones.

9.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2-8 en el cual la unidad de cálculo (14) está dispuesta para determinar al menos dos valores de pico de resonancia (T1, T2) a partir de la distribución de oscilaciones usando una curva de distribución de densidad de probabilidad polifuncional.

35 10.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende, además, una pantalla de visualización para visualizar la distribución de oscilaciones.

11.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2-10 en el cual la unidad de cálculo (14) comprende un microprocesador para:

- 40 vi. determinar la frecuencia de resonancia a partir de la distribución de oscilaciones, y
- vii. determinar la densidad del fluido basándose en la frecuencia de resonancia

12.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el cual:

el periodo de oscilación del resonador mecánico (100) se encuentra dentro del intervalo de 0,1 – 1,0 ms.

13.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2-10 en el cual:

la unidad de cálculo está dispuesta para determinar un valor medio del periodo de oscilación del resonador mecánico (100).

14.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende, además:

5 un sensor tal como un sensor de temperatura o un sensor de presión para medir una característica del fluido o del resonador mecánico.

15.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el cual la unidad de mando/recepción comprende un accionador electromagnético o un accionador piezoeléctrico para proporcionar el accionamiento al resonador mecánico.

10 16.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el cual la unidad de mando/recepción (110) comprende, además, un sensor piezoeléctrico para detectar la respuesta del resonador mecánico al accionamiento.

17.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el cual el resonador mecánico (100) comprende un diapasón, o una varilla, o un resonador en forma de T que tiene una base montada en la unidad de mando/recepción (110).

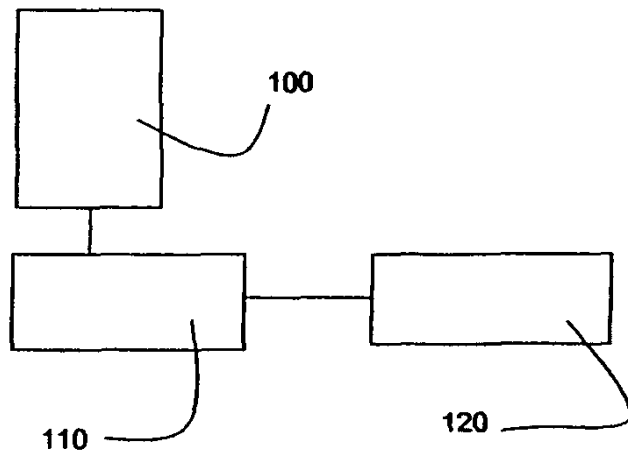


Figura 1

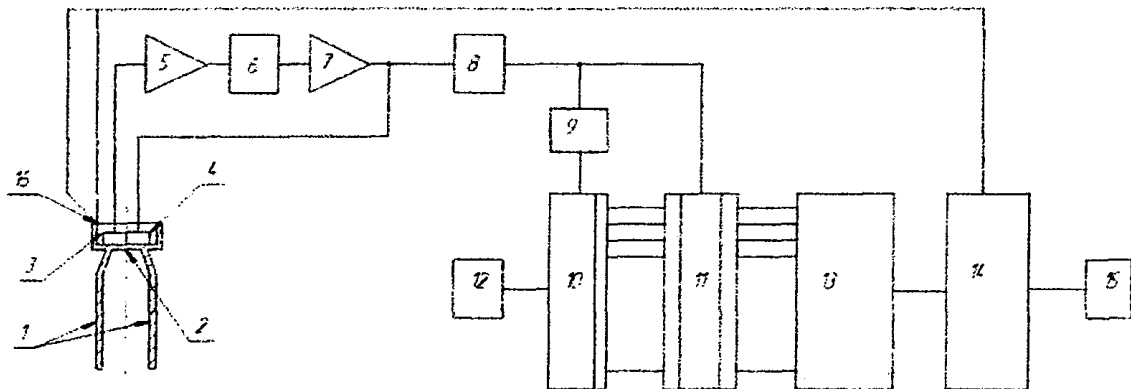


Figura 2

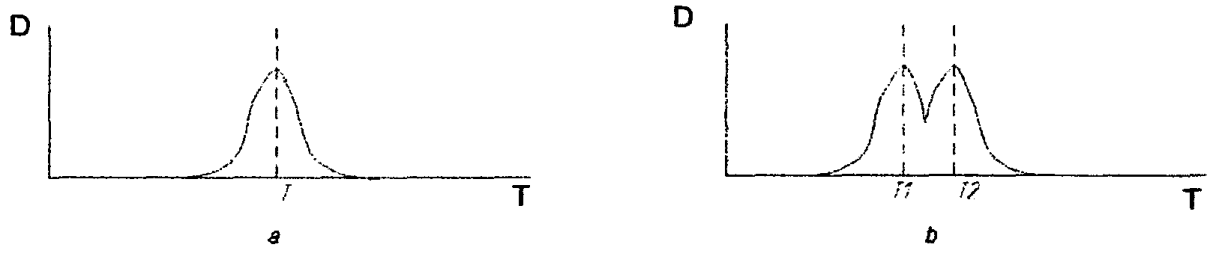


Figura 3