

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 970**

51 Int. Cl.:

**G01F 23/296** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2020 PCT/EP2020/051570**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2020 WO20152244**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2020 E 20700940 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2023 EP 3914882**

54 Título: **Sistema y procedimiento para medir el nivel de llenado de un tanque de fluido mediante ondas acústicas**

30 Prioridad:

**24.01.2019 FR 1900623**

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

**10.06.2024**

73 Titular/es:

**DEHON (100.0%)  
4 rue de la croix Faubin  
75011 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ANQUETIL, GÉRALD**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 971 970 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

Sistema y procedimiento para medir el nivel de llenado de un tanque de fluido mediante ondas acústicas

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención se refiere al campo de la medición del nivel de llenado de un tanque de fluido, y más específicamente a la utilización de ondas acústicas para medir el nivel de llenado de un tanque de fluido. Aunque la presente invención puede utilizarse en muchos campos, encuentra una aplicación particular en el de las instalaciones del tipo refrigeración o aire acondicionado, utilizadas, sin limitación, en el campo de la distribución de productos frescos y congelados.

**Estado de la técnica**

10 De hecho, las instalaciones de refrigeración o de aire acondicionado funcionan con fluidos parcialmente almacenados en tanques a presión, generalmente opacos y cerrados. En la figura 1 se muestra, así, un tanque 100 cilíndrico con eje vertical X100 que comprende una envoltura 102 y que almacena un líquido L y un gas G separados por una interfaz 101 que define el nivel de llenado,  $N_R$ , en líquido L del tanque 100. Este nivel de llenado,  $N_R$ , no se puede determinar visualmente.

15 Se conoce en el estado de la técnica por la Solicitud de Patente FR2949559A1 un sistema de medición del nivel de llenado de líquido de un tanque que permite dar instantáneamente el valor de este nivel, cualquiera que sea la forma del tanque, la orientación del tanque (vertical u horizontal) y la naturaleza del líquido que contiene, siendo fiable y económico. Este dispositivo de medición comprende una columna exterior dispuesta verticalmente y conectada al tanque a través de conductos flexibles. De acuerdo con el principio de vasos comunicantes, el nivel del líquido se equilibra a la misma altura en la columna exterior y en el tanque. Este dispositivo de medición comprende además modos de pesaje que sujetan la columna exterior para medir el peso de la columna exterior en función del nivel del líquido. Este dispositivo de medición comprende también un indicador configurado para determinar el nivel de líquido en la columna exterior basándose principalmente en el peso medido de la columna exterior y, en consecuencia, el nivel de llenado del tanque. Este sistema de medición, sin embargo, requiere que el tanque comprenda un orificio superior y un orificio inferior para que el tanque y la columna exterior estén en comunicación. Además, es necesario drenar el tanque al conectar la columna exterior. Los fluidos utilizados en instalaciones frigoríficas o de aire acondicionado también son nocivos para el medio ambiente y/o la salud, por lo que este drenaje resulta también difícil de realizar.

20 Para eliminar estos inconvenientes, el nivel de llenado de un tanque de fluido se puede medir de forma no intrusiva utilizando ondas acústicas en el campo de los ultrasonidos. Esta medición se basa en las diferencias en las propiedades físicas de las ondas acústicas que se propagan en dos fluidos monofásicos diferentes, es decir, un líquido y un gas, dos líquidos diferentes o dos gases diferentes. Por ejemplo, la velocidad de propagación de una onda acústica es mayor en los líquidos que en los gases. En esta medición asimismo se utiliza la reflexión y la refracción de ondas acústicas. Según estos principios, cuando una onda acústica que se propaga en un primer fluido monofásico, llamada onda incidente, encuentra una interfaz con un segundo fluido monofásico, parte de la onda acústica, llamada onda refractada, se propaga en el segundo fluido monofásico y la otra parte, llamada onda reflejada, se propaga en dirección opuesta en el primer fluido monofásico. Se considera entonces que el primer fluido monofásico es un refrigerante en fase líquida, cuyo nivel de llenado se desea conocer, y que el segundo fluido monofásico es este refrigerante en fase gaseosa, lo que corresponde al caso más habitual.

30 Como se ilustra en la figura 1, se conoce en la técnica anterior por la Solicitud de Patente US2012259560A1 un primer procedimiento de medición mediante ondas acústicas que permite determinar el nivel de llenado,  $N_R$ , de líquido L de un tanque 100, cualquiera que sea la orientación del tanque 100 y la naturaleza del líquido L que contiene. Este primer procedimiento comprende una etapa de emisión de una onda acústica incidente,  $O_1$ , en el líquido L, desde la parte inferior de la envoltura 102 y siguiendo la vertical, y una etapa de recepción de una onda acústica reflejada,  $O_2$ , generada por la reflexión de la onda acústica incidente,  $O_1$ , en la interfaz 101. Estas dos ondas acústicas son emitidas y recibidas, respectivamente, por transductores 202 piezoeléctricos. El tiempo que transcurre entre la emisión de la onda acústica incidente,  $O_1$ , y la recepción de la onda acústica reflejada,  $O_2$ , por los transductores 202 piezoeléctricos, conocido por el experto en la técnica con el término «tiempo de tránsito», permite determinar el nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 100. Este procedimiento, no obstante, presenta la desventaja de ser impreciso y de poder utilizarse solo para un tanque cuya parte inferior de la envoltura 102 sea plana para permitir que se reciba la onda acústica reflejada,  $O_2$ .

35 Como se ilustra en la figura 2, también se conoce por la Solicitud de Patente US2016320226A1 un segundo procedimiento para medir el nivel de llenado,  $N_R$ , de un tanque 100, basándose también en el tiempo de tránsito de las ondas acústicas. A diferencia del primer procedimiento, este segundo procedimiento se implementa emitiendo una onda acústica incidente,  $O_1$ , desde la parte lateral de la envoltura 102 por un primer transductor 203 piezoeléctrico, con un ángulo  $\beta$  con respecto a la horizontal y a una altura  $h$  suficiente para que se propague en el gas, G, antes de alcanzar la interfaz 101. La onda acústica reflejada,  $O_2$ , generada por la reflexión de la onda acústica incidente,  $O_1$ , en la interfaz 101, la recibe a la misma altura  $h$  un segundo transductor 204 piezoeléctrico. Este segundo procedimiento

5 presenta la ventaja de poder aplicarse a cualquier tipo de líquido L y para tanques cuya parte inferior no sea plana. No obstante, presenta la desventaja de ser impreciso. También, para que sea fiable, es necesario aplicarlo a un tanque 100 que tenga paredes laterales planas. Además, este segundo procedimiento requiere que la altura h de los transductores, 203, 204, piezoeléctricos sea siempre mayor que el nivel de llenado,  $N_R$ . Esto es restrictivo dado que el nivel de llenado,  $N_R$ , se desconoce antes de la medición.

10 Como se ilustra en la figura 3, se conoce por la misma Solicitud de Patente US2016320226A1 un tercer procedimiento para medir el nivel de llenado,  $N_R$ , de un tanque 100, basándose en la atenuación de la energía acústica. A diferencia de los dos primeros procedimientos, un primer transductor, 205, piezoeléctrico emite una onda acústica incidente,  $O_1$ , para propagarse verticalmente en la parte lateral de la envoltura 102. Esta onda acústica incidente,  $O_1$ , se emite a una altura de emisión,  $h_a$ , superior al nivel de llenado,  $N_R$ , y la recibe a una altura de recepción,  $h_b$ , por debajo del nivel de llenado,  $N_R$ , un segundo transductor 206 piezoeléctrico. Durante su propagación en la envoltura 102, la onda acústica incidente,  $O_1$ , pierde parte de su amplitud, que absorbe el líquido L. Si el nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 100 es alto, la amplitud de la onda acústica incidente,  $O_1$ , se reduce más durante su propagación que si el nivel de llenado,  $N_R$ , es limitado. Su amplitud en la recepción permite determinar el nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 100. Este tercer procedimiento presenta la desventaja de ser impreciso y poco fiable. También, solo es aplicable a un tanque de eje vertical. Finalmente, requiere, al igual que el segundo procedimiento, que las alturas de emisión,  $h_a$ , y recepción,  $h_b$ , sean siempre, respectivamente, más bajas y más altas que el nivel de llenado,  $N_R$ , que se desconoce antes de la medición.

20 De manera análoga, se conoce por la Solicitud de Patente US5755136A1 una emisión de una onda acústica desde una primera pared hacia una segunda pared opuesta para medir, por una parte, la atenuación acústica en un recorrido de ida y vuelta y, por otra parte, la respuesta a la vibración de la primera pared. Las mediciones combinadas de atenuación acústica y respuesta a vibraciones permiten determinar si en el lugar de medición hay líquido entre la primera pared y la segunda pared. Un procedimiento de este tipo sigue siendo complejo y requiere mucho tiempo, ya que requiere dos mediciones independientes. Finalmente, la medición de la atenuación acústica es imprecisa dado que la primera pared y la segunda pared de manera general no son perfectamente planas y están muy separadas.

25 Se conoce por la Solicitud de Patente GB 2 302 946 A un procedimiento para medir el nivel de llenado de un tanque que comprende un elemento piezoeléctrico para fijarse a la pared de un tanque para generar una señal ultrasónica que se propague en la pared para luego transmitirse o reflejarse por la cara opuesta de la pared.

30 Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema y un procedimiento para medir el nivel de llenado de un tanque de fluido que sea preciso y fiable, independiente de la forma y la orientación del tanque e independiente de la naturaleza de los fluidos contenidos en el tanque.

### Presentación de la invención

35 La invención se refiere a un sistema para medir el nivel de llenado de un tanque mediante ondas acústicas, almacenando dicho tanque un primer fluido monofásico que tiene unas primeras propiedades físicas y un segundo fluido monofásico que tiene unas segundas propiedades físicas, comprendiendo dichas primeras propiedades físicas una primera densidad y comprendiendo dichas segundas propiedades físicas una segunda densidad estrictamente inferior a la primera densidad de manera que los fluidos monofásicos se superpongan verticalmente en el tanque, estando ubicado el primer fluido monofásico en la parte inferior del tanque, estando ubicado el segundo fluido monofásico en la parte superior del tanque, estando dicho primer fluido monofásico y dicho segundo fluido monofásico separados por una interfaz sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho tanque una envoltura que se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje, comprendiendo la envoltura una cara interna en contacto con los fluidos monofásicos y una cara externa, comprendiendo la envoltura una porción media cilíndrica.

El sistema de medición destaca porque comprende:

- 45 – al menos tres transductores configurados para colocarse a diferentes alturas verticales en la cara externa de la porción cilíndrica de la envoltura,
- estando configurado cada transductor, por una parte, para emitir, al recibir una primera señal eléctrica, una onda acústica incidente en la cara externa de una pared de la envoltura y, por otra parte, para emitir una segunda señal eléctrica, al recibir una onda acústica reflejada, correspondiente a la reflexión de la onda acústica incidente sobre la cara interna de dicha pared, habiendo atravesado la onda acústica reflejada únicamente la pared de la envoltura, siendo la segunda señal eléctrica función de la diferencia de energía acústica entre la onda acústica incidente y la onda acústica reflejada y
- 50 – al menos un medio de cálculo configurado para determinar, a partir de las señales eléctricas y de las propiedades físicas de los fluidos monofásicos, la presencia del primer fluido monofásico en cada altura vertical de los transductores y deducir el nivel de llenado.

Ventajosamente, gracias a la invención, cada transductor permite comprobar la presencia del primer fluido monofásico en cada altura midiendo la atenuación acústica. Ventajosamente, la utilización de varios transductores forma una escala de detección para determinar de forma discreta la interfaz entre fluidos monofásicos.

5 A diferencia de la técnica anterior que enseña a medir la atenuación acústica directamente en un fluido, la presente invención tiene como objetivo la medición indirecta analizando la atenuación acústica de la pared. Ventajosamente, el solicitante ha observado que la atenuación acústica de la pared depende de la presencia o ausencia de fluido en la cara interna de la pared. De hecho, cuando una onda acústica se refleja en cualquier interfaz, el fluido situado al otro lado de la interfaz absorbe parte de la energía de la onda acústica, lo que reduce su amplitud. Gracias a la invención, se detecta la presencia de un fluido independientemente de la sección del tanque, lo que resulta muy ventajoso.

10 Preferiblemente, los transductores están alineados según una línea en un plano vertical. Ventajosamente, los transductores están conectados entre sí para facilitar su instalación y cableado.

Según un primer aspecto, los transductores están alineados según una línea rectilínea o recta, en particular, para un tanque vertical.

15 Preferiblemente, los transductores están configurados para emitir ondas acústicas incidentes horizontales. Esto permite ventajosamente la detección por atenuación de la energía acústica. La atenuación de la energía acústica se refiere a una atenuación de la amplitud de la onda acústica o, en otras palabras, de su potencia acústica.

Según un segundo aspecto, los transductores están alineados según una línea curva, pero en el mismo plano vertical para un tanque horizontal.

20 Según la invención, el medio de cálculo está configurado para determinar el estado de un transductor a partir de la diferencia de energía acústica entre la emisión de la onda acústica incidente,  $O_1$ , y la recepción de la onda acústica reflejada,  $O_2$ , que recibió.

Preferiblemente, la diferencia de energía acústica se determina a partir de la impedancia acústica de los fluidos monofásicos. Preferiblemente, el sistema de medición comprende un sensor de temperatura para determinar la impedancia acústica para tener en cuenta, siendo esta función de la temperatura del fluido.

25 Preferiblemente, el medio de cálculo está configurado para comparar las señales eléctricas con una base de datos que comprende las atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos para dicho tanque para determinar la presencia del primer fluido monofásico en cada altura vertical de los transductores. Más preferiblemente, el medio de cálculo está configurado para comparar la diferencia de energía acústica al nivel de cada transductor con una base de datos que comprende atenuaciones acústicas de referencia de fluidos monofásicos para dicho tanque.

30 Según la invención, estando configurado el medio de cálculo para determinar, para cada transductor, un estado inferior en presencia del primer fluido monofásico o un estado superior en ausencia del primer fluido monofásico, el medio de cálculo está configurado para determinar la altura de la interfaz a partir de la altura de los dos transductores sucesivos, uno de los cuales está en un estado inferior y el otro en un estado superior.

35 Según un aspecto de la invención, los transductores están configurados para emitir, además de la onda incidente, una onda incidente complementaria en la pared de la envoltura del tanque, estando orientada la trayectoria de esta onda incidente complementaria según una medida de ángulo  $\beta$  con respecto a la de la onda acústica incidente para generar una onda acústica reflejada complementaria que recibe un transductor adyacente al transductor que ha emitido las ondas incidentes.

40 Preferiblemente, el medio de cálculo está configurado para medir la atenuación acústica al nivel de cada transductor a una base de datos que comprende las atenuaciones acústicas de referencia de fluidos monofásicos para dicho tanque y para dicho ángulo de medición,  $\beta$ .

La invención también se refiere a un conjunto de un tanque y un sistema de medición como se presentó anteriormente.

45 La invención se refiere además a un procedimiento para medir el nivel de llenado de un tanque mediante ondas acústicas, implementado mediante el sistema de medición presentado anteriormente, comprendiendo el procedimiento:

- una etapa de emisión por cada transductor de una onda acústica que incide sobre la cara externa de una pared de la envoltura después de la recepción de una primera señal eléctrica,
  - una etapa de recepción de una onda acústica reflejada por cada transductor generada por la reflexión de la onda acústica incidente sobre la cara interna de dicha pared, habiendo atravesado la onda acústica reflejada únicamente la pared de la envoltura, siendo la segunda señal eléctrica función de la diferencia de energía acústica entre la onda acústica incidente y la onda acústica reflejada,
- 50

- una etapa de determinación de la presencia del primer fluido monofásico en cada altura vertical de los transductores a partir de las señales eléctricas y las propiedades físicas de los fluidos monofásicos y
- una etapa de determinación del nivel de llenado en función de la presencia del primer fluido monofásico en cada altura vertical de los transductores.

5 Preferiblemente, los transductores se controlan simultáneamente.

Preferiblemente, las ondas incidentes pertenecen al campo de los ultrasonidos y son, preferiblemente, impulsos sinusoidales.

**Presentación de las figuras**

10 La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que sigue, dada únicamente a título de ejemplo, y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, dados a título de ejemplos no limitativos, en donde se hacen referencias idénticas a objetos similares y en donde:

La figura 1 es una representación esquemática de un primer procedimiento de medición del nivel de llenado de un tanque de fluido utilizando ondas acústicas según la técnica anterior.

15 La figura 2 es una representación esquemática de un segundo procedimiento de medición del nivel de llenado de un tanque de fluido utilizando ondas acústicas según la técnica anterior.

La figura 3 es una representación esquemática de un tercer procedimiento para medir el nivel de llenado de un tanque de fluido utilizando ondas acústicas según la técnica anterior.

La figura 4 es una representación esquemática del procedimiento de medición de ondas acústicas al detectar la presencia de un fluido a varias alturas verticales para un tanque horizontal.

20 La figura 5 es una vista en sección transversal del tanque de la figura 4.

Las figuras 6A y 6B son representaciones esquemáticas de la onda incidente emitida sobre la cara externa de la pared y de la onda reflejada por la cara interna de dicha pared a varias alturas verticales.

Las figuras 7 y 8 son representaciones esquemáticas cercanas de una emisión de una onda incidente horizontal y una onda incidente complementaria.

25 La figura 9 es una representación esquemática del procedimiento de medición de ondas acústicas durante la emisión de una onda incidente complementaria.

La figura 10 es una representación esquemática del procedimiento de medición de ondas acústicas al detectar la presencia de un fluido a varias alturas verticales para un tanque vertical.

30 La figura 11 es una representación esquemática de las etapas del procedimiento de medición de ondas acústicas del nivel de llenado de un tanque de fluido.

Cabe señalar que las figuras exponen la invención en detalle para implementar la invención, pudiendo, por supuesto, utilizarse dichas figuras para definir mejor la invención si es necesario.

**Descripción detallada de la invención**

35 Con referencia a la figura 4, se representa esquemáticamente un sistema 20 de medición del nivel de llenado,  $N_R$ , mediante ondas acústicas de un tanque 10.

Posteriormente, la dirección vertical se define como la dirección del eje de gravedad y la dirección horizontal como la dirección perpendicular a la vertical. Los términos «abajo», «arriba», «superior» e «inferior» se determinan en relación con la dirección vertical.

40 Como se ilustra en la figura 4, se representa un tanque 10 que almacena un primer fluido monofásico,  $F_1$ , un refrigerante en fase líquida, por ejemplo, y un segundo fluido monofásico,  $F_2$ , en este ejemplo del refrigerante en fase gaseosa, en particular, lo mismo.

45 El primer fluido monofásico,  $F_1$ , tiene las primeras propiedades físicas,  $P_1$ , principalmente, una primera densidad,  $\rho_1$ , y el segundo fluido monofásico,  $F_2$ , tiene segundas propiedades físicas,  $P_2$ , principalmente una segunda densidad,  $\rho_2$ , estrictamente inferior a la primera densidad,  $\rho_1$ , de modo que el primer fluido monofásico,  $F_1$ , está ubicado en la parte inferior del tanque 10 y el segundo fluido monofásico,  $F_2$ , está ubicado en la parte superior del tanque 10. También se conocen las velocidades de propagación teóricas,  $V_1$ ,  $V_2$ , de una onda acústica en fluidos monofásicos,  $F_1$ ,  $F_2$ . Como se presentará posteriormente, el tanque 10 comprende además una sonda de temperatura (no mostrada) para determinar la temperatura  $T_1$ ,  $T_2$  de los fluidos  $F_1$ ,  $F_2$ .

- 5 Como se ilustra en la figura 4, el primer fluido monofásico,  $F_1$ , y el segundo fluido monofásico,  $F_2$ , están, así, separados por una interfaz I sustancialmente horizontal. La altura de esta interfaz I corresponde al nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 10 en el primer fluido monofásico  $F_1$ . En este ejemplo, el primer fluido monofásico,  $F_1$ , y el segundo fluido monofásico,  $F_2$ , son, respectivamente, un líquido y un gas, pero obviamente podrían presentarse en forma de dos gases diferentes o incluso de dos líquidos diferentes.
- El tanque 10 se extiende longitudinalmente según un eje X10 que es, en esta primera realización, horizontal. En aras de la claridad y la concisión, en lo sucesivo se designará «tanque vertical» un tanque con un eje longitudinal que se extiende verticalmente y «tanque horizontal» un tanque con un eje longitudinal que se extiende horizontalmente.
- 10 Con referencia a la figura 5, el tanque 10 comprende una envoltura 11 que tiene una pared que comprende una cara 14 interna en contacto con los fluidos monofásicos,  $F_1$ ,  $F_2$ , y una cara 12 externa opuesta a la cara 14 interna. El tanque 10 comprende dos extremos y una porción 13 cilíndrica media que se extiende según el eje X10. Posteriormente, se presentará una porción 13 cilíndrica media de sección anular, particularmente adecuada para distribuir las fuerzas de presión, pero obviamente podría ser diferente. Los expertos en la técnica conocen dicho tanque 10 y no se presentará con más detalle.
- 15 Ahora se presentará un sistema 20 para medir el nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 10 según la invención con referencia a las figuras 4 y 5.
- En este ejemplo, el sistema 20 de medición comprende una pluralidad de transductores 22a-22g colocados en el tanque 10 a diferentes alturas verticales, así como un medio 21 de control y un medio 23 de cálculo que están conectados a los transductores 22a-22g.
- 20 Cada transductor 22a-22g está configurado, por una parte, para emitir, tras la recepción de una primera señal eléctrica,  $U_1$ , una onda acústica incidente,  $O_1$ , a la cara 12 externa de una pared de la envoltura 11 y por otra parte, para emitir una segunda señal eléctrica,  $U_2$ , al recibir una onda acústica reflejada,  $O_2$ , correspondiente a la reflexión de la onda acústica incidente,  $O_1$ , sobre la cara 14 interna de dicha pared, habiendo atravesado la onda acústica reflejada,  $O_2$ , solo la pared de la envoltura 11, siendo la segunda señal eléctrica,  $U_2$ , función de la diferencia de energía acústica entre la onda acústica incidente,  $O_1$ , y la onda acústica reflejada,  $O_2$ . En otras palabras, a diferencia de la técnica anterior que enseña a medir la atenuación acústica en un fluido entre las paredes de la envoltura 11, la presente invención propone concentrarse únicamente en la atenuación acústica de la pared de la envoltura 11, esto es, en el espesor de la pared. La onda acústica reflejada,  $O_2$ , se recibe más rápidamente que en el estado de la técnica y tiene mayor potencia acústica, lo que facilita su procesamiento al haber recorrido una distancia menor. Esto aumenta significativamente la precisión.
- 25 A diferencia de la técnica anterior que enseña a medir la atenuación acústica directamente en un fluido, la presente invención tiene como objetivo una medición indirecta analizando la atenuación acústica de la pared de la envoltura 11. Ventajosamente, la solicitante ve que la atenuación acústica de la pared de la envoltura 11 depende de la presencia o ausencia de fluido en la cara 14 interna de la pared. Ventajosamente, cada transductor 22 es de tipo piezoeléctrico y permite convertir una señal eléctrica en una tensión mecánica (vibración) y viceversa. Obviamente, sin embargo, podrían utilizarse otros tipos de transductor 22a-22g, por ejemplo, cerámicas PZT, polímeros PVDF, etc. Preferiblemente, la onda acústica incidente,  $O_1$ , es un pulso sinusoidal.
- 30 Cada transductor 22a-22g permite, así, medir la atenuación acústica entre la onda incidente,  $O_1$ , y la onda reflejada,  $O_2$ , por la cara 14 interna de la pared de la envoltura 11.
- 35 Como se presentará posteriormente, el medio 23 de cálculo está configurado para determinar, a partir de las señales eléctricas  $U_1$ - $U_2$  y las propiedades físicas P1-P2 de los fluidos monofásicos  $F_1$ - $F_2$  la presencia del primer fluido monofásico,  $F_1$ , en cada altura vertical de los transductores 22a-22g y deducir el nivel de llenado,  $N_R$ .
- Los transductores 22a-22g están colocados a diferentes alturas verticales para detectar la presencia del primer fluido monofásico,  $F_1$ , a diferentes alturas y, así, deducir el nivel de llenado,  $N_R$ . El número de transductores 22a-22g se elige ventajosamente en función de la precisión deseada. Los transductores 22a-22g están colocados en contacto con la cara 12 externa de la porción 13 cilíndrica de la envoltura 11 para emitir/recibir de manera óptima en la pared de la envoltura 11.
- 40 El medio 21 de control presenta la forma de una unidad de cálculo configurada para emitir la primera señal eléctrica,  $U_1$ , en instantes predeterminados. Para ello, el medio 21 de control comprende un reloj.
- 45 De manera análoga, el medio 23 de cálculo presenta la forma de una unidad de cálculo configurada para recibir la segunda señal eléctrica,  $U_2$ , y determinar el instante de recepción. Para ello, el medio 23 de cálculo comprende un reloj.
- 50 Preferiblemente, el medio 21 de control y el medio 23 de cálculo están integrados en el mismo módulo de cálculo, por ejemplo, una tarjeta electrónica. Preferiblemente, el módulo de cálculo comprende una batería para alimentar el medio 21 de control, el medio 23 de cálculo y los transductores 22.
- 55

Preferiblemente, el sistema de medición 20 comprende además una unidad de comunicación para comunicar, por cable o de forma inalámbrica, el nivel de llenado,  $N_R$ , que se ha determinado. Esto es particularmente ventajoso cuando el sistema de medición comprende un dispositivo de señalización como se presenta en la Solicitud de Patente FR1871656.

5 Preferiblemente, el sistema de medición 20 comprende un soporte flexible sobre el cual se montan los transductores 22a-22g. Los transductores 22a-22g están colocados, así, con precisión entre sí, lo que mejora la precisión de la medición del nivel de llenado,  $N_R$ . Preferiblemente, el soporte flexible está conectado al tanque mediante unión, magnetización o de otro modo.

10 El medio 23 de cálculo está configurado para determinar la presencia del primer fluido monofásico,  $F_1$ , en cada altura vertical de los transductores 22a-22g a partir de las señales eléctricas,  $U_1$ ,  $U_2$ , de cada transductor 22a-22g. Posteriormente, cuando un transductor 22a-22g detecta la presencia del primer fluido monofásico,  $F_1$ , esto se considera en un estado inferior,  $ET_1$ , (presencia de fluido) mientras se considera en un estado superior,  $ET_2$ , en caso contrario (ausencia de fluido).

15 Así, el medio 23 de cálculo permite definir un primer grupo de transductores en el estado inferior,  $ET_1$ , y un segundo grupo de transductores en el estado superior,  $ET_2$ . El medio 23 de cálculo puede, así, deducir, de manera práctica y rápida, la altura de la interfaz  $I$  en la interfaz entre los dos grupos de transductores. La altura de la interfaz  $I$  es superior a la de cualquier transductor 22 en el estado inferior,  $ET_1$ , (presencia de fluido) e inferior a la de cualquier transductor 22 en el estado superior,  $ET_2$ , (ausencia de fluido). En este ejemplo, con referencia a la figura 4, los transductores 22a-22d están en el estado inferior,  $ET_1$ , mientras que los transductores 22e-22g están en el estado superior,  $ET_2$ . Podemos, así, deducir que la interfaz  $I$  está ubicada entre el transductor 22d y el transductor 22e y, por lo tanto, determinar el nivel de llenado,  $N_R$ .

20 En la primera realización de la figura 4, el tanque 10 está orientado horizontalmente y los transductores 22a-22g están distribuidos sobre la semicircunferencia de la cara 12 externa al nivel de la porción 13 cilíndrica media, en otras palabras, según una línea curva en un plano transversal al eje X10 del tanque 10. En este ejemplo, el medio 23 de cálculo está configurado para determinar la presencia del primer fluido monofásico,  $F_1$ , en función de la atenuación acústica.

25 Preferiblemente, los transductores 22a-22g están ventajosamente equidistantes entre sí para poder determinar el nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 10 con una precisión calibrada al paso de los transductores 22a-22g. Obviamente, la densidad de los transductores 22 podría ser mayor cerca de ciertos niveles de llenado críticos.

30 En este ejemplo, los transductores 22a-22g están alineados según el mismo plano transversal al eje X10 del tanque 10, pero, obviamente, podrían extenderse, en una segunda configuración, según una pluralidad de planos transversales. En particular, los transductores 22a-22g pueden extenderse según dos planos transversales espaciados del orden del tamaño de un transductor 22a-22g y distribuidos de manera escalonada de modo que cada transductor 22a-22g tenga una posición vertical diferente. Una disposición de este tipo es ventajosa por tener una precisión significativa sin estar limitada por las dimensiones de un transductor 22a-22g. Así, la precisión puede ser superior a la de la dimensión del transductor 22a-22g.

35 Como se ilustra en las figuras 4 y 5, para un tanque 10 orientado horizontalmente, cada transductor 22a-22g está colocado según la tangente a la porción 13 cilíndrica media para emitir la onda incidente,  $O_1$ , y recibir la onda reflejada,  $O_2$ , según una dirección normal a la tangente al punto de posicionamiento de dicho transductor 22a-22g. Como se muestra en la figura 5, la onda reflejada,  $O_2$ , se refleja principalmente según la misma dirección que la onda incidente,  $O_1$ . Como los transductores 22 están a diferentes alturas verticales, las ondas acústicas incidentes,  $O_1$ , se propagan en diferentes partes del tanque 10.

40 Las ondas acústicas reflejadas,  $O_2$ , se generan por la reflexión de ondas acústicas incidentes,  $O_1$ , en la cara 14 interna de la pared de emisión y se propagan en una dirección idéntica, pero en dirección opuesta a la de las ondas acústicas incidentes,  $O_1$ , como se muestra en la figura 4. La onda acústica reflejada,  $O_2$ , puede, así, recibirla de manera práctica el transductor 22 habiendo emitido la onda acústica incidente,  $O_1$ . Debido a la proximidad de la cara 12 externa y la cara 14 interna, el tiempo de propagación es corto y la medición es precisa, siendo el desalineamiento entre la onda acústica incidente,  $O_1$ , y la onda acústica reflejada,  $O_2$ , limitado.

45 En la figura 11 se presenta un ejemplo de implementación de un procedimiento para medir el nivel de llenado. El procedimiento comprende:

- 50 – una etapa de emisión,  $E_1$ , por cada transductor 22 de una onda acústica incidente,  $O_1$ , en la cara 12 externa de una pared de la envoltura 11 después de la recepción de una primera señal eléctrica,  $U_1$ ,
- una etapa de recepción,  $E_2$ , de una onda acústica reflejada,  $O_2$ , por cada transductor 22 generada por la reflexión de la onda acústica incidente,  $O_1$ , en la cara 14 interna de dicha pared, habiendo atravesado la onda acústica reflejada,  $O_2$ , solo la pared de la envoltura 11, siendo la segunda señal eléctrica,  $U_2$ , función de la diferencia de energía acústica entre la onda acústica incidente,  $O_1$ , y la onda acústica reflejada,  $O_2$ ,

- una etapa de determinación, E<sub>3</sub>, de la presencia del primer fluido monofásico, F<sub>1</sub>, en cada altura vertical de los transductores 22 a partir de las señales eléctricas U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> y las propiedades físicas P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> de los fluidos monofásicos F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, en particular, por comparación de potencias acústicas, y
- una etapa de determinación, E<sub>4</sub>, del nivel de llenado, N<sub>R</sub>, en función de la presencia del primer fluido monofásico, F<sub>1</sub>, en cada altura vertical de los transductores 22.

Según la invención, las ondas acústicas incidentes, O<sub>1</sub>, se propagan únicamente en la pared de la envoltura 11 en la dirección normal al plano tangente a la cara 12 externa. En otras palabras, las ondas acústicas incidentes, O<sub>1</sub>, se propagan en el espesor de la pared de la envoltura 11. Las ondas acústicas reflejadas, O<sub>2</sub>, se generan por la reflexión de ondas acústicas incidentes, O<sub>1</sub>, en la cara 14 interna de la pared de la envoltura 11 y se propagan en una dirección idéntica, pero en dirección opuesta a la de las ondas acústicas incidentes, O<sub>1</sub>, como se muestra en la figura 7. De esta manera, cada onda acústica reflejada, O<sub>2</sub>, se genera por reflexión sobre la cara 14 interna en contacto por el otro lado con solo uno de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>. Dependiendo del fluido monofásico, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, en contacto con la cara 14 interna, la energía acústica de la onda reflejada, O<sub>2</sub>, es diferente, como se ilustra en las figuras 6A y 6B. Para detectar la onda acústica reflejada, O<sub>2</sub>, relevante, simplemente monitoree la onda reflejada, O<sub>2</sub>, que se recibe en un intervalo de tiempo predeterminado, Δt, como se ilustra en las figuras 6A y 6B y para medir su amplitud.

Por ejemplo, cada transductor 22a-22g es un piezoeléctrico que tiene un diámetro de 10 mm, preferiblemente entre 5 mm y 20 mm. Cada transductor 22a-22g tiene una frecuencia comprendida entre 0,5 MHz y 2 MHz, preferiblemente del orden de 1 MHz. La amplitud está comprendida entre 1 V y 50 V, preferiblemente es del orden de 10 V. Preferiblemente, las etapas de emisión están espaciadas de 10 ms a 100 ms, preferiblemente del orden de 20 ms.

A modo de ejemplo, con referencia a la figura 5, la energía acústica de la onda reflejada, O<sub>2</sub>, es más limitada cuando la cara 14 interna está en contacto con el primer fluido monofásico, F<sub>1</sub>, (figura 6A) que, con el segundo fluido monofásico, F<sub>2</sub>, (figura 6B). En efecto, ventajosamente, la pared de la envoltura 11 forma un filtro energético que permite caracterizar la presencia del primer fluido monofásico, F<sub>1</sub>, con la cara 14 interna. Tal detección de la naturaleza del fluido monofásico directamente en el lugar de medición permite superar los inconvenientes relacionados con la reflexión en una medición por tiempo de tránsito a través de todo el tanque.

El medio 23 de cálculo permite determinar el estado ET<sub>1</sub>/ET<sub>2</sub> de un transductor 22 a partir de la diferencia de energía acústica entre la emisión de la onda acústica incidente, O<sub>1</sub>, y recepción de la onda acústica reflejada, O<sub>2</sub>, que recibió. En otras palabras, el medio 23 de cálculo determina la atenuación acústica, Att, correspondiente a la energía reflejada dividida por la energía incidente, como se ilustra en las figuras 6A y 6B. De hecho, la diferencia de potencia acústica varía en función del fluido monofásico, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, en contacto con la cara 14 interna.

En la práctica, el medio 23 de cálculo está configurado para comparar la diferencia de energía acústica al nivel de cada transductor 22 con una base de datos que comprende atenuaciones acústicas de referencia de fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, para dicho tanque 10.

En este ejemplo, las atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, se determinan empírica o teóricamente a partir de las impedancias acústicas, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, el tamaño del tanque 10, el espesor de su envoltura 11, la naturaleza de su envoltura 11, etc. Preferiblemente, al instalar el sistema de medición 20, las atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, los determina el instalador, por ejemplo, durante una fase de calibración.

Más precisamente, el estado ET<sub>1</sub>/ET<sub>2</sub> de un transductor 22 se determina a partir de la atenuación de amplitud de la onda acústica reflejada, O<sub>2</sub>, que recibió en comparación con la de la onda acústica incidente, O<sub>1</sub>, que emitió. De hecho, cuando una onda acústica se refleja en cualquier interfaz, el fluido situado al otro lado de la interfaz absorbe parte de la energía de la onda acústica, lo que reduce su amplitud. La parte de energía absorbida depende de la resistencia del fluido, esto es, de su impedancia acústica, y difiere para dos fluidos monofásicos diferentes.

En la práctica, las impedancias acústicas, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, se calculan a partir de las propiedades físicas, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, es decir, sus densidades teóricas, ρ<sub>1</sub>, ρ<sub>2</sub>, sus velocidades de propagación teóricas, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, y sus temperaturas, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, medidas en el tanque 10. Sin embargo, obviamente las impedancias acústicas, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, se pueden obtener de diferentes maneras. En este ejemplo, las temperaturas, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, se miden mediante un sensor de temperatura y se transmiten a la unidad de comunicación conectada al medio 23 de cálculo. Preferiblemente, la etapa de determinación de las impedancias acústicas, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, se repite periódicamente dado que las temperaturas, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, de los fluidos monofásicos, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, evolucionan con el tiempo.

La atenuación acústica se determina según la siguiente fórmula:

[Math. 1]

$$Att = (Z_2 - Z_1)^2 / (Z_2 + Z_1)^2$$

En la práctica, en presencia de un primer fluido monofásico,  $F_1$ , que es líquido, la energía acústica reflejada es del orden del 97 %. Por el contrario, en presencia de un segundo fluido monofásico,  $F_2$ , que es gaseoso, la energía acústica reflejada es del orden del 99,8 %.

5 Ventajosamente, la atenuación acústica medida en el transductor 22a colocado más bajo se puede comparar con la atenuación acústica del primer fluido monofásico,  $F_1$ . Del mismo modo, la atenuación acústica medida al nivel del transductor 22g colocado más arriba puede asimilarse a la atenuación acústica del segundo fluido monofásico,  $F_2$ . Estas atenuaciones acústicas se obtienen mediante una etapa de calibración. Preferiblemente, la etapa de calibración se repite periódicamente dado que las impedancias son función de las temperaturas,  $T_1$ ,  $T_2$ , de los fluidos monofásicos,  $F_1$ ,  $F_2$ , que evolucionan con el tiempo.

10 Preferiblemente, la atenuación acústica se calcula a partir de la energía reflejada recibida por el transductor que ha emitido la onda incidente,  $O_1$ . Como se ilustra en las figuras 7 y 8, para aumentar la precisión, tras la emisión de una onda incidente,  $O_1$ , mediante un transductor 22 determinado, también se mide la energía reflejada recibida por el transductor 22 ubicado directamente debajo del transductor 22 determinado.

15 Aún con referencia a las figuras 7 y 8, al menos un transductor 22e está configurado para emitir, además, la onda incidente,  $O_1$ , (figura 7), una onda incidente complementaria,  $O_3$ , (figura 8) en la envoltura 11 del tanque 10 tras la recepción de una tercera señal eléctrica,  $U_3$ , emitida por el medio 21 de control. En este ejemplo, se ha despreciado la curvatura de la pared en aras de la claridad. Obviamente, la invención se aplica también a una pared curva. La trayectoria de esta onda incidente complementaria,  $O_3$ , está orientada por un ángulo de medición  $\beta$  con respecto a la de la onda acústica incidente,  $O_1$  (dirección horizontal), para generar una onda acústica reflejada complementaria,  $O_4$ , que recibe un transductor 22d adyacente (ubicado directamente debajo). Como se ilustra en la figura 9, este transductor 22d también está configurado para emitir una cuarta señal eléctrica,  $U_4$ , hacia el medio 23 de cálculo, al recibir la segunda onda acústica reflejada,  $O_4$ . De manera análoga a lo anterior, el medio 23 de cálculo está configurado para medir la atenuación acústica al nivel de cada transductor 22 (entre la tercera señal eléctrica,  $U_3$ , y la cuarta señal eléctrica,  $U_4$ ) a una base de datos que comprende las atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos,  $F_1$ ,  $F_2$ , para dicho tanque 10 y para dicho ángulo de medición  $\beta$ . De manera análoga, dichas atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos,  $F_1$ ,  $F_2$ , se determinan empírica o teóricamente.

25 Preferiblemente, el ángulo de medición  $\beta$  está comprendido entre  $1^\circ$  y  $15^\circ$  para hacer posible detectar la interfaz I con precisión entre dos transductores 22e-22d que tienen diferentes estados  $ET_1/ET_2$ . Esto permite ventajosamente determinar si el nivel de llenado,  $N_R$ , está más cerca del transductor 22d en el estado  $ET_1$  inferior o del transductor 22e al estado  $ET_2$  superior. En otras palabras, la precisión de la medición del nivel de llenado,  $N_R$ , se ve aumentada por esta medida complementaria.

30 Ventajosamente, el sistema de medición 20 permite, así, realizar una doble medición del nivel de llenado,  $N_R$ , del tanque 10, permitiendo una ganancia tanto en precisión como en fiabilidad.

35 En otras palabras, se mide la energía reflejada por un transductor adyacente para determinar con mayor precisión el nivel de la interfaz I, en particular, cuando en el nivel de la interfaz se ubica un transductor.

40 Se ha presentado un tanque horizontal equipado con un sistema de medición por atenuación de energía acústica, pero obviamente dicho sistema de medición 20 está adaptado para un tanque 10 vertical como se ilustra en la figura 10. En el caso de un tanque 10 vertical, los transductores 22a-22g están distribuidos sobre la porción 13 cilíndrica media según su longitud. En lugar de estar dispuestos según una línea curva como en el caso de un tanque 10 horizontal descrito anteriormente, los transductores 22a-22g están colocados según una línea rectilínea vertical, paralela al eje X10 del tanque 10 vertical.

45 Del mismo modo que para un tanque 10 horizontal, obviamente los transductores 22a-22g pueden posicionarse según una pluralidad de líneas rectilíneas verticales, en particular, dos líneas rectilíneas verticales espaciadas del orden de un transductor 22a-22g y distribuidas en disposición escalonada. Esto presenta la ventaja de poder disponer un mayor número de transductores 22a-22g más juntos y, por lo tanto, de aumentar la precisión de la medición.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (20) de medición de ondas acústicas para medir el nivel de llenado ( $N_R$ ) de un tanque (10), almacenando dicho tanque (10) un primer fluido monofásico ( $F_1$ ) que tiene primeras propiedades físicas ( $P_1$ ) y un segundo fluido monofásico ( $F_2$ ) que tiene segundas propiedades físicas ( $P_2$ ), comprendiendo dichas primeras propiedades físicas ( $P_1$ ) una primera densidad,  $\rho_1$ , y comprendiendo dichas segundas propiedades físicas ( $P_2$ ) una segunda densidad,  $\rho_2$ , estrictamente inferior a la primera densidad,  $\rho_1$ , para que los fluidos monofásicos ( $F_1$ ,  $F_2$ ) estén superpuestos verticalmente en el tanque (10), estando ubicado el primer fluido monofásico ( $F_1$ ) en la parte inferior del tanque (10), estando ubicado el segundo fluido monofásico ( $F_2$ ) en la parte superior del tanque (10), estando separados dicho primer fluido monofásico ( $F_1$ ) y dicho segundo fluido monofásico ( $F_2$ ) por una interfaz (I) sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho tanque (10) una envoltura (11) que se extiende longitudinalmente según un eje X10, comprendiendo la envoltura (11) una cara interna en contacto con los fluidos monofásicos ( $F_1$ ,  $F_2$ ) y una cara (12) externa, comprendiendo la envoltura (1) una porción (13) media cilíndrica, estando el sistema de medición caracterizado por que comprende:
- al menos tres transductores (22a-22g) configurados para colocarse a diferentes alturas verticales en la cara (12) externa de la porción (13) cilíndrica de la envoltura (11),
  - estando configurado cada transductor (22), por una parte, para emitir, al recibir una primera señal eléctrica ( $U_1$ ), una onda acústica incidente ( $O_1$ ) a la cara (12) externa de una pared de la envoltura (11) y, por otra parte, emitir una segunda señal eléctrica ( $U_2$ ), al recibir una onda acústica reflejada ( $O_2$ ), correspondiente a la reflexión de la onda acústica incidente ( $O_1$ ) en la cara (14) interna de dicha pared, habiendo atravesado la onda acústica reflejada ( $O_2$ ) únicamente la pared de la envoltura (11), estando la segunda señal eléctrica ( $U_2$ ) en función de la diferencia de energía acústica entre la onda acústica incidente ( $O_1$ ) y la onda acústica reflejada ( $O_2$ ),
  - al menos un medio (23) de cálculo configurado para determinar, a partir de las señales eléctricas ( $U_1$ - $U_2$ ) y las propiedades físicas ( $P_1$ - $P_2$ ) de los fluidos monofásicos ( $F_1$ - $F_2$ ), la presencia del primer fluido monofásico ( $F_1$ ) en cada altura vertical de los transductores (22) y deducir el nivel de llenado ( $N_R$ ), estando configurado el medio (23) de cálculo para determinar, para cada transductor (22a-22g), un estado inferior ( $ET_1$ ) en presencia del primer fluido monofásico ( $F_1$ ) o un estado superior ( $ET_2$ ) en ausencia del primer fluido monofásico ( $F_1$ ), el medio (23) de cálculo está configurado para determinar la altura de la interfaz (I) a partir de la altura de los dos transductores sucesivos (22e, 22d), uno de los cuales se encuentra en un estado inferior ( $ET_1$ ) y el otro en un estado superior ( $ET_2$ ).
2. Sistema de medición según la reivindicación 1, en donde los transductores (22) están alineados según una línea en un plano vertical.
3. Sistema de medición según la reivindicación 2, en donde los transductores (22) están alineados según una línea rectilínea.
4. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde los transductores (22a-22g) están configurados para emitir ondas acústicas incidentes ( $O_1$ ) horizontales.
5. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la diferencia de energía acústica se determina a partir de las impedancias acústicas ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ) de los fluidos monofásicos ( $F_1$ ,  $F_2$ ).
6. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el medio (23) de cálculo está configurado para comparar las señales eléctricas ( $U_1$ - $U_2$ ) a una base de datos que comprende las atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos ( $F_1$ ,  $F_2$ ) para dicho tanque (10) para determinar la presencia del primer fluido monofásico ( $F_1$ ) en cada altura vertical de los transductores (22).
7. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde los transductores (22a-22g) están configurados para emitir, además de la onda incidente, ( $O_1$ ), una onda incidente complementaria, ( $O_3$ ), en la pared de la envoltura (11) del tanque (10), estando orientada la trayectoria de esta onda incidente complementaria, ( $O_3$ ), por un ángulo de medición ( $\beta$ ) con respecto al de la onda acústica incidente ( $O_1$ ) para generar una onda acústica reflejada complementaria ( $O_4$ ) que recibe un transductor (22d) adyacente al transductor que ha emitido las ondas incidentes ( $O_1$ ,  $O_3$ ).
8. Sistema de medición según la reivindicación anterior, en donde el medio de cálculo (23) está configurado para medir la atenuación acústica en cada transductor (22) a una base de datos que comprende las atenuaciones acústicas de referencia de los fluidos monofásicos ( $F_1$ ,  $F_2$ ) para dicho tanque 10 y para dicho ángulo de medición ( $\beta$ ).
9. Conjunto de tanque y sistema de medición según una de las reivindicaciones anteriores.
10. Procedimiento de medición de ondas acústicas para medir el nivel de llenado ( $N_R$ ) de un tanque (10) implementado mediante el sistema (20) de medición según una de las reivindicaciones 1 a 8, comprendiendo el procedimiento:
- una etapa de emisión ( $E_1$ ) por cada transductor (22) de una onda acústica incidente ( $O_1$ ) a la cara (12) externa de una pared de la envoltura (11) tras la recepción de una primera señal eléctrica ( $U_1$ ),

- una etapa de recepción ( $E_2$ ) de una onda acústica reflejada ( $O_2$ ) por cada transductor (22) generada por la reflexión de la onda acústica incidente ( $O_1$ ) en la cara (14) interna de dicha pared, habiendo atravesado la onda acústica reflejada ( $O_2$ ) únicamente la pared de la envoltura (11), estando la segunda señal eléctrica ( $U_2$ ) en función de la diferencia de energía acústica entre la onda acústica incidente ( $O_1$ ) y la onda acústica reflejada ( $O_2$ ),

5 - una etapa para determinar ( $E_3$ ) la presencia del primer fluido monofásico ( $F_1$ ) en cada altura vertical de los transductores (22) a partir de las señales eléctricas ( $U_1$ ,  $U_2$ ) y las propiedades físicas ( $P_1$ ,  $P_2$ ) de los fluidos monofásicos ( $F_1$ ,  $F_2$ ) y

- una etapa para determinar ( $E_4$ ) el nivel de llenado ( $N_R$ ) en función de la presencia del primer fluido monofásico ( $F_1$ ) en cada altura vertical de los transductores (22).

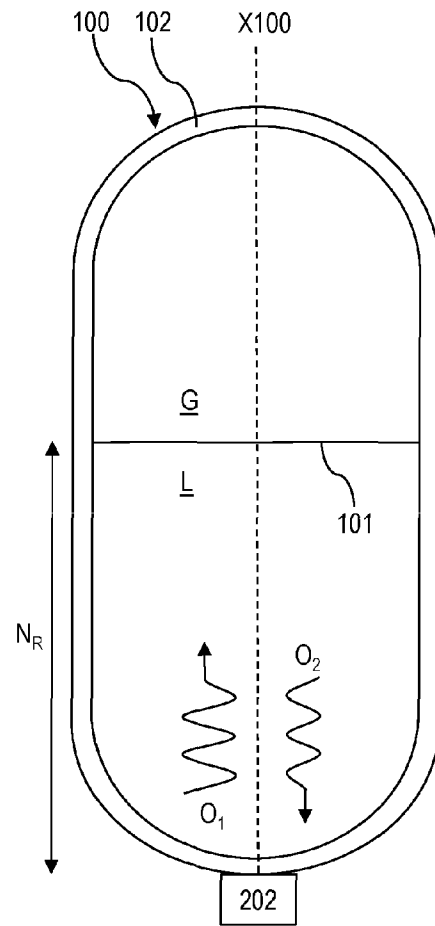


FIG. 1

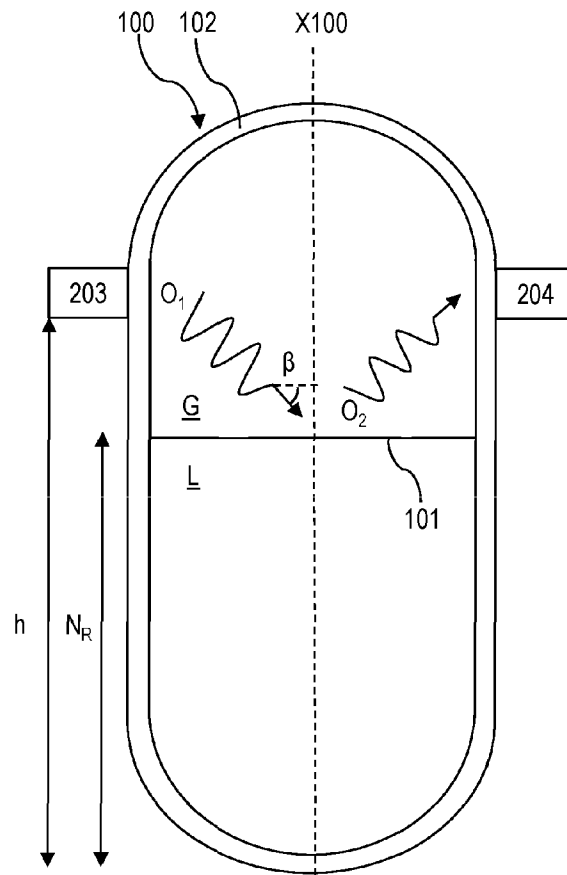


FIG. 2

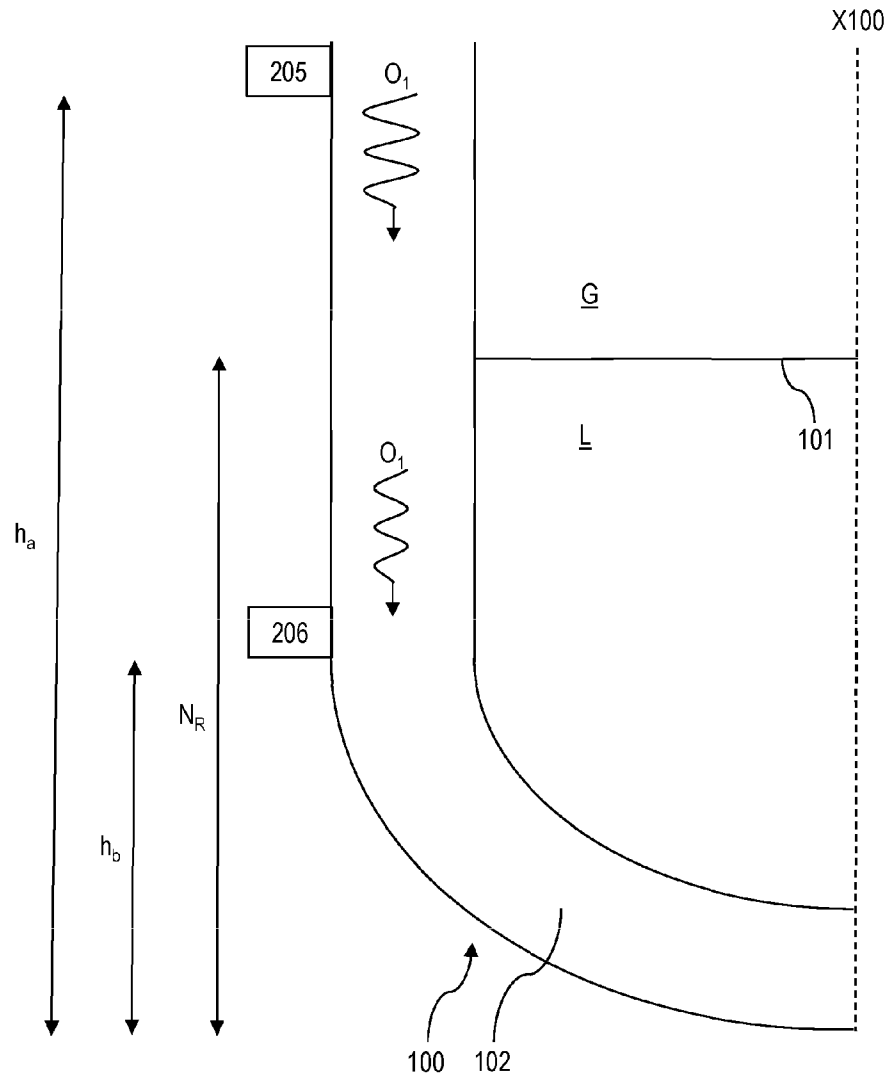


FIG. 3

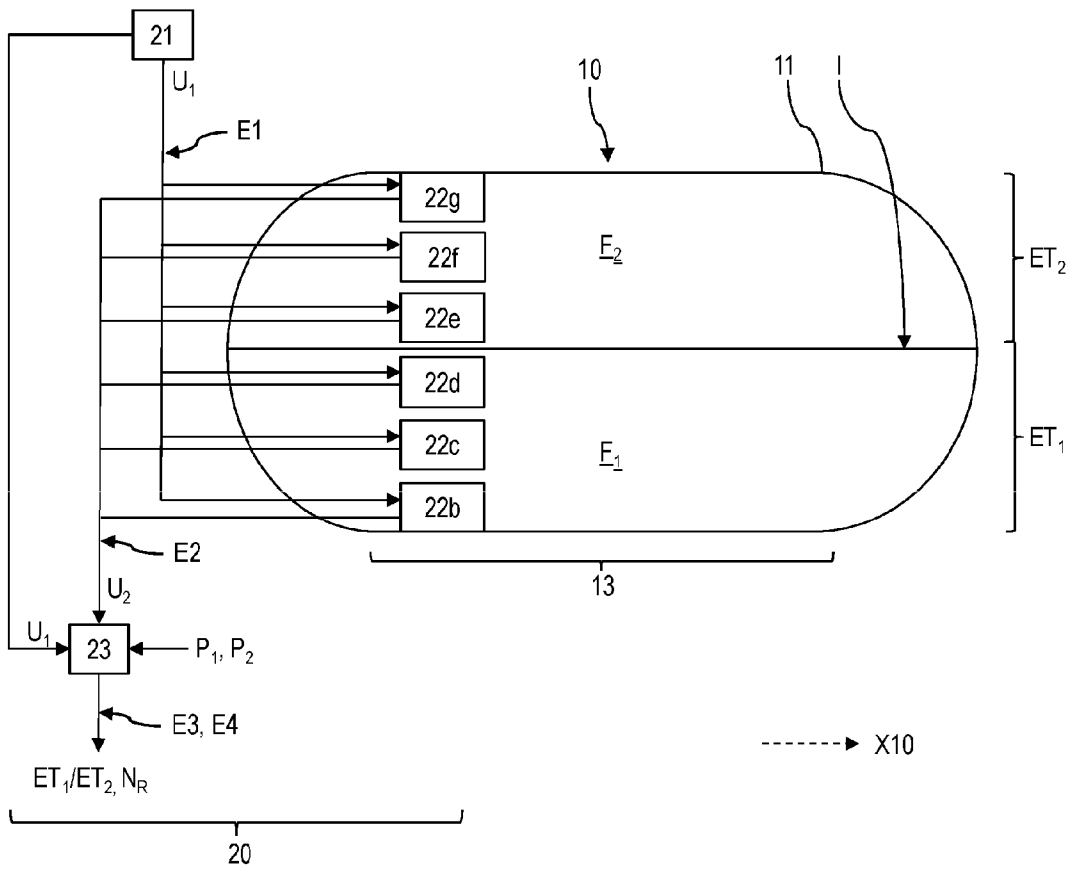
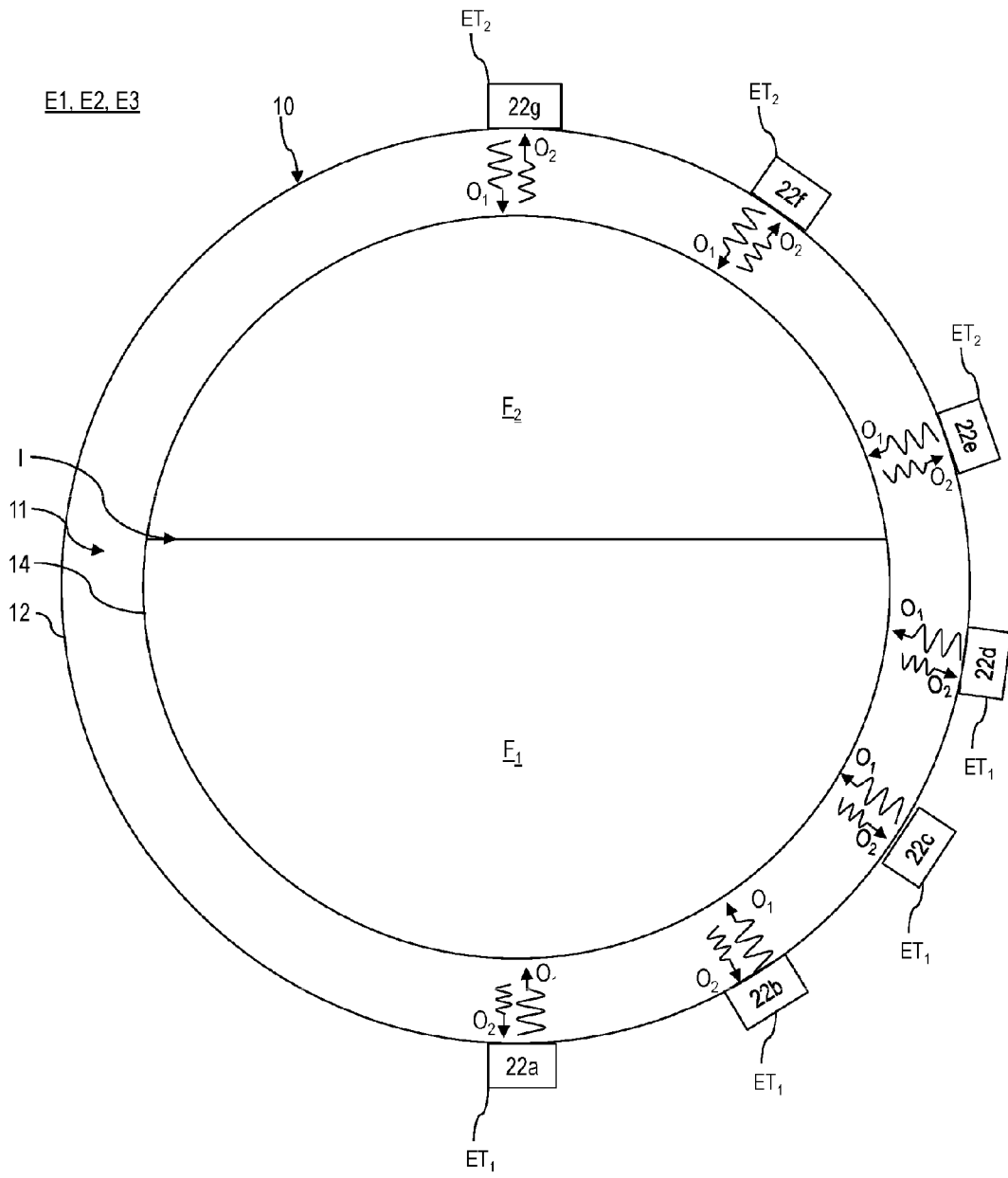


FIG. 4



**FIG. 5**

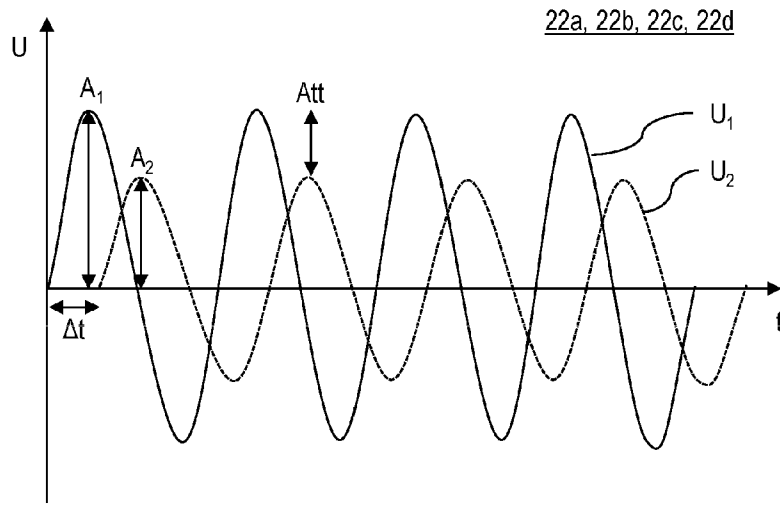


FIG. 6A

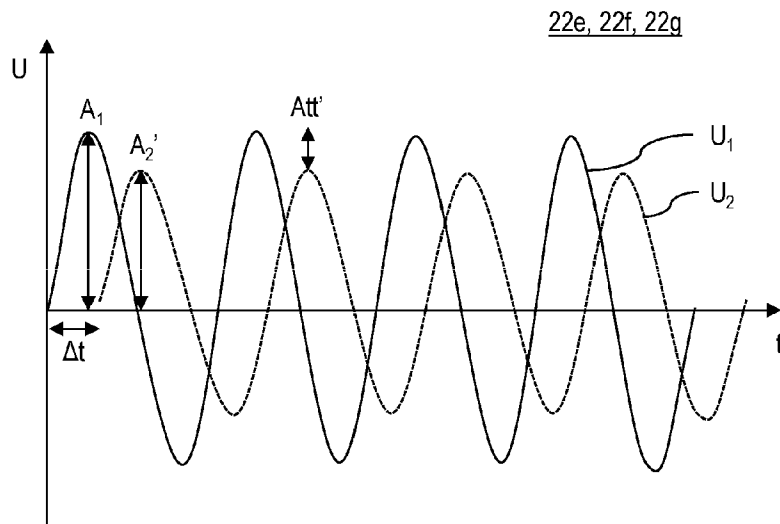


FIG. 6B

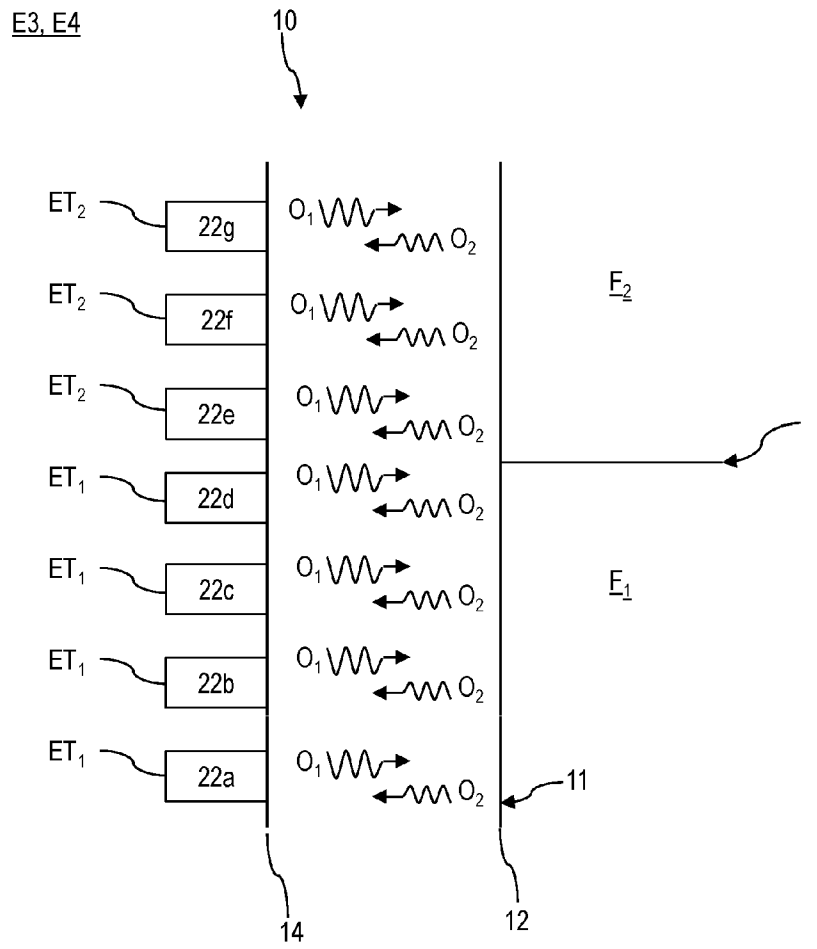


FIG. 7

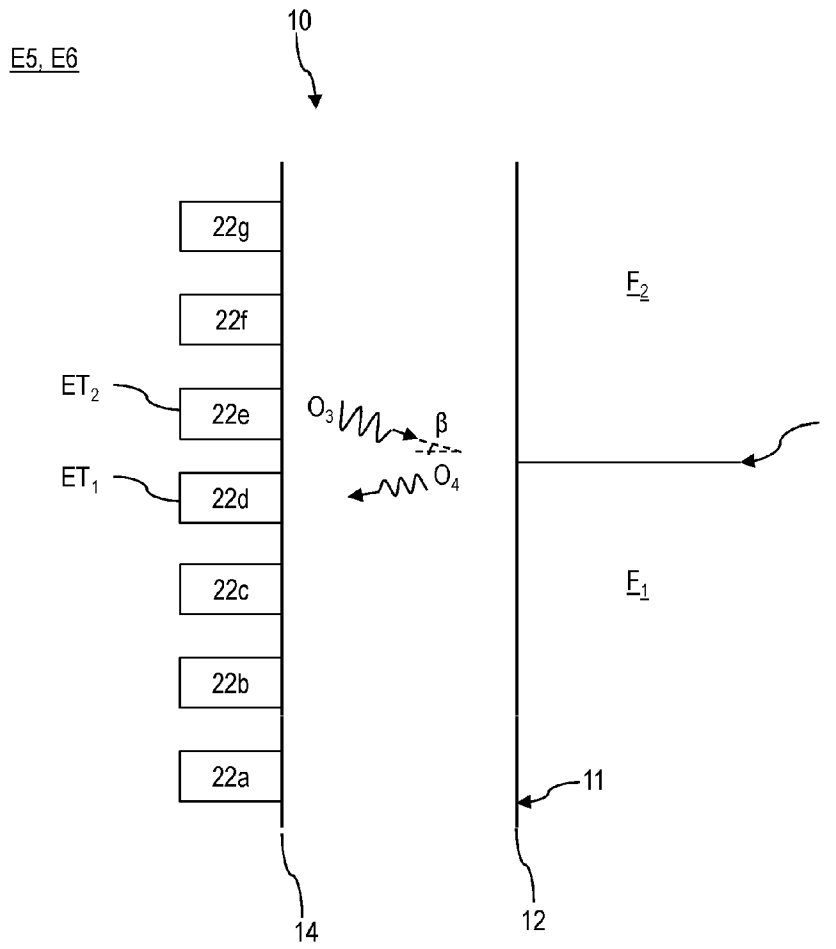


FIG. 8

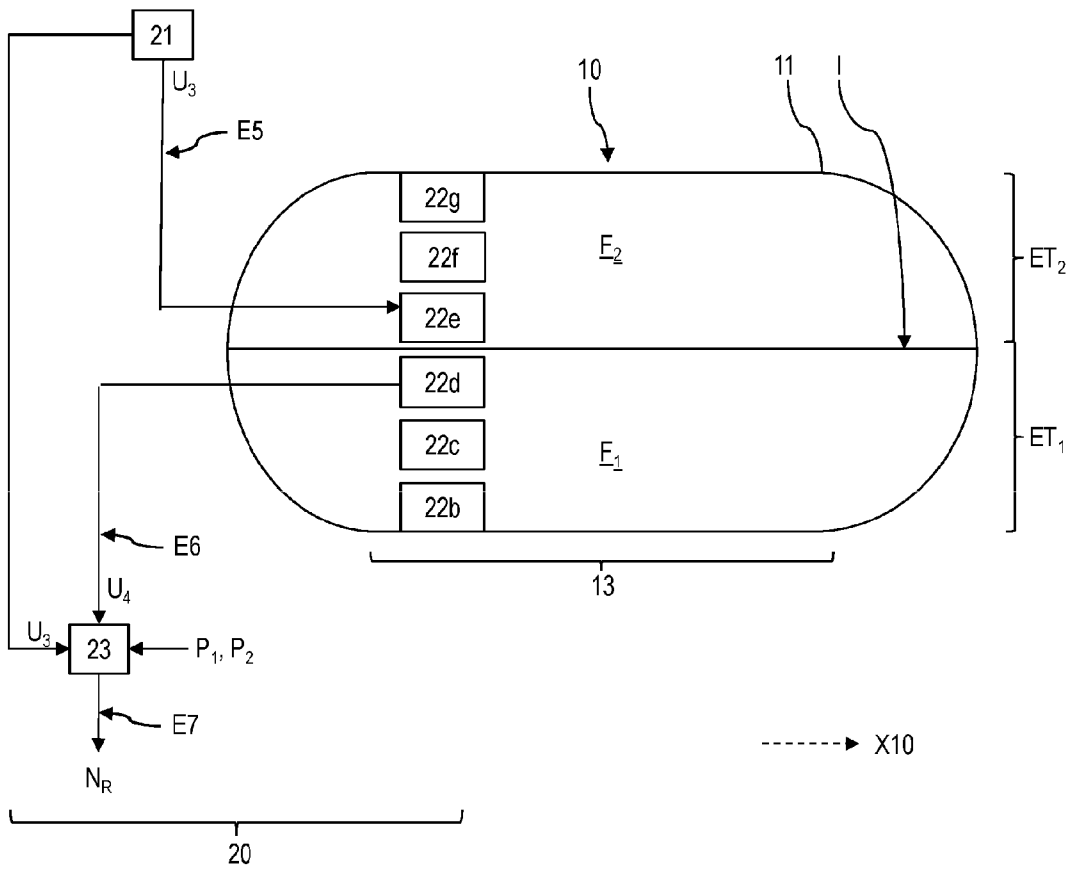


FIG. 9

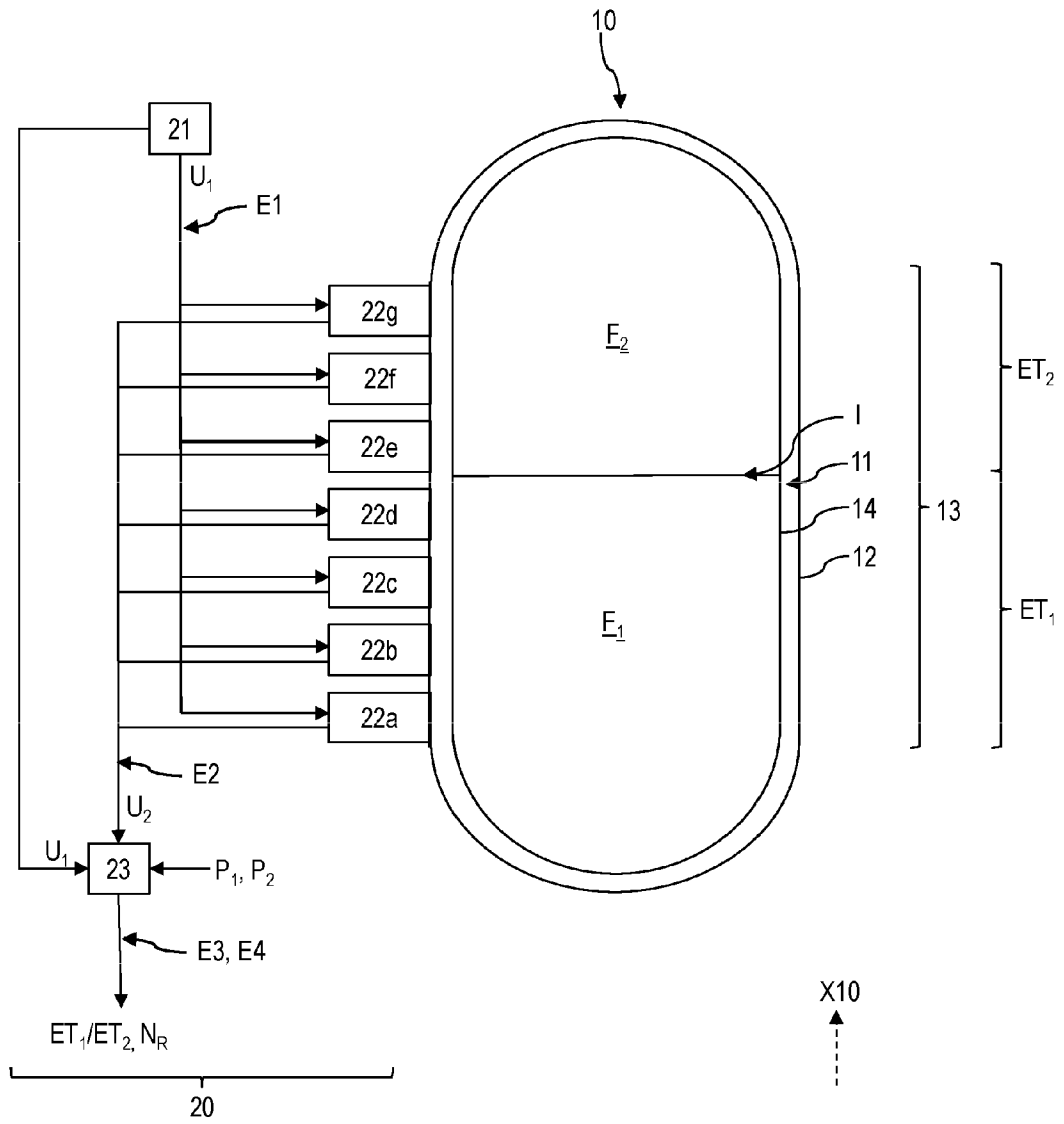


FIG. 10

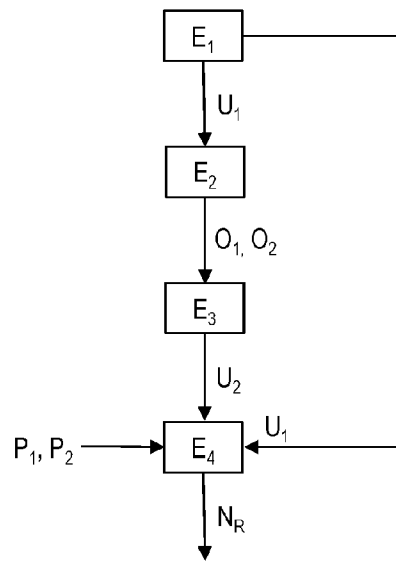


FIG. 11