



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 289 758**

51 Int. Cl.:  
**G01F 1/66** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **97610055 .2**

86 Fecha de presentación : **05.12.1997**

87 Número de publicación de la solicitud: **0846936**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **10.06.1998**

54 Título: **Medidor de flujo y procedimiento de operación de un medidor de flujo.**

30 Prioridad: **05.12.1996 EP 96610047**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.02.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.02.2008**

73 Titular/es: **KAMSTRUP A/S**  
**Industrivej 28 Stilling**  
**8660 Skanderborg, DK**

72 Inventor/es: **Nielsen, Soren Tonnes**

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 289 758 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).

# ES 2 289 758 T3

## DESCRIPCIÓN

Medidor de flujo y procedimiento de operación de un medidor de flujo.

5 La presente invención se refiere a medidores de flujo y a procedimientos para operar medidores de flujo.

Los medidores de flujo ultrasónicos para medir el flujo de un líquido o gas en, por ejemplo, una trayectoria de flujo han sido conocidos durante muchos años. Ejemplos de tales medidores de flujo se pueden ver en los documentos EP-B-0397596, GB-A-2079939, WO90/00723, EP-B-0498141, DE-A-3823177, EP-A-0441531 y WO-94/04890.

10 Los medidores de flujo típicos de este tipo funcionan transmitiendo señales ultrasónicas por un flujo de un líquido o un gas en un paso o trayectoria de flujo en las direcciones aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, y determinando posteriormente el valor del flujo en base a la diferencia de velocidad de transmisión de las señales ultrasónicas en las dos direcciones causada por el flujo.

15 Para poder determinar la diferencia bastante pequeña de velocidad de transmisión de las dos señales, las señales son típicamente transmitidas en el fluido al mismo tiempo. La ventaja de esta elección es el hecho de que la detección de la diferencia de tiempo puede ser detectada como una diferencia de fase entre las dos señales. En esta situación, ambos transmisores actúan en primer lugar como transmisores y posteriormente como receptores.

20 Sin embargo, esta elección causa el problema de que las señales ultrasónicas reflejadas desde por ejemplo paredes de pasos de flujo adyacentes pueden alcanzar al transductor desde el que se transmitieron al mismo tiempo que las señales transmitidas por el otro transductor. Esto ofrecerá problemas de recepción, ya que las dos señales interfieren ahora.

25 Para evitar este problema, las señales en las dos direcciones se pueden transmitir en momentos diferentes para que se permita a las ondas ultrasónicas generadas por un transductor por ejemplo extinguirse antes de que ese transductor vaya a actuar como receptor.

30 Por lo tanto, según la invención, la señal transmitida en la primera dirección es generada y detectada antes de que se transmita la señal en la dirección opuesta.

35 Sin embargo, esto requiere el uso de una nueva configuración de medición, ya que las dos señales ahora ya no se pueden recibir simultáneamente, por lo que el procedimiento anteriormente mencionado que usa la diferencia de fase entre las dos señales puede no ser usado.

40 En el documento WO-90/00723, se sugiere una solución en la que una diferencia de fase se determina en cambio entre la señal transmitida al transductor de transmisión y la señal recibida por el transductor de recepción. En base a las diferencias de fase en las dos direcciones, se determina un valor de flujo. Sin embargo, usando este procedimiento, el margen dinámico del medidor de flujo se reduce debido al hecho de que el área dinámica total del medidor está limitada por el intervalo de diferencias de fase que se pueden determinar. Este intervalo es  $2\pi$  menos las máximas diferencias de fase posibles entre la señal de transmisión y las señales recibidas en las dos direcciones. Sin embargo, en esta configuración, ya que las variaciones de temperatura causan variaciones de la velocidad de señales ultrasónicas en el medio, parte de la diferencia de fase será debido a las variaciones de temperatura. Esto por tanto reduce la diferencia de fase útil, y así el área dinámica, de este instrumento.

45 Este problema es solucionado por la presente invención.

50 Otro problema encontrado en los medidores de flujo de la técnica anterior es el hecho de que para obtener mediciones similares con los dos transductores, se hace un gran esfuerzo para que la electrónica de detección relacionada con estos dos transductores sea lo más idéntica posible. Este problema se soluciona en, por ejemplo, los documentos EP-B-0397596 y WO-90/00723 donde se usan los mismos circuitos. Sin embargo, en estas configuraciones, se producen otros problemas debido al posicionamiento de los conmutadores eléctricos.

55 Para que las impedancias de los circuitos sean idénticas, las configuraciones en los documentos EP-B-0397596 y WO-90/00723 requieren que los circuitos de transmisión y de recepción tengan impedancias idénticas. Para obviar esta demanda, se ha ideado una solución diferente relativa a un medidor de flujo según la reivindicación 1 para medir el flujo de un medio por un paso de flujo definido en el mismo y que comprende

60 - al menos dos medios de generación de ultrasonidos para generar señales ultrasónicas basadas en señales de entrada suministradas a los mismos, para dirigir tales señales en direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de al menos parte del paso de flujo, y para recibir señales ultrasónicas que han pasado por dicha parte del paso de flujo y generar señales eléctricas relacionadas,

65 - medios generadores que tienen una salida para enviar señales de entrada para los medios de generación de ultrasonidos,

## ES 2 289 758 T3

- primeros medios para transmitir las señales de entrada desde la salida de los medios generadores hasta los medios de generación de ultrasonidos,

5 - medios de derivación para derivar valores o señales basados en las señales eléctricas relacionadas, teniendo los medios de derivación una entrada dispuesta para recibir las señales eléctricas relacionadas,

- medios de cálculo o determinación que están adaptados para calcular o determinar, basándose en valores o señales derivados, una tasa de flujo del medio que fluye por el paso de flujo, y

10 - segundos medios para transmitir las señales eléctricas relacionadas desde los medios de generación de ultrasonidos hasta la entrada de los medios de cálculo o determinación,

caracterizado porque los medios de transmisión primero y segundo comprenden:

15 - al menos un primer medio conductor eléctrico que interconecta la salida de los medios generadores y la entrada de los medios de derivación,

- segundos medios conductores eléctricos para interconectar eléctricamente cada medio de generación de ultrasonidos con al menos uno de los primeros medios conductores eléctricos, y

20 - para cada medio de generación de ultrasonidos, al menos un medio de conmutación para permitir o evitar el flujo de corriente eléctrica entre el al menos un primer medio conductor eléctrico y los medios de generación de ultrasonidos existentes por los segundos medios conductores eléctricos que interconectan eléctricamente los medios de generación de ultrasonidos existentes con el al menos uno de los primeros medios conductores eléctricos.

25 Usando una configuración de este tipo, la impedancia vista del transductor es la misma independientemente de si el transductor actúa como transmisor o receptor. De esta manera, no se plantea ninguna demanda sobre los circuitos de recepción y de transmisión en relación a las impedancias de salida y entrada de los mismos.

30 Preferentemente, el al menos un conmutador eléctrico está comprendido en los segundos medios conductores eléctricos para generar o evitar una interconexión eléctrica entre los medios de generación de ultrasonidos respectivos y el al menos un primer medio conductor eléctrico. Sin embargo, se debería observar que también se evita un flujo de corriente si los medios de conmutación proporcionan o evitan el flujo de corriente al transductor desde el lado de los mismos opuesto a los segundos medios conductores eléctricos.

35 La frecuencia de las señales de entrada puede, naturalmente, ser de al menos 200 kHz, como de al menos 500 kHz, preferentemente del orden de 1 MHz.

40 En el presente contexto, las direcciones opuestas son típicamente dos direcciones opuestas. Sin embargo, también se puede usar por ejemplo una configuración triangular, en la que se contemplan tres direcciones, como tres direcciones que forman un triángulo equilátero.

45 Preferentemente, los medios generadores están adaptados para conectarse y desconectarse sin que se altere a ningún grado sustancial ninguna impedancia de salida de los mismos. Si los medios generadores fuesen a generar señales durante la recepción de una señal que ha pasado por la trayectoria de flujo, la señal del generador puede interferir con la misma.

Para obtener también ventajas adicionales, el medidor de flujo preferentemente comprende también:

50 - medios para generar una primera señal de referencia,

- medios para generar una segunda señal de referencia,

comprendiendo los medios de derivación:

55 - medios para derivar un primer valor o señal derivado en base a la primera señal de referencia y a una primera señal eléctrica generada por los medios de recepción y que está relacionada con una señal ultrasónica, que se basa en una primera señal de entrada y que se transmite posteriormente a la generación de la primera señal eléctrica y en una primera de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo del paso de flujo, y

60 - medios para derivar un segundo valor o señal derivado en base a la segunda señal de referencia y a una segunda señal eléctrica generada por los medios de recepción y que está relacionada con una señal ultrasónica, que se basa en una segunda señal de entrada y que se transmite en una segunda de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de la trayectoria de flujo, siendo la segunda dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección,

65 donde los medios de cálculo o determinación están adaptados para calcular o determinar un caudal del medio que fluye por el paso de flujo, basada en los valores o señales derivados primero o segundo y basada en una relación conocida entre las frecuencias y/o fases de las referencias primera y segunda y/o basada en una relación conocida entre las frecuencias y/o fases de las señales de entrada primera y segunda.

## ES 2 289 758 T3

También el medidor de flujo comprende preferentemente medios para derivar cada una de las señales de referencia primera y segunda y/o cada una de las señales de entrada primera o segunda en base a una o más de las señales eléctricas generadas por los medios de recepción y relacionadas con señales ultrasónicas transmitidas en una o más de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de la trayectoria de flujo.

Así, en lugar de usar la señal de entrada para los transductores como señal de referencia, se proporcionan otras señales de referencia. En esta situación, las señales de referencia pueden estar provistas de una diferencia de fase máxima inferior posible para la señal eléctrica, o las señales de entrada se pueden alterar para que esta diferencia de fase sea inferior. Además, se pueden proporcionar dos señales de referencia: una para cada dirección.

En el presente contexto, la diferencia de fase entre dos señales no presentes en el punto en el tiempo en cuestión significará la diferencia de fase entre las mismas en el punto en el tiempo si ambas señales fuesen mantenidas o extrapoladas en el tiempo sin frecuencia y fase alteradas al menos hasta el punto en el tiempo existente.

Según este aspecto de la invención, la pérdida máxima de área dinámica se puede reducir por ejemplo adaptando las señales de entrada a señales de referencia fijas o bien adaptando las señales de referencia a señales de entrada fijas.

Se debería observar que puede ser ventajoso realizar las mediciones en las diferentes direcciones con señales ultrasónicas que tengan diferentes frecuencias. Esto se puede realizar usando los mismos transductores o transductores diferentes dependiendo de si este cambio de frecuencia causará problemas en el uso de los mismos transductores.

Naturalmente, las dos señales de referencia pueden ser idénticas, siempre y cuando ellas o bien las señales de entrada sean derivadas en base a una o más de las señales eléctricas generadas por los medios de recepción.

Los medios para generar la primera señal de referencia se pueden adaptar para generar la primera señal de referencia con una frecuencia que sea un número entero de veces una frecuencia de la segunda señal de referencia, o bien para generar la segunda señal de referencia con una frecuencia que sea un número entero de veces una frecuencia de la primera señal de referencia.

Alternativamente, los medios para generar las señales de referencia primera y segunda se pueden adaptar para generar las señales de referencia primera y segunda con frecuencias sustancialmente idénticas, como con una diferencia de fase conocida.

Los medios para generar las señales de referencia primera y segunda se pueden adaptar para generar señales de referencia primera y segunda sustancialmente idénticas.

Como es usual en la técnica, los medios de generación de ultrasonidos están adaptados preferentemente para generar señales ultrasónicas como una respuesta a una señal de entrada donde la frecuencia de la señal ultrasónica es sustancialmente igual a una frecuencia de la señal de entrada. En esta situación, el medidor de flujo también comprende preferentemente medios para generar señales de entrada para los medios de generación de ultrasonidos. Estos medios se pueden adaptar para generar alternativamente señales de entrada para los medios de generación de ultrasonidos individuales.

Para poder utilizar una medición de diferencia de fase, los medios para generar la primera señal de referencia están adaptados preferentemente para generar la primera señal de referencia que tiene una frecuencia sustancialmente igual a una frecuencia de la primera señal eléctrica, y los medios para generar la segunda señal de referencia están adaptados preferentemente para generar la segunda señal de referencia que tiene una frecuencia sustancialmente igual a una frecuencia de la segunda señal eléctrica.

En esta situación los medios para derivar el valor o señal derivado primero y segundo están adaptados preferentemente para generar un primer valor o señal derivado relativo a una diferencia de fase entre la primera señal eléctrica y la primera señal de referencia y un segundo valor o señal derivado relativo a una diferencia de fase entre la segunda señal eléctrica y la segunda señal de referencia, para que los medios de cálculo o determinación se puedan adaptar para calcular o determinar un valor de la tasa de flujo medido del medio en el paso de flujo sustrayendo los valores o señales derivados primero y segundo y multiplicando un valor resultante por un parámetro predeterminado.

Además, el medidor de flujo puede comprender medios para proporcionar una o más señales candidatas que tengan sustancialmente la misma frecuencia o que tengan un número de frecuencias diferentes, como un número de señales candidatas que tengan sustancialmente la misma frecuencia, al menos parte de las cuales tiene diferentes fases.

Estas señales candidatas son candidatas para las señales de referencia. La ventaja de esta característica es el hecho de que las señales de referencia no necesitan realmente ser generadas, simplemente seleccionadas de las señales candidatas. En esa situación, los medios para generar la primera señal de referencia se pueden adaptar para generar la primera señal de referencia seleccionando una de las señales candidatas.

Como se ha descrito anteriormente, un objeto de la invención es la reducción de la "pérdida de tiempo" y el siguiente aumento del área dinámica del instrumento reduciendo la máxima diferencia de fase entre la señal recibida y la señal de referencia. Por lo tanto, los medios para generar la primera señal de referencia están adaptados preferente-

## ES 2 289 758 T3

mente para seleccionar una señal candidata generada o recibida que tiene una fase correspondiente a la de la primera señal eléctrica.

5 En el presente contexto, una fase “correspondiente a” puede significar la fase que sea la más cercana a la fase de la primera señal eléctrica, la que sea la menos retrasada en relación a la primera señal eléctrica, o la que en relación a la cual la primera señal eléctrica es la menos retrasada.

10 Se puede usar un número de formas de señal en medidores de flujo del presente tipo. Así, en un ejemplo, los medios para generar las señales de entrada, los medios para generar las señales de referencia y los medios para proporcionar las señales candidatas pueden comprender medios para generar o proporcionar señales de onda cuadrada que cambien alternativamente entre su valor inferior y su valor superior.

15 En esta situación, los medios para generar la primera señal de referencia se pueden adaptar para seleccionar la de las señales candidatas que, comenzando en un punto en el tiempo donde la primera señal eléctrica cambia de su valor inferior a su valor superior, sea la próxima de las señales candidatas que cambie de su valor inferior a su valor superior.

20 En otro ejemplo, los medios para generar las señales de entrada, los medios para generar las señales de referencia y los medios para proporcionar las señales candidatas pueden comprender medios para generar o proporcionar señales que tengan máximos y mínimos bien definidos y que cambien alternativamente entre los mismos.

En esa situación, los medios para generar la primera señal de referencia se pueden adaptar para seleccionar la de las señales candidatas que, comenzando en un punto en el tiempo donde la primera señal eléctrica alcanza un máximo o un mínimo, sea la próxima de las señales candidatas que alcance su máximo o mínimo.

25 En lugar de o además de generar o proporcionar un número de señales candidatas, el medidor de flujo puede comprender medios para proporcionar una señal de alta frecuencia que tenga una frecuencia sustancialmente más alta que la de la primera señal eléctrica, y los medios para generar la primera señal de referencia se pueden adaptar para generar la primera señal de referencia en base a la señal de alta frecuencia.

30 En esta situación, los medios para proporcionar la señal de alta frecuencia se pueden adaptar para proporcionar una señal de alta frecuencia que tenga una frecuencia que sea sustancialmente un número entero de veces una frecuencia de la primera señal eléctrica, y los medios para generar la primera señal de referencia pueden comprender un medio de división de frecuencias para recibir la señal de alta frecuencia y para enviar la primera señal de referencia que tiene una frecuencia sustancialmente igual a la de la primera señal eléctrica.

35 De nuevo, en un primer ejemplo los medios para generar las señales de entrada, los medios para generar las señales de referencia y los medios para proporcionar la señal de alta frecuencia se pueden adaptar para generar o proporcionar señales de onda cuadrada que cambien alternativamente entre su valor inferior y su valor superior.

40 Si los medios de división de frecuencias están adaptados para generar no sólo una señal única sino un número de señales candidatas de la señal de alta frecuencia, los medios para generar las señales de referencia primera y segunda pueden comprender medios para seleccionar la de las señales candidatas que, comenzando en un punto en el tiempo donde la primera señal eléctrica cambia de su valor inferior a su valor superior, sea la próxima de las señales candidatas que cambie de su valor inferior a su valor superior o viceversa.

45 En otro ejemplo, los medios para generar las señales de entrada, los medios para generar las señales de referencia y los medios para proporcionar la señal de alta frecuencia comprenden medios para generar o proporcionar señales que tienen máximos y mínimos bien definidos y que cambian alternativamente entre los mismos.

50 Naturalmente, los medios de división de frecuencias se pueden adaptar para generar no sólo una señal única sino un número de señales candidatas de la señal de alta frecuencia.

55 En el otro ejemplo, los medios para generar las señales de referencia primera y segunda se pueden adaptar para seleccionar la de las señales candidatas que, comenzando en un punto en el tiempo dado en el que la primera señal eléctrica alcanza un máximo o un mínimo, sea la próxima de las señales candidatas que alcance su máximo o mínimo o viceversa.

Al menos uno de los medios de generación de ultrasonidos comprende preferentemente:

60 - una entrada para recibir señales de entrada,

- un elemento de generación de ultrasonidos, como un elemento piezoeléctrico, para recibir las señales de entrada y para generar señales ultrasónicas como corresponda,

65 - medios para transferir las señales de entrada desde la entrada hasta el elemento de generación de ultrasonidos, comprendiendo los medios de transferencia un elemento de conducción flexible, como una pieza elástica, que está polarizado contra el elemento de generación de ultrasonidos para proporcionar contacto eléctrico entre la entrada y el elemento de generación de ultrasonidos.

## ES 2 289 758 T3

Una de las ventajas de esta forma de realización es el hecho de que se requiere que los lugares de soldadura típicos de las interconexiones eléctricas al elemento de generación de ultrasonidos sean tanto pequeños como resistentes. Se debería recordar que este elemento típicamente vibra a una frecuencia del orden de 1 MHz y que un lugar de soldadura demasiado grande puede afectar a la vibración del mismo. Por lo tanto, proporcionar esta polarización sin proporcionar el elemento de generación de ultrasonidos con peso adicional proporciona un transductor más ventajoso.

En un segundo aspecto, la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 18 para operar el medidor de flujo del primer aspecto de la invención en el que los medios generadores están adaptados para conectarse y desconectarse sin que se altere a ningún grado sustancial ninguna impedancia de salida de los mismos. Este procedimiento comprende:

(1)- conexión de los medios generadores,

(2)- abertura del segundo medio de conmutación y cierre del primer medio de conmutación de modo que se genere, usando el primer medio de generación de ultrasonidos, una primera señal ultrasónica que se propague en una primera dirección a lo largo del paso de flujo,

(3)- desconexión de los medios de generación, abertura del primer medio de conmutación, y cierre del segundo medio de conmutación,

(4)- recepción, usando el segundo medio de generación de ultrasonidos, de la primera señal ultrasónica que ha pasado por dicha parte del paso de flujo y generación de una primera señal eléctrica relacionada,

(5)- transmisión de la primera señal eléctrica relacionada generada a los medios de derivación,

(6)- derivación en los medios de derivación de un primer valor o señal derivado relativo a la primera señal eléctrica relacionada generada,

(7)- conexión de los medios generadores,

(8)- abertura del primer medio de conmutación y cierre del segundo medio de conmutación de modo que se genere, usando el segundo medio de generación de ultrasonidos, una segunda señal ultrasónica que se propague en una segunda dirección a lo largo del paso de flujo, siendo la segunda dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección,

(9)- desconexión de los medios de generación, abertura del segundo medio de conmutación, y cierre del primer medio de conmutación,

(10)- recepción, usando el primer medio de generación de ultrasonidos, de la segunda señal ultrasónica que ha pasado por dicha parte del paso de flujo y generación de una segunda señal eléctrica relacionada,

(11)- transmisión de la segunda señal eléctrica relacionada generada los medios de derivación,

(12)- derivación en los medios de derivación de un segundo valor o señal derivado relativo a la segunda señal eléctrica relacionada generada,

(13)- cálculo o determinación, basándose en los valores o señales derivados primero y segundo y usando los medios de cálculo o determinación, de una tasa de flujo del medio que fluye por el paso de flujo.

Para obtener ventajas adicionales, el procedimiento preferentemente comprende además:

- antes de la etapa (6), la generación de una primera señal de referencia,

- la etapa de derivación (6) que comprende la comparación de la primera señal eléctrica y la primera señal de referencia y la derivación de un primer valor o señal derivado a partir de la comparación,

- antes de la etapa (12), la generación de una segunda señal de referencia,

- la etapa de derivación (12) que comprende la comparación de la segunda señal eléctrica y la segunda señal de referencia y la determinación de un segundo valor o señal derivado a partir de la comparación,

- la etapa de cálculo o determinación (13) que comprende el cálculo o determinación de un valor de la tasa de flujo medido del medio en el paso de flujo a partir de los valores o señales derivados primero y segundo y a partir de una relación conocida entre una frecuencia y/o fase de las señales de referencia primera y segunda y/o a partir de una relación conocida entre una frecuencia y/o fase de las señales de referencia primera y segunda.

Como se ha descrito anteriormente, la primera señal de referencia puede tener una frecuencia que sea un número entero de veces la de la segunda señal de referencia, la segunda señal de referencia puede tener una frecuencia que sea un número entero de veces la de la primera señal de referencia, o las señales de referencia primera y segunda pueden

## ES 2 289 758 T3

tener frecuencias sustancialmente iguales. En la última situación, se conoce preferentemente una diferencia de fase entre las señales de referencia primera y segunda. Preferentemente, las señales de referencia primera y segunda son sustancialmente idénticas.

5 Normalmente, cada medio de generación de ultrasonidos genera señales ultrasónicas como una respuesta a una señal de entrada y en el que una frecuencia de la señal ultrasónica corresponde a una frecuencia de la señal de entrada.

Típicamente, las señales de entrada para los medios de generación de ultrasonidos individuales se generan alternativamente.

10 Para poder usar un procedimiento de detección de diferencia de fase, la primera señal de referencia se genera preferentemente teniendo una frecuencia sustancialmente igual a una frecuencia de la primera señal eléctrica, y la segunda señal de referencia se genera preferentemente teniendo una frecuencia sustancialmente igual a una frecuencia de la segunda señal eléctrica.

15 En esa situación, el primer valor o señal derivado se refiere preferentemente a una diferencia de fase entre la primera señal eléctrica y el primer valor de referencia, y el segundo valor o señal derivado se refiere preferentemente a una diferencia de fase entre la segunda señal eléctrica y el segundo valor de referencia.

20 En esa situación, el valor de la tasa de flujo medido del medio en el paso de flujo puede ser calculado o determinado sustrayendo los valores o señales derivados primero y segundo y multiplicando un valor resultante por un parámetro predeterminado.

25 Como se ha descrito anteriormente, se puede proporcionar una o más señales candidatas que tengan sustancialmente la misma frecuencia o un número de frecuencias diferentes. Un número de las señales candidatas puede tener sustancialmente la misma frecuencia y de las cuales al menos algunas tienen fases diferentes.

Entonces, la primera señal de referencia se puede seleccionar como una de las señales candidatas recibidas, como la señal candidata que tiene una fase y una frecuencia correspondientes a las de la primera señal eléctrica.

30 En un ejemplo, las señales de entrada, las señales de referencia y las señales candidatas son sustancialmente señales de onda cuadrada que cambian alternativamente entre su valor inferior y su valor superior.

35 En ese ejemplo, la señal candidata seleccionada puede ser la que, comenzando en un punto en el tiempo donde la primera señal eléctrica cambia de su valor inferior a su valor superior, sea la próxima de las señales candidatas que cambie de su valor inferior a su valor superior o viceversa.

40 En otro ejemplo, las señales de entrada, las señales de referencia y las señales candidatas pueden tener máximos y mínimos bien definidos y cambiar alternativamente entre los mismos, por lo que la señal candidata seleccionada puede ser la que, comenzando en un punto en el tiempo en el que la primera señal eléctrica alcanza un máximo o un mínimo, sea la próxima de las señales candidatas que alcance su máximo o mínimo o viceversa.

45 Además de o alternativamente a la provisión de las señales candidatas, se puede proporcionar una señal de alta frecuencia que tenga una frecuencia sustancialmente más alta que la de la primera señal eléctrica, y la primera señal de referencia se puede generar en base a la señal de alta frecuencia.

50 Así, la señal de alta frecuencia puede tener una alta frecuencia que sea sustancialmente un número entero de veces la de la primera señal eléctrica, y la primera señal de referencia se puede generar por la división de frecuencias de la señal de alta frecuencia.

En un primer ejemplo, las señales de entrada, las señales de referencia y la señal de alta frecuencia pueden ser sustancialmente señales de onda cuadrada que cambian alternativamente entre su valor inferior y su valor superior.

55 De hecho, se puede desear que un número de señales candidatas se pueda generar de la señal de alta frecuencia.

En el primer ejemplo, la señal candidata seleccionada puede ser la que, comenzando en un punto en el tiempo donde la primera señal eléctrica cambia de su valor inferior a su valor superior, sea la próxima de las señales candidatas que cambie de su valor inferior a su valor superior o viceversa.

60 En otro ejemplo, las señales de entrada, las señales de referencia y la señal de alta frecuencia pueden tener máximos y mínimos bien definidos y cambiar alternativamente entre los mismos.

65 Un número de señales candidatas se puede generar de la señal de alta frecuencia, y la señal candidata seleccionada puede ser la que, comenzando en un punto en el tiempo en el que la primera señal eléctrica alcanza un máximo o un mínimo, sea la próxima de las señales candidatas que alcance su máximo o mínimo o viceversa.

A continuación, una forma de realización preferida de un medidor de flujo que incorpora ambos aspectos de la invención se describirá con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

## ES 2 289 758 T3

la fig. 1 ilustra, en la forma de un diagrama de bloques, la configuración electrónica del medidor de flujo preferido y

la fig. 2 es una vista en sección transversal a través de un transductor preferido para su uso en la presente invención.

En la Fig. 1, el medidor de flujo 2 comprende un oscilador de alta frecuencia 4 que genera una señal de onda cuadrada de 4 MHz que se suministra al microprocesador 6. En el microprocesador 6, la señal de alta frecuencia es la frecuencia dividida en una señal de 1 MHz que se transfiere a una de las dos entradas de una puerta NO-O 8. Además de la señal de 1 MHz, el microprocesador también genera una señal de comienzo/parada suministrada a la otra entrada de la puerta 8 de modo que controle la salida de la puerta 8. Cuando la señal de comienzo/parada es baja, la señal de 1 MHz es transferida por la puerta 8 a un filtro de paso alto 10, que elimina cualquier componente de CC enviado desde la puerta 8.

Cuando la señal de comienzo/parada del microprocesador es alta, la puerta 8 enviará una señal baja constante y bloqueará de ese modo la señal de 1 MHz.

Para generar las señales ultrasónicas y recibir éstas en el paso de flujo (no ilustrado), dos transductores ultrasónicos 12 y 14 son posicionados en el paso de flujo (no ilustrado) de manera que puedan generar señales ultrasónicas directamente el uno hacia el otro. Además, los transductores 12 y 14 pueden funcionar como receptores ultrasónicos. Los transductores de este tipo han sido conocidos durante mucho tiempo en la técnica anterior.

Antes de suministrar la salida del filtro de paso alto 10 a uno de los transductores 12 o 14, la señal es transmitida por un resistor 16. Los conmutadores 18 y 20 son controlados por el microprocesador 6, por los que se puede seleccionar cuál de los transductores 12 o 14 debería recibir la señal enviada desde el resistor 16 y actuar de ese modo como un transmisor de señales ultrasónicas.

En la presente forma de realización, los conmutadores 18 y 20 serán operados de manera que sólo un transductor 12 o 14 actúe como transmisor en un punto en el tiempo dado. Como se ha descrito anteriormente, esto reducirá o eliminará totalmente el problema causado por las reflexiones de señales ultrasónicas emitidas desde el transductor y reflejadas en la proximidad del mismo de modo que vuelva cuando el mismo transductor vaya a actuar como receptor.

Los conmutadores 18 y 20 son operados de manera que sólo uno, 18 o 20, se cierre cada vez, para que el transductor correspondiente 12 o 14, respectivamente, actúe como generador de ultrasonidos cuando reciba una señal emitida desde el resistor 16.

Habiendo lanzado, usando el transductor 12, señales ultrasónicas al paso de flujo (no ilustrado), el conmutador 18, que está cerrado durante la generación de las señales ultrasónicas, se abrirá y el otro conmutador 20 se cerrará a tiempo antes que las señales ultrasónicas sean recibidas por el otro transductor 14 - y viceversa. Las señales eléctricas correspondientes generadas por el transductor 14 son transferidas posteriormente por el conmutador 20 cerrado a un conductor eléctrico 22 que interconecta los medios generadores (constituidos por el oscilador 4, el microprocesador 6, la puerta 8, el filtro 10 y el resistor 16) a un medio de circuito electrónico adaptado para recibir las señales eléctricas y para calcular o determinar finalmente un valor de flujo medido del medio en el paso de flujo (no ilustrado).

En la presente forma de realización, la señal eléctrica recibida generada por el transductor que recibe las señales ultrasónicas son introducidas en una entrada de un detector de fase 32 para detectar la diferencia de fase entre la señal eléctrica recibida y una señal de referencia introducida en otra entrada del detector de fase 32.

Además, las señales recibidas son suministradas a un circuito de sincronización 28 que también recibe la señal de onda cuadrada de 4 MHz del oscilador 4 y una señal de comienzo/parada del microprocesador 6. La operación del circuito 28 es para generar, de la señal de 4 MHz, una señal de 1 MHz (por división de frecuencias) correspondiente a la de las señales de 1 MHz derivables de la señal de 4 MHz que tienen una fase correspondiente a la mejor de la señal de 1 MHz enviada desde el transductor de recepción 12 o 14.

En la presente forma de realización, la división de frecuencias realizada en el circuito 28 se sincroniza seleccionando la primera pestaña de bajo a alto de la señal de 4 MHz que sigue a una pestaña de bajo a alto de la señal recibida. Habiendo determinado qué porciones de pestaña de la señal de 4 MHz deberían corresponder a las porciones de pestaña de la señal de referencia de 1 MHz deseada, se puede utilizar una división de frecuencias estándar. La división de frecuencias que sigue entonces se realiza fácilmente, ya que las pestañas de la señal de 4 MHz se pueden usar para determinar las de la señal de 1 MHz. La generación de la señal de 1 MHz resultante puede estar provista de puertas digitales electrónicas bastante simples.

La selección existente de estas porciones de pestaña y de ese modo la sincronización del circuito 28 se realiza por el microprocesador 6.

La señal de referencia de 1 MHz generada por el circuito 28 es transferida a un circuito de control 30 que también recibe una señal del microprocesador 6. La señal del microprocesador 6 se refiere al número de impulsos que se usarán en el circuito detector de fase 32 cuando detecte la diferencia de fase entre la señal de referencia de 1 MHz generada en el circuito 28 y la señal recibida.

## ES 2 289 758 T3

El circuito 30 proporciona una señal de reinicio para el detector de fase 32 para reiniciar el detector de fase 32 cuando se haya usado el número de impulsos deseado en el detector 32.

Una medición preferida de un flujo de un medio se lleva a cabo como sigue:

5

Para determinar la señal de referencia que se va a usar en dos mediciones estándares (una señal con señales ultrasónicas que se desplazan aguas abajo y una con señales ultrasónicas que se desplazan aguas arriba), se realiza una primera medición donde el microprocesador 6 comienza la división de frecuencias de la señal de 4 MHz del oscilador 4 y transmite la señal de 1 MHz a la puerta NO-O 8. Posteriormente, la señal de comienzo/parada transmitida también desde el microprocesador 6 hasta la puerta NO-O 8 es cambiada de alta a baja para que la señal de 1 MHz del microprocesador 6 se transmita por la puerta 8, el filtro 10 y el resistor 16 hasta el transductor 12 posicionado aguas abajo en el paso de flujo (no ilustrado) en relación al transductor 14. Naturalmente, el conmutador 18 se cierra para que el transductor 14 envíe la señal ultrasónica. Un pequeño periodo de tiempo después, pero antes de que la señal ultrasónica haya alcanzado el transductor 14, la puerta 8 es ajustada para bloquear la señal del microprocesador 6, el microprocesador 6 deja de dividir la señal del generador 4, el conmutador 18 se abre y el conmutador 20 se cierra para que el transductor 14 actúe como receptor. La señal recibida generada por el transductor 14 cuando recibe la señal ultrasónica es transmitida al conductor eléctrico 22 y a una entrada del detector de fase 32. Simultáneamente, la señal eléctrica es transmitida a través del conductor eléctrico 22 al circuito de sincronización 28 en el que se realiza la determinación y generación anteriormente mencionadas de la señal de referencia. Posteriormente, se mantiene la generación de la señal de referencia para su uso en las dos mediciones "reales" siguientes.

Se debería observar que los resultados del detector de fase 32, el amplificador de impulsos 36 y el microprocesador 6 no se usan en esta conexión, ya que no se ha realizado ninguna medición.

25 Con posterioridad a esta medición preliminar, se pueden realizar las dos mediciones estándares en las que los transductores 12 y 14 reciben alternativamente la señal de 1 MHz por la puerta 8, el filtro 10 y el resistor 16 y donde el otro transductor 14 o 12 recibe la señal, la transmite al detector de fase 32, y donde el microprocesador 6 ordena simultáneamente al circuito 30 que transmita un número predeterminado de impulsos, como 12 impulsos, de la señal de referencia generada en el circuito 28 al detector de fase 32 y la información relativa a este número de impulsos al microprocesador (no ilustrado).

35 En el detector de fase 32, los 12 impulsos del circuito 30 están correlacionados con el mismo número de impulsos en la señal recibida del conductor eléctrico 22, y el detector de fase 32 envía 12 impulsos, cada uno correspondiente a la diferencia de fase entre cada uno de los impulsos correspondientes de la señal de referencia y de la señal recibida. Los impulsos generados por el detector de fase 32 son transmitidos al amplificador de impulsos 36, como lo que se ha descrito en el modelo de utilidad danés número 9400101, en el que se genera un único impulso que tiene una anchura que es 1000 veces la anchura acumulada de los doce impulsos generados por el detector de fase 32. Este impulso resultante es transferido al microprocesador 6 para la determinación final del flujo del medio.

40 Con posterioridad a esta medición, el microprocesador 6 comienza de nuevo la división de frecuencias de la señal del oscilador 4 y se ordena a la puerta 8 que transmita de nuevo la señal por el filtro 10, el resistor 16 y esta vez al transductor 14 por el conmutador 20 cerrado. Como se ha descrito anteriormente, los conmutadores cambian de nuevo, el microprocesador 6 detiene la división de frecuencias, se ordena a la puerta 8 que bloquee cualquier señal, el transductor 12 actúa ahora como receptor, y, finalmente, el amplificador de impulsos 36 genera un nuevo impulso que de nuevo es mil veces más ancho que la anchura acumulada de los doce impulsos generados por el detector de fase 32.

50 En el microprocesador 6, se determina y se sustrae la anchura de los dos impulsos generados por el amplificador de impulsos 36. El resultado de esta sustracción es una medida que se refiere directamente a la diferencia de tiempo de transmisión entre las dos señales ultrasónicas que se desplazan en el medio, y así a la velocidad del flujo del medio. Conociendo las dimensiones del paso de flujo, como por ejemplo un tubo en el que fluye el medio, las matemáticas estándares resultarán en una medida del flujo del medio.

55 En este cálculo, naturalmente, se requiere información relativa al número de impulsos usados en el detector de fase 32 y el amplificador de impulsos 36 para obtener un valor correcto del flujo. Como se ha descrito anteriormente, esta información es proporcionada por el circuito 30 y transmitida al microprocesador 6.

60 Ya que las señales enviadas desde el transductor de recepción no es una señal cuadrada sino más como una señal de forma sinusoidal, se introduce preferentemente un comparador 24 para generar una señal cuadrada de la señal de forma sinusoidal. El comparador 24 recibe un voltaje de referencia que define el límite entre los valores inferior y superior de la señal cuadrada. Preferentemente, este voltaje de referencia es 0.

65 Para poder calibrar el presente sistema, actualmente se prefiere introducir, en los medios de recepción a través de un sumador 26, un impulso único que tenga una anchura predeterminada. La transmisión de este impulso por el detector de fase 32 y el amplificador de impulsos 36 resultaría en un impulso que tendría una anchura dada. En base a la relación entre la anchura predeterminada y la anchura resultante del impulso del amplificador de impulsos 36, se puede calibrar el sistema.

## ES 2 289 758 T3

Se debería observar que el uso del impulso de calibración y el elemento eléctrico 26 no son cruciales para el funcionamiento del presente instrumento. Para realizar simplemente mediciones de valores de flujo, se puede introducir el conductor eléctrico directamente en una entrada del detector 32.

5 Como es bien conocido, la temperatura del medidor de flujo y del medio interactúa firmemente con las mediciones de este tipo. Por lo tanto, actualmente se prefiere usar también al menos parte de este medidor de flujo para realizar mediciones de temperatura. En la actualidad, una medición de temperatura se realiza usando un sensor de temperatura 38 que comprende un resistor PTC (no mostrado) que tiene una característica de temperatura positiva (es decir un aumento de resistencia para aumentar la temperatura) y un condensador (no mostrado). La generación de un impulso cuadrado sobre el resistor (no mostrado) y el condensador (no mostrado) resultaría en una des/carga del condensador 10 (no mostrado) dependiendo de la resistencia del resistor y de ese modo de la temperatura.

Este impulso resultante es transformado posteriormente en un impulso cuadrado por medios estándares (no mostrados) y transmitido al amplificador de impulsos 36 y de ese modo al microprocesador 6, donde la temperatura se puede 15 determinar a partir de la anchura del impulso y en base a una calibración estándar. Posteriormente, esta medición de temperatura puede tomar parte en las mediciones como se conoce *de por sí*.

Se debería observar que, naturalmente, no se puede realizar una medición de temperatura al mismo tiempo que se realiza una medición de flujo. La introducción del impulso cuadrado resultante en el amplificador de impulsos 36 se 20 puede proporcionar incorporando una puerta lógica 34, como un sumador, entre el detector de fase 32 y el amplificador de impulsos 36. El control de esta puerta 34 decidirá qué señal de la de los medios de medición de temperatura 38 y la del detector de fase 32 va a pasar al amplificador de impulsos 36.

La presente configuración ofrece un número de ventajas especialmente debido al hecho de que, al contrario que lo 25 anteriormente mencionado, las mediciones aguas arriba y aguas abajo pueden suponer el uso de diferentes señales de referencia. Proporcionándose dos circuitos 28 que comprenden las mismas entradas, se puede usar un circuito 28 para determinar y generar la señal de referencia para la medición aguas arriba y el otro para la medición aguas abajo. En la forma de realización anterior, se describe cómo se divide una señal de 4 MHz en una señal de 1 MHz. Naturalmente, cuatro señales de 1 MHz se derivan fácilmente de las señales de 4 MHz de manera que las señales de 1 MHz tengan 30 diferentes fases. En la forma de realización corregida que usa dos señales de referencia, los circuitos de sincronización 28 pueden comprender además medios para no sólo generar la señal de referencia que tiene una fase correspondiente a la de la señal recibida generada por el transductor de recepción, sino que también pueden comprender medios para identificar cuál de las anteriores por ejemplo cuatro señales de 1 MHz posibles obtenibles de la señal de 4 MHz se usa realmente como la señal de referencia para las mediciones aguas arriba y aguas abajo, respectivamente.

35 En base a los impulsos generados por el amplificador de impulsos 36 y la información relativa a la diferencia de fase entre las dos referencias usadas, se puede obtener fácilmente una medición de flujo.

La ventaja de esta forma de realización corregida es que la diferencia de fase entre las señales recibidas y las 40 señales de referencia puede ser menor, por lo que las demandas en cuanto al margen dinámico del amplificador de impulsos 36 se pueden reducir.

El margen dinámico del detector está limitado al máximo  $2n$  menos la máxima diferencia de fase posible entre la señal recibida del transductor de recepción y la señal de referencia elegida (en el ejemplo anterior  $n/2$ ). Este margen 45 se puede extender si la máxima diferencia de fase se puede reducir. Esta máxima diferencia de fase se puede reducir a  $n/4$  invirtiendo la señal de 4 MHz transmitida al procesador 6, por lo que la señal suministrada al transductor de transmisión se cambia de fase a  $n/4$ . La inversión de esta señal se puede realizar mediante por ejemplo una operación O exclusiva simple. Esta reducción de la máxima diferencia de fase se puede obtener, habiéndose determinado la señal de referencia, determinando la diferencia de fase. Si esta diferencia de fase es mayor que  $n/4$ , la señal de 4 MHz es 50 invertida, a partir de lo cual se puede realizar una nueva medición que lleva a una diferencia de fase máxima inferior y, como consecuencia, a un área dinámica mayor del detector.

En una forma de realización alternativa, la señal de referencia puede ser predeterminada y no alterada durante una medición. Entonces se puede realizar una adaptación de la diferencia de fase únicamente adaptando la fase de la 55 señal de 1 MHz enviada desde el procesador 6. Naturalmente, esta señal se puede generar de la misma manera que se describe realizada en la electrónica 28 así como invertida como se ha descrito anteriormente. De esta manera, se pueden obtener las mismas ventajas que las anteriormente mencionadas.

Otra ventaja proporcionada por las configuraciones de este tipo es el hecho de que la frecuencia de las señales 60 ultrasónicas se puede cambiar de forma relativamente fácil cambiando la frecuencia del oscilador 4, y, naturalmente, cambiando la operación y el cronometraje del microprocesador 6.

Una limitación con medidores de flujo de frecuencia fija es el hecho de que estos instrumentos sólo con grandes dificultades pueden medir diferencias de fase mayores de  $2n$ . Esto significa que las diferencias de tiempo de transmisión 65 en las dos direcciones mayores de  $1 \mu s$  para señales de 1 MHz típicamente pueden no ser medidas, simplemente porque el sistema no puede determinar si hay un flujo muy pequeño o si el flujo es muy grande. Este problema puede ser evitado reduciendo la frecuencia del oscilador 4, como a 2 MHz. Esto, usando la división de frecuencias anteriormente mencionada en un factor de cuatro en los circuitos 28 y 6, causará que los transductores 12 y 14 emitan y detecten

## ES 2 289 758 T3

señales de 500 MHz. Esto de nuevo significa que el sistema ahora puede manejar diferencias de tiempo de transmisión de hasta  $2 \mu\text{s}$ . Por lo tanto, este cambio de la frecuencia aumentaría el área dinámica del medidor de flujo completo.

Además, en una forma de realización alternativa, la medición aguas arriba y aguas abajo se puede realizar con diferentes frecuencias. Esto puede necesitar el uso de diferentes transductores para estas mediciones. Esto, sin embargo, no se considera un problema, ya que más de dos transductores se pueden proporcionar fácilmente en el conductor eléctrico 22 mientras que aún así se obtengan las ventajas de la invención.

Otra ventaja de la configuración de los transductores 12 y 14, el conductor eléctrico 22 y los conmutadores 18 y 20 es el hecho de que la impedancia de la configuración es la misma cuando un conmutador dado está abierto y el otro cerrado - es decir - independientemente de si el transductor operativo actúa como transductor o detector. En este tipo de configuración, se compensa automáticamente cualquier variación de impedancia en el transductor. Por lo tanto, se pueden plantear demandas menos estrictas al transductor.

Volviendo ahora a la Fig. 2, se ilustra una vista en sección transversal de un transductor preferido para su uso en el presente sistema.

La provisión de contactos eléctricos al elemento vibratorio, típicamente un elemento piezoeléctrico, del transductor ha sido problemática durante mucho tiempo porque el elemento es típicamente un material cerámico y debería poder vibrar, por lo que por ejemplo la soldadura no se realiza fácilmente. En elementos típicos de este tipo, se posicionará una soldadura cerca del centro del elemento. Esta soldadura se debería hacer bastante pequeña y aún así bastante resistente. La provisión de una soldadura demasiado grande proporcionará una masa adicional grande al elemento y por lo tanto influirá en la vibración del mismo.

Como es típico para los transductores, el transductor 50 de la Fig. 2 tiene un elemento vibratorio 52, como un elemento piezoeléctrico, contenido en un alojamiento 54 del transductor por una membrana de acero y una capa de adhesivo.

Como es típico, el elemento 52 comprende un primer electrodo 62 que consiste en una capa metálica sobre el lado 52' que apunta en sentido contrario al alojamiento 54 del transductor, sobre los bordes periféricos 52'' del elemento 52 y a lo largo de las partes periféricamente externas del lado 52''' del elemento 52 que apunta hacia el alojamiento 54 del transductor. Un segundo electrodo 64 consiste en una capa metálica que cubre las porciones centrales del lado 52'''.

Para proporcionar contactos eléctricos de la electrónica (como del filtro 16 en la Fig. 1) al elemento 52, se proporcionan piezas elásticas 58 y 60 en el alojamiento 54 y para entrar en contacto con los electrodos primero y segundo, respectivamente.

El uso de las piezas elásticas 58 y 60 en lugar de las interconexiones basadas en soldadura típica tiene la ventaja de que la fabricación del transductor 50 se hace más rápido y más barato. Estas interconexiones pueden, sin embargo, variar con el tiempo. Sin embargo, debido a la presente configuración, esta variación se compensa automáticamente.

De hecho, el uso de la presente configuración compensará diferentes cargas acústicas de los transductores como cargas causadas por variaciones de la presión del medio, causadas por variaciones en la manera en la que el elemento piezoeléctrico es contenido en el transductor, como variaciones de tensión creadas por diferentes coeficientes de dilatación de temperatura de los diferentes materiales en el mismo y debido a temperaturas variables del medio.

### **Ejemplo**

*Un procedimiento alternativo para determinar la diferencia de fase entre las señales eléctricas primera y segunda*

En lugar de proporcionar una o más señales usadas directamente como señales de referencia, se puede usar un procedimiento alternativo en el que se usa una señal de alta frecuencia para muestrear las señales eléctricas primera y segunda y para generar una señal de forma sinusoidal que se usará en la determinación de la diferencia de fase entre las señales primera y eléctrica.

En el presente Ejemplo, las señales eléctricas primera y segunda tienen preferentemente una frecuencia de 1 MHz y la señal de alta frecuencia un múltiplo de 1 MHz, como 10-40 MHz, preferentemente 16 MHz.

Usando esta señal de alta frecuencia para cronometrar el muestreo de una parte de la primera señal eléctrica, la información obtenida se puede usar en una determinación puramente digital de la diferencia de fase entre la primera señal eléctrica y una señal de referencia representada por la señal de alta frecuencia y el momento de comienzo del muestreo.

Esta determinación se puede realizar en un número de maneras, como usando una transformación de Fourier. Una transformación de Fourier genera un espectro de amplitud (como una función de frecuencia) y un espectro de fase (como una función de frecuencia) de la señal muestreada. Del espectro de fase, se puede derivar la fase relativa a una frecuencia de 1 MHz.

## ES 2 289 758 T3

5 Sin embargo, ya que sólo la información de 1 MHz en la señal muestreada es de interés (en el presente caso donde la primera señal eléctrica tiene una frecuencia de 1 MHz), se puede usar una DFT (Transformación discreta de Fourier). Este procedimiento es computacionalmente más ligero, ya que se puede hacer para generar sólo por ejemplo la información de fase de 1 MHz y no también una gran cantidad de información abundante (como haría la transformación de Fourier en esta situación).

10 Esta DFT ofrecerá información de fase relativa a 1) la señal muestreada y 2) una señal de 1 MHz representada por la señal de alta frecuencia y el momento de comienzo del muestreo. Si la señal de alta frecuencia es la misma (misma frecuencia) y el momento de comienzo es el mismo de medición a medición, las diferencias de fase obtenidas de las señales eléctricas primera y segunda se pueden sustraer para obtener una diferencia de fase entre estas señales.

15 Preferentemente, para asegurar que se elige el mismo punto de comienzo en todas las mediciones, éste se define a partir de la señal eléctrica que se va a muestrear. Así, una porción bien definida, como una porción que comienza con un máximo local, un mínimo local o un cruce por cero, es muestreada, almacenada y usada como la base para la determinación de la diferencia de fase.

20 Habiendo realizado esta determinación usando las señales eléctricas primera y segunda, las diferencias de fase determinadas (que se refieren a la misma "señal de referencia" aproximadamente) se pueden sustraer para obtener la diferencia de fase entre las señales eléctricas primera y segunda.

25 Así, como señales de referencia, se pueden usar no sólo señales estándares. También se pueden proporcionar señales del tipo anterior que realizan la misma tarea para proporcionar una referencia contra la que se puede determinar una diferencia de fase.

A continuación, se ofrece una manera de implementar la DFT preferida:

30 En primer lugar, esta señal de alta frecuencia se usa para cronometrar el muestreo de una parte de la primera señal eléctrica. Este muestreo se inicia en un punto de tiempo bien definido en relación a la señal eléctrica que se va a muestrear. Los valores muestreados son almacenados en una primera memoria adecuada.

En un segundo almacenamiento adecuado, se almacena un número de valores, como 16 valores que describen una curva de forma sinusoidal. Está claro que estos valores, si se leen continuamente del segundo medio de almacenamiento de manera cronometrada por la señal de 16 MHz generarán una señal correspondiente a una señal de 1 MHz.

35 Una correlación de fase entre las señales almacenadas en los medios de almacenamiento primero y segundo se puede determinar multiplicando los valores dos y dos (primer valor al primer valor, el segundo al segundo, etc. etc.), y finalmente sumando los valores obtenidos. El resultado final, ya que las frecuencias de las dos señales almacenadas son al menos aproximadamente las mismas, se referirá al solapamiento de las señales - y así al seno para su diferencia de fase - y a la amplitud de las señales.

40 La misma operación se realiza con la misma parte almacenada de la primera señal eléctrica y la señal almacenada en el primer medio de almacenamiento - pero esta vez la fase cambiada en  $\frac{1}{2}$  periodo. De esta operación, se obtiene un segundo valor relativo al coseno para el cambio de fase - y a la misma amplitud.

45 Los dos valores obtenidos se pueden usar ahora para eliminar la amplitud desconocida de las ecuaciones y separar y determinar el cambio de fase entre la señal representada entre la información en el primer medio de almacenamiento y la primera señal eléctrica.

50 Una operación similar se puede realizar en relación a la segunda señal eléctrica que puede ser muestreada y procesada de la misma manera usando la misma señal de alta frecuencia y la información en el primer medio de almacenamiento. De esta operación, se puede determinar una segunda diferencia de fase entre la señal representada entre la información en el primer medio de almacenamiento y la segunda señal eléctrica.

55 De estas dos diferencias de fase, se puede determinar la diferencia de fase entre las señales eléctricas primera y segunda - sin el uso directo de una o más señales de referencia.

60 Este procedimiento tiene la ventaja de que la electrónica analógica usada típicamente para determinar las diferencias de fase (que son típicamente muy pequeñas) se puede reemplazar por la electrónica digital que proporciona una mejor precisión.

65

REIVINDICACIONES

1. Un medidor de flujo (2) para medir el flujo de un medio por un paso de flujo definido en el mismo y que comprende

- al menos dos medios de generación de ultrasonidos (12, 14) para generar señales ultrasónicas basadas en señales de entrada suministradas a los mismos, para dirigir tales señales en direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de al menos parte del paso de flujo, y para recibir señales ultrasónicas que hayan pasado por dicha parte del paso de flujo y generar señales eléctricas relacionadas,

- medios generadores (4, 6, 8, 10, 16) que tienen una salida para enviar señales de entrada para los medios de generación de ultrasonidos,

- primeros medios para transmitir las señales de entrada desde la salida de los medios generadores hasta los medios de generación de ultrasonidos,

- medios de derivación (6) para derivar valores o señales basados en las señales eléctricas relacionadas, teniendo los medios de derivación una entrada dispuesta para recibir las señales eléctricas relacionadas,

- medios de cálculo o determinación (6) que están adaptados para calcular o determinar, basándose en valores o señales derivados, una tasa de flujo del medio que fluye por el paso de flujo, y

- segundos medios para transmitir las señales eléctricas relacionadas desde los medios de generación de ultrasonidos hasta la entrada de los medios de cálculo o determinación,

**caracterizado** porque los medios de transmisión primero y segundo comprenden:

- al menos un primer medio conductor eléctrico (22) que interconecta la salida de los medios generadores y la entrada de los medios de derivación,

- segundos medios conductores eléctricos (22) para interconectar eléctricamente cada medio de generación de ultrasonidos a al menos uno de los primeros medios conductores eléctricos, y

- para cada medio de generación de ultrasonidos (12, 14), al menos un medio de conmutación (18, 20) para permitir o evitar el flujo de corriente eléctrica entre el al menos un primer medio conductor eléctrico y los medios de generación de ultrasonidos existentes por los segundos medios conductores eléctricos que interconectan eléctricamente los medios de generación de ultrasonidos existentes con el al menos uno de los primeros medios conductores eléctricos.

2. Un medidor de flujo según la reivindicación 1, en el que los medios generadores están adaptados para conectarse y desconectarse sin que se altere a ningún grado sustancial ninguna impedancia de salida de los mismos.

3. Un medidor de flujo según la reivindicación 1 ó 2, que comprende adicionalmente:

- medios para generar (28) una primera señal de referencia,

- medios para generar (28) una segunda señal de referencia,

comprendiendo los medios de derivación:

- medios para derivar (6) un primer valor o señal derivado en base a la primera señal de referencia y a una primera señal eléctrica generada por los medios de recepción y que se refiere a una señal ultrasónica, que se basa en una primera señal de entrada y que se transmite en una primera de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo del paso de flujo, y

- medios para derivar (6) un segundo valor o señal derivado en base a la segunda señal de referencia y a una segunda señal eléctrica generada por los medios de recepción y que se refiere a una señal ultrasónica, que se basa en una segunda señal de entrada y que se transmite posteriormente a la generación de la primera señal eléctrica y en una segunda de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de la trayectoria de flujo, siendo la segunda dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección,

estando adaptados los medios de cálculo o determinación para calcular o determinar un caudal del medio que fluye por el paso de flujo, basada en los valores o señales derivados primero y segundo y basada en una relación conocida entre las frecuencias y/o fases de las referencias primera y segunda y/o basada en una relación conocida entre las frecuencias y/o fases de las señales de entrada primera y segunda.

4. Un medidor de flujo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además medios para derivar cada una de las señales de referencia primera y segunda y/o cada una de las señales de entrada primera o

## ES 2 289 758 T3

segunda en base a una o más de las señales eléctricas generadas por los medios de recepción y relacionadas con señales ultrasónicas transmitidas en una o más de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de la trayectoria de flujo.

5 5. Un medidor de flujo según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, en el que los medios para generar la primera señal de referencia están adaptados para generar la primera señal de referencia con una frecuencia que es un número entero de veces una frecuencia de la segunda señal de referencia.

10 6. Un medidor de flujo según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, en el que los medios para generar las señales de referencia primera y segunda están adaptados para generar la segunda señal de referencia con una frecuencia que es un número entero de veces una frecuencia de la primera señal de referencia.

15 7. Un medidor de flujo según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, en el que los medios para generar las señales de referencia primera y segunda están adaptados para generar las señales de referencia primera y segunda con frecuencias sustancialmente idénticas.

20 8. Un medidor de flujo según la reivindicación 7, en el que los medios para generar las señales de referencia primera y segunda están adaptados para generar las señales de referencia primera y segunda para que se conozca una diferencia de fase entre las señales de referencia primera y segunda.

9. Un medidor de flujo según la reivindicación 3, en el que los medios para generar las señales de referencia primera y segunda están adaptados para generar señales de referencia primera y segunda sustancialmente idénticas.

25 10. Un medidor de flujo según cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en el que los medios para derivar el valor o señal derivado primero y segundo están adaptados para generar un primer valor o señal derivado relativo a una diferencia de fase entre la primera señal eléctrica y la primera señal de referencia y un segundo valor o señal derivado relativo a una diferencia de fase entre la segunda señal eléctrica y la segunda señal de referencia.

30 11. Un medidor de flujo según la reivindicación 10, en el que los medios de cálculo o determinación están adaptados para calcular o determinar un valor del caudal medido del medio en el paso de flujo sustrayendo los valores o señales derivados primero y segundo y multiplicando un valor resultante por un parámetro predeterminado.

35 12. Un medidor de flujo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además medios para proporcionar una o más señales candidatas que tienen sustancialmente la misma frecuencia o que tienen un número de frecuencias diferentes.

13. Un medidor de flujo según la reivindicación 12, en el que los medios para generar la primera señal de referencia están adaptados para generar la primera señal de referencia seleccionando una de las señales candidatas.

40 14. Un medidor de flujo según la reivindicación 13, en el que los medios para generar la primera señal de referencia están adaptados para seleccionar una señal candidata generada o recibida que tiene una fase correspondiente a la de la primera señal eléctrica.

45 15. Un medidor de flujo según la reivindicación 12, que comprende además medios para proporcionar una señal de alta frecuencia que tiene una frecuencia sustancialmente más alta que la de la primera señal eléctrica, y en el que los medios para generar la primera señal de referencia están adaptados para generar la primera señal de referencia en base a la señal de alta frecuencia.

50 16. Un medidor de flujo según la reivindicación 15, en el que los medios para proporcionar la señal de alta frecuencia están adaptados para proporcionar una señal de alta frecuencia que tiene una frecuencia que es sustancialmente un número entero de veces una frecuencia de la primera señal eléctrica, y en el que los medios para generar la primera señal de referencia comprenden un medio de división de frecuencias para recibir la señal de alta frecuencia y para enviar la primera señal de referencia que tiene una frecuencia sustancialmente igual a la de la primera señal eléctrica.

55 17. Un medidor de flujo según la reivindicación 15 ó 16, en el que los medios para generar las señales de entrada, los medios para generar las señales de referencia y los medios para proporcionar la señal de alta frecuencia están adaptados para generar o proporcionar señales de onda cuadrada que cambian alternativamente entre su valor inferior y su valor superior.

60 18. Un procedimiento para operar el medidor de flujo de la reivindicación 2, comprendiendo el procedimiento:

(1)- conexión de los medios generadores,

65 (2)- abertura del segundo medio de conmutación y cierre del primer medio de conmutación de modo que se genere, usando el primer medio de generación de ultrasonidos, una primera señal ultrasónica que se propague en una primera dirección a lo largo del paso de flujo,

## ES 2 289 758 T3

(3)- desconexión de los medios de generación, abertura del primer medio de conmutación, y cierre del segundo medio de conmutación,

(4)- recepción, usando el segundo medio de generación de ultrasonidos, de la primera señal ultrasónica que ha pasado por dicha parte del paso de flujo y generación de una primera señal eléctrica relacionada,

(5)- transmisión de la primera señal eléctrica relacionada generada los medios de derivación,

(6)- derivación en los medios de derivación de un primer valor o señal derivado relativo a la primera señal eléctrica relacionada generada,

(7)- conexión de los medios generadores,

(8)- abertura del primer medio de conmutación y cierre del segundo medio de conmutación de modo que se genere, usando el segundo medio de generación de ultrasonidos, una segunda señal ultrasónica que se propague en una segunda dirección a lo largo del paso de flujo, siendo la segunda dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección,

(9)- desconexión de los medios de generación, abertura del segundo medio de conmutación, y cierre del primer medio de conmutación,

(10)- recepción, usando el primer medio de generación de ultrasonidos, de la segunda señal ultrasónica que ha pasado por dicha parte del paso de flujo y generación de una segunda señal eléctrica relacionada,

(11)- transmisión de la segunda señal eléctrica relacionada generada los medios de derivación,

(12)- derivación en los medios de derivación de un segundo valor o señal derivado relativo a la segunda señal eléctrica relacionada generada,

(13)- cálculo o determinación, basándose en los valores o señales derivados primero y segundo y usando los medios de cálculo o determinación, de una tasa de flujo del medio que fluye por el paso de flujo.

19. Un procedimiento según la reivindicación 18, comprendiendo el procedimiento además:

- antes de la etapa (6), la generación de una primera señal de referencia,

- la etapa de derivación (6) que comprende la comparación de la primera señal eléctrica y la primera señal de referencia y la derivación de un primer valor o señal derivado a partir de la comparación,

- antes de la etapa (12), la generación de una segunda señal de referencia,

- la etapa de derivación (12) que comprende la comparación de la segunda señal eléctrica y la segunda señal de referencia y la determinación de un segundo valor o señal derivado a partir de la comparación,

- la etapa de cálculo o determinación (13) que comprende el cálculo o determinación de un valor de la tasa de flujo medido del medio en el paso de flujo a partir de los valores o señales derivados primero y segundo y a partir de una relación conocida entre una frecuencia y/o fase de las señales de referencia primera y segunda y/o a partir de una relación conocida entre una frecuencia y/o fase de las señales de referencia primera y segunda.

20. Un procedimiento según la reivindicación 18 ó 19, que comprende además la derivación de cada una de las señales de referencia primera y segunda y/o cada una de las señales de entrada primera o segunda en base a una o más de las señales eléctricas generadas por los medios de recepción y relacionadas con señales ultrasónicas transmitidas en una o más de las direcciones sustancialmente opuestas a lo largo de la trayectoria de flujo.

21. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 19 ó 20, en el que se conoce una diferencia de fase entre las señales de referencia primera y segunda.

22. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 19 ó 20, en el que las señales de referencia primera y segunda son sustancialmente idénticas.

23. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 18-22, en el que cada medio de generación de ultrasonidos genera señales ultrasónicas como una respuesta a una señal de entrada y en el que una frecuencia de la señal ultrasónica corresponde a una frecuencia de la señal de entrada.

24. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 19-23, en el que la primera señal de referencia se genera teniendo una frecuencia sustancialmente igual a una frecuencia de la primera señal eléctrica y en el que la segunda señal de referencia se genera teniendo una frecuencia sustancialmente igual a una frecuencia de la segunda señal eléctrica.

## ES 2 289 758 T3

25. Un procedimiento según la reivindicación 24, en el que el primer valor o señal derivado se refiere a una diferencia de fase entre la primera señal eléctrica y el primer valor de referencia y en el que el segundo valor o señal derivado se refiere a una diferencia de fase entre la segunda señal eléctrica y el segundo valor de referencia.

5 26. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 18-25, en el que se proporciona una o más señales candidatas que tienen sustancialmente la misma frecuencia o un número de frecuencias diferentes.

27. Un procedimiento según la reivindicación 26, en el que la primera señal de referencia es seleccionada como una de las señales candidatas recibidas.

10 28. Un procedimiento según la reivindicación 27, en el que la señal candidata seleccionada tiene una fase y una frecuencia correspondientes a las de la primera señal eléctrica.

15 29. Un procedimiento según la reivindicación 26, en el que se proporciona una señal de alta frecuencia que tiene una frecuencia sustancialmente más alta que la de la primera señal eléctrica, y en el que la primera señal de referencia es generada en base a la señal de alta frecuencia.

20 30. Un procedimiento según la reivindicación 29, en el que la señal de alta frecuencia tiene una frecuencia que es sustancialmente un número entero de veces la de la primera señal eléctrica, y en el que la primera señal de referencia es generada por la división de frecuencias de la señal de alta frecuencia.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

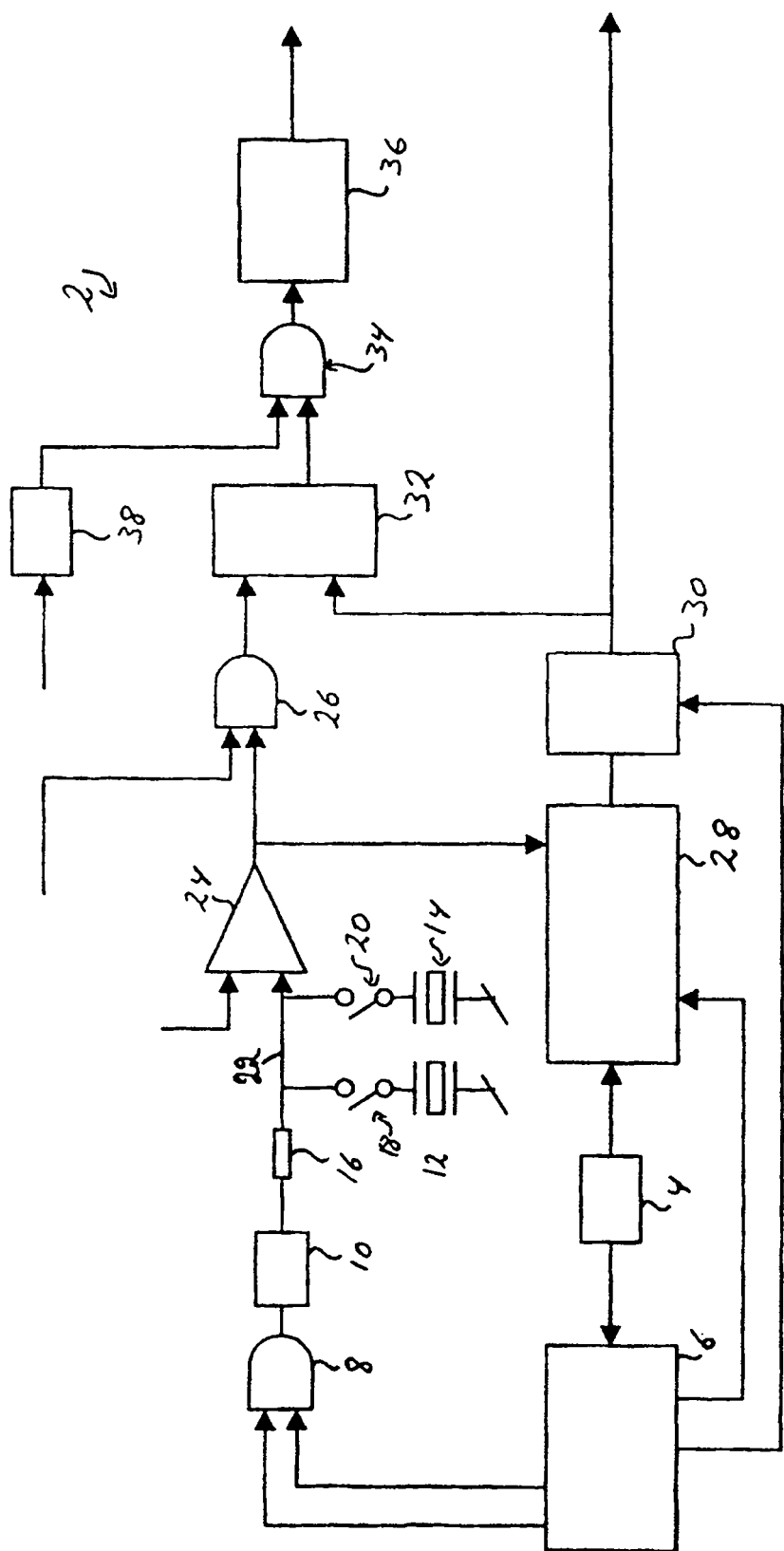
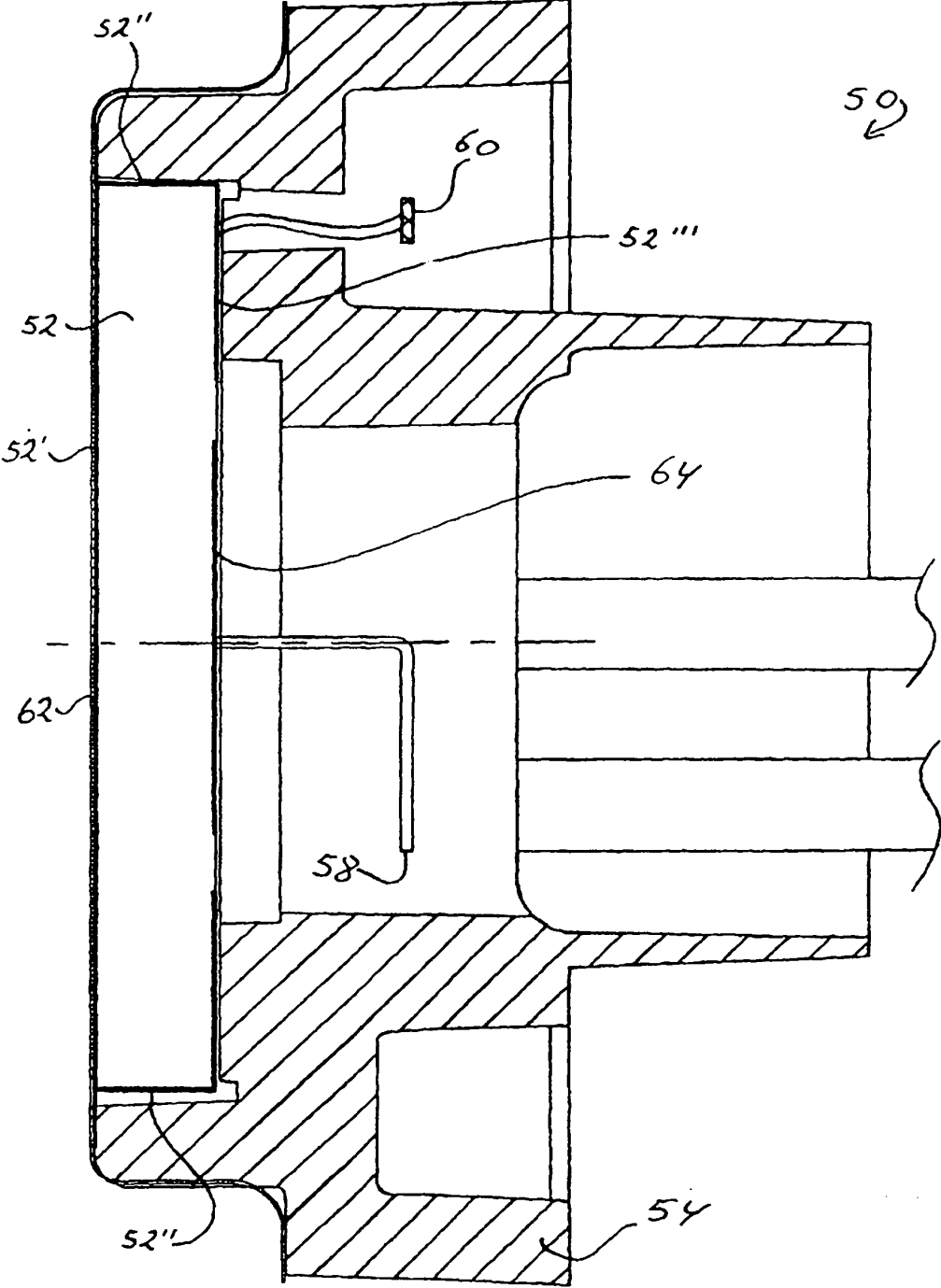


Fig. 1



**Fig. 2**