

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 953**

51 Int. Cl.:

G01F 1/66 (2006.01)

G01F 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2012 E 12730455 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 2724123**

54 Título: **Método para determinar el caudal de flujo de fluidos según el método de medición del tiempo de propagación de ultrasonidos**

30 Prioridad:

24.06.2011 AT 09302011

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

03.12.2015

73 Titular/es:

**AVL LIST GMBH (100.0%)
Hans-List-Platz 1
8020 Graz, AT**

72 Inventor/es:

**KUDLATY, KATARZYNA;
WIESINGER, MICHAEL;
NÖHAMMER, STEFAN;
WITRISAL, KLAUS y
KUBIN, GERNOT**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 552 953 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para determinar el caudal de flujo de fluidos según el método de medición del tiempo de propagación de ultrasonidos.

5 La presente invención hace referencia a un método para determinar el caudal de flujo de fluidos según el método de medición del tiempo de propagación de ultrasonidos, donde se determina la velocidad de flujo y, en base a ello, el caudal de flujo del fluido a partir del tiempo de la propagación de señales de ultrasonido a través de la sección de medición, donde la función de transmisión de la sección de medición se determina al menos de forma aproximada.

10 La utilización de sensores ultrasónicos para medir el caudal volumétrico y el caudal de masa en base al método del tiempo de propagación puede considerarse actualmente como una tecnología de medición establecida, de alta precisión. La precisión que pueden alcanzar los instrumentos de medición de ese tipo se determina a través de las influencias del sistema de transmisión, las cuales, en el caso de un sistema invariante en el tiempo, pueden ser eliminadas a través de calibración.

15 En la aplicación de la medición del caudal de flujo, las causas de la necesidad de modificación de la función de transmisión del transductor ultrasónico pueden ser variadas (como por ejemplo suciedad, humedad del aire o procesos de envejecimiento de los materiales). Las modificaciones de las funciones de transmisión del transductor actúan en forma de una desviación de las variables de medición.

20 En la solicitud DE 10 2005 037 458 A1 se muestra una posibilidad para compensar esa desviación, midiendo una variable eléctrica durante el funcionamiento, como por ejemplo la tensión decreciente en el transductor ultrasónico. En base a esa señal se deriva una variable de corrección que puede utilizarse para compensar la desviación del sensor ultrasónico.

Es objeto de la presente invención un método mejorado, con el cual se tenga en cuenta la desviación mencionada, para mejorar los resultados de la medición.

25 Para alcanzar dicho objeto, conforme a la invención, se prevé que al menos un tiempo de propagación de ultrasonidos se corrija mediante un valor de corrección, determinado a partir de un tiempo de propagación de grupo de la función de transmisión.

De manera ventajosa, el valor de corrección se determina periódicamente durante el funcionamiento.

De acuerdo con otra variante de ejecución de la invención, se prevé que una aproximación de la función de transmisión se efectúe a través de la determinación de la impedancia eléctrica del transductor ultrasónico en al menos tres puntos de frecuencia.

30 Otra variante de la invención se caracteriza porque la función de transmisión se determina a partir de la FFT (por sus siglas en inglés, transformada de Fourier rápida) de la señal de recepción.

De forma alternativa, la función de transmisión podría determinarse a partir de la FFT de la correlación entre la señal de recepción y la señal de emisión

35 De acuerdo con la invención, puede preverse que se forme un modelo teórico de la función de transmisión y que los parámetros del modelo se determinen mediante procedimientos de ajuste.

En una variante de ejecución ventajosa de la invención se prevé que la distancia real entre los sensores se calcule a través de la multiplicación del tiempo de propagación corregido con una velocidad de sonido determinada a partir de una medición precisa de la temperatura.

40 Se considera particularmente conveniente que la distancia real entre los sensores se determine periódicamente durante el funcionamiento.

En la siguiente descripción la invención se explica mediante un ejemplo y de forma más detallada haciendo referencia a los dibujos añadidos.

45 De manera esquemática, la figura 1 muestra la sección de transmisión de un pulso ultrasónico, y la figura 2 muestra una representación del error del tiempo de propagación a través de la modificación de la función de transmisión del transductor ultrasónico.

En correspondencia con la figura 1, la sección de medición puede representarse con los siguientes componentes: filtro de paso de banda BP1 (transductor de emisión), distancia del medio y filtro de paso de banda BP2 (transductor de recepción). La referencia S0 indica la FFT de la señal de emisión, ST la FFT de la señal emitida (transmitida), SL la FFT de la señal después de la distancia del medio, antes de ingresar al transductor de recepción, y SE la FFT de la señal recibida (después del filtro BP2). FFT es la forma abreviada de la "transformada de Fourier rápida" (en inglés: Fast Fourier Transform). La FFT es un algoritmo para el cálculo eficiente de los valores de una transformada de Fourier discreta, donde a diferencia de un cálculo directo se consideran resultados intermedios calculados previamente, economizando así en cuanto a operaciones aritméticas de cálculo.

Se conocen diferentes métodos que pueden utilizarse para determinar el tiempo de propagación, como por ejemplo el procedimiento de activación, la utilización de la determinación de fases o el método de correlación. En estos métodos se determina un tiempo de propagación medio de la señal que resulta de la función de transmisión total de los componentes individuales.

$$t_{mess} = t_{Luft} + t_{BP1} + t_{BP2}$$

De este modo, t_{mess} representa el tiempo de propagación medido, t_{Luft} - el tiempo de propagación del sonido en la distancia del medio, t_{BP1} - el tiempo de propagación de la señal a través del primer filtro de paso de banda (tiempo de propagación de grupo) y t_{BP2} - el tiempo de propagación de grupo del segundo filtro.

La variable de medición de la medición del caudal de flujo corresponde a la modificación de la función de transmisión de la distancia del medio $L(\omega)$, mientras que eventuales modificaciones de las funciones de transmisión de los dos filtros de paso de banda actúan como variable de perturbación.

$$S_T(\omega) = S_0(\omega) BP_1(\omega)$$

$$S_L(\omega) = S_T(\omega) L(\omega) = S_0(\omega) BP_1(\omega) L(\omega)$$

$$S_E(\omega) = S_L(\omega) BP_2(\omega) = S_0(\omega) BP_1(\omega) L(\omega) BP_2(\omega)$$

$$S_E(\omega) = S_0(\omega) |BP_1| e^{j\phi_{BP1}} |BP_2| e^{j\phi_{BP2}} |L| e^{j\phi_L}$$

De este modo, BP1 y BP2 representan la función compleja de transmisión de los dos filtros de paso de banda, con el valor $|BP1|$, $|BP2|$ y la fase ϕ_1 y ϕ_2 .

La explicación para esa desviación se encuentra en la modificación del tiempo de propagación de grupo de los dos filtros de paso de banda, tal como se muestra en la figura 2. Si esa desviación se elimina a través de una calibración, entonces esto no sucede durante la operación de medición, sino solamente como un ajuste a cero en función de las condiciones del ambiente que deben controlarse de forma precisa.

$$\Delta t = t_{BP1} + t_{BP2} = t_{mess} - t_{Luft,0,theoretisch}$$

$$t_{Luft} = t_{mess} - \Delta t$$

En este método, los valores actuales del tiempo de propagación de grupo de los sensores ultrasónicos se determinan a través de una comparación del tiempo de propagación medido (t_{mess}) con un tiempo de propagación del sonido teórico sin flujo ($t_{Luft,0,theoretisch}$). Posteriormente, durante el funcionamiento, estos factores de corrección se sustraen del tiempo de propagación medido, determinando con ello el tiempo de propagación del sonido en la distancia del medio (t_{Luft}).

Con el método acorde a la invención, la compensación del punto cero puede efectuarse periódicamente durante la operación de medición en curso. Para ello se determina al menos de forma aproximada la función de transmisión de la sección de medición y al menos un tiempo de propagación, de la propagación de los ultrasonidos, es corregido

mediante un valor de corrección, determinado a partir del tiempo de propagación de grupo de la función de transmisión. El valor de corrección mencionado puede determinarse periódicamente durante el funcionamiento.

5 Existen varias posibilidades para determinar la función de transmisión, donde preferentemente se efectúa una aproximación a la misma a través de la determinación de la impedancia eléctrica del transductor ultrasónico en al menos tres puntos de frecuencia, pero también puede determinarse a partir de la FFT de la señal de recepción o de la FFT de la correlación entre la señal de recepción y la señal de emisión. Eventualmente podría conformarse también un modelo teórico de la función de transmisión y así, los parámetros del modelo podrían ser determinados mediante procedimientos de ajuste.

10 En cuanto al aspecto vinculado a los aparatos, para mejorar los resultados de medición, se prevé adicionalmente que la distancia real entre los sensores se calcule a través de la multiplicación del tiempo de propagación corregido con una velocidad del sonido determinada a partir de una medición precisa de la temperatura. También en este caso la distancia real entre los sensores puede determinarse periódicamente durante el funcionamiento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para determinar el caudal de flujo de fluidos según el método de medición del tiempo de propagación de ultrasonidos, donde se determina la velocidad de flujo y, en base a ello, el caudal de flujo del fluido a partir del tiempo de propagación de señales de ultrasonido a través de la sección de medición, donde la función de transmisión de la sección de medición se determina al menos de forma aproximada, caracterizado porque al menos un tiempo de propagación de ultrasonidos se corrige mediante un valor de corrección, determinado a partir del tiempo de propagación de grupo de la función de transmisión.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el valor de corrección se determina periódicamente durante el funcionamiento.
- 10 3. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la distancia real entre los sensores se calcula a través de la multiplicación del tiempo de propagación corregido con una velocidad del sonido determinada a partir de una medición precisa de la temperatura.
4. Método según la reivindicación 3, caracterizado porque la distancia real entre los sensores se determina periódicamente durante el funcionamiento.
- 15 5. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque una aproximación de la función de transmisión se efectúa a través de la determinación de la impedancia eléctrica del transductor ultrasónico en al menos tres puntos de frecuencia.
6. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la función de transmisión se determina a partir de la FFT de la señal de recepción.
- 20 7. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la función de transmisión se determina a partir de la FFT de la correlación entre la señal de recepción y la señal de emisión.
8. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque se forma un modelo teórico de la función de transmisión y los parámetros del modelo se determinan mediante procedimientos de ajuste.

Fig. 1

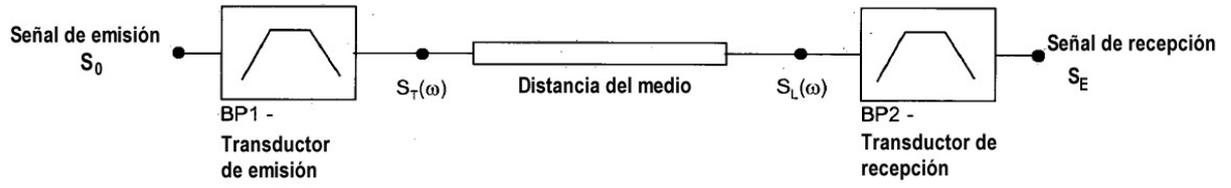


Fig. 2

