(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 980 448**

(51) Int. Cl.:

G01F 1/32 (2012.01)
G01F 1/325 (2012.01)
G01F 25/10 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2020 E 20197145 (4)**
(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024 EP 3879236**

(54) Título: **Procedimiento de estimación de un caudal mediante un caudalímetro Vortex**

(30) Prioridad:

11.03.2020 EP 20162352

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.10.2024

(73) Titular/es:

HUBA CONTROL AG (100.0%)
Industriestrasse 17
5436 Würenlos, CH

(72) Inventor/es:

STAMMEIER, MATHIAS

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Procedimiento de estimación de un caudal mediante un caudalímetro Vortex

Antecedentes

La presente divulgación se refiere a la medición de un flujo de un fluido de proceso. Más concretamente, la presente divulgación se centra en un caudalímetro que detecta una pluralidad de parámetros del flujo de fluido.

Los caudalímetros, como los caudalímetros vortex, se emplean habitualmente para registrar señales de caudal en aparatos de calefacción, ventilación y/o aire acondicionado. Un caudalímetro puede, por ejemplo, registrar el flujo de un fluido como agua o glicol a través de un calorímetro de flujo. A partir del flujo registrado y/o de mediciones adicionales de la temperatura puede obtenerse una cantidad indicativa de la transferencia de calor.

Una solicitud de patente WO1991/010114A1 fue presentada por FOXBORO CO el 19 de diciembre de 1990. La solicitud reivindica una prioridad del 22 de diciembre de 1989 y se publicó el 11 de julio de 1991. WO1991/010114A1 sensor piezoeléctrico de vórtice de presión diferencial

La FIG 4 del documento WO1991/010114A1 muestra un circuito 78 para detectar vórtices. El circuito comprende condensadores de cristal C_{ca} y C_{cb} , así como resistencias de cristal R_{ca} y R_{cb}. Un circuito 92 que comprende los condensadores C_{ca} y C_{cb} así como las resistencias R_{ca} y R_{cb} se conecta a un amplificador de carga 93 a través de un nodo 105. Un amplificador operacional 102 produce un voltaje de salida V_{out} que es proporcional a una carga neta a través de los cristales. La solicitud WO1991/010114A1 enseña la medición de la señal de tensión V_{out} para indicar una frecuencia de vórtices.

Una solicitud de patente WO2011/119420A2 fue presentada por AVGI ENGINEERING INC y SGOURAKES GEORGE E el 18 de marzo de 2011. La solicitud reivindica una prioridad del 23 de marzo de 2010 y se publicó el 29 de septiembre de 2011. WO2011/119420A2 tratamiento de un caudalímetro vortex

El documento WO2011/119420A2 muestra en la FIG 6 un sensor de fuerza diferencial con lados A y B. Una viga 31 aplica fuerzas a las almohadillas 27A y 27B a ambos lados del sensor de fuerza diferencial 9 a través de las bolas 32A y 32B. Una flexión 36 en el centro de la viga 31 absorbe las fuerzas comunes. Los dos lados A y B producen señales eléctricas de igual nivel y de fase opuesta. La solicitud WO2011/119420A2 enseña la determinación de una frecuencia de desprendimiento de vórtices mediante la comparación de señales de vórtices en el lado A con señales de vórtices en el lado B.

Una patente europea EP0666467B1 expedida el 17 de octubre de 2001. EP0666467B1 fue asignada a FOXBORO CO. La solicitud EP0666467A2 para esta patente fue presentada el 3 de febrero de 1995. La solicitud EP0666467A2 reivindica una prioridad del 4 de febrero de 1994 y se refiere a un aparato de medición de caudal.

La FIG 10 del documento EP0666467B1 enseña vórtices alternos que hacen que los diafragmas de proceso 38 y 40 se desvíen. Los diafragmas de proceso 38 y 40 están dispuestos a ambos lados de una cavidad llena de fluido 35. Una presión diferencial se transmite entonces a través del fluido de llenado y desvía un diafragma sensor 52. Se produce una señal de salida que se envía a un elemento de procesamiento 82. El elemento de procesamiento 82 determina la amplitud y la frecuencia de la señal de salida. El documento EP0666467B1 enseña que la velocidad y la densidad del fluido pueden calcularse a partir de la amplitud y de la frecuencia de la señal de salida. Además de los diafragmas de detección 52 y 54, el sensor 14 del documento EP0666467B1 comprende también un elemento 106 para detectar la temperatura de un fluido de proceso.

La Reivindicación 6 del documento EP0666467B1 se refiere a una determinación de la densidad d de un líquido. Según la reivindicación 6, una densidad d del fluido se calcula a partir de una densidad d_0 a una temperatura de referencia T_0, de una presión de referencia P_a, de los factores de compresibilidad y expansión B_1 y B_2, y de una presión calculada P y una temperatura calculada T como sigue:

$$d = d_0 \frac{1 + B_1(P - P_a)}{1 + B_2(T - T_0)}$$

Una solicitud de patente WO1998/043051A2 fue presentada por ROSEMOUNT INC, US el 26 de marzo de 1998. La solicitud se publicó el 1 de octubre de 1998 y reivindica una prioridad del 27 de marzo de 1997. El documento WO9843/051A2 trata de un caudalímetro vortex con procesamiento de señales.

Una frecuencia y una amplitud de vórtices en un caudalímetro se controlan según el documento WO1998/043051A2. La amplitud controlada permite determinar un primer valor de densidad. Además, se proporciona un segundo valor de densidad en función de la temperatura controlada.

La publicación US2006/0217899 A1 describe la detección de la presencia de un componente de segunda fase en el flujo de fluido, y la determinación de la magnitud relativa de cada fase en un régimen de flujo bifásico gas/líquido mediante el análisis de la señal no acondicionada del sensor de un caudalímetro monofásico convencional. Se

proporciona un procedimiento de monitorización del flujo de fluido en un conducto cerrado que incluye la disposición de un caudalímetro a través del cual fluye el fluido a monitorizar, generando una señal indicativa de al menos una característica del flujo de fluido, midiendo los componentes de la señal y reteniendo las fluctuaciones asociadas a la misma, y analizando dichos componentes de la señal y las fluctuaciones para determinar la al menos una característica del flujo de fluido.

La publicación US2011/0314929 A1 describe un procedimiento para monitorizar y medir un medio de dos fases que fluye en una tubería, del cual una primera fase, especialmente una primera fase gaseosa, tiene una primera densidad y una segunda fase, especialmente una segunda fase líquida, tiene una segunda densidad diferente de la primera densidad. El procedimiento incluye etapas para producir vórtices de Karman en el medio fluyente por medio de un cuerpo lleno al menos cerca de un sensor de vórtice, en el que los vórtices son arrojados por el cuerpo lleno con una frecuencia de desprendimiento de vórtice dependiente de una velocidad de flujo instantánea del medio fluyente; permitir que al menos una porción de la segunda fase del medio fluyente fluya a lo largo de una pared cercana al sensor de vórtice; registrar fluctuaciones periódicas de presión causadas por los vórtices de Karman en el medio fluyente por medio del sensor de vórtice para producir una señal de sensor correspondiente a las fluctuaciones de presión; seleccionar de la señal del sensor una componente de señal deseada, que tiene una banda de frecuencias, especialmente una banda de frecuencias estrecha, que contiene la frecuencia de desprendimiento de vórtices, especialmente una banda de frecuencias con un ancho de banda relativo inferior al 50% de la frecuencia instantánea de desprendimiento de vórtices, en la que la frecuencia instantánea de desprendimiento de vórtices corresponde a la frecuencia central de la banda de frecuencias, y detectar la presencia de la segunda fase del medio fluyente utilizando la componente de señal deseada seleccionada de la señal del sensor, especialmente basándose en una desviación típica de una curva de amplitud de la componente de señal deseada y/o basándose en una curtosis de la componente de señal deseada.

La publicación US2018/0023986 A1 describe un dispositivo sensor y un procedimiento para determinar los parámetros del flujo de fluido con un sensor, que incluye un elemento oblongo, que se extiende en el flujo de fluido, fijado mecánicamente al cuerpo del dispositivo sensor con un enlace flexible en un extremo, y un sensor de vibración conectado mecánicamente y un módulo de adquisición de datos conectado eléctricamente al sensor de vibración y colocado en el cuerpo, que está configurado para determinar la curva de respuesta de frecuencia de la oscilación causada por el flujo de líquido en el elemento cilíndrico, y para derivar la velocidad y el tipo de flujo de fluido a partir de la curva de respuesta de frecuencia medida.

La publicación CN105571659 B describe un procedimiento de detección de control de resonancia estocástica de frecuencia de calle de vórtice basado en la desviación típica. Un sistema de control de resonancia estocástica utiliza una señal de control con una frecuencia y amplitud ajustables para procesar la señal del vórtice, de modo que la señal se adapte al sistema y se genere una resonancia aleatoria. Utilizando la relación entre la desviación típica de la señal del vórtice y la frecuencia y amplitud de la señal, se obtiene una estimación de la frecuencia y amplitud de la señal. A partir de ahí, se seleccionan los parámetros de control, se utiliza el procedimiento de control adaptativo para obtener los parámetros de control óptimos y se mejora la señal de vórtice.

La publicación US2015/0122049 A1 describe un conjunto de sensor de flujo que incluye un conducto de flujo configurado para permitir el flujo de fluido a través del mismo y un perturbador de flujo dispuesto en el conducto de flujo. El perturbador de flujo está configurado para impartir una perturbación de flujo al flujo de fluido. El conjunto de sensores de flujo incluye además una pluralidad de sensores de flujo dispuestos en el conducto de flujo, en el que la pluralidad de sensores de flujo responde a las características del flujo en el conducto de flujo. El conjunto de sensores de flujo también incluye un dispositivo de resolución de frecuencias acoplado a la pluralidad de sensores de flujo, en el que el dispositivo de resolución de frecuencias está configurado para determinar la información de frecuencia relacionada con el flujo de fluido basado en las características del flujo. El dispositivo de resolución de frecuencias utiliza una o más ventanas de muestreo de tiempo para seleccionar muestras de datos de la pluralidad de sensores de flujo para su uso en la determinación de la información de frecuencia, en el que una longitud de una o más de las ventanas de muestreo de tiempo se basa al menos en parte en las características de flujo. El conjunto de sensores de flujo incluye además un procesador acoplado a la pluralidad de sensores de flujo y al dispositivo de resolución de frecuencias, en el que el procesador está configurado para determinar un caudal del flujo de fluido en el conducto de flujo utilizando la información de frecuencia.

La presente divulgación mejora los caudalímetros vortex. La presente divulgación confiere ventajas en términos de un mayor rango dinámico del caudalímetro. Más específicamente, la divulgación instantánea permite detectar el flujo de volumen muy por debajo del inicio de la calle vórtice de Karman.

Sumario

La presente divulgación enseña un análisis de la densidad espectral de potencia de una señal procedente de un sensor de flujo. El análisis de la densidad espectral de potencia incluye la determinación de una frecuencia que corresponde a un pico del espectro. El análisis incluye además una determinación de la amplitud S_{peak} de ese pico en el espectro. Además de esas características de potencia máxima, se determina una intensidad media S de las fluctuaciones de presión. A continuación, se calcula el caudal que pasa por el caudalímetro Vortex. El caudal se calcula basándose en al menos uno de los siguientes parámetros: la frecuencia de pico f_{peak} determinada, la potencia de pico S_{peak}

determinada y/o la intensidad media S determinada. En el umbral de vórtice, un cuerpo lleno dentro del caudalímetro empieza a generar vórtices.

El análisis de las fluctuaciones de presión implica ventajosamente una pluralidad de rangos de frecuencia. Los rangos de frecuencia pueden ser rangos de frecuencia predefinidos. Los rangos de frecuencia también pueden determinarse durante el análisis. Los rangos de frecuencia evitan preferentemente frecuencias de perturbación como 50 hercios, 60 hercios, 100 hercios, 120 hercios, etc.

La presente divulgación también enseña estimaciones de caudales y/o mediciones de caudales por encima y en el umbral de vórtice. La presente divulgación se refiere además a estimaciones de caudales y/o a mediciones de caudales por debajo del umbral de vórtice.

La presente divulgación permite aún más estimaciones de caudales y/o mediciones de caudales basadas en al menos dos de:

la frecuencia de pico determinada f_{peak},
el pico de potencia S_{peak} determinado, y/o
la intensidad media determinada *S*.

La presente divulgación permite además estimaciones de caudales y/o mediciones de caudales basadas en los tres elementos siguientes

la frecuencia de pico determinada f_{peak},
la potencia pico S_{peak} determinada, y
la intensidad media determinada *S*.

La presente divulgación también permite realizar comprobaciones de coherencia entre caudales estimados y/o determinados a partir de

la frecuencia de pico determinada f_{peak},
el pico de potencia S_{peak} determinado, y/o
la intensidad media determinada *S*.

Estas comprobaciones de consistencia pueden utilizarse para producir señales de error y/o para mejorar la calibración del caudalímetro.

La presente divulgación aprovecha además las sinergias entre las estimaciones de caudal basadas en la frecuencia pico f_{peak} determinada,

el pico de potencia S_{peak} determinado, y/o
la intensidad media determinada *S*.

La presente divulgación permite utilizar un único sensor para calibrar un caudalímetro. Es decir, el caudalímetro prescinde de un segundo sensor de caudal para su calibración.

Breve descripción de los dibujos

Varias características se harán evidentes a los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones no limitantes divulgadas. Los dibujos que acompañan a la descripción detallada pueden describirse brevemente como sigue:

La FIG. 1 es una vista esquemática de un caudalímetro vortex según la presente divulgación.

La FIG. 2 muestra un caudalímetro alternativo.

La FIG. 3 ilustra un análisis en el que interviene una red neuronal.

La FIG. 4 es un gráfico de una función que asigna las frecuencias pico con los caudales.

La FIG. 5 es un gráfico de una o más funciones que asigna la intensidad de potencia media pico de las fluctuaciones a los caudales *Q* para una variedad de temperaturas de fluido.

La FIG. 6 es un gráfico de una función que asigna la potencia pico S_{peak} a los caudales *Q*.

La FIG. 7 muestra los valores de densidad espectral de potencia para un caudal *Q* superior al umbral de vórtice.

Descripción detallada

La FIG. 1 muestra un caudalímetro vortex según la presente divulgación. El caudalímetro consta de un conducto (1). Por el conducto (1) circula un fluido de proceso. En el interior del conducto (1) se montan un cuerpo lleno (3) y un

sensor (4). Un flujo (2) a través del conducto (1) define una dirección de flujo. La FIG. 1 muestra el sensor (4) situado aguas abajo del cuerpo lleno (3). Se prevé que el sensor (4) se extienda dentro del conducto (1).

El sensor (4) transmite las variaciones de presión inducidas por el flujo en forma de una señal de salida eléctrica bruta (5). Se prevé que el sensor (4) sea o comprenda un sensor de presión. El circuito de medición (6) preprocesa la señal de salida bruta (5). Al hacerlo, el circuito de medición (6) puede, a modo de ejemplos no limitativos, amplificar y/o filtrar la señal de salida (5). A continuación, la señal preprocesada (7) se analiza en el circuito de análisis (8). En una realización, el circuito de análisis (8) estima el caudal (9) del fluido de proceso y/o la viscosidad cinemática (10) del fluido de proceso. Según un aspecto relacionado, el circuito de análisis (8) determina el caudal (9) del fluido de proceso y/o la viscosidad cinemática (10) del fluido de proceso.

Opcionalmente, se monta un sensor de temperatura (11) en el interior del conducto (1). En una realización, el sensor de temperatura (11) se extiende dentro del conducto (1). También se prevé que el sensor de temperatura (11) esté dispuesto en el interior del cuerpo lleno (3) y/o en el interior del sensor (4). En una realización compacta, el sensor (4) comprende un sensor de presión y el sensor de temperatura (11). El sensor de temperatura (11) produce una señal de temperatura (12a).

La señal de temperatura (12a) puede ser utilizada por el circuito de análisis (8) para mejorar la estimación y/o la determinación del caudal (9). La señal de temperatura (12a) también puede ser utilizada por el circuito de análisis (8) para mejorar la estimación y/o la determinación de la viscosidad cinemática (10). El circuito de salida (13) genera señales eléctricas de salida. Estas señales eléctricas de salida pueden referirse, a título de ejemplo no limitativo, al caudal (9) y/o a la viscosidad cinemática (10).

En la realización mostrada en la FIG 2, el sensor de temperatura (11) transmite una señal de temperatura (12b) al circuito de medición (6). El circuito de medida (6) puede, a título de ejemplos no limitativos, amplificar y/o filtrar la señal de temperatura (12b). A continuación, la señal de temperatura preprocesada (12b) se transmite al circuito de análisis (8) y se procesa como se ha detallado anteriormente.

El circuito de análisis (8) de la presente divulgación analiza la señal (completa) preprocesada dependiente del tiempo (7) para estimar y/o determinar el caudal (9). Además de la frecuencia de la calle del vórtice, el circuito de análisis (8) analiza también la amplitud (y/o la potencia) a esta frecuencia. Y lo que es más importante, también aprovecha las fluctuaciones (y/o del ruido) de la señal preprocesada (7). Las fluctuaciones y/o el ruido de la señal preprocesada (7) corresponden a fluctuaciones de presión inducidas por el flujo. Las fluctuaciones de presión inducidas por el flujo permiten estimar y/o determinar los caudales (9) a caudales bajos por debajo del inicio del desprendimiento de vórtices.

En una realización, el circuito de análisis (8) comprende un microcontrolador y/o un microprocesador. El circuito de análisis (8) realiza preferentemente una transformada rápida de Fourier de la señal preprocesada (7) para producir una densidad espectral de potencia y/o una distribución espectral de la señal. Según un aspecto especial, el circuito de análisis (8) realiza una transformada rápida de Fourier de la señal preprocesada (7) para producir una serie en el dominio de la frecuencia.

El circuito de análisis (8) también puede multiplicar la señal preprocesada (7) por sí misma. A continuación, el circuito de análisis (8) filtra la señal para determinar una intensidad media S de las fluctuaciones de presión. La intensidad media S de las fluctuaciones de presión se determina ventajosamente utilizando una gama de frecuencias y/o utilizando un dominio de frecuencias. En una realización especial, la intensidad media *S* de las fluctuaciones de presión se determina sobre una pluralidad de rangos de frecuencia.

La señal preprocesada (7) es ventajosamente muestreada por un convertidor analógico-digital para producir una señal digital. En una realización, el circuito de análisis (8) comprende el convertidor analógico-digital. El circuito de análisis (8) comprende preferentemente un microcontrolador y el convertidor analógico-digital. Se prevé que el microcontrolador y el convertidor analógico-digital estén dispuestos en un mismo sistema en un chip.

El circuito de análisis (8) realiza entonces una transformada rápida de Fourier de la señal digital. La transformada rápida de Fourier de la señal digital representa la densidad espectral de potencia de las variaciones de presión inducidas por el flujo. La transformada rápida de Fourier de la señal digital comprende preferentemente una serie en el dominio de la frecuencia, mientras que la señal digital comprende preferentemente una señal en el dominio del tiempo.

Dentro de este espectro de potencia, la calle del vórtice de Kármán se manifiesta como un pico tal como un pico distinguido a una frecuencia pico f_{peak}. En la frecuencia pico f_{peak}, la densidad espectral de potencia y/o la serie en el dominio de la frecuencia tiene una amplitud y/o una densidad espectral de potencia S_{peak}. La amplitud del pico se denominará en lo sucesivo potencia de pico. La amplitud S_{peak} y/o la densidad espectral de potencia S_{peak} y/o el pico de potencia S_{peak} se sitúan ventajosamente al menos un orden de magnitud por encima de un nivel de ruido. La amplitud S_{peak} y/o la densidad espectral de potencia S_{peak} y/o el pico de potencia S_{peak} también pueden estar al menos dos órdenes de magnitud por encima del nivel de ruido. El nivel de ruido de la serie en el dominio de la frecuencia está asociado y/o corresponde a las fluctuaciones de presión descritas anteriormente. Se observa que la amplitud S_{peak} y/o la densidad espectral de potencia S_{peak} y/o el pico de potencia S_{peak} aumentan monótonamente con un caudal. También

se observa que el nivel de fluctuaciones y/o el nivel de ruido en la densidad espectral de potencia aumenta monótonamente con el caudal. Preferiblemente, el caudal es un caudal volumétrico, por ejemplo, un caudal volumétrico asociado a un fluido de proceso.

A caudales por encima del umbral de desprendimiento de vórtices, la frecuencia pico f_{peak} de la calle de vórtices de Kármán se deriva del pico en el espectro de frecuencias. Del mismo modo, la frecuencia pico f_{peak} de la calle de vórtices de Kármán se obtiene a partir del pico de la serie en el dominio de la frecuencia. El caudal Q_1 se calcula y/o determina mediante una calibración lineal del caudal en función de la frecuencia pico f_{peak}. Además, el pico de potencia S_{peak} que corresponde a la calle del vórtice muestra una dependencia sistemática y monótona del caudal. De este modo, el pico de potencia S_{peak} puede aprovecharse para calcular y/o determinar otro valor independiente del caudal Q_2. Los valores de Q_1 y Q_2 pueden utilizarse, por ejemplo, para realizar comprobaciones de coherencia del sistema de medición de caudal y/o del caudalímetro.

No se distinguen picos en el espectro de frecuencias y/o en las series de dominio de frecuencias a caudales inferiores al umbral de desprendimiento de vórtices. Esto supone la ausencia de interferencias electromagnéticas y de fuentes externas de vibración. Sin embargo, el espectro de potencia y/o las series en el dominio de la frecuencia siguen reflejando la densidad espectral de potencia de las fluctuaciones de presión. El flujo (2) que atraviesa el conducto (1) genera tales fluctuaciones de presión cuando el flujo (2) pasa por el cuerpo lleno (3). El espectro de potencia de la señal preprocesada (7) y/o las series en el dominio de la frecuencia dependen, por tanto, de forma fuerte y sistemática del caudal.

Esta correlación puede, por ejemplo, explotarse tomando un valor medio de la densidad espectral de potencia en una determinada gama de frecuencias. Para ello, el circuito de análisis (8) determina una intensidad media *S* de las fluctuaciones de presión. El circuito de análisis (8) puede, a título de ejemplo no limitativo, tomar el valor medio de la densidad espectral de potencia en una pluralidad de gamas de frecuencias. En una realización, los rangos de frecuencia comprenden rangos de frecuencia predefinidos del espectro de potencia y/o de las series en el dominio de la frecuencia.

En una realización, la intensidad media *S* se calibra en función del caudal. Según un aspecto relacionado, la intensidad media *S* se calibra en función del caudal y de la señal de temperatura *T* (12). El circuito de análisis (8) utiliza dichas calibraciones para calcular y/o determinar el caudal Q_3 en función de *S*. Según un aspecto relacionado, el circuito de análisis (8) utiliza dichas calibraciones para calcular y/o determinar el caudal Q_3 en función de *S* y en función de *T*. Esto permite calcular y/o determinar el caudal en un rango inferior al umbral de desprendimiento de vórtices. Con caudales superiores al umbral de vórtice, la intensidad media *S* de las fluctuaciones de presión puede calcularse de forma similar o de manera (sustancialmente) idéntica. Asimismo, el caudal Q_3 puede calcularse y/o determinarse a partir de la intensidad media *S* a caudales superiores al umbral de vórtice. Se prevé que Q_3 sea un caudal volumétrico.

En una realización preferente, los rangos de frecuencia tales como los rangos de frecuencia predefinidos se eligen para evitar frecuencias en las que se esperan perturbaciones. Las perturbaciones en forma de interferencias electrodinámicas son, a título de ejemplo no limitativo, esperables a frecuencias como 50 hercios o 60 hercios o sus múltiplos.

En una realización alternativa, los rangos de frecuencia se optimizan dinámicamente. Los rangos de frecuencia pueden, a modo de ejemplo no limitativo, optimizarse dinámicamente en el sentido de un sistema de autoaprendizaje. El sistema de autoaprendizaje se basa en datos de medición como los datos (5, 7, 12a, 12b) procedentes de los sensores (4, 11). El sistema de autoaprendizaje determina así una gama de frecuencias óptima o una pluralidad de gamas de frecuencias. Se prevé que el sistema de autoaprendizaje se adapte a la aplicación y/o a la situación real y/o a perturbaciones tales como vibraciones causadas por fuentes externas, interferencias electromagnéticas y/o tipos de fluidos de proceso. También se prevé que el sistema de autoaprendizaje emplee el aprendizaje automático para optimizar dinámicamente los rangos de frecuencia. El sistema de autoaprendizaje puede comprender un sistema de inteligencia artificial.

La optimización dinámica permite eliminar y/o inhibir y/o atenuar los efectos de las perturbaciones. Una o varias gamas de frecuencias se optimizan ventajosamente cuando aparece una perturbación en el espectro de frecuencias. Lo ideal es optimizar una o varias gamas de frecuencias cuando aparece una perturbación en la serie en el dominio de la frecuencia.

Generalmente es tarea del circuito de análisis (8) determinar el régimen de flujo. Es decir, el circuito de análisis (8) determina si el caudal de un fluido de proceso en el interior del conducto (1) es inferior, igual o superior a un umbral de desprendimiento de vórtices. El circuito de análisis (8) también puede identificar y tratar las perturbaciones en el espectro de potencia y/o en las series en el dominio de la frecuencia. Para ello, el circuito de análisis (8) emplea una rutina de decisión. La rutina de decisión puede, a modo de ejemplo no limitativo, funcionar como sigue: Determina el pico más distinguido (potencia máxima) en el espectro de frecuencias y/o en la serie en el dominio de la frecuencia. El pico más distinguido corresponde preferentemente a la potencia máxima. La FIG. 7 ilustra el pico en el espectro de frecuencias y/o en la serie en el dominio de la frecuencia. Se prevé que el pico más distinguido sea el que tenga la máxima amplitud. Cuando el pico de potencia S_{peak} está por encima de un umbral definido empíricamente S_{min} asume que el caudal está en o por encima del umbral de desprendimiento de vórtices. Si el pico de potencia

S_{peak} es igual o inferior a S_{min}, supone que el caudal está por debajo del umbral de desprendimiento de vórtices. El umbral S_{min} idealmente es un umbral predefinido.

Si la rutina supone que el caudal está por encima del umbral de desprendimiento de vórtices, iniciará una comparación. El circuito de análisis (8) comparará los caudales Q_1, Q_2 y Q_3 entre sí. Los caudales Q_1, Q_2 y Q_3 se basan en la frecuencia pico f_{peak}, en la potencia pico S_{peak} y en la intensidad media S de las fluctuaciones de presión. El circuito de análisis (8) también determinará si los caudales Q_1, Q_2 y Q_3 son coherentes.

Si los tres caudales coinciden entre sí y/o difieren por márgenes de error aceptables, la rutina supondrá un pico de vórtice. Los márgenes de error aceptables son preferiblemente márgenes de error predefinidos y/o márgenes de error. El caudal Q_1 se transmitirá en este caso al circuito de salida (13) como caudal (9). En una realización práctica, el caudal Q_1 puede enviarse al circuito de salida (13), si al menos un caudal de Q_2 o Q_3 coincide con Q_1 y/o difiere de Q_1 en un margen de error aceptable. El margen de error aceptable es preferiblemente un margen de error predeterminado. Ventajosamente, el circuito de análisis (8) también determina una viscosidad cinemática (10) como, por ejemplo, una viscosidad cinemática (10) del fluido de proceso.

Si Q_2 y Q_3 difieren de Q_1 en más de un margen de error aceptable, la rutina asumirá un pico de perturbación. El circuito de análisis (8) puede entonces suponer el improbable caso de una fuerte perturbación externa. Eliminará los datos de medición correspondientes a la frecuencia de pico del espectro de frecuencias y/o del dominio de frecuencias. El circuito de análisis (8) determinará de nuevo el pico más distinguido (potencia máxima) en la densidad espectral de potencia y/o en la serie en el dominio de la frecuencia. A continuación, el circuito de análisis (8) reiniciará la rutina de decisión descrita anteriormente a partir de la comparación del pico más distinguido con el umbral predefinido S_{min}. De este modo, el circuito de análisis (8) puede tener en cuenta el pico de perturbación supuesto. En una realización especial, el circuito de análisis (8) puede desplazar el rango de frecuencias de tal manera que el rango ya no comprenda supuesto el pico de perturbación.

Si la rutina asume que el caudal está por debajo del umbral de desprendimiento de vórtices, analiza más a fondo el caudal Q_3. Si el caudal Q_3 está por debajo o en el umbral de desprendimiento de vórtice, el caudal Q_3 se enviará al circuito de salida (13) como caudal (9). En caso de que Q_3 esté por encima o muy por encima del umbral de desprendimiento de vórtices, se enviará un mensaje de error al circuito de salida (13).

Un valor de Q_3 superior al umbral de desprendimiento de vórtices puede, por ejemplo, producirse cuando un pico de vórtice se interpreta erróneamente como una perturbación. En este caso, el pico del vórtice se eliminará del espectro. De ello se deduce que no habrá ningún valor significativo de Q_1, aunque Q_3 indique un caudal superior al umbral de desprendimiento de vórtices.

También puede producirse un valor de Q_3 superior al umbral de desprendimiento de vórtices cuando una o varias perturbaciones menores aumentan sustancialmente la intensidad media S. Dado que el caudal Q_3 depende de la intensidad media S, un valor defectuoso de S da lugar a un valor defectuoso de Q_3.

El circuito de análisis (8) produce y guarda idealmente una lista de todas las frecuencias que han sido consideradas perturbaciones. El circuito de análisis (8) puede producir además una lista de todos los picos de potencia que se han considerado perturbaciones. Esas perturbaciones incluyen, entre otras, interferencias electromagnéticas y/o fuentes externas de vibraciones. El circuito de análisis (8) guarda dichas listas para su uso futuro. El circuito de análisis (8) puede guardar dichas listas y eliminar las perturbaciones más abundantes del espectro de frecuencias y/o de las series en el dominio de la frecuencia. El circuito de análisis (8) también puede guardar dichas listas y desplazar uno o más rangos de frecuencia para excluir y/o inhibir las perturbaciones más abundantes.

El circuito de análisis (8) descrito anteriormente es capaz de medir caudales por encima, en y por debajo del umbral de desprendimiento de vórtices. Además, a caudales superiores al umbral de desprendimiento de vórtices, el circuito de análisis (8) determina también la viscosidad cinemática (10) del fluido de proceso. Para ello, el circuito de análisis (8) calcula la relación K del pico de potencia S_{peak} y de un valor medio M. El valor medio M es un valor medio de la densidad espectral de potencia en una gama de frecuencias adyacente al pico de potencia. La gama de frecuencias no incluye el pico de potencia propiamente dicho. El valor medio M es un valor medio de la serie en el dominio de la frecuencia en una gama de frecuencias adyacente al pico del vórtice. Una vez más, la gama de frecuencias no incluye el pico de potencia propiamente dicho. La gama de frecuencias adyacente al pico del vórtice es ventajosamente estrecha.

Los valores de S_{peak} y M son ambos proporcionales a la función de transmisión del sensor (4). Por lo tanto, la relación K es independiente o sustancialmente independiente del sensor (4). La relación K representa la energía total contenida en la calle del vórtice en proporción a la energía contenida en el movimiento aleatorio del flujo. La relación K depende de la viscosidad cinemática v (10) del fluido de proceso. Dado que la viscosidad cinemática v (10) depende de la temperatura, puede determinarse a partir de la relación K tras calibrar su dependencia empírica de la temperatura.

Para las medidas de caudales (9) y de viscosidades cinemáticas (10), el circuito de análisis (8) se basa en medidas de amplitud absoluta y/o en medidas de potencia. El sensor (4) debe funcionar de forma fiable y reproducible para

este tipo de mediciones. Por lo tanto, las mediciones precisas de los caudales (9) y de las viscosidades cinemáticas (10) pueden requerir cierto nivel de control de calidad durante la fabricación. También puede producirse una pérdida de sensibilidad del sensor (4) por envejecimiento o desgaste.

A caudales superiores al umbral de desprendimiento de vórtices, el circuito de análisis (8) puede detectar tales problemas relacionados con una pérdida de sensibilidad. El caudal Q_1 sólo depende de la frecuencia de pico f_{peak}. En cambio, los caudales Q_2 y Q_3 dependen de la sensibilidad del sensor (4). De ello se deduce que una pérdida de sensibilidad del sensor hace que los caudales Q_2 y Q_3 dejen de coincidir con el caudal Q_1.

Según un aspecto de la presente divulgación, el circuito de análisis (8) puede aplicar una corrección para remediar una pérdida de sensibilidad del sensor (4). Está previsto aplicar dicha corrección cuando la pérdida de sensibilidad se determine de forma inequívoca. Una determinación inequívoca significa que pueden descartarse otras fuentes de error.

Para ello, el circuito de análisis (8) entra en un modo de autocalibración. El modo de autocalibración sólo puede activarse para frecuencias que superen el umbral de desprendimiento de vórtices. A continuación, el circuito de análisis (8) estimará y/o determinará el caudal basándose únicamente en Q_1 . El circuito de análisis (8) registrará al mismo tiempo los valores del pico de potencia S_{peak} y/o los valores de la intensidad media S de las fluctuaciones de presión. Un pequeño conjunto de triples (Q, S_{peak}, S) puede, en principio, bastar para calibrar Q_2 y Q_3. Para calibrar Q_2 y Q_3 pueden emplearse dependencias empíricas del pico de potencia $P(Q)$ y de la intensidad media $S(Q)$ con respecto a un caudal Q .

Cabe destacar que la descripción anterior se centra en una realización basada en una transformada rápida de Fourier. Sin embargo, la divulgación también se aplica a cualquier forma matemáticamente equivalente de analizar una densidad espectral de potencia (promediada) de las señales preprocesadas y brutas. Formas matemáticamente equivalentes pueden comprender, por ejemplo, una automultiplicación de la señal preprocesada o bruta con posterior promediado y/o filtrado. Posteriormente, la señal puede promediarse o filtrarse.

La presente divulgación también se refiere a un componente de control de flujo de un sistema de calefacción, ventilación y/o aire acondicionado. El componente de control de caudal comprende un caudalímetro como se muestra en la FIG 1 y/o en la FIG 2. Se prevé que el componente de control de flujo comprenda una válvula como, por ejemplo, una válvula inteligente. El componente de control de flujo comprende ventajosamente un miembro de válvula tal como un miembro de válvula de tipo bola y/o un miembro de válvula de tipo obturador y/o un miembro de válvula de tipo globo.

En una realización, el circuito de análisis (8) implementa una red neuronal como la red (14) mostrada en la FIG 3. La red neuronal (14) comprende neuronas de entrada (15 - 17). En una realización, una primera neurona de entrada (15) corresponde a (o está asociada a) una frecuencia de pico f_{peak}. Una segunda neurona de entrada (16) corresponde a (o está asociada a) un pico de amplitud S_{peak} y/o un pico de potencia S_{peak} en la serie en el dominio de la frecuencia. Una tercera neurona de entrada (17) corresponde a (o está asociada a) una intensidad media S de las fluctuaciones de presión. Se prevé que la red neuronal (14) comprenda neuronas de entrada adicionales para valores históricos de calor disipado y/o temperatura T.

También se prevé que la red neuronal (14) se base en neuronas de entrada correspondientes a (o asociadas a) las series en el dominio de la frecuencia.

Cualquier entrada a la red neuronal (14) está idealmente normalizada. La red neuronal (14) también comprende una neurona de salida (28). En una realización, la neurona de salida (28) corresponde a (o está asociada a) un caudal. En otra realización, la neurona de salida (28) corresponde a (o está asociada a) una viscosidad cinemática.

La red neuronal (14) también comprende una o más capas ocultas (18, 23), teniendo cada capa (18, 23) una o más neuronas ocultas (19 - 22, 24 - 27). En una realización, la red neuronal (14) comprende una sola capa de neuronas ocultas. En otra realización, la red neuronal (14) comprende dos capas (18, 23) de neuronas ocultas. Las neuronas (19 - 22, 24 - 27) pueden, a modo de ejemplo no limitativo, tener funciones de activación tales como sigmoide y/o tangente hiperbólica y/o activación escalonada y/o funciones unitarias lineales exponenciales rectificadas. Las neuronas (19 - 22, 24 - 27) tienen un sesgo ventajoso. La red neuronal (14) se entrena idealmente en condiciones de prueba. Para entrenar la red neuronal se emplea una serie de mediciones obtenidas en distintas condiciones de prueba (14).

La red neuronal (14) puede, a modo de ejemplo no limitativo, entrenarse mediante un algoritmo de entrenamiento supervisado como la retropropagación. También se prevé que la red neuronal (14) se entrene utilizando un algoritmo evolutivo, como un algoritmo genético. El experto puede combinar algoritmos de entrenamiento. A modo de ejemplo, se puede emplear un algoritmo genético para encontrar una estimación aproximada de los pesos de las conexiones de la red neuronal (14). A continuación, se emplea un algoritmo de retropropagación para mejorar aún más el rendimiento de la red (14).

Tras el entrenamiento, la configuración de la red neuronal (14) y/o los pesos de las conexiones de la red neuronal (14) se guardan en una memoria del circuito de análisis (8) o asociada a él. La memoria es preferiblemente una memoria

no volátil. La configuración de la red neuronal (14) y/o los pesos de las conexiones de la red neuronal (14) en su conjunto definen un esquema de clasificación de fluidos empleado por el caudalímetro.

Como se describe en detalle en el presente documento, la presente divulgación enseña un procedimiento para estimar un caudal, el procedimiento comprende las etapas de:

registrar una serie de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose hacia el interior de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo;
producir una serie de valores en el dominio de la frecuencia a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo;
determinar un valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia, siendo el valor pico S_{peak} el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
producir una primera serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia;
determinar un valor de momento *S* de la primera serie de rangos; y
asignar el valor del momento *S* de la primera serie de rangos a un caudal derivado del rango, siendo el caudal derivado del rango indicativo del caudal de un fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro Z;
comparando el valor S_{peak} con un umbral predeterminado; y
asignar el valor S_{peak} a un caudal derivado del pico, si el valor S_{peak} supera el umbral predeterminado;
en el que el caudal derivado del pico es indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto del caudalímetro;
el procedimiento comprende además las etapas de:

si el valor de S_{peak} supera el umbral predeterminado:
comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en menos de un primer margen de error:

producir un primer caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango;
producir una primera señal de salida a partir del primer caudal de salida, siendo el primer caudal de salida indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto del caudalímetro; y
transmitir la primera señal de salida a un circuito de salida.

La presente divulgación también enseña un procedimiento para estimar un caudal, el procedimiento comprende las etapas de:

registrar una serie de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose hacia el interior de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo;
producir una serie de valores en el dominio de la frecuencia a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo;
determinar un valor S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia, siendo el valor pico S_{peak} el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
comparando el valor S_{peak} con un umbral predeterminado;
producir una primera serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia, excluyendo y/o inhibiendo el valor S_{peak} de la primera serie, si el valor S_{peak} supera el umbral predeterminado;
producir una primera serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia, si el valor pico S_{peak} es igual o inferior al umbral predeterminado;
determinar un valor de momento *S* de la primera serie de rangos; y
asignar el valor del momento *S* de la primera serie de rangos a un caudal derivado del rango, siendo el caudal derivado del rango indicativo del caudal de un fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. La divulgación instantánea también enseña cualquiera de los procedimientos antes mencionados, el procedimiento que comprende la etapa de:
producir una primera serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia, excluyendo y/o inhibiendo el valor pico S_{peak} de la primera serie.

El valor de momento S de la primera serie de rangos difiere preferentemente del valor de pico S_{peak}.

En una realización, el procedimiento de estimación de un caudal es un procedimiento de determinación de un caudal. Según una realización especial, el procedimiento de estimación de un caudal es un procedimiento de cálculo de un caudal. En otra realización, el procedimiento de estimación de un caudal es un procedimiento de indicación de un caudal.

Se prevé que el sensor (4) sea un sensor de presión y/o un sensor de caudal. El sensor (4) produce preferentemente señales eléctricas a partir de las presiones de un fluido como, por ejemplo, un fluido de proceso. El sensor (4) es aún más preferiblemente un sensor (4) como un sensor de presión y/o un sensor de caudal, el sensor (4) se extiende dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex. Se sigue previendo que el sensor (4) sea un sensor (4) como un

sensor de presión y/o un sensor de caudal, estando el sensor (4) situado en el interior de un conducto (1) de un caudalímetro vortex.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos aquí divulgados que comprenden la etapa de producir una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo produciendo para al menos dos señales de la serie de señales en el dominio del tiempo (cada una) un valor de la serie de valores en el dominio del tiempo. La divulgación instantánea enseña además cualquiera de los procedimientos divulgados en el presente documento que comprende la etapa de producir una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo produciendo para cada señal de la serie de señales en el dominio del tiempo (cada una) un valor de la serie de valores en el dominio del tiempo. La divulgación instantánea aún más enseña cualquiera de los procedimientos divulgados en el presente documento que comprende la etapa de producir una serie de valores de dominio de tiempo de la serie de señales de dominio de tiempo mediante el empleo de un convertidor analógico-digital para producir para al menos dos señales de la serie de señales de dominio de tiempo (cada uno) un valor de la serie de valores de dominio de tiempo. La divulgación instantánea aún más enseña cualquiera de los procedimientos divulgados en el presente documento que comprende la etapa de producir una serie de valores en el dominio del tiempo de la serie de señales en el dominio del tiempo mediante el empleo de un convertidor analógico-digital para producir para cada señal de la serie de señales en el dominio del tiempo (cada uno) un valor de la serie de valores en el dominio del tiempo. El procedimiento comprende preferiblemente la etapa de un convertidor analógico-digital que produce una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo. Se prevé que el procedimiento comprenda la etapa de un convertidor analógico-digital de un microcontrolador que produzca una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo. El microcontrolador y el convertidor analógico-digital están dispuestos preferentemente en el mismo sistema en un chip. El caudalímetro comprende idealmente el convertidor analógico-digital y/o el microcontrolador.

La serie de valores en el dominio del tiempo es idealmente una serie de valores de potencia en el dominio del tiempo. Se prevé que los valores de potencia de las series en el dominio del tiempo sean cada uno indicativos de potencia, como la energía eléctrica. Sigue estando previsto que la serie de valores en el dominio del tiempo sea una serie de valores de tensión en el dominio del tiempo. Se prevé que los valores de tensión de la serie de dominio temporal sean cada uno indicativo de una tensión tal como una tensión eléctrica. También se prevé que el valor de pico S_{peak} sea una amplitud de pico.

En una realización, la serie de valores en el dominio de la frecuencia se produce a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo utilizando una transformada de Fourier. Se prevé que se emplee un circuito integrado específico de la aplicación para producir la serie de valores en el dominio de la frecuencia a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo, personalizándose el circuito integrado específico de la aplicación para el propósito específico de llevar a cabo una transformada de Fourier. Lo ideal es que el caudalímetro incluya el circuito integrado específico de la aplicación, personalizado para el fin concreto de realizar una transformada de Fourier. Según un aspecto especial de la presente divulgación, la serie de valores en el dominio de la frecuencia se produce a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo utilizando una transformada rápida de Fourier. Se prevé que se emplee un circuito integrado específico de la aplicación para producir la serie de valores en el dominio de la frecuencia a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo, adaptándose el circuito integrado específico de la aplicación para el propósito específico de llevar a cabo una transformada rápida de Fourier. Lo ideal es que el caudalímetro incluya el circuito integrado específico de la aplicación, personalizado para el fin concreto de realizar una transformada rápida de Fourier.

La serie de valores en el dominio de la frecuencia es ventajosamente una serie de valores de potencia en el dominio de la frecuencia. Se prevé que los valores de potencia de las series en el dominio de la frecuencia sean cada uno indicativos de potencia, como la energía eléctrica. Sigue estando previsto que la serie de valores en el dominio de la frecuencia sea una serie de valores de tensión en el dominio de la frecuencia. Se prevé que los valores de tensión de la serie en el dominio de la frecuencia sean cada uno indicativo de una tensión como, por ejemplo, una tensión eléctrica.

El umbral predeterminado es preferiblemente de al menos 10 dBV, más preferiblemente de al menos 20 dBV, y aún más preferiblemente de al menos 40 dBV. El umbral predeterminado puede ser una amplitud predeterminada. El umbral predeterminado se almacena ventajosamente en una memoria tal como una memoria no volátil del caudalímetro. La divulgación instantánea también enseña cualquiera de los procedimientos descritos aquí, en donde el procedimiento comprende la etapa de leer el umbral predeterminado de una memoria tal como la memoria no volátil del medidor de flujo.

La presente divulgación también se refiere a cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende la etapa de producir una primera serie de valores de rango como un subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia mientras se aplica un filtro de parada de banda y/o un filtro de rechazo de banda y/o un filtro de muesca para excluir y/o inhibir el valor de pico S_{peak} de la primera serie de rango, si el valor de pico S_{peak} excede el umbral predeterminado.

El procedimiento comprende ventajosamente la etapa de producir una primera serie de valores de rango, la primera serie de valores de rango que comprende un subconjunto de los valores de la serie de valores de dominio de

frecuencia. Se prevé que la primera serie de rangos comprenda menos de la mitad de valores que la serie en el dominio de la frecuencia. La primera serie de rangos puede comprender menos de un cuarto de los valores de la serie en el dominio de la frecuencia o incluso menos de un quinto de los valores de la serie en el dominio de la frecuencia.

Según un aspecto de la presente divulgación, el valor de momento S de la primera serie de rangos es o comprende un valor medio de la primera serie de rangos. Es decir, el valor del momento S de la primera serie de rangos es o comprende un primer momento de la primera serie de rangos. El procedimiento comprende preferentemente la etapa de producir un valor medio de la primera serie de valores promediando aritméticamente los valores de la primera serie de valores. El procedimiento comprende idealmente la etapa de calcular y/o de determinar un valor medio μ_1 de la primera serie de rangos promediando los valores x_i de la primera serie de rangos que tiene *N* valores:

$$\mu_1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

En una realización especial, el valor medio de la primera serie de valores se calcula promediando aritméticamente y/o promediando geométricamente los valores de la primera serie de valores.

Según un aspecto de la presente divulgación, el valor de momento S de la primera serie de rangos es o comprende un segundo momento de la primera serie de rangos. El procedimiento comprende entonces la etapa de calcular y/o de determinar un valor de momento *S* de la primera serie de valores calculando y/o determinando un segundo momento de la primera serie de valores. El procedimiento también puede comprender la etapa de calcular y/o determinar un valor de momento$_{\mu 2}$ de la primera serie de rangos calculando y/o determinando un segundo momento de la primera serie de rangos de valores x_i, teniendo la primera serie de rangos *N* valores:

$$\mu_2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i^2$$

El procedimiento también puede comprender la etapa de calcular y/o determinar un valor de momento *S* de la primera serie de valores, siendo el valor de momento una función de un segundo momento de la primera serie de valores.

Se prevé que el caudal derivado del rango sea un tercer caudal. La presente divulgación también se refiere a cualquiera de los procedimientos aquí descritos, en los que el procedimiento comprende la etapa de emplear una tercera función $Q_3(S)$ para asignar el valor de momento *S* de la primera serie de rango a un caudal Q_3 derivado del rango. En una realización, la tercera función $Q_3(S)$ es una función monótona del valor del momento *S* de la primera serie de rangos. En una realización especial, la tercera función $Q_3(S)$ es una función creciente del valor del momento *S* de la primera serie de rangos. Una función logarítmica $Q_3(S)$ con constantes k_1, k_2 y $Q_{0,3}$

$$Q_3 = k_1(\log S + k_2 \cdot \log S) + Q_{0,3}$$

puede, a modo de ejemplo no limitativo, asignar el valor del momento *S* al caudal Q_3 derivado del rango. En la FIG. 5 también se ilustra una relación funcional entre el valor del momento *S* y el caudal Q_3 .

En una realización, la primera serie de rangos es una primera serie de ranuras o una primera serie de ventanas.

Según un aspecto de la presente divulgación, el caudal derivado del rango es un caudal basado en el rango y/o un caudal derivado de la ranura. En una realización, el caudal derivado del rango es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. De acuerdo con un aspecto especial de la presente divulgación, el caudal derivado del rango es una estimación del caudal de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La divulgación instantánea enseña cualquiera de los procedimientos aquí descritos, comprendiendo el procedimiento la etapa de asignar el valor pico S_{peak} a un caudal pico-derivado, si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado; donde el caudal pico-derivado es indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La divulgación instantánea todavía enseña cualquiera de los procedimientos descritos aquí, el procedimiento que comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado; y
asignar el valor pico S_{peak} a un caudal derivado del pico, si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado;
en el que el caudal derivado del pico es indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto (1) del caudalímetro.

Según un aspecto de la presente divulgación, el caudal derivado del pico es un caudal basado en el pico. En una realización, el caudal derivado del pico es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto

(1) del caudalímetro. Según un aspecto especial de la presente divulgación, el caudal derivado del pico es una estimación del caudal de un fluido, como un fluido de proceso, que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

Se prevé que el caudal derivado del pico sea un segundo caudal. La presente divulgación también se refiere a cualquiera de los procedimientos aquí descritos, en los que el procedimiento comprende la etapa de emplear una segunda función $Q_2(S_{peak})$ para asignar el valor pico S_{peak} a un caudal derivado del pico Q_2. En una realización, la segunda función $Q_2(S_{peak})$ es una función monotónica del valor pico S_{peak}. En una realización especial, la segunda función $Q_2(S_{peak})$ es una función creciente del valor pico S_{peak}. En la FIG. 6 también se ilustra una relación funcional entre el valor del momento *S* y el caudal Q_2 .

La presente divulgación enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un caudal pico derivado, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en menos de un primer margen de error:

producir un primer caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango;
producir una primera señal de salida a partir del primer caudal de salida, siendo el primer caudal de salida indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto (1) del caudalímetro; y
transmitir la primera señal de salida a un circuito de salida (13).

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos que implican un primer caudal de salida, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar un protocolo de bus de comunicación predeterminado, tal como un protocolo de bus de comunicación digital, para transmitir la primera señal de salida a un circuito de salida (13). El caudalímetro comprende idealmente el circuito de salida (13).

En una realización, el primer caudal de salida es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. Según un aspecto especial de la presente divulgación, el primer caudal de salida es una estimación del caudal de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un caudal pico derivado, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en menos de un primer margen de error:

producir un primer caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango; y
utilizar el primer caudal de salida para fijar la posición de un miembro de una válvula.

Se prevé que un procedimiento descrito en el presente documento y que implique un caudal derivado del pico comprenda la etapa de producir un primer caudal de salida exclusivamente en función del caudal derivado del pico. El primer caudal de salida no dependerá entonces del caudal derivado del rango.

Se sigue contemplando que un procedimiento descrito en el presente documento y que implique un caudal derivado de pico comprenda la etapa de producir un primer caudal de salida exclusivamente en función del caudal derivado de rango. De este modo, el primer caudal de salida no dependerá del caudal derivado del pico.

Se prevé además que un procedimiento descrito en el presente documento y que implique un caudal derivado de pico comprenda la etapa de producir un primer caudal de salida promediando el caudal derivado de pico y el caudal derivado de rango. En una realización, la media del caudal derivado del pico y del caudal derivado del rango es una media aritmética. En otra realización, la media del caudal derivado del pico y del caudal derivado del rango es una media geométrica.

La divulgación instantánea enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un primer caudal de salida, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar el primer caudal de salida para controlar una posición de un miembro de válvula de una válvula. En una realización especial, el primer caudal de salida se utiliza como punto de ajuste para controlar la posición de un miembro de una válvula.

La presente divulgación enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un caudal pico derivado, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;

si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en más de un primer margen de error:

producir una primera señal de error; y
transmitir la primera señal de error a un circuito de salida (13).

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una primera señal de error, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar un protocolo de bus de comunicación predeterminado, tal como un protocolo de bus de comunicación digital, para transmitir la primera señal de error a un circuito de salida (13). El caudalímetro comprende idealmente el circuito de salida (13).

El primer margen de error puede ser, a modo de ejemplo no limitativo, el dos por ciento, el cinco por ciento o el diez por ciento del caudal derivado del rango. Según un aspecto de la presente divulgación, el primer margen de error es de al menos el dos por ciento o al menos el cinco por ciento o al menos el diez por ciento del caudal derivado del rango. El primer margen de error puede ser, a modo de ejemplo no limitativo, el dos por ciento, el cinco por ciento o el diez por ciento del caudal derivado del pico. Según un aspecto de la presente divulgación, el primer margen de error es de al menos el dos por ciento o al menos el cinco por ciento o al menos el diez por ciento del caudal derivado del pico.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

asignar el valor pico S_{peak} a un valor de viscosidad cinemática v, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

La presente divulgación sigue enseñando cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

asignar el valor pico S_{peak} a un valor de viscosidad cinemática v, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento S de la primera serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

La presente divulgación enseña aún más cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento S de la primera serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una señal de viscosidad cinemática, en el que el procedimiento comprende la etapa de producir un valor de viscosidad cinemática v calculando y/o determinando una relación entre el valor de pico S_{peak} y el valor de momento S de la primera serie de rangos. En una realización, el valor de viscosidad cinemática v se produce en función de una relación entre el valor de pico S_{peak} y el valor de momento S de la primera serie de rangos. En una realización especial, el valor de viscosidad cinemática v se produce como una relación entre el valor de pico S_{peak} y el valor de momento S de la primera serie de rangos.

La divulgación instantánea enseña cualquiera de los procedimientos descritos aquí, en donde el procedimiento comprende las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

producir una segunda serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia;
en la que la segunda serie de rangos difiere de la primera serie de rangos;
determinar un valor de momento *M* de la segunda serie de rangos;
producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

producir una segunda serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia;
en la que la segunda serie de rangos difiere de la primera serie de rangos;
determinar un valor de momento *M* de la segunda serie de rangos;
producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento M de la segunda serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

producir una segunda serie de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia, excluyendo y/o inhibiendo el valor de pico S_{peak} de la segunda serie;
en la que la segunda serie de rangos difiere de la primera serie de rangos;
determinar un valor de momento *M* de la segunda serie de rangos;
producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

Según un aspecto de la presente divulgación, el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos es o comprende un valor medio de la segunda serie de rangos. Es decir, el valor del momento *M* de la segunda serie de rangos es o comprende un primer momento de la segunda serie de rangos. El procedimiento comprende preferentemente la etapa de producir un valor medio de la segunda serie de rangos promediando aritméticamente los valores de la segunda serie de rangos de valores. El procedimiento comprende idealmente la etapa de calcular y/o de determinar un valor medio μ_1, de la segunda serie de rangos promediando los valores x_i de la segunda serie de rangos que tiene *N* valores:

$$\mu_1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

En una realización especial, el valor medio de la segunda serie de valores se calcula promediando aritméticamente y/o promediando geométricamente los valores de la segunda serie de valores.

Según un aspecto de la presente divulgación, el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos es o comprende un segundo momento de la segunda serie de rangos. El procedimiento comprende entonces la etapa de calcular y/o de determinar un valor de momento *M* de la segunda serie de valores calculando y/o determinando un segundo momento de la segunda serie de valores. El procedimiento también puede comprender la etapa de calcular y/o determinar un valor de momento μ_2 de la segunda serie de rangos calculando y/o determinando un segundo momento de la segunda serie de rangos de valores x_i, teniendo la segunda serie de rangos *N* valores:

$$\mu_2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i^2$$

El procedimiento también puede comprender la etapa de calcular y/o determinar un valor de momento *M* de la segunda serie de valores, siendo el valor de momento una función de un segundo momento de la segunda serie de valores.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una señal de viscosidad cinemática, en el que el procedimiento comprende la etapa de producir un valor de viscosidad cinemática v calculando y/o determinando una relación *K* entre el valor de pico S_{peak} y el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos. En una realización, el valor de viscosidad cinemática v se produce en función de una relación *K* entre el valor de pico S_{peak} y el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos. En una realización especial, el valor de viscosidad cinemática v se produce como una relación entre el valor de pico S_{peak} y el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos.

En una realización, la segunda serie de rangos es una segunda serie de ranuras o una segunda serie de ventanas.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una señal de viscosidad cinemática, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar un protocolo de bus de comunicación predeterminado tal como un protocolo de bus de comunicación digital para transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13). El caudalímetro comprende idealmente el circuito de salida (13).

En una realización, el valor de viscosidad cinemática v es indicativo de una viscosidad cinemática de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. De acuerdo con un aspecto especial de la presente divulgación, el valor de viscosidad cinemática v es una estimación de la viscosidad cinemática de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación enseña cualquiera de los procedimientos aquí descritos, en los que la serie en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores;

en el que cada valor de la serie en el dominio de la frecuencia está asociado a una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia;
el procedimiento comprende las etapas de:

comparando el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

identificar una frecuencia pico f_{peak} como una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia que está asociada con el valor pico S_{peak}; y
asignar la frecuencia pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo el caudal derivado de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos aquí descritos,

en los que la serie en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores;
en los que cada valor de la serie en el dominio de la frecuencia corresponde a una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia;
el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

identificar una frecuencia pico f_{peak} como una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia que corresponde al valor pico S_{peak}; y
asignar la frecuencia pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo el caudal derivado de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos aquí descritos,

en los que la serie en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores;
en los que cada valor de la serie en el dominio de la frecuencia está asociado a una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia;
el procedimiento comprende las etapas de:

comparando el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

identificar una frecuencia pico f_{peak} como una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia que está asociada con el valor pico S_{peak}; y
asignar la frecuencia pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo el caudal derivado de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

Según un aspecto de la presente divulgación, el caudal derivado de la frecuencia es un caudal basado en la frecuencia. En una realización, el caudal derivado de la frecuencia es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. Según un aspecto especial de la presente divulgación, el caudal derivado de la frecuencia es una estimación del caudal de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

Según un aspecto de la presente divulgación, cada valor de la serie en el dominio de la frecuencia corresponde a una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia. Las frecuencias de las series en el dominio de la frecuencia se asignan de forma suryectiva a los valores de las series en el dominio de la frecuencia. Según un aspecto especial de la presente divulgación, las frecuencias de las series en el dominio de la frecuencia se asignan biyectivamente a los valores de las series en el dominio de la frecuencia.

Se prevé que el caudal derivado de la frecuencia sea un primer caudal. La presente divulgación también se refiere a cualquiera de los procedimientos aquí descritos, en los que el procedimiento comprende la etapa de emplear una primera función $Q_1(f_{peak})$ para asignar la frecuencia pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia Q_1. En una realización, la primera función $Q_1(f_{peak})$ es una función monotónica de la frecuencia pico f_{peak}. En una realización especial, la primera función $Q_1(f_{peak})$ es una función creciente de la frecuencia pico f_{peak}. Según un aspecto especial, un mapa afín $Q_1(f_{peak})$ y/o una función afín $Q_1(f_{peak})$ de la forma

$$Q_1 = Q_{0,1} + k \cdot f_{peak}$$

que tiene constantes $Q_{0,1}$ y k asigna la frecuencia pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia Q_1. En la FIG. 4 también se ilustra una relación funcional entre el valor del momento *S* y el caudal Q_1 .

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una serie de frecuencias, en la que la serie en el dominio de la frecuencia comprende una serie ordenada de frecuencias y una serie de valores.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un caudal derivado de la frecuencia, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado de la frecuencia con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango difieren en menos de un segundo de margen de error:

producir un segundo caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango, siendo el segundo caudal de salida indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto (1) del caudalímetro;
producir una segunda señal de salida a partir del segundo caudal de salida; y
transmitir la segunda señal de salida a un circuito de salida (13).

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos que implican un segundo caudal de salida, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar un protocolo de bus de comunicación predeterminado, tal como un protocolo de bus de comunicación digital, para transmitir la segunda señal de salida a un circuito de salida (13). El caudalímetro comprende idealmente el circuito de salida (13).

En una realización, el segundo caudal de salida es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. Según un aspecto especial de la presente divulgación, el segundo caudal de salida es una estimación del caudal de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un caudal derivado de la frecuencia, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado de la frecuencia con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango difieren en menos de un segundo de margen de error:

producir un segundo caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango; y

utilizar el segundo caudal de salida para fijar la posición de un miembro de una válvula.

Se prevé que un procedimiento descrito en el presente documento y que implique un caudal derivado de la frecuencia comprenda la etapa de producir un segundo caudal de salida exclusivamente en función del caudal derivado de la frecuencia. El segundo caudal de salida no dependerá entonces del caudal derivado del rango.

Todavía se prevé que un procedimiento descrito en el presente documento y que implique un caudal derivado de la frecuencia comprenda la etapa de producir un segundo caudal de salida exclusivamente en función del caudal derivado del rango. El segundo caudal de salida no dependerá entonces del caudal derivado de la frecuencia.

Se prevé además que un procedimiento descrito en el presente documento y que implique un caudal derivado de la frecuencia comprenda la etapa de producir un segundo caudal de salida promediando el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango. En una realización, la media del caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango es una media aritmética. En otra realización, la media del caudal derivado de la frecuencia y del caudal derivado del rango es una media geométrica.

La divulgación instantánea enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un segundo caudal de salida, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar el segundo caudal de salida para controlar una posición de un miembro de válvula de una válvula. En una realización especial, el segundo caudal de salida se utiliza como punto de ajuste para controlar la posición de un miembro de una válvula.

La presente divulgación enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican un caudal derivado de la frecuencia, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado de la frecuencia con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango difieren en más de un segundo de margen de error:

producir una segunda señal de error; y
transmitir la segunda señal de error a un circuito de salida (13).

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una segunda señal de error, en el que el procedimiento comprende la etapa de utilizar un protocolo de bus de comunicación predeterminado tal como un protocolo de bus de comunicación digital para transmitir la segunda señal de error a un circuito de salida (13). El caudalímetro comprende idealmente el circuito de salida (13). En una realización, la primera señal de error y la segunda señal de error son iguales. En otra realización, la primera señal de error difiere de la segunda señal de error.

El segundo margen de error puede ser, a modo de ejemplo no limitativo, el dos por ciento, el cinco por ciento o el diez por ciento del caudal derivado del rango. Según un aspecto de la presente divulgación, el segundo margen de error es de al menos el dos por ciento o al menos el cinco por ciento o al menos el diez por ciento del caudal derivado del rango. El segundo margen de error puede ser, a modo de ejemplo no limitativo, el dos por ciento, el cinco por ciento o el diez por ciento del caudal derivado de la frecuencia. Según un aspecto de la presente divulgación, el segundo margen de error es de al menos el dos por ciento o al menos el cinco por ciento o al menos el diez por ciento del caudal derivado de la frecuencia. En una realización, el primer margen de error y el segundo margen de error son iguales. En otra realización, el primer margen de error es diferente del segundo margen de error.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en la que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, estando cada valor de la serie de valores asociado a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de valores pico S_{peak} determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia un valor pico S_{peak} como el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;

producir una pluralidad de frecuencias pico f_{peak} identificando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una frecuencia pico f_{peak} que esté asociada con el valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de caudales derivados de picos mediante la asignación de cada valor de pico S_{peak} de la pluralidad de valores de pico S_{peak} a un caudal derivado de pico, siendo cada caudal derivado de pico de la pluralidad de caudales derivados de pico indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizando la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} y la pluralidad de caudales derivados de picos para determinar los parámetros $Q_{0,1}$, k de una primera función $Q_1(f_{peak})$, la primera función $Q_1(f_{peak})$ que asigna frecuencias pico f_{peak} a caudales derivados de frecuencias; y
guardar los parámetros $Q_{0,1}$, k de la primera función $Q_1(f_{peak})$ en una memoria no volátil.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en la que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, correspondiendo cada valor de la serie de valores a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de valores pico S_{peak} determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia un valor pico S_{peak} como el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
producir una pluralidad de frecuencias pico f_{peak} identificando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una frecuencia pico f_{peak} que corresponda al valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de caudales derivados de picos mediante la asignación de cada valor de pico S_{peak} de la pluralidad de valores de pico S_{peak} a un caudal derivado de pico, siendo cada caudal derivado de pico de la pluralidad de caudales derivados de pico indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizando la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} y la pluralidad de caudales derivados de picos para determinar los parámetros $Q_{0,1}$, k de una primera función $Q_1(f_{peak})$, la primera función $Q_1(f_{peak})$ que asigna frecuencias pico f_{peak} a caudales derivados de frecuencias; y
guardar los parámetros $Q_{0,1}$, k de la primera función $Q_1(f_{peak})$ en una memoria no volátil.

Se prevé que la pluralidad de valores de pico S_{peak} sea una pluralidad de amplitudes de pico. Se prevé que cada valor de pico S_{peak} de la pluralidad de valores de pico S_{peak} sea una amplitud de pico de la pluralidad de amplitudes de pico.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una primera función $Q_1(f_{peak})$, comprendiendo el procedimiento la etapa de guardar los parámetros $Q_{0,1}$, k de la primera función $Q_1(f_{peak})$ en una memoria no volátil del caudalímetro. La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una primera función $Q_1(f_{peak})$, el procedimiento que comprende la etapa de emplear regresión lineal para determinar los parámetros $Q_{0,1}$, k de una primera función $Q_1(f_{peak})$ basada en la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} y basada en la pluralidad de caudales derivados de pico, la primera función $Q_1(f_{peak})$ que asigna frecuencias pico f_{peak} a caudales derivados de frecuencia.

La divulgación instantánea también enseña cualquiera de los procedimientos descritos aquí y que implican una primera función $Q_1(f_{peak})$, el procedimiento que comprende la etapa de usar la primera función $Q_1(f_{peak})$ y los parámetros $Q_{0,1}$, k de la primera función $Q_1(f_{peak})$ para fijar una posición de un miembro de válvula de una válvula. La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una primera función $Q_1(f_{peak})$, comprendiendo el procedimiento la etapa de utilizar la primera función $Q_1(f_{peak})$ y los parámetros $Q_{0,1}$, k de la primera función $Q_1(f_{peak})$ para controlar una posición de un miembro de válvula de una válvula.

En una realización, cada caudal pico derivado de la pluralidad de caudales pico derivados es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. Según un aspecto especial de la presente divulgación, cada caudal pico derivado de la pluralidad de caudales pico derivados es una estimación del caudal de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en la que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, estando cada valor de la serie de valores asociado a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de valores pico S_{peak} determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia un valor pico S_{peak} como el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
producir una pluralidad de frecuencias pico f_{peak} identificando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una frecuencia pico f_{peak} que esté asociada con el valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de caudales derivados de la frecuencia asignando cada frecuencia pico f_{peak} de la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo cada caudal derivado de la frecuencia de la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizando la pluralidad de valores pico S_{peak} y la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia para determinar los parámetros de una segunda función $Q_2(S_{peak})$, la segunda función $Q_2(S_{peak})$ asigna valores pico S_{peak} a caudales derivados de picos; y
guardar los parámetros de la segunda función $Q_2(S_{peak})$ en una memoria no volátil.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en la que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, correspondiendo cada valor de la serie de valores a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de valores pico S_{peak} determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia un valor pico S_{peak} como el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
producir una pluralidad de frecuencias pico f_{peak} identificando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una frecuencia pico f_{peak} que corresponda al valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de caudales derivados de la frecuencia asignando cada frecuencia pico f_{peak} de la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo cada caudal derivado de la frecuencia de la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizando la pluralidad de valores pico S_{peak} y la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia para determinar los parámetros de una segunda función $Q_2(S_{peak})$, la segunda función $Q_2(S_{peak})$ asigna valores pico S_{peak} a caudales derivados de picos; y
guardar los parámetros de la segunda función $Q_2(S_{peak})$ en una memoria no volátil.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos aquí descritos y que implican una segunda función $Q_2(S_{peak})$, comprendiendo el procedimiento la etapa de guardar los parámetros de la segunda función $Q_2(S_{peak})$ en una memoria no volátil del caudalímetro. La divulgación instantánea también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una segunda función $Q_2(S_{peak})$, el procedimiento que comprende la etapa de usar la segunda función $Q_2(S_{peak})$ y los parámetros de la segunda función $Q_2(S_{peak})$ para establecer una posición de un miembro de válvula de una válvula. La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una segunda función $Q_2(S_{peak})$, el procedimiento que comprende la etapa de utilizar la segunda función $Q_2(S_{peak})$ y los parámetros de la segunda función $Q_2(S_{peak})$ para controlar una posición de un miembro de válvula de una válvula.

La presente divulgación enseña además cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en la que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, estando cada valor de la serie de valores asociado a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de series de tercer rango determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una serie de tercer rango como subconjunto de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de valores de momento *S* determinando para cada serie de tercer rango de la pluralidad de series de tercer rango un valor de momento *S* de la serie de tercer rango;
determinar una pluralidad de caudales derivados de la frecuencia asignando cada frecuencia pico f_{peak} de la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo cada caudal derivado de la frecuencia de la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizando la pluralidad de valores de momento *S* y la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia para determinar los parámetros k_1, k_2, $Q_{0,3}$ de una tercera función $Q_3(S)$, la tercera función $Q_3(S)$ que asigna los valores de momento S a caudales derivados del rango; y
guardar los parámetros k_1, k_2, $Q_{0,3}$ de la tercera función $Q_3(S)$ en una memoria no volátil.

La divulgación instantánea enseña aún más cualquiera de los procedimientos descritos aquí, el procedimiento que comprende las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en la que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, correspondiendo cada valor de la serie de valores a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de series de tercer rango determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una serie de tercer rango como subconjunto de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de valores de momento S determinando para cada serie de tercer rango de la pluralidad de series de tercer rango un valor de momento *S* de la serie de tercer rango;
determinar una pluralidad de caudales derivados de la frecuencia asignando cada frecuencia pico f_{peak} de la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo cada caudal derivado de la frecuencia de la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizando la pluralidad de valores de momento *S* y la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia para determinar los parámetros k_1, k_2, $Q_{0,3}$ de una tercera función $Q_3(S)$, la tercera función $Q_3(S)$ que asigna valores de momento *S* a caudales derivados del rango; y
guardar los parámetros k_1, k_2, $Q_{0,3}$ de la tercera función $Q_3(S)$ en una memoria no volátil.

En una realización, la serie de tercer rango es una serie de terceras ranuras o una serie de terceras ventanas.

La presente divulgación también enseña cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia, en las que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie ordenada de frecuencias y una serie de valores, correspondiendo cada valor de la serie de valores a una frecuencia de la serie ordenada de frecuencias. La presente divulgación sigue enseñando cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento y que implican una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia, en las que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie ordenada de frecuencias y una serie de valores, estando cada valor de la serie de valores asociado a una frecuencia de la serie ordenada de frecuencias.

En una realización, cada caudal derivado por frecuencia de la pluralidad de caudales derivados por frecuencia es indicativo del caudal de un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro. Según un aspecto especial de la presente divulgación, cada caudal derivado por frecuencia de la pluralidad de caudales derivados por frecuencia es una estimación del caudal de un fluido tal como un fluido de proceso que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

La presente divulgación también enseña un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un caudalímetro vortex hacen que el uno o más procesadores realicen cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento.

La presente divulgación sigue enseñando un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un caudalímetro vortex, el uno o más procesadores que tienen una interfaz configurada para conectarse a un sensor (4) que está situado en el interior y/o que se extiende dentro de un conducto (1) del caudalímetro vortex, hacen que el uno o más procesadores realicen cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento.

La presente divulgación enseña además un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un caudalímetro vortex, el uno o más procesadores que tienen una primera interfaz configurada para conectarse a un sensor (4) situado dentro y/o que se extiende en un conducto (1) del caudalímetro vortex y una segunda interfaz configurada para conectarse a un circuito de salida (13), hacen que el uno o más procesadores realicen cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento.

La presente divulgación también enseña un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un medidor de flujo vorticial hacen que el medidor de flujo vorticial realice cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento.

La presente divulgación aún enseña un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un caudalímetro vortex, el uno o más procesadores que tienen una interfaz configurada para conectarse a un sensor (4) que está situado dentro y/o que se extiende dentro de un conducto (1) del caudalímetro vortex, hacen que el caudalímetro vortex realice cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento.

La presente divulgación enseña además un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un caudalímetro vortex, el uno o más procesadores que tienen una interfaz configurada para conectarse a un sensor (4) que está situado dentro y/o que se extiende en un conducto (1) del caudalímetro vortex y una segunda interfaz configurada para conectarse a un circuito de salida (13), hacen que el caudalímetro vortex realice cualquiera de los procedimientos descritos en el presente documento.

Se prevé que el medio tangible legible por máquina sea no transitorio. También se prevé que el medio tangible legible por máquina comprenda una memoria no volátil.

Cualquier etapa de un procedimiento según la presente divulgación puede estar incorporado en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador, en un módulo de software ejecutado por un procesador dentro de un contenedor utilizando virtualización a nivel de sistema operativo, en una disposición de computación en nube, o en una combinación de los mismos. El software puede incluir un firmware, un controlador de hardware que se ejecuta en el sistema operativo o un programa de aplicación. Por lo tanto, la divulgación también se refiere a un producto de programa de ordenador para realizar las operaciones presentadas aquí. Si se implementan en software, las funciones descritas pueden almacenarse como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador. Algunos ejemplos de medios de almacenamiento que pueden utilizarse son la memoria de acceso aleatorio (RAM), la memoria de sólo lectura (ROM), la memoria flash, la memoria EPROM, la memoria EEPROM, los registros, un disco duro, un disco extraíble, otros discos ópticos o cualquier medio disponible al que pueda acceder un ordenador o cualquier otro equipo y aparato informático.

Debe entenderse que lo anterior se refiere únicamente a ciertas realizaciones de la divulgación y que pueden introducirse numerosos cambios en la misma sin apartarse del alcance de la divulgación tal como se define en las siguientes reivindicaciones. También debe entenderse que la divulgación no se limita a las realizaciones ilustradas y que pueden hacerse diversas modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones siguientes.

Números de referencia

1 conducto
2 flujo
3 cuerpo lleno
4 sensor
5 señal de salida bruta

6 circuito de medición
7 señal preprocesada
8 circuito de análisis
9 caudal
10 viscosidad cinemática
11 sensor de temperatura
12a, 12b señales de temperatura
13 circuito de salida
14 red neuronal
15 - 17 neuronas de entrada
18 capa oculta
29 - 22 neuronas
23 capa oculta
24 - 27 neuronas
28 neurona de salida

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de estimación de un caudal, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una serie de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose hacia el interior de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de la serie de señales en el dominio del tiempo;
producir una serie de valores en el dominio de la frecuencia a partir de la serie de valores en el dominio del tiempo;
determinar un valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia, siendo el valor pico S_{peak} el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
producir una primera serie de rangos de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia;
determinar un valor de momento *S* de la primera serie de rangos; y
asignar el valor del momento *S* de la primera serie de rangos a un caudal derivado del rango, siendo el caudal derivado del rango indicativo del caudal de un fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
caracterizado por
comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado; y
asignar el valor pico S_{peak} a un caudal derivado del pico, si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado;
en el que el caudal pico derivado es indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto (1) del caudalímetro; comprendiendo además el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en menos de un primer margen de error:

producir un primer caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango;
producir una primera señal de salida a partir del primer caudal de salida, siendo el primer caudal de salida indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto (1) del caudalímetro; y
transmitir la primera señal de salida a un circuito de salida (13).

2. El procedimiento según la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en menos de un primer margen de error:

producir un primer caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango; y
utilizar el primer caudal de salida para fijar la posición de un miembro de válvula de una válvula.

3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado del pico con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado del pico y el caudal derivado del rango difieren en más de un primer margen de error:

producir una primera señal de error; y
transmitir la primera señal de error a un circuito de salida (13).

4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

asignar el valor pico S_{peak} a un valor de viscosidad cinemática v, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento S de la primera serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el procedimiento comprende las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

producir una segunda serie de rangos de valores como subconjunto de la serie de valores en el dominio de la frecuencia;
en el que la segunda serie de rangos difiere de la primera serie de rangos;
determinar un valor de momento *M* de la segunda serie de rangos;
producir un valor de viscosidad cinemática v basado en el valor pico S_{peak} y basado en el valor de momento *M* de la segunda serie de rangos, siendo el valor de viscosidad cinemática v indicativo de una viscosidad cinemática del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
producir una señal de viscosidad cinemática a partir del valor de viscosidad cinemática v; y
transmitir la señal de viscosidad cinemática a un circuito de salida (13).

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,

en el que la serie en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores;
en el que cada valor de la serie en el dominio de la frecuencia está asociado a una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia;
comprendiendo el procedimiento las etapas de:

comparar el valor pico S_{peak} con un umbral predeterminado;
si el valor de pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

identificar una frecuencia pico f_{peak} como una frecuencia de la serie en el dominio de la frecuencia que está asociada con el valor pico S_{peak}; y
asignar la frecuencia pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo el caudal derivado de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro.

8. El procedimiento según la reivindicación 7, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado de la frecuencia con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango difieren en menos de un segundo de margen de error:

producir un segundo caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango, siendo el segundo caudal de salida indicativo del caudal del fluido que circula por el conducto (1) del caudalímetro;
producir una segunda señal de salida a partir del segundo caudal de salida; y
transmitir la segunda señal de salida a un circuito de salida (13).

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} supera el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado de la frecuencia con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango difieren en menos de un segundo de margen de error:

producir un segundo caudal de salida basado en al menos uno de: el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango; y
utilizar el segundo caudal de salida para fijar la posición de un miembro de válvula de una válvula.

10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
si el valor pico S_{peak} excede el umbral predeterminado:

comparar el caudal derivado de la frecuencia con el caudal derivado del rango;
si el caudal derivado de la frecuencia y el caudal derivado del rango difieren en más de un segundo de margen de error:

producir una segunda señal de error; y
transmitir la segunda señal de error a un circuito de salida (13).

11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en el que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, estando cada valor de la serie de valores asociado a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de valores pico S_{peak} determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia un valor pico S_{peak} como el mayor valor de la serie en el dominio de la frecuencia;
producir una pluralidad de frecuencias pico f_{peak} identificando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una frecuencia pico f_{peak} que esté asociada con el valor pico S_{peak} de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de caudales derivados de la frecuencia asignando cada frecuencia pico f_{peak} de la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo cada caudal derivado de la frecuencia de la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizar la pluralidad de valores pico S_{peak} y la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia para determinar los parámetros de una segunda función $Q_2(S_{peak})$, asignando la segunda función $Q_2(S_{peak})$ valores pico S_{peak} a caudales derivados del pico; y
guardar los parámetros de la segunda función $Q_2(S_{peak})$ en una memoria no volátil.

12. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

registrar una pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo procedentes de un sensor (4), estando el sensor (4) situado en el interior y/o extendiéndose dentro de un conducto (1) de un caudalímetro vortex;
producir una pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo produciendo una serie de valores en el dominio del tiempo a partir de cada serie de señales en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de señales en el dominio del tiempo;
producir una pluralidad de series en el dominio de la frecuencia produciendo una serie en el dominio de la frecuencia a partir de cada serie de valores en el dominio del tiempo de la pluralidad de series de valores en el dominio del tiempo;
en el que cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia comprende una serie de frecuencias y una serie de valores, estando cada valor de la serie de valores asociado a una frecuencia de la serie de frecuencias;
producir una pluralidad de series de tercer rango determinando para cada serie en el dominio de la frecuencia de la pluralidad de series en el dominio de la frecuencia una serie de tercer rango como subconjunto de la serie en el dominio de la frecuencia;
determinar una pluralidad de valores de momento *S* determinando para cada serie de tercer rango de la pluralidad de series de tercer rango un valor de momento *S* de la serie de tercer rango;
determinar una pluralidad de caudales derivados de la frecuencia asignando cada frecuencia pico f_{peak} de la pluralidad de frecuencias pico f_{peak} a un caudal derivado de la frecuencia, siendo cada caudal derivado de la frecuencia de la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia indicativo del caudal del fluido que fluye a través del conducto (1) del caudalímetro;
utilizar la pluralidad de valores de momento *S* y la pluralidad de caudales derivados de la frecuencia para determinar los parámetros k_1, k_2, $Q_{0,3}$ de una tercera función $Q_3(S)$, asignando la tercera función $Q_3(S)$ valores de momento S a caudales derivados del rango; y
guardar los parámetros k_1, k_2, $Q_{0,3}$ de la tercera función $Q_3(S)$ en una memoria no volátil.

13. Un medio tangible legible por máquina que tiene un conjunto de instrucciones almacenadas en el mismo que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de un caudalímetro vortex, hacen que el uno o más procesadores realicen el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

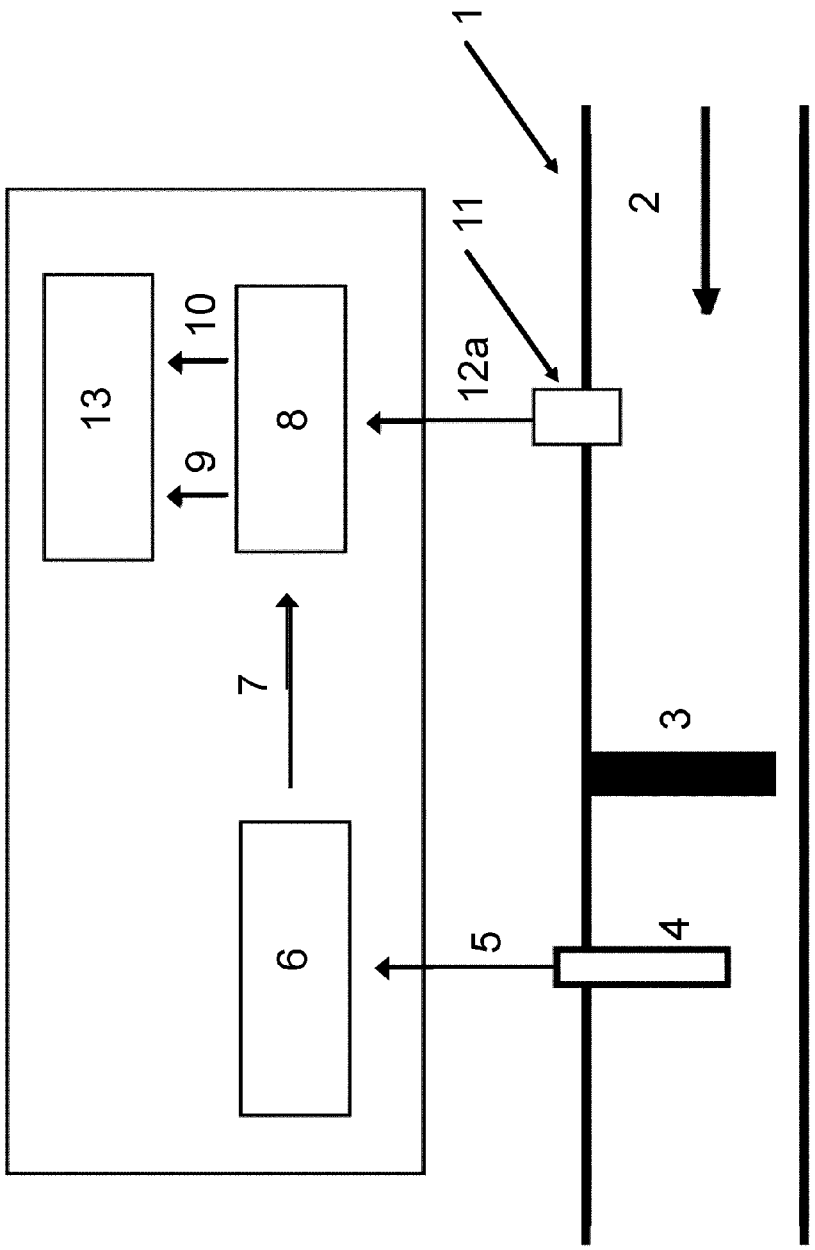

FIG 1

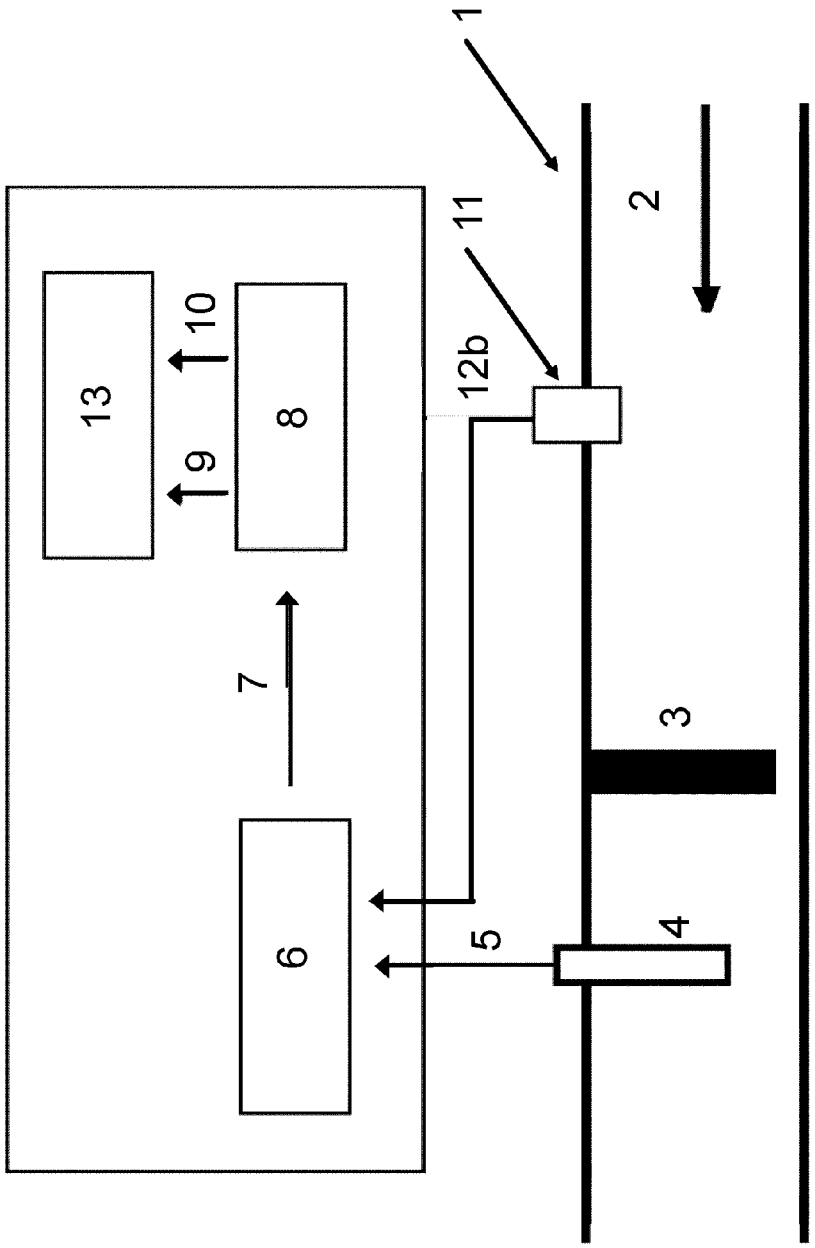

FIG 2

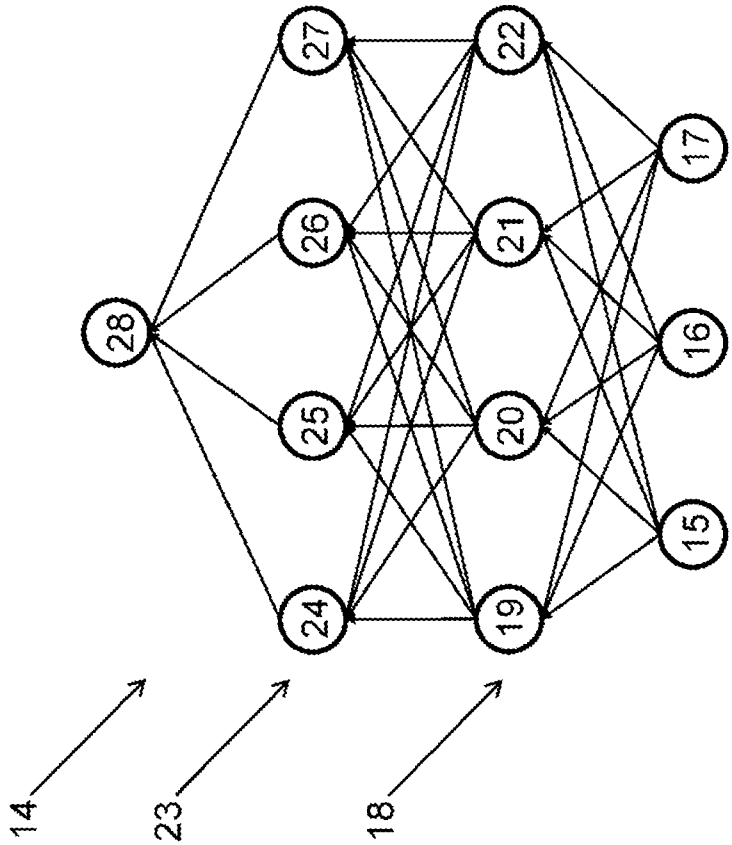

FIG 3

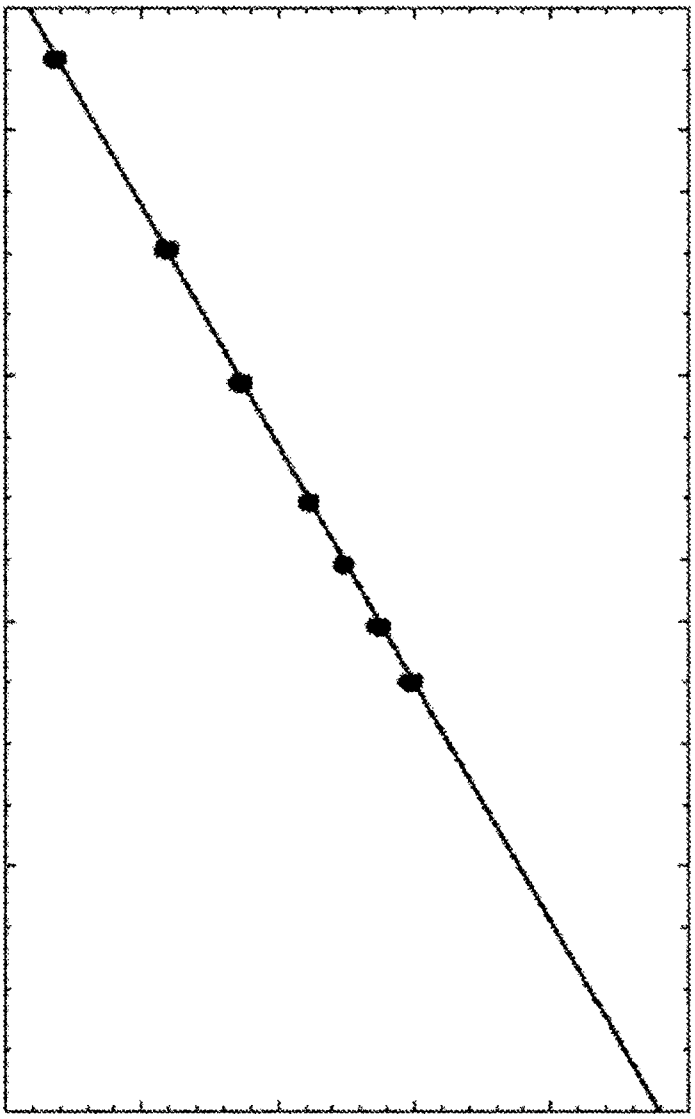

FIG 4

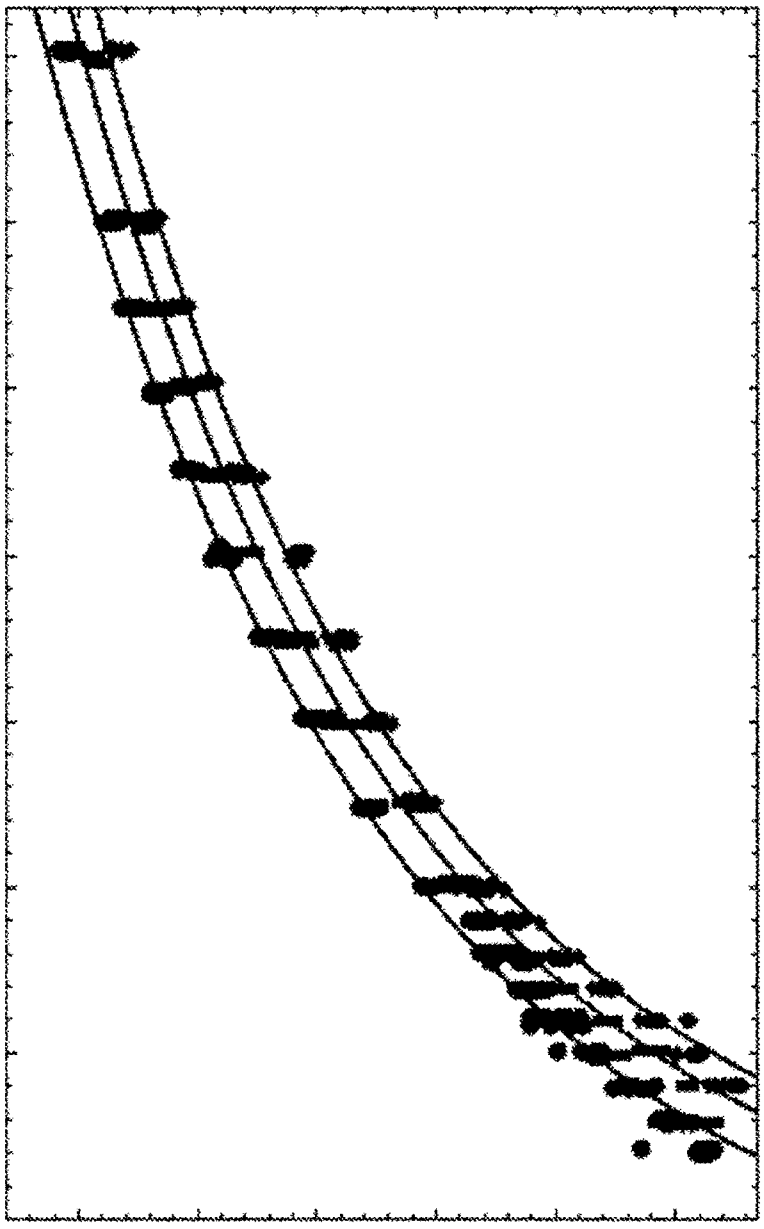

FIG 5

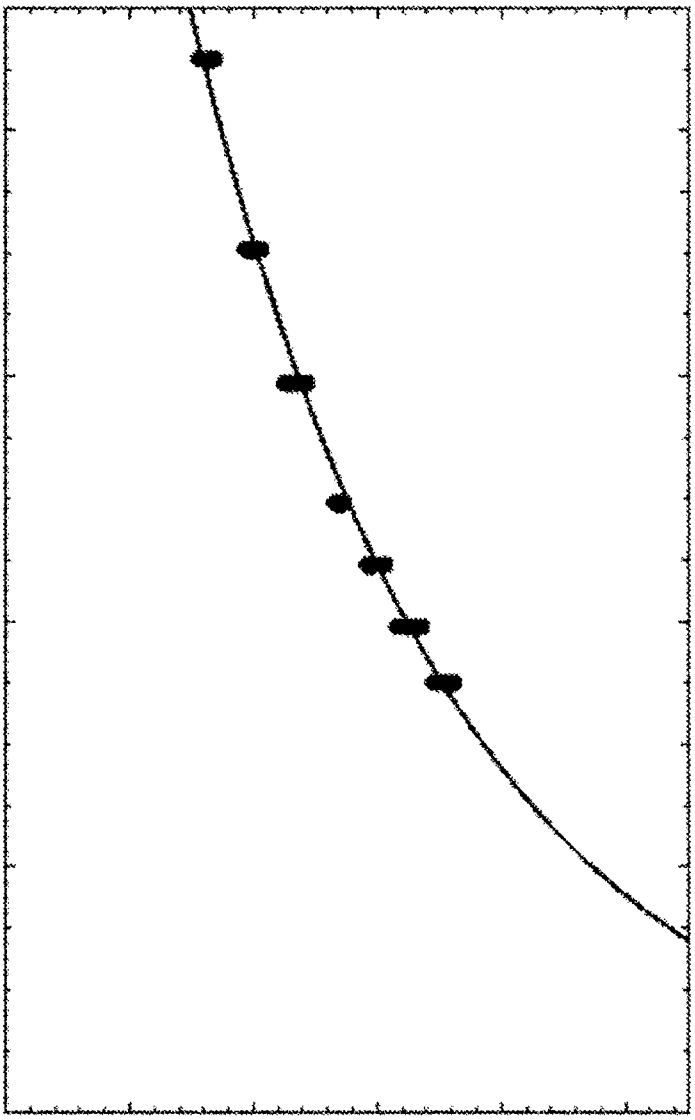

FIG 6

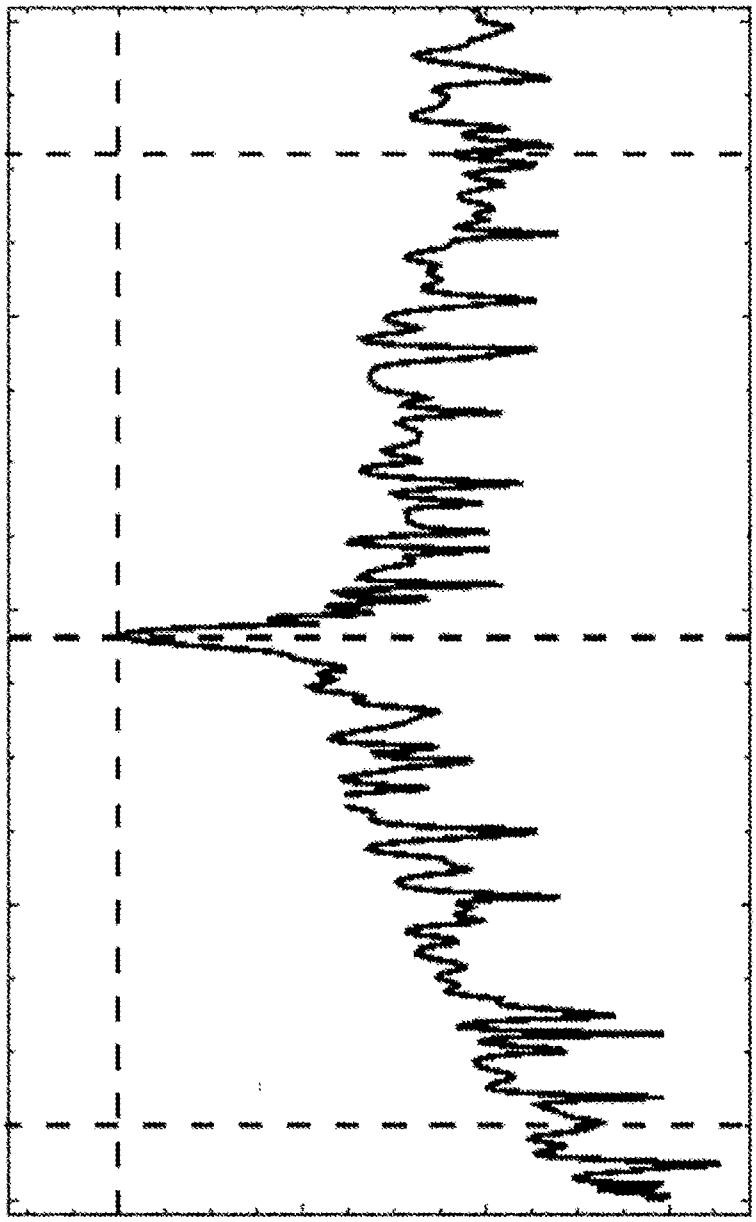

FIG 7