

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 127**

51 Int. Cl.:
G01F 1/84

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06075885 .1**

96 Fecha de presentación: **14.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1719983**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.11.2006**

54 Título: **Caudalímetro másico de Coriolis que utiliza detección y excitación sin contacto**

30 Prioridad:
02.05.2005 NL 1028939

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.10.2012

73 Titular/es:
**BERKIN B.V. (100.0%)
NIJVERHEIDSSTRAAT 1A
7261 AK RUURLO, NL**

72 Inventor/es:
**MEHENDALE, ADITYA;
LÖTTERS, JOOST CONRAD y
ZWIKKER, JAN MARINUS**

74 Agente/Representante:
ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 389 127 T3

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

DESCRIPCIÓN

Caudalímetro másico de Coriolis que utiliza detección y excitación sin contacto.

5 [0001] La invención se refiere a un caudalímetro másico del tipo de Coriolis con un tubo de detección fabricado a partir de un material eléctricamente conductor, a través del cual un medio circula durante el funcionamiento y con medios de excitación electromagnéticos actuando en el tubo, donde los medios de excitación en funcionamiento no hacen contacto con el tubo y no tienen componentes fijados al tubo, y con al menos un sensor para detectar el efecto de las fuerzas de Coriolis.

10 [0002] En el documento US-A-5.747.704 (Van der Pol) se describe un caudalímetro másico del tipo de Coriolis anteriormente indicado que comprende medios de excitación electromagnética que ejercen una fuerza de excitación en un tubo recto provocando un movimiento de balanceo.

15 [0003] La invención tiene para su objetivo previsto entre otros un caudalímetro con un sistema de excitación que es capaz de medir más precisamente la densidad. El caudalímetro másico del tipo mencionado en el primer párrafo está caracterizado para este propósito porque los medios de excitación ejercen un par en una porción de tubo a fin de causar un modo de excitación de torsión sobre un eje de excitación de rotación. Indicarse que el tubo puede ser por ejemplo, un tubo recto, un tubo en forma de bucle formando media vuelta, un tubo en forma de bucle formando una vuelta entera o un tubo en forma de bucle formando una doble vuelta.

20 [0004] A partir del documento EP-A-0361388 (K-flow) se conoce un caudalímetro que tiene un tubo de circulación flexible en forma de bucle continuo montado fijamente en su extremo. La porción de entrada y salida del bucle está distante y no conectada entre sí. Es usado un solo excitador que ejerce una fuerza de excitación en el bucle, no un par de excitación.

25 [0005] A partir del documento USP 4 658 657 se conoce un caudalímetro que comprende un tubo en forma de bucle (de media vuelta) que forma un ramo transversal en un lado y dos ramas laterales fijadas en el lado opuesto en un brazo de montaje. El segundo está montado en un soporte de tal manera que puede rotar sobre el eje central que yace en el plano del bucle. Un sistema de excitación electromagnético que coopera con el brazo de montaje procura una rotación oscilatoria (vibración rotacional) del brazo de montaje con el bucle sobre el eje central. (El término excitación se entiende aquí como "causante de oscilación")

30 [0006] Cuando un medio (gas o líquido) circula a través del bucle que rota sobre el eje central, se generan fuerzas de Coriolis en la rama transversal, resultando en una oscilación del bucle sobre el eje secundario. La oscilación, que es proporcional a la circulación, se superpone en la oscilación fundamental y conduce a un cambio de fase entre las oscilaciones realizadas en los extremos de la rama lateral. La diferencia de fase es proporcional a la fuerza de Coriolis y por consiguiente a la circulación.

35 [0007] Es una desventaja del sistema conocido arriba indicado, sin embargo, que el brazo de montaje usado para la excitación del bucle constituya una masa adicional. Esto evita un cambio de la frecuencia de excitación como una función de la densidad de un medio circulando a través del tubo, con el resultado de que la medición de la densidad (una característica adicional del un caudalímetro de Coriolis) no es tan precisa.

40 [0008] El caudalímetro másico de acuerdo con la invención tiene una sensibilidad mejorada porque el (porción móvil de tubo) tubo no está afectado por componentes de excitación adicionales (= masa no añadida). Una posibilidad para causar la rotación del tubo se encuentra en el uso de un tubo de material de metal magnetizable, tal como hierro blando, en combinación con dos bobinas electromagnéticas que pueden ser alimentadas de energía en un modo pulsante. (por ejemplo utilizando el magnetismo natural del material del tubo: operándolo en la forma de un relé)

45 [0009] Una realización del caudalímetro de acuerdo con la invención está para este propósito caracterizada porque el tubo está fabricado de un material magnetizable. En funcionamiento los medios de excitación generan una configuración de campo magnético en el área de al menos una porción del tubo que causa que el tubo entre en un modo de excitación de torsión.

50 [0010] El tubo es fabricado de un material eléctricamente conductor apropiado, y los medios de excitación comprenden primeros medios para llevar una corriente eléctrica a circular a través de la pared del tubo durante el funcionamiento y segundos medios para la generación de un campo magnético en el área de una porción de tubo, con tanto la corriente como el campo magnético cambiando periódicamente de signo durante el funcionamiento, los segundos medios generando dos campos magnéticos (B,B') transversales a la dirección de la corriente (I), cada uno actuando en una porción de tubo de tal manera que se produce un par de excitación de fuerza de Lorentz del tubo entero o parte de este sobre el eje de excitación (eje primario). La ventaja del uso de las fuerzas Lorentz es que pueden generarse de una forma simple por medio de una corriente eléctrica a través del tubo y un imán, mientras se generan fuerzas suficientemente grandes para llevar al tubo a oscilación en dimensiones de construcción limitadas.

55 [0011] El caudalímetro de acuerdo con la invención puede ser realizado con primeros medios (excitación) que

generan una corriente continua en la pared del tubo y segundos medios (excitación) que generan un campo magnético con un cambio de signo periódico. Sin embargo, una realización que puede ser implementada fácilmente está caracterizada porque los segundos medios generan campos magnéticos permanentes (B,B') y los primeros medios generan una corriente alterna en la pared del tubo.

5 [0012] Una alternativa para el modo de excitación de balanceo, no de acuerdo con la invención, está caracterizada porque los segundo medios de excitación comprende dos polos magnéticos situados opuestos el uno del otro, entre los cuales hay un espacio de aire, a través de dicho espacio de aire se pasa una porción del tubo, una corriente alterna circula a través del la mencionada porción en funcionamiento, de tal manera que la porción de tubo en funcionamiento es objeto de una excitación por fuerza, resultando en una rotación oscilatoria del tubo o de la porción de tubo sobre el eje de excitación (o primario) de rotación.

10 [0013] La indicado arriba es aplicable tanto a un tubo en forma de bucle como recto.

15 [0014] Una realización preferida para la excitación del tubo en modo torsión está caracterizada porque los segundo medios disponen dos campos magnéticos permanentes opuestamente dirigidos situados a una cierta distancia el uno del otro, cada uno formado por dos polos magnéticos situados enfrentados el uno del otro entre los cuales hay un espacio de aire, a través de dicho espacio de aire se pasa una porción del tubo, una corriente alterna circula a través del la mencionada porción en funcionamiento. Por esto surge en funcionamiento un par de excitación de la porción de tubo, resultando en una vibración rotacional del tubo o de la porción de tubo sobre el eje de excitación de rotación. Igualmente los anteriormente indicado es aplicable tanto a un tubo en forma de bucle como a uno recto.

20 [0015] La excitación de par antes descrita puede ser conseguida por medio de dos culatas magnéticas separadas cada una provista con un espacio de aire. Sin embargo existe una dificultad para asegurar que los campos magnéticos en los espacios sean equitativamente fuertes. Una realización preferida de la invención a este respecto está caracterizada porque los segundos medios de excitación comprenden una culata magnética de magnetismo perimetral permanente que está dispuesta paralela a un plano a través del tubo con dos pares de polos magnéticos dispuestos dos a dos en oposición mutua, entre dichos pares están dispuestos un primer y segundo espacio, en cuyos espacios se generan campos magnéticos opuestamente dirigidos y a través de dichos espacios se extiende una porción de tubo, una corriente alterna circula a través del la mencionada porción en funcionamiento. Igualmente lo indicado arriba se aplica tanto a un tubo en forma de bucle como a uno recto.

25 [0016] Una realización alternativa puede ser usada para la generación de un campo magnético constante o alterno en el espacio o espacios, que está caracterizada porque los campos magnéticos son generados por medio de una bobina eléctrica enrollada alrededor de una culata magnética con dos espacios cuya bobina está conectada a un circuito eléctrico diseñado para pasar una corriente alterna o una corriente continua a través de dichas bobina en funcionamiento con lo cual los primeros medios producen una corriente continua o una corriente alterna, respectivamente, para circular a través de la pared del tubo. Esto ofrece al mismo tiempo la posibilidad de ajustar la fuerza del campo magnético.

30 [0017] Los primeros medios para generar una corriente en la pared del tubo pueden ser medios que inyecten una corriente continuamente en la pared del tubo, por ejemplo a través de terminales de conexión. Sin embargo la inyección directa de corriente es método menos deseable para ciertas aplicaciones. Se prefiere la inyección indirecta de corriente.

35 [0018] En conexión con esto, una realización está caracterizada porque está dispuesto al menos un núcleo transformador alrededor del tubo, el tubo constituye un devanado secundario (cerrado) mientras una bobina dispuesta en el núcleo constituye un devanado primario, de tal manera que una corriente es inducida en la pared del tubo cuando el devanado primario es alimentado de energía.

40 [0019] El documento USP 4658657 menciona que dos dispositivos de medición se disponen adyacentes a los extremos del brazo transversal del bucle para la medición del cambio de fase entre las oscilaciones realizadas por el brazo transversal. Con dicha disposición se denota que no es posible un medición de alta precisión.

45 [0020] Una realización preferida de la invención incluye una sistema que hace posible una medición más sensible. El caudalímetro másico del tipo indicado en el primer párrafo está caracterizado para este propósito porque se dispone con al menos dos sensores ópticos para medir la deformación del tubo que ocurre bajo la influencia del caudal de un medio a través del tubo, cuyos sensores están situados en cada lado del punto de intersección (polo) del eje de rotación primario y una porción del tubo cuya deformación vaya a ser medida, siendo la distancia desde cada sensor a dicho punto de intersección de entre el 5% y el 25% de la mitad de la longitud de la porción de tubo citada.

50 [0021] A partir del documento US 2003/097881 (Schlosser) se conoce un caudalímetro de Coriolis con dos sensores ópticos. Sin embargo, no se muestra que los sensores ópticos sean dispuestos en cada lado del eje de excitación (o eje primario) de rotación, por no hablar de que el requerimiento de la pequeña distancia de cada sensor con el punto de intersección del eje de excitación y una porción de tubo pudiera tenerse por revelado o considerada obvia. Además, se muestra que el excitador de Schlosse hace vibrar el tubo sobre el eje el cual no yace entre los sensores

LPO y RPO

- 5 [0022] Preferiblemente, los sensores ópticos son sensores opto-electrónicos comprendiendo cada cual una fuente de luz localizada en un lado de la porción de tubo y una célula fotosensible localizada en el lado opuesto de la porción de tubo en el alcance de luz de la fuente de luz, de tal manera que se mide la porción de luz no interceptada por el tubo.
- 10 [0023] Una realización alternativa está caracterizada porque los sensores son sensores opto-electrónicos comprendiendo cada cual una fuente de luz localizada a un lado de la porción de tubo y una célula fotosensible localizada en el mismo lado de la porción de tubo en el haz de la luz reflejada por la porción de tubo, de tal manera que se mide tanto la intensidad de la luz reflejada incidente en la célula fotosensible o la situación de la luz reflejada en la célula fotosensible.
- [0024] Es además ventajoso un posicionamiento de la fuente de luz relativa a la porción de tubo de tal manera que del 40 al 60% de la superficie activa de la célula fotosensible está iluminada por la fuente de luz en el modo inactivo.
- 15 [0025] El caudalímetro de conformidad con la invención tiene una sensibilidad mejorada gracias a la disposición de sensores cerca del eje, porque ahora la amplitud de la medición de la oscilación fundamental no llega a ser muy grande en relación a aquella de la fuerza Coriolis, como en efecto sucede con la configuración la USP 4658657.
- 20 [0026] La sensibilidad del caudalímetro másico de acuerdo con la invención es incluso aumentada si se usa un tubo en forma de bucle que esté suspendido elásticamente por medio de tubos de entrada y salida. Una realización para este propósito está caracterizada porque el bucle sigue un camino cerrado mecánicamente substancialmente perimetral, porque el extremo del bucle está conectado a un tubo de entrada flexible y a un tubo de salida flexible para la circulación del medio, y porque el tubo está suspendido elásticamente desde un cuadro por medio de los mencionados tubos de entrada y salida flexibles (80,82) de tal manera que la suspensión resultante permite un movimiento alrededor de dos ejes mutuamente perpendiculares en el plano del bucle, uno para el movimiento de excitación y otro para el movimiento de Coriolis que surge cuando un medio circula a través del tubo.
- [0027] Se explicaran en mas detalle unas cuantas realizaciones de la invención con referencia a los dibujos.
- 25 La Figura 1 muestra un vista en perspectiva del caudalímetro de Coriolis con tubo en forma de U de acuerdo a la invención;
- La Figura 2 muestra el tubo en forma de U del caudalímetro de la Figura1 en el que una corriente eléctrica es inyectada directamente;
- 30 La Figura 3 muestra la inducción de una corriente en la porción de tubo por medio de un núcleo transformador con una bobina;
- La Figura 4A muestra la culata magnética de campo magnético permanente con un espacio de aire a través del cual se extiende una porción del tubo en forma de U;
- La Figura 4B muestra un detalle de la Figura 4A;
- 35 La Figura 5 muestra como es aplicado un par de excitación a una porción de tubo por medio de dos culatas magnéticas de magnetismo permanente situadas de forma independiente;
- La Figura 6A muestra una perspectiva de la Figura 6B en una elevación frontal de una culata magnética de magnetismo permanente con dos espacios a través de los cuales se extiende una porción tubo, mostrando la aplicación de un par de excitación a la porción de tubo.
- 40 La Figura 7 muestra una culata magnética con una bobina enrollada alrededor y dos espacios a través de los cuales se extiende una porción de tubo en forma de U;
- La Figuras 8 y 9 muestran realizaciones alternativas de culatas magnéticas con espacios a través de los cuales se extiende una porción de tubo de un tubo en forma de U.
- Las Figura10A y B muestran en forma de diagrama un sensor óptico en funcionamiento con luz transmitida como se usa en el caudalímetro de la Figura 1;
- 45 La Figura 11 muestra en forma de diagrama una realización alternativa con un sensor óptico en funcionamiento con luz reflejada;
- La Figura 12 muestra una disposición de dos sensores ópticos y una porción de tubo;
- La Figura 13A muestra una diferencia de fase entre las señales de los sensores de la Figura 12 medida cuando no hay corriente a través del tubo de detección y la Figura13B muestra la situación en la que hay una circulación másica a través del tubo de detección;
- 50

La Figura 14 es un diagrama de bloques representado la excitación, medida y procesado de los valores de medición cuando un caudalímetro es usado de acuerdo con la invención;

La Figura 15 muestra un tubo en forma de bucle que esta elásticamente suspendido por tubos de entrada y salida;

5 La Figura 16 muestra en forma de diagrama una configuración de un sensor de corriente Coriolis que dispone de un tubo en forma de bucle equipado con una culata de excitación de par y con medios de detección del efecto Coriolis; y

La Figura 17 muestra en mayor detalle la culata de excitación de par utilizada en la configuración de la Figura 16.

Descripción de las Figuras

10 [0028] La Figura 1 muestra una realización del caudalímetro de Coriolis 1 de acuerdo con la invención. Se dispone con un cuadro que tiene una placa base 2 que soporta un tubo 3 a través del cual un medio circula durante el funcionamiento. El tubo 3 es un tubo en forma de bucle en este caso constituyendo media vuelta, pero que
15 alternativamente puede ser, por ejemplo, un tubo recto o un tubo en forma de bucle de vuelta entera (bucle cerrado). Los tubos en forma de bucle son preferidos porque son más flexibles que los tubos rectos. El tubo 3 está fijado a la placa base por medios de fijado 4, 5. Los medios 4, 5 forman posiciones de aseguramiento en relación al cual el tubo es capaz de moverse. El tubo 3, que puede estar hecho, por ejemplo de acero inoxidable con un grosor de pared de aproximadamente 0.1 mm y un diámetro aproximado de 0.7 mm forma un construcción muy ligera dentro del alcance de la invención que puede ser inducida a resonancia con una cantidad pequeña de energía. El diámetro externo del tubo será generalmente menor de 1 mm y el grosor de su pared de 0.2 mm o menos, dependiendo de la dimensión externa del bucle 3 y de la presión que el tubo sea capaz de aguantar (por ejemplo 20 100 bar).

[0029] Para llevar a cabo una construcción muy ligera, no se han montado al tubo 3 más componentes que den al tubo una masa adicional. Esto es posible porque las fuerzas Lorentz son usadas por el tubo de excitación, por ejemplo, causándole que vibre, en la construcción de la Figura 1 (fuerza Lorentz: electrones moviéndose en un campo magnético experimentan una fuerza que tiene una dirección perpendicular tanto a la dirección del campo magnético como a la dirección de la corriente). Estas fuerzas se generan en el caudalímetro 1 de la Figura 1 porque se pasa una corriente eléctrica a través de la pared del tubo 3 (eléctricamente conductor) mientras al mismo tiempo la culata magnética de magnetismo permanente 6, 7, 8, 12 (el numero 12 representa un imán permanente con un polo dirigido hacia la porción de culata 6 y un polo opuesto hacia la porción de culata 7) dispuesto con una apertura central, genera dos campos magnéticos en dirección opuesta en el plano del tubo 3 transversalmente a la dirección de la corriente. Una corriente eléctrica I puede ser directamente inyectada en un Tubo 13 (en forma de U) de material eléctricamente conductor en tal caso, como se muestra en la Figura 2, una fuente de corriente 14, una fuente de Corriente Alterna en este caso, se conecta a los extremos 15, 16 del tubo 13 a través de terminales de conexión 17,18. 25

[0030] Preferiblemente, sin embargo, se genera una corriente eléctrica en el tubo por medio de inducción. La Figura 3 muestra como se logra esto para el mismo tubo 13 en forma de U como se muestra en la Figura 2. Una porción de tubo 21 del tubo 13 en forma de U se extiende aquí a través de un núcleo transformador 22. Una bobina primaria 23 se enrolla en este núcleo 22, cuya bobina puede ser alimentada de energía mediante una fuente de corriente 24 conectada a esta. La porción de tubo 21 actúa por tanto como una bobina secundaria en la que se induce un corriente I cuando una corriente circula a través de la bobina primaria 23. Para este propósito la porción de tubo 21 forma parte de un bucle cerrado eléctricamente (indicado con línea discontinua). Este bucle puede ser cerrado mediante el tubo o mediante el alojamiento. El núcleo transformador 22 con la bobina primaria 23 está dispuesto alrededor de una porción "externa" 21 de tubo 13 fuera de los puntos de fijado 19, 20 y en este caso de forma fija durante el funcionamiento. La porción de tubo 21 puede servir, por ejemplo, como un conducto de entrada o salida. Alternativamente, sin embargo, el núcleo transformador 22 puede estar dispuesto alrededor de una porción "interna" del tubo que se mueve durante el funcionamiento, yaciendo en los puntos de anclaje 19, 20, siendo espacio suficiente el dispuesto ahí. Si hay poco espacio, el relativamente voluminoso núcleo transformador con bobina primaria puede ser remplazado por dos núcleos transformadores más pequeños cada uno de ellos con una bobina primaria, cada una por ejemplo alrededor de cada pata del tubo 13 en forma de U. 40 45

[0031] La Figura 4A muestra por medio de un ejemplo como puede obtenerse el campo magnético requerido para la generación de las fuerzas Lorentz. Para este propósito se pasa una porción de tubo 25 del tubo 26 con forma de U a través de un espacio de aire 27 de una culata magnética 28 de magnetismo permanente. El tubo 26 está fijado en las localizaciones 33a y 33b. La culata 28 comprende un núcleo 29 de un material poco imanado (por ejemplo hierro blando) con un polo Norte N y un polo Sur S de magnetismo permanente 30 dispuesta en el alcance de dicho material de tal manera que las líneas de fuerza del campo magnético generado en el espacio de aire 27 se extiende paralelo al plano del tubo 26 en forma de U y son perpendiculares a la corriente I, la cual es o bien directamente inyectada en el tubo 26 o inducida en el tubo 26. Todo esto se muestra en detalle en la Figura 4B. Esto muestra tanto como los polos 31 y 32 de la culata magnética 28 de la Figura 4A incluyen el espacio de aire 27, como también las líneas magnéticas de fuerza B del campo magnético generado en el hueco de aire 27. El resultado es que una fuerza F (Lorentz) se genera bajo la influencia de la corriente I que pasa a través del campo magnético, causando 50 55

que la porción de tubo 25 se mueva, por ejemplo, en dirección hacia adelante (mostrado en líneas discontinuas en la Figura 4A) cuando la corriente I circula en dirección opuesta a través del tubo, una fuerza (Lorentz) será generada en dirección opuesta, por ejemplo moviendo la porción de tubo 25 hacia atrás. La excitación por las fuerzas aquí descritas causan que el tubo se mueva sobre un eje de excitación de rotación que pasa a través de las posiciones de fijado 33a, 33b.

[0032] La Figura 5 muestra el uso de dos culatas magnéticas 34a y 34b con imanes permanentes 39a, 39b incorporados en ellas, ajustándose al tipo 28 descrito con referencia a la Figura 4, cuyos imanes están situados a cierta distancia el uno del otro y cada cual teniendo un espacio de aire 35a, 35b, en cuyos espacios se generan campos magnéticos opuestamente dirigidos. Un tubo de detección 37 en forma de U está fijado en las localizaciones 38a, 38b. Una porción de tubo 36 de un tubo 37 en forma de U se extiende a través de los dos espacios 35a, 35b. Cuando una corriente I circula a través del tubo 37, la fuerzas Lorentz generadas causarán que se mueva la sección a mano izquierda de la porción de tubo 36 presente en el hueco 35a, por ejemplo, en dirección hacia adelante y que se mueva la sección a mano derecha de la porción de tubo 36 presente en el hueco 35b hacia atrás. Cuando la dirección de la corriente I es invertida, la sección a mano izquierda de la porción de tubo se moverá hacia adelante y la sección a mano derecha de la porción de tubo hacia atrás (mostrado en líneas discontinuas). La excitación par descrita aquí causa la rotación del tubo 37 sobre un eje de rotación S' que coincide con el eje principal de simetría del tubo 37 en forma de U. Sin embargo un problema con esta disposición es que es difícil de proporcionar las culatas magnéticas con imanes de exactamente la misma fuerza.

[0033] La Figura 6A es un alzado de una culata magnética permanente 40 integrada con lo que este problema está resuelto. La culata integrada 40 tiene un primer par de polos magnéticos 41a, 41b opuestos mutuamente y un segundo par de polos magnéticos 42a, 42b opuestos mutuamente. Se forman respectivos espacios de aire 43, 44 entre los polos de cada uno de los pares. La porción de tubo 46 del tubo 47 en forma de U se extiende a través de esos espacios. Un imán permanente 45 se posiciona en el alcance de la culata 40, con sus polos Norte y Sur orientados de tal manera que son generados campos magnéticos B y B' opuestamente dirigidos en los espacios de aire 43, 44. Dada una dirección a la corriente I como se indica en el diagrama de la Figura 6B, que muestra una vista frontal en alzado de la configuración de la Figura 6A, las fuerzas Lorentz F (dirigidas hacia atrás) y F' (dirigidas hacia adelante) actuarán ahora en la porción de tubo 46, cuyas fuerzas serán invertidas cuando la dirección de la corriente en la pared de tubo sea invertida. Esta excitación de par causa que el tubo 47 realice un movimiento rotacional recíproco (vibración) sobre el eje 48 que coincide con el eje principal de simetría del tubo de detección 47 en forma de U. La culata permanentemente magnética 40 con dos espacios de aire para la excitación de par esta diseñada de tal manera que los valores de las fuerzas F y F' son en principio iguales y dirigidas opuestamente. Un par de excitación no ideal surge cuando las fuerzas tienen diferentes valores. En el caso ideal en el que son exactamente los mismos, surge un par puro o un movimiento de fuerzas equivalente al producto de una fuerza F y la distancia entre F y F' . La dirección del vector par (usualmente indicado como T) está entonces a lo largo de la línea central 48 de la culata 40 en la Figura 6B.

[0034] La Figura 7 muestra una realización alternativa con una culata magnética integrada. La culata magnética 49 con un núcleo de electroimán 51 se proporciona con dos espacios de aire 50a, 50b no es alimentada en este caso por medio de un imán permanente, sino por medio de una bobina 52 enrollada en el núcleo de electroimán 51 de la culata 49 y conectada a una fuente de corriente 53 directa o alterna. Una porción de tubo de tubo en forma de U se extiende a través de los espacios de aire 50a, 50b.

[0035] La Figura 8 muestra una culata magnética 54 donde la excitación del tubo 55 en forma de U tiene lugar en las partes curvas del tubo 55 en forma de U extendiéndose a través de los espacios de aire 56a, 56b. La culata 54 está alimentada de energía por un imán permanente 57, que es mostrado en el centro de la pata superior 58 de la culata 54 en la construcción de la Figura 8, pero que puede ser acomodada en una localización alternativa en la culata. Esto es también válido para las culatas mostradas en otras figuras.

[0036] La Figura 9 muestra una culata magnética 59, donde la excitación del tubo 60 en forma de U tiene lugar en los brazos laterales 62,63, por ejemplo incluso debajo de las partes curvas 64,65 del tubo 60 en forma de U que se extiende a través de los espacios de aire 61a, 61b.

[0037] Será obvio que todos los aspectos de la invención explicada con referencia a los tubos en forma de U son igualmente válidas para tubos con otra forma que puedan ser usados en caudalímetros de Coriolis, por ejemplo no solo tubos de vuelta semi-abierta, pero también tubos rectos o tubos formando una vuelta cerrada completa.

[0038] Es particularmente adecuado para el uso de acuerdo al principio de excitación arriba indicado un tubo en forma de bucle que forma una figura rectangular cerrada mecánicamente, donde los puntos de comienzo y final de la figura están conectados con un tubo de entrada central y un tubo de salida central respectivamente, el tubo en forma de bucle está suspendido elásticamente por medio de los mencionados tubos de entrada y salida (Figura 15)

[0039] La idea básica de la invención es conseguir excitación sin tener que proporcionar en el tubo componentes adicionales para este propósito. Esto es posible por las propiedades intrínsecas del tubo utilizado. La excitación puede ser conseguida no solo por medio de fuerzas Lorentz, pero también utilizando la propiedades magnéticas del propio tubo. En este caso se usa un tubo de material magnetizable en combinación con una o dos bobinas que son

excitadas en modo pulsante, generando un campo magnético como para magnetizar localmente el material del tubo.

[0040] El principio de la invención puede ser usado también para caudalímetros de Coriolis que tienen un doble tubo, ambos del tipo en el que las direcciones de la corriente del medio están mutuamente opuestas y en del tipo en el que la dirección de la corriente del medio son las mismas.

5 [0041] El beneficio total de la idea de la invención puede ser solo obtenida sin embargo, si la detección de las desviaciones del tubo bajo la influencia de una circulación de un medio (la detección del efecto Coriolis) tiene lugar de tal manera que no se necesite montar componentes adicionales al tubo.

10 [0042] Para este propósito, de acuerdo con la invención, se usan uno o varios sensores ópticos referenciados como 11a, 11b y 11c en la Figura1. Los sensores ópticos en la construcción de la Figura1 están dispuestos en la abertura central de la culata magnética 6, 7, 8, 12 de tal manera que pueden inter-actuar con el tubo. Un sensor de temperatura está indicado con la referencia 14.

15 [0043] La Figura 10A muestra con mayor detalle uno de los sensores ópticos, en este caso sensor optoelectrónico 11a. Este comprende un alojamiento 68 en forma de U con una fuente de luz 66 (por ejemplo LED) en la parte interior de una pata de la U, y una célula de medición de luz 67 (por ejemplo un foto-transistor) en la parte interior de la otra pata de la U. El sensor optoelectrónico 11a está dispuesto de tal manera que una porción de tubo 69 pueda moverse entre las patas del alojamiento 68 de forma de U. Durante el funcionamiento, el tubo cubrirá el alcance de la luz entre la fuente de luz 66 y la foto célula 67 en mayor o menor grado.

20 [0044] La Figura 10B muestra en mayor detalle como la porción de tubo 69, debido a su propio movimiento, tapa una mayor o menor porción el haz de luz 71 transmitido desde la fuente de luz 66 a la foto-célula 67. La foto-célula 67 produce una señal u (V) que puede ser medida por un medidor. El haz de luz puede ser un haz paralelo o divergente.

25 [0045] La Figura 11 muestra una alternativa al sensor optoelectrónico dispuestos en la Figura 10. Aquí la porción de tubo 69 y la fuente de luz 70 están dispuestas de tal manera que el haz de luz transmitido 71 se incide en una fotocélula 72 después de ser reflejada por la porción de tubo 69. Cuando una porción de tubo realiza un movimiento reciproco durante el funcionamiento, el lugar reflejado se moverá sobre la superficie de la fotocélula 72. La porción de tubo 69 puede proporcionarse con una superficie de reflexión en el lado de la fotocélula 72, si así se desea.

30 [0046] La Figura 12 muestra en forma de diagrama la detección por medio de dos sensores optoelectrónicos 11a, 11b. De acuerdo con un aspecto de la invención, están situados en cada lado de, y simétricamente con respecto, a la situación donde el eje de rotación, sobre el que los medios de excitación causan rotar al tubo, interseca la porción de tubo 69. Este punto de intersección es indicado como P polo de rotación. Los sensores 11a, 11b están preferiblemente a corta distancia de este polo. Dicha distancia debería ser suficientemente pequeña para asegurar que la contribución de medición de la excitación es del mismo orden de magnitud que la contribución de medición de las fuerzas Coriolis. Los sensores miden el desplazamiento (sinusoidal) de puntos (en mm) del tubo como una duración de tiempo (en segundos) por medio de un voltaje.

35 [0047] La Figura 13A muestra la salida de señales de los sensores 11a, 11b para el caso en el que no circule medio a través del tubo (flujo cero), la curva indicada con la flecha 1 representa la señal de medición del sensor 11a y la curva indicada con la fecha 2 representa la señal de medición del sensor 11b. La diferencia de fase es 180°.

40 [0048] La Figura 13B muestra la situación en el que un medio circula través del tubo. La diferencia de fase ahora es menor que 180°. Sin embargo, si el polo de rotación no yace exactamente en el centro entre el primer y segundo sensor el resultado de la medición no será ajustado.

45 [0049] Un medición más exacta es posible si se sitúa un tercer sensor adyacente a uno de los sensores de la Figura 12 y yace en línea con dichos sensores. Puede ser corregida una diferencia de fase entre los sensores 11a y 11 b debida a un posible cambio del polo de rotación por medio de una señal de medición desde el tercer sensor. Sin circulación la diferencia es de 180° en el caso de un sensor dispuesto simétricamente, mientras en el caso extremo en el que un sensor yace en el polo esta no es mayor de 90°. Estos tres sensores suministran tres valores de medición mientras hay también tres factores desconocidos, por ejemplo, los dos diferentes ángulos de diferencia del primer y del segundo sensor y la posición del polo de rotación entre el primer y segundo sensor. El valor medido por el tercer sensor puede usarse en un dispositivo de procesamiento para determinar la situación del polo de rotación, con lo cual los ángulos de fase equivalentes del primer y segundo sensor pueden determinarse por una posición del polo ficticia que yace centralmente entre el primer y segundo sensor. El sistema de medición y detección descrito aquí no requiere ningún amplificador, de tal manera que no son causadas cambios de fase no deseadas y es apropiado para su uso con todos los caudalímetros de Coriolis.

55 [0050] La Figura 14 consiste en un diagrama de bloques que muestra el funcionamiento de una realización de un caudalímetro de Coriolis de acuerdo con la invención. Un corriente eléctrica I se induce en un sistema de tubo 75 de Coriolis por medio de dos bobina 73,74 enrolladas en dos núcleos. Las bobinas 73,74 se alimentadas de energía por un amplificador A que está controlado por un procesador de señal digital 77 a través de un convertidor AD/DA 76. A

través de sistema de tubo 75 se aplica un campo magnético H transversal a la dirección de la corriente I. El sistema de tubo 75, o la porción del mismo, empieza a vibrar bajo la influencia de H e I. Superpuesta a esta vibración está la vibración causada por las fuerzas Coriolis cuando un medio F circula a través del sistema de tubo. Los movimientos del sistema de tubo son medidos por sensores S1 y S2, o sensores S1, S2, y S3. Se suministran a un convertidor AD/DA 76 las señales analógicas de los sensores S1, S2, (S3). Las señales de salida del convertidor AD/DA son suministradas a un procesador de señal 77 (digital). El procesador de señal digital 77 genera una señal de salida O que representa la circulación másica.

[0051] La Figura 15 muestra un vistan en perspectiva de un tubo en forma de bucle 78 cerrado mecánicamente (en este caso rectangular), pero en una realización alternativa el tubo en forma de bucle cerrado puede tener, por ejemplo una forma de Delta. Un primer extremo 79 del bucle 78 está conectado a un tubo de entrada flexible 80 que suministra una circulación de medio F, y un segundo extremo 81 del tubo 78 está conectada a un tubo de salida flexible 80 que descarga la circulación del medio F. El tubo en forma de bucle 8 y los tubos 80 y 81 son preferiblemente curvados de una pieza de tubería. El bucle 78 comprende una primera porción de tubo transversal 84 que está conectada al primer extremo de dos porciones de tubo laterales 85,86. Los segundos están conectados por sus segundos extremos a dos segundas porciones de tubo 87,88 cada cual teniendo aproximadamente la mitad de longitud del primer tubo transversal 84. En esta construcción los tubos entrada y salida 80,82 se extienden simétricamente a través del centro del bucle 78, yaciendo cerca o en contra el uno del otro, y están mecánicamente inter-conectados en los puntos indicados con la referencia b, por ejemplo por medio de soldadura o soldeo. Están fijados, cerca o en contra el uno del otro, en una zona rebajada 83a de los medios de fijación en donde su curva esta fijada a un cuadro (no mostrado). El bucle 78 es suspendido elásticamente del cuadro del caudalímetro (no mostrado) por medio de un tubo de entrada y un tubo de salida (y los medios de fijado 83). El tubo en forma de bucle 78 puede cooperar con una culata magnética de magnetismo permanente para el propósito de la excitación, tal como la culata magnética descrita con referencia a la Figura 1 y que comprende porciones de culata 6 y 7 situadas opuestas entre ellas se incluye una porción de culata inferior 8 con dos espacios de aire 9 y 10, se disponen de un imán 12 en el alcance de la culata magnética. Por ejemplo, la porción de tubo 87,88 puede extenderse a través de los huecos de aire de la culata magnética (culata magnética alrededor de los tubos transversales superiores). Cuando una corriente alterna circula a través del bucle 78, el bucle realizará una rotación oscilatoria sobre un eje (el eje de excitación) que se extiende en el plano del tubo en forma de bucle bajo la influencia de fuerzas Lorentz generadas por la corriente en los espacios de aire de la culata y de los campos magnéticos opuestamente dirigidos (lo que se denomina excitación par). Cuando un medio circula a través del tubo 78, se generan fuerzas de Coriolis que causan el efecto Coriolis. Las fuerzas Coriolis causan que el tubo 78 oscile sobre un eje de respuesta Coriolis que es perpendicular al eje de excitación. Los sensores pueden estar dispuestos en la abertura central de la culata magnética (y de esta manera cooperar con los tubos transversales durante el funcionamiento)

[0052] Una alternativa es disponer los sensores adyacentes a la porción de tubo transversal inferior 84, de esta manera estos pueden cooperar con el tubo transversal inferior durante el funcionamiento. Dependiendo de la situación de la culata de excitación par relativa al tubo en forma de bucle rectangular de la Figura 15, el tubo puede estar hecho para entrar tanto en modo de balanceo o modo de torsión. Esto es: tanto si es torsionado sobre un eje central de simetría entre el tubo de entrada y el tubo de salida o si se le hace bascular alrededor de un eje asimétrico de excitación transversal al eje central de simetría, en cuyo caso la culata de excitación par coopera con la porción lateral del tubo.

[0053] La Figura 16 muestra en forma de diagrama un caudalímetro del tipo de Coriolis con un tubo de detección en forma de bucle 90 del tipo mostrado en la Figura 15. El tubo en forma de bucle 90 tiene dos extremos que están conectados respectivamente con un tubo de entrada 91 para un medio fluido F y un tubo de salida 92. Los tubos de entrada y de salida 91,92 están inter-conectados, tal como estaban los tubos de entrada y de salida 80,82 de la Figura 15, por ejemplo a través de soldaduras en localizaciones b o lugares de soldadura, y que están fijados en medios de fijado 94 en una situación alejada de sus conexiones al tubo en forma de bucle 90. Los medios de fijado 94 mostrados aquí comprenden un bloque que tiene un rebaje central en donde esta acomodados los tubos de entrada y salida. El Bloque tiene dos aperturas para su fijado a un cuadro por medio de tornillo perno. El tubo 90 se excita en modo de balanceo en este caso. Para este propósito, una culata magnética 95 con dos espacios de aire 100 y 101 se sitúa en una de las caras laterales del tubo en forma de bucle 90 de tal manera que la pata 93a del bucle pasa a través de los espacios de aire 100,101. La culata tiene una parte superior con dos porciones de culata 96,97 entre los cuales está dispuesto un imán permanente 98 con un polo Sur S dirigido hacia la porción de culata 96 y un polo Norte N dirigido hacia la porción de culata 97. Se generan campos magnéticos opuestamente dirigidos B y B', lo cuales en el caso ideal tiene una misma fuerza, en los espacios de aire 100,101 entre la parte superior 96,97,98 y la parte inferior 99, en esta construcción. Cuando una corriente alterna I circula a través de un tubo 90, esto campos B y B' ejercen un par de excitación en la porción de tubo 93a. El tubo 90 realizara un movimiento de balanceo sobre el eje de excitación (X) debido a la excitación par cuando es atravesado por una corriente alterna I. El eje de excitación de rotación X en esta realización es por tanto perpendicular a los tubos de entrada y salida. La culata 95 es un generador de par.

[0054] Una corriente alterna I es inducida en el tubo 90 en la misma manera que en la realización de la Figura 3. Para este propósito, la porciones laterales 93,93b del tubo 90 se pasan a través de perforaciones en el respectivo núcleo transformador 102 y 104 en cuyas bobina respectivas 103 y 105 han sido enrolladas en las caras que las

enfrentan. La invención, sin embargo, no está limitada a esto. Por ejemplo los núcleos de transformador o bobina pueden procurarse en localizaciones alternativas del tubo 90,

5 [0055] Cuando un fluido circula a través de un tubo 90 que oscila a través de un eje de excitación de rotación X, surge un fuerza Coriolis que causa el efecto Coriolis. El efecto Coriolis es medido con un sensor de Coriolis. El sensor de Coriolis usado en la presente realización es un sistema de sensores ópticos sin contacto 106a, 106b, 106c idénticos al sistema de sensores ópticos sin contacto 11 a, 11 b, 11 c de la construcción de la Figura 1, pero la invención no se limita a esto.

10 [0056] Dos de los sensores ópticos, 106a y 106b, están dispuestos simétricamente respecto a eje de excitación de rotación (el eje de rotación X en este caso) en la construcción de la Figura 16. Los sensores ópticos 106a, 106b (y 106c) cooperan aquí con la porción lateral 93b del bucle 90, cuya porción está localizada opuesta a la porción 93a que coopera con la culata magnética que provoca el par de excitación.

15 [0057] Las Figuras 15 y 16 muestra un bucle rectangular con más o menos forma de contorno cuadrado. Esto fue considerado favorable para la instalación de los medios de excitación, los medios de inducción de corriente, y/o los medios de detección del efecto Coriolis, sin embargo, puede hacerse un bucle por ejemplo más estrecho y proporcionalmente mayor.

20 [0058] El funcionamiento de la culata magnética integrada 95 será ahora explicada con referencia a la Figura 17. La colocación del imán permanente 98 entre la porción superior de culata 96 y 97 generan en los espacios de aire 100, 101 campos magnéticos B y B' de igual fuerza opuestamente dirigidos. Si B en el espacio de aire 100 es dirigido hacia la porción de culata 99, la dirección de la corriente se muestra en la Figura 17, luego una fuerza F (Lorentz) dirigida hacia adelante actuará en el tubo 90. Al mismo tiempo, el campo magnético B' en el espacio de aire 101 se dirige hacia la porción de culata 96. Esto resulta, en combinación con la corriente I, en una fuerza F' (Lorentz) en el tubo 90 dirigida hacia atrás. Por lo tanto hay una excitación de par. Las fuerzas que actúan en el tubo son invertidas cuando la corriente I a través del tubo cambia la dirección. El suministro de una corriente alterna al tubo 90 lleva por tanto a un movimiento de balanceo de tubo en forma de bucle 90 sobre un eje de rotación X.

25 [0059] En resumen, la invención se refiere a un caudalímetro másico del tipo de Coriolis con un tubo a través del cual un medio circula en funcionamiento, y con medios de excitación para causar al tubo entero o a una porción de este que realice un oscilación de rotación sobre un eje de excitación en funcionamiento, donde los medios de excitación son electromagnéticos, no hacen contacto con el tubo durante el funcionamiento y que no tiene componentes fijados al tubo.

30 [0060] Los sensores de efecto Coriolis son preferiblemente sensores ópticos, que tampoco hacen contacto con el tubo y que no comprenden componente fijados al tubo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Caudalímetro másico del tipo de Coriolis con un tubo de detección fabricado a partir de un material eléctricamente conductor, a través del cual un medio circula durante el funcionamiento y con medios de excitación electromagnéticos actuando en el tubo, donde los medios de excitación en funcionamiento no hacen contacto con el tubo y no tienen componentes fijados al tubo, y con al menos un sensor para detectar el efecto de las fuerzas de Coriolis, caracterizado porque dichos medios de excitación ejercen un par en una porción de tubo a fin de causar un modo de excitación de torsión sobre un eje de rotación de excitación.
- 10 2. Caudalímetro según la reivindicación 1, caracterizado porque en que los medios de excitación comprenden primeros medios para llevar una corriente eléctrica (I) a circular a través de la pared del tubo durante el funcionamiento y segundos medios para la generación de un campo magnético en el área de una porción de tubo (47), tanto con la corriente como con el campo magnético cambiando periódicamente de signo durante el funcionamiento, los segundos medios generando dos campos magnéticos (B,B') transversales a la dirección de la corriente (I), cada uno actuando en una porción de tubo (47) de tal manera que se produce un par de excitación de fuerza de Lorentz del tubo o de la porción de tubo sobre el eje de excitación (48).
- 15 3. Caudalímetro según la reivindicación 2, caracterizado porque los segundos medios generan campos magnéticos permanentes (B,B') y los primeros medios generan una corriente alterna (I) en la pared del tubo.
- 20 4. Caudalímetro según la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque está dispuesto al menos un núcleo transformador alrededor del tubo (13), el tubo (13) forma de esta manera un devanado y una bobina (23) dispuesta en el núcleo (22) formando un devanado primario, de tal manera que una corriente (I) es inducida en la pared del tubo cuando el devanado primario (23) es alimentado de energía.
- 25 5. Caudalímetro según la reivindicación 3, caracterizado porque los segundo medios proporcionan dos campos magnéticos permanentes opuestamente dirigidos situados a una cierta distancia el uno del otro, cada uno formado por dos polos magnéticos (34a,35a;34b,35b) situados enfrentados mutuamente a través entre los cuales hay un espacio de aire, a través de dicho espacio de aire se pasa una porción (36) del tubo (37), una corriente alterna circula a través del la mencionada porción (36) en funcionamiento.
- 30 6. Caudalímetro según la reivindicación 3, caracterizado porque los segundos medios de excitación comprenden una culata magnética (40) de magnetismo permanente que está dispuesta paralela a un plano a través del tubo (47) con dos pares de polos magnéticos (41 a,41 b; 42a,42b) dispuestos dos a dos en oposición mutua, entre dichos pares están dispuestos un primer y segundo espacio (43,44), en cuyos espacios se generan campos magnéticos opuestamente dirigidos (B,B') y a través de dichos espacios se extiende una porción (46) de tubo (47), una corriente alterna circula a través del la mencionada porción (46) en funcionamiento.
- 35 7. Caudalímetro según la reivindicación 2, caracterizado porque los campos magnéticos son generados por medio de una bobina eléctrica (52) enrollada alrededor de una culata magnética (49) con dos espacios (50a, 50b), cuya bobina (52) está conectada a un circuito eléctrico (53) diseñado para pasar una corriente alterna o una corriente continua a través de dichas bobina en funcionamiento con lo cual los primeros medios producen una corriente continua o una corriente alterna, respectivamente, para circular a través de la pared del tubo.
- 40 8. Caudalímetro según las reivindicaciones 2 a 7, caracterizado porque el tubo (78) tiene forma de bucle, en que dicho bucle sigue un recorrido substancialmente cerrado mecánicamente, en que los extremos (79,81) del bucle (78) están conectados a un tubo de entrada flexible (80) y a un tubo de salida flexible (82) para la circulación del medio, y en que el bucle (78) está suspendido elásticamente desde un cuadro por medio de los mencionados tubos de entrada y salida flexibles (80,82) de tal manera que la suspensión resultante permite un movimiento alrededor de dos ejes mutuamente perpendiculares en el plano del bucle, uno para le movimiento de excitación y otro para el movimiento de Coriolis que se origina cuando un medio circula a través del tubo (78).
- 45 9. Caudalímetro según la reivindicación 3, caracterizado porque el tubo de detección (55) tiene forma de U y en que los segundos medios de excitación comprenden una culata magnética (54) que tiene dos espacios (56a, 56b) a través de los que se extiende las partes curvas del tubo en forma de U (55), estando la culata magnética (54) alimentada de energía por un imán permanente (57)
- 50 10. Caudalímetro según la reivindicación 3 caracterizado porque el tubo (60) tiene forma de U y en que los segundos medios de excitación comprenden una culata magnética (59) que tiene dos espacios (61 a, 61 b) a través de los que se extiende los brazo laterales del tubo en forma de U (60), estando la culata magnética (59) alimentada de energía por un imán permanente.
- 55 11. Caudalímetro según la reivindicación 1 caracterizado porque se dispone con al menos dos sensores ópticos (106a, 106b) para medir la deformación del tubo (90) que ocurre bajo la influencia del caudal de un medio a través del tubo (90), cuyos sensores están situados en cada lado del punto de intersección (polo) del eje de rotación primario y una porción del tubo cuya deformación vaya a ser medida, siendo la distancia desde cada sensor (106a, 106b) a dicho punto de intersección de entre el 5% y el 25% de la mitad de la longitud de la porción de tubo citada.

12. Método de funcionamiento de un caudalímetro según la reivindicación 11, caracterizado porque se mide la diferencia de tiempo entre el paso cero de la señal desde el sensor fotosensible, cuya diferencia es representativa del caudal.
- 5 13. Método de funcionamiento de un caudalímetro según la reivindicación 11 caracterizado porque las señales desde los sensores fotosensibles se convierten al dominio de la frecuencia, y en que se mide la diferencia de fase entre las dos señales de sensores convertidas al dominio de la frecuencia, cuya diferencia es representativa del caudal.
- 10 14. Caudalímetro según la reivindicación 11 caracterizado por un tercer sensor (11c, S3, 106C) en línea con los primeros dos sensores (11a, 11b; S1, S2; 106a, 106 b), las señales desde el tercer sensor son procesadas en un dispositivo de procesamiento (76) (procesador de señal digital) a fin de obtener una señal que represente una medida de caudal que comprenda una corrección de posición del polo.
15. Caudalímetro según la reivindicación 1 caracterizado porque el tubo es fabricado de un material de baja magnetización, y en que en el funcionamiento de los medios de excitación generan un campo de configuración magnética en el área de al menos una porción del tubo que causa que entre en un modo de excitación de torsión.

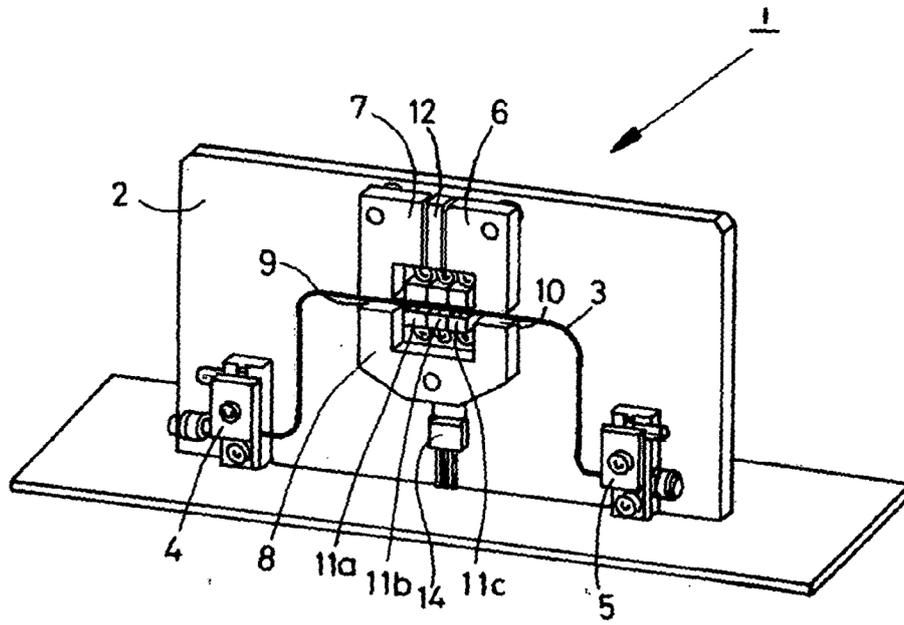
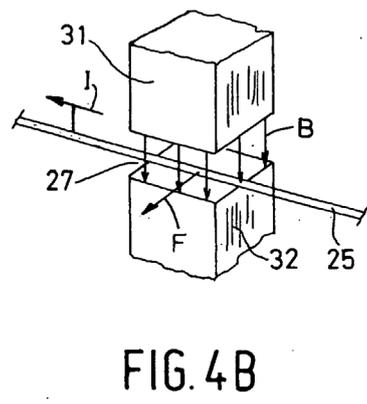
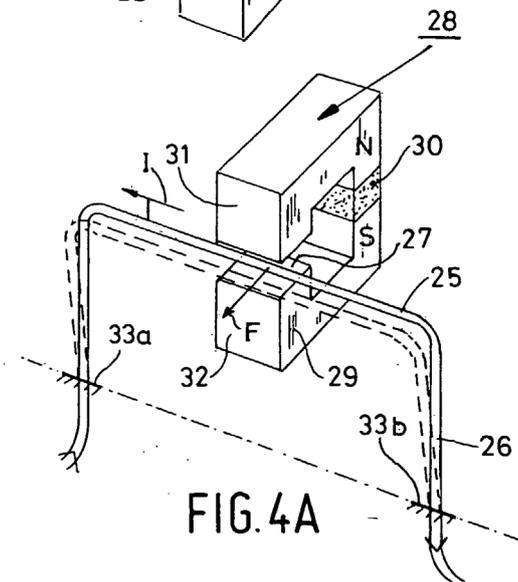
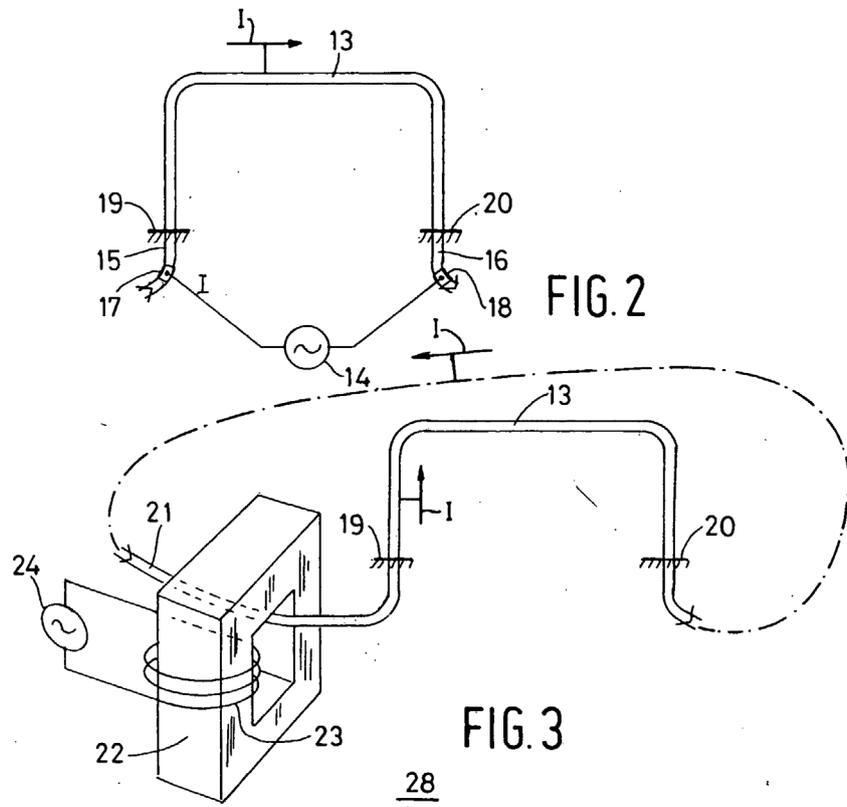


FIG. 1



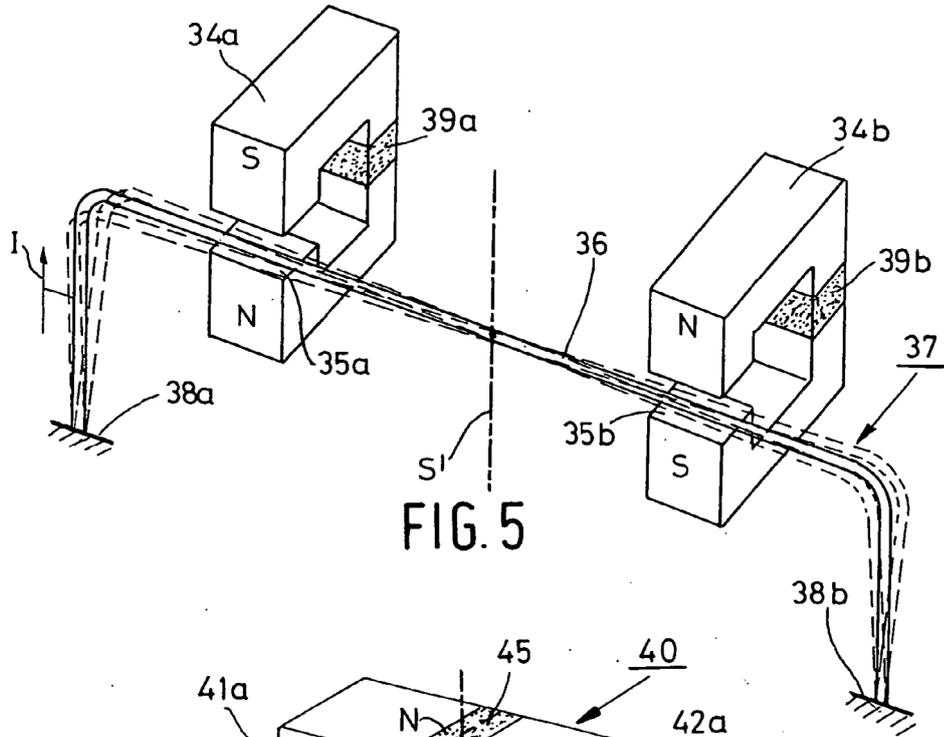


FIG. 5

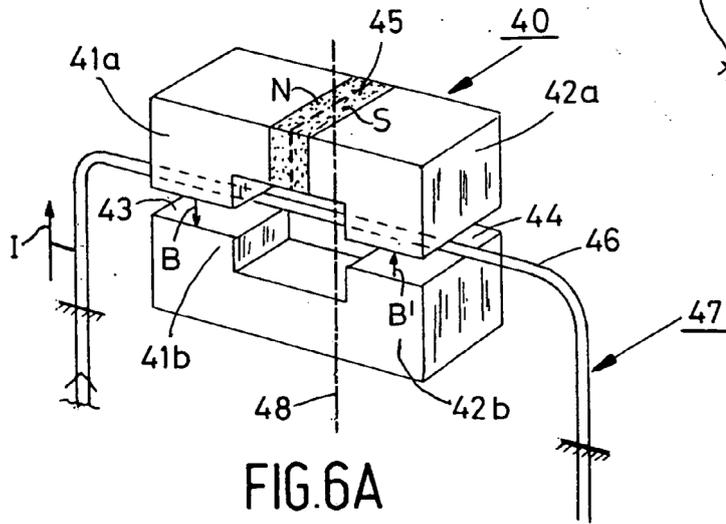


FIG. 6A

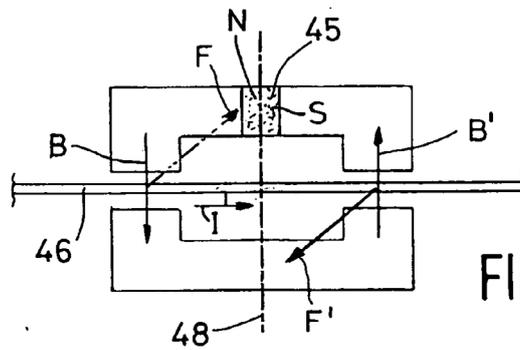


FIG. 6B

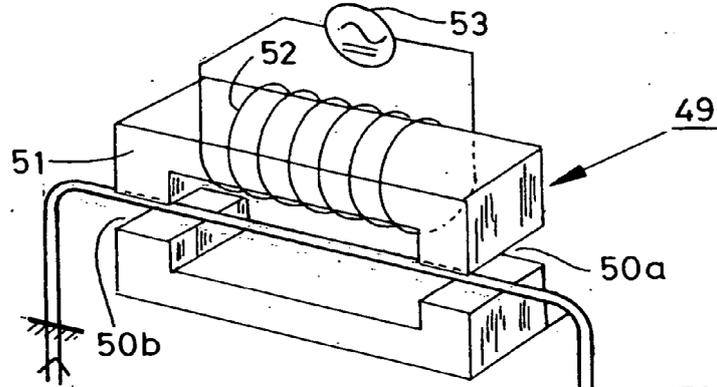


FIG. 7

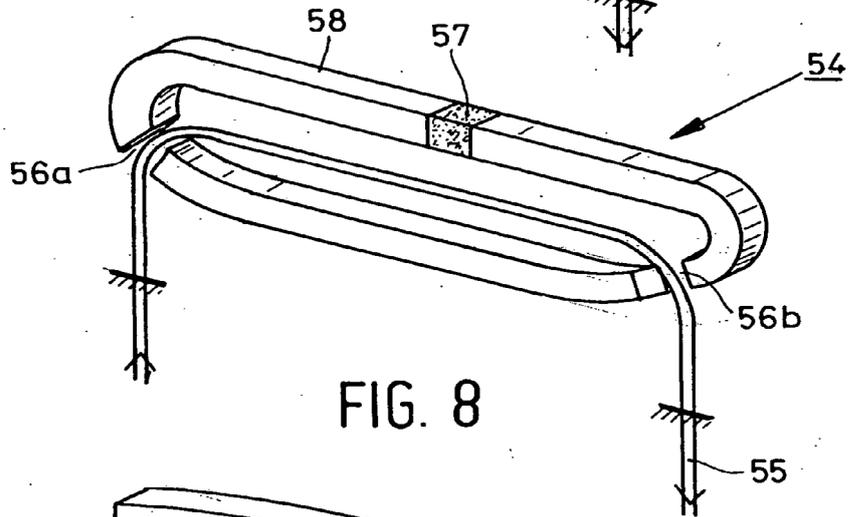


FIG. 8

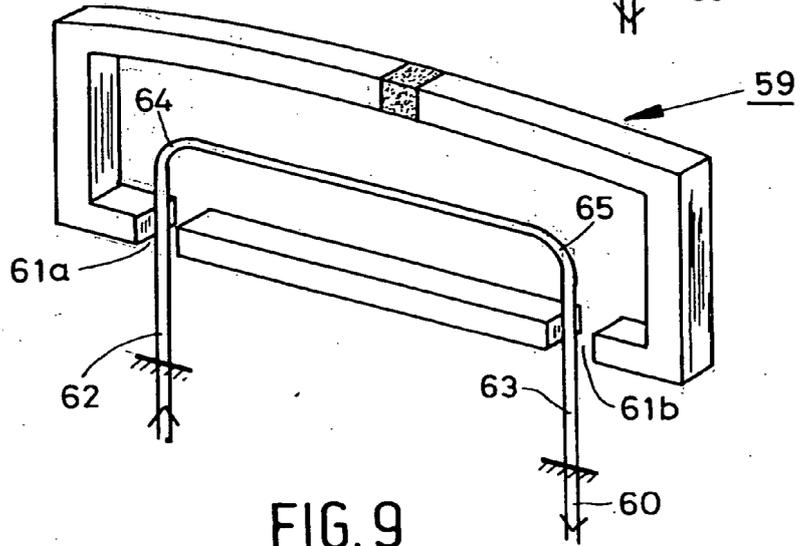


FIG. 9

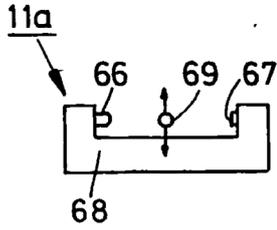


FIG. 10A

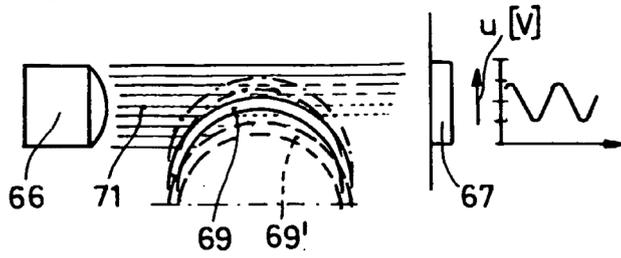


FIG. 10B

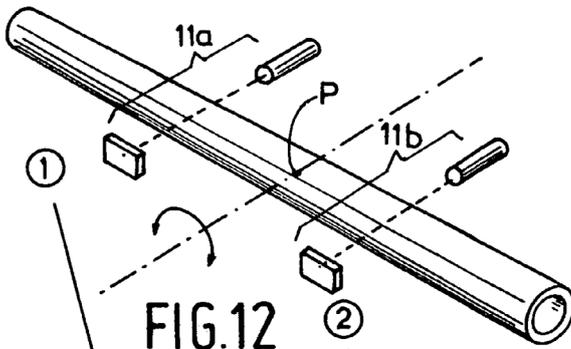


FIG. 12

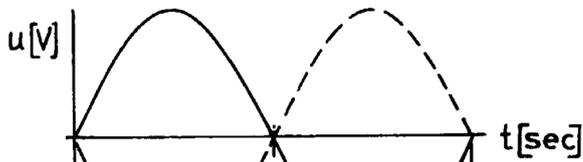


FIG. 13A

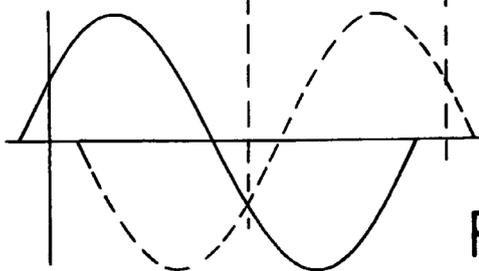


FIG. 13B

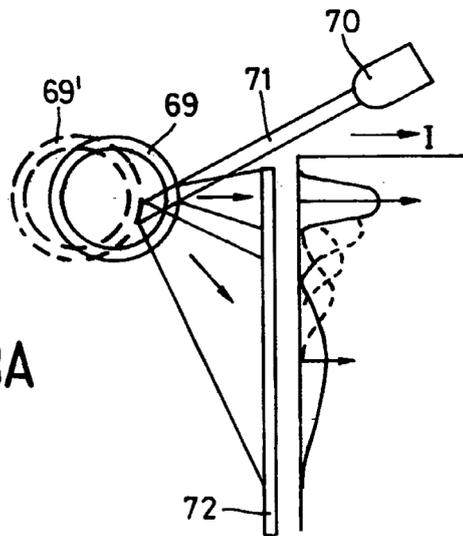


FIG. 11

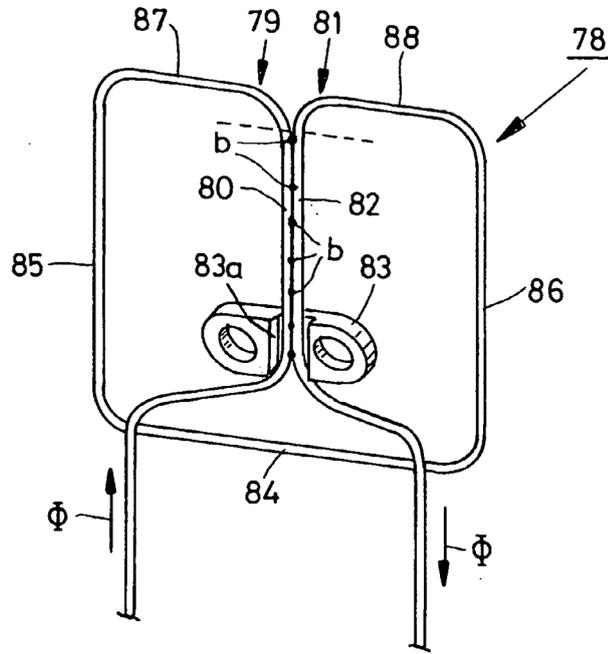


FIG. 15

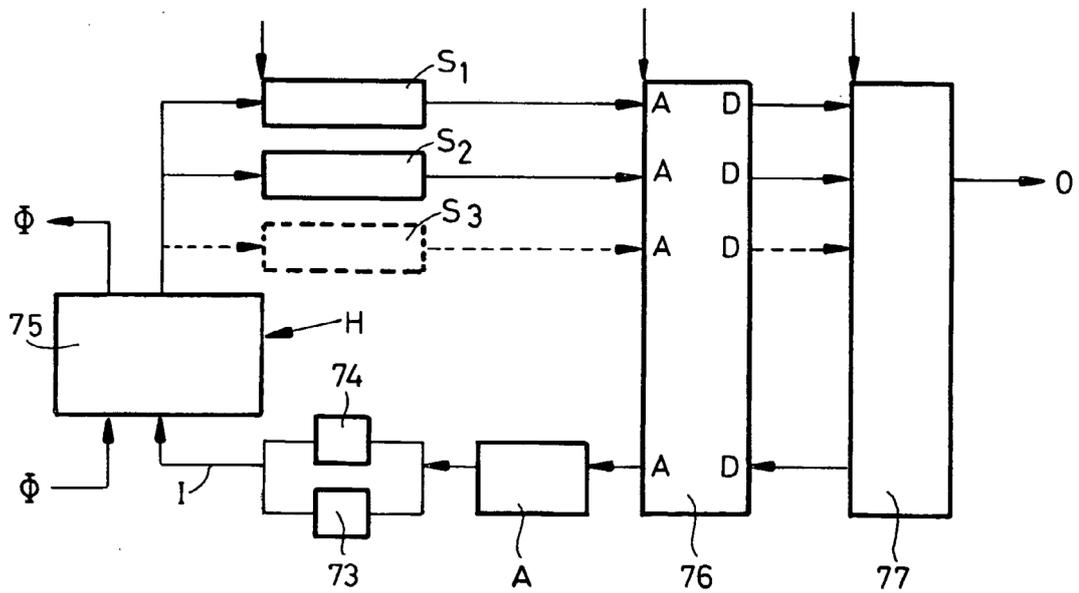


FIG. 14

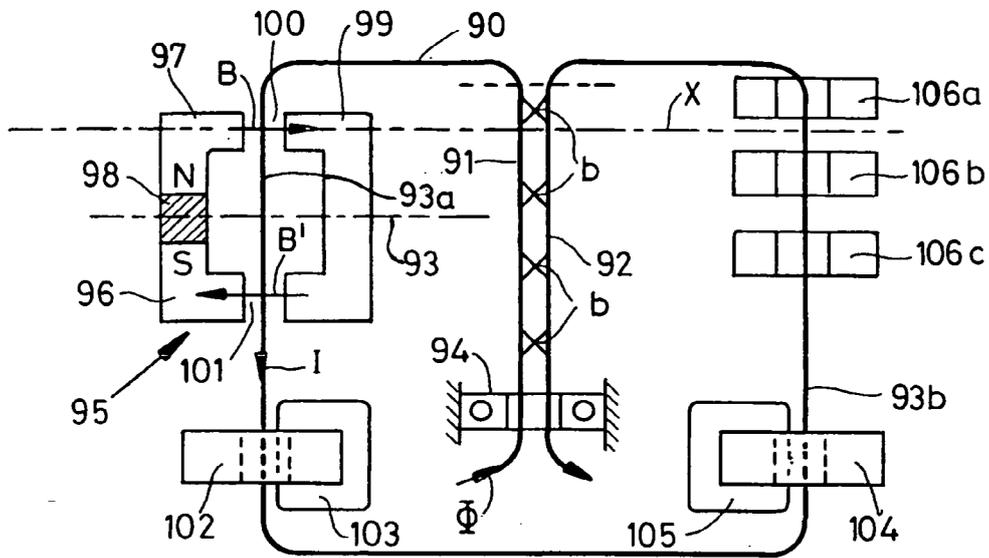


FIG. 16

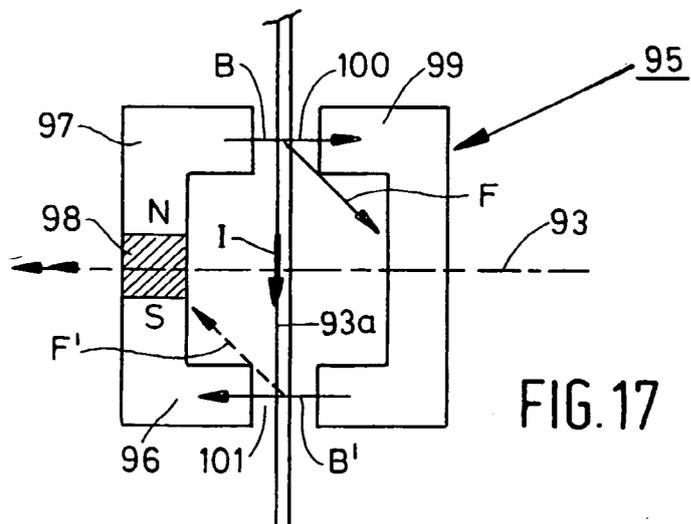


FIG. 17

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- ▲ US 5747704 A, Van der Pol [0002]
- ▲ EP 0361388 A [0004]
- US P4658657 A [0005] [0019] [0025]
- US 2003097881 A, Schlosser [0021]