

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 461**

51 Int. Cl.:

G01C 19/56 (2012.01)

G01C 19/5712 (2012.01)

G01C 19/5755 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2010 PCT/EP2010/055708**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.11.2010 WO10125098**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2010 E 10718943 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2425206**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de medida preciso de un sensor micromecánico de velocidad de rotación**

30 Prioridad:

30.04.2009 DE 102009019318

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

10.07.2019

73 Titular/es:

**CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG (100.0%)
Guerickestr. 7
60488 Frankfurt am Main, DE**

72 Inventor/es:

**SIVARAMAN, RAMNATH;
SCHMID, BERNHARD;
HILSER, ROLAND;
GÜNTNER, STEFAN y
KLEMETTI, PETRI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 719 461 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

Procedimiento de funcionamiento de medida preciso de un sensor micromecánico de velocidad de rotación.

5 La invención concierne a un procedimiento de funcionamiento de medida preciso de un sensor micromecánico de velocidad de rotación según el preámbulo de la reivindicación 1 o 2, a un sensor micromecánico de velocidad de rotación según el preámbulo de la reivindicación 7 y al uso del sensor de velocidad de rotación en vehículos automóviles.

10 Es sabido que los muelles micromecánicos para suspender masas sísmicas en sensores de velocidad de rotación ocasionan ya parcialmente, debido a imprecisiones de fabricación relativamente pequeñas que conducen especialmente a ángulos de flanco no deseados de las respectivas estructuras, sin presencia de una velocidad de rotación, desviaciones en la dirección de lectura dentro del modo de accionamiento. Se generan así señales parásitas que pueden evaluarse de manera no deseada como fracciones de señal de velocidad de rotación y que, por tanto, falsean la señal de velocidad de rotación u ocasionan un error respecto de la señal de velocidad de rotación.

15 Tales ángulos de flanco o inclinaciones no deseadas de muelles vienen condicionados por el proceso y pueden evitarse tan solo en grado limitado. Las señales parásitas anteriormente descritas, que no se originan debido a una velocidad de rotación captada, sino debido a desviaciones erróneas en la dirección de lectura en función de la desviación de la masa sísmica y de sus muelles en la dirección de accionamiento, se denominan también cuadratura o señales en cuadratura.

20 El documento genérico DE 199 39 998 A1 describe un procedimiento de funcionamiento de un sensor de velocidad de rotación que presenta un primer elemento de electrodo de equilibrado y un segundo elemento de electrodo de equilibrado que están asociados a una masa sísmica, ajustándose entre el primer elemento de electrodo de equilibrado y la masa sísmica una primera tensión del equilibrado eléctrica y ajustándose entre el segundo elemento de electrodo de equilibrado y la masa sísmica una segunda tensión de equilibrado eléctrica, ajustándose la primera tensión de equilibrado eléctrica y la segunda al menos en función de parámetro de cuadratura y un parámetro de resonancia.

25 El documento WO 03/010492 A1 propone un procedimiento para suprimir señales en cuadratura en un sensor de velocidad de rotación que comprende dos disposiciones de electrodo de equilibrado que están asociadas a una masa sísmica, en el que se suprime la cuadratura del sensor de velocidad de rotación por medio de la tensión aplicada a los electrodos de equilibrado. No obstante, debido a esta supresión de cuadratura se puede influir de manera no deseada sobre la frecuencia de resonancia del modo de lectura del sensor de velocidad de rotación, con lo que se varía también la frecuencia diferencia entre las frecuencias respecto del modo de accionamiento y el modo de lectura del sensor de velocidad de rotación. Esto es mucho más desventajoso debido a que la tensión aplicada a los electrodos de equilibrado interviene cuadráticamente en el desplazamiento de la frecuencia de resonancia del modo de lectura.

30 Es usual que la expresión de la cuadratura de sensores de velocidad de rotación de una pastilla se disperse de manera relativamente fuerte a consecuencia de las fluctuaciones del proceso o se diferencie de manera relativamente fuerte de un sensor de velocidad de rotación a otro de una pastilla.

35 El problema de la presente invención consiste ahora en proponer un procedimiento en el que pueda evitarse en el curso de una suspensión de cuadratura una influenciación no deseada de la frecuencia/frecuencia de resonancia del modo de lectura del sensor de velocidad de rotación y especialmente pueda ajustarse una frecuencia de resonancia deseada junto con una simultánea supresión de cuadratura.

Este problema se resuelve según la invención mediante los procedimientos de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, así como mediante el sensor micromecánico de velocidad de rotación de acuerdo con la reivindicación 7.

40 La invención se basa especialmente en la idea de ajustar o aplicar o regular una primera y una segunda tensiones de equilibrado en un primero y un segundo electrodos de equilibrado de un sensor de velocidad de rotación, al menos sustancialmente, en función de un parámetro de cuadratura y un parámetro de resonancia.

Por ajuste de las tensiones de equilibrado se entiende convenientemente también un proceso de regulación.

45 El parámetro de cuadratura debe entenderse preferiblemente como la medida de la cuadratura del sensor de velocidad de rotación o respecto del comportamiento de desviación de la al menos una masa sísmica. En particular, el parámetro de cuadratura depende de la señal en cuadratura o de la fracción de señal en cuadratura de la señal de salida del sensor de velocidad de rotación, que está desfasada sustancialmente en 90° o 270° con respecto a la fracción de la señal de salida del sensor de velocidad de rotación que reproduce la velocidad de rotación. Además, la señal en cuadratura está desfasada especialmente en 0° o 180° con respecto a la señal primaria o al modo de accionamiento. De manera especialmente preferida, el parámetro de cuadratura es una magnitud de reglaje en una

regulación o control, con la que tiene que activarse una actórica de la masa sísmica para suprimir o evitar la cuadratura o la señal en cuadratura de la masa sísmica. El parámetro de cuadratura viene definido aquí de manera muy especialmente preferida por la tensión eléctrica que se debe aplicar a la actórica como magnitud de reglaje y presenta la misma unidad.

- 5 El parámetro de resonancia debe entenderse preferiblemente como la medida de la frecuencia o la frecuencia propia del modo de lectura o, de manera alternativa, preferiblemente como la medida de la diferencia de frecuencia entre la frecuencia o la frecuencia propia del modo de lectura y la frecuencia del modo de accionamiento.

10 El parámetro de resonancia se determina especialmente en función de las frecuencias de resonancia del sensor de velocidad de rotación con respecto a su modo de accionamiento o su modo de lectura o bien depende de estos valores. De manera especialmente preferida, el sensor de velocidad de rotación debe hacerse funcionar de modo que la diferencia de frecuencia derivada de la frecuencia de resonancia del modo de lectura menos la frecuencia de resonancia del modo de accionamiento presente sustancialmente un valor definido o se regule a un valor definido o, de manera alternativa, sea de preferencia sustancialmente cero o se regule a cero. El parámetro de resonancia se define de manera muy especialmente preferida por una tensión eléctrica a aplicar a la actórica como magnitud de reglaje y presenta la misma unidad.

15 Es conveniente que el parámetro de resonancia sea un parámetro de regulación para regular la frecuencia de lectura a un valor definido o a un valor definido con relación a la frecuencia de excitación, especialmente definido por medio de una diferencia de frecuencia.

20 Por frecuencia del modo de lectura se entiende preferiblemente la frecuencia del modo de lectura o secundario o la frecuencia propia del oscilador de lectura o secundario, y por frecuencia de la señal excitación o por frecuencia propia se entiende la frecuencia del modo de accionamiento o modo primario o bien la frecuencia propia del oscilador de accionamiento/primario.

25 Por modo de accionamiento o modo primario se extiende un modo propio de un sensor de velocidad de rotación, preferiblemente la oscilación propia, de manera especialmente preferida la oscilación con una frecuencia de resonancia, de la al menos una masa sísmica en la que la masa sísmica del sensor de velocidad de rotación oscila de manera especialmente continua. De manera muy especialmente preferida, el sensor de velocidad de rotación presenta al menos dos masas sísmicas acopladas una a otra que oscilan en contrafase o que se desvían ambas con orientación inversa una respecto de otra en la misma dirección durante el transcurso del modo de accionamiento.

30 Por modo de lectura o modo secundario se entiende un modo propio que se ajusta preferiblemente debido a una velocidad de rotación y a la acción inherente de la fuerza de Coriolis.

El sensor de velocidad de rotación comprende preferiblemente un sustrato que está unido con el sistema o el sistema inercial cuya velocidad de rotación se debe captar o medir. Esta unión es de naturaleza especialmente rígida y/o tiesa. De manera especialmente preferida, la al menos una masa sísmica está suspendida del sustrato y los al menos dos elementos de electrodo de equilibrado están unidos fijamente con el sustrato.

35 El sensor de velocidad de rotación comprende preferiblemente un sustrato que está orientado, respecto de su superficie de base, en una dirección sustancialmente paralela al plano x-y de un sistema de coordenadas cartesianas. En particular, el modo de accionamiento se expresa en la dirección x y el modo de lectura se expresa en la dirección y o z, o bien el modo de accionamiento se expresa en la dirección y, mientras que el modo de lectura se expresa en la dirección x o z. El sensor de velocidad de rotación está construido de una manera convenientemente correspondiente.

40 Por sustrato se entienden un cuerpo de base y/o de soporte y/o una parte de carcasa del sensor de velocidad de rotación que es preferiblemente una parte sustancialmente sin estructurar de la pastilla a partir de la cual se ha formado el sensor de velocidad de rotación. De manera especialmente preferida, el sustrato consiste en silicio cristalino o policristalino, especialmente conductor, o en una o varias capas de material semiconductor y/o un metal o metales y/o capas eléctricamente aislantes.

45 El sensor de velocidad de rotación presenta convenientemente al menos un dispositivo de accionamiento o un medio de accionamiento para accionar la masa sísmica, así como uno o varios dispositivos de lectura para captar directa o indirectamente la desviación de la masa sísmica.

50 Se prefiere que el sensor de velocidad de rotación esté formado y dispuesto con respecto a un sistema de coordenadas cartesianas x-y-z de modo que establezca la dirección de accionamiento en la dirección x y pueda captar velocidades de rotación alrededor del eje z y/o del eje x.

Se prefiere que el sensor de velocidad de rotación esté concebido de modo que pueda captar velocidades de rotación alrededor de al menos dos ejes diferentes, es decir que el sensor de velocidad de rotación es de construcción "multieje".

Una masa sísmica comprende preferiblemente al menos en parte uno o varios dispositivos de accionamiento y/o al menos en parte uno o varios dispositivos de lectura y/o uno o varios elementos micromecánicos adicionales del sensor de velocidad de rotación.

5 El sensor de velocidad de rotación se fabrica preferiblemente por medio de al menos un procedimiento micromecánico. Se corroen las estructuras en un material de membrana, especialmente silicio, mediante una corrosión en seco que, en particular, es preferiblemente anisótropa y que se realiza en una dirección sustancialmente vertical a través de la membrana. El plano de la superficie de base de la membrana se extiende sustancialmente paralelo a la superficie del sustrato. En los sitios en que la membrana está unida fijamente con el sustrato situado debajo de ella se originan puntos de anclaje en los que a su vez están fijados unos elementos elásticos o unas estructuras inmóviles. De este modo, unos cuerpos rígidos que se suspenden de muelles pueden materializarse como libremente oscilantes. Los puntos de anclaje están de manera muy especialmente preferida dotados de aislamiento eléctrico entre ellos por medio de capas aislantes y pueden ser contactados desde fuera.

10 Se prefiere que el primer elemento de electrodo de equilibrado y el segundo estén configurados como sustancialmente inmóviles, en particular con relación a su respectiva superficie de electrodo, y estén aislados eléctricamente y dispuestos a cierta distancia con respecto a la masa sísmica.

15 Los elementos de electrodo de equilibrado están convenientemente aislados uno de otro y de manera muy especialmente preferida están configurados siempre como idénticos.

20 El primer elemento de electrodo de equilibrado y el segundo están dispuestos preferiblemente por encima o por debajo de la masa sísmica o bien uno de ellos por encima y otro por debajo de dicha masa y/o están dispuestos delante o detrás de la masa sísmica o bien uno delante y otro detrás de la misma.

El sensor de velocidad de rotación presenta convenientemente dos masas sísmicas que están acopladas una con otra.

La al menos una masa sísmica lleva asociados preferiblemente dos elementos de electrodo de equilibrado adicionales.

25 La primera tensión de equilibrado y la segunda se ajustan de preferencia adicionalmente en dependencia mutua una de otra. El ajuste de las tensiones de equilibrado primera y segunda se efectúa según la invención por medio de una regulación. Esta regulación o el procedimiento de regulación se realiza durante el funcionamiento del sensor de velocidad de rotación, especialmente en momentos definidos o bien de manera periódica o continua. La regulación está configurada de manera especialmente preferida como una regulación de "bucle cerrado" (closed loop).

30 El procedimiento se amplía según la invención registrando el parámetro de cuadratura en momentos definidos o bien de manera periódica o continua en función o a partir de la señal en cuadratura y registrando el parámetro de resonancia en momentos definidos o bien de manera periódica o continua en función o a partir de la frecuencia del modo de lectura o de la diferencia de frecuencia entre el modo de lectura y el modo de accionamiento.

35 Las tensiones de equilibrado primera y segunda se regulan según una primera forma de realización de la invención de modo que la suma del cuadrado de la primera tensión de equilibrado eléctrica multiplicado por un primer factor constante y del cuadrado de la segunda tensión de equilibrado eléctrica multiplicado por un segundo factor constante se ajuste/regule a un primer valor de referencia del parámetro de resonancia con respecto al cuadrado. Además, la diferencia del cuadrado de la primera tensión de equilibrado eléctrica multiplicado por un tercer factor constante y del cuadrado de la segunda tensión de equilibrado eléctrica multiplicado por un cuarto factor constante se ajusta/regula a un primer valor de referencia del parámetro de cuadratura con respecto al cuadrado. Se ha comprobado que la activación/regulación anterior de los dos primeros elementos de electrodo de equilibrado por medio de las dos primeras tensiones de equilibrado es especialmente adecuada para la supresión de cuadratura y el ajuste simultáneo definido de un parámetro de resonancia o de la frecuencia de resonancia de la masa sísmica respecto del modo de lectura en el caso especialmente preferido de que los elementos de electrodo de equilibrado estén dispuestos con sus respectivas superficies de electrodo asociadas conjuntamente a la masa sísmica en una posición sustancialmente paralela a la superficie de equilibrado de la masa sísmica en el estado no desviado, y estas superficies de electrodo pueden estar configuradas en forma sustancialmente plana.

45 De acuerdo con una segunda forma de realización de la invención, se ajustan/regulan las tensiones de equilibrado eléctricas primera y segunda de modo que la suma de la primera tensión de equilibrado eléctrica multiplicada por un primer factor constante y de la segunda tensión de equilibrado eléctrica multiplicada por un segundo factor constante se ajuste/regule a un primer valor de referencia del parámetro de resonancia, cumpliéndose, además, que la diferencia de la primera tensión de equilibrado eléctrica multiplicada por un tercer factor constante y de la segunda tensión de equilibrado eléctrica multiplicada por un cuarto factor constante se ajusta/regula a un primer valor de referencia del parámetro de cuadratura.

55 La primera tensión de equilibrado eléctrica U_{T01} y la segunda tensión de equilibrado eléctrica U_{T02} se ajustan y/o

regulan de manera preferida sustancialmente según las ecuaciones siguientes en función del parámetro de cuadratura U_T y del parámetro de resonancia U_f :

$$U_f^2 = \alpha \cdot U_{TO1}^2 + \beta \cdot U_{TO2}^2 \quad \text{y}$$

$$U_T^2 = (\gamma \cdot U_{TO1}^2 - \delta \cdot U_{TO2}^2) \cdot \text{sgn}(QS) \cdot \varepsilon$$

5

$$U_{TO1}^2 = (\beta \cdot U_T^2 \cdot \text{sgn}(QS) \cdot \varepsilon + \delta \cdot U_f^2) / (\alpha \cdot \delta + \beta \cdot \gamma)$$

$$U_{TO2}^2 = (\gamma \cdot U_f^2 - \alpha \cdot U_T^2 \cdot \text{sgn}(QS) \cdot \varepsilon) / (\alpha \cdot \delta + \beta \cdot \gamma)$$

α , β , γ y δ son los factores constantes primero, segundo, tercero y cuarto. La expresión $\text{sgn}(QS)$ simboliza o significa la función signo de la señal en cuadratura QS. El parámetro ε es una constante, especialmente 1, cuyo signo se expresa en función de las condiciones siguientes:

10

cuando un aumento del parámetro de cuadratura U_T con respecto al cuadrado conduce a una reducción de la señal en cuadratura, la constante es entonces positiva, o cuando al producirse un aumento del término $\gamma \cdot U_{TO1}^2 - \delta \cdot U_{TO2}^2$, la señal en cuadratura QS resulta más pequeña, entonces se cumple que $\varepsilon = 1$;

15

cuando un aumento del parámetro de cuadratura U_T con respecto al cuadrado conduce a un aumento de la señal en cuadratura, la constante es entonces negativa o cuando, al producirse un aumento del término $\delta \cdot U_{TO2}^2 - \gamma \cdot U_{TO1}^2$, la señal en cuadratura QS resulta más pequeña, se cumple entonces que $\varepsilon = -1$.

Según la correlación representada en estas ecuaciones, se ajusta de preferencia la frecuencia de resonancia del modo de lectura con independencia de la supresión de cuadratura o se ajusta el parámetro de resonancia con independencia del parámetro de cuadratura.

20

Es conveniente que los factores constantes primero, segundo, tercero y cuarto presenten un valor positivo que al menos dependa siempre de una primera y una segunda capacidades de equilibrado, en cuyo caso la primera capacidad de equilibrado depende al menos de la respectiva configuración del primer elemento de electrodo de equilibrado y de la masa sísmica, así como de su disposición y comportamiento de movimiento relativo entre ellos, y la segunda capacidad de equilibrado dependa al menos de la respectiva configuración del segundo elemento de electrodo de equilibrado y de la masa sísmica, así como de su disposición y comportamiento de movimiento relativo entre ellos.

25

El procedimiento comprende preferiblemente un procedimiento de regulación mediante el cual se fija el parámetro de resonancia en dependencia temporal de al menos un parámetro adicional del sensor de velocidad de rotación y/o de un parámetro adicional que influye sobre el funcionamiento del sensor de velocidad de rotación, o bien se sustituye el parámetro de resonancia por al menos un segundo valor de referencia del parámetro de resonancia. En particular, este parámetro adicional es una temperatura predominante en el sensor de velocidad de rotación y/o en su entorno directo, ya que el parámetro de resonancia es una magnitud dependiente de la temperatura.

30

Se prefiere que en el marco del procedimiento estén disponibles o se proporcionen informaciones relativas al comportamiento de funcionamiento del sensor de velocidad de rotación en función de la temperatura en forma de al menos una función y/o de datos.

35

Se prefiere que al menos el primer elemento de electrodo de equilibrado esté conectado a una primera fuente de tensión eléctrica y que el segundo elemento de electrodo de equilibrado y/o la masa sísmica estén conectados especialmente a una segunda fuente de tensión eléctrica.

40

Es conveniente que los elementos de electrodo primero y segundo presenten al menos sendas superficies de electrodo que estén dispuestos sustancialmente en paralelo y enfrentadas a una superficie de equilibrado de la masa sísmica y que las superficies de electrodo de los elementos de electrodo de equilibrado primero y segundo estén asociadas siempre a una zona opuesta de la superficie de equilibrado y/o solapen esta zona, especialmente con independencia del estado de desviación de la masa sísmica, al menos hasta una amplitud/desviación definida, de manera especialmente preferida incluso bajo una desviación máxima de la masa sísmica. Convenientemente, las superficies de electrodo sobresalen siempre más allá de la zona opuesta de la superficie de equilibrado. Las superficies de electrodo y la superficie de equilibrado están configuradas de manera muy especialmente preferida como sustancialmente planas.

45

Se prefiere que el sensor de velocidad de rotación presente cuatro elementos de electrodo de equilibrado o un múltiplo de cuatro, dos de los cuales o un múltiplo de dos presenten siempre una superficie de electrodo paralela al plano x-y y dos de los cuales o un múltiplo de dos presenten siempre una superficie de electrodo paralela al plano x-z y/o al plano y-z. Estos elementos de electrodo de equilibrado están asociados conjuntamente a dos o más masas sísmicas. En particular, dos o más masas sísmicas del sensor de velocidad de rotación llevan asociados siempre ocho de tales elementos de electrodo de equilibrado.

50

Convenientemente, el sensor de velocidad de rotación está configurado como un sensor de velocidad de rotación de 2 ejes o de manera alternativa preferiblemente como un sensor de velocidad de rotación de 3 ejes, presentando el configurado como sensor de velocidad de rotación de 3 ejes al menos siempre dos y, en particular, exactamente dos elementos de electrodo de equilibrado paralelos a los planos x-y, x-z e y-z.

5 El sensor de velocidad de rotación comprende convenientemente al menos dos masas sísmicas que están acopladas una con otra a través de un elemento de acoplamiento, especialmente un muelle de acoplamiento y/o una barra de acoplamiento, y que son accionadas en contrafases especialmente por medio de al menos un dispositivo de accionamiento o bien presentan un modo de accionamiento en contrafase, con lo que el centro de gravedad común de estas masas sísmicas permanece sustancialmente en reposo.

10 El sensor de velocidad de rotación está construido de preferencia al menos parcialmente a base de silicio, especialmente silicio monocristalino, y la al menos una masa sísmica y/o al menos un elemento de suspensión de la masa sísmica están contruidos de manera especialmente preferida a base de silicio policristalino conductor o, como alternativa, preferiblemente a base de silicio cristalino o monocristalino.

15 La invención concierne también al uso del sensor de velocidad de rotación en vehículos automóviles, especialmente en sistemas de regulación de vehículos automóviles.

El procedimiento según la invención y el sensor de velocidad de rotación según la invención pueden emplearse en áreas diferentes para captar una o varias velocidades de rotación y/o, por medio de un procesamiento de señal correspondiente, para captar una o varias aceleraciones de rotación. Se prefiere el uso en vehículos, especialmente en vehículos automóviles y vehículos aéreos, en la técnica de automatización, en sistemas de navegación, en estabilizadores de imagen de cámaras, en la industria robótica y en consolas de juego, en este caso de manera especialmente preferida en los respectivos sistemas de regulación correspondientes. Se prefiere muy especialmente el uso del procedimiento y del sensor de velocidad de rotación en/como un sensor/sensores de velocidad de guiñada y/o de aceleración de guiñada en un sistema de regulación de vehículo automóvil, tal como, por ejemplo, ESP.

20

Otras formas de realización preferida se desprenden de las reivindicaciones subordinadas y de las descripciones siguientes de ejemplos de realización con ayuda de figuras.

25

Muestran en representación esquemática:

Las figuras 1 a 3, ejemplos de realización para suprimir desviaciones no deseadas de la masa sísmica en sentido perpendicular a la dirección de accionamiento y perpendicular al plano de oscilación,

30 Las figuras 4, 5, ejemplos de sensores de velocidad de rotación para suprimir desviaciones no deseadas de la masa sísmica en sentido perpendicular a la dirección de accionamiento y dentro del plano de oscilación,

La figura 6, un ejemplo de sensor de velocidad de rotación con una masa sísmica cilíndrica suspendida de un muelle de torsión,

Las figuras 7, 8, tensiones de equilibrado ajustadas a modo de ejemplo en un sensor de velocidad de rotación con una masa sísmica,

35 Las figuras 9, 10, tensiones de equilibrado ajustadas a modo de ajuste en un sensor de velocidad de rotación con dos masas sísmicas acopladas y

Las figuras 11 a 13, ejemplos de diagramas para ilustrar la regulación de las tensiones de equilibrado.

Los sensores micromecánicos de velocidad de rotación representados al menos parcialmente en los ejemplos de realización de las figuras 1 a 10 están orientados siempre con respecto a un plano de coordenadas cartesianas x-y-z de un sistema inercial cuya velocidad de rotación se debe captar. Respecto de este sistema de coordenadas se establece la dirección de accionamiento de la al menos una masa sísmica en la dirección x y el respectivo sensor de velocidad de rotación tomado como ejemplo está concebido de modo que pueda captar datos de rotación alrededor de al menos el eje z y/o el eje y. Además, estos sensores de velocidad de rotación presentan una dirección de fabricación o una dirección de estructuración en la dirección z, respecto de la cual se han formado éstos a partir de una pastilla de silicio. Los elementos de electrodo de equilibrado están dispuestos siempre de manera inmóvil en estos ejemplos de realización y están configurados y dispuestos como aislados eléctricamente uno de otro y de la masa sísmica. Los elementos de electrodo de equilibrado están configurados siempre a modo de ejemplo como simétricos o como simétricos por parejas con respecto a la masa sísmica asociada, por lo que los factores constantes primero a cuarto se pueden suponer siempre como 1.

40

45

50 En las figuras 1 a) y b) se ilustra un sensor de velocidad de rotación tomado como ejemplo que presenta unos elementos de electrodo de equilibrado primero y segundo 2, 3 que están asociados conjuntamente a una masa sísmica 1. La masa sísmica 1 es accionada en la dirección x y presenta siempre paralelamente al plano x-y dos zonas de solapamiento 4 y 5 de una superficie de equilibrado 8 de la masa sísmica que están asociadas a una

respectiva superficie de electrodo 6, 7 de un elemento de electrodo de equilibrado. Esto ocurre incluso con una desviación máxima d_{max} de la masa sísmica 1 en la dirección x, tal como se ilustra en la figura 1 b).

5 Se forman una primera capacidad de equilibrado C_{TO1} y una segunda capacidad de equilibrado C_{TO2} por medio de la superficie de equilibrado 8 de la masa sísmica 1 y la respectiva superficie de electrodo 6, 7 de los elementos de electrodo de equilibrado primero y segundo 2 y 3, estando formadas estas superficies 6, 7, 8 en dirección paralela al plano x-y. Las tensiones de equilibrado primera y segunda U_{TO1} y U_{TO2} se aplican a estas capacidades como se representa en la figura 2.

10 La figura 3 muestra un ejemplo de realización de un sensor de velocidad de rotación que presenta en la dirección z, por encima y por debajo de la masa sísmica 1, unos elementos de electrodo de equilibrado 2, 3, 9, 10 que están asociados siempre por parejas a una superficie de equilibrado 8a y 8b de la masa sísmica 1, paralelamente al plano x-y, y que forman siempre con ésta las capacidades de equilibrado C_{TO1} , C_{TO2} , C_{TU1} , C_{TU2} , a las que se aplican las tensiones de equilibrado U_{TO1} , U_{TU2} como primeras tensiones de equilibrado y U_{TO2} , U_{TU1} como segundas tensiones de equilibrado.

15 Los ejemplos de realización que se ilustran con ayuda de las figuras 1 a 3 están diseñados para suprimir desviaciones no deseadas de la masa sísmica en la dirección de lectura, perpendicularmente a la dirección de accionamiento (dirección x) y perpendicularmente al plano x-y.

20 En la figura 4 se representa un ejemplo de sensor de velocidad de rotación con cuatro elementos de electrodo de equilibrado 11, 12, 13 y 14 que están contruidos con sus superficies de electrodo paralelas al plano x-z. Los elementos de electrodo de equilibrado 11, 12, 13, 14 y la masa sísmica 1 están contruidos y dispuestos de modo que la masa sísmica 1, incluso con su desviación máxima en el plano x-z, presente siempre una zona de solapamiento común con cada superficie de electrodo asociada a ella. Los elementos de electrodo de equilibrado 11, 12, 13, 14 están dispuestos siempre a lo largo de una longitud definida en la dirección y de la masa sísmica 1 con respecto a su estado no desviado y forman con la masa sísmica 1 cuatro capacidades de equilibrado C_{T1H} , C_{T2H} , C_{T1V} y C_{T2V} a las que se aplican tensiones de equilibrado eléctricas U_{T1H} , U_{T2V} como primeras tensiones de equilibrado y U_{T2H} , U_{T1V} como segundas tensiones de equilibrado.

25 La figura 5 muestra un ejemplo de realización del sensor de velocidad de rotación de la figura 4, en el que unos elementos de electrodo de equilibrado 11, 12, 13 y 14 están configurados como estructuras de peine, respecto de las cuales presenta la masa sísmica 1 unas contrapiezas correspondientes, estando los elementos de electrodo de equilibrado 11, 12, 13, 14 suspendidos siempre de un sustrato S. Entre estas estructuras de peine de los elementos de electrodo de equilibrado y las estructuras de peine de la estructura sísmica 1 se forman las capacidades de equilibrado C_{T1H} , C_{T2H} , C_{T1V} , C_{T2V} a las que se aplican las tensiones de equilibrado U_{T1H} , U_{T2V} como primeras tensiones de equilibrado y U_{T2H} , U_{T1V} como segundas tensiones de equilibrado.

30 Los ejemplos de realización que se ilustran con ayuda de las figuras 4 y 5 están diseñados para suprimir desviaciones no deseadas de la masa sísmica perpendicularmente a la dirección de accionamiento (dirección x) y dentro del plano de oscilación (x-y) que es abarcado por el modo de accionamiento y el modo de lectura.

35 En un ejemplo de realización no representado del sensor de velocidad de rotación como sensor de velocidad de rotación de 2 ejes, es decir, un sensor de velocidad de rotación que es sensible a velocidades de rotación alrededor de dos ejes, este sensor presenta ocho elementos de electrodo de equilibrado, de los cuales cuatro presentan unas respectivas superficies de electrodo dispuestas paralelas al plano x-y, dos por encima y dos por debajo de la masa sísmica, y cuatro presentan unas respectivas superficies de electrodo dispuestas paralelas al plano x-z, dos delante y dos detrás de la masa sísmica. Estos elementos de electrodo de equilibrado están asociados conjuntamente a una masa sísmica.

40 En la figura 6 se ilustra un ejemplo de realización de un sensor de velocidad de rotación que presenta una masa sísmica cilíndrica 20 que está suspendida de un muelle de torsión 21 de manera que pueda ser desviada rotativamente alrededor del eje z. Además, el muelle de torsión 21 hace posible que se produzcan desviaciones rotativas de la masa sísmica 20 alrededor del eje x. El modo de accionamiento de este ejemplo de realización oscila rotativamente alrededor del eje z y el modo de lectura oscila rotativamente alrededor del eje x, con lo que los bordes opuestos de la masa sísmica 20 se desvían en contrafase en la dirección z. Unos elementos de electrodo de equilibrado 22, 23, 24 y 25 están suspendidos del sustrato S o del sistema inercial, están dispuestos en la dirección z por debajo de la masa sísmica 20 y están asociados a ésta y forman con ella unas capacidades de equilibrado C_{T1H} , C_{T2H} , C_{T1V} , C_{T2V} a las que se aplican las tensiones de equilibrado U_{T1H} , U_{T2V} como primeras tensiones de equilibrado y U_{T2H} , U_{T1V} como segundas tensiones de equilibrado.

45 En un ejemplo de realización no representado cuatro elementos de electrodo de equilibrado están asociados correspondientemente a los elementos de electrodo de equilibrado de la figura 6 en la dirección z por encima de la masa sísmica. En otro ejemplo de realización alternativo no representado la masa sísmica lleva asociados conjuntamente ocho elementos de electrodo de equilibrado, cuatro por debajo y cuatro por encima de la masa

sísmica con respecto a la dirección z.

El sensor de velocidad de rotación ilustrado a modo de ejemplo en la figura 7 presenta únicamente unos elementos de electrodo de equilibrado primero y segundo 2, 3 que están asociados conjuntamente a una masa sísmica 1 y forman así unas capacidades de equilibrado C_{TO1} y C_{TO2} , a las que se aplican la primera tensión de equilibrado eléctrica U_{TO1} y la segunda tensión de equilibrado U_{TO2} . Estas dos tensiones de equilibrado se representan siempre al menos en función de un parámetro de cuadratura y un parámetro de resonancia en el marco de un procedimiento tomado como ejemplo. Las tensiones de equilibrado U_{TO1} y U_{TO2} se aplican como tensiones continuas con independencia de una posible cuadratura a las capacidades de equilibrado C_{TO1} y C_{TO2} . Los elementos de electrodo de equilibrado 2, 3 están unidos siempre a modo de ejemplo con una fuente de tensión eléctrica y la masa sísmica 1 está unida con la masa eléctrica. Según la ecuación

$$U_f^2 = U_{TO1}^2 + U_{TO2}^2 \quad (1)$$

se ajustan las tensiones de equilibrado U_{TO1} y U_{TO2} en función del parámetro de resonancia U_f . Se desplaza así deliberadamente la frecuencia de resonancia del sensor de velocidad de rotación. En caso de que el sensor de velocidad de rotación no presente ninguna cuadratura o señal en cuadratura, se ajustan las tensiones de equilibrado U_{TO1} y U_{TO2} a valores iguales. Es decir que se cumple entonces que

$$U_{TO1} = U_{TO2} \quad \text{y} \quad U_f^2 = 2 U_{TO1}^2 \quad (2).$$

No obstante, en caso de que el sensor de velocidad de rotación presente una cuadratura o una señal en cuadratura, ésta se elimina adicionalmente por efecto de las tensiones de equilibrado. El parámetro de cuadratura U_T es una medida de la tensión eléctrica necesaria para eliminar la cuadratura. En función del parámetro de cuadratura U_T se ajustan las tensiones de equilibrado U_{TO1} y U_{TO2} según la ecuación

$$U_T^2 = U_{TO1}^2 - U_{TO2}^2 \quad (3)$$

con lo que se elimina la cuadratura.

En caso de que el sensor de velocidad de rotación presente una cuadratura máxima equilibrable, se ajustan las tensiones de equilibrado en su valor límite según las correlaciones siguientes:

$$U_T^2 = U_{TO2}^2 \quad \text{y} \quad U_{TO1}^2 = 0$$

La magnitud de la máxima tensión de equilibrado aplicable depende de la máxima superficie de electrodo disponible y de la máxima señal en cuadratura que cabe esperar. Para el caso de una señal en cuadratura inversa con respecto al ejemplo se aplican las tensiones de equilibrado en forma permutada. Según las ecuaciones (1) y (3), se ajustan las tensiones de equilibrado de la manera siguiente:

$$U_{TO1}^2 = (U_T^2 + U_f^2) / 2 \quad (5)$$

$$\text{y} \quad U_{TO2}^2 = (U_f^2 - U_T^2) / 2. \quad (6).$$

El ejemplo de realización representado en la figura 8 se basa en el ejemplo de realización mostrado en la figura 7, si bien se le ha complementado aquí con dos elementos de electrodo de equilibrado adicionales 9 y 10 que están dispuestos en la dirección z por debajo de la masa sísmica 1. Éstos forman unas capacidades de equilibrado adicionales C_{TU1} y C_{TU2} con la masa sísmica 1. Se aplica aquí a la capacidad de equilibrado C_{TU1} una tensión de equilibrado $U_{TU1} = U_{TO2}$, es decir, la misma tensión de equilibrado que en la capacidad de equilibrado C_{TO2} , y se aplica a la capacidad de equilibrado C_{TU2} una tensión de equilibrado $U_{TU2} = U_{TO1}$, es decir, la misma tensión de equilibrado que en la capacidad de equilibrado C_{TO1} . Las tensiones de equilibrado U_{TO1} , U_{TO2} , U_{TU1} y U_{TU2} se eligen aquí a modo de ejemplo de la misma manera definida por las ecuaciones (5) y (6), y se ajustan así en función del parámetro de cuadratura U_T y del parámetro de resonancia U_f para eliminar la cuadratura del sensor de velocidad de rotación junto con un simultáneo ajuste de una frecuencia de resonancia definida del modo de lectura del sensor de velocidad de rotación.

En cada una de las figuras 9 y 10 se representa un ejemplo de realización de un sensor de velocidad de rotación que presenta dos masas sísmicas 1 y 15 que están acopladas una con otra a través de un elemento de acoplamiento 16, por ejemplo configurado como un muelle. Las masas sísmicas 1 y 15 son accionadas en contrafase y presentan así un modo de accionamiento en contrafase, con lo que el centro de gravedad común permanece en reposo y las dos masas sísmicas 1 y 15 presentan una frecuencia de resonancia común con respecto siempre al modo de accionamiento y al modo de lectura. Los elementos elásticos de suspensión 17 de las masas sísmicas 1, 15 están inclinados, por ejemplo, en la misma dirección. Las tensiones de equilibrado en las respectivas capacidades de equilibrado C_{TLO1} , C_{TLO2} , C_{TRO1} y C_{TRO2} entre los elementos de electrodo de equilibrado 2, 3 y la masa sísmica 1, así como entre los elementos de electrodo de equilibrado 18, 19 y la masa sísmica 15, se ajustan siempre de manera idéntica por parejas, es decir que las primeras tensiones de equilibrado en C_{TLO1} y C_{TRO1} , U_{TLO1} y U_{TRO1} , así como las segundas tensiones de equilibrado en C_{TLO2} y C_{TRO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , se ajustan de manera idéntica

por parejas. El ejemplo de realización ilustrado con ayuda de la figura 10 presenta, además, dos respectivos elementos de electrodo de equilibrado 31, 32, 33 y 34 en la dirección z por debajo de las masas sísmicas 1 y 15. En este caso, las tensiones de equilibrado primera y segunda se ajustan como sigue:

primera tensión de equilibrado: $U_{TLO1} = U_{TRO1} = U_{TLU2} = U_{TRU2}$,

5 segunda tensión de equilibrado: $U_{TLO2} = U_{TRO2} = U_{TLU1} = U_{TRU1}$.

En las figuras 11 y 12 se representan dos diagramas tomados como ejemplo que ilustran la regulación de las tensiones de equilibrado primera y segunda con ayuda del parámetro de cuadratura U_T y el parámetro de resonancia U_f . Al principio "inicio", bloque funcional A, están definidos el parámetro de cuadratura U_T y el parámetro de resonancia U_f . Por medio de las regulaciones representadas en la figura 11 y la figura 12 se realiza únicamente un equilibrado/regulación de cuadratura y la frecuencia de resonancia/frecuencia del modo de lectura permanece sustancialmente sin ser influenciada por medio del procedimiento. En la figura 11 el parámetro de resonancia U_f presenta un valor constante definido y en la figura 12 U_f varía en función de la temperatura. El parámetro de cuadratura U_T , que depende de la señal en cuadratura del sensor de velocidad de rotación, presenta un valor de inicio constante que, por ejemplo, puede ser también 0. A continuación, en el bloque funcional B se mide, se capta y se obtiene de manera correspondiente la señal en cuadratura QS, la cual está desfasada como fracción de la señal de lectura desfasada en 180° o 0° con respecto al modo de accionamiento o desfasada en 90° o 270° con respecto a la fracción de señal o señal útil de la señal de lectura que reproduce la velocidad de rotación. Seguidamente, en el bloque funcional C se realiza un dictamen referente a si la señal en cuadratura medida QS es mayor o menor o igual que un valor umbral, por ejemplo 0. Dependiendo de esto, se aumenta o se reduce o se deja igual seguidamente el parámetro de cuadratura U_T en el bloque funcional D, lo que se realiza, por ejemplo, mediante una suma y/o una multiplicación por una función y/o un valor definido. Seguidamente, se aplican en el bloque funcional E según las fórmulas representadas, en las que sgn se define como la función signo, las tensiones de equilibrado U_{TO1} y U_{TO2} en función siempre del parámetro de cuadratura U_T y del parámetro de resonancia U_f a las capacidades de equilibrado del sensor de velocidad de rotación. Estas funciones de activación forman magnitudes de reglaje de la regulación. A 25 continuación, se ejecuta nuevamente el bloque funcional B y se comienza el bucle de regulación subsiguiente.

En el diagrama esquemático del procedimiento tomado como ejemplo de la figura 13 ambos parámetros U_f y U_T arrancan con un valor definido en el bloque funcional A. A continuación, se miden en el bloque funcional B la señal en cuadratura QS y la diferencia de frecuencia Δf entre el modo de lectura y el modo de accionamiento. Seguidamente, se comparan estos valores QS, Δf en el bloque funcional C con unos respectivos valores umbral definidos, tras lo cual se adaptan en el bloque funcional D el parámetro de cuadratura U_T y el parámetro de resonancia U_f de conformidad con los respectivos resultados de comparación a), b), c), d), e), f), tal como se ilustra en el bloque funcional D. Esta adaptación comprende un aumento o reducción, pero no una influenciación de los parámetros U_T y U_f , realizándose, por ejemplo, una o varias sumas/restas y/o multiplicaciones por una o varias constantes y/o funciones definidas. Después de esto, se aplican en el bloque funcional E, según las fórmulas representadas, en las que sgn se define como la función signo, las tensiones de equilibrado U_{TO1} y U_{TO2} en función siempre del parámetro de cuadratura U_T y del parámetro de resonancia U_f a las capacidades de equilibrado del sensor de velocidad de rotación. De este modo, en función de la adaptación de los parámetros U_T y U_f se pueden realizar tanto una supresión de cuadratura como al mismo tiempo, por medio de los mismos elementos de electrodo de equilibrado y las mismas tensiones de equilibrado, una adaptación de frecuencia o un desplazamiento de frecuencia del modo de lectura. A continuación, se ejecuta nuevamente el bloque funcional B y se comienza el bucle de regulación subsiguiente.

En los ejemplos de realización representados en las figuras 11 a 13 se admite o se presupone que un aumento del parámetro de cuadratura U_T con relación al cuadrado conduce a una reducción de la señal en cuadratura QS y que el sensor de velocidad de rotación tomado a modo de ejemplo es de construcción correspondiente.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de medida preciso de un sensor micromecánico de velocidad de rotación que comprende al menos una masa sísmica (1, 15, 20) suspendida de manera desviable, al menos un dispositivo de accionamiento para accionar la masa sísmica (1, 15, 20) y al menos unos elementos de electrodo de equilibrado primero (2, 11, 18) y segundo (3, 12, 19) que están asociados conjuntamente de manera directa o indirecta a la masa sísmica (1, 15, 20), en el que se ajusta entre el primer elemento de electrodo de equilibrado (2, 11, 18) y la masa sísmica (1, 15, 20) una primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}), así como se ajusta entre el segundo elemento de electrodo de equilibrado (3, 12, 19) y la masa sísmica (1, 15, 20) una segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}), y en el que las tensiones de equilibrado eléctricas primera y segunda se ajustan al menos en función de un parámetro de cuadratura (U_T) y un parámetro de resonancia (U_f), **caracterizado** por que el ajuste de las tensiones de equilibrado primera y segunda se efectúa por medio de una regulación, ajustándose las tensiones de equilibrado eléctricas primera (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}) y segundas (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}) de modo que la suma del cuadrado de la primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}) multiplicado por un primer factor constante (α) y del cuadrado de la segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}) multiplicada por un segundo factor constante (β) se ajuste a un primer valor de referencia del parámetro de resonancia (U_f) con respecto al cuadrado, y por que, además, la diferencia del cuadrado de la primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}) multiplicado por un tercer factor constante (γ) y del cuadrado de la segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}) multiplicado por un cuarto factor constante (δ) se ajusta a un primer valor de referencia del parámetro de cuadratura (U_T) con relación al cuadrado, registrándose el parámetro de cuadratura (U_T) en momentos definidos y/o de manera periódica y/o continua en función y/o a partir de una señal en cuadratura y registrándose el parámetro de resonancia (U_f) en momentos definidos y/o de manera periódica y/o continua en función y/o a partir de una frecuencia de un modo de lectura o a partir de una diferencia de frecuencia entre un modo de lectura y un modo de accionamiento, siendo el parámetro de cuadratura una magnitud de reglaje en la regulación.

2. Procedimiento de funcionamiento de medida preciso de un sensor micromecánico de velocidad de rotación que comprende al menos una masa sísmica (1, 15, 20) suspendida de manera desviable, al menos un dispositivo de accionamiento para accionar la masa sísmica (1, 15, 20) y al menos unos elementos de electrodo de equilibrado primero (2, 11, 18) y segundo (3, 12, 19) que están asociados conjuntamente de manera directa o indirecta a la masa sísmica (1, 15, 20), en el que se ajusta entre el primer elemento de electrodo de equilibrado (2, 11, 18) y la masa sísmica (1, 15, 20) una primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}), así como se ajusta entre el segundo elemento de electrodo de equilibrado (3, 12, 19) y la masa sísmica (1, 15, 20) una segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}), y en el que las tensiones de equilibrado eléctricas primera y segunda se ajustan en función de un parámetro de cuadratura (U_T) y un parámetro de resonancia (U_f), **caracterizado** por que se efectúa el ajuste de las tensiones de equilibrado primera y segunda por medio de una regulación, ajustándose las tensiones de equilibrado eléctricas primera (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}) y segunda (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}) de modo que la suma de la primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}) multiplicada por un primer factor constante (α) y de la segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}) multiplicada por un segundo factor constante (β) se ajuste a un primer valor de referencia del parámetro de resonancia (U_f), y por que, además, la diferencia de la primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}) multiplicada por un tercer factor constante (γ) y de la segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}) multiplicada por un cuarto factor constante (δ) se ajusta a un primer valor de referencia del parámetro de cuadratura (U_T), registrándose el parámetro de cuadratura (U_T) en momentos definidos y/o de manera periódica y/o continua en función y/o a partir de una señal en cuadratura y registrándose el parámetro de resonancia (U_f) en momentos definidos y/o de manera periódica y/o continua en función y/o a partir de una frecuencia de un modo de lectura o a partir de una diferencia de frecuencia entre un modo de lectura y un modo de accionamiento, siendo el parámetro de cuadratura una magnitud de reglaje en la regulación.

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por que los factores constantes primero (α), segundo (β), tercero (γ) y cuarto (δ) presentan un valor positivo que depende siempre al menos de unas capacidades de equilibrado primera (C_{TO1} , C_{TLO1} , C_{TRO1}) y segunda (C_{TO2} , C_{TLO2} , C_{TRO2}), en cuyo caso la primera capacidad de equilibrado (C_{TO1} , C_{TLO1} , C_{TRO1}) depende al menos de la respectiva configuración del primer elemento de electrodo de equilibrado (2, 11, 18) y de la masa sísmica (1, 15, 20), así como de su disposición y comportamiento de movimiento relativo entre ellos, y la segunda capacidad de equilibrado (C_{TO2} , C_{TLO2} , C_{TRO2}) depende al menos de la respectiva configuración del segundo elemento de electrodo de equilibrado (3, 12, 19) y de la masa sísmica (1, 15, 20), así como de su disposición y comportamiento de movimiento relativo entre ellos.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que éste comprende un procedimiento de regulación mediante el cual se fija el parámetro de resonancia (U_f) o el primer valor de referencia del parámetro de resonancia en dependencia temporal de al menos un parámetro adicional del sensor de velocidad de rotación y/o de un parámetro adicional que influye sobre el funcionamiento del sensor de velocidad de rotación, siendo este parámetro adicional especialmente la temperatura reinante en el sensor de velocidad de

rotación y/o en su entorno directo.

- 5 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que al menos el primer elemento de electrodo de equilibrado (2, 11, 18) está conectado a una primera fuente de tensión eléctrica y el segundo elemento de electrodo de equilibrado (3, 12, 19) y/o la masa sísmica (1, 15, 20) están conectados a una segunda fuente de tensión eléctrica.
- 10 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que los elementos de electrodo de equilibrado primero (2) y segundo (3) presentan al menos sendas superficies de electrodo (6, 7) que están dispuestas sustancialmente paralelas y enfrentadas a una superficie de equilibrado (8) de la masa sísmica (1), y las superficies de electrodo de los elementos de electrodo primero (6) y segundo (7) están asociadas siempre a una zona opuesta (4, 5) de la superficie de equilibrada de la masa sísmica y/o solapan siempre dicha zona, especialmente con independencia del estado de desviación de la masa sísmica (1), al menos hasta una amplitud/desviación definida.
- 15 7. Sensor micromecánico de velocidad de rotación que comprende al menos una masa sísmica (1, 15, 20) suspendida de manera desviable, al menos dispositivo de accionamiento para accionar la masa sísmica y al menos unos elementos de electrodo de equilibrado primero (2, 11, 18) y segundo (3, 12, 19) que están asociados conjuntamente de manera directa o indirecta a la masa sísmica (1, 15, 20), en el que especialmente al menos el primer elemento de electrodo de equilibrado (2, 11, 18) está conectado a una primera fuente de tensión eléctrica y el segundo elemento de electrodo de equilibrado (3, 12, 19) y/o la masa sísmica están conectados a una segunda fuente de tensión eléctrica (1, 15, 20), y en el que se ajusta entre el primer elemento de electrodo de equilibrado (2, 20 11, 18) y la masa sísmica (1, 15, 20) una primera tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO1} , U_{TLO1} , U_{TRO1} , U_{TU2} , U_{T1H} , U_{T2V}), así como se ajusta entre el segundo elemento de electrodo de equilibrado (3, 12, 19) y la masa sísmica (1, 15, 20) una segunda tensión de equilibrado eléctrica (U_{TO2} , U_{TLO2} , U_{TRO2} , U_{TU1} , U_{T2H} , U_{T1V}), **caracterizado** por que el sensor de velocidad de rotación está configurado de modo que es adecuado para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 25 8. Uso del sensor de velocidad de rotación según la reivindicación 7 en vehículos automóviles, especialmente en un sistema de regulación de un vehículo automóvil.

Fig. 1

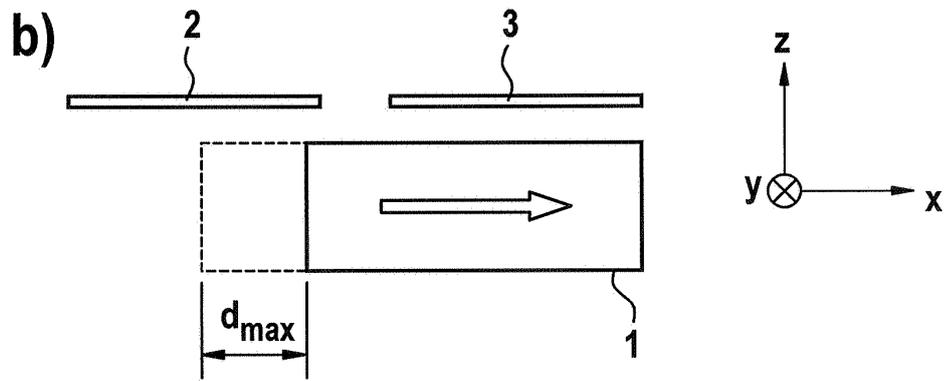
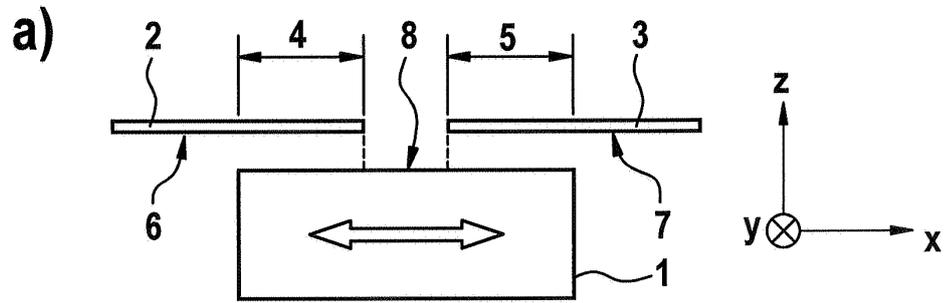


Fig. 2

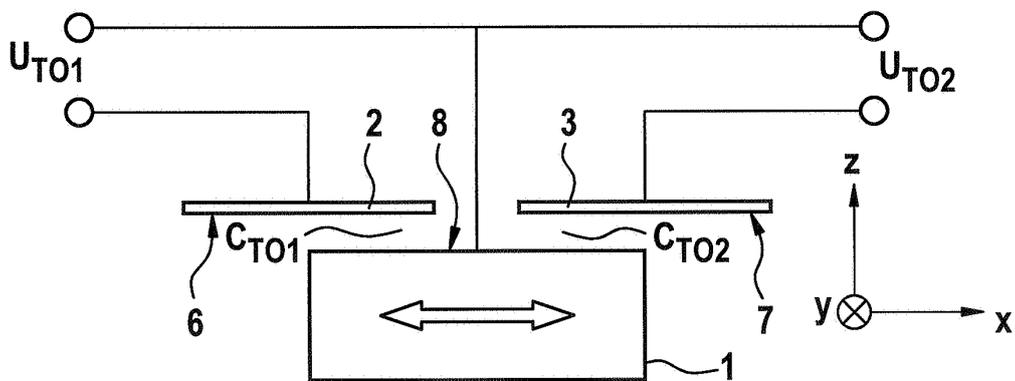


Fig. 3

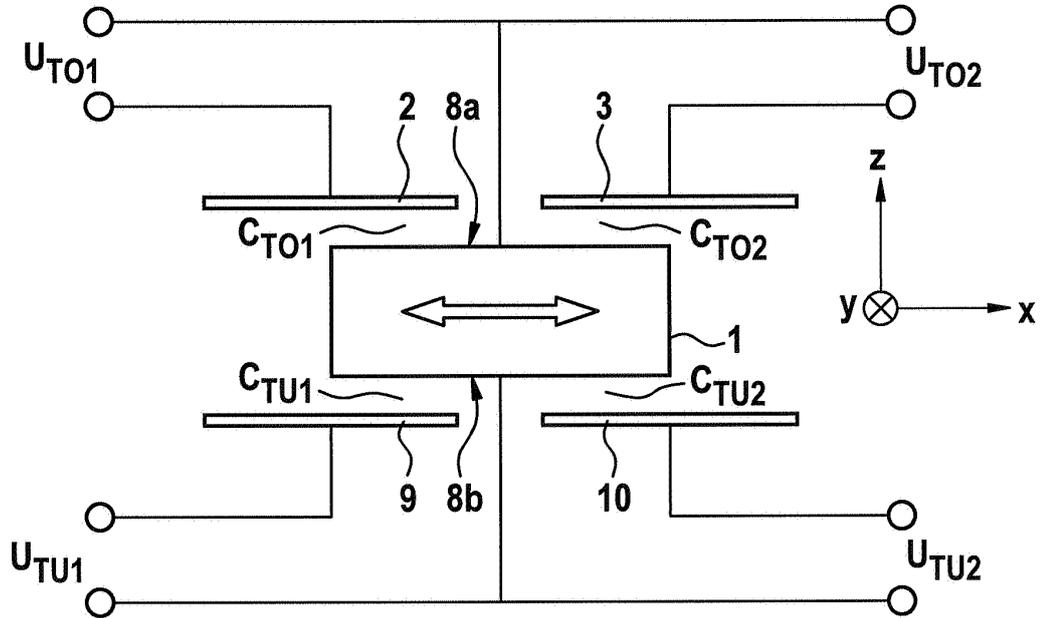


Fig. 4

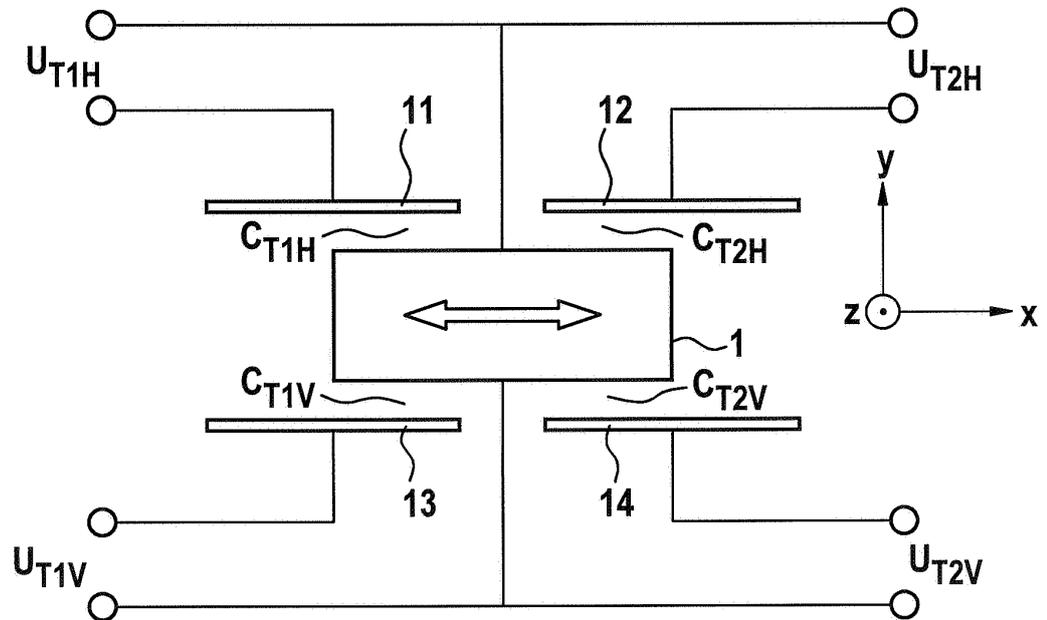


Fig. 5

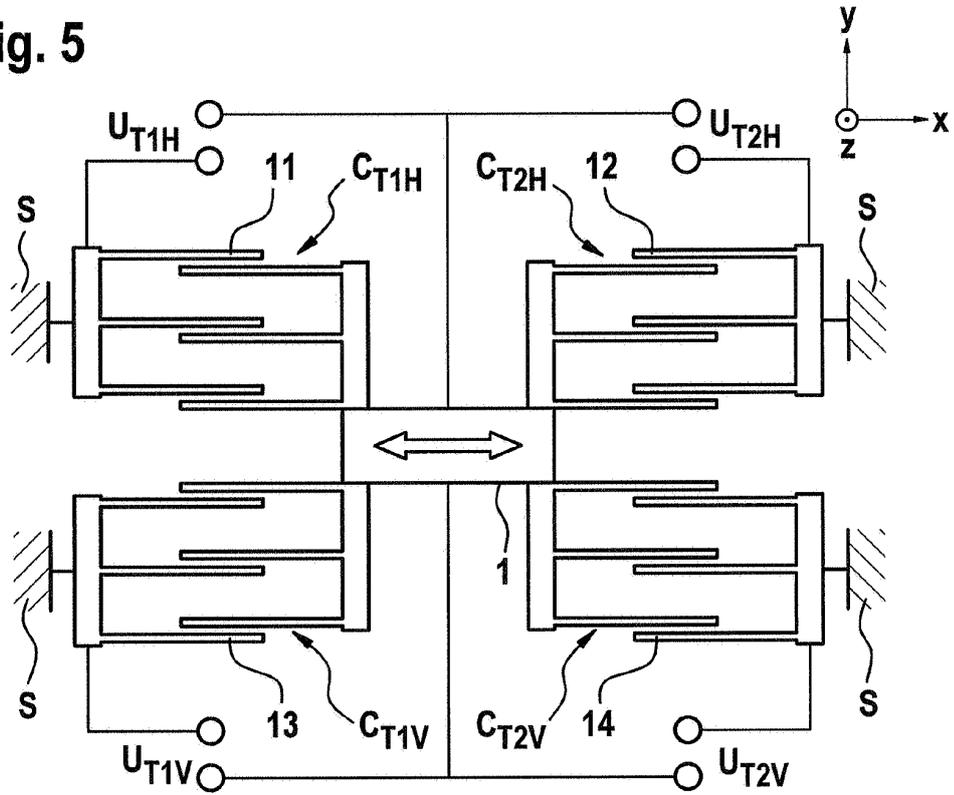
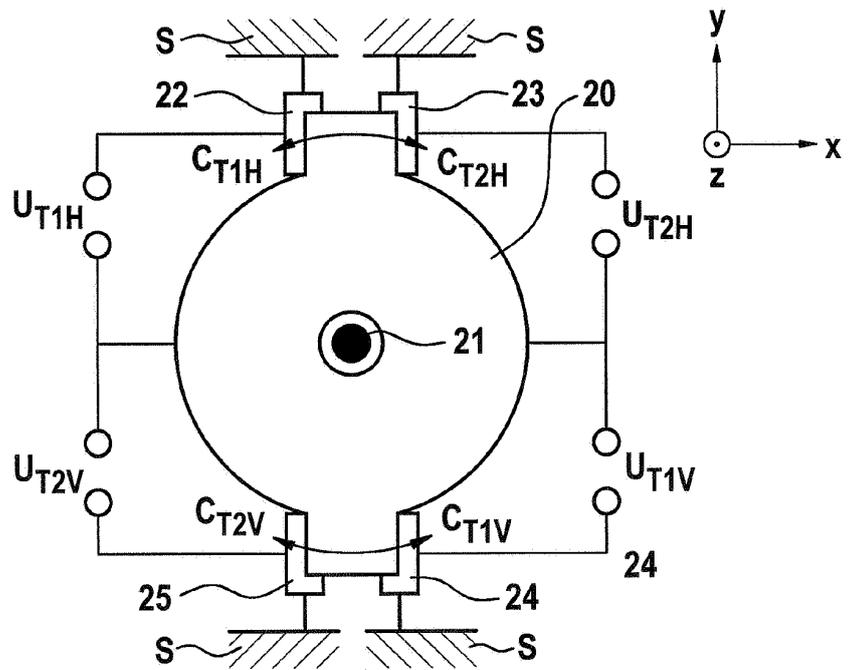


Fig. 6



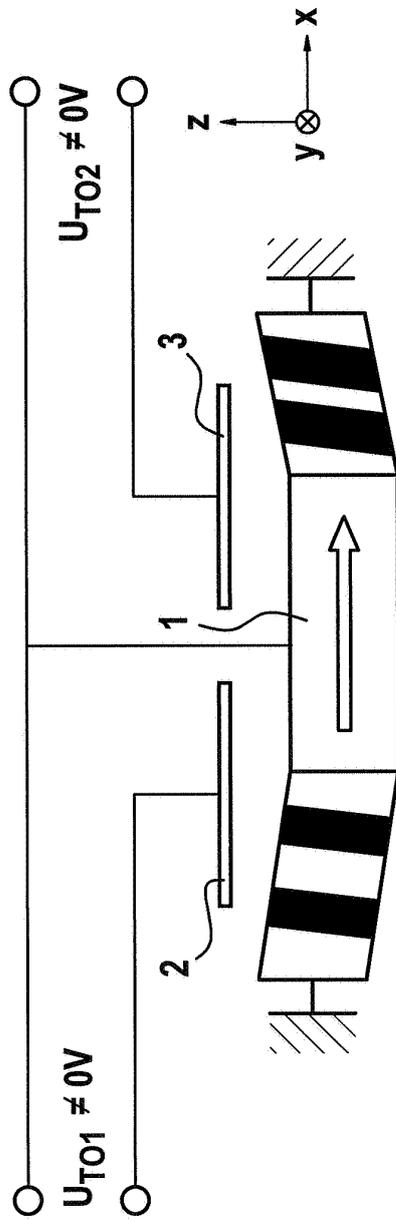


Fig. 7

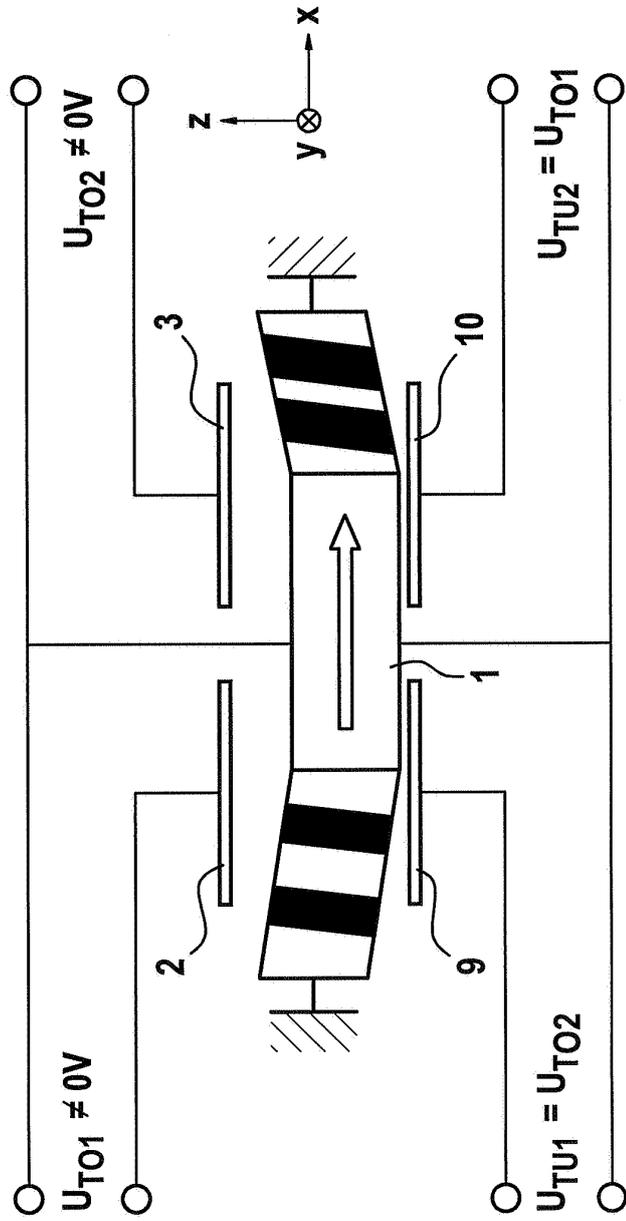


Fig. 8

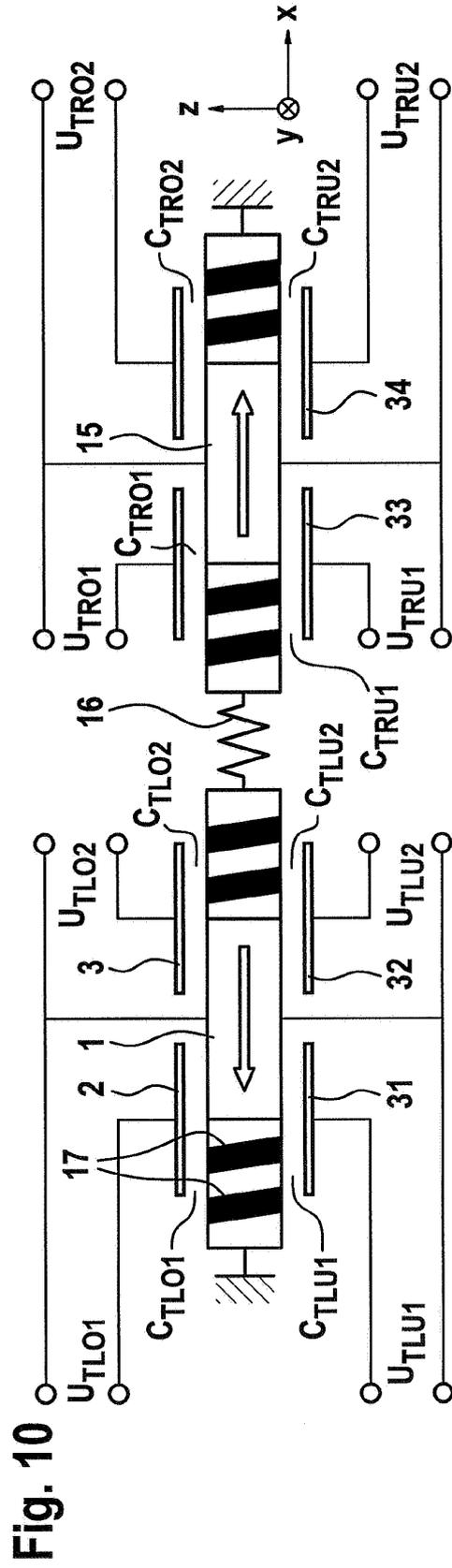
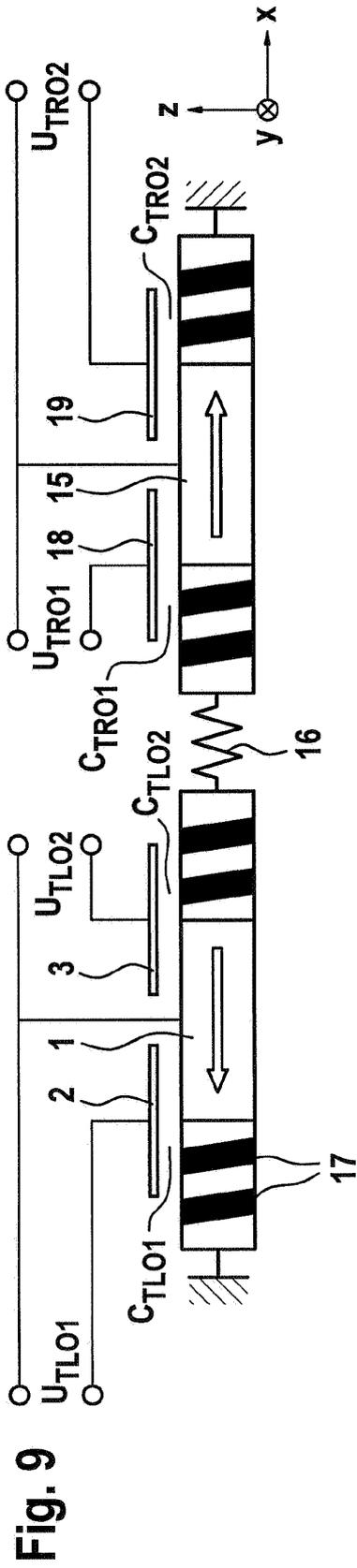


Fig. 11

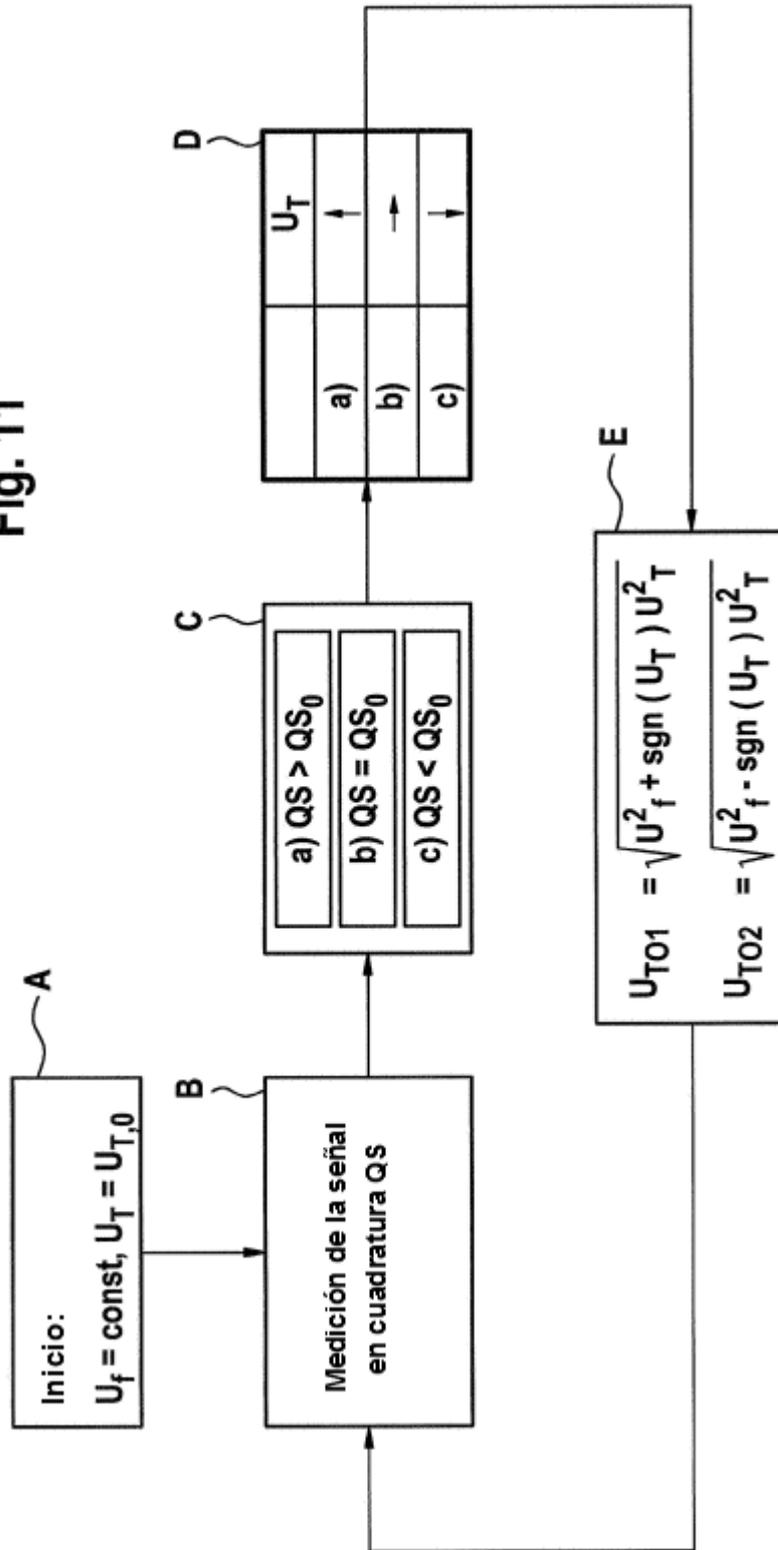


Fig. 12

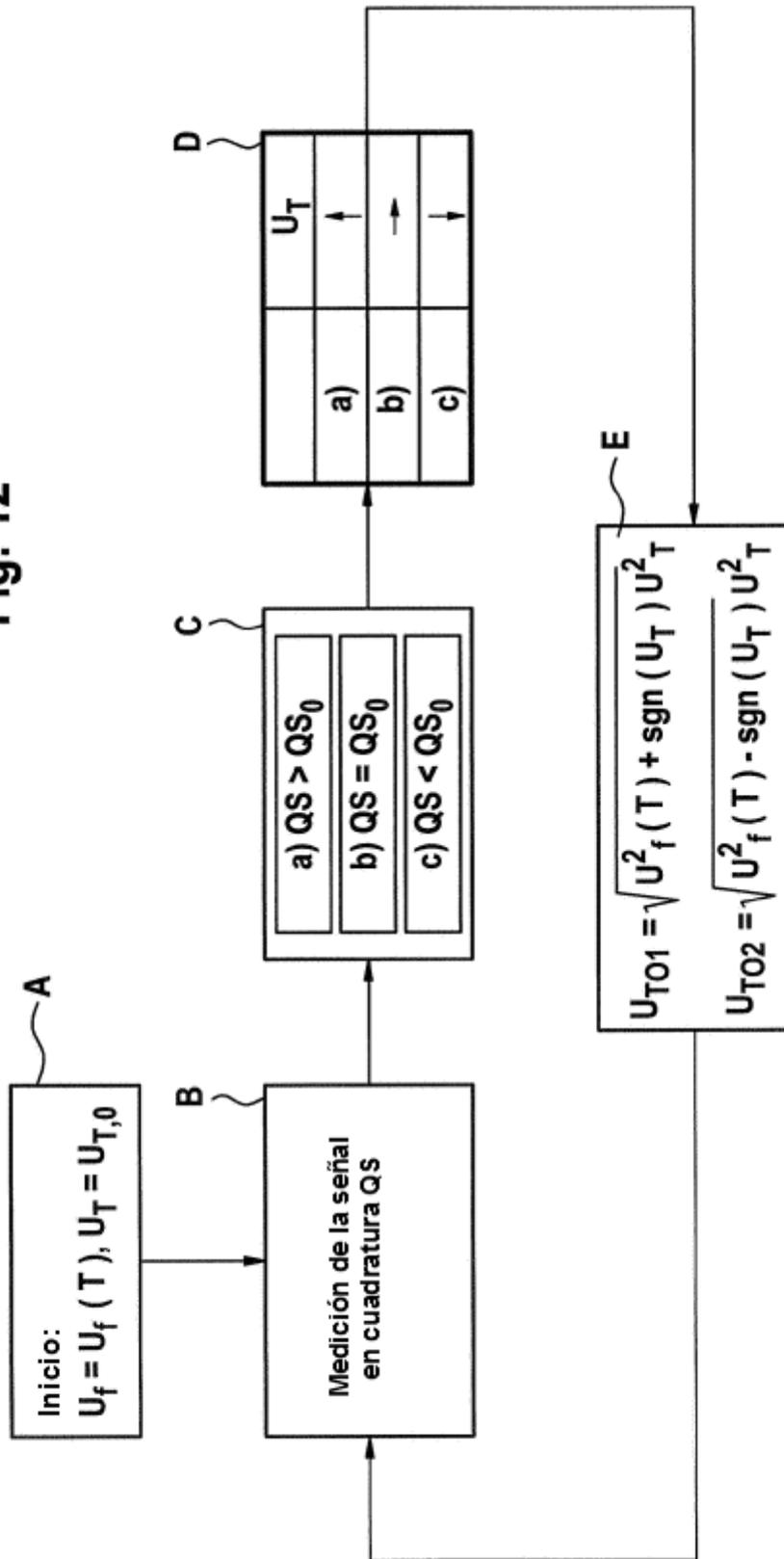


Fig. 13

