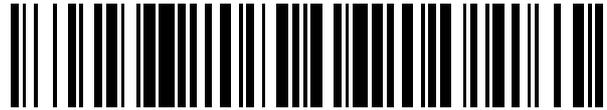


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 462**

51 Int. Cl.:

G01C 19/56 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2006 E 06763698 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 1910775**

54 Título: **Sensor de velocidad de rotación**

30 Prioridad:

26.07.2005 DE 102005034703

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

06.10.2015

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
POSTFACH 30 02 20
70442 STUTTGART, DE**

72 Inventor/es:

STEINLECHNER, SIEGBERT

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 547 462 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

Sensor de velocidad de rotación

Ámbito técnico

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para el funcionamiento y para la evaluación simultánea de un sensor de velocidad de rotación según la reivindicación 1, así como a una disposición de circuito para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, según la reivindicación 6.

Estado de la técnica

10 Los sensores micromecánicos de velocidad de rotación se emplean, por ejemplo, en automóviles para la función del programa de estabilidad electrónica, ESP, o para la compensación de la inclinación oscilante. Miden con la ayuda del efecto Coriolis, por ejemplo, la velocidad de rotación alrededor del eje vertical del vehículo o alrededor de su eje longitudinal.

15 En los sensores micromecánicos de velocidad de rotación se encuentran uno o varios elementos osciladores suspendidos elásticamente, que se desplazan en oscilaciones periódicas con la ayuda de fuerzas motrices $F(t)$ periódicas en el tiempo, aplicadas electrostáticamente. Los elementos osciladores se pueden considerar en este caso de manera simplificada como masas suspendidas elásticamente.

20 Supongamos que el plano, en el que se encuentra el elemento oscilador plano, es el plano x-y. Si se gira la masa m oscilante en dirección-x alrededor del plano-z que se extiende perpendicularmente al plano-x-y, que puede ser, por ejemplo, el eje vertical del vehículo, con una velocidad de rotación Ω , la masa m experimenta una aceleración periódica adicional en dirección-y, que es proporcional a la velocidad de rotación Ω . Esta aceleración se conoce como aceleración de Coriolis. Para medir esta aceleración, son necesarios dispositivos de medición especiales, por ejemplo una masa m_c acoplada elásticamente en la masa m que forma el elemento oscilador, que puede oscilar en dirección-y, así como, por ejemplo dos grupos de condensadores de medición para la medición de la curva de la oscilación en dirección-y. Esta segunda masa se designa a continuación como masa de Coriolis m_c . La masa de Coriolis m_c forma, considerado en modo simple, un elemento de Coriolis dispuesto elásticamente en el elemento oscilador. En este caso, el elemento oscilador puede ejecutar movimientos de oscilación a lo largo de un primer eje de oscilación que forma el eje-x, de manera que el elemento de Coriolis puede ejecutar movimientos de oscilación a lo largo de un segundo eje de oscilación que se extiende perpendicularmente al primer eje de oscilación y que forma el eje-y.

30 En tales sensores operan tanto el elemento oscilador que comprende la masa m como también el elemento integral de Coriolis que comprende la masa de Coriolis m_c . A tal fin, debe seleccionarse y/o ajustarse de manera adecuada la frecuencia de excitación de la fuerza motriz $F(t)$. En la frecuencia de resonancia no predomina ningún desplazamiento de fases entre la velocidad de movimiento $v(t)$ de la masa m provocada por la fuerza motriz $F(t)$ y la fuerza motriz $F(t)$ en sí. De la misma manera, en caso de resonancia, no predomina ningún desplazamiento de fases entre la velocidad de Coriolis $v_c(t)$, provocada por la aceleración de Coriolis, de la masa de Coriolis m_c y la fuerza motriz $F(t)$.

35 La evaluación del movimiento de la masa de Coriolis m_c se puede realizar directamente sobre la denominada disposición de circuito abierto, o a través de un bucle de retroalimentación de fuerzas conocido como circuito cerrado. En la retroalimentación de fuerzas, un regulador a través de una fuerza de compensación $F_c(t)$ electroestática aplicada adicionalmente sobre la masa de Coriolis m_c se ocupa de que la masa de Coriolis m_c no ejecute ninguna oscilación en la dirección del eje-y y permanezca en reposo en esta dirección, aunque esté presente una velocidad de rotación Ω . En este caso, la fuerza $F_c(t)$ a aplicar representa una medida de velocidad de rotación Ω .

40 Un bucle de retroalimentación de fuerza tiene la ventaja de que el ancho de banda de evaluación es ajustable sobre los parámetros de ajuste y también de que se reducen claramente los errores debidos a no linealidades en el sensor, como por ejemplo resortes no lineales en la masa de Coriolis m_c .

45 La figura 1 muestra un diagrama de bloques con un sensor de velocidad de rotación DRS y con una realización de una retroalimentación de fuerza de acuerdo con el estado de la técnica. El bloque VCO/NCO, oscilador controlado por tensión/digital, comprende un oscilador, que suministra la señal de funcionamiento con forma sinusoidal para la generación de la fuerza motriz $F(t)$ para el elemento oscilador con la masa m . La frecuencia de la señal de funcionamiento y, por lo tanto, de la fuerza motriz $F(t)$ se mantiene a través de un ajuste no representado sobre la frecuencia de resonancia del elemento oscilador, la amplitud de $F(t)$ es estabilizada a través de un regulador de amplitudes que regula la amplitud de la señal de funcionamiento. Se conocen sensores de velocidad de rotación con retroalimentación de fuerza, por ejemplo, a partir de los documentos DE 102 37 410 A1 y DE 102 37 411 A1.

Si se realiza una retroalimentación de fuerza de tal manera que la velocidad de Coriolis v_c medida de la masa de Coriolis m_c se aplica a través de un circuito de ajuste sobre la entrada de fuerza $F_c(t)$ en el sensor de velocidad de rotación DRS (figura 1), entonces se plantean problemas en la ejecución práctica. El regulador no puede presentar ninguna rotación de fases durante la frecuencia de resonancia. El regulador debe suprimir interferencias por encima y por debajo de la frecuencia de resonancia. Estos requerimientos solamente se pueden cumplir, por ejemplo, con un pasabanda de segundo orden o de orden superior a modo de regulador. Sin embargo, a tal fin el pasabanda debe poseer exactamente, respecto a la frecuencia de resonancia del oscilador, su frecuencia central. Pero puesto que las frecuencias de resonancia del oscilador de los sensores son dependientes de la carga y del muestreo, el pasabanda debería compensarse individualmente de manera costosa.

10 Descripción de la invención y sus ventajas

Los inconvenientes del estado de la técnica se solucionan mediante un procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento y para la evaluación simultánea de un sensor de velocidad de rotación que presenta al menos un elemento oscilador que puede operar a lo largo de un primer eje de oscilación para un movimiento de oscilación, así como al menos un elemento de Coriolis dispuesto sobre el elemento oscilador, dispuesto de forma adecuada para oscilar a lo largo de un segundo eje de oscilación que se extiende perpendicularmente al primer eje de oscilación, a través de las etapas del procedimiento:

- generación de una señal digital de funcionamiento con una frecuencia de oscilación que corresponde a la frecuencia de resonancia del elemento oscilador,
- conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento y funcionamiento del elemento oscilador con la señal analógica de funcionamiento,
- detección de una velocidad de Coriolis del elemento de Coriolis, que aparece a través de una rotación del sensor de velocidad de rotación alrededor de un eje de rotación que se extiende perpendicularmente a los dos ejes de oscilación y generación de una señal analógica de Coriolis, proporcional a la velocidad de Coriolis,
- conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis en una señal digital de Coriolis,
- multiplicación en fase de la señal digital de Coriolis con la señal digital de funcionamiento para la formación de una señal intermedia, que representa el valor medio de corta duración de la velocidad de Coriolis,
- generación de una señal de ajuste, proporcional a la velocidad de rotación de la rotación del sensor de velocidad de rotación, con la ayuda de la señal intermedia,
- multiplicación de la señal de ajuste con la señal digital de funcionamiento para obtener una señal digital de compensación, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento,
- conversión digital-analógica de la señal digital de compensación para obtener una señal de compensación analógica, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento, e impulsión del elemento de Coriolis con la señal de compensación analógica, para la generación de una fuerza de compensación, que puede ser generada preferentemente de forma electrostática, que contrarresta la aceleración de Coriolis que provoca la velocidad de Coriolis y que actúa sobre el elemento de Coriolis, así como
- emisión de la señal de ajuste.

El concepto de multiplicación de la fase correcta significa en este caso que la posición de las fases de la señal digital de funcionamiento para la multiplicación con la señal digital de Coriolis se desplaza en un valor que corresponde al intervalo de tiempo que corresponde al pico de los tiempos de conversión de la conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento en la señal analógica de funcionamiento y de la conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis en la señal digital de Coriolis.

El procedimiento de acuerdo con la invención evita los inconvenientes del estado de la técnica y representa una solución fácil de realizar técnicamente y libre de compensaciones. En particular, se garantiza que el ajuste a la frecuencia de resonancia del oscilador genere siempre exactamente una señal de compensación con la rotación de fase cero frente a la señal de funcionamiento. Esto se consigue con preferencia porque a través de la multiplicación escalar de la señal de ajuste con la señal digital de funcionamiento se genera una señal digital de compensación, que está en coincidencia de fases con la señal de funcionamiento. Además, los tiempos de conversión de la señal digital de funcionamiento en la señal analógica de funcionamiento y de la señal digital de compensación en la señal de compensación analógica son idénticos, con lo que la señal digital de compensación está de nuevo en coincidencia de fases con la señal analógica de funcionamiento. El procedimiento de acuerdo con la invención permite especialmente la utilización de la técnica de circuitos digitales que se pueden fabricar económicamente para

la retroalimentación de fuerzas en un sensor de velocidad de rotación. El procedimiento de acuerdo con la invención posibilita de esta manera la realización de una retroalimentación de fuerzas digital de las fuerzas provocada por el efecto Coriolis sobre la masa de Coriolis en un sensor micromecánico de velocidad de rotación. Además, se proporciona una variable de medición, que es proporcional a la velocidad de rotación exterior.

5 Una configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que para la multiplicación en fase de la señal digital de Coriolis con la señal digital de funcionamiento se alimente la señal digital de funcionamiento a la multiplicación con una latencia en un intervalo de tiempo que corresponda a la suma de los tiempos de conversión de la conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento con la señal analógica de funcionamiento y de la conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis con la señal digital de Coriolis.

10 Con preferencia, antes de la generación de la señal de ajuste se filtran las frecuencias que exceden la frecuencia de excitación de la señal de funcionamiento, por ejemplo por medio de un filtro de paso bajo desde la señal intermedia. A tal fin, también es concebible generar en primer lugar la señal de ajuste y a continuación conducir la señal de ajuste a través de un filtro de paso bajo. La filtración de paso bajo sirve en este caso esencialmente para suprimir la frecuencia de excitación doble que aparece durante la multiplicación. Además, es concebible reducir la señal de ajuste a un ancho de banda deseado antes de la emisión de la señal de ajuste proporcional a la velocidad de rotación, por ejemplo, a un dispositivo de representación o a un aparato de control de un dispositivo de asistencia a la conducción. Esto se puede realizar, por ejemplo, por medio de un filtro de paso bajo, que filtra porciones de la frecuencia desde la señal de ajuste antes de su emisión. La generación de la señal de ajuste se realiza con preferencia a través de la adición ponderada de la señal intermedia y de la integral temporal de la señal intermedia.

20 Una configuración ventajosa de la invención prevé una disposición de circuito para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, que comprende:

- medios para la generación de una señal digital de funcionamiento con una frecuencia de excitación que corresponde a la frecuencia de resonancia de un elemento oscilador de un sensor de velocidad de rotación,

25 - medios para la conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento en una señal analógica de funcionamiento para el funcionamiento del elemento oscilador del sensor de velocidad de rotación,

- medios para la detección de una velocidad de Coriolis, que aparece a través de una rotación del sensor de velocidad de rotación, de un elemento de Coriolis dispuesto en el elemento oscilador y para la generación de una señal analógica de Coriolis, proporcional a la velocidad de Coriolis,

- medios para la conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis en una señal digital de Coriolis,

30 - medios para la multiplicación en fase de la señal digital de funcionamiento con la señal de Coriolis para la formación de una señal intermedia, que representa el valor medio de corta duración de la velocidad de Coriolis,

- medios para la generación de una señal de ajuste, proporcional a la velocidad de rotación del sensor de velocidad de rotación de la rotación del sensor de velocidad de rotación alrededor del eje de rotación, con la ayuda de la señal intermedia,

35 - medios para la multiplicación de la señal de ajuste con la señal digital de funcionamiento para obtener una señal digital de compensación, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento,

- medios para la conversión digital-analógica de la señal digital de compensación para obtener una señal de compensación analógica, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento, y aplicación al elemento de Coriolis de una señal de compensación analógica, para la generación de una fuerza electrostática, que contrarresta la aceleración de Coriolis que provoca la velocidad de Coriolis y que actúa sobre el elemento de Coriolis, así como

40 - medios para la emisión de la señal de ajuste.

Con preferencia, la disposición de circuito de acuerdo con la invención comprende, además, medios para el filtrado de paso bajo de la señal intermedia. El filtrado de paso bajo sirve en este caso esencialmente para la supresión de la frecuencia de funcionamiento doble, que aparece durante la multiplicación de la señal de Coriolis con la señal de funcionamiento.

De acuerdo con una configuración ventajosa de la disposición de circuito de acuerdo con la invención, está previsto que los medios para la generación de una señal de ajuste proporcional a la velocidad de rotación de la rotación del sensor de velocidad de rotación alrededor del eje de rotación comprendan medios para la suma ponderada de la señal intermedia y de la integral temporal de la señal intermedia. En este caso, se suma la integral temporal de la

señal intermedia con la señal intermedia. En este caso, los medios para la adición ponderada de la señal intermedia y de la integral temporal de la señal intermedia comprenden con preferencia un regulador proporcional-integral.

De acuerdo con otra configuración ventajosa de la disposición de circuito de acuerdo con la invención está previsto que los medios para la multiplicación en coincidencia de fases de la señal digital de funcionamiento con la señal de Coriolis digitalizada comprendan un elemento de latencia, que efectúa una latencia en la señal digital de funcionamiento que alimenta a la multiplicación en un intervalo de tiempo que corresponde a la suma de los tiempos de conversión de la señal digital de funcionamiento con la señal analógica de funcionamiento y de la señal analógica de Coriolis con la señal digital de Coriolis en los convertidores digital-analógico y analógico-digital correspondientes. Entre los medios para la multiplicación en fase de la señal digital de funcionamiento con la señal digital de Coriolis y los medios para la generación de una señal de ajuste proporcional a la velocidad de rotación del sensor de velocidad de rotación puede estar dispuesto un filtro de paso bajo, para la filtración de frecuencias, que exceden la frecuencia de excitación de la señal de funcionamiento, fuera de la señal intermedia antes de la generación de la señal de ajuste. De la misma manera, los medios para la emisión de la señal de ajuste comprenden un filtro de paso bajo adecuado para la adaptación de la señal de ajuste a un ancho de banda deseado. Tanto en el procedimiento de acuerdo con la invención como también en la disposición de circuito de acuerdo con la invención es concebible en principio que la señal de Coriolis sea emitida digitalmente por el sensor de velocidad de rotación. En este caso, los medios para la digitalización de la señal de Coriolis están dispuestos en el sensor de velocidad de rotación.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una disposición de circuito para la retroalimentación de fuerza del elemento de Coriolis de un sensor de velocidad de rotación de acuerdo con el estado de la técnica, así como

La figura 2 muestra una disposición de circuito de acuerdo con la invención para el funcionamiento y la evaluación simultáneos de un sensor de velocidad de rotación.

Modos de realización de la invención:

Una disposición de circuito de acuerdo con la invención se representa en la figura 2. A continuación, para simplificación, se designa la señal de funcionamiento que genera la fuerza motriz para el funcionamiento del elemento oscilador con $F(t)$. La señal de compensación, que genera una fuerza que contrarresta las aceleraciones de Coriolis del elemento de Coriolis en el sensor de velocidad de rotación RS, se designa a continuación con $F_c(t)$. De la misma manera, la señal de Coriolis se designa para simplificación con $v_c(t)$. Los índices analógico y digital indican en qué forma está presente la señal respectiva en el lugar respectivo. En la figura 2, el bloque VCO/NCO representa un oscilador ajustable en frecuencia y amplitud, que suministra una señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ con forma sinusoidal para la generación de la fuerza motriz para la masa m que forma el elemento oscilador. El bloque DRS contiene no sólo el sensor micromecánico propiamente dicho, sino también los circuitos necesarios, para realizar una relación analógica lineal entre las señales de entrada $F(t)_{\text{analógica}}$, $F_c(t)_{\text{analógica}}$ y las fuerzas correspondientes sobre la masa m y la masa de Coriolis m_c . Además, el bloque DRS contiene un circuito, que suministra una señal analógica de Coriolis $v_c(t)_{\text{analógica}}$ proporcional a la velocidad momentánea de Coriolis de la masa de Coriolis m_c .

En primer lugar, se convierte-A/D la señal analógica de Coriolis $v_c(t)_{\text{analógica}}$ y se multiplica en fase con la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ con una latencia mediante un multiplicador M-1. La latencia de la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ se realiza en un elemento de latencia A/D-D/A-Latencia. La latencia en el elemento de latencia A/D-D/A-Latencia está dimensionada de tal forma que corresponde a la suma de los tiempos de conversión del convertidor analógico-digital A/D y del convertidor digital-analógico D/A-1 o D/A2 empleados. De esta manera, se ejecuta una latencia de la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ antes de la multiplicación con la señal analógica de Coriolis $v_c(t)_{\text{analógica}}$ convertida analógica-digital, exactamente en la suma del tiempo de conversión de la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ antes en el convertidor digital-analógico D/A-1 en la señal analógica de funcionamiento $F(t)_{\text{analógica}}$ y el tiempo de conversión de la señal analógica de Coriolis $v_c(t)_{\text{analógica}}$ en la señal digital de Coriolis $v_c(t)_{\text{digital}}$. Los convertidores digitales-analógicos D/A1-1 y D/A-2 poseen en este caso el mismo tiempo de conversión.

A través del filtrado que sigue al multiplicador M-1 a través del paso bajo TP-1 con una frecuencia límite de, por ejemplo, 1 kHz se suprime la frecuencia duplicada del oscilador. Aparece una señal intermedia Z_{digital} , que es proporcional al valor medio de corta duración de la amplitud momentánea de la señal de Coriolis $v_c(t)$. Esta señal intermedia Z_{digital} alimenta ahora a un regulador P-I-R que comprende con preferencia un regulador proporcional integral, que tiene el cometido de ajustar la señal de Coriolis $v_c(t)$ lo más exactamente posible al valor cero. El regulador P-I-R proporciona en su salida una señal de ajuste R_{digital} proporcional a la velocidad de rotación Ω de una revolución del sensor de velocidad de rotación DRS alrededor de un eje de rotación que se extiende perpendicularmente a los ejes de oscilación del elemento oscilador y del elemento de Coriolis. La salida del regulador P-I-R está conectada con otro multiplicador M-2, que multiplica la señal de ajuste R_{digital} generada con el regulador P-I-R por la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ para obtener una señal digital de compensación

5 $F_c(t)_{\text{digital}}$. En virtud de la multiplicación de la señal de ajuste R_{digital} escalar, que conforma un valor medio de la señal de Coriolis $v_c(t)$ con la señal digital de funcionamiento aparece una señal digital de compensación $F_c(t)_{\text{digital}}$ en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$. Después de la conversión de la señal digital de compensación $F_c(t)_{\text{digital}}$ en una señal analógica de compensación $F_c(t)_{\text{analógica}}$ por medio del convertidor digital-analógico D/A-2, la señal analógica de compensación $F_c(t)_{\text{analógica}}$ llega a la entrada de retroalimentación de fuerza del sensor de velocidad de rotación DRS.

Puesto que los convertidores digitales-analógicos D/A-1 y D/A-2 presentan los mismos tiempos de conversión, la señal analógica de compensación $F_c(t)_{\text{analógica}}$ está de nuevo en coincidencia de fases con la señal analógica de funcionamiento $F(t)_{\text{analógica}}$.

10 Al mismo tiempo, la señal de ajuste $R_{\text{analógica}}$ presente en la salida del regulador P-I-R se aplica sobre el filtro de paso bajo TP-2, donde el ancho de banda de la señal de ajuste R_{digital} se reduce a un valor necesario de, por ejemplo, 50 Hz. La salida del paso bajo suministra de nuevo una señal proporcional a la velocidad de rotación Ω .

15 La señal analógica de funcionamiento $F(t)_{\text{analógica}}$ empleada para la generación de la fuerza motriz y la señal digital de compensación $F_c(t)_{\text{digital}}$ prevista para la generación de la fuerza de compensación están siempre en fase entre sí en el procedimiento de acuerdo con la invención, lo que no es el caso en tipos de retroalimentación de la fuerza conocidos a partir del estado de la técnica. Esto se consigue, por una parte, porque en primer lugar se genera la señal de ajuste R_{digital} escalar, que forma un valor medio de corta duración a través de multiplicación en fase correcta de la señal digital de Coriolis $v_c(t)_{\text{digital}}$ con la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$, desplazando la posición de las fases de la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ para la multiplicación con la señal digital de Coriolis $v_c(t)_{\text{digital}}$ en un valor que corresponde a la suma de los tiempos de conversión de la conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ para obtener la señal analógica de funcionamiento $F(t)_{\text{analógica}}$ y de la conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis $v_c(t)_{\text{analógica}}$ para obtener la señal digital de Coriolis $v_c(t)_{\text{digital}}$. A continuación se multiplica la señal de ajuste R_{digital} escalar con la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$, con lo que se genera la señal digital de compensación $F_c(t)_{\text{digital}}$ en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$. Puesto que los tiempos de conversión de la señal digital de funcionamiento $F(t)_{\text{digital}}$ en la señal analógica de funcionamiento $F(t)_{\text{analógica}}$ y de la señal digital de compensación $F_c(t)_{\text{digital}}$ en la señal de compensación analógica $F_c(t)_{\text{analógica}}$ son idénticos, se consigue que la señal analógica de compensación $F_c(t)_{\text{analógica}}$ entre en coincidencia de fases con la señal analógica de funcionamiento $F(t)_{\text{analógica}}$.

30 Es importante indicar que el regulador proporcional-integral P-I-R y el filtro de paso bajo TP1 en la figura 2 puedan estar dispuestos, en principio, también en secuencia inversa.

Aplicabilidad industrial

35 La invención se puede aplicar industrialmente en particular en el campo de la fabricación y el funcionamiento de sensores de velocidad de rotación, por ejemplo para la utilización en automóviles. La invención es adecuada, por ejemplo, para la evaluación económica y precisa de sensores de velocidad de rotación para ESP, compensación de la inclinación oscilante y navegación.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para el funcionamiento y para la evaluación simultánea de un sensor de velocidad de rotación que presenta al menos un elemento oscilador que puede operar a lo largo de un primer eje de oscilación para un movimiento de oscilación, así como al menos un elemento de Coriolis dispuesto sobre el elemento oscilador, dispuesto apto para oscilar a lo largo de un segundo eje de oscilación que se extiende perpendicularmente al primer eje de oscilación, que comprende las etapas del procedimiento:
- 5 - generación de una señal digital de funcionamiento con una frecuencia de oscilación que corresponde a la frecuencia de resonancia del elemento oscilador,
 - 10 - conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento y funcionamiento del elemento oscilador con la señal analógica de funcionamiento,
 - detección de una velocidad de Coriolis del elemento de Coriolis, que aparece a través de una rotación del sensor de velocidad de rotación alrededor de un eje de rotación que se extiende perpendicularmente a los dos ejes de oscilación y generación de una señal analógica de Coriolis, proporcional a la velocidad de Coriolis,
 - conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis,
 - 15 caracterizado por
 - multiplicación en fase de la señal digital de Coriolis con la señal digital de funcionamiento para la formación de una señal intermedia,
 - generación de una señal de ajuste, proporcional a la velocidad de rotación del sensor de velocidad de rotación, con la ayuda de la señal intermedia,
 - 20 - multiplicación de la señal de ajuste con la señal digital de funcionamiento para obtener una señal digital de compensación, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento,
 - conversión digital-analógica de la señal digital de compensación para obtener una señal de compensación analógica, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento, y aplicación de la señal de compensación analógica al elemento Coriolis, así como
 - 25 - emisión de la señal de ajuste.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que para la multiplicación en fase de la señal digital de Coriolis con la señal digital de funcionamiento se alimenta la señal digital de funcionamiento a la multiplicación con una latencia en un intervalo de tiempo que corresponda a la suma de los tiempos de conversión de la conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento con la señal analógica de funcionamiento y de la conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis con la señal digital de Coriolis.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que antes de la generación de la señal de ajuste se filtran las frecuencias que exceden la frecuencia de excitación de la señal de funcionamiento, por ejemplo por medio de un filtro de paso bajo desde la señal intermedia.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que la señal de ajuste es reducida antes de la emisión a un ancho de banda deseado.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la generación de la señal de ajuste se realiza a través de una adición ponderada de la señal intermedia y de una integral temporal de la señal intermedia.
- 6.- Disposición de circuito para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por
- 40 - medios para la generación de una señal digital de funcionamiento con una frecuencia de excitación que corresponde a la frecuencia de resonancia de un elemento oscilador de un sensor de velocidad de rotación,
 - medios para la conversión digital-analógica de la señal digital de funcionamiento en una señal analógica de funcionamiento para el funcionamiento del elemento oscilador del sensor de velocidad de rotación,

- medios para la detección de una velocidad de Coriolis que aparece a través de una rotación del sensor de velocidad de rotación y para la generación de una señal analógica de Coriolis, proporcional a la velocidad de Coriolis,
 - medios para la conversión analógica-digital de la señal analógica de Coriolis en una señal digital de Coriolis,
- 5 - medios para la multiplicación en fase de la señal digital de funcionamiento con la señal de Coriolis en forma de una señal intermedia,
- medios para la generación de una señal de ajuste, proporcional a la velocidad de rotación del sensor de velocidad de rotación, con la ayuda de la señal intermedia,
- 10 - medios para la multiplicación de la señal de ajuste con la señal digital de funcionamiento para obtener una señal digital de compensación, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento,
- medios para la conversión digital-analógica de la señal digital de compensación para obtener una señal de compensación analógica, en coincidencia de fases con la señal digital de funcionamiento, y aplicación de la señal de compensación analógica al elemento Coriolis, así como
 - medios para la emisión de la señal de ajuste.
- 15 7.- Disposición de circuito de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque los medios para la generación de una señal de ajuste proporcional a la velocidad de rotación comprenden medios para la integración temporal de la señal intermedia.
- 8.- Disposición de circuito de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada porque los medios para la integración temporal de la señal intermedia comprenden un regulador proporcional integral.
- 20 9.- Disposición de circuito de acuerdo con la reivindicación 6, 7 u 8, caracterizada porque los medios para la multiplicación en coincidencia de fases de la señal digital de funcionamiento con la señal de Coriolis digitalizada comprenden un elemento de latencia, que ejecuta una latencia de la señal digital de funcionamiento que alimenta a la multiplicación en un intervalo de tiempo que corresponde a la suma de los tiempos de conversión de la señal digital de funcionamiento con la señal analógica de funcionamiento y de la señal analógica de Coriolis con la señal digital de Coriolis.
- 25 10.- Disposición de circuito de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizada porque entre los medios para la multiplicación en fase y los medios para la generación de una señal de ajuste proporcional a la velocidad de rotación del sensor de velocidad de rotación está dispuesto un filtro de paso bajo.
- 30 11.- Disposición de circuito de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizada porque los medios para la emisión de la señal de ajuste comprenden un filtro de paso bajo.
- 12.- Disposición de circuito de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 11, caracterizada por medios para el filtrado de paso bajo de la señal intermedia.

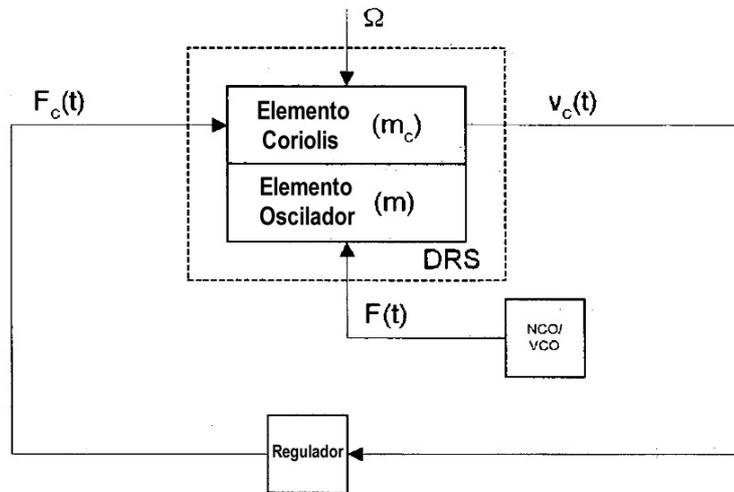


Fig. 1

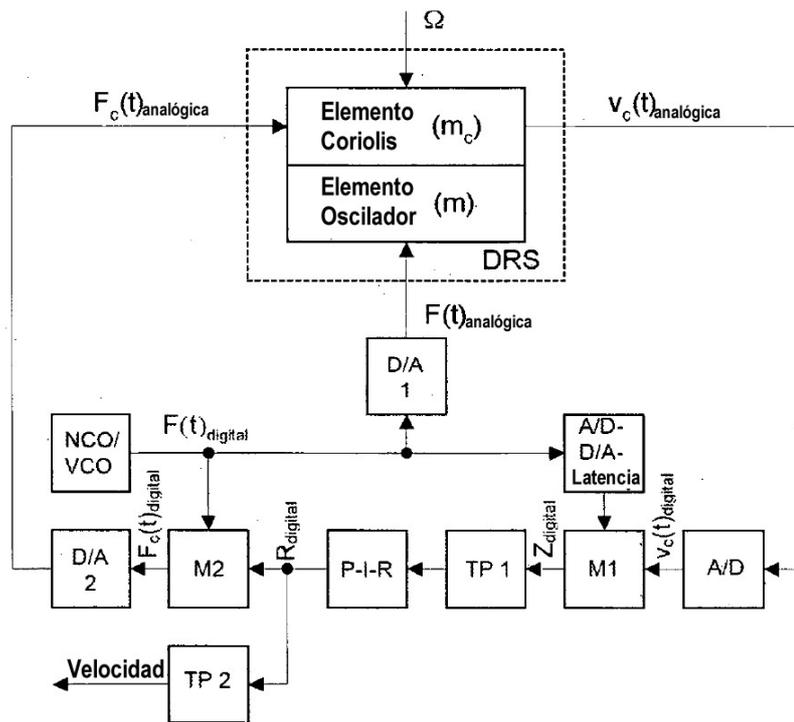


Fig. 2