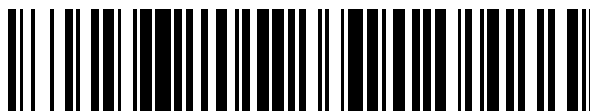


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 401**

51 Int. Cl.:

G01D 1/02 (2006.01)

G01D 3/036 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2011** **E 11802720 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015** **EP 2656011**

54 Título: **Sensor que comprende un detector piezoeléctrico con compensación de fallos de conexión a tierra**

30 Prioridad:

21.12.2010 FR 1004998

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

16.10.2015

73 Titular/es:

**HIDRIA AET DRUZBA ZA PROIZVODNJO
VZIGNIH SISTEMOV IN ELEKTRONIKE D.O.O.
(100.0%)
Poljubinj 89a
5220 Tolmin, SI**

72 Inventor/es:

GUWANG, MARCEL

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 548 401 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).

Sensor que comprende un detector piezoeléctrico con compensación de fallos de conexión a tierra**Descripción**

5 La invención se refiere a un sensor que comprende un detector piezoeléctrico montado en un soporte que tiene paredes conductoras de la electricidad que forma una primera referencia de potencial eléctrico, referido como base mecánica, a la que está conectado el detector piezoeléctrico, y un circuito electrónico para procesar la señal entregada por el detector piezoeléctrico, entregando este circuito de procesamiento de una señal de tensión representativa de la señal suministrada por el detector, y que comprende un circuito de alimentación eléctrica proporcionando un segundo potencial de referencia, referido como base electrónica.

10 En varias aplicaciones, un detector piezoeléctrico tiene que ser instalado en un entorno eléctricamente perturbado. Tal es el caso, por ejemplo, de un detector piezoeléctrico integrado en una bujía de incandescencia de un motor diesel, que hace posible medir la presión en un cilindro del motor.

15 La señal entregada por el detector y la transformación llevada a cabo por el circuito de procesamiento debe hacer posible proporcionar una señal representativa de la magnitud física medida por el detector piezoeléctrico, sin que sea perturbado por las corrientes de alta intensidad inducida, por ejemplo, por el arranque eléctrico del motor.

20 El documento FR 2910958 tiene por objeto proponer un sensor que proporciona señales evitando al mismo tiempo el acoplamiento capacitivo y la necesidad de blindaje electromagnético. Con este fin, se describe un sensor integrado que comprende un regulador de tensión que está acoplado eléctricamente a la base mecánica y proporciona una tensión regulada sobre la base de una tensión de alimentación primaria que hace referencia respecto a la base electrónica, siendo el amplificador de carga suministrado con la tensión regulada a través de un puente divisor.

25 Esta solución tiene el inconveniente de inducir una diferencia de potencial entre los dos terminales de entrada del detector piezoeléctrico, lo que aumenta las corrientes de fuga. Además, cuando este circuito se produce en la forma de un circuito integrado, una gran proporción de los componentes está conectada a la base mecánica, lo que conduce a riesgos de descargas electrostáticas y efectos eléctricos parásitos. Como este documento en sí indica además, es necesario proporcionar costosos medios específicos de protección. Además, en la práctica, la fabricación del circuito integrado es mucho más compleja y por lo tanto cara.

30 En consecuencia, es un objeto de la invención superar estos inconvenientes proporcionando un sensor en el que se compensan las diferencias de potencial entre la base mecánica y la base electrónica automáticamente sin causar un aumento de los riesgos de corrientes de fuga en la entrada, y al tiempo que permite fabricación estándar simple, barata y fiable en la forma de un circuito integrado, sin el riesgo de efectos eléctricos parásitos o descargas electrostáticas (ESD).

35 También es un objeto de la invención proporcionar un sensor de este tipo en el que esta compensación se obtiene a través de toda la banda de paso del detector.

40 Con este fin, la invención se refiere a un sensor de acuerdo con la reivindicación 1.

45 De esta manera, sólo el detector piezoeléctrico y un número muy limitado de los componentes del circuito de procesamiento son suministrados eléctricamente con respecto a la base mecánica. Esto permite la producción estándar sin el riesgo de descargas electrostáticas o efectos eléctricos parásitos.

50 La corrección inducida por la inyección de la diferencia de potencial entre la base y la base mecánica electrónica se manifiesta en la entrada del circuito de tratamiento por una variación conjugada del potencial en el bucle de realimentación en la entrada del circuito de tratamiento.

55 Ventajosamente y según la invención, dicho circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva comprende una primera entrada conectada a la base mecánica de manera que tenga un potencial eléctrico que depende de la base mecánica, una segunda entrada conectada a la base electrónica a fin de tener un potencial eléctrico que depende de la base electrónica, y una salida que está conectada al segundo terminal de dicho condensador y cuyo potencial eléctrico es dependiente de la diferencia de potencial entre sus dos entradas. Además, ventajosamente y según la invención, una de las entradas de dicho circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva está conectada a la salida del amplificador de procesamiento de modo que el potencial eléctrico en dicha entrada también depende del valor del potencial eléctrico de esta salida.

60 Ventajosamente, en una realización y de acuerdo con la invención, dicho circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva comprende un amplificador operacional, referido como un amplificador de procesamiento, que tiene:

- 65
- una entrada inversora conectada a un terminal que tiene un potencial eléctrico opuesto a la base mecánica,
 - una entrada no inversora conectada a la base electrónica y a dicha salida del amplificador de procesamiento,

- una salida conectada a dicho segundo terminal del condensador del bucle de realimentación capacitiva,
- y una retroalimentación negativa entre la entrada inversora y la salida de este amplificador sumador.

Un sensor de acuerdo con esta realización de la invención es también ventajosamente uno en el que la salida del amplificador de procesamiento está conectado a la entrada no inversora del amplificador sumador a través de una resistencia en serie, en el que la base electrónica está conectada a esta entrada no inversora del amplificador sumador a través de una resistencia en serie con el mismo valor, en la que el potencial eléctrico opuesto a la base mecánica está conectado a la entrada inversora del amplificador sumador a través de una resistencia en serie con el mismo valor, y en el que la retroalimentación negativa del amplificador sumador contiene una resistencia en serie con el mismo valor. El conjunto constituye dicho circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva.

Además, un sensor de acuerdo con la invención es también ventajosamente uno en el que el circuito de procesamiento comprende un bucle de realimentación resistiva que comprende un resistor, referido como una resistencia de inyección, de la que un primer terminal está conectado en paralelo con dicha salida del detector piezoeléctrico. Ventajosamente y según la invención, el segundo terminal de la resistencia de inyección está conectado a un circuito sumador de tensión adaptado para añadir en este segundo terminal de dicha resistencia de inyección una tensión eléctrica que varía en función de la diferencia de potencial entre la base mecánica y la base electrónica, de modo que las variaciones de esta diferencia de potencial se compensan continuamente en el primer terminal de la resistencia de la inyección. Este circuito sumador de tensión del bucle de realimentación resistiva puede ser el mismo que el circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva, la resistencia de la inyección simplemente ser conectado en paralelo con el condensador del circuito de retroalimentación capacitivo, en la salida del mismo circuito sumador de tensión. Como variante, sin embargo, el circuito sumador de tensión del bucle de realimentación resistiva puede ser separado del circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva.

La invención también es compatible con un sensor que comprende un circuito de compensación, en particular del tipo que forma dependiente de la salida del amplificador de procesamiento con respecto a un valor de tensión de referencia, y que hace que sea posible compensar las derivas del componente DC, tales como los inducidos por el efecto piroeléctrico. Por lo tanto, ventajosamente y según la invención, el circuito de procesamiento comprende un circuito de compensación que comprende una entrada conectada a dicha salida del amplificador de procesamiento, y una salida que entrega una señal de tensión de compensación que se aplica a dicho segundo terminal de la resistencia de inyección a través de un circuito sumador de tensión separado de dicho circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva.

Además, ventajosamente y según la invención, el amplificador de procesamiento se suministra en forma bipolar por tensiones de alimentación +Vcc, -Vcc que tienen valores opuestos con respecto a la base electrónica y se seleccionan a fin de permitir las variaciones del potencial de la base mecánica con respecto a la de la base electrónica (es decir, que se seleccionan en función del rango esperado de las variaciones entre estos motivos).

De esta manera, el amplificador de procesamiento puede aceptar sin dificultad (en particular, sin riesgo de saturación) toda la gama de variaciones de la base mecánica con respecto a la base electrónica, sobre la base de la cual se suministra por lo tanto de manera bipolar. Y con el sensor de acuerdo con la invención que comprende, para el bucle de realimentación capacitiva del amplificador de procesamiento, un sumador de tensión que inyecta en el bucle la diferencia de potencial entre la base mecánica MM y la base electrónica ME, todas las posibles variaciones de la base mecánica MM se compensan automáticamente y de forma continua, sin afectar a la constante de tiempo del bucle de retroalimentación capacitiva.

Preferiblemente, ventajosamente y según la invención, cada amplificador operacional del circuito de tratamiento se suministra en forma bipolar por tensiones de alimentación +Vcc, -Vcc que tienen valores opuestos con respecto a la base electrónica y se seleccionan a fin de permitir las variaciones del potencial de la base mecánica con respecto a la de la base electrónica (es decir, que se seleccionan en función del rango esperado de las variaciones entre estas bases).

La invención también se refiere a un sensor caracterizado en combinación por todas o algunas de las características mencionadas anteriormente o a continuación.

Otros objetos, características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción, que se refiere a las figuras adjuntas que representan formas de realización preferidas de la invención a modo de ejemplos no limitativos y en los cuales:

- La figura 1 es un diagrama de circuito de un sensor según una primera realización de la invención,
- La figura 2 es un diagrama de flujo de una realización de un método de compensación que puede ser empleado en un circuito de procesamiento de un sensor de acuerdo con la invención,
- Las figuras 3a, 3b, 3c son ejemplos de gráficos que ilustran el efecto de la invención,
- La figura 4 es un diagrama de bloques de un sensor según una segunda realización de la invención.

El sensor de acuerdo con la invención, representado en la figura 1, comprende un detector piezoeléctrico 10 que, en un primer terminal 11, entrega una señal (formada por cargas eléctricas) que es procesada por un circuito de tratamiento que comprende, en la primera realización como se representa en la figura 1, un amplificador de carga que comprende un amplificador operacional inversor, referido como un amplificador de procesamiento 12, con una alta ganancia y una retroalimentación capacitiva 16, que comprende en el ejemplo un condensador 29 con una capacitancia C.

El primer terminal 11 del detector 10 está conectado a la entrada inversora 13 del amplificador de procesamiento 12, la entrada no inversora 14 del cual, así como un segundo terminal 9 del detector 10, está conectado a una primera referencia de potencial eléctrico que se refiere como base mecánica MM. La salida 15 del amplificador de procesamiento suministra una tensión proporcional a la carga producida por el detector 10. La rama capacitiva 16 está conectada en paralelo entre la salida 15 y la entrada inversora 13 del amplificador de procesamiento 12 que recibe la señal del detector 10. Por tanto, constituye un bucle de retroalimentación capacitiva del circuito de tratamiento.

El detector piezoeléctrico 10 hace que sea posible, por ejemplo, medir la presión que reina en la cámara de un cilindro de una máquina con uno o más pistones, tal como un motor térmico. Por ejemplo, está integrado en una bujía de incandescencia de un motor diésel. Proporciona una señal representativa de esta presión del cilindro, estando la señal en la forma de pulsos relativamente cortos correspondientes a las fases de variación rápidas normales de la presión del cilindro, lo que resulta a partir del desplazamiento del pistón y/o la combustión, estando estos pulsos separados por mesetas de mayor duración que corresponden a los valores al menos sustancialmente constantes de la presión del cilindro. La base mecánica MM se forma por las partes metálicas del motor y de la bujía, que están a su vez conectadas a tierra de la batería del vehículo.

El circuito para procesar la señal entregada por el detector 10 también comprende un circuito de alimentación eléctrica (no mostrado), por ejemplo en la forma de una alimentación estabilizada tradicional integrada con una unidad de control del motor (a menudo referido como una ECU), que está a su vez suministrada desde la batería del vehículo. Esta fuente de alimentación estabilizada define una segunda referencia de potencial eléctrico, referida como base electrónica ME, que es independiente de las variaciones de la base mecánica MM, correspondiendo esta base electrónica ME a la planta del tablero(s) de circuito que sostiene los diversos componentes electrónicos del sensor. El circuito de alimentación eléctrica también proporciona tensiones de polaridad positiva y negativa +Vcc y -Vcc, respectivamente.

Debe tenerse en cuenta que, dependiendo de las aplicaciones y las limitaciones, el amplificador operacional de procesamiento 12 puede ser objeto de diversas formas de realización alternativas, y en particular puede ser producido con arquitecturas de mayor o menor complejidad.

En la primera realización, representada en la figura 1, el circuito de procesamiento comprende además un circuito de compensación 17 que está integrado con un bucle de realimentación resistiva 30 y forma un bucle cerrado dependiente. Este circuito de compensación 17 recibe la señal de salida (tensión) de la salida 15 del amplificador de procesamiento 12. El circuito de compensación 17 proporciona una señal de tensión de corrección Ucorr en una salida 18 destinada a ser aplicada a un terminal 92 de una resistencia en serie 19 del bucle 30, el otro terminal 91 del cual está conectado a la entrada 13 del amplificador de procesamiento 12 que recibe la señal entregada por el detector 10. El resistor 19, con un valor de R0, convierte la señal de tensión de corrección Ucorr en una señal de intensidad de la corrección, es decir, en una corriente de compensación Icorr que se añade a la señal entregada por el detector 10 y hace posible compensar sus variaciones prematuras en valor absoluto.

La señal de tensión proporcionada por el amplificador de procesamiento 12 en la salida 15 es por lo tanto compensada y entregada en una salida 28 del circuito de tratamiento, lo que le permite ser utilizada por la conexión a otros sistemas externos, por ejemplo la electrónica de gestión operativa de la máquina.

La figura 1 representa un ejemplo de una realización de este circuito de compensación 17, aunque la invención es aplicable y compatible con cualquier otra forma de realización de este circuito de compensación, o incluso en la ausencia de cualquier circuito de compensación, es decir, con un circuito de tratamiento que consiste en un amplificador de carga sencilla.

En el ejemplo representado, el circuito de compensación 17 comprende un convertidor analógico/digital 20, que entrega una señal digital S correspondiente a la tensión analógica de la salida 15 del amplificador de procesamiento 12.

Esta señal digital S se suministra en una entrada de un circuito integrado 27 (que puede estar formado por un ASIC y FPGA, o un microcontrolador o similar), que comprende una memoria intermedia circular 21, que almacena sucesivamente las mediciones muestreadas S(t) de la señal S de acuerdo con una frecuencia de reloj de muestreo suministrada por un reloj 23 del circuito 27. El circuito integrado 27 también comprende al menos un microprocesador 24, al menos una memoria de sólo lectura 25, y al menos una memoria de acceso aleatorio 26 asociada con este microprocesador. El microprocesador 24 lleva a cabo el método de procesamiento según la

invención en cada valor muestreado de la señal S, como se representa en la figura 2. En la salida del circuito integrado 27, el microprocesador 24 proporciona una señal de corrección digital Corr que se proporciona a un convertidor digital/análogo 22 que entrega una señal de tensión de corrección analógica Ucorr en la salida 18 del circuito de compensación 17.

5 Un ejemplo del método para el procesamiento de la señal S, llevado a cabo por el circuito de compensación 17 en cada iteración, es decir, cada vez que se muestrea la señal de salida, se representa en la figura 2.

10 Durante la primera etapa 31, el valor actual S(t) de la señal S se almacena en un flanco de reloj de muestreo, en la ubicación de la memoria intermedia circular 21 activada por este flanco de reloj.

15 Durante el segundo paso 32, la variación ΔS de la señal de salida S se calcula entre el valor actual S(t) en el instante t del flanco de reloj y uno de los valores anteriores de la señal S, conocido como S (t- αT), almacenado en la memoria intermedia circular 21 para un flanco de reloj más cercano al valor t- αT , siendo T un número entero natural y α un número racional entre 0 y 1. Por ejemplo, se selecciona α entre 0,05 y 0,5, en particular, del orden de 0,2. αT representa la duración durante la cual se calcula la variación ΔS , que por lo tanto es una fracción de una duración total representada por T, cuyo valor se encuentra entre un valor mínimo distinto de cero Tmin y un valor máximo Tmax. Estos valores se seleccionan en función de las velocidades máximas y mínimas de la máquina, respectivamente. Por lo tanto, Tmin es inferior a la duración de las mesetas para la velocidad máxima del motor y Tmax es mayor que la duración de las mesetas para la velocidad mínima del motor.

20 Durante la tercera etapa 33, el valor absoluto $|\Delta S|$ de esta variación se compara con un valor de comparación predeterminado V almacenada en la memoria 25. En la práctica, este valor de comparación se puede ajustar sobre la base del ruido intrínseco contenido en la señal durante las mesetas, mediante su fijación a un valor mayor que el valor máximo de la derivada de este ruido intrínseco.

25 Si el valor absoluto $|\Delta S|$ de la variación de la señal de salida es menor que el valor de comparación V, esto significa que la señal suministrada por el detector 10 corresponde a una meseta de la presión del cilindro, y dependiente 34 se activa.

30 Este dependiente 34 consiste, en una primera etapa 35, en el cálculo de un valor de la señal de corrección Corr que hace posible hacer dependiente la señal de salida S al valor de referencia Sr predeterminado, independientemente de las posibles variaciones intempestivas del valor absoluto de la señal suministrada por el detector 10. Este valor de referencia Sr constituye un punto de ajuste del dependiente 34, y puede ser seleccionado y almacenado en la memoria 25 en función de las limitaciones de los circuitos electrónicos que se encuentran aguas abajo del circuito de procesamiento de acuerdo con la invención y recibir la señal de salida.

35 Esta etapa de calcular el valor de la señal de corrección Corr puede ser objeto de diversas formas de realización alternativas. Preferiblemente, ventajosamente y según la invención, este cálculo se lleva a cabo por un regulador PID (derivativo integral proporcional), que recibe el valor actual S(t) en su entrada, calcula el error con respecto al valor de referencia Sr y aplica la regulación del tipo PID a este error. Cabe señalar que la señal de corrección Corr es una señal de tensión digital.

40 Durante la etapa posterior 36 del dependiente 34, el valor actual de la señal de corrección Corr se almacena y un M promedio de esta señal de corrección Corr se calcula sobre el valor actual y diversos valores previamente almacenados de esta señal de corrección Corr.

45 Este promedio es preferiblemente una media algebraica calculada sobre un cierto número de muestras anteriores. Por ejemplo, en cada iteración, este promedio se calcula sobre las muestras precedentes βt , β es un número racional entre 0 y 1, por ejemplo del orden de 0,5, seleccionado con el fin de filtrar las ligeras variaciones de la señal durante las mesetas.

50 Durante la etapa posterior 37 del dependiente 34, T se incrementa en una unidad y la duración αT que se utiliza para el cálculo de la variación ΔS se incrementa en α , a menos que la duración actual sea igual a una duración máxima predeterminada αT_{max} . Tmax corresponde, por ejemplo, a la mayor duración posible de las mesetas, es decir, en particular, cuando la máquina es un motor, a la duración de las mesetas a baja velocidad del motor. Con este fin, si no se ha alcanzado este valor Tmax, el valor de T se incrementa en una unidad en cada iteración para la cual el dependiente se ha activado, es decir, después de cada cálculo de un valor de la señal de corrección Corr. Por lo tanto, la duración es una función creciente del número de instantes de muestreo anteriores para los que el valor absoluto $|\Delta S|$ de la variación se ha mantenido inferior a dicho valor de comparación predeterminado, es decir, para el cual la señal suministrada por el detector corresponde a la misma meseta. En otras palabras, la duración cálculo de la variación de la señal de salida se incrementa siempre que la señal suministrada por el detector 10 permanece en la misma meseta de presión. De esta manera, la sensibilidad de detección de las mesetas es independiente de la velocidad de la máquina.

65

Cabe señalar que el número de muestras βt anteriores utilizadas para el cálculo de la media M también se incrementa en cada iteración por el incremento de T , siempre y cuando la señal suministrada por el detector 10 permanezca en la misma meseta de presión.

5 Si la etapa de comparación 33 determina que el valor absoluto $|\Delta S|$ de la variación de la señal de salida no es menor que el valor de comparación V , esto significa que la señal suministrada por el detector 10 corresponde a un pico de presión del cilindro, y el dependiente 34 se desactiva. En este caso, la señal de corrección $Corr$ se fija durante la etapa 38 en el último valor registrado de la media M calculada la última vez que la etapa 36 del dependiente 34 se llevó a cabo.

10 Durante la etapa posterior 39, el valor de T se reinicializa a un valor distinto de cero inicial mínimo T_{min} . T_{min} corresponde por ejemplo a la duración más corta posible de las mesetas, es decir, en particular, cuando la máquina es un motor, a la duración de las mesetas a la velocidad máxima de funcionamiento del motor. Durante un pico de presión e inmediatamente después de un pico de presión tal, el valor de T es, por tanto, fijado en T_{min} , de modo que
15 la duración mínima tenida en cuenta para el cálculo de la variación ΔS en el inicio de una fase de meseta es igual a αT_{min} . Esta duración se incrementa posteriormente progresivamente por el valor de α en cada iteración.

Cualquiera que sea el caso, en la etapa final 40 el método de procesamiento proporciona un valor de la señal de corrección $Corr$ para cada instante de muestreo t , es decir, después de cada flanco de reloj.

20 La planta mecánica MM puede experimentar variaciones no despreciables con respecto a la base electrónica ME , por ejemplo, cuando la batería del vehículo entrega corrientes fuertes (en particular, cuando se enciende el motor de arranque eléctrico del motor). A fin de superar estas variaciones y evitar su efecto sobre el circuito de procesamiento, un circuito sumador de tensión 61, 64, 66, 67, 68, 69 se inserta en el bucle de realimentación capacitiva del amplificador de procesamiento 12 a fin de añadir allí, en el segundo terminal 72 de dicho condensador
25 29 opuesto al primer terminal 71 de este condensador 29 conectado a la entrada 13 del amplificador de procesamiento 12, una tensión eléctrica que varía en función de la diferencia de potencial entre la base mecánica MM y la base electrónica ME , de modo que las variaciones de esta diferencia de potencial se compensan automáticamente y de forma continua en la entrada 13 del amplificador de procesamiento 12 que recibe la señal
30 suministrada por el detector piezoeléctrico.

Con este fin, el circuito de procesamiento comprende en primer lugar un circuito inversor 51-57 que proporciona una tensión con un valor opuesto $-MM$ al potencial de la base mecánica. Este circuito inversor 51 a 57 comprende un
35 amplificador de inversión operativa 51, la entrada inversora 52 del cual está conectada a la base mecánica MM través de una resistencia en serie 53 con un valor $R1$, y la entrada no inversora 54 del cual está conectada a la base electrónica ME . Un bucle de realimentación 57 conecta la salida 55 a la entrada inversora 52, a través de una resistencia en serie 56 con el mismo valor $R1$. La salida 55, por lo tanto proporciona una señal con una tensión opuesta $-MM$ a la de la planta mecánica MM con respecto a la base electrónica ME . El amplificador operacional 51 se suministra en forma bipolar $+V_{cc}$, $-V_{cc}$.

40 En la primera forma de realización de la invención, representada en la figura 1, el circuito sumador de tensión del bucle de realimentación capacitiva se produce de la siguiente manera. El bucle de realimentación capacitiva 16 del amplificador de procesamiento 12 comprende un amplificador operacional, referido como un amplificador sumador 51, suministrado en forma bipolar por $+V_{cc}$, $-V_{cc}$, recibiendo en su entrada no inversora 63 la señal S de la salida 15
45 del amplificador de procesamiento 12, a través de una resistencia en serie 67 con un valor $R2$, así como la base electrónica ME a través de una resistencia en serie 68 con el mismo valor $R2$. El amplificador sumador 61 recibe en su entrada inversora 62 la tensión $-MM$ suministrada por el circuito inversor 51 a 57, que es opuesta a la de la base mecánica MM , a través de una resistencia en serie 69 con el mismo valor $R2$. La salida 70 del amplificador sumador 61 forma un nodo de neutralización 70 conectado al segundo terminal 72 del condensador 29 opuesto a la primera
50 terminal 71 de este condensador 29 conectado a la entrada 13 del amplificador de procesamiento 12. Un bucle de realimentación 64 conecta la salida 70 del amplificador sumador 61 a su entrada inversora 62 a través de una resistencia en serie 66 con el mismo valor $R2$. Se entenderá que el potencial en el nodo de neutralización 70 es igual a $S+MM$. Por lo tanto, la variación de base mecánica MM se compensa simplemente y de forma continua en el bucle capacitivo 16 del amplificador de procesamiento. Esta compensación es independiente de la constante de tiempo del bucle de retroalimentación capacitiva del amplificador de carga, siempre y cuando el amplificador sumador de
55 tensión 61 es suficientemente rápido con respecto a esta constante de tiempo.

Del mismo modo, el bucle de realimentación resistiva 30 comprende un amplificador operacional, referido como un amplificador sumador 81, suministrado en forma bipolar por $+V_{cc}$ y $-V_{cc}$, recibiendo en su entrada no inversora 83 la
60 señal de tensión de compensación U_{corr} , así como la base electrónica ME a través de una resistencia en serie 88 con un valor de $R3$. El amplificador sumador 81 recibe en su entrada inversora 82, la tensión $-MM$ suministrada por el circuito inversor 51 a 57, que es opuesta a la de la base mecánica MM , a través de una resistencia en serie 89 con el mismo valor $R3$. La salida 90 del amplificador sumador 81 forma un nodo de neutralización 90 conectado al terminal 92 de la resistencia 19 opuesto al terminal 91 de esta resistencia 19 conectada a la entrada 13 del
65 amplificador 12 de procesamiento. Un bucle de realimentación 84 conecta la salida 90 del amplificador sumador 81 a su entrada inversora 82 a través de una resistencia en serie 86 con el mismo valor $R3$. Se entenderá que el

potencial en el nodo de neutralización 90 es igual a $U_{corr}+MM$. Por lo tanto, la variación de base mecánica MM también se compensa de forma sencilla y de forma continua en el bucle de realimentación resistiva, siendo la corriente de compensación I_{corr} al menos sustancialmente independiente de las variaciones de la base mecánica MM.

5 En el circuito de procesamiento de un sensor de acuerdo con la invención, cada amplificador operacional se suministra preferiblemente en forma bipolar por las tensiones opuestas $+V_{cc}$, $-V_{cc}$. Este es en particular el caso al menos para el amplificador de procesamiento 12. Esto es debido a que evita cualquier saturación de este amplificador cuando la base mecánica MM varía. Lo mismo se aplica para los amplificadores 51, 61, 81 que forman los sumadores de tensión.

15 Las figuras 3A a 3C son ejemplos que muestran el efecto de la invención en una señal S suministrada en la salida 28 de un sensor de acuerdo con la invención. La figura 3a representa un ejemplo de una señal S cuando la base mecánica MM está estrictamente al mismo potencial eléctrico que la base electrónica ME. La figura 3b ilustra a modo de comparación (no según la invención) la variación de esta señal S bajo el efecto de una variación sinusoidal a 50 Hz inyectados en la base mecánica MM, en ausencia de los amplificadores sumadores 61 y 81 y las resistencias que están asociadas con ellos. Como puede verse, esta variación se superpone a la señal suministrada por el detector piezoeléctrico. La figura 3c ilustra la señal S entregada en la salida 28 del sensor de acuerdo con la invención con la inyección de la misma señal sinusoidal de 50 Hz en la base mecánica MM. Como puede verse, la invención hace que sea posible suprimir la variación de 50 Hz casi en su totalidad en la señal de salida S. Esto demuestra que los fallos de base se corrigen automáticamente y de forma continua.

25 La figura 4 representa otra realización de un circuito de procesamiento de acuerdo con la invención, que difiere de la primera forma de realización, por un lado en que no tiene ningún circuito de compensación, una resistencia 99 está conectada en paralelo con el condensador 29 (entre el nodo de salida 70 del circuito sumador de tensión y la entrada 13 del amplificador de procesamiento 12), con el fin de formar un amplificador de carga, y por otro lado en que la base mecánica MM se inyecta en la entrada no inversora 63 del amplificador sumador 61 a través de la resistencia 68, mientras que la base electrónica ME se inyecta en la entrada inversora 62 del amplificador sumador 61 a través de la resistencia 69. El circuito inversor 51-57 de la primera realización ya no es necesario. Aquí de nuevo, el potencial en el nodo de neutralización 70 es igual a $S+MM$. Con una disposición tal, que es más simple en su diseño, es sin embargo necesario que todas las resistencias 66, 67, 68, 69 asociadas con el amplificador sumador 61 sean perfectas e idénticas.

35 Un sensor de acuerdo con la invención, que comprende un circuito de este tipo de procesamiento, así como el detector piezoeléctrico, puede estar integrado dentro del mismo montaje mecánico, en particular, dentro de una bujía incandescente de un motor diésel.

40 La invención puede ser objeto de numerosas variantes en relación con las formas de realización representadas en las figuras y descritas anteriormente. En particular, los circuitos sumadores para inyectar la diferencia de potencial MM-ME en los bucles de realimentación del amplificador de procesamiento 12 pueden ser objeto de otras realizaciones.

45

50

55

60

65

Reivindicaciones

1. Un sensor que comprende un detector piezoeléctrico (10) montado en un soporte que tiene paredes conductoras de la electricidad que forman una primera referencia de potencial eléctrico, a la que se hace referencia como base mecánica (MM), a la cual (10) está conectado el detector piezoeléctrico, y un circuito para el procesamiento de la señal entregada por el detector piezoeléctrico, comprendiendo dicho circuito de procesamiento:
- un circuito de alimentación eléctrica que define un segundo potencial de referencia, al que se hace referencia como base electrónica (ME),
 - un amplificador de carga que comprende un amplificador operacional, referido como un amplificador de procesamiento (12), que tiene:
 - una entrada inversora (13) conectada a una salida (11) del detector piezoeléctrico a fin de recibir la señal entregada por esta salida (11) del detector piezoeléctrico (10),
 - una entrada no inversora (14) conectada a la base mecánica (MM),
 - una salida (15) que suministra una señal de tensión de salida a la que se hace referencia con respecto a la base electrónica y representativa de la señal suministrada por el detector piezoeléctrico,
 - un bucle de retroalimentación capacitivo (16) entre la salida (15) y la entrada inversora (13) del amplificador de procesamiento (12) que recibe la señal suministrada por el detector piezoeléctrico (10), comprendiendo dicho bucle de retroalimentación capacitivo (16) un condensador (29) del que un primer terminal (71) está conectado a dicha entrada inversora (13) del amplificador de procesamiento (12) que recibe la señal suministrada por el detector piezoeléctrico (10), en el que el bucle de retroalimentación capacitivo (16) comprende, entre dicha salida (15) del amplificador de procesamiento (12) y dicho condensador (29), un circuito sumador de tensión (61, 64, 66, 67, 68, 69) adaptado para añadir en el segundo terminal (72) de dicho condensador (29) una tensión eléctrica que varía en función de la diferencia de potencial entre la base mecánica (MM) y la base electrónica (ME), de modo que las variaciones de esta diferencia de potencial son continuamente compensadas en la entrada inversora (13) del amplificador de procesamiento (12) que recibe la señal suministrada por el detector piezoeléctrico (10).
2. El sensor según la reivindicación 1, en el que dicho circuito sumador de tensión (61, 64, 66, 67, 68, 69) del bucle de retroalimentación capacitivo (16) comprende una primera entrada conectada a la base mecánica de manera que tenga un potencial eléctrico que depende de la base mecánica, una segunda entrada conectada a la base electrónica de manera que tenga un potencial eléctrico que depende de la base electrónica, y una salida que está conectada al segundo terminal de dicho condensador y cuyo potencial eléctrico es dependiente de la diferencia de potencial entre sus dos entradas.
3. El sensor según la reivindicación 2, en el que una de las entradas de dicho circuito sumador de tensión (61, 64, 66, 67, 68, 69) del bucle de retroalimentación capacitivo (16) está conectada a la salida del amplificador de procesamiento de manera que el potencial eléctrico en dicha entrada también depende del valor del potencial eléctrico de esta salida.
4. El sensor según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el circuito de procesamiento comprende, además, un bucle de realimentación resistiva (30) que comprende un resistor, referido como una resistencia de inyección (19), de la que un primer terminal (91) está conectado en paralelo con dicha salida (11) del detector piezoeléctrico (10).
5. El sensor según la reivindicación 4, en el que el circuito de procesamiento comprende un circuito de compensación (17) que comprende una entrada conectada a dicha salida (15) del amplificador de procesamiento (12), y una salida (18) que suministra una señal de tensión de compensación que es aplicada al segundo terminal (92) de la resistencia de la inyección a través de un circuito sumador de tensión (81, 84, 86, 88, 89) separado de dicho circuito sumador de tensión (61, 64, 66, 67, 68, 69) del bucle de realimentación capacitivo (16).
6. El sensor según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho circuito sumador de tensión (61, 64, 66, 67, 68, 69) del bucle de retroalimentación capacitivo (16) comprende un amplificador operacional, a la que se hace referencia como un amplificador sumador (61), que tiene
- una entrada inversora (62) conectada a un terminal que tiene un potencial eléctrico opuesto (-MM) a la base mecánica (MM),
 - una entrada no inversora (63) conectada a la base electrónica (ME) y a dicha salida (15) del amplificador de procesamiento (12),
 - una salida conectada a dicho segundo terminal del condensador (29) del bucle de realimentación capacitiva,
 - y una retroalimentación negativa (66) entre la entrada inversora (62) y la salida (70) de este amplificador sumador (61).
7. El sensor según la reivindicación 6, en el que la salida (15) del amplificador de procesamiento (12) está conectada a la entrada no inversora (63) del amplificador sumador (61) a través de una resistencia en serie (67), en el que la base electrónica (ME) está conectada a esta entrada no inversora (63) del amplificador sumador (61) a través de

una resistencia en serie (68) con el mismo valor, en el que dicho terminal (55) en el potencial eléctrico opuesto (-MM) a la base mecánica (MM) está conectado a la entrada inversora (62) del amplificador sumador (61) a través de una resistencia en serie (69) con el mismo valor, y en el que la retroalimentación negativa (64) del amplificador sumador (61) contiene una resistencia en serie (66) con el mismo valor.

5
8. El sensor según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho amplificador de procesamiento (12) se suministra en forma bipolar por tensiones de alimentación +Vcc, -Vcc que tienen valores opuestos con respecto a la base electrónica (ME) y se seleccionan con el fin de permitir que las variaciones del potencial de la base mecánica (MM) con respecto al de la base electrónica (ME).

10
9. El sensor según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que cada amplificador operacional del circuito de tratamiento se suministra en forma bipolar por tensiones de alimentación +Vcc, -Vcc que tienen valores opuestos con respecto a la base electrónica (ME) y se seleccionan de manera como para permitir las variaciones del potencial de la base mecánica (MM) con respecto a la de la base electrónica (ME).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig 2

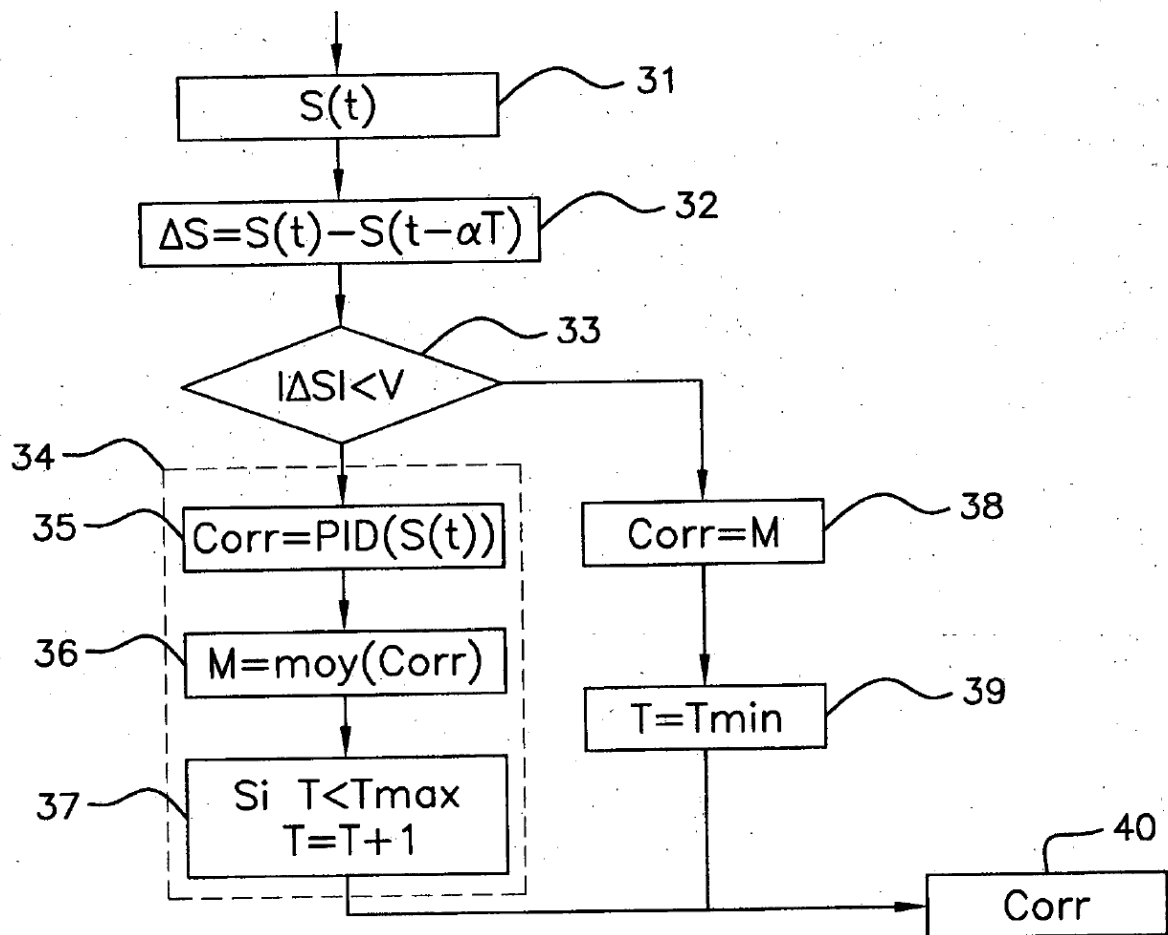


Fig 3a

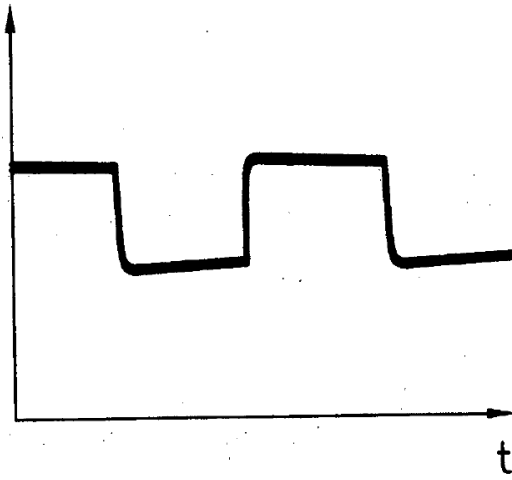


Fig 3b

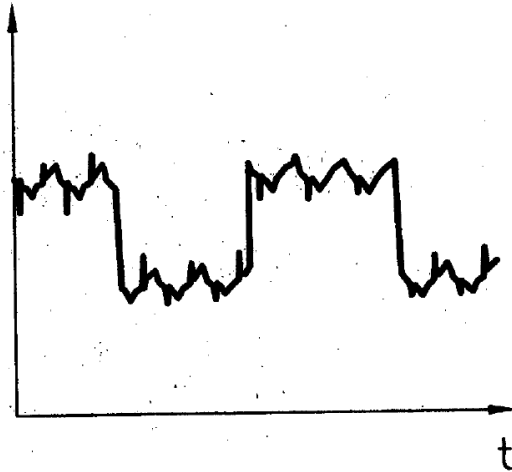


Fig 3c

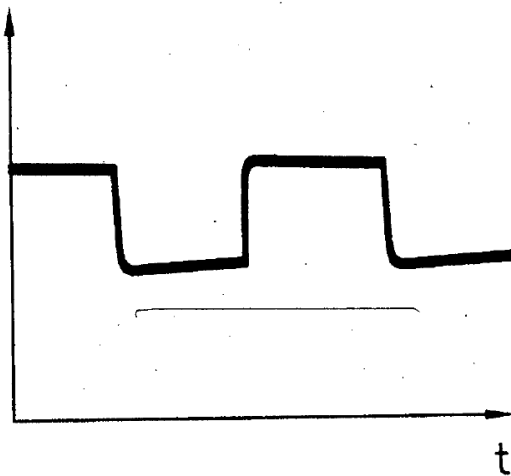


Fig 4

