

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 614**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/406** (2006.01)

**G01N 33/00** (2006.01)

**F02D 41/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2009 PCT/EP2009/055449**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2009 WO2009135862**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2009 E 09742080 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2277035**

54 Título: **Una unidad de evaluación y de control para una sonda lambda de banda ancha**

30 Prioridad:

**09.05.2008 DE 102008001697**

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

**19.06.2017**

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)  
Postfach 30 02 20  
70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**REISCHL, ROLF**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 617 614 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

Una unidad de evaluación y de control para una sonda lambda de banda ancha

La presente invención hace referencia a una unidad de evaluación y de control para una sonda lambda de banda ancha.

## 5 Estado del arte

Para alcanzar los valores límite de gas de escape en los vehículos a motor se utiliza actualmente un catalizador de tres vías controlado. Dicho catalizador se encarga de que los componentes del gas de escape monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno se reduzcan en alto grado. El catalizador mencionado se compone de un cuerpo cerámico que presenta muchos canales pequeños, el cual está provisto de pigmentos de metal noble que cumplen con la función propiamente dicha del catalizador. Si gases de escape pasan por la superficie caliente del catalizador, entonces los componentes mencionados del gas de escape se descomponen en los compuestos inocuos agua, nitrógeno y dióxido de carbono.

Para que los gases de escape mencionados reaccionen unos con otros, el motor necesita una mezcla estequiométrica equilibrada, la cual no puede ser rica ni pobre. Eso se asegura a través de la utilización de una sonda lambda que mide el contenido de oxígeno en el gas de escape y lo informa a un dispositivo de control. El mismo influencia entonces por ejemplo una instalación de combustión, de manera que se proporciona la mezcla requerida en el momento.

Un sensor de oxígeno utilizado como sensor de proporción de la mezcla se conoce por la solicitud US-A-4,568,443. En el sensor de oxígeno mencionado, un elemento de medición del sensor está realizado con una cámara interna de difusión de gas, la cual se encuentra comunicada con un espacio externo que contiene el gas que debe ser medido. El elemento de medición posee un dispositivo de medición para determinar la concentración de oxígeno de la atmósfera, así como del gas en la cámara interna de difusión de gas, en donde se encuentra el gas de medición introducido bajo una resistencia de difusión predeterminada. El dispositivo de medición emite una señal de salida que indica la concentración de oxígeno. Además, el elemento de medición presenta un dispositivo de bombeo de oxígeno que es operado con una corriente de bombeo que depende de la señal de salida del dispositivo de medición, de manera que la concentración de oxígeno en la cámara de difusión de gas se mantiene a un valor predeterminado. En la corriente de bombeo suministrada al dispositivo de bombeo de oxígeno se registra un parámetro que describe la concentración de oxígeno del gas de medición, es decir, los gases de escape que son generados a través de la combustión de una mezcla de aire - combustible.

Por la solicitud DE 198 38 466 A1 se conoce un método para activar un elemento sensor para determinar una concentración de oxígeno en una mezcla de gases, en particular en gases de escape de motores de combustión interna. De este modo, una tensión de detección de una disposición de conmutación suministrada por una celda de medición Nernst, correspondiente a la concentración de oxígeno, se convierte en una tensión de bombeo para una celda de bombeo. Dependiendo del contenido de oxígeno de la mezcla de gas, una corriente total anódica o una corriente total catódica circula mediante la celda de bombeo. En el caso de un funcionamiento estable del elemento sensor, donde una corriente límite anódica circula durante un lapso seleccionable, a la celda de bombeo y/o a la celda de medición Nernst se aplica un pulso de tensión, independiente de la tensión de detección medida, así como de la corriente de bombeo suministrada que se regula, de manera que tiene lugar una despolarización del elemento sensor.

Por la solicitud DE 101 45 804 B4 se conoce un método para operar un sensor de óxido de nitrógeno para determinar la concentración de nitrógeno en una mezcla de gas, en particular durante el tratamiento posterior de gas de escape de un vehículo a motor. De este modo, entre un electrodo de bombeo interno y un electrodo de bombeo externo de una celda de bombeo se aplica una tensión de bombeo eléctrica que provoca una corriente de bombeo. Mediante la misma, en un primer espacio de gas de medición, a través del bombeo de entrada o de salida de oxígeno se regula una presión parcial constante del oxígeno. La tensión de bombeo se regula de manera que en los electrodos de una celda de concentración se regula un valor de tensión constante. Un tercer electrodo sensible a NOx, dispuesto en un segundo espacio de medición de gas, se opera como segunda celda de bombeo, en donde se regula una corriente de bombeo límite que indica la concentración de NOx. Dentro de un intervalo de tiempo de medición, la corriente de bombeo se desconecta o se reduce de forma controlada, y se registra la concentración de NOx.

Por la solicitud DE 102 21 392 B4 se conocen un método y un dispositivo para medir una concentración de gas en un gas de medición, mediante un sensor. El sensor presenta un electrodo externo que se encuentra conectado a un electrolito de cuerpo sólido y se encuentra expuesto al gas duro, y un electrodo que se encuentra conectado al electrolito de cuerpo sólido, entre los cuales, mediante una corriente de bombeo que circula a través del electrolito de cuerpo sólido, puede bombearse oxígeno. De este modo, la corriente de bombeo es impulsada entre el electrodo

de referencia y el electrodo. Como corriente de bombeo se utiliza periódicamente una sucesión de pulsos con varios pulsos individuales, donde la anchura del pulso, a través de un controlador digital o de un controlador analógico, se regula para regular un nivel de la corriente de bombeo.

5 Por la solicitud DE 101 63 912 A1 se conocen un sensor de gas, en particular una sonda lambda, y un método para controlar un sensor de gas. De este modo, el sensor de gas presenta un primer electrodo expuesto a un gas de medición y un segundo electrodo expuesto a un gas de referencia. Se proporciona además un circuito de control y de evaluación. A dicho circuito se suministra una señal sobre estados de funcionamiento del sistema total. En el caso de estados de funcionamiento en los cuales el gas de medición, ampliamente o en una concentración de un componente del gas, corresponde al gas de referencia, el circuito de control y de evaluación compara automáticamente la señal de medición con un valor predeterminado. Esto permite proporcionar un sensor de gas que, también en el caso de una utilización en mezclas de gas corrosivas, presenta un tiempo de empleo útil elevado y una buena precisión de medición.

15 Por la solicitud DE 102 16 724 C1 se conoce un método para operar una sonda lambda de banda ancha para la determinación de la concentración de oxígeno en el gas de escape de un motor de combustión interna operado con una mezcla de combustible - aire, donde se efectúa una inversión reiterada de la tensión de bombeo durante el transcurso de una inyección posterior de combustible en el funcionamiento pobre del motor de combustión interna y/o durante la fase de calentamiento de la sonda lambda. Para la inversión reiterada de la tensión de bombeo, a la celda de bombeo se aplica una sucesión de pulsos de tensión con una amplitud constante y, a través de una modulación de la anchura de los pulsos de tensión, en función de la tensión Nernst de la celda Nernst, se regula una corriente de bombeo efectiva. De manera alternativa, para la inversión reiterada de la tensión de bombeo, a la celda de bombeo se aplica una sucesión de pulsos de tensión con una amplitud constante del pulso y, a través de una modificación de las amplitudes de los pulsos de tensión, en función de la tensión Nernst de la celda Nernst, se regula una corriente de bombeo efectiva. El funcionamiento pulsado de la celda de pulsos puede mantenerse continuamente en el funcionamiento pobre y en el funcionamiento rico del motor de combustión interna.

25 Por la solicitud DE 10 2004 047 797 A1 se conoce otro elemento sensor, proporcionado para determinar la presión parcial del oxígeno en un gas de escape de un motor de combustión interna. El elemento sensor contiene al menos una celda de medición electroquímica que comprende un primer electrodo y un segundo electrodo, los cuales están conectados eléctricamente a través de un electrolito de cuerpo sólido. El segundo electrodo está dispuesto en un espacio de gas que se encuentra comunicado con el gas de medición que se encuentra fuera del elemento sensor, mediante un primer elemento que presenta un material catalíticamente activo y un segundo elemento limitador de la difusión. El primer elemento, en la dirección de difusión del gas de medición, presenta una longitud de al menos 1 mm. Esto permite al elemento sensor medir la presión parcial del oxígeno del gas de medición con una velocidad de reacción aumentada. Es posible además una medición exacta de la presión parcial del oxígeno, también en el caso del así llamado gas de medición de desequilibrio o gas de varios componentes.

35 Se conoce además el circuito de conmutación CJ 125 integrado, desarrollado por el solicitante, el cual consiste en un circuito de control y de amplificación para un sensor lambda de banda ancha. El circuito de conmutación mencionado se conecta entre el sensor lambda de banda ancha y un microcomputador. Entre otras, su función consiste en evaluar la tensión Nernst suministrada por el sensor lambda de banda ancha mediante un concepto de evaluación analógico, suministrando al sensor lambda de banda ancha una tensión de bombeo dependiente de la tensión Nernst. Información del producto sobre el circuito de conmutación integrado mencionado puede consultarse en Internet en la dirección [www.semiconductors.bosch.de/pdf/CJ125\\_Product\\_Info.pdf](http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/CJ125_Product_Info.pdf).

45 En el documento DE 198 36 128 A1 se describe una unidad de evaluación y de control para una sonda lambda de banda ancha, con una unidad de acondicionamiento de la señal, un convertidor analógico - digital conectado a la unidad de acondicionamiento de la señal, un regulador de corriente de bombeo digital conectado al convertidor analógico-digital, un controlador conectado al regulador de corriente de bombeo, una fuente de corriente de bombeo para suministrar una corriente de bombeo, una conexión interna de electrodo de la bomba, una conexión externa de electrodo de la bomba y una conexión de electrodo de referencia, donde la unidad de acondicionamiento de la señal se proporciona para determinar un valor real para el regulador de corriente de bombeo de la sonda lambda.

#### Ventajas de la invención

50 Una unidad de evaluación y control con las características indicadas en la reivindicación 1 ofrece la ventaja de que la misma, adicionalmente con respecto a una determinación del valor real para el regulador de corriente de bombeo, determina también otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, poniéndola a disposición de una interfaz digital. La otra información mencionada puede utilizarse de diversas formas, por ejemplo para realizar un diagnóstico de un cable según CARB, para asegurar que las conexiones de electrodos RE, IPE y APE de la sonda lambda de banda ancha en cada estado de funcionamiento no abandonen un rango de tensión permitido de 0 V hasta  $U_{max}$ , para la observación continua de la polarización de los electrodos de la sonda lambda de banda ancha, para un monitoreo de la sonda lambda de banda ancha en cuanto a su envejecimiento, para observar el paso de lambda 1 al encontrarse presente una sonda de corriente límite y para detectar la

disponibilidad operacional de la presente sonda lambda. Gracias a ello se amplía la funcionalidad de una unidad de evaluación y de control.

5 Para determinar esa otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha puede utilizarse la unidad de acondicionamiento de la señal que ya se encuentra presente de todos modos, proporcionada para determinar un valor real para el regulador de corriente de bombeo y para determinar la resistencia interna de la sonda lambda.

10 De acuerdo con una forma de ejecución, la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, determinada por la unidad de acondicionamiento de la señal, puede ser suministrada directamente a la interfaz digital mediante un convertidor analógico - digital. Desde allí puede ser suministrada sin demora, por ejemplo a un microcontrolador conectado. A su vez, éste puede evaluar la otra información transmitida y encaminar con rapidez reacciones eventualmente necesarias, por ejemplo una modificación de la mezcla de combustibles o el aviso de una señal de alerta.

15 Una forma de ejecución alternativa consiste en almacenar de forma intermedia la otra información determinada por la unidad de acondicionamiento de la señal, sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, de acuerdo con una conversión analógica - digital, en una memoria intermedia de la unidad de evaluación y de control, así como en recolectarla en dicha memoria, emitiendo la información recolectada en forma de una ráfaga de datos, mediante la interfaz digital.

20 Otra forma de ejecución alternativa consiste en almacenar la otra información determinada por la unidad de acondicionamiento de la señal, sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, después de una conversión analógica -digital, en una memoria intermedia de la unidad de evaluación y control, bajo direcciones predeterminadas, de manera que por ejemplo un microcontrolador externo tiene la posibilidad de acceder a la otra información deseada sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha mediante la interfaz digital, a través de un direccionamiento adecuado de la memoria intermedia.

25 De manera ventajosa, la unidad de evaluación y de control presenta una única fuente de bombeo que mediante un conmutador se encuentra conectada a la conexión de electrodo de bombeo interna y, mediante otro conmutador, se encuentra conectada a la conexión de electrodo de bombeo externa de la unidad de evaluación y de control. A través de un control adecuado de ese conmutador esto permite organizar la dirección de la corriente del modo deseado.

30 De manera ventajosa, la corriente de bombeo se trata de una corriente de bombeo en forma de pulsos que presenta una frecuencia fija, un factor de duración variable y un signo ajustable. Esto permite determinar el valor real para el regulador de la corriente de bombeo, la resistencia interna de la sonda lambda y la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda durante las pausas del pulso, de esa corriente de bombeo en forma de pulsos.

35 Preferentemente, la unidad de acondicionamiento de la señal en cada pausa del pulso registra datos para determinar el valor real para el regulador de corriente de bombeo. Lo mencionado ofrece la ventaja de que la regulación de la corriente de bombeo puede reaccionar rápidamente a valores reales modificados.

40 Además, la unidad de acondicionamiento de la señal, preferentemente en pausas de datos consecutivas, registra datos para determinar otra información diferente sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, donde esos datos preferentemente son registrados de forma cíclica. Esto mantiene reducida la cantidad de la información determinada en cada pausa del pulso, reduciendo las exigencias en cuanto a la velocidad de procesamiento de la señal.

45 Preferentemente, la unidad de evaluación y de control contiene una memoria de parámetros en donde está almacenado un registro de datos que corresponde a una característica de regulación predeterminada del regulador digital y que puede ser cargada mediante SPI. Esto permite utilizar la unidad de evaluación y de control en combinación con diferentes tipos de sondas lambda, así como en combinación con sondas lambda de diferentes fabricantes. A modo de ejemplo, la unidad de evaluación y de control puede utilizarse junto con sondas de banda ancha con electrodo de referencia del solicitante y de otros fabricantes, y también junto con sondas de corriente límite.

50 La unidad de evaluación y control, en forma de un componente autónomo, puede estar conectada entre la sonda lambda que respectivamente se encuentra presente y un dispositivo de control o, de forma alternativa, puede presentarse también en forma de un componente integrado en ASIC, de un dispositivo de control.

A través de la posibilidad de almacenar diferentes registros de datos de parámetros en la unidad de evaluación y de control, se crea también la condición previa de que la unidad de evaluación y control pueda utilizarse en combinación con sondas de diferentes fabricantes.

5 Preferentemente, la unidad de evaluación y de control presenta otros varios conmutadores, cuyas señales de conmutación son suministradas por el controlador. Mediante esos otros conmutadores, de manera ventajosa, se logra conectar una conexión respectivamente deseada, así como conexiones respectivamente deseadas de la unidad de evaluación y de control, con un potencial de referencia respectivamente deseado, por ejemplo masa, para poder poner a disposición de la unidad de acondicionamiento de la señal un valor de medición deseado en el momento. La puesta a disposición de los valores de medición y su evaluación, de manera ventajosa, puede tener lugar en un período muy breve, de manera que el sistema en su totalidad puede encaminar rápidamente los pasos necesarios.

Otras propiedades ventajosas de la invención resultan de la siguiente explicación mediante el dibujo.

#### Dibujo

15 La figura 1 muestra una representación básica de una unidad de evaluación y control que se encuentra conectada a una sonda lambda de banda ancha, a un enchufe y a un microcontrolador. La figura 2 ilustra ejemplos para la generación de la corriente de bombeo en forma de pulsos. La figura 3 muestra ejemplos de ejecución de un acondicionamiento de la señal en la unidad de acondicionamiento de la señal 5 de la figura 1.

#### Descripción

20 La figura 1 muestra una representación básica de una unidad de evaluación y control 1 que se encuentra conectada a una sonda lambda de banda ancha 2, a un dispositivo de control 3 y a un enchufe de la sonda 4. La unidad de control y de evaluación 1, de manera alternativa, puede ser también un componente integrado de un dispositivo de control, tal como se ilustra a través de la línea punteada 3'. La unidad de control y de evaluación 1, preferentemente, está realizada en forma de un ASIC, es decir, en forma de un circuito integrado específico de la aplicación.

25 La unidad de evaluación y control 1 presenta una pluralidad de conexiones. Entre esas conexiones se encuentra una conexión de resistencia de aplicación RIR, una conexión de resistencia de aplicación RIP, una conexión de resistencia de calibración CAL, una conexión de electrodo de referencia RE, una entrada de medición REM, una conexión interna de electrodo de bombeo IPE, una entrada de medición APM, una conexión externa de electrodo de bombeo APE, una entrada de medición MEM, una conexión de resistencia a tierra RG, una entrada de medición MES, conexiones de suministro de tensión UC5, UC3, UB y UCS, una entrada de ciclo TAKT, una entrada KW0 para una señal de cigüeñal, conexiones 4 SPI y una conexión a tierra GND.

35 La conexión de electrodo de referencia RE de la unidad de control y regulación 1 está conectada a la conexión de electrodo de referencia RE de la sonda lambda de banda ancha 2. La conexión interna de electrodo de bombeo IPE de la unidad de control y de regulación 1 está conectada a la conexión interna de electrodo de bombeo IPE de la sonda lambda de banda ancha 2. La conexión externa de electrodo de bombeo APE de la unidad de control y de regulación 1 está conectada a la conexión externa de electrodo de bombeo APE de la sonda lambda de banda ancha 2. La entrada de medición MES de la unidad de control y regulación 1, mediante una resistencia óhmica  $R_{Code}$  que forma parte del enchufe 4, está conectada a la conexión externa de electrodo de bombeo APE de la sonda lambda de banda ancha 2.

40 A la entrada de ciclo TAKT de la unidad de control y regulación 1 se suministra una señal de ciclo generada en  $\mu C3$ . A la entrada KW0 de la unidad de control y regulación 1 se suministra una señal del cigüeñal KW0 desde  $\mu C3$ . La última señal acopla los momentos en los cuales son registrados datos de medición en la unidad de control y regulación 1, con diferencias temporales en el controlador del motor.

45 Además  $\mu C3$ , mediante un bus de datos, se encuentra conectado con una interfaz digital 8 de la unidad de control y regulación 1, realizada como interfaz SPI. Mediante ese bus de datos tiene lugar un intercambio de datos bidireccional entre el  $\mu C3$  y la unidad de control y regulación 1.

50 La conexión de resistencia de aplicación RIR de la unidad de control y regulación 1, mediante una resistencia óhmica  $R_{ipref}$ , se encuentra conectada a un potencial de referencia y, dentro de la unidad de control y regulación 1, se encuentra conectada a una fuente de corriente de referencia 12. La conexión de resistencia de aplicación RIP de la unidad de control y regulación 1, mediante una resistencia óhmica  $R_{ip}$ , se encuentra conectada a tierra y, dentro de la unidad de control y regulación 1, se encuentra conectada a una fuente de corriente de bombeo 11. La conexión de resistencia de calibración CAL de la unidad de control y regulación 1, mediante una resistencia óhmica  $R_{cal}$ , se encuentra conectada a un potencial de referencia y, dentro de la unidad de control y regulación 1, mediante un conmutador S9, se encuentra conectada a una fuente de corriente de referencia 12.

## ES 2 617 614 T3

5 La conexión de electrodo de referencia RE de la unidad de control y regulación 1, mediante una resistencia óhmica  $R_{fr}$ , se encuentra conectada a la entrada de medición REM. La entrada de medición REM, mediante un condensador  $C_{fr}$ , se encuentra conectada a la conexión interna de electrodo de bombeo IPE de la unidad de control y regulación 1. Paralelamente con respecto al circuito en serie de  $R_{fr}$  con  $C_{fr}$  se encuentra conectado otro condensador  $C_r$ , el cual por consiguiente se encuentra conectado también entre el electrodo de referencia RE de la sonda lambda de banda ancha 2 y el electrodo interno de bombeo IPE de la sonda lambda de banda ancha 2.

10 La conexión interna de electrodo de bombeo IPE de la unidad de control y regulación 1, mediante un condensador  $C_{fp}$ , se encuentra conectada a la entrada de medición APM. La entrada de medición APM, mediante una resistencia óhmica  $R_{fp}$ , se encuentra conectada a la conexión externa de electrodo de bombeo APE de la unidad de control y regulación 1. Paralelamente con respecto al circuito en serie de  $C_{fp}$  y  $R_{fp}$  se encuentra conectado un condensador  $C_p$ , el cual por consiguiente se encuentra conectado también entre el electrodo interno de bombeo IPE de la sonda lambda de banda ancha 2 y el electrodo externo de bombeo APE de la sonda lambda de banda ancha. Además, de forma paralela con respecto al condensador  $C_p$  se encuentra conectado un circuito en serie de dos condensadores  $C_{st1}$  y  $C_{st2}$ . El punto de conexión entre los condensadores  $C_{st1}$  y  $C_{st2}$  está conectado a tierra.

15 La conexión externa de electrodo de bombeo APE de la unidad de control y regulación 1, mediante un condensador  $C_{fm}$ , se encuentra conectada a la entrada de medición MEM. La entrada de medición MEM, mediante una resistencia óhmica  $R_{fm}$ , se encuentra conectada a la entrada de medición MES de la unidad de control y regulación 1. Paralelamente con respecto al circuito en serie de  $C_{fm}$  y  $R_{fm}$  se encuentra conectada una resistencia de medición  $R_{mess}$ . Por consiguiente, ésta se encuentra conectada también paralelamente con respecto a la resistencia  $R_{Code}$  del enchufe 4.

20 La conexión de resistencia a tierra RG de la unidad de control y regulación 1, mediante una resistencia óhmica  $R_{GND}$ , se encuentra conectada a tierra. La entrada de medición MES de la unidad de control y regulación 1, mediante un condensador  $C_{st3}$ , está conectada a tierra.

25 Dentro de la unidad de control y regulación 1, la conexión de electrodo de referencia RE de la unidad de control y regulación 1, mediante un conmutador S10, se encuentra conectada a la fuente de corriente de referencia 12. Además, la conexión de electrodo de referencia RE, mediante un circuito en serie de dos conmutadores S8 y S11, está conectada a una tensión de referencia de  $X_{vm} \cdot U_{cc}$ . El punto de unión entre los conmutadores S8 y S11, mediante un conmutador S4, se encuentra conectado a tierra. Además, el punto de conexión entre los conmutadores S8 y S11 se encuentra conectado también a la conexión interna de electrodo de bombeo IPE de la unidad de control y regulación 1.

30 La conexión interna de electrodo de bombeo IPE de la unidad de control y regulación 1, dentro de la unidad de control y regulación 1, mediante un conmutador S2, se encuentra conectada además a la conexión de resistencia a tierra RG de la unidad de control y regulación 1. La conexión externa de electrodo de bombeo APE, dentro de la unidad de control y regulación 1, mediante un conmutador S1, se encuentra conectada a la conexión de resistencia a tierra Rg de la unidad de control y regulación 1. Además, la conexión externa de electrodo de bombeo APE de la unidad de control y regulación 1, dentro de la unidad de control y regulación, se encuentra puesta a tierra también mediante un conmutador S3.

35 La conexión de resistencia a tierra RG de la unidad de control y regulación 1, dentro de la unidad de control y regulación 1, mediante un conmutador S12, se encuentra conectada a la entrada de medición MES de la unidad de control y regulación 1. Por último, la entrada de medición MES de la unidad de control y regulación 1, dentro de la unidad de control y regulación 1, mediante un conmutador S5, se encuentra conectada a tierra GND.

40 Las señales de control del conmutador s1,...,s12 para los conmutadores S1,...,S12 mencionados anteriormente son proporcionadas por un controlador 10. El controlador 10 genera esas señales de control del conmutador en función de la señal de ciclo Takt que es proporcionada por el dispositivo de control 3', de señales de datos que son proporcionadas por uC3 y por el controlador mediante la interfaz digital 8, y de señales de salida del regulador digital 7. La tarea principal del regulador digital 7 consiste generar una señal de regulación de la corriente de bombeo para el controlador 10 a partir de las señales de entrada que le son suministradas, y de proporcionarla al controlador 10. Esa señal de regulación de la corriente de bombeo influencia la anchura del pulso y la dirección de circulación de la corriente de bombeo en forma de pulsos.

45 El regulador digital 7, para determinar sus señales de regulación de corriente de bombeo proporcionadas para el controlador 10, realiza una comparación de las señales de valor real que le son suministradas mediante el convertidor analógico - digital 6, con señales de valor deseado, generando las señales de regulación de corriente de bombeo en función del resultado de esa comparación.

El controlador 10, del lado de salida, se encuentra conectado también a la unidad de acondicionamiento de la señal 5 y al convertidor analógico - digital 6, para suministrar señales de control temporal a esos módulos, las cuales están sincronizadas con la señal de ciclo Takt.

5 El regulador digital 7 está conectado a una memoria intermedia 9a. La memoria intermedia 9a se proporciona para almacenar el factor de duración y el signo de los pulsos de corriente de bombeo y la otra información mencionada anteriormente, sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha. Ese almacenamiento de la otra información sobre el estado de funcionamiento en la memoria intermedia 9a tiene el objetivo de recolectar la otra información mencionada, sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, en la memoria intermedia, y de transmitir al dispositivo de control 3 la otra información recolectada en forma de una ráfaga de datos, mediante la interfaz digital 8.

15 De manera alternativa, el factor de duración y el signo de los pulsos de corriente de bombeo, así como la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha 2, pueden ser almacenados también en la memoria intermedia 9a, en las direcciones predeterminadas. En ese caso, para el dispositivo de control externo 3 existe la posibilidad, a través de un direccionamiento adecuado de la memoria intermedia 9a, mediante la interfaz digital 8, de acceder a la información deseada sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha 2.

20 Además, el regulador digital 7 está conectado a una memoria de parámetros 9b. En esa memoria de parámetros 9b está almacenado un registro de datos, el cual corresponde a una característica de regulación predeterminada del regulador digital 7. La característica de regulación está asociada a un tipo determinado de sonda lambda 2. A través de esa posibilidad de una modificación de la característica de regulación respectivamente necesaria en la memoria 9b, la unidad de control y regulación 1 se encuentra en condiciones de poder ser utilizada con diferentes tipos de sondas lambda. La posibilidad de utilización universal de la unidad de control y regulación 1 permite una fabricación de la unidad de control y regulación 1 en forma de un ASIC en una gran cantidad de piezas. Debido a ello pueden mantenerse comparativamente reducidos los costes de fabricación de una unidad de control y regulación de esa clase.

30 La unidad de acondicionamiento de la señal 5 sirve para determinar un valor real para el regulador de bombeo 7 y para una preparación de la señal para la determinación de la resistencia interna  $R_i$  de la sonda lambda de banda ancha 2. Además, la unidad de acondicionamiento de la señal 5, en la presente invención, se prevé también para determinar la otra información mencionada sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha. Para poder realizar esas tareas, la unidad de acondicionamiento de la señal 5, del lado de entrada, está conectada a la conexión externa de electrodo de bombeo APE, a la conexión interna de electrodo de bombeo IPE, a la entrada de medición REM, a la entrada de medición APM, a la conexión de resistencia de calibración CAL, a la entrada de medición MEM y a la conexión de resistencia a tierra RG, percibiendo desde allí señales de entrada que posibilitan un registro de un valor de medición respectivamente deseado. Para proporcionar un valor de medición deseado, las entradas de un amplificador diferencial, a través de un multiplexor controlado por el controlador 10, son conectadas respectivamente a dos potenciales que deben ser registrados. El amplificador diferencial amplifica la señal diferencial y la transmite al ADC con una referencia de potencial definida.

40 El controlador 10 genera las señales de control del conmutador s6 y s7 para los conmutadores S6 y S7, de manera que en la conexión interna, así como externa, de electrodo de bombeo, se presenta una corriente de bombeo en forma de pulsos con una frecuencia fija, con un factor de duración modificable y con un signo ajustable. Además, el controlador 10 genera las señales de control del conmutador para los otros conmutadores, de manera que un valor de medición respectivamente deseado puede ser registrado durante las pausas del pulso y durante el pulso de corriente de la señal de corriente de bombeo en forma de pulsos.

45 A continuación, mediante la figura 2, se explica la generación de la corriente de bombeo  $I_p$  en forma de pulsos. En el lado izquierdo de la figura 2 se representa la sonda 2 y en el lado derecho de la figura 2 se representa un esquema de conexiones de la sonda.

En la representación izquierda de la figura 2 se muestran las conexiones RE, IPE y APE de la sonda, así como la dirección de la corriente  $I_p$  y de las tensiones  $U_{p0}$  y  $U_p$ .

50 En el esquema de conexiones mostrado en el lado derecho de la figura 2 puede observarse que la conexión APE de la sonda, mediante un circuito en serie de una resistencia  $R_{zua}$ , está conectada a un condensador C1 y a una resistencia  $R_{iape}$ , con un punto del circuito K. En el condensador C1 desciende una tensión  $U_{p0ape}$ . Paralelamente con respecto al condensador C1 está dispuesta una fuente de corriente  $I(O_2)$ .

55 La conexión IPE de la sonda, mediante un circuito en serie de una resistencia  $R_{zui}$ , está conectada a un condensador C2, igualmente con el punto del circuito K. En el condensador C2 desciende una tensión  $U_{p0ipe}$ . Paralelamente con respecto al condensador C2 se proporciona una fuente de corriente  $I(O_2)$ .

## ES 2 617 614 T3

El punto del circuito K, asimismo, mediante un circuito en serie de una resistencia R1 con un condensador C3 y una resistencia R2, se encuentra conectado a la conexión RE. El punto de conexión entre la resistencia R1 y el condensador C3, mediante una resistencia R3, se encuentra conectado con el punto de conexión entre el condensador C1 y la resistencia R<sub>iape</sub>. Entre las conexiones APE e IPE puede detectarse la tensión U<sub>p</sub>.

5 Para la tensión U<sub>p</sub> aplica la siguiente relación:

$$U_p = U_{p0} + (R_{zua} + R_{zui} + R_{iape}) \cdot I_p.$$

En donde es válido:

$$U_{p0} = U_{p0ape} + U_{p0ipe}.$$

10 U<sub>p0</sub> puede adoptar valores entre -2 V y +2 V. Las capacidades de los electrodos generalmente son superiores a 100 µF. Lo mencionado tiene como consecuencia que se mantiene el estado de carga durante un período del ciclo.

[0057] Resultan los siguientes casos de funcionamiento (véase también la figura 1):

- 1.) U<sub>p0</sub> > 0, I<sub>p</sub> > 0: los conmutadores S6 y S4 están cerrados;
- 2.) U<sub>p0</sub> < 0, I<sub>p</sub> < 0: los conmutadores S7 y S3 están cerrados;
- 3.) U<sub>p0</sub> > 0, I<sub>p</sub> < 0: los conmutadores S7 y S1 están cerrados;
- 15 4.) U<sub>p0</sub> < 0, I<sub>p</sub> > 0: los conmutadores S6 y S2 están cerrados.

De este modo, los casos de funcionamiento 1 y 2 corresponden a la situación estándar y los casos de funcionamiento 3 y 4 corresponden al funcionamiento pulsado opuesto.

20 A través del cierre de los conmutadores S1, así como S2, en el funcionamiento pulsado opuesto, de manera ventajosa, se logra que debido al descenso de tensión I<sub>p</sub> • R<sub>GND</sub> (véase la figura 1) el potencial en las conexiones APE, así como IPE, no descienda por debajo del potencial de masa. La decisión sobre la elección de la ruta de la corriente se toma mediante el signo de U<sub>p0</sub>.

25 Para las funciones básicas de la unidad de control y regulación 1, a saber, la regulación de corriente de bombeo, existen dos posibilidades: La primera posibilidad consiste en evaluar como valor real del regulador la tensión en el electrodo de referencia RE, en las pausas del pulso. Debido a ello, la regulación se sustenta en alto grado en la tensión Nernst, regulando con ello la composición del gas en la cavidad de la sonda (IPE) con mayor precisión que en los sistemas con una evaluación analógica. De este modo se evitan procesos de carga de las capacidades de electrodos, los cuales están condicionados por partes proporcionales a la corriente de bombeo de la tensión de referencia y una pérdida de dinámica ligada a ello. La segunda posibilidad para la regulación de corriente de bombeo consiste en utilizar como valor real del regulador la tensión media durante una duración del período del pulso, donde se emplea un convertidor sigma - delta. Esto corresponde al procedimiento en el funcionamiento analógico. Gracias a ello pueden evitarse las desventajas del funcionamiento analógico, las cuales consisten en la influencia de las partes de U<sub>re</sub> proporcionales de la corriente de bombeo y en la pérdida de dinámica condicionada por ello, de manera que se sigue el valor deseado del regulador, en correspondencia con la parte de U<sub>re</sub> proporcional de la corriente de bombeo. La parte proporcional de la corriente de bombeo con los dispositivos descritos de registro de los valores de medición puede ser registrada como diferencia U<sub>re</sub>(I<sub>p</sub>)-U<sub>re</sub>(I<sub>p</sub>=0).

40 Para la función de la medición de la resistencia interna resultan las dos siguientes posibilidades: La primera posibilidad consiste en efectuar una medición de la resistencia interna R<sub>i</sub> en las pausas del pulso, en el electrodo de referencia. De este modo se forma la diferencia entre la tensión U<sub>re</sub> no cargada, la cual representa el valor real para la regulación de la corriente de bombeo, y la tensión U<sub>re</sub> cargada a través de la fuente de corriente de referencia 12. La segunda posibilidad consiste en efectuar una medición de la resistencia interna R<sub>i</sub> en la celda de bombeo como diferencia de la tensión de bombeo entre APE e IPE, no cargada (I<sub>p</sub>=0) y cargada (I<sub>p</sub>>0). Puesto que la relación de resistencia desfavorable de las resistencias de la línea de entrada en base a platino con coeficiente de temperatura positivo reduce la sensibilidad de medición de la temperatura, se presenta la necesidad de compensar la parte de la señal de la línea de entrada. Esto es posible de forma parcial cuando la diferencia entre U<sub>re</sub>(I<sub>p</sub>>0) - U<sub>re</sub>(I<sub>p</sub>=0) se evalúa como medida para la resistencia de la línea de entrada en el electrodo de bombeo interno, corrigiéndose con ello la medición de la resistencia interna.



## ES 2 617 614 T3

5 En el caso de una sonda fría ( $R_i$  - fría > 100 kohmio) se elude la celda de referencia RE-IPE para la ampliación del rango de medición a través del conmutador S8. La medición de la resistencia interna refleja entonces el valor de resistencia del conmutador. Si la temperatura de la sonda se aproxima al rango de funcionamiento ( $R_i \approx 6$  kohmio), entonces esto puede detectarse a través de la medición de la resistencia interna. Puesto que se encuentra presente el valor en el caso de una sonda fría ( $R_i$ -fría ||S8), la resistencia de la sonda puede calcularse a partir de la medición fría y el valor actual.

10 Para generar la corriente de bombeo de referencia, así como para generar un gas de oxígeno de referencia artificial en el electrodo de referencia RE de un promedio de 20  $\mu$ A, se utiliza la misma fuente de corriente de referencia 12 con la cual se realiza también la medición de la resistencia interna en el electrodo de referencia. El valor medio  $I_{pref} = 20 \mu$ A resulta del valor medio temporal del pulso de medición de la resistencia de 80  $\mu$ s, de la duración del período del pulso (2 ms  $\rightarrow$  cada tercer período de ciclo) y de la amplitud del pulso de corriente  $I_{pr} = 570 \mu$ A.

15 Se realiza entonces una calibración de la curva característica de la sonda en el estado de ajuste de la sonda, cuando la celda de bombeo no presenta corriente. Para ello, la fuente de corriente de bombeo se conecta a la resistencia de medición, a la cual se encuentra conectada paralelamente la resistencia de ajuste en el enchufe 4. El descenso de tensión de la corriente de bombeo en  $R_m = R_{mess} \parallel R_{code}$  se multiplica por el factor de duración regulado, dividido por el valor nominal  $R_{mess}$ , resultando la corriente de bombeo de la curva característica deseada  $I_p = f(\lambda)$ . Los estados de carga (polarización) medidos en los electrodos APE e IPE se consideran al seleccionar la referencia de masa, para asegurar que las conexiones de la sonda no abandonen el rango de tensión permitida de 0 hasta  $U_{max}$ .

20 Una calibración de la medición de la resistencia interna se realiza entonces cuando la fuente de corriente de referencia 12 no se encuentra conectada al electrodo de referencia RE. Para ello, la fuente de corriente de referencia 12 se encuentra conectada en un valor de calibración exacto  $R_{cal}$  en el dispositivo de control 3. El descenso de tensión  $R_{cal} \cdot I_{pr}$  es el valor de referencia para la medición de la resistencia interna, cuando  $R_{cal}$  se dimensiona en el valor objetivo  $R_i$  de la regulación de temperatura. Debido a ello se compensan las tolerancias de la unidad de acondicionamiento de la señal 5. No se interrumpe entonces la medición de la resistencia interna.

30 Se realiza entonces una corrección offset de la unidad de acondicionamiento de la señal 5 cuando no debe procesarse ninguna otra señal. Para ello, la entrada de la unidad de acondicionamiento de la señal 5 se cortocircuita a través de un conmutador ( $U_e = 0$ ) y a través de otro conmutador se coloca a un potencial de modo común definido. De ese modo, se predetermina el mismo tiempo de conmutación durante el registro de los valores de medición restantes. El valor digitalizado se utiliza para la corrección de los valores de medición. La corrección offset se realiza para cada amplificación de la unidad de acondicionamiento de la señal 5 y para el convertidor analógico - digital. No se interrumpe entonces el flujo de señal lambda.

35 Si la transmisión de datos tiene lugar mediante la interfaz digital 8 hacia el microcontrolador en forma de una transmisión de una ráfaga de datos, entonces primero se recolectan varios valores lambda, así como los factores de duración de varios períodos del ciclo, para ser transmitidos entonces junto con información de resistencia interna y los valores de calibración en un paquete de datos. Para establecer una asociación temporal con respecto al ciclo del motor - tal como ya se explicó anteriormente - desde el dispositivo de control se proporciona una señal de activación del cigüeñal, partiendo de la cual un marcador de tiempo puede ser seleccionado para cada transmisión.

40 El siguiente listado muestra ejemplos de posibles utilidades de los valores de medición obtenidos, donde éstos se tratan siempre de tensiones que se presentan en la respectiva conexión de la unidad de control y regulación, en el caso de las condiciones de funcionamiento respectivamente predeterminadas:

$Un0$ : RE-IPE,  $I_p=0$ ,  $I_{pr}=0$

valor real del regulador para registro  $Un$  en la pausa del pulso

(regulador  $Un0$ )

45  $Ri$ : RE-IPE,  $I_p=0$ ,  $I_{pr}>0 \rightarrow Un$ ;  $Ri \approx Un - Un0$

regulación de la temperatura, diagnóstico de residuo de cable RE, IPE

$Up0$ : APE-IPE,  $I_p=0$ ,  $I_{pr}=0$

protección contra ennegrecimiento, diagnóstico de envejecimiento, activación  $I_{pcal}$ , medición  $Ri_{ape}$ , variable de referencia para funcionamiento de corriente límite

50  $Up$ : APE-IPE,  $I_p>0$ ,  $I_{pr}=0$

## ES 2 617 614 T3

diagnóstico de residuo de cable APE, IPE, medición Riape

LSF: LSF-función de diagnóstico →salto lambda a partir de Un0-Up0

Rcal: RCAL-GND,  $I_{pr}$  en Rcal

calibración medición Ri, corrección  $I_{pref}$  para curva característica de lambda

5  $I_{pcal}$ : APE-MES,  $I_p$  en Rmess

calibración de corriente de bombeo

Rzu: RE-IPE,  $I_{p>0}$ ,  $I_{pr}=0$

corrección medición Ri celda de bombeo, corrección del valor deseado regulación Unav, detección residuo de cable

10 Rgnd: RG-GND,  $I_{p>0}$  en caso de funcionamiento pulsado opuesto

determinación  $I_p$  para la detección de residuo de cable Rcode.

La figura 3 muestra dos ejemplos de ejecución de un acondicionamiento de la señal en la unidad de acondicionamiento de la señal 5.

15 De acuerdo con el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 3a, en un multiplexor MUX1 se aplican los potenciales que se encuentran presentes en las conexiones APE, IPE, REM, APM, CAL, MEM, GND y RG de la unidad de evaluación y control 1. El multiplexor MUX1 es cargado con señales de control del conmutador smux por el controlador 10, de manera que a un amplificador diferencial Diff conectado aguas abajo se transmiten dos potenciales que respectivamente deben ser registrados. En el ejemplo de ejecución mostrado se trata de  $U_{ep}$  y  $U_{em}$ , es decir, de los potenciales que se encuentran presentes en las conexiones REM e IPE, o APM e IPE, o APE y MEM, o CAL y GND, o RG y GND, de la unidad de evaluación y control 1. El amplificador diferencial amplifica la señal diferencial, y la transmite con referencia de potencial definida al siguiente convertidor analógico - digital 6.

20 En el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 3b, en un multiplexor MUX2 se aplican los potenciales que se encuentran presentes en las conexiones RE, IPE, APE, MES, RG, CAL y GND de la unidad de evaluación y control 1. Las conexiones REM, APM y MEM representadas en la figura 1, así como los filtros  $R_{fr}-C_{fr}$ ,  $R_{fp}-C_{fp}$  y  $R_{fm}-C_{fm}$ , pueden suprimirse en este ejemplo de ejecución. El multiplexor MUX2 mostrado en la figura 2 es cargado con señales de control del conmutador smux por el controlador 10. Una salida del multiplexor MUX2 se encuentra conectada a tierra mediante resistencias óhmicas MUM y  $R_{f1}$ , así como mediante un condensador  $C_{f1}$ . La otra salida del multiplexor MUX2 se encuentra conectada a tierra mediante resistencias óhmicas MUP y  $R_{f2}$ , así como mediante un condensador  $C_{f2}$ .

30 La conexión distante a tierra del condensador  $C_{f2}$ , mediante una resistencia óhmica  $R_{EP}$ , se encuentra conectada a una entrada de un amplificador diferencial Diff. La conexión distante a tierra del condensador  $C_{f1}$ , mediante una resistencia óhmica REM, se encuentra conectada a la segunda entrada del amplificador diferencial Diff. Entre la conexión distante a tierra del condensador  $C_{f1}$  y la conexión distante a tierra del condensador  $C_{f2}$  se encuentra conectado un condensador Cfd. Las señales que se aplican en las entradas del amplificador diferencial Diff se tratan de los potenciales que se aplican en las conexiones RE e IPE, o APE e IPE, o APE y MES, o CAL y GND, o RG y GND de la unidad de control y regulación 1. El amplificador diferencial amplifica la señal diferencial, y la transmite con referencia de potencial definida al siguiente convertidor analógico - digital 6.

**REIVINDICACIONES**

1. Unidad de evaluación y de control (1) para una sonda lambda de banda ancha, con
- una unidad de acondicionamiento de la señal (5),
  - un convertidor analógico - digital (6) conectado a la unidad de acondicionamiento de la señal,
  - 5 - un regulador de corriente de bombeo digital (7) conectado a convertidor analógico-digital,
  - una interfaz digital (8) conectada al regulador de corriente de bombeo digital,
  - un controlador (10) conectado al regulador de corriente de bombeo digital,
  - una fuente de corriente de bombeo (11) para proporcionar una corriente de bombeo,
  - una conexión de electrodo de bombeo interna (IPE),
  - 10 - una conexión de electrodo de bombeo externa (APE) y
  - una conexión de electrodo de referencia (RE), donde
  - la unidad de acondicionamiento de la señal (5) se proporciona para determinar un valor real para el regulador de corriente de bombeo (7) de la sonda lambda, y donde
  - la unidad de acondicionamiento de la señal (5) se proporciona además para determinar otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, y donde
  - 15 - la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha puede ser emitida mediante la interfaz digital (8).
2. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 1, caracterizada porque la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, determinada por la unidad de acondicionamiento de la señal (5), puede ser suministrada directamente a la interfaz digital (8) mediante un convertidor analógico - digital (6).
- 20 3. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 1, caracterizada porque la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, determinada por la unidad de acondicionamiento de la señal (5), puede ser transmitida mediante un convertidor analógico - digital (6) a una memoria intermedia (9a), puede ser almacenada allí, y la información almacenada en la memoria intermedia (9) puede ser suministrada a la interfaz digital (8), recolectada en forma de una ráfaga de datos.
- 25 4. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 1, caracterizada porque la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha, determinada por la unidad de acondicionamiento de la señal (5), puede ser transmitida mediante un convertidor analógico - digital (6) a una memoria intermedia (9a), puede ser almacenada allí en direcciones predeterminadas, y la información almacenada en las direcciones predeterminadas puede ser solicitada de forma selectiva mediante la interfaz digital (8).
- 30 5. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la fuente de corriente de bombeo (11), mediante un conmutador (S7), se encuentra conectada a la conexión de electrodo de bombeo interna (IPE) y, mediante un conmutador (S6), se encuentra conectada a la conexión de electrodo de bombeo externa (A-PE), el controlador (10) se proporciona para suministrar señales de control del conmutador (s6,s7) para el conmutador (S7) y para el conmutador (S6), y el controlador (10) proporciona las señales de control del conmutador (s6, s7) en función de señales de salida digitales del regulador de corriente de bombeo (7), de manera que en la conexión de electrodo de bombeo interna, así como externa (IPE,APE), se emite una corriente de bombeo en forma de pulsos.
- 35 6. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 5, caracterizada porque la corriente de bombeo en forma de pulsos presenta una frecuencia fija, un factor de duración variable y un signo ajustable.
- 40 7. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 6, caracterizada porque se prevén las siguientes situaciones operativas:

## ES 2 617 614 T3

A:  $U_{p0} > 0$ ,  $I_p > 0$ :

el conmutador (S6) entre la fuente de corriente de bombeo (11) y la conexión de electrodos de bombeo externa (APE) está cerrado; la conexión de electrodos de bombeo interna (IPE) está conectada a tierra (GND);

B:  $U_{p0} < 0$ ,  $I_p < 0$ :

- 5 el conmutador (S7) entre la fuente de corriente de bombeo (11) y la conexión de electrodos de bombeo interna (IPE) está cerrado; la conexión de electrodos de bombeo externa (APE) está conectada a tierra (GND);

C:  $U_{p0} > 0$ ,  $I_p < 0$ :

- 10 el conmutador (S7) entre la fuente de corriente de bombeo (11) y la conexión de electrodos de bombeo interna (IPE) está cerrado; la conexión de electrodos de bombeo externa (APE) está conectada a tierra mediante una resistencia ( $R_{GND}$ );

D:  $U_{p0} < 0$ ,  $I_p > 0$ :

el conmutador (S6) entre la fuente de corriente de bombeo (11) y la conexión de electrodos de bombeo externa (APE) está cerrado; la conexión de electrodos de bombeo interna (IPE) está conectada a tierra mediante una resistencia ( $R_{GND}$ ).

- 15 8. Unidad de control y de regulación según una de las reivindicaciones 5 - 7, caracterizada porque la unidad de acondicionamiento de la señal (5) determina el valor real para el regulador de corriente de bombeo, la resistencia interna de la sonda lambda de banda ancha y la otra información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha durante las pausas del pulso y durante el pulso de corriente de la corriente de bombeo en forma de pulsos.

- 20 9. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 8, caracterizada porque la unidad de acondicionamiento de la señal (5), en cada pausa del pulso, registra datos para determinar el valor real para el regulador de corriente de bombeo.

- 25 10. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 8, caracterizada porque la unidad de acondicionamiento de la señal (5), en pausas del pulso consecutivas, registra datos para determinar diferente información sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha.

11. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 10, caracterizada porque la unidad de acondicionamiento de la señal (5) registra cíclicamente datos para determinar otra información diferente sobre el estado de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha.

- 30 12. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la misma contiene una fuente de corriente de referencia (12).

13. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la misma presenta varios otros conmutadores (S1,S2,S3,S4,S5,S8,S9,-S10,S11,S12) y el controlador (10) se proporciona para suministrar señales de control del conmutador (s1,s2,s3,s4,s5,s8,-s9,s10,s11,s12) para esos otros conmutadores.

- 35 14. Unidad de evaluación y de control según la reivindicación 13, caracterizada porque el controlador (10) controla el otro conmutador de manera que en las pausas del pulso, de manera predeterminada, se cierran los otros conmutadores para conectar una conexión deseada de la unidad de evaluación y de control con un potencial de referencia deseado.

- 40 15. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la misma presenta una memoria de parámetros (9b) en la cual están almacenados registros de datos que corresponden a una característica de regulación predeterminada del regulador digital (7).

16. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque otra información es una información sobre la presencia de un cortocircuito del cable o de un residuo de cable.

- 45 17. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la otra información incluye información sobre los estados de carga de los electrodos en la sonda lambda de banda ancha en diferentes estados de funcionamiento de la sonda lambda de banda ancha.

18. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque otra información es una información sobre una sobretensión en un electrodo.

19. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque otra información es una información sobre el envejecimiento de la sonda lambda de banda ancha.

5 20. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque otra información es una información sobre el pasaje - lambda 1.

21. Unidad de evaluación y de control según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque otra información es una información sobre la disponibilidad operacional de la sonda lambda de banda ancha.

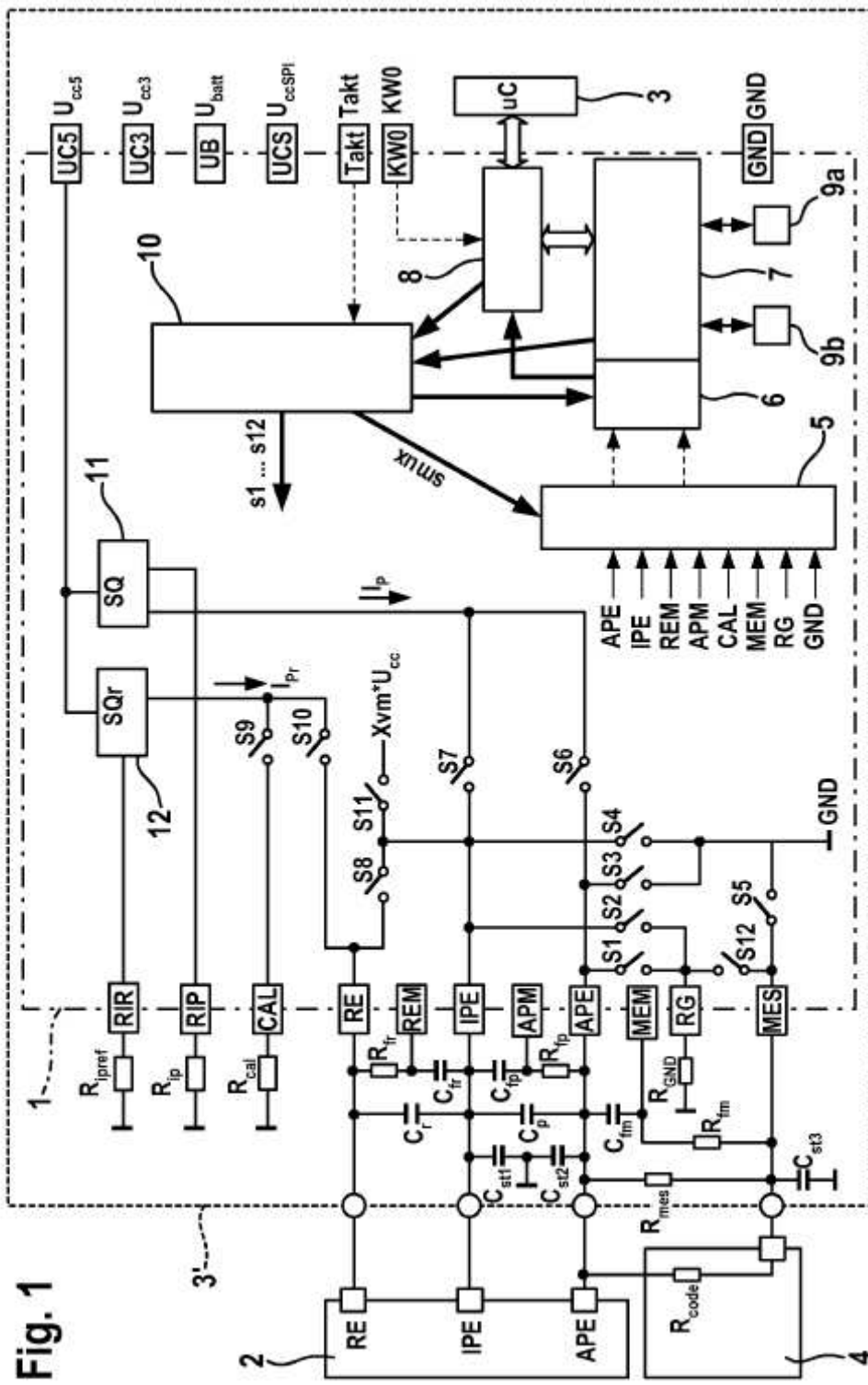


Fig. 1

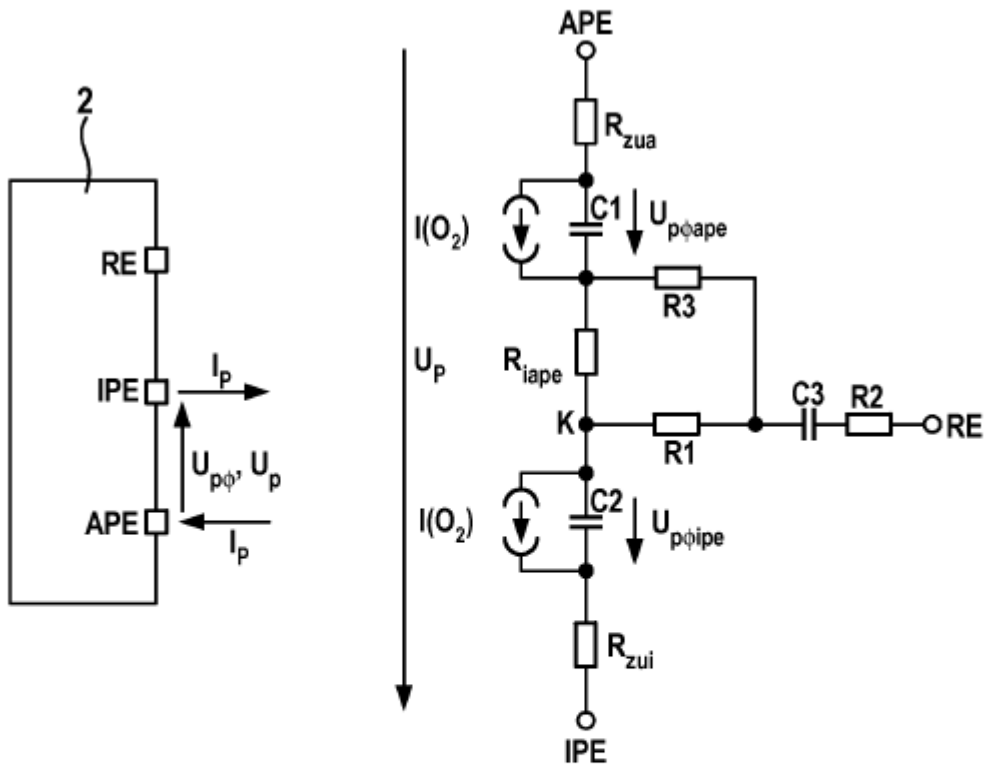


Fig. 2

Fig. 3

