

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 057**

51 Int. Cl.:

G01N 27/419 (2006.01)

G01N 27/406 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2009 E 09180650 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **29.06.2011 EP 2339338**

54 Título: **Método de control mejorado y dispositivo para celdas de bomba de oxígeno de sensores en motores de combustión interna o gas de escape posterior a los sistemas de tratamiento de tales motores**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.01.2013

73 Titular/es:
IVECO MOTORENFORSCHUNG AG (100.0%)
Schlossgasse 2
9320 Arbon, CH

72 Inventor/es:
AUCKENTHALER, THEOPHIL

74 Agente/Representante:
RUO, Alessandro

ES 2 394 057 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

Método de control mejorado y dispositivo para celdas de bomba de oxígeno de sensores en motores de combustión interna o gas de escape posterior a los sistemas de tratamiento de tales motores

Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un método de control mejorado y a un dispositivo para celdas de bomba de oxígeno de sensores en motores de combustión interna o gas de escape posterior a los sistemas de tratamiento de tales motores.

Descripción de la técnica anterior

[0002] Los motores de combustión que tienen que satisfacer las legislaciones respecto a emisiones actuales y futuras hacen uso de un sistema posterior al tratamiento y/o de un sistema de recirculación de gas de escape (EGR) para reducir las emisiones de NOx por debajo de los límites impuestos por ley. Ambos tipos de sistemas dependen de sensores de oxígeno en estado sólido, NOx y lambda. Estos sensores contienen bombas electroquímicas donde los iones de oxígeno se bombean a través de una celda de electrolito en estado sólido.

[0003] Como se muestra en la figura 1, un sensor lambda contiene una cavidad de referencia 1 con aire y una cavidad de medición 2 con gas de escape. El gas de escape entra en la cavidad de medición a través de una barrera para la difusión 3. Una celda de bomba 4, que usa un electrolito en estado sólido, está presente entre la cavidad 2 y el lado del gas de escape. A través de la celda de bomba 4, el oxígeno se bombea electroquímicamente fuera de la celda o dentro de la celda para sistemas de gasolina.

[0004] Una celda 5 de sensor lambda potenciométrico está presente entre la cavidad de referencia 1 y la cavidad de medición 2. La corriente de la bomba de la celda de bomba 4, que es equivalente a la corriente de ión oxígeno, está controlada de manera que el potencial electroquímico 6, obtenido de la celda 5 del sensor lambda potenciométrico, entre la cavidad de medición y la cavidad de referencia se mantiene a un nivel constante. Normalmente este nivel corresponde a una concentración de oxígeno en la cavidad de medición cercana a cero. La corriente de la bomba de la celda de bomba está correlacionada en gran medida con la concentración de oxígeno del gas de escape. Por lo tanto, la concentración de oxígeno puede obtenerse a partir de la corriente de la bomba.

[0005] Como se muestra en la figura 2, la estructura de un sensor de Oxígeno es similar a la del sensor lambda de la figura 1. El sensor de Oxígeno no mantiene un potencial electroquímico 6 constante entre las cavidades de medición (2) y de referencia (1), sino que en lugar de ello el potencial electroquímico 6 sube y baja entre dos niveles bien definidos usando corrientes de bomba constantes en la celda de bomba 4. La concentración de oxígeno puede obtenerse entonces a partir del tiempo de rampa entre dos niveles de potencial.

[0006] Como se muestra en la figura 3, un sensor de NOx muestra una cavidad de referencia 1 con aire, y al menos dos cavidades de medición consecutivas con bombas electroquímicas relacionadas. El gas de escape entra en la primera cavidad de medición 8 a través de una barrera para la difusión 9. La primera celda de la bomba 10 de la primera cavidad de medición presenta una selectividad para oxígeno, de manera que el NOx no se vea afectado. Usando esta bomba, el oxígeno se retira casi completamente del gas en la primera cavidad 8. El gas restante que contiene pequeñas cantidades de oxígeno y los NOx entra en la segunda cavidad de medición 11 a través de una segunda barrera para la difusión 12. La segunda celda de bomba 13 está diseñada de manera que la corriente de la bomba está correlacionada tanto con las corrientes de ión oxígeno del gas como del NOx disociado. Por lo tanto, la corriente de la bomba de la segunda celda 13 está correlacionada en gran medida con la concentración de NOx y por lo tanto puede usarse para su determinación.

[0007] Todos los principios de detección descritos anteriormente dependen de bucles de control de retroalimentación de corriente de bomba estables. Durante la operación transitoria del motor, el contenido de oxígeno puede variar muy fuertemente y muy rápido, lo que provoca fuertes alteraciones en los bucles de control y, por lo tanto, señales del sensor inestables. En general, las señales del sensor no son fiables durante la operación transitoria, especialmente en un entorno diesel, donde las variaciones experimentadas por las concentraciones de oxígeno son muy significativas. En los motores de gasolina y gas natural, que generalmente funcionan a una proporción de aire/combustible constante, tales variaciones solo ocurren durante las fases de corte de combustible.

[0008] En los sensores conocidos, por lo tanto, la fiabilidad reducida durante las fases transitorias hace que sean necesarias técnicas de filtro no lineal, lo que sin embargo puede ralentizar significativamente y también alterar la respuesta del sensor y, por lo tanto, el ancho de banda de los bucles de control de retroalimentación en los motores.

[0009] El documento US4707241 muestra una solución que evita el control de retroalimentación hasta que el medio de discriminación reconoce que la salida de tensión de la celda de concentración de oxígeno seguramente está dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado que contiene la tensión diana.

Sumario de la invención

[0010] Por lo tanto, el objeto principal de la presente invención es proporcionar un método de control mejorado y un dispositivo para celdas de bomba de oxígeno de sensores en motores de combustión interna o gas de escape después de los sistemas de tratamiento de tales motores.

[0011] La idea básica de la presente invención es mejorar el controlador de la corriente de bomba de oxígeno en un dispositivo sensor de electrolito en estado sólido mediante una trayectoria de retroalimentación usando datos del proceso del motor.

[0012] Preferentemente, habrá una proporción de aire/combustible usado, concentración de oxígeno, concentración de NOx u otras características del gas de escape calculadas a partir de los datos de operación del motor para estimar la corriente de bomba de oxígeno esperada.

[0013] Preferentemente habrá cantidades físicas usadas que caracterizan el estado del gas de escape tal como temperaturas, presiones, humedad, velocidad del motor, cantidad de combustible, pulsaciones de presión para anticipar y compensar alteraciones de potencial y desviaciones de la corriente de la bomba de oxígeno esperada.

[0014] Estos y otros objetos se consiguen mediante un método de control mejorado y un dispositivo para celdas de bomba de oxígeno de sensores de motores de combustión interna o gas de escape después de los sistemas de tratamiento de tales motores, como se describe en las reivindicaciones adjuntas, que forman una parte integral de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

[0015] La invención quedará totalmente clara a partir de la siguiente descripción detallada, dada a modo simplemente de ejemplificación y no como un ejemplo limitante, que se debe leer con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, en las que:

- La Figura 1 muestra una vista esquemática de un sensor lambda de tipo conocido;
- La Figura 2 muestra una vista esquemática de un sensor de oxígeno de tipo conocido;
- La Figura 3 muestra una vista esquemática de un sensor de NOx de tipo conocido;
- La Figura 4 muestra una vista esquemática de un controlador de corriente de bomba que incluye la trayectoria de retroalimentación adicional de acuerdo con la presente invención;
- La Figura 5 muestra una posible tendencia de la tensión de salida del sensor lambda potenciométrico frente a los valores lambda;
- La Figura 6 muestra una vista esquemática más detallada de la trayectoria de retroalimentación adicional de acuerdo con la presente invención.

[0016] Los mismos números y letras de referencia en las figuras designan piezas con la misma o una funcionalidad equivalente.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

[0017] De acuerdo con la invención, los datos de funcionamiento del motor se usan para mejorar el rendimiento del controlador de la bomba de oxígeno. Esto permite una aceleración significativa de la respuesta del sensor, que a su vez aumenta la precisión del sensor durante las fases transitorias y, de esta manera, permite la ampliación del ancho de banda del bucle de control.

[0018] La presión parcial de oxígeno aproximada y/o proporción de aire/combustible (lambda) son cantidades críticas tanto para la gestión de motor general como para los sistemas después del tratamiento. Por lo tanto, esta información siempre está disponible en la unidad de control de motor. Puesto que estas cantidades pueden calcularse directamente a partir del combustible inyectado y la cantidad de corriente de oxígeno en el cilindro, siempre está disponible antes de influir en un sensor montado aguas abajo de la salida del cilindro del motor. Por lo tanto, esta información puede usarse para preajustar la corriente de la bomba de oxígeno mediante un controlador de retroalimentación.

[0019] Con tal ajuste el controlador de retroalimentación solo necesita nivelar las alteraciones locales. Esto a su vez permite el uso de algoritmos de filtro más simples y, de esta manera, una extensión significativa del ancho de banda del bucle de control.

[0020] Con referencia a la figura 4, un controlador de corriente de bomba conocido comprende determinar, a través de un adicionador 42, una tensión 41 dada por la diferencia entre la tensión de salida de la celda potenciométrica (5 en las figuras 1, 2 y 3) y una tensión de referencia 43 a partir de un punto de ajuste de tensión. Esto último se determina de una manera conocida por sí misma. Por ejemplo, en los sensores lambda (λ) y de NOx, esta tensión normalmente es de aproximadamente 450 mV, que corresponde a la estequiometría, es decir, a la

condición en la que no hay presente un exceso de oxígeno ni un exceso de agentes reductores (CO, H₂, HC, etc.).

[0021] Con referencia a la figura 5, se muestra una tendencia típica de λ (proporción aire/combustible) frente a la tensión de salida en un sensor λ potenciométrico: en el punto central tenemos (450 mV), $\lambda = 1$ (estequiometría, donde solo N₂, H₂O, CO₂, etc. están presentes); para $\lambda < 1$ (exceso de H₂, CO, HC, etc.) la tensión de salida aumenta; para $\lambda > 1$ (exceso de O₂, NO_x, etc.) la tensión de salida disminuye.

[0022] La tensión 41 se lleva a la entrada del controlador 44 de la corriente de bomba para la corriente en la celda de bomba (4 en las figuras 1, 2 y 13 en la figura 3). La constitución del controlador 44 de corriente de bomba es conocida. En los controladores conocidos de salida el controlador de corriente 44 es la única contribución dada a la celda de bomba. La corriente en la salida de la celda de bomba (4, 13 en las figuras 1, 2, 3) se mide en un bloque de medición 45 de tipo conocido como se ha descrito también anteriormente, dando en la salida la tensión impuesta en la celda de la bomba.

[0023] De acuerdo con la invención, un parámetro λ 46 estimado, procedente de la unidad de control electrónica del vehículo, se lleva a la entrada de un estimador 47 de corriente de bomba, cuya salida 48 se usa como control de retroalimentación además de la salida del controlador 44 de corriente de bomba, que contribuye a la determinación de la corriente deseada y, por lo tanto, a la tensión en la celda de bomba.

[0024] Con referencia a la Figura 6, el parámetro λ 46 se estima de una manera conocida en un bloque 61, por ejemplo a partir de los valores medidos de entrada de la masa de aire fresco que entra en el cilindro, la masa de combustible inyectada y la masa de gas de escape recirculado a las salidas del cilindro.

[0025] El estimador 47 de corriente de bomba comprende un bloque 62 que estima el retraso del tiempo de transporte desde los cilindros hasta el sensor, en base a los datos de entrada, en concreto el parámetro λ 46 estimado de proporción de aire/combustible, y también otros valores medidos de entrada ya disponibles en el flujo másico de gas, por ejemplo las concentraciones de oxígeno y NO_x, el volumen de tubería, la presión de gas, la temperatura de gas, humedad, velocidad del motor, cantidad de combustible, pulsaciones de presión. El retraso de tiempo puede obtenerse por ejemplo a partir de la masa de gas en el volumen entre la salida del cilindro y la posición del sensor y desde el flujo másico de gas dividiendo el primero por la última cantidad. La masa de gas almacenado, a su vez, puede calcularse a partir de las presiones, las temperaturas y los volúmenes de tubería usando una ecuación de gas bien conocida.

[0026] Además, en el estimador 47 de corriente de bomba también hay disponibles tablas de relaciones entre el parámetro λ y la concentración de oxígeno en el gas medido (bloque 63) y la concentración de oxígeno y la corriente de la bomba (bloque 64). Estas relaciones están precargadas y dependen del ajuste específico del sistema, es decir, tanto del motor como del sensor usado. Los ejemplos de estas tablas pueden encontrarse, por ejemplo, en Bosch Automotive Handbook, 7ª edición, ISBN 978-0-470-51936-3.

[0027] Teniendo en cuenta el retraso temporal en el transporte estimado, las dos curvas dan, en la salida 48, los valores esperados de los parámetros relativos en los bloques 63 y 64, y finalmente la corriente de la bomba en ese momento, en el que se anticipa que es necesario para mantener de forma estable el nivel de tensión de la celda potenciométrica 5 (Figura 4).

[0028] El estimador de corriente de bomba es el mismo para las tres clases de sensores descritos anteriormente. Lo que puede ser diferente son las condiciones impuestas por el sensor, es decir, la resistencia de la barrera a la difusión. La cantidad de oxígeno que entra en la cavidad tiene que bombearse fuera. De esta manera, el flujo de moléculas de oxígeno en estado estacionario a través de la barrera es igual a la corriente de ión oxígeno.

[0029] De acuerdo con la invención, el método de control mejorado comprende mejorar el controlador de la corriente de la bomba de oxígeno en el dispositivo de sensor de electrolito en estado sólido mediante la trayectoria de retroalimentación usando datos del proceso del motor.

[0030] Preferentemente, habrá una proporción de aire/combustible usado, concentración de oxígeno, concentración de NO_x u otras características del gas de escape calculadas a partir de los datos de operación de motor para estimar la corriente de bomba de oxígeno esperada.

[0031] Preferentemente, se usarán cantidades físicas que caracterizan el estado del gas de escape tales como temperaturas, presiones, humedad, velocidad del motor, cantidad de combustible, pulsaciones de presión para anticipar y compensar las alteraciones potenciales y desviaciones de la corriente de la bomba de oxígeno esperada.

[0032] El método de la presente invención puede implementarse ventajosamente a través de un programa informático que comprende medios de codificación de programa para la implementación de una o más etapas del método, cuando este programa está ejecutándose en un ordenador. Por lo tanto, se entiende que el alcance de protección se extiende a tal programa informático y, además, a un medio legible por ordenador que tiene un mensaje grabado en su interior, comprendiendo dicho medio legible por ordenador un medio de codificación de programa

para la implementación de una o más etapas del método, cuando este programa se ejecuta en un ordenador.

[0033] Mediante la presente invención, se consigue un número de ventajas:

- 5 - aumentar el ancho de banda del controlador de la corriente de bomba en los sensores de electrolito sólido, tal como sensores de oxígeno, lambda o NOx;
- respuesta más rápida de los sensores de oxígeno, lambda o NOx;
- precisión mejorada de los sensores de oxígeno, lambda o NOx, especialmente durante la operación transitoria y cortes de combustible;
- 10 - control mejorado de la condición del gas de escape (concentración lambda, NOx);
- control mejorado de los sistemas post-tratamiento (por ejemplo, SCR) y EGR y, de esta manera, control mejorado de las emisiones.

15 **[0034]** Muchos cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia después de considerar la memoria descriptiva y los dibujos adjuntos que desvelan realizaciones preferidas de la misma.

20 **[0035]** No se describirán detalles de implementación adicionales, puesto que el experto en la materia es capaz de realizar la invención partiendo de las enseñanzas de la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar una celda de bomba de oxígeno de un sensor en un motor de combustión interna o en el gas de escape después del sistema de tratamiento de tal motor, comprendiendo el método un control de retroalimentación de la corriente en la celda de la bomba y **caracterizado por que** comprende la etapa de añadir a dicho control de retroalimentación una trayectoria de control de retroalimentación (46, 47, 48) adicional estimando una corriente (48) de bomba de oxígeno esperada en base a las características (46) del gas de escape calculado a partir de los datos de operación del motor, para anticipar y compensar las alteraciones y desviaciones potenciales de la corriente de la bomba de oxígeno esperada.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha trayectoria de control de retroalimentación comprende:
 - estimar un retraso del tiempo de transporte del flujo de gas desde los cilindros hasta el sensor en base a dichas características del gas de escape;
 - usar dicho retraso del tiempo de transporte para identificar dicha corriente de bomba de oxígeno esperada en tablas que dan las relaciones entre el parámetro de proporción aire/combustible (λ) y la concentración de oxígeno, y la concentración de oxígeno y la corriente de la bomba de oxígeno esperada.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dichas características del gas de escape comprenden valores calculados de la proporción aire/combustible (λ) y valores disponibles del flujo másico del gas de escape, incluyendo una o más contribuciones de oxígeno y de NOx, volumen de tubería, presión del gas, temperatura del gas, humedad, velocidad del motor, cantidad de combustible, pulsaciones de presión.
4. Sistema para controlar una celda de bomba de oxígeno de un sensor en un motor de combustión interna o en el gas de escape después del sistema de tratamiento de tal motor, que comprende:
 - un circuito (44) de control de retroalimentación de la corriente en la celda de la bomba,y **caracterizado por que** comprende
 - un circuito (47) de estimación para el control de retroalimentación de una corriente de bomba de oxígeno esperada en base a las características del gas de escape calculadas a partir de los datos de operación del motor.
5. Sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho circuito (47) de estimación de control de retroalimentación comprende:
 - un circuito (62) para estimar un retraso del tiempo de transporte del flujo de gas desde los cilindros hasta el sensor en base a dichas características del gas de escape;
 - un circuito (63, 64) para determinar dicha corriente de bomba de oxígeno esperada, en base a dicho retraso en el tiempo de transporte, identificando dicha corriente de bomba de oxígeno esperada en tablas que dan las relaciones entre el parámetro de proporción aire/combustible (λ) y una concentración de oxígeno, y la concentración de oxígeno y la corriente de bomba de oxígeno esperada.
6. Sistema de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que dichas características del gas de escape comprenden valores calculados de la proporción aire/combustible (λ) y valores disponibles del flujo másico del gas de escape, incluyendo una o más contribuciones de oxígeno y NOx, volumen de tubería, presión del gas, temperatura del gas, humedad, velocidad del motor, cantidad de combustible, pulsaciones de presión.
7. Programa informático que comprende un medio de código de programa informático adaptado para realizar todas las etapas de las reivindicaciones 1 a 3, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
8. Un medio legible por ordenador que tiene un programa grabado en su interior, comprendiendo dicho medio legible por ordenador un medio de código de programa informático adaptado para realizar todas las etapas de las reivindicaciones 1 a 3, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

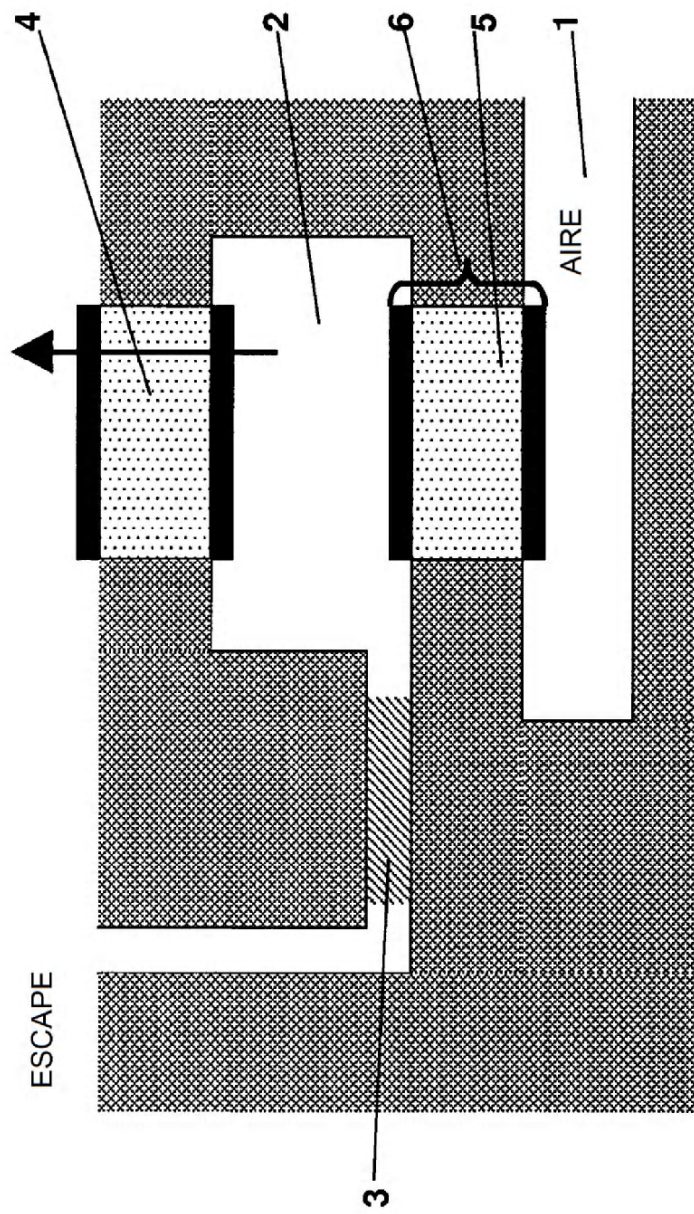


FIG. 1

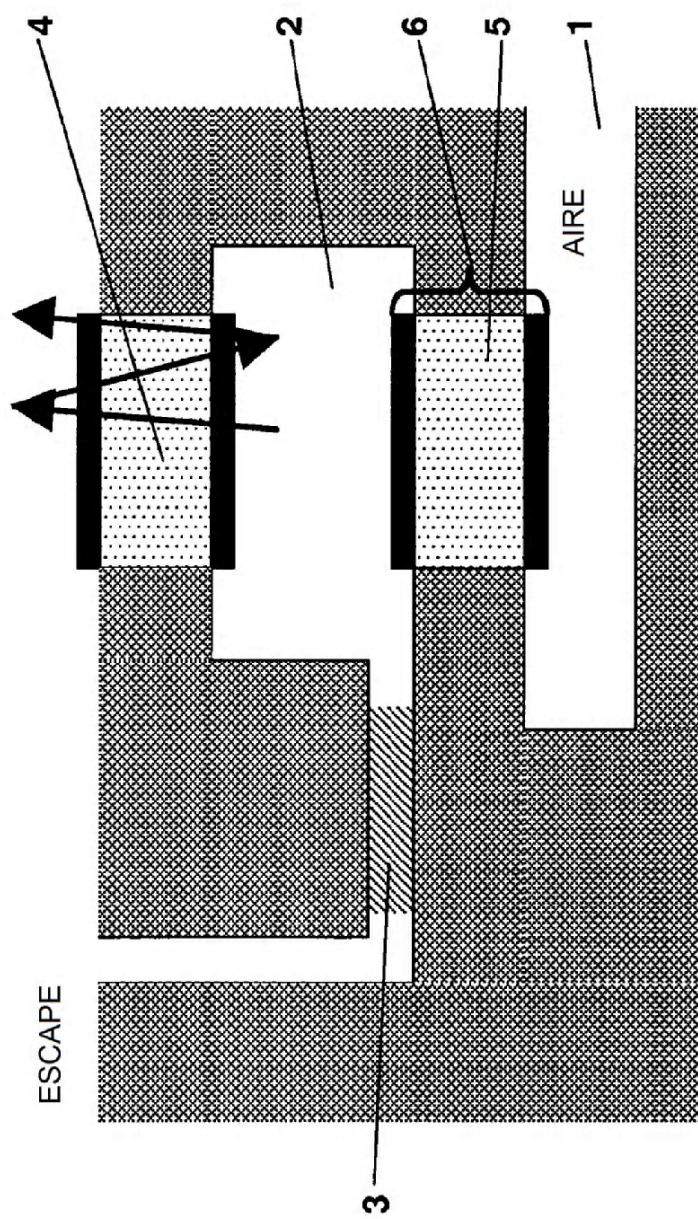


FIG. 2

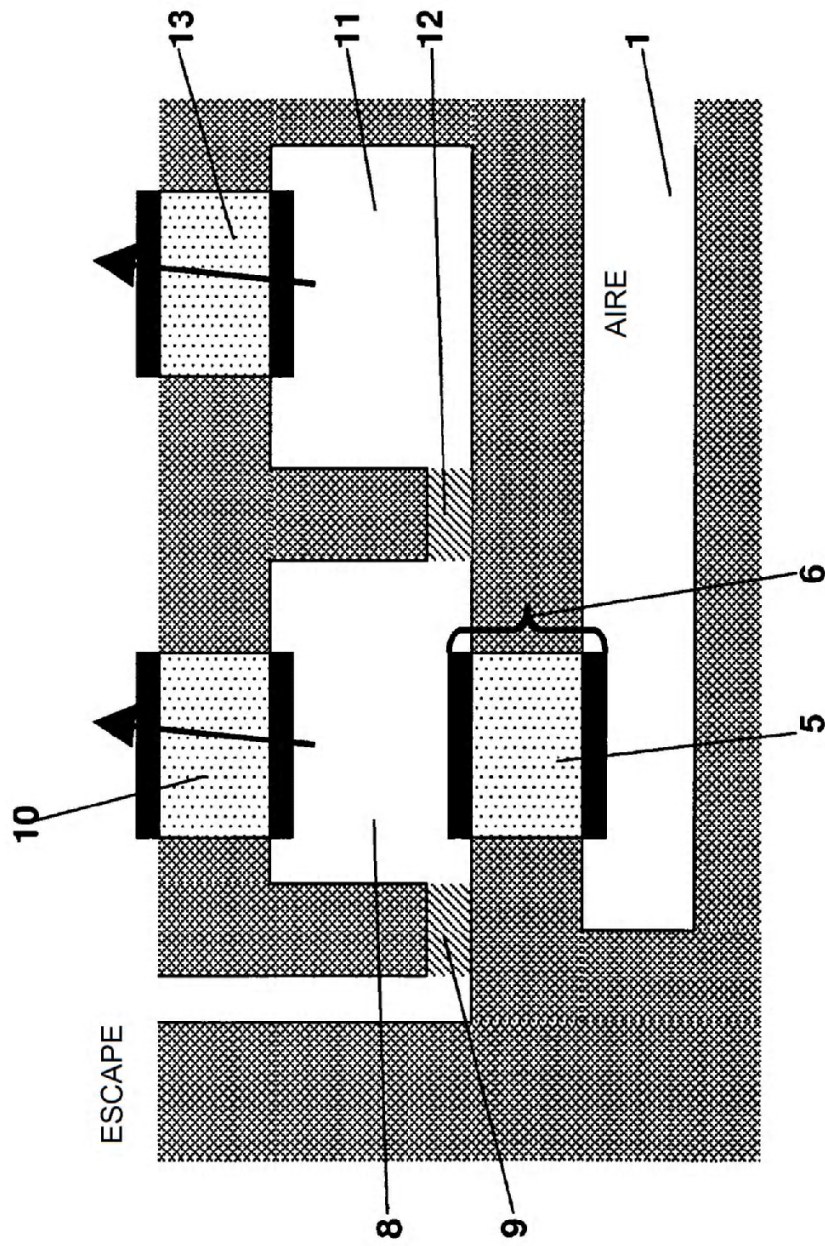


FIG. 3

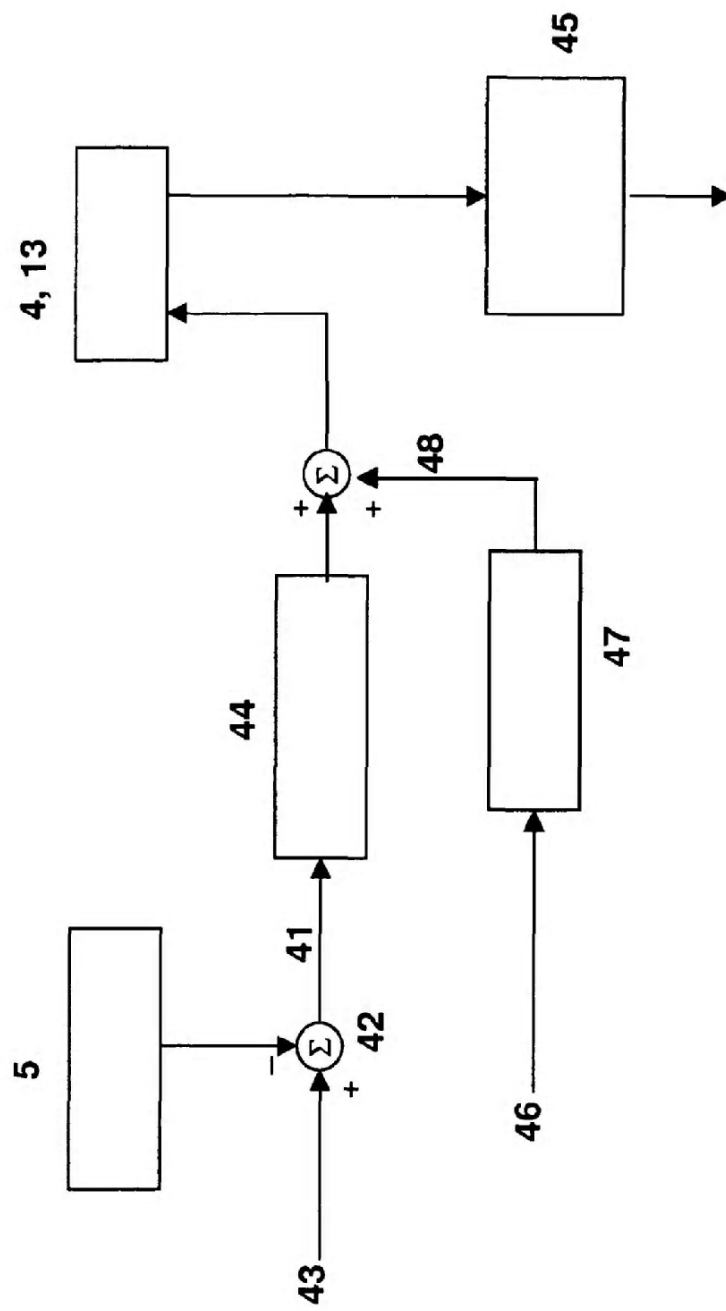


FIG. 4

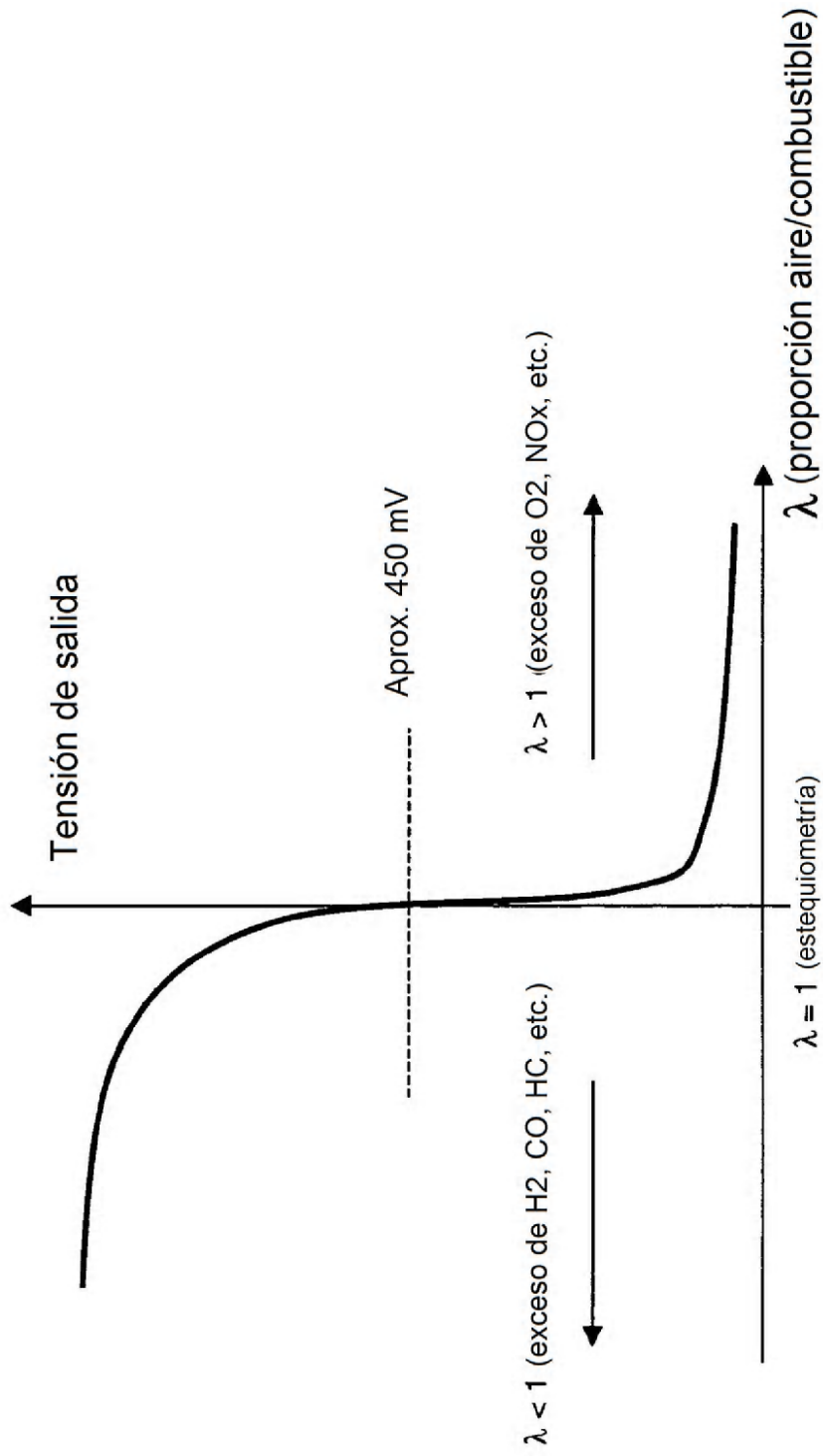


FIG. 5

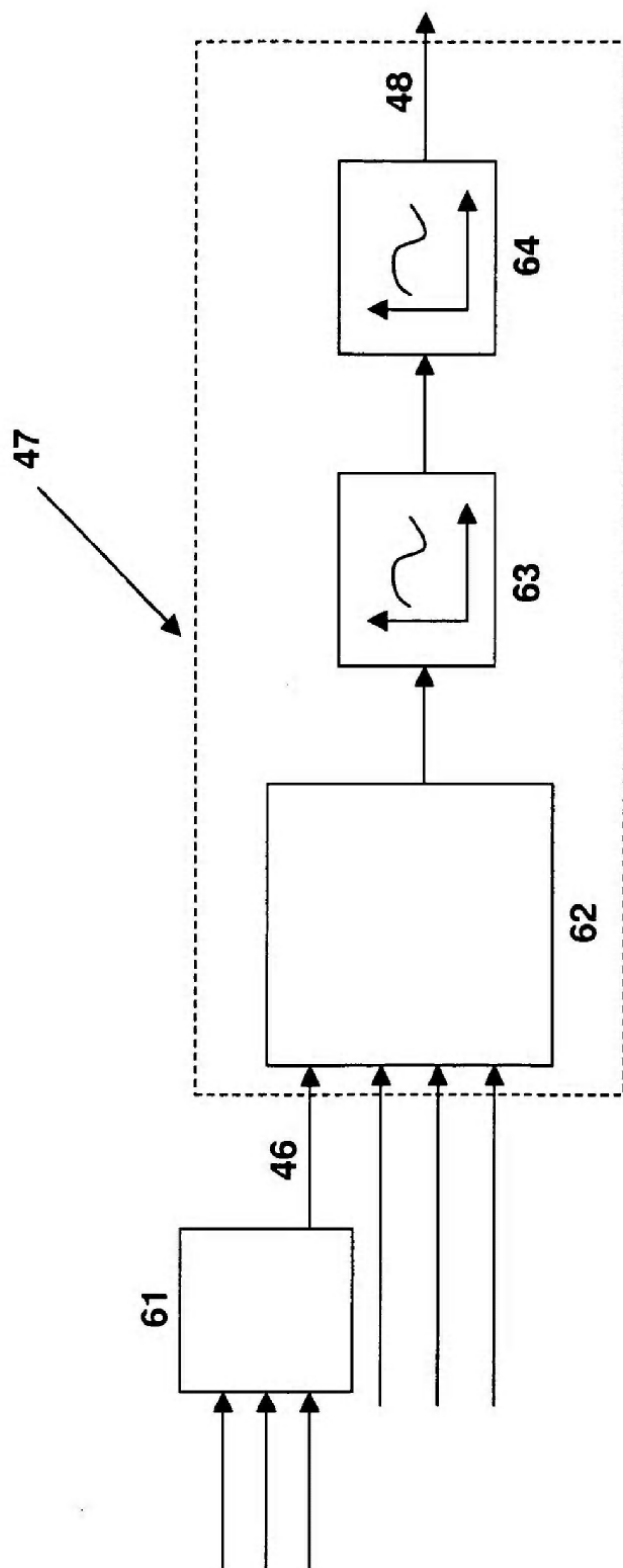


FIG. 6