

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 312**

51 Int. Cl.:

F23N 5/12 (2006.01)

F23N 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04023477 .5**

96 Fecha de presentación: **01.10.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1522790**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2005**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA REGULACIÓN DE UN QUEMADOR DE GAS,
PARTICULARMENTE EN INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN CON VENTILADOR.**

30 Prioridad:
08.10.2003 AT 15852003
30.03.2004 DE 102004015523
30.03.2004 DE 102004015432
30.03.2004 DE 102004015522
30.03.2004 DE 102004015520

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.03.2012

73 Titular/es:
VAILLANT GMBH
BERGHAUSER STRASSE 40
42859 REMSCHEID, DE

72 Inventor/es:
Altendorf, Frank;
Fassbender, Hubert;
Grüneberg, Richard;
Klepka, Michael;
Richter, Klaus;
Schmidt, Nicole y
Stirnberg, Bettina

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 376 312 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la regulación de un quemador de gas, particularmente en instalaciones de calefacción con ventilador

5 La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de un quemador de gas, particularmente en instalaciones de calefacción con ventilador.

10 En instalaciones de calefacción con ventilador de acuerdo con el estado de la técnica se adapta mediante una válvula de gas la cantidad de gas de combustión a la cantidad de aire. Para esto se mide el caudal másico de aire la mayoría de las veces mediante la caída de presión en un obturador y se controla la cantidad de gas de combustión mediante esta presión de control. Este procedimiento para la mezcla de gas de combustión y aire tiene la desventaja de que el exceso de aire puede variar debido a la composición cambiante del gas de combustión; por ello se pueden producir altas emisiones de contaminantes durante el funcionamiento y dificultades en el arranque.

15 Por el documento EP 770 824 B1 se sabe que la mezcla de gas de combustión-aire se puede regular midiendo la corriente de ionización, que depende del exceso de aire y que presenta su máximo con combustión estequiométrica, y pudiéndose modificar la mezcla dependiendo de la señal de corriente de ionización. En este caso existe el problema de que se tiene que medir de forma muy exacta una señal relativamente pequeña.

En un procedimiento para la regulación de la mezcla de gas de combustión-aire de acuerdo con el documento EP 833 106 se encuentra un detector de llama cerca de una placa de quemador. Mediante el aumento del exceso de aire se lleva a cabo una elevación de la llama, por lo que se da una medida general para el exceso de aire.

20 Asimismo se conoce un procedimiento en el que se mide la proporción de oxígeno en los gases de escape de un quemador de gas y la mezcla de gas de combustión-aire se regula de tal forma, que se obtiene una determinada proporción de oxígeno en los gases de escape. Un procedimiento de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento US 5 190 454. En este caso se tiene que señalar que la señal de medición solamente se modifica poco en el intervalo de trabajo y además prácticamente de forma lineal. Los sensores de oxígeno, que miden de forma precisa un exceso de oxígeno a lo largo de años, no pertenecen al estado de la técnica. Esto tiene como consecuencia que durante una medición de la proporción de oxígeno es necesaria una medición muy exacta y los sensores se tienen que cambiar de forma prematura.

30 En el documento EP 1 331 444 está descrito un procedimiento con el que mediante un sensor de monóxido de carbono se puede ajustar en la conducción de gases de escape de un aparato de calentamiento la proporción de gas de combustión-aire. Para un procedimiento de este tipo son adecuados sensores de gas de óxido de galio (Ga_2O_3), que trabajan dependiendo de la aplicación a una temperatura en el intervalo entre 400 y 800 °C. A este respecto, el elemento de sensor se calienta mediante un calentador aplicado en su lado posterior de forma eléctrica. Dependiendo de la magnitud de la temperatura, el sensor modifica su sensibilidad. Por tanto, se procura mantener la temperatura del sensor en la medida de lo posible en un valor (por ejemplo, 690 °C).

35 En el procedimiento para el ajuste de la proporción de gas de combustión-aire se enriquece la proporción de gas de combustión-aire hasta que se realice un aumento significativo de las emisiones medidas de monóxido de carbono y a continuación se empobrece de forma definida la mezcla. De este modo se determina un factor de corrección que sirve, durante el funcionamiento en todo el intervalo de modulación, para la corrección de la curva característica de gas de combustión-aire almacenada en el caso individual. Una ventaja del procedimiento es el menor consumo de potencia del ventilador, ya que se hace superflua la pérdida de presión para la medición del flujo volumétrico. De este modo se reducen también los ruidos del ventilador y se puede usar un ventilador más pequeño, por norma general, más económico. No es necesario diferenciar mediante diferentes piezas de construcción entre gas natural H, gas natural L y gas líquido; es suficiente una especificación convencional correspondiente para la regulación para que se pueda arrancar el quemador. La mezcla de gas de combustión-aire se puede enriquecer aumentando la cantidad de gas de combustión o reduciendo la cantidad de aire. Para el empobrecimiento de la mezcla se puede reducir la cantidad de gas de combustión o se puede aumentar la cantidad de aire. Se puede concebir que en el procedimiento se modifique la cantidad tanto de gas de combustión como de aire.

50 El procedimiento de calibración puede llevarse a cabo también fuera de los ciclos previstos, cuando existe una concentración inusualmente alta de monóxido de carbono o de hidrocarburos. De este modo es posible, por ejemplo, que poco después de una calibración debido a una adición de gas líquido-aire se modifique de forma significativa la proporción de gas de combustión-aire y se produzca una alta concentración de monóxido de carbono o de hidrocarburos en los gases de escape.

La invención tiene el objetivo de optimizar el procedimiento conocido por el documento EP 1 331 444 e integrar otras funciones.

55 De este modo, por el documento EP 1 331 444 no se sabe cómo se puede arrancar con mezclas desconocidas de gas de combustión-aire el quemador en primer lugar de forma segura una vez para que se pueda llevar a cabo el procedimiento de calibración. Además se desconoce cómo las oscilaciones de arranque automático se pueden reconocer y detener por el propio sistema sin el razonamiento de un ser humano. La modificación de los parámetros

generales durante el funcionamiento por calentamiento representa otro problema no resuelto hasta ahora.

También es deseable posibilitar determinadas características a lo largo del intervalo de modulación de carga. Particularmente con grandes diferencias entre la carga mínima y máxima del quemador pueden producirse en conducciones de gas delgadas largas grandes oscilaciones de presión de conexión. La presión relativamente alta que se produce por ello con la carga parcial conduce en el dispositivo combinado de gas-aire electrónico a una mezcla relativamente rica, mientras que la presión relativamente baja con la carga plena conduce a una mezcla relativamente pobre. También las tolerancias de piezas de construcción o particularmente las condiciones de instalación pueden conducir a un funcionamiento ya no óptimo en el borde del campo de funcionamiento/campo de tolerancia, tanto con carga nominal como con carga parcial.

- 5
- 10

En sistemas electrónicos de combinación gas-aire es habitual de acuerdo con el estado de la técnica reprogramar manualmente durante el cambio de la 2ª a la 3ª familia de gas, es decir, de gas natural a gas líquido o viceversa, adicionalmente al cambio de boquilla algunos parámetros introducidos en la electrónica del aparato.

- 15
- 20

El caudal másico de gas de combustión a través de una boquilla se determina mediante el corte transversal de la boquilla Q, la presión delante de la boquilla (presión de gas de combustión $p_{\text{gas de combustión}}$) y detrás, el factor de flujo de salida de la boquilla ψ , la densidad ρ y el exponente de procedimiento isentrópico κ del gas de combustión.

$$\dot{m} = \psi Q \sqrt{\frac{2K}{K-1} p_{\text{gas de combustión}} \rho_{\text{gas de combustión}} (\beta^{2/\kappa} - \beta^{(K+1)/\kappa})}$$

$$\beta = \frac{p_{\text{detrás de boquilla}}}{p_{\text{delante de boquilla}}}$$

- 25

Tabla 1: Diferencias entre metano y propano

	Poder calorífico	Densidad	Necesidad de aire mínima	Flujo volumétrico de gas de combustión por kW	Flujo volumétrico de aire por kW
	H_u	ρ	l_{min}	dV_L/dt	dV_B/dt
	kWh/m ³	kg/m ³	m ³ _L /m ³ _g	m ³ /h	m ³ /h
Metano CH ₄	9,968	0,7175	9,52	0,1003	0,9551
Propano C ₃ H ₈	25,893	2,0110	23,80	0,0386	0,9192

- 30

El gas natural está compuesto esencialmente de metano. El propano es un gas líquido típico. Por la Tabla 1 es evidente que un aparato de calentamiento no se puede cambiar sin modificaciones de gas natural a gas líquido o viceversa. Por unidad de carga se necesita aproximadamente la misma cantidad de aire, sin embargo, las corrientes de gas de combustión necesarias se diferencian considerablemente.

- 35

Por tanto, en la práctica con el uso de gas líquido se incluye adicionalmente un obturador de estrangulamiento en el recorrido del gas para reducir de forma correspondiente la corriente de gas de combustión. Ya que, sin embargo, por los motivos que se han mencionado anteriormente el comportamiento de flujo de salida de distintos gases es

diferente, se puede adaptar mediante una boquilla solamente en un punto de funcionamiento la proporción de gas de combustión-aire. Para el intervalo de modulación, es decir, el intervalo de la carga mínima a la máxima, se tiene que adaptar adicionalmente la proporción.

5 De acuerdo con el estado de la técnica, durante el reajuste de gas natural a gas líquido se tiene que introducir el dispositivo de estrangulamiento y se tienen que reprogramar adicionalmente parámetros en la electrónica. Si el instalador de la calefacción olvida la reprogramación, se pueden producir alteraciones del funcionamiento, al menos se tiene que contar con una combustión no higiénica. Por lo tanto, un objetivo de la invención es poder omitir el procedimiento manual de la reprogramación y garantizar a pesar de esto una combustión higiénica.

10 De acuerdo con las características de la reivindicación independiente pueden eliminarse alteraciones breves, por ejemplo, por la acción del viento.

También son ventajosas otras medidas no reivindicadas.

15 De esta forma se puede arrancar el quemador de gas independientemente de la calidad de gas existente, predefiniendo en la primera puesta en marcha para la regulación durante el primer intento de encendido un ajuste básico para la señal para la cantidad de gas de combustión y la cantidad de aire, que se corresponde en condiciones generales probables con una mezcla pobre, y, siempre que no se detecte una llama, enriqueciendo durante los siguientes intentos de encendido la mezcla de gas de combustión-aire hasta que se realice una detección de llama. Una llama existente es una condición básica para la realización del procedimiento de calibración.

20 Si, siempre que se detecte una llama como pronto durante el 3^{er} intento de encendido, se interrumpe de nuevo directamente el suministro de gas de combustión y el procedimiento comienza de nuevo con el ajuste básico, se puede evitar que los errores de la puesta en marcha –absolutamente habituales–, por ejemplo, un grifo de gas cerrado, conduzcan a estados de funcionamiento problemáticos. Se pueden evitar oscilaciones de combustión de arranque automático empobreciéndose o enriqueciéndose ligeramente la mezcla de gas de combustión-aire en el caso de que se midan después de la calibración altas emisiones de monóxido de carbono o hidrocarburos.

25 Un procedimiento de calibración puede realizarse después de un tiempo predefinido tras la puesta en marcha del quemador o al alcanzar una temperatura predefinida en el sistema. De este modo se compensa el efecto que está causado, por ejemplo, por el calentamiento de una cámara de presión negativa. Como temperatura puede servir en el presente documento, por ejemplo, la temperatura en la cámara de presión negativa, la temperatura de avance o la de retorno.

30 A la inversa puede ser necesaria después de un cierto tiempo de parada de nuevo una calibración. Como factores se consideran además: la proporción entre los tiempos de funcionamiento y parada, el contenido de agua del aparato, la temperatura externa, el tiro de la chimenea, el sistema de gases de escape, etc.

35 La curva característica que sirve como base para la regulación puede modificarse para la especificación de respectivamente una señal teórica para la cantidad de gas de combustión y la cantidad de aire para potencias predefinidas de quemador de forma definida de tal manera, que la mezcla de gas de combustión-aire se enriquezca y/o empobrezca de forma definida a lo largo del intervalo de modulación. De este modo se puede evitar, por ejemplo, un alto exceso de aire con una alta tasa de modulación para evitar una elevación de la llama.

40 La curva característica para la especificación de respectivamente una señal teórica para la cantidad de gas de combustión y para la cantidad de aire para potencias predefinidas de quemador puede adaptarse mediante varios procedimientos de calibración con diferentes cargas del quemador e iterarse, extra- o interpolarse para las otras cargas del quemador.

45 Para eliminar la acción del viento puede comenzarse, después de un arranque del aparato al superar un valor límite predefinido de la señal equivalente a la concentración de monóxido de carbono o la concentración de hidrocarburos no quemados, una detección de tiempo y para el caso en el que no se pase por debajo del valor límite en el intervalo de un periodo de tiempo predefinido, se puede empobrecer de forma permanente o temporal la mezcla de gas de combustión-aire y repetirse esta forma de proceder opcionalmente o comenzar un procedimiento de calibración.

Una calibración puede llevarse a cabo particularmente cuando en las condiciones generales que se han predefinido hasta ahora se presenten emisiones de contaminantes elevadas. Esto es particularmente el caso cuando la señal equivalente a la concentración de monóxido de carbono o la concentración de hidrocarburos no quemados supera un valor límite.

50 Durante el cambio de gas natural a gas líquido o viceversa se calibra el sistema con un control predefinido del ventilador y del dispositivo para la regulación de la cantidad de gas de combustión, el control del ventilador y del dispositivo para la regulación de la cantidad de gas de combustión se modifica en una medida predefinida y con un aumento significativo de la señal equivalente a la concentración de monóxido de carbono o hidrocarburos no quemados, que se mide mediante el sensor de gases de escape, la regulación proporciona la curva característica para la especificación de respectivamente una señal teórica para la cantidad de gas de combustión y la cantidad de
55 aire para potencias predefinidas de quemador con otro aumento predefinido.

Con un cambio del tipo de gas (gas natural - gas líquido), en al menos una posición predefinida de los medios para el ajuste del flujo volumétrico de aire de combustión, por ejemplo, unas revoluciones predefinidas del ventilador, y los medios para el ajuste del flujo volumétrico de gas de combustión, por ejemplo, una carrera de apertura determinada de una válvula de gas, se lleva a cabo fuera del punto de calibración una medición de una determinada concentración de gas en el recorrido de gases de escape del quemador de gas, por ejemplo, oxígeno o monóxido de carbono, y se compara el resultado de la medición con al menos un valor de referencia o al menos un valor de medición adicional. La regulación ajusta –basándose en los resultados de medición– la proporción del flujo volumétrico de gas de combustión al flujo volumétrico de aire de combustión mediante adaptación de la curva característica de gas de combustión-aire de forma correspondiente. Si se usa en el recorrido de los gases escape un sensor sensible a monóxido de carbono, se puede obtener de forma particularmente sencilla una señal evaluable. Mientras que un sensor de oxígeno mide con combustión prácticamente estequiométrica una señal lineal, un sensor de CO puede medir una señal exponencial.

Se usa una boquilla durante el cambio del funcionamiento con gas natural a gas líquido en la conducción de gas de combustión para ajustarse a las muy diferentes propiedades del gas y posibilitar controles idénticos para una especificación de carga.

El procedimiento puede llevarse a cabo después del accionamiento del conmutador principal eléctrico. De este modo se consigue que durante una primera puesta en marcha, sin embargo, también durante mantenimientos con un posible cambio de boquilla, se realice una adaptación automática.

La invención así como formas de realización que no pertenecen a la invención se explican a continuación mediante las Figuras 1 a 8. Se muestra:

En la Figura 1, una instalación de calefacción para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención,

En la Figura 2, la relación entre el exceso de aire y la emisión de monóxido de carbono,

En la Figura 3, curvas características en las que está representada la proporción entre las revoluciones del ventilador y el número de pasos del motor paso a paso de la válvula de gas,

En la Figura 4, razones de aire sobre la carga para las curvas características de la Figura 3,

En la Figura 5, curvas características con respecto a la proporción entre las revoluciones del ventilador y el número de pasos del motor paso a paso de la válvula de gas de acuerdo con una configuración ventajosa,

En la Figura 6, durante el funcionamiento estacionario, el recorrido de las emisiones medidas de monóxido de carbono, con una brusca acción del viento y la medida de compensación,

En la Figura 7, durante el arranque y la acción del viento, el efecto de la medida de compensación y

En la Figura 8 respectivamente una para el ajuste de la proporción gas de combustión-aire para gas natural y gas líquido.

Una instalación de calefacción de acuerdo con la Figura 1 dispone de un quemador 1 con un intercambiador de calor 10 que rodea el mismo, al que se conecta un tubo de gases de escape 9, en el que se encuentra un sensor de gases de escape 6. Al quemador 1 está preconectado un ventilador 2. En el lado de entrada del ventilador 2 se encuentra una conducción de aspiración de aire 13, a la llega también una conducción de gas de combustión 12, que está separada mediante una válvula de gas 4 del suministro de gas de combustión 11. En la conducción de gas de combustión se encuentra opcionalmente para el funcionamiento con gas líquido un dispositivo de estrangulamiento 17. La válvula de gas 4 dispone de un accionamiento de ajuste 5. El ventilador 2 dispone de un motor de accionamiento 7 con detección de revoluciones 8. El accionamiento de ajuste 5, motor de accionamiento 7, detección de revoluciones 8 y el sensor de gases de escape 6 están unidos con una regulación 3, que dispone de un módulo de memoria 31 y un módulo de cálculo 32. Un electrodo de ionización 14, que está colocado justo por encima del quemador 1, está unido asimismo con la regulación.

Durante el funcionamiento del quemador se calcula por la regulación 3, por ejemplo, debido a un termostato de local no representado junto con una detección de temperatura de avance asimismo tampoco representada en el módulo de cálculo 32, una potencia teórica del quemador 1. En el módulo de memoria 31 está almacenada para la potencia teórica una señal teórica para la cantidad de gas de combustión y aire. Con estas señales teóricas se controla el ventilador 2 con su motor de accionamiento 7 y su detección de revoluciones así como la válvula de gas 4 con su accionamiento de ajuste 5, por lo que fluye una mezcla de gas de combustión-aire al ventilador 2 y desde ahí, al quemador 1. La mezcla se quema en la superficie externa del quemador 1, fluye a través del intercambiador de calor 10 y fluye a continuación al exterior a través del tubo de gases de escape 9.

La Figura 2 muestra la relación entre la concentración de monóxido de carbono y la proporción de aire de combustión λ . Para conseguir una combustión completa es necesaria en teoría una proporción de aire de

combustión λ de 1,0.

$$\lambda = \frac{m_L}{m_{L,\min}}$$

5 En este caso, m_L es la cantidad de aire real y $m_{L,\min}$, la cantidad de aire estequiométrica. Durante la combustión de hidrocarburos hasta dar dióxido de carbono se produce siempre monóxido de carbono como producto intermedio. Debido al tiempo de reacción limitado en la zona influida térmicamente y una mezcla insuficiente de gas de combustión y aire, sin embargo, en la práctica es necesario un cierto exceso de aire para garantizar una combustión completa. Por tanto, por norma general, con una combustión ligeramente por encima de la estequiométrica se tiene un valor de CO de mucho más de 1000 ppm. Solamente con un exceso de aire de aproximadamente el 10 % disminuyen claramente las emisiones de monóxido de carbono en los gases de escape que han reaccionado y alcanzan en quemadores habituales valores por debajo de 100 ppm. Sin embargo, con el aumento de la razón de aire –debido a la proporción de gases inertes– cae la temperatura de combustión; la reacción de combustión se ralentiza y se produce una interrupción de la reacción en el intercambiador de calor. Por tanto, a partir de un exceso de aire de aproximadamente el 80 % se tiene que señalar un claro aumento de las emisiones de monóxido de carbono.

15 Ya que con una combustión estequiométrica (en teoría) se quema todo el material combustible y no existe ningún exceso de aire, en este caso la temperatura de combustión es máxima. Con un exceso de aire aumenta la proporción de los gases inertes, por lo que disminuye la temperatura de combustión. Esto tiene como consecuencia que las emisiones de óxido de nitrógeno con la combustión estequiométrica son máximas y disminuyen con aumento del exceso de aire. También el grado de eficacia de una instalación de calefacción es máximo con una combustión estequiométrica y disminuye con aumento del exceso de aire, ya que los gases inertes recogen las pérdidas de calor y el tiempo de permanencia de los gases de escape en el intercambiador de calor disminuye debido al caudal aumentado, lo que no se compensa tampoco por la transmisión de calor mejorada. Sin embargo, se tiene que tener en cuenta que se puede producir una formación de hollín tanto con una combustión prácticamente estequiométrica como con excesos de aire muy grandes; esto empeora la transmisión de calor en el intercambiador de calor.

25 Los hechos que se han mencionado anteriormente tienen como consecuencia que los quemadores de gas se hacen funcionar preferentemente con un exceso de aire definido. Por tanto, en el ejemplo de realización se parte de una razón de aire teórica de aproximadamente 1,25. En la Figura 2, esto se corresponde con el punto D, que se encuentra en un intervalo teórico C.

Durante la combustión se cumple:

$$\dot{V}_{\text{aire}} = I_{\min} * \lambda * \dot{V}_{\text{gas de combustión}}$$

30 En este caso, I_{\min} es la necesidad de aire mínima. Ya que en un sistema de quemador real la proporción de gas de combustión a aire no tiene que ser constante a lo largo de todo el intervalo de modulación, se obtiene una relación de dependencia

$$\dot{m}_{\text{aire}} = f(P) * \dot{m}_{\text{gas de combustión}}$$

35 $f(P)$ es en este caso la función de proporción dependiente de la potencia, que es prácticamente lineal, entre el gas de combustión y el aire.

40 Durante la primera puesta en marcha, el gas de combustión y la pérdida de presión en toda la instalación de calefacción son desconocidos. La mezcla de gas de combustión-aire, que se ajusta, por tanto, con un ajuste básico predefinido para el ventilador 2 y la válvula de gas 4, por tanto, puede ser muy diferente. Si la mezcla es demasiado pobre, entonces no se realiza en un procedimiento de arranque ningún encendido del quemador, lo mismo se cumple para una mezcla demasiado rica. Las mezclas pobres con capacidad de encendido tienden a la elevación de la llama del quemador, por lo que el electrodo de ionización 14 no puede detectar ninguna llama. En mezclas grasas con capacidad de encendido puede producirse un ruido de encendido sonoro y una deflagración.

45 Por tanto, durante la primera puesta en marcha se lleva a cabo un primer procedimiento de arranque con un ajuste básico, que se corresponde en condiciones generales probables con una mezcla pobre. Si este procedimiento de arranque no conduce a una detección de una llama mediante el electrodo de ionización 14, se interrumpe el procedimiento de arranque. Después de una fase de lavado mediante el ventilador 2 se lleva a cabo un nuevo procedimiento de arranque con una mezcla más rica. Esto se puede conseguir abriéndose adicionalmente la válvula de gas 4 o disminuyéndose las revoluciones del ventilador 2. Esta forma de proceder se puede repetir hasta que se reconozca una llama.

5 Durante la primera instalación de un aparato de calentamiento puede ocurrir que el instalador olvide la apertura del grifo de gas y abra el grifo de gas solamente después de los primeros intentos de arranque sin éxito. Por ello es posible que el quemador se haga funcionar entonces con emisiones tan altas en el intervalo prácticamente estequiométrico o por debajo de lo estequiométrico, que ya no se pueda llevar a cabo el procedimiento de calibración. Por tanto, siempre que se detecte una llama solamente en el 3^{er} intento de encendido o en uno posterior, la llama se extingue de nuevo inmediatamente (cierre de la válvula de gas) y se comienza el siguiente intento de arranque de nuevo con la proporción original de gas de combustión-aire. De este modo está asegurado que el grifo de gas esté abierto. Si se realiza ahora una detección de llama de nuevo en un intento de encendido avanzado, entonces se puede partir de que no existe ninguna mezcla sobre-enriquecida. Rntonces ya no se produce una
10 extinción inmediata de la llama.

Después del encendido exitoso sigue un tiempo de funcionamiento corto, en el que la llama arde con condiciones de funcionamiento no modificadas para que se produzca un estado estacionario del aparato de calentamiento y se pueda estabilizar la llama. Después de esta fase comienza la calibración de la proporción de gas de combustión-aire.

15 Al comienzo de la calibración existe una proporción aleatoria de gas de combustión-aire. La regulación 3 controla de forma continua el accionamiento de ajuste 5 de la válvula de gas 4 de tal forma, que siempre alcanza más gas de combustión con la misma cantidad de aire el ventilador 2. De este modo se enriquece la mezcla; la razón de aire disminuye. El sensor de gases de escape 6 mide la emisión de monóxido de carbono en el tubo de gases de escape 9 y transmite la señal a la regulación 3. Si la regulación 3 registra que la emisión de monóxido de carbono ha
20 superado un valor umbral predefinido en el módulo de memoria 31 de 500 ppm (punto A en la Figura 2), entonces no se sigue enriqueciendo la mezcla. Se sabe que tales emisiones de monóxido de carbono se alcanzan con una razón de aire de aproximadamente 1,08. La regulación 3 conoce ahora las revoluciones del ventilador 2 por el sensor de revoluciones 8 del motor de accionamiento 7 y la posición de la válvula de gas 4 (por ejemplo, mediante la sincronización del accionamiento de ajuste 5 en forma de la modulación de duración de impulsos). Estos datos se
25 introducen en el módulo de memoria 31. Mediante la comparación de estos datos con valores de referencia introducidos asimismo en el módulo de memoria 31 se fija en el módulo de cálculo 32 un factor de corrección k. Los valores de referencia se corresponden con el ajuste con un valor de corrección k = 1.

El valor de corrección k se puede calcular, por ejemplo, de acuerdo con

$$k = \frac{f(\text{señal de impulso}_{\text{real}})}{f(\text{señal de impulso}_{\text{referencia}})}$$

30 La señal de impulso_{real} se corresponde en este caso con el número de pasos del motor paso a paso. El valor de corrección se introduce en el módulo de memoria 31. Durante arranques futuros del sistema de quemador se modifica en las condiciones de arranque (revoluciones del ventilador 2 y posición de la válvula de gas 4) el ajuste convencional con el factor de corrección para poder comenzar de forma optimizada un arranque del quemador. Si no se produce ninguna detección de llama con este ajuste, se puede continuar enriqueciendo la mezcla en otros
35 intentos de arranque.

Para el funcionamiento de calentamiento se obtiene que la regulación 3 determina en el funcionamiento dependiendo de las necesidades que sigue al arranque del quemador la proporción de gas de combustión-aire de acuerdo con la relación

$$\dot{m}_{\text{aire}}(P) = f(P) * \dot{m}_{\text{gas de combustión}}(P) * k$$

40 En el módulo de memoria 31 de la regulación 3 está introducida una curva característica básica a de acuerdo con la Figura 3. La curva característica básica a define la proporción de las revoluciones del ventilador al número de paso del motor paso a paso 5 de la válvula de gas 4 en condiciones de referencia. De forma correspondiente a esto, la regulación 3 predefine para el ventilador unas determinadas revoluciones y para el motor paso a paso 5 una posición de paso corregida con el factor de corrección k a partir de la curva característica básica a.

45 Si está determinado el valor de corrección, se puede ajustar la razón de aire teórica. Para alcanzar la razón de aire teórica de 1,25 tiene que aumentarse, de acuerdo con las condiciones que se han mencionado anteriormente, la razón de aire en 0,17.

Por los valores de referencia se sabe en cuánta sincronización del accionamiento de ajuste 5 en forma de la modulación de duración de impulsos se tiene que reducir el flujo volumétrico de gas para alcanzar una razón de aire
50 de aproximadamente 1,25.

- Debido al intervalo teórico (C en la Figura 2) relativamente grande, la medición y la regulación no tienen que cumplir una determinada exactitud. De este modo no es problemático cuando se miden, por ejemplo, en lugar de 500 ppm, 700 ppm, ya que la diferencia es mínima con un exceso de aire para las dos emisiones de monóxido de carbono. También el empobrecimiento de la mezcla puede realizarse en una banda de tolerancia relativamente grande. Se sabe que los quemadores disponibles en el mercado, que se hacen funcionar con λ 1,25, se pueden hacer funcionar sin problemas en un intervalo entre 1,20 y 1,30. A su vez es posible de forma muy sencilla empobrecer la mezcla de tal forma que se controle con una seguridad suficiente este intervalo.
- La calibración puede llevarse a cabo en ciclos (por ejemplo, tiempo de funcionamiento) fijos.
- Posiblemente aparecen durante el funcionamiento con la proporción de gas de combustión-aire, que se ajusta mediante la calibración, oscilaciones de combustión acústicas, la mayoría de las veces zumbidos o pitidos. Estas están asociadas por norma general a un aumento de las emisiones de monóxido de carbono. Mediante una modificación de la proporción de gas de combustión-aire se pueden eliminar estos ruidos. Si se produce inmediatamente después de una calibración una concentración de CO aumentada en los gases de escape, se enriquece o empobrece ligeramente la mezcla (normalmente $\lambda \pm 0,2$).
- Los aparatos de calentamiento disponen con frecuencia de una cámara de presión negativa, en la que se encuentran los componentes. El aire de combustión se aspira del entorno y se conduce a través de la cámara de presión negativa antes de que se suministre al quemador. De este modo se recogen las pérdidas de calor de los componentes en el interior de la cámara de presión negativa y permanecen en el sistema. Sin embargo, esto tiene como consecuencia que después de un arranque de un aparato de calentamiento frío se calienta el aire en la cámara de presión negativa; la densidad del aire y, por tanto, la masa de aire transportada por el ventilador con las mismas revoluciones disminuyen, mientras que la temperatura y la masa de gas se modifican solamente de forma no esencial. De este modo disminuye durante la combustión la razón de aire. En un dispositivo combinado electrónico de gas-aire, la influencia de este efecto de calentamiento es considerablemente mayor que en un dispositivo combinado neumático de gas-aire, ya que no existe ninguna relación directa entre la señal de presión dinámica y la cantidad de gas. Esto puede conducir a desviaciones de razón de aire de hasta el 20 %. Consecuencia: la combustión entonces ya no se realiza en el intervalo óptimo. Por tanto, se puede llevar a cabo opcionalmente el procedimiento de calibración cuando la cámara de presión negativa presenta una temperatura elevada.
- Puede suceder que, por ejemplo, debido a la adición de gas líquido-aire en invierno se modifique en el intervalo de minutos la proporción de gas de combustión-aire. Una combustión sucia no se corregiría, eventualmente ni incluso se tendría en cuenta, hasta la siguiente calibración rutinaria, ya que en el momento de la siguiente calibración existiría de nuevo la mezcla original. Para evitar esto, el sensor de gases de escape 6 mide también fuera de la calibración rutinaria a intervalos determinados o incluso de forma permanente la emisión de monóxido de carbono en el tubo de gases de escape 9. Si se ha superado un determinado valor límite (punto B en la Figura 2), la regulación 3 comienza una calibración.
- Puede ser ventajoso que la razón de aire tenga a lo largo del intervalo de modulación una determinada tendencia. La Figura 3 muestra tres curvas características a, b y c, que definen la proporción de las revoluciones del ventilador 2 al número de paso del accionamiento de ajuste 5 de la válvula de gas 4. La Figura 4 muestra los desarrollos correspondientes de la razón de aire sobre la carga.
- La Figura 5 muestra tres curvas características d, e y f, que definen la proporción de las revoluciones del ventilador 2 al número de paso del accionamiento de ajuste 5 de la válvula de gas 4. Para la producción de la curva característica d se hizo funcionar el aparato de calentamiento durante la calibración con un único número determinado de revoluciones del ventilador y a partir de esto se determinó el punto de calibración A. El punto de calibración A se compara con un punto de referencia correspondiente en la curva característica básica a (Figura 3) y a partir de esto se determina el factor de corrección k. Con ayuda del factor de corrección k se puede determinar a partir de la curva característica básica a la curva característica adaptada d.
- La curva característica e se basa en la curva característica d y tiene en cuenta otros procedimientos de calibración, en los que se determinaron los puntos de calibración D y E. En un procedimiento de iteración o extrapolación se determina a partir de la curva característica d así como los puntos de calibración D y E la curva característica e. Lo análogo se cumple para la curva característica f con los puntos de calibración B y C.
- Es posible producir una curva característica solamente con un procedimiento de calibración y llevar a cabo otros procedimientos de calibración sólo cuando evidentemente existen condiciones no adecuadas de combustión (altas emisiones de monóxido de carbono o hidrocarburos). Como alternativa es posible tener en cuenta en cualquier caso durante la calibración varios puntos de calibración.
- La Figura 6 muestra en el funcionamiento estacionario el desarrollo de las emisiones de monóxido de carbono medidas con una brusca acción del viento y la medida de compensación. En primer lugar, el aparato marcha por debajo del valor límite G_1 . Mediante una exposición a viento del sistema de gases de escape-aire se aumenta la resistencia al flujo; la razón de aire disminuye de forma significativa y las emisiones de monóxido de carbono

aumentan de forma significativa hasta que superan en el momento t_1 el valor límite G_1 . Ahora empieza a correr una detección de tiempo. En un momento t_2 se supera el valor límite G_2 predefinido. Si la diferencia de tiempo t_2-t_1 es menor que un periodo de tiempo predefinido Δt_v , entonces se empobrece la mezcla de gas de combustión-aire. De este modo disminuyen las emisiones de monóxido de carbono. Si el valor de medición de CO cae por debajo del valor límite G_1 y el valor de medición de CO aumenta después de nuevo, entonces esto se puede deber a que ya no existe la acción del viento y, por tanto, la mezcla de gas de combustión-aire es demasiado pobre, lo que puede tener como consecuencia asimismo altas emisiones de CO. De forma correspondiente tiene que estar introducida una información en el módulo de memoria 31, que diga que ha tenido lugar un empobrecimiento. Conociendo este hecho puede estar previsto que en lugar de un empobrecimiento se realice un enriquecimiento.

En un modo de funcionamiento de este tipo es razonable que se eleve el límite inferior de modulación, ya que de lo contrario podrían aparecer cargas de quemador muy pequeñas, a las que no está asegurado un funcionamiento estable del quemador.

La Figura 7 muestra durante el arranque del quemador el desarrollo de las emisiones de monóxido de carbono medidas durante la acción del viento y la medida de compensación. Si se supera un valor límite G_3 predefinido, se empobrece la mezcla de gas de combustión-aire y se espera un tiempo de espera Δt_{12} . Si el valor de medición de CO sigue siendo mayor que G_3 , entonces se vuelve a empobrecer de nuevo la mezcla de gas de combustión-aire. Este procedimiento se puede repetir varias veces. Si el valor de medición de CO cae por debajo del valor límite G_3 y el valor de medición de CO vuelve a aumentar después, entonces puede ser razonable también en este caso por los motivos que se han mencionado anteriormente un enriquecimiento.

La Figura 8 muestra una curva característica para gas líquido C_3H_8 mediante el uso del dispositivo de estrangulamiento 17 adicional y una curva característica para gas natural CH_4 .

En la comparación entre gases naturales y gases líquidos, con la misma potencia de aparato los flujos volumétricos de gas son diferentes en el factor 2,6. Por tanto se instala en el suministro de gas de combustión 11 o conducción de gas de combustión 12 delante o detrás de la válvula de gas 4 un elemento de estrangulamiento 17. De este modo se consigue que con la máxima potencia del aparato el número de paso del accionamiento de ajuste 5 de la válvula de gas 4 sea el mismo que durante el funcionamiento con gas natural, a pesar de los bajos flujos volumétricos.

A lo largo de la anchura de banda de modulación, sin embargo, la curva característica de gas líquido se diferencia de la curva característica de gas natural. Se reconoce que la curva característica de gas líquido tiene un recorrido considerablemente más plano que la curva característica de gas natural. Esto conduce en sistemas de acuerdo con el estado de la técnica a que se tiene que "comunicar" al aparato con qué tipo de gas se hace funcionar. Este ajuste se realiza en la mayoría de las veces mediante teclas en la regulación 3.

Frente a esto tiene que instalarse solamente el elemento de estrangulamiento 17 que se ha mencionado anteriormente, que sirve para que en el punto de carga plena, independientemente de si es gas natural o líquido, esté presente la proporción de mezcla correcta.

El aparato de calentamiento se hace funcionar con carga plena. Después se reduce la potencia ajustando las revoluciones del ventilador y el número de paso del accionamiento de ajuste 5 de forma correspondiente a la curva característica de gas natural. Si se hace funcionar el aparato de calentamiento con gas líquido, entonces se sobre-enriquece la mezcla de gas de combustión-aire, ya que el aparato de calentamiento con gas líquido tendría que hacerse funcionar de acuerdo con la curva característica de gas líquido, es decir, el aparato de calentamiento con una apertura menor de la válvula de gas 4. Ya que con una combustión prácticamente estequiométrica el contenido de CO en los gases de escape aumenta de forma brusca y este aumento se detecta por el sensor de CO 6, la regulación 3, que recibe la señal del sensor de CO 6 de forma transmitida, tiene que cambiar de la curva característica de gas natural a la curva característica de gas líquido.

Ya que tanto con gas natural como con gas líquido hay diferencias en la composición, puede llevarse a cabo también un ajuste fino. Para esto se ajusta con unas revoluciones predefinidas del ventilador la válvula de gas 4 – partiendo de una mezcla pobre– en dirección a una mezcla más rica hasta que se ajuste una determinada emisión de monóxido de carbono. Lo mismo se lleva a cabo con otras revoluciones del ventilador. Los dos ajustes que se producen de este modo son significativos para el tipo de gas. De este modo se puede ajustar el aparato de forma individual a la composición de gas de combustión, reduciéndose para el punto de funcionamiento teórico la cantidad de gas de combustión, por ejemplo, con respecto a los puntos de referencia determinados, en el 20 % e interpolándose la curva característica de modulación a lo largo de esto dos puntos de funcionamiento teóricos.

De este modo, en principio también es posible omitir completamente la boquilla para el funcionamiento con gas líquido. En el procedimiento para el cambio de gas líquido a gas natural sin boquilla de estrangulamiento 17, sin embargo, se tiene que tener en cuenta que temporalmente la composición de la mezcla de gas de combustión-aire se podría encontrar fuera del intervalo de encendido y se podría producir posiblemente al sobrepasar el límite de encendido una deflagración. Por tanto, serían recomendables tiempos de pausa con pausas de lavado con aire puras.

Además, se tiene que tener en cuenta que con la combustión tanto prácticamente estequiométrica como muy por

encima de lo estequiométrico se produce un fuerte aumento de las emisiones de monóxido de carbono. Para reconocer si la combustión actual es prácticamente estequiométrica o muy por encima de la estequiométrica se puede modificar la proporción de gas de combustión-aire. Si la combustión está muy por encima del estequiométrico y se enriquece la mezcla, entonces disminuyen las emisiones de monóxido de carbono; con una combustión
 5 prácticamente estequiométrica volverían a aumentar las emisiones de monóxido de carbono.

Opcionalmente, durante la calibración para la modificación de la mezcla en dirección a una composición más rica en combustible en lugar de un aumento de la cantidad de gas de combustión también se puede reducir la cantidad de aire, mientras que la cantidad de gas permanece constante. También se puede medir el lugar de una señal absoluta de monóxido de carbono un gradiente (por ejemplo, modificación de CO por modificación de revoluciones del ventilador). El valor umbral no tiene que corresponderse con una señal equivalente a CO determinada, sino que
 10 puede determinarse también, por ejemplo, de acuerdo con ruidos básicos sin CO (por ejemplo, 20 mV) más valor de desconexión (por ejemplo, 0,5 V). En este caso se supondría que la señal de medición con concentraciones de monóxido de carbono en el intervalo de funcionamiento deseado se encuentra claramente por debajo de este valor umbral y el valor umbral es un índice de que se ha pasado por debajo de una proporción determinada de gas de
 15 combustión-aire en dirección a una mezcla más rica en combustible.

Una variante adicional del procedimiento consiste en que la calibración no tenga lugar mediante un enriquecimiento de la mezcla hasta un valor umbral y empobrecimiento posterior, sino más bien mediante un empobrecimiento de la mezcla hasta un valor umbral y enriquecimiento posterior. En este caso se tiene en cuenta que –como se puede observar en la Figura 2– también aumentan las emisiones de monóxido de carbono con mezclas muy pobres en
 20 combustible. Mientras que el aumento de monóxido de carbono con mezclas ricas en combustible el comienzo del aumento empinado se encuentra en prácticamente todos los quemadores en el mismo intervalo de λ , el aumento empinado de las mezclas pobres en combustibles es muy específico del quemador. Esto se cumple tanto para el comienzo del aumento como para el gradiente ($\Delta\text{CO} / \Delta \lambda$).

Además, se sabe que en los gases de escape las emisiones de hidrocarburos no quemados se comportan del mismo modo que las emisiones de monóxido de carbono. Por tanto, se puede usar en el procedimiento de acuerdo
 25 con la invención también un sensor que genere una señal equivalente a los hidrocarburos no quemados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de un quemador de gas (1), particularmente con ventilador (2), con una regulación electrónica (3), que para una potencia predefinida de quemador predefine una señal teórica para la cantidad de gas de combustión y la cantidad de aire, un dispositivo para la regulación de la cantidad de gas de combustión (4, 5) y un sensor de gases de escape (6), que genera una señal equivalente a la concentración de monóxido de carbono o la concentración de hidrocarburos no quemados, con el que se lleva a cabo un procedimiento de calibración, enriqueciendo o empobreciendo la mezcla de gas de combustión-aire hasta que el sensor de gases de escape (6) detecte una señal que, en solitario o en combinación con al menos una señal adicional, se corresponde con un valor umbral predefinido o calculado, para este estado se detecta la señal para la cantidad de gas de combustión y la cantidad de aire y a continuación de nuevo se empobrece o enriquece la mezcla de gas de combustión-aire en una proporción predefinida, con lo cual se predefinen nuevos valores teóricos para la cantidad de gas de combustión y la cantidad de aire, comenzándose fuera de un procedimiento de calibración una detección de tiempo al superar un primer valor límite predefinido de la señal equivalente a la concentración de monóxido de carbono o la concentración de hidrocarburos no quemados, **caracterizado porque** al superar un segundo valor límite predefinido de la señal equivalente a la concentración de monóxido de carbono o la concentración de hidrocarburos no quemados en el intervalo de un periodo de tiempo predefinido se empobrece de forma permanente o temporal la mezcla de gas de combustión-aire o se comienza un procedimiento de calibración.

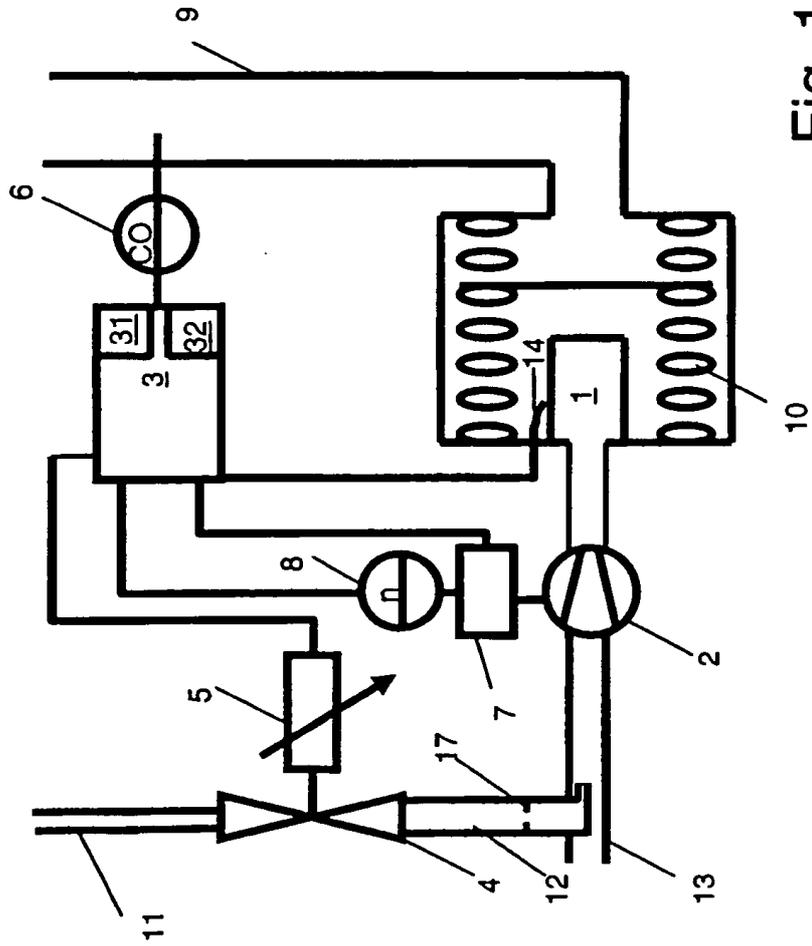


Fig. 1

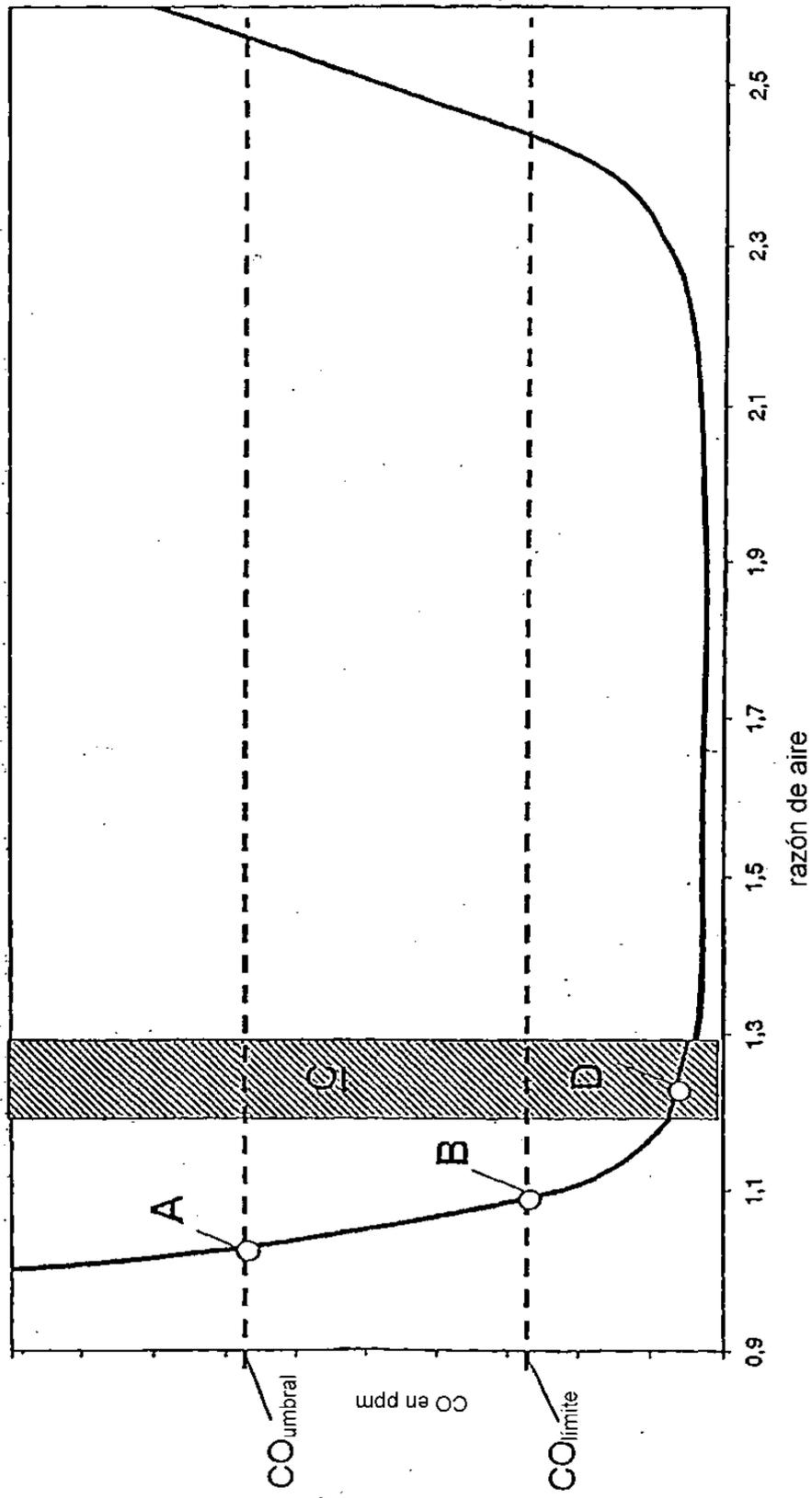


Fig. 2

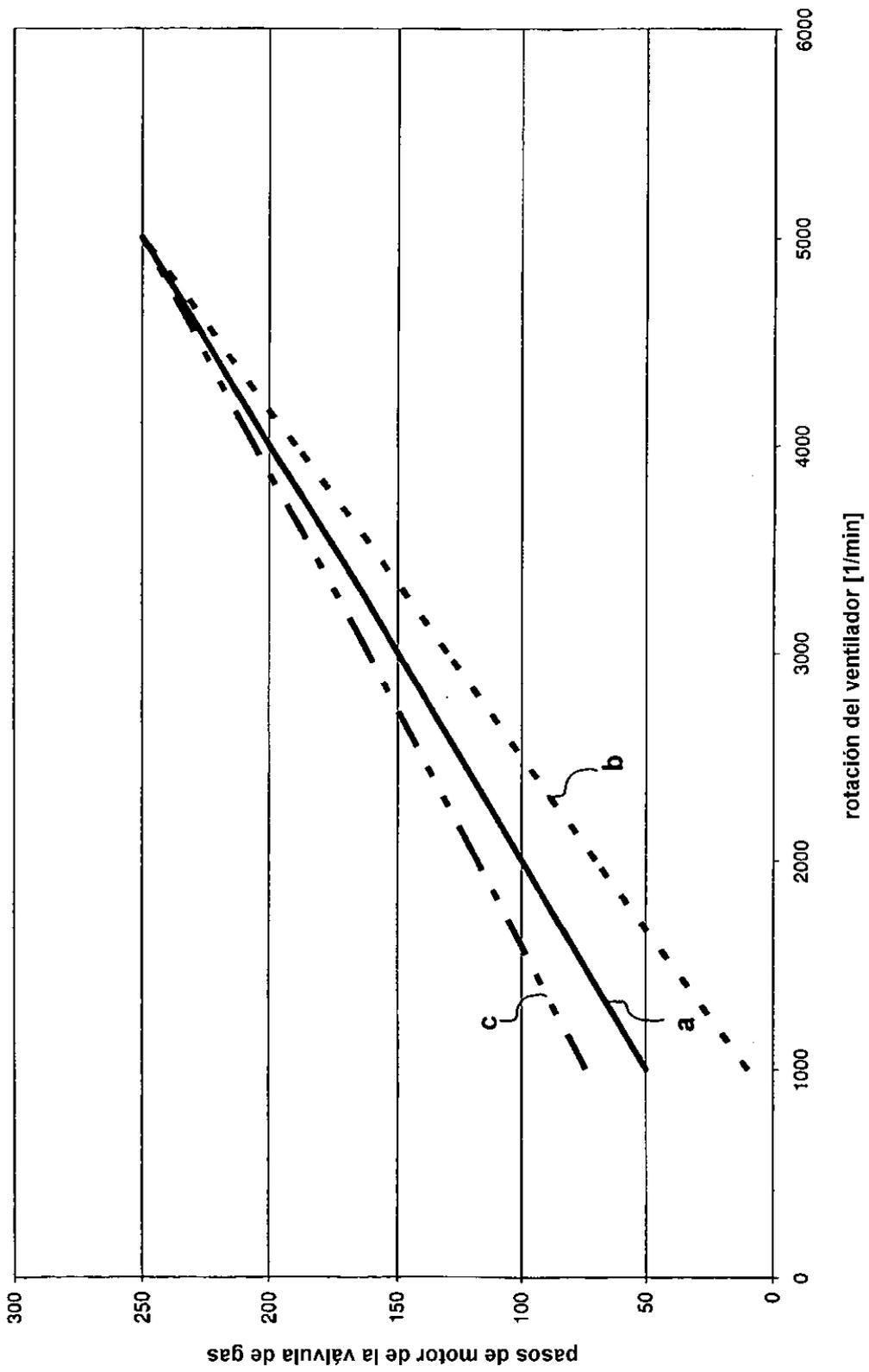


Fig. 3

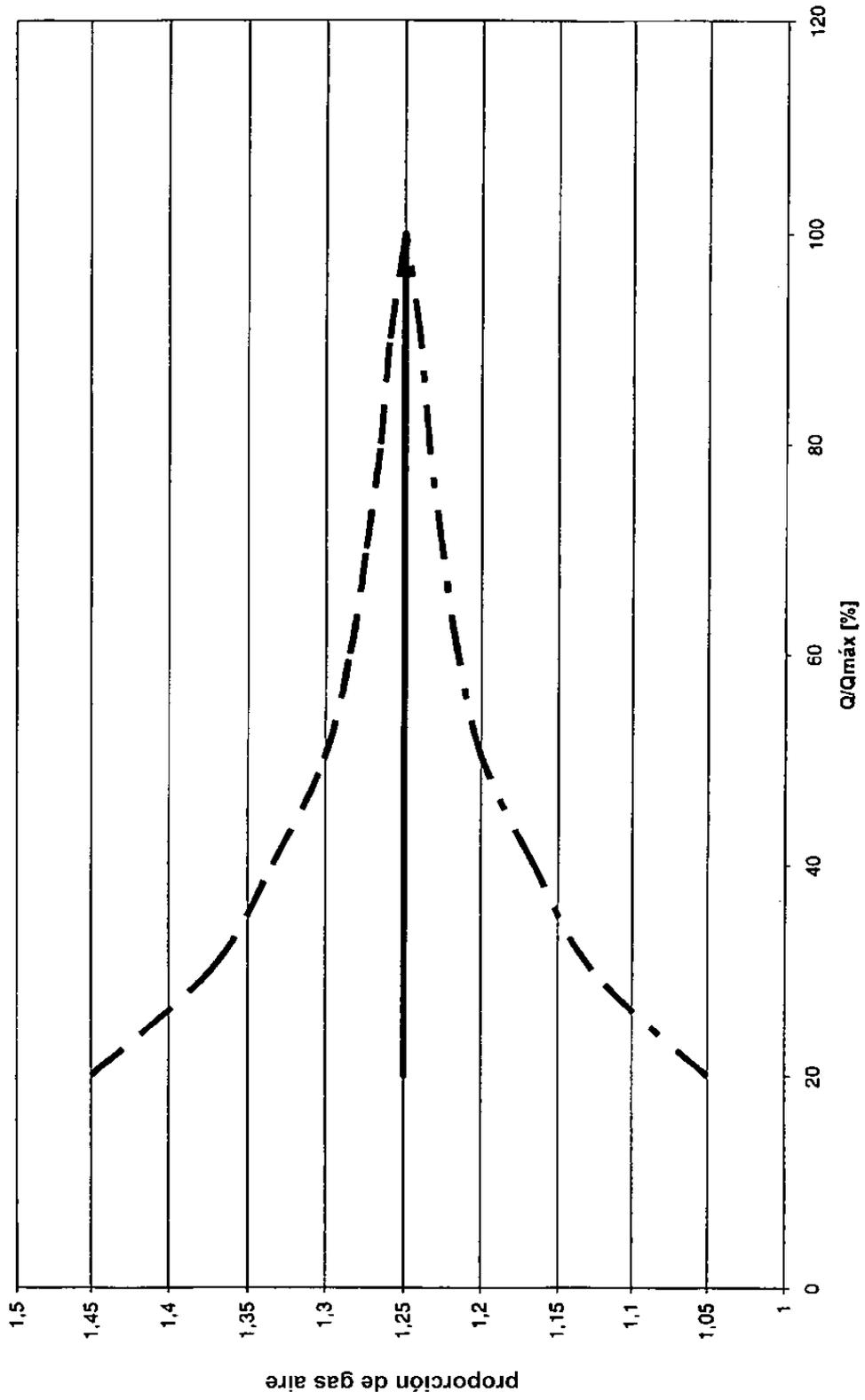


Fig. 4

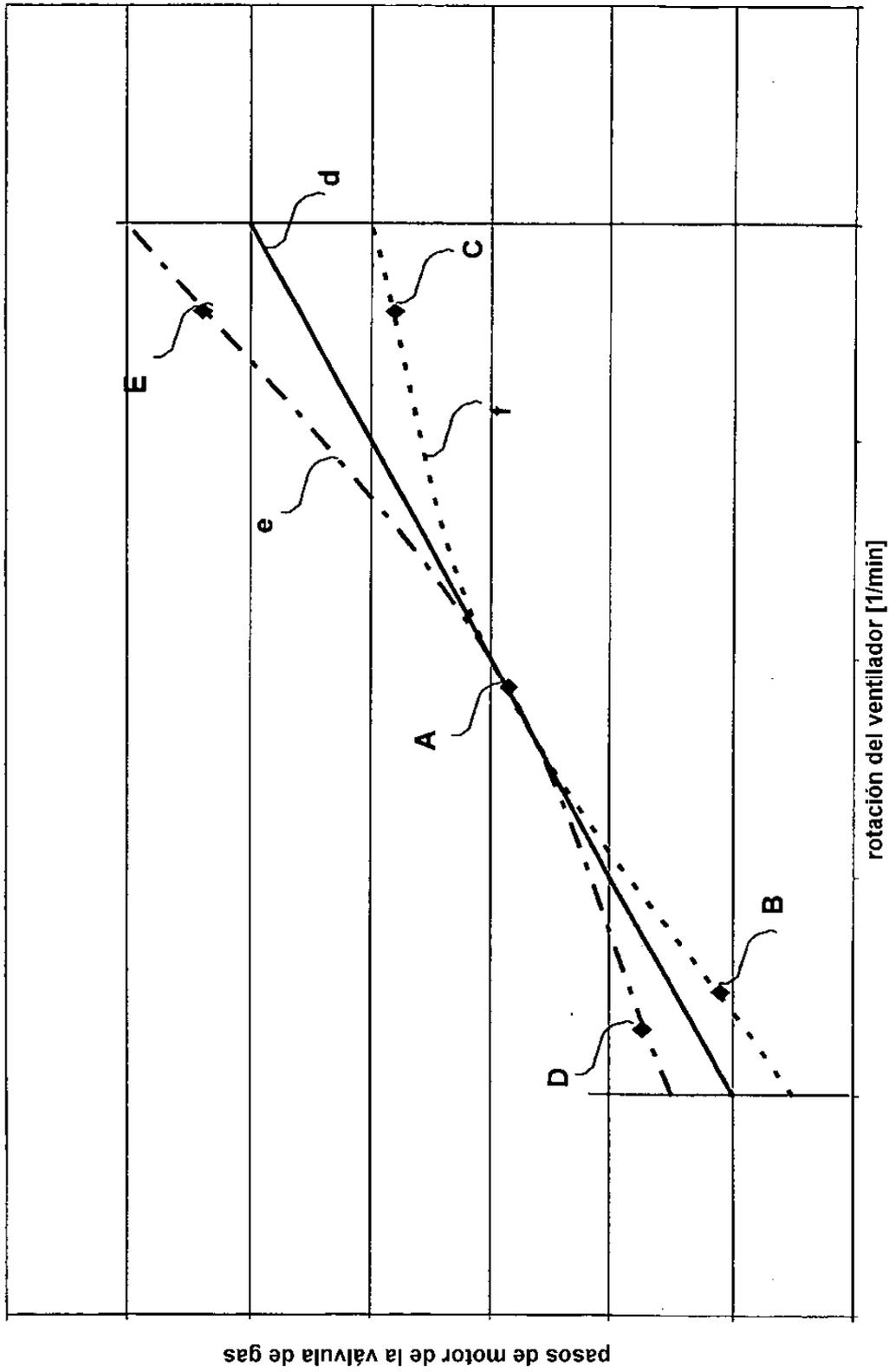


Fig. 5

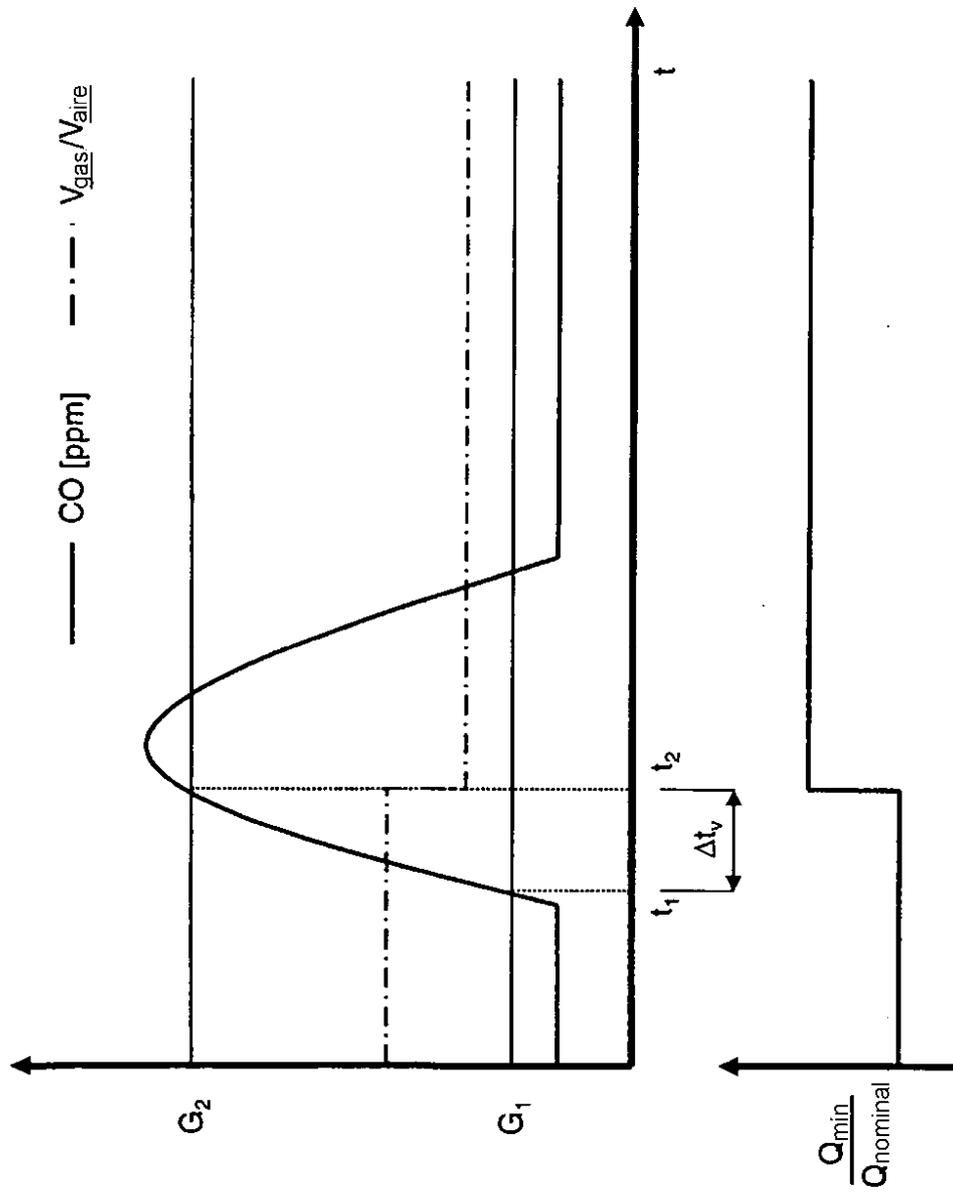


Fig. 6

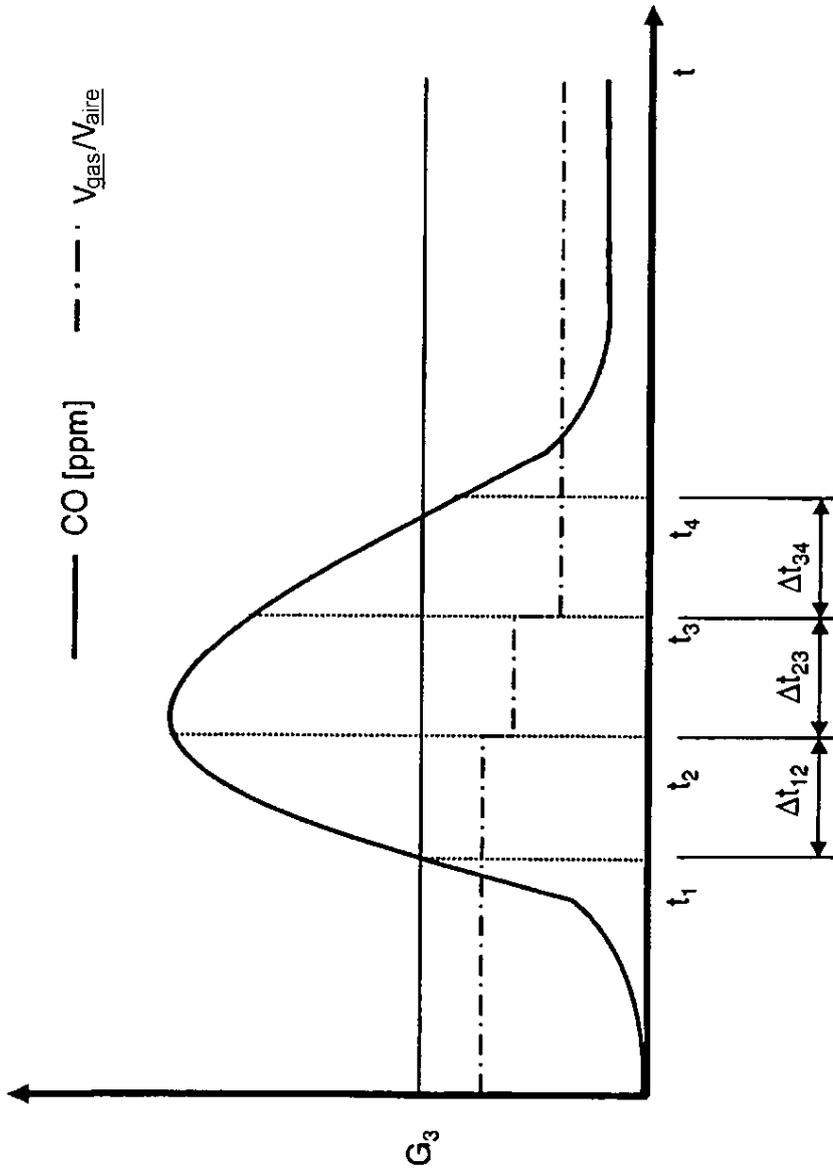


Fig. 7

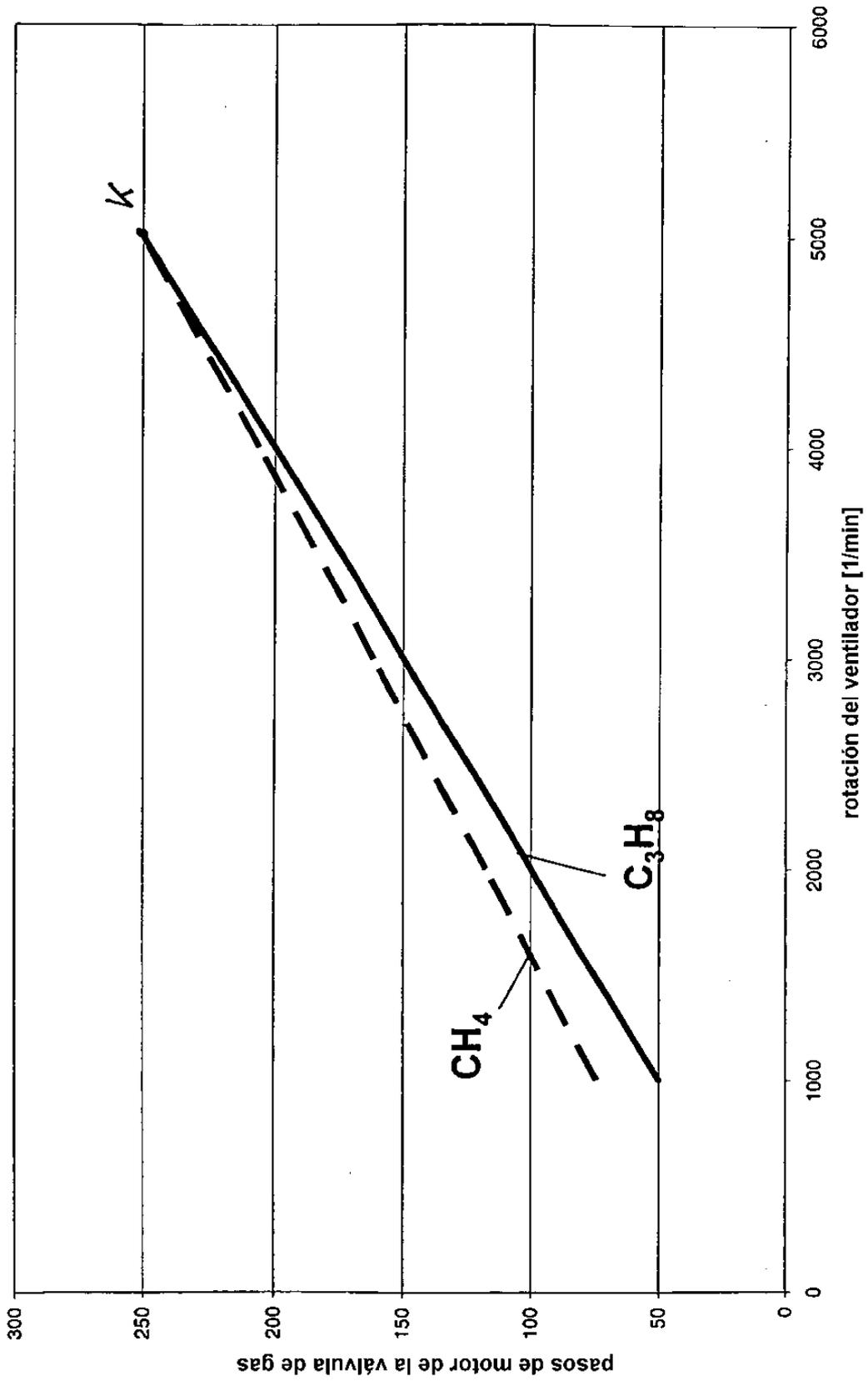


Fig. 8