

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 226**

51 Int. Cl.:

F23N 5/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2010 E 10195526 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 2466204**

54 Título: **Dispositivo de regulación para una instalación de quemador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.02.2014

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**LOCHSCHMIED, RAINER y
SCHMIEDERER, BERND**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 441 226 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

Dispositivo de regulación para una instalación de quemador

La invención se refiere a un dispositivo de regulación para una instalación de quemador según el preámbulo de la reivindicación 1.

- 5 Para poder corregir influencias perturbadoras externas como variación de la calidad de combustible, temperatura u oscilaciones de presión en la calidad de combustión, puede regularse la relación entre aire y combustible, la llamada razón de aire λ . Una estructura correspondiente recibe también el nombre de mezcla combustible-aire. Un sensor especialmente económico para detectar la razón de aire es el electrodo de ionización. Con una tensión alterna aplicada, a través del electrodo y de la llama circula una corriente de ionización que se regula a un valor nominal prefijado en función de la potencia respectiva del quemador. Con una disposición así puede regularse la razón de
10 aire, ya que la corriente de ionización depende de la razón de aire en el punto de potencia respectivo.

En los documentos DE-A1-19627857 y DE-A1-10220773 se describen regulaciones de la razón de aire de este tipo. No se llevan a cabo pasos de prueba para recalcular de cuando en cuando el valor nominal para la señal de ionización.

- 15 Un dispositivo de regulación de la clase citada al comienzo se describe por ejemplo en el documento EP-B1-0770824. Allí se regula la razón de aire de tal modo, que esté por encima del valor estequiométrico de $\lambda = 1$, por ejemplo en $\lambda = 1,3$. Para una calibración del valor nominal de regulación se establece el máximo de la corriente de ionización en $\lambda = 1$ y se calcula partiendo del máximo del siguiente valor nominal. Para el cálculo se mantiene la diferencia entre el valor actual de la corriente de ionización y el máximo medido. En este procedimiento no es
20 imprescindible una buena capacidad de reproducción de la curva del elemento de ajuste, aunque si se supera $\lambda = 1$ se produce brevemente una emisión considerable de CO.

- El documento EP-B1-0 697 637 muestra un procedimiento para vigilar el funcionamiento de un sistema de control y regulación, que interrumpe regularmente el funcionamiento normal. Se emite una señal de error, en el caso de que los valores de prueba del sensor del sistema superen una desviación prefijada de los valores de referencia, en
25 donde la desviación y los valores de referencia se determinan en un ciclo de referencia. También se propone que en este ciclo de referencia se varíen los valores de perturbación como temperatura del aire, presión del aire y humedad del aire, para delimitar los estados de funcionamiento útiles del sistema y, a partir de estos, determinar las desviaciones máximas como valores de referencia. La vigilancia del funcionamiento, sin embargo, no tiene en cuenta variaciones lentas del sistema dentro del margen de funcionamiento prefijado mediante los valores de
30 referencia. Tampoco se detecta una desviación más allá del margen de funcionamiento definido por los valores de referencia, a causa de perturbaciones que falsean el propio resultado de la prueba. No se propone una corrección automática del valor de regulación.

El documento DE-A1-10 319 835 muestra un dispositivo de regulación para una instalación de quemador, con el que se vigila la razón de aire mediante un electrodo de ionización.

- 35 En el documento EP-B1-1'293'727 se describe una calibración en funcionamiento de regulación. Partiendo de una potencia de quemador ajustada fijamente se gradúa un elemento de ajuste, que influye en la cantidad a alimentar de combustible o aire en función de una señal de ajuste, mediante una prefijación del valor nominal de la señal de ionización en la dirección $\lambda = 1$. Sin embargo, con ello no se supera $\lambda = 1$. Con ello se observa el comportamiento del elemento de ajuste y se compara con valores archivados. Este proceso se ejecuta una o varias veces y después se
40 valora si el funcionamiento de quemador debe desconectarse, proseguirse invariablemente o proseguirse con una curva de valor nominal de ionización corregida. Sin embargo el procedimiento corregido exige que la curva característica de elemento de ajuste del elemento de ajuste observado pueda reproducirse exactamente y esté situada en un margen de tolerancia estrecho.

- También del documento WO-A1-2009/110015 se conoce un procedimiento durante un funcionamiento de regulación para vigilar una llama, con el que pueden determinarse y compensarse elementos parásitos que se produzcan. Para
45 esto se controla de tal modo una fuente de tensión alterna, que ésta entrega una señal de tensión alterna con relación duración-periodo muy diferente entre amplitud positiva y negativa con diferentes valores de amplitud. El documento muestra que la precisión de una regulación de la mezcla gasolina-aire puede quedar limitada por una derivación de la señal de corriente de ionización como consecuencia de residuos, respectivamente depósitos, sobre el electrodo de ionización o el quemador o incluso de una curvatura, respectivamente un desplazamiento, del
50 electrodo de ionización.

La invención se ha impuesto la tarea de proponer un dispositivo de regulación para una instalación de quemador, con el que se corrija de forma sencilla y fiable una derivación de la corriente de ionización, sin que con ello se superen límites prefijados de los valores de combustión.

La tarea es resuelta mediante las particularidades de la reivindicación 1.

5 Un modelado preciso con base en observaciones experimentales ha demostrado que, mediante una prueba con una variación específica de la razón de aire en una zona por encima del valor estequiométrico de $\lambda = 1$ y con medición de la señal de ionización, puede llevarse a cabo un cálculo del valor nominal con una buena aproximación, incluso si la variación de la razón de aire es en sí misma pequeña. Esto se basa también en la consideración de que de este modo, en comparación con las grandes reducciones de la razón de aire a partir del documento EP-B1-0770824, casi no se produce ningún impulso de temperatura y ninguna suciedad en el quemador y en el electrodo de ionización a causa de emisiones de sustancias nocivas. En ciertas circunstancias éstas podrían amplificar claramente una curvatura, respectivamente una formación de depósitos, lo que a su vez tendría como resultado una derivación. Esta consideración contribuye a que la precisión del resultado de la prueba es inesperadamente alta. Después de una derivación de la señal de ionización el valor nominal converge, en el caso de una ejecución repetitiva de la prueba, de forma fiable con el valor objetivo deseado, que representa la razón de aire correcta original.

15 En una ejecución preferida de la invención se modifica con ello la razón de aire hasta un valor de $\lambda > 1,05$, de forma preferida se reduce en un valor de $\Delta\lambda < -0,06$. Precisamente ha quedado demostrado que en este margen de la razón de aire, por un lado, con poca derivación la medición de la señal de ionización por encima del ruido de señal es suficiente para calcular con precisión el valor nominal. Por otro lado puede mantenerse de forma fiable el límite inferior del margen de la razón de aire, incluso con mucha derivación, ya que una derivación sólo tiene lugar de forma lenta y la prueba se repite regularmente, de forma preferida como muy tarde después de 3.000 horas de funcionamiento del quemador.

20 En una ejecución preferida de la invención se mantiene durante la ejecución de la prueba la posición de un actuador, de forma preferida la de la alimentación de combustible, y se mantiene la del otro actuador. Por medio de que se mantiene la posición de los actuadores, el resultado de la prueba ya no depende de sus tolerancias de producción.

25 En otra ejecución preferida se sustituye a continuación la curva característica archivada del valor nominal, a causa del valor nominal calculado y de los datos archivados. Opcionalmente, en el caso de una variación extrema de la curva característica del valor nominal, puede activarse un mensaje de aviso o una desconexión de perturbación, y en especial puede cerrarse el actuador para la alimentación de combustible.

A continuación se describe un ejemplo de ejecución de la invención con base en las figuras. Aquí muestran:

la figura 1, esquemáticamente, una instalación de quemador con un dispositivo de regulación conforme a la invención, que se regula con ayuda de una señal de ionización,

30 la figura 2 un esquema de conexiones eléctrico del amplificador de llama en el dispositivo de regulación según la figura 1, para una medición de la corriente de ionización,

la figura 3 un esquema de conexiones eléctrico sustitutivo de corriente continua, derivado del esquema de conexiones de la figura 2, para una medición de la corriente de ionización,

35 la figura 4 valores de corriente de ionización simulados a la salida del amplificador de llama en el dispositivo de regulación según la figura 1, en función del número de revoluciones de soplador n y de la razón de aire λ , sin resistencia de error,

la figura 5 valores de corriente de ionización simulados a la salida del amplificador de llama en el dispositivo de regulación según la figura 1, en función del número de revoluciones de soplador n y de la razón de aire λ , con una resistencia de error y

40 la figura 6 valores de corriente de ionización simulados a la salida del amplificador de llama en el dispositivo de regulación según la figura 1, en función del número de revoluciones de soplador n y de la razón de aire λ , con una resistencia de error pero después de recorrer un bucle de corrección.

45 La figura 1 muestra esquemáticamente una instalación de quemador con un dispositivo de regulación conforme a la invención, que trabaja en funcionamiento normal como regulación de mezcla combustible-aire. Una corriente de ionización a través de una llama (1) generada por un quemador se detecta a través de un electrodo de ionización (2) mediante un amplificador de llama (3). El circuito de corriente se cierra mediante la conexión del amplificador de llama (3) a la masa del quemador. La señal de ionización (4) tratada por el amplificador de llama (3) se transmite a un dispositivo de ajuste (5), que en funcionamiento normal usa la señal de ionización (4) como señal de entrada para una regulación. La señal de señalización (4) está ejecutada como señal eléctrica analógica, pero puede estar materializada alternativamente como señal digital o variable de dos unidades modulares de software.

El dispositivo de ajuste (5) obtiene una señal de solicitud externa (11), con la que se prefija la potencia térmica. Aparte de esto, con la señal de solicitud (11) puede conectarse y desconectarse la regulación. Por ejemplo se genera una solicitud de calor por medio de un circuito de regulación de temperatura prioritario, no dibujado aquí. Una prefijación de potencia de este tipo puede generarse naturalmente desde otro consumidor externo o prefijarse también directamente a mano, por ejemplo a través de un potenciómetro.

Como es habitual la señal de solicitud (11) se reproduce, con ayuda de datos archivados en el dispositivo de ajuste (5), en uno de los dos actuadores (6, 7). De forma preferida, la señal de solicitud (11) se reproduce sobre valores nominales del número de revoluciones para un soplador como primer actuador (6). Los valores nominales del número de revoluciones se comparan con una señal de número de revoluciones (9) devuelta por un soplador (6). Con un regulador del número de revoluciones integrado en el dispositivo de ajuste (5) se controla el soplador (6), a través de una primera señal de ajuste (8), según el caudal nominal del aire (12) para la señal de solicitud (11) prefijada. Naturalmente, como alternativa la señal de solicitud (11) puede reproducirse directamente sobre la primera señal de ajuste (8) del soplador (6). A la inversa, también es posible la reproducción de la señal de solicitud (11) sobre una válvula de combustible como primer actuador (6) de guiado de potencia.

Con el segundo actuador (7), de forma preferida una válvula de combustible, se sigue la razón de aire a través de la alimentación del combustible (13). Esto se realiza por medio de que en el dispositivo de ajuste (5) la señal de solicitud (11) prefijada se reproduce, a través de una función, en un valor nominal de ionización. Este valor nominal se compara con la señal de ionización (4). Con la diferencia de regulación se regula la válvula de combustible (7) que sigue la razón de aire, a través de una unidad de regulación materializada en el dispositivo de ajuste (5). De este modo una variación de la señal de ionización (4) a través de una segunda señal de ajuste (10) produce una variación de la posición de la válvula de combustible (7) y, de este modo, del flujo de la cantidad de combustible (13). El circuito de regulación se cierra por medio de que, con la cantidad de aire prefijada, una variación de la cantidad de combustible produce una variación de la corriente de ionización a través de la llama (1) y del electrodo de ionización (2) y, de esta forma, también una variación de la señal de ionización (4), hasta que su valor real es de nuevo igual al valor nominal prefijado.

La figura 2 muestra un esquema de conexiones eléctrico del amplificador de llama (3) para una medición de la corriente de ionización. Está ejecutado de forma correspondiente a la figura 3A en el documento EP-A1-2154430. Con ello se aplica al electrodo de ionización una tensión alterna. A causa de la acción rectificadora de la llama circula una corriente de ionización en sólo un sentido a través de la llama. La magnitud de la corriente de ionización depende con ello de la resistencia de llama de la llama (1) y constituye una medida para la razón de aire.

El circuito está estructurado con una fuente de tensión alterna (14), una resistencia limitadora (15), el equivalente eléctrico para la llama (1) y el electrodo de ionización (2) – representado como un circuito sustitutivo de llama (16) – y un amplificador lineal (17), a cuya salida (18) se entrega la señal de ionización (4). La salida (18) envía directamente la señal de ionización (4). Sin embargo, alternativamente pueden estar también conectadas partes del circuito para el desacoplamiento galvánico entre la salida (18) y el dispositivo de ajuste (5). La fuente de tensión alterna (14) está materializada en este ejemplo de circuito mediante un transformador, al que se aplica una tensión alterna de entrada.

El amplificador (17) mide la corriente de ionización a través del circuito sustitutivo de llama (16), en donde la conexión a la fuente de tensión alterna (14) se pone virtualmente a masa. El amplificador (17) promedia la corriente de ionización y desacopla la salida (18) del verdadero circuito de ionización. La corriente de ionización promediada puede calcularse directamente a partir de la tensión en la salida (18) y la resistencia de contra-acoplamiento del amplificador (17). La corriente de ionización promediada se corresponde con un valor de corriente continua semi-estacionario. Semi-estacionario significa aquí que los elementos de tiempo en el circuito y las señales de tensión alterna puras, causadas por la fuente de tensión alterna en la salida (18), no juegan ningún papel. La señal en la salida (18) sigue por ello ya solamente las variaciones, bastante más lentas, de la resistencia en el circuito sustitutivo de llama (16). Para la corriente de ionización promediada puede obtenerse de este modo un esquema de conexiones sustitutivo abstracto más sencillo, que se ha representado en la figura 3.

Una fuente de tensión continua (19) genera mediante su tensión continua (U) una corriente continua (22) a través de la resistencia limitadora (15), una resistencia de llama (20) y una resistencia de error (21).

La resistencia en el equivalente eléctrico del circuito sustitutivo de llama (16) puede verse como resistencia resultantes de dos resistencia conectadas en serie, de la verdadera resistencia de llama (20) en funcionamiento normal según lo establecido y una resistencia de error (21), que es causada por los depósitos antes citados sobre el electrodo de ionización (2) o el quemador. Los depósitos se producen a causa de residuos sobre el electrodo de ionización o el quemador, causados en especial por procesos de oxidación, formación de hollín en el caso de combustión sucia de aceite o a causa de la entrada de polvos a través de la alimentación de aire. Aquí pueden producirse depósitos muy aislantes, que modifican el valor de la corriente continua (22) semi-estacionaria a través de un aumento de la resistencia de error (21).

Más adelante se describe un modelo, con cuya ayuda se ha mostrado que pequeñas variaciones de la razón de aire para la prueba son suficientes, e incluso pueden aportar mejores resultados, para recalcular y corregir los valores nominales de manera fiable. De este modo puede mantenerse la razón de aire en su valor objetivo.

5 Una curvatura, respectivamente un desplazamiento, del electrodo de ionización (2) es tenido también en cuenta en gran medida por la resistencia de error (21) en el circuito sustitutivo de la figura 3, en donde la resistencia de error (21) podría obtener después también un valor negativo.

10 Asimismo pueden incluirse rutas conductoras parasitarias, tampoco representadas, en la región de la llama (1) en paralelo al verdadero circuito sustitutivo de llama (16). En el caso de una presencia duradera de una ruta de este tipo puede incluirse ésta a través de la resistencia de llama (20), y en el caso de una ruta parasitaria variable en el tiempo a través de la resistencia de error (21), o tenerse en cuenta sus efectos.

15 La tensión continua (U) de la fuente de tensión continua (19) se obtiene de la duración con la que una corriente causada por la fuente de tensión alterna (14) en la figura 2 circula eficazmente a través de la llama (1), es decir a través del circuito sustitutivo de llama (16). Se calcula como valor medio obtenido del valor medio de tensión sobre la semionda conductora y del valor de tensión igual a 0 sobre la semionda bloqueada. En el caso de la tensión alterna senoidal de la fuente de tensión alterna (14) con una amplitud (U_1), la tensión continua de la fuente de tensión continua (19) es $U = U_1/\pi$.

La corriente continua (22) puede establecerse directamente a partir de la tensión en la salida (18) y la resistencia de contra-acoplamiento del amplificador (179). Está disponible en la entrada del dispositivo de ajuste (5) postconectado como señal de ionización (4).

20 El esquema de conexiones sustitutivo abstracto en la figura 3, como es natural, no es sólo aplicable al circuito en la figura 2. El esquema de conexiones sustitutivo puede aplicarse básicamente a muchos sistemas para la detección de señales de llama, cuya señal de salida para el dispositivo de ajuste (5) pueda asociarse a una corriente continua (22) semi-estacionaria, que esté causada por la variación de la resistencia de llama.

25 Con ello en el circuito eléctrico para la detección de la señal de llama se genera una corriente continua, que puede reproducirse en la corriente continua (22) semi-estacionaria del circuito según la figura 3. La resistencia de llama real se reproduce en la resistencia de llama (20) del esquema de conexiones sustitutivo según la figura 3, en donde se incluyen también otros elementos del circuito, por ejemplo resistencia de medición, en el valor de la resistencia de llama (20). Del mismo modo la resistencia de error (21), la resistencia limitadora (15) y la fuente de tensión continua (19) pueden entenderse como resultado de una reproducción procedente de otro circuito.

30 La figura 4 muestra en una reproducción tridimensional valores de corriente de ionización (I) simulados en la salida (18) del amplificador de llama (3), como función del número de revoluciones de soplador (n) y de la razón de aire (λ). En una superficie (F1) definida por el número de revoluciones de soplador y la razón de aire se ha representado una curva (I1) de la corriente de ionización. Mediante una curva característica de valor nominal (S1) archivada puede regularse, para cada número de revoluciones de soplador (n), la corriente de ionización sobre el valor nominal prefijado. Se obtiene después en el caso de una razón de aire constante supuesta y un número de revoluciones de soplador (n) variable, de forma correspondiente a la curva de razón de aire (L1) en el plano n/λ sobre la superficie (F1) específica del quemador, el recorrido de la curva de corriente de ionización (I1) en la superficie (F1), y de este modo la curva característica de valor nominal (S1) en el plano n/I .

40 Las relaciones mostradas en la figura 4 son válidas con la condición de que no se produzca ninguna derivación de la corriente de ionización y, de esta forma, ninguna resistencia de error (21). En este caso puede calcularse la suma entre la resistencia limitadora (15) y la resistencia de llama (20), con ayuda de un tramo de medición de referencia calificada como bueno, a partir de la tensión continua (U) conocida de la fuente de tensión continua (19) y del valor de la corriente continua (22) medida o establecida.

45 Si se produce una derivación de la corriente de ionización y en consecuencia una resistencia de error (21), se obtienen las relaciones representadas en la figura 5, en donde la superficie (F2) está desplazada hacia abajo con una forma aproximadamente igual en el ejemplo mostrado, con relación a la superficie (F1) mostrada en la figura 4.

50 Mediante la derivación se obtiene de este modo con la misma curva característica de valor nominal (S1), para los valores nominales de corriente de ionización otra curva de corriente de ionización (I2) y de este modo otra curva de razón de aire (L2) en el plano n/λ , según la cual la razón de aire, con números de revoluciones de soplador diferentes y de este modo con diferentes potencias de quemador, ya no mantiene en absoluto su valor constante deseado.

Para reconocer una derivación se utiliza un procedimiento de prueba. Para esto se ajusta la regulación de la mezcla combustible-aire a un punto inicial (A) preferiblemente fijo. Para esto el número de revoluciones de soplador (n) y la

5 corriente volumétrica de corriente de ello resultante van en el valor archivado del punto inicial (A). La segunda señal de ajuste (10) para la válvula de combustible (7) y de este modo la corriente volumétrica son seguidas en el circuito de regulación cerrado. La razón de aire finaliza de nuevo en su valor prefijado conforme a la curva característica de valor nominal (S1) y se corresponde con el valor deseado, siempre que no se presente ninguna derivación. De forma preferida se establece a través de una formación de valor medio, en una ventana de tiempo, la posición de la válvula de combustible.

10 Como segundo paso en la prueba se realiza, a partir del estado estable y regulado desde el punto inicial (A), el movimiento hacia el punto de prueba (B), por medio de que el número de revoluciones (n) del soplador de aire se reduce en un valor archivado, en donde se mantiene constante la posición de la válvula de combustible (7). Con ello se reduce la razón de aire en una variación de la razón de aire más o menos constante ($\Delta\lambda$). A continuación se mide la corriente de ionización mediante formación de valor medio dentro de una ventana de tiempo.

En el tercer paso de prueba, explicado a continuación, se recalcula con ayuda del valor de medición en el punto de prueba (B) el valor nominal para la corriente de ionización, en un punto de comparación (C).

15 En una alternativa, en el siguiente valor nominal se produce un paso del punto de prueba (B) al punto de comparación (C), en el que el número de revoluciones de soplador del soplador de aire permanece invariable, pero la válvula de combustible se post-regula a la razón de aire prefijada según la curva de ionización (I1). De forma preferida antes del desbloqueo de la regulación se activa la válvula de combustible con un valor archivado, que se corresponde ya con la posición esperada. La variación de la razón de aire ($\Delta\lambda$) entre los puntos (B) y (C) es, como se ha representado en las figuras 4 y 5, casi igual de grande con y sin resistencia de error (21). Con el valor nominal anterior, sin embargo, la carrera de corriente de ionización (H2) en la figura 5 sería, a causa de la resistencia de error (21), claramente menor que la carrera de corriente de ionización (H1) correspondiente en la figura 4. La carrera de corriente de ionización (H2), en respuesta a la variación de la razón de aire ($\Delta\lambda$) cubre de este modo una regulación sobre una razón de aire modificada. Con la carrera de corriente de ionización (H2) medida puede calcularse un mejor valor nominal y corregirse la razón de aire.

25 Por último finaliza la prueba de derivación, por medio de que se reestablece el funcionamiento normal con regulación según la señal de solicitud (11).

La prueba de derivación puede llevarse a cabo en uno o varios puntos de prueba. En el caso de varios puntos de prueba puede reconocerse una posible dependencia de la resistencia de error (21) de la potencia del quemador y, en el caso de una corrección, tenerse en cuenta de forma correspondiente.

30 En un procedimiento de ajuste para el tipo de quemador afectado se elige de forma preferida el punto de prueba (B) de tal modo, que el valor de corriente de ionización allí sea estable y esto, en el caso de una gran diferencia entre las inclinaciones en el punto de prueba (B) y el punto de comparación (C), sobre una función $I = f(\lambda)$ con el número de revoluciones elegido del soplador. De este modo se consigue una gran separación señal-ruido. El punto de prueba (B) puede elegirse, bajo estas condiciones marginales, en un amplio margen a lo largo de la función $I = f(\lambda)$.
 35 Forma y recorrido de la función permanecen con ello desconocidos. Sólo se presupone que la función en el margen de medición es monótonamente ascendente o descendente desde el punto de prueba (B). Gracias a la siguiente metodología de cálculo descrita para la corrección del valor nominal ha quedado demostrado que, en el caso de una variación de la razón de aire a $\lambda > 1,05$, estas condiciones se dan normalmente. De forma ventajosa la razón de aire se reduce en al menos $\Delta\lambda < -0,06$ respecto a su estado regulado. Para un tipo de quemador específico, en el que la razón de aire se ha ajustado a $\lambda = 1,3$, se ha determinado una variación óptima del número de revoluciones de $\Delta\lambda = -0,15$. Alternativamente se aumenta la razón de aire en al menos $\Delta\lambda = +0,08$. La elección de esta alternativa es también conveniente, en el caso de quemadores con un recorrido de inclinación diferente correspondiente en el punto B con respecto al punto C, con una convergencia muy buena y un número reducido de pasos de iteración. En el caso de una variación excesivamente grande de la razón de aire, por ejemplo en $\Delta\lambda > +0,5$, existe el riesgo de que la combustión conduzca a emisiones de sustancias nocivas a causa de la menor temperatura de llama, o incluso a que se apague la llama (1).
 40
 45

El punto inicial (A) representado en la figura 4 se obtiene directamente del punto de prueba (B) ajustado, por medio de que la razón de aire se modifica en $\Delta\lambda$ a través de la cantidad de aire.

50 Los números de revoluciones de soplador (n) de los puntos (A) y (B) se han archivado como valores de prefijación, antes del funcionamiento normal, en el dispositivo de regulación. De forma preferida el valor de corriente de ionización se ha promediado en el punto de prueba (B), en un sistema sin resistencia de error (21), a través de varias mediciones y se ha archivado en el dispositivo de ajuste (5) para calcular los valores de corrección.

El punto de comparación (C) se obtiene mediante la elección del punto de prueba (B) con el número de revoluciones de soplador del punto de prueba (B) sobre la curva de corriente de ionización (1).

Para el cálculo del nuevo valor nominal con el fin de corregir la derivación en el tercer paso de prueba se aprovecha el hecho de que, con independencia de la resistencia de error (21), el número de revoluciones de soplador se modifica de tal modo, que la razón de aire se modifica en un $\Delta\lambda$ casi constante. A causa de la reducida variación de corriente de ionización en la región del punto de prueba (B), la resistencia de llama (20) puede suponerse allí constante en una primera aproximación. Bajo la premisa de las mismas resistencias de error (21) en el punto de prueba (B) y en el punto de comparación (C) puede calcularse un valor nominal corregido, por medio de que se utiliza el valor de corriente de ionización establecido sin resistencia de error (21). Aparte de esto puede establecerse también la resistencia de error (21).

Mediante la ejecución iterativa de la prueba antes citada con recálculo del valor nominal en el punto de comparación (C), se converge rápidamente en un valor nominal en el punto de comparación (C), que ya no varía en iteraciones posteriores sin modificar la resistencia de error (21).

La figura 6 muestra las líneas (S2, I3, L3) obtenidas según una primera prueba, en donde la resistencia de error (21) se ha supuesto igual en el punto de prueba (B) y en el punto de comparación (C). Una curva característica de valor nominal (S2) corregida puede calcularse con la resistencia de error (21), conocida de los cálculos citados anteriormente, y una curva característica de valor nominal (S1) archivada. En la superficie (F2) de la figura 6 se ha representado la curva de corriente de ionización (I3). La curva de razón de aire (L3) en el plano n/λ se corresponde después de la primera prueba, de una forma ya relativamente aproximada, con la curva de razón de aire (L1) mostrada en la figura 4. La carrera de corriente de ionización (H3) aumenta por el contrario con un valor constante (H1). Después de una o dos iteraciones ya casi no existe ninguna desviación entre (L3) y (L1).

Si las resistencias de error (21) se diferencian significativamente en el punto de comparación (C) y el punto de prueba (B), esto también debe tenerse en cuenta a la hora del cálculo corrector del valor nominal. Esto puede realizarse en forma de un factor de corrección K, que expresa la relación entre resistencia de error (21) en el punto de comparación (C) y en el punto de prueba (B). El factor de corrección K como relación entre la resistencia de error (21) en el punto de comparación (C) y la resistencia de error (21), en el punto de prueba (B), depende de la composición de la capa de depósito y es normalmente de entre 1 y 2.

Las resistencias de error (21) en el punto de comparación (C) se establecen después, a partir de la resistencia de error (21) en el punto de prueba (B) y el factor de corrección K, y la nueva curva característica de valor nominal (S2) puede obtenerse en cada punto como sigue a partir de la curva característica de valor nominal (S1).

En el punto de prueba (B) se calcula a partir de la corriente de ionización medida y su valor archivado, de una misma instalación de quemador sin resistencia de error, la resistencia de error (21). Mediante la utilización de la curva característica de valor nominal (S1) dada se calcula el nuevo valor nominal en el punto de comparación (C) y cualquier otro punto de la nueva curva característica (S2). En el caso de varios puntos de prueba (B) se calcula en cada punto de prueba el nuevo valor nominal en el punto de comparación (C), así como los otros puntos de curva característica de valor nominal, a partir de la curva característica de valor nominal (S1) y del valor medio de los dos valores de corrección ponderado entre la separación del número de revoluciones de soplador. Como es natural también pueden aplicarse otros métodos de cálculo.

Normalmente el sistema se desconecta en funcionamiento normal, en el caso de una disminución extremadamente grande de una curva característica de valor nominal (S2) corregida con relación a la curva característica de valor nominal (S1) inicial, ya que después la resistencia de llama no puede desmontarse suficientemente con relación a la resistencia de error (21) y tiene lugar un acoplamiento en arrastre. Opcionalmente puede generarse en sí mismo, ya con una desviación tan grande de estas curvas características de valor nominal, una indicación de aviso o una desconexión de perturbación.

Los valores de corriente de ionización en los puntos (B) y (C) se han establecido previamente en un procedimiento de ajuste para una instalación de quemador de este tipo sin resistencia de error (21). Con ello se ha elaborado una curva característica de valor nominal (S1) con la razón de aire prefijada para un prototipo, con ayuda de sensores con los que puede medirse la razón de aire directa o indirectamente. De este modo se conoce el valor nominal I_{CO} para la corriente de ionización para el punto de comparación (C). Aparte de esto se ha ajustado en el prototipo el punto de prueba (B) y se ha medido la corriente de ionización I_{BO} correspondiente. La I_{BO} y los valores de la curva característica de valor nominal (S1), incluyendo la I_{CO} , se han archivado en el dispositivo de ajuste (5) para un posterior tratamiento en funcionamiento.

En funcionamiento, durante las pruebas consecutivas, se detecta el valor de corriente de ionización I_{B1} , posteriormente I_{B2} ... I_{Bn} en el punto de prueba (B), que posiblemente se diferencia de la I_B a causa de una derivación que se ha producido entretanto. Los valores de corriente de ionización detectados pueden usarse para reducir dispersiones, promediados durante varias pruebas. La corrección de I_{BO} se realiza con ayuda de los valores de medición promediados.

Si a continuación aparece durante el funcionamiento normal una resistencia de error (21), en donde ésta no sólo puede asumir valores positivos, sino principalmente también valores negativos, se modifica el valor de corriente de ionización I_{B1} medida tanto a causa del valor de razón de aire modificada como a causa de la resistencia de error (21), en donde ésta produce una proyección de la superficie (F1) según la superficie (F2), como se muestra en

5 las figuras 4 y 5.

A causa de la menor inclinación de la función $I = f(\lambda)$ en el punto de prueba (B), con relación a la inclinación en el punto de comparación (C), la resistencia de llama (20) en el punto de prueba (B) varía menos que la del punto de prueba (B). Por ello, en una primera aproximación la resistencia de llama (20) en el punto de prueba (B) puede suponerse igual con y sin resistencia de error. Conforme al esquema de conexiones sustitutivo según la figura 3, el valor nominal corregido de la corriente de ionización en el punto de comparación (C), que en funcionamiento de regulación después de la prueba se iguala con la corriente de ionización (I_{C1}) allí situada, puede calcularse según

$$\frac{1}{I_{C1}} = \frac{1}{I_{B1}} - \frac{1}{I_{B0}} + \frac{1}{I_{C0}}$$

si se suponen iguales las resistencias de error (21) en el punto de prueba (B) y en el punto de comparación (C). En la prueba el dispositivo de ajuste (5) calcula nuevos valores nominales conforme a esta fórmula. De forma ventajosa está prefijada para ello fijamente en un desarrollo de programa en un microprocesador. Para la siguiente iteración de la corrección el punto de prueba (B) está ya más cerca del valor objetivo, de tal modo que la resistencia de llama (20) con y sin resistencia de error (21) está todavía más aproximada y el valor nominal se obtiene según

$$\frac{1}{I_{C2}} = \frac{1}{I_{B2}} - \frac{1}{I_{B0}} + \frac{1}{I_{C0}}$$

En el caso de una resistencia de error constante, con la iteración k-ésima la corriente de valor nominal se convierte, a través de

$$\frac{1}{I_{Ck}} = \frac{1}{I_{Bk}} - \frac{1}{I_{B0}} + \frac{1}{I_{C0}}$$

en un valor constante.

Esto puede llevarse a cabo de forma equivalente para cada punto de la curva característica de valor nominal (S1), por medio de que se sustituya el valor de corriente I_{C0} por la corriente $I_{n0} = f(n)$ de la curva característica de valor nominal y se obtiene, después de la iteración k-ésima, el valor I_{nk} , mediante

$$\frac{1}{I_{nk}} = \frac{1}{I_{Bk}} - \frac{1}{I_{B0}} + \frac{1}{I_{n0}}$$

Los valores de I_{nk} producen los valores de la curva característica de valor nominal (S2) después de la iteración k-ésima. De forma correspondiente a la figura 6, se obtiene ya después de la primera prueba unos valores de corrección bastante buenos para la curva característica (S2). Después de la primera y de la segunda iteración se alcanza ya prácticamente el valor final.

Si a causa de las características de depósito la resistencia de error (21) no puede considerarse igual en los puntos (B) y (C), las fórmulas representadas anteriormente pueden adaptarse en el factor K entre las resistencias de error

$$\frac{1}{I_{nk}} = K \cdot \left(\frac{1}{I_{Bk}} - \frac{1}{I_{B0}} \right) + \frac{1}{I_{n0}} .$$

El factor K depende las características del depósito y puede establecerse experimentalmente en el procedimiento de ajuste.

- 5 Si la prueba se lleva a cabo en dos o más puntos, por ejemplo con gran potencia y pequeña potencia, los diferentes valores de las resistencias de error (21) pueden ponderarse, con relación al número de revoluciones de soplador o a otro valor de potencia presente, para establecer la curva característica de valor nominal (S2) corregida.

Lista de símbolos de referencia:

1	Llama
2	Electrodo de ionización
3	Amplificador de llama
4	Señal de ionización
5	Dispositivo de ajuste
6	Primer actuador
7	Segundo actuador
8	Primera señal de ajuste
9	Señal de número de revoluciones
10	Segunda señal de ajuste
11	Señal de solicitud
12	Aire
13	Combustible
14	Fuente de señal alterna
15	Resistencia limitadora
16	Circuito sustitutivo de llama
17	Amplificador
18	Salida
19	Fuente de tensión continua
20	Resistencia de llama
21	Resistencia de error
22	Corriente continua
U	Tensión continua

n	Número de revoluciones
λ	Razón de aire
I	Valor de corriente de ionización
A	Punto inicial
B	Punto de prueba
C	Punto de comparación
F1	Superficie
S1	Curva característica de valor nominal
I1	Curva de corriente de ionización
L1	Curva de razón de aire
$\Delta\lambda$	Variación de la razón de aire
H1	Carrera de corriente de ionización
F2	Superficie
S2	Curva característica de valor nominal
I2	Curva de corriente de ionización
L2	Curva de razón de aire
H2	Carrera de corriente de ionización
I3	Curva de corriente de ionización
L3	Curva de razón de aire
H3	Carrera de corriente de ionización

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de regulación para una instalación de quemador con al menos un quemador, actuadores con los que se ajusta la alimentación de combustible y aire al quemador, y un electrodo de ionización dispuesto en la región de llama, en donde el dispositivo de regulación está equipado al menos con un amplificador de llama en el electrodo de ionización, para generar una señal de ionización, y un dispositivo de ajuste que en funcionamiento de regulación ajusta un primer actuador y regula un segundo actuador mediante un valor nominal correspondiente para la señal de ionización, y en donde el dispositivo de ajuste en un primer paso de prueba lleva a cabo un funcionamiento de regulación, en un segundo paso de prueba controla los actores para una situación de alimentación modificada y con ello detecta la señal de ionización, y en un tercer paso de prueba calcula a partir de esto y de datos archivados un valor nominal, caracterizado porque en un segundo paso de prueba el dispositivo de ajuste (5) controla los actuadores (6, 7) para una situación de alimentación que se corresponde con una razón de aire por encima del valor estequiométrico de $\lambda = 1$.
- 10 2. Dispositivo de regulación conforme a la reivindicación 1, en donde en el segundo paso de prueba el dispositivo de ajuste (5) modifica la razón de aire hasta un valor de $\lambda > 1,05$.
- 15 3. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde en el segundo paso de prueba el dispositivo de ajuste (5) reduce la razón de aire en un valor de $\Delta\lambda < -0,06$ hasta $\lambda > 1,05$.
4. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de ajuste (5) repite la prueba a más tardar después de 3.000 horas de funcionamiento.
- 20 5. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde en el segundo paso de prueba el dispositivo de ajuste (5) mantiene la posición de un actuador (7) y modifica la del otro actuador (6).
6. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde en el segundo paso de prueba el dispositivo de ajuste (5) mantiene la posición del segundo actuador (7) para la alimentación de combustible (13) y modifica la del otro actuador (6) para la alimentación de aire (12).
- 25 7. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de ajuste (5) repite los pasos de prueba primero, segundo y tercero con diferente alimentación de aire o de combustible.
8. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde en un cuarto paso de prueba el dispositivo de ajuste (5), con base en al menos un valor nominal calculado (I_{C11} , I_{C21} , ... I_{Cn1}) y datos archivados, sustituye la curva característica de ionización (S1) archivada para la señal de ionización.
- 30 9. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en donde en un cuarto paso de prueba el dispositivo de ajuste (5), con base en al menos un valor nominal calculado (I_{C11} , I_{C21} , ... I_{Cn1}) y datos archivados, produce una desconexión de perturbación y cierra en especial el segundo actuador (7) para la alimentación de combustible (13).
- 35 10. Dispositivo de regulación conforme a una de las reivindicaciones 8 y 9, en donde los datos archivados contienen al menos en parte la curva característica de valor nominal, detectada en un procedimiento de ajuste, para la señal de ionización.

FIG 3

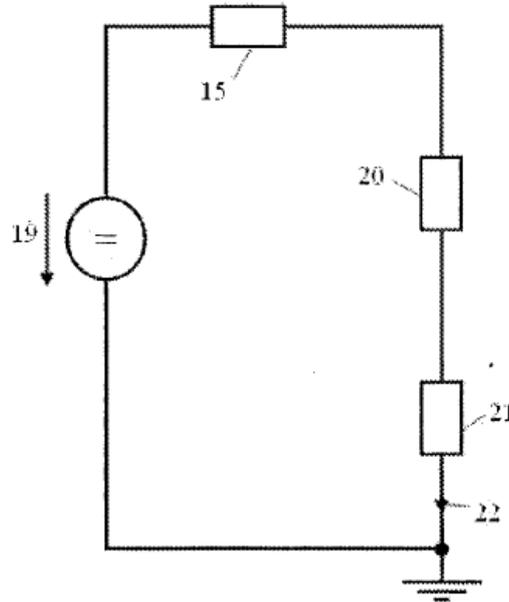


FIG 4

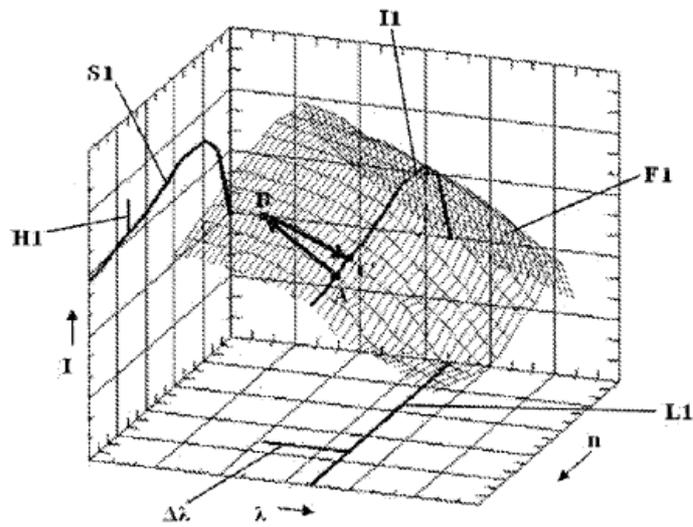


FIG 5

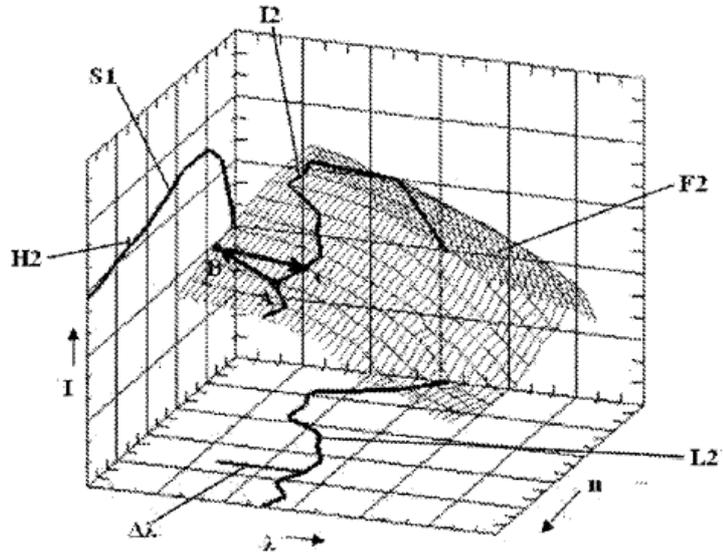


FIG 6

