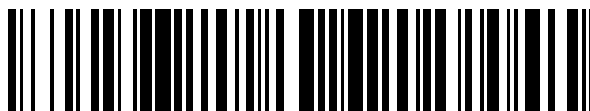


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 912**

51 Int. Cl.:

F23N 1/00 (2006.01)
F23N 1/02 (2006.01)
F23N 1/04 (2006.01)
F23N 3/00 (2006.01)
F23N 5/12 (2006.01)
F23D 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2016 E 16181377 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018 EP 3124866**

54 Título: **Procedimiento para monitorizar y controlar la combustión en quemadores de gas combustible y sistema para controlar la combustión que opera de acuerdo con el citado procedimiento**

30 Prioridad:

28.07.2015 IT UB20152534

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

17.04.2018

73 Titular/es:

**SIT S.P.A. (100.0%)
Viale dell'Industria 31/33
35129 Padova, IT**

72 Inventor/es:

**PIROVANO, GIANCARLO;
BERTOLI, LORIS;
LIPPI, MANUELA;
COSI, GIOVANNI y
ABATE, MAURIZIO ACHILLE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 663 912 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 monitorizar y controlar la combustión en quemadores de gas combustible y sistema para controlar la combustión que opera de acuerdo con el citado procedimiento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para monitorizar y controlar la combustión en quemadores de gas combustible en aparatos tales como calderas, calentadores de agua, chimeneas y otros similares, equipados con ventiladores moduladores para el aire de combustión. También se refiere a un sistema de control de combustión que funciona de acuerdo con el citado procedimiento.

10 En el sector técnico de referencia, se sabe que para mantener una combustión eficiente es necesario que la relación entre la cantidad de aire y la cantidad de gas combustible inyectado en el quemador se mantenga alrededor de un valor óptimo predeterminado, que depende esencialmente del tipo de gas utilizado y, en general, también puede depender del valor de la potencia suministrada por el quemador, es decir, el caudal de gas.

Esto hace posible obtener y mantener a lo largo del tiempo un proceso de combustión completa sin dispersión excesiva de energía en los humos y minimizar la producción de gases contaminantes, de acuerdo con las normativas de emisiones de varios países.

15 Para lograr este objetivo de mantener la relación óptima de aire / gas, se han desarrollado diferentes dispositivos y procedimientos en el campo técnico de referencia.

20 En el campo específico de aplicación de la invención, se conocen procedimientos para monitorizar y controlar la combustión que están basados en un análisis de la llama y, en particular, de la ionización del gas en la zona de combustión de la citada llama. Los procedimientos típicos proporcionan el uso de un electrodo ubicado en la zona de llama o en la proximidad de la misma, conectado a un circuito electrónico que aplica una tensión fija o variable al citado electrodo y mide la corriente que fluye a través del citado electrodo. Por medio de los sistemas de procesamiento y análisis de la señal de corriente, se realiza un cálculo de uno o más parámetros relacionados con el proceso de combustión. Entre los sistemas de procesamiento, se conocen procedimientos de análisis de espectro de frecuencia de la señal que son adecuados para identificar espectros de frecuencia o variaciones de los mismos que indican una inestabilidad de llama o combustión subóptima, sobre la base de cuales sistemas se disponen para corregir el proceso de combustión con el fin de devolver el citado proceso a las condiciones deseadas.

Los límites reconocibles de los procedimientos conocidos están enlazados principalmente con la fiabilidad de los resultados del análisis del espectro de frecuencia y su correlación con el proceso de combustión, así como con la complejidad de los algoritmos de cálculo y análisis utilizados.

30 También se conoce un ejemplo de un procedimiento para monitorizar y controlar la combustión en un quemador de gas combustible de premezcla por el documento WO 2014/049502. El procedimiento comprende una primera fase de adquisición y procesamiento de datos a partir de condiciones experimentales y una segunda fase de evaluación de la característica de combustión deseada, bajo una condición operativa real del quemador. En la primera fase, se aplica una pluralidad de condiciones de combustión experimentales al quemador, y en cada una de estas condiciones experimentales se aplica una señal de tensión eléctrica al electrodo y se lleva a cabo un muestreo de la señal de respuesta, calculando, sobre la base de la secuencia de valores muestreados, los parámetros característicos de la forma de onda de la señal para cada una de las condiciones experimentales, mediante la aplicación de una transformación funcional, con el propósito de calcular una función de correlación. La segunda fase comprende los pasos de aplicar una señal de tensión al electrodo y llevar a cabo el muestreo de la señal de respuesta resultante, calculando, en base a la secuencia de valores muestreados, los parámetros característicos de la forma de onda de la señal de respuesta en el electrodo, y calculando el valor estimado de la característica de combustión deseada mediante el uso de la función de correlación.

45 También se pueden encontrar limitaciones adicionales en los procedimientos conocidos en el posible desgaste y envejecimiento del electrodo utilizado para recibir la señal en el sensor de ionización, con las consiguientes repercusiones en la fiabilidad y precisión de los datos analizados por los algoritmos de procesamiento del espectro de frecuencia.

50 Las limitaciones que se han mencionado más arriba también se amplifican cuando se desea realizar un control de combustión en quemadores del tipo modulante, en el que se busca lograr condiciones de combustión óptimas de acuerdo con las variaciones en la potencia requerida, dentro del rango entre una potencia mínima y una potencia máxima permisible para el quemador.

También se sabe que la relación volumétrica entre el caudal del gas y el caudal de aire adecuada para la combustión correcta también depende del tipo de gas. Por lo tanto, cada familia de gases combustibles se correlaciona con curvas de regulación respectivas y específicas (que correlacionan, por ejemplo, el caudal de gas con el caudal de aire). Uno de los problemas de los sistemas de control de combustión conocidos es el relativo a la identificación de la familia de gases y a la asociación de las curvas de regulación óptimas.

El problema abordado por la presente invención es el de disponer un procedimiento para monitorizar y controlar la combustión en un quemador de un dispositivo de gas combustible, así como un sistema de control de combustión que funcione de acuerdo con el citado procedimiento, que estén diseñados estructural y funcionalmente para superar las limitaciones que se han descrito más arriba con referencia a la técnica anterior citada.

5 Dentro del contexto de este problema, un objetivo de la invención es disponer un procedimiento y un sistema de control que sean adecuados para garantizar una combustión óptima en toda la gama de caudales (y para diversos tipos de gases) o salidas de potencia para las cuales está diseñado el quemador, proporcionando fiabilidad y repetibilidad de resultados en el análisis de las señales relacionadas con el proceso de combustión.

10 Otro objetivo de la invención es disponer un procedimiento y un sistema de control que sean fáciles de gestionar y caracterizar tanto durante la instalación como durante el uso del quemador del aparato.

Este problema se resuelve y estos objetivos se alcanzan con la presente invención por medio de un procedimiento y un sistema para controlar la combustión en un quemador de un dispositivo de gas combustible, producido de acuerdo con las reivindicaciones que siguen.

15 Las características y ventajas de la invención se harán más claras a partir de la descripción detallada que sigue de una realización preferida, dada a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática de un quemador de un aparato equipado con un sistema de control de combustión que funciona de acuerdo con el procedimiento de monitorización y control de combustión de acuerdo con la invención.
- la figura 2 es un gráfico que muestra una función de interpolación entre los parámetros que caracterizan las condiciones del proceso de combustión respectivas en las condiciones de operación correspondientes del quemador.
- las figuras 3 y 4 son gráficos que muestran la tendencia de los parámetros respectivos de la función de interpolación de la figura anterior de acuerdo con las variaciones en algunos de los parámetros que caracterizan el proceso de combustión.
- la figura 5 es un gráfico que muestra la tendencia de la señal eléctrica aplicada al electrodo del quemador de acuerdo con el procedimiento de la presente invención, en una condición operativa específica con valores de potencia y número de aire preseleccionados, y que también muestra de una manera correspondiente, a medida que el valor del tiempo cambia, la función de la señal de respuesta obtenida, con la tendencia que se ilustra en la figura 2,
- La figura 6 es un gráfico que muestra las curvas de correlación entre los parámetros operativos de un ventilador y de una válvula de gas modulante de un dispositivo de quemador que funciona con el procedimiento de control de combustión de la invención.

35 Con referencia inicial a la figura 1, 1 indica de forma general un quemador, representado solo esquemáticamente, equipado con un sistema de control de combustión, producido para operar de acuerdo con el sistema de monitorización y control de combustión de la presente invención.

El quemador 1 está alojado en un aparato, no representado, destinado a la producción de agua caliente sanitaria y / o unido a un circuito de calefacción de la habitación, de una manera que es conocida per se y que no se ilustra en las figuras.

40 El quemador 1 comprende una cámara de combustión 2, que es alimentada por un primer tubo 3 y un segundo tubo 4, adecuado para introducir un flujo de aire en la citada cámara de combustión 2 y, respectivamente, un flujo de gas combustible. Preferiblemente, el segundo tubo 4 entra en el primer tubo 3 aguas arriba de la cámara de combustión 2 (quemador de premezcla). En la sección de mezcla de aire / gas se dispone un ventilador 5 con velocidad de rotación variable. En la configuración de la figura 1, el ventilador está situado aguas abajo de la zona de mezcla, pero también puede estar localizado alternativamente aguas arriba de la citada zona de mezcla aire / gas. 6 indica una válvula modulante situada en el tubo de gas 4 para regular el flujo de gas inyectado en el quemador.

45 La cámara de combustión 2 está conectada aguas abajo a una chimenea 7, a través de la cual se evacúan los gases de escape de la combustión. 8 indica un sensor de control de combustión, que se describe con mayor detalle a continuación, que está conectado a un dispositivo de control 9 provisto de una unidad de circuito electrónico adecuada para controlar el quemador de acuerdo con el procedimiento de la presente invención, como se ilustra a continuación. El dispositivo de control también está conectado operativamente tanto al ventilador 5 como a la válvula modulante 6 para regular las citadas unidades.

El sensor 8 está dispuesto en la proximidad de la llama del quemador, y es adecuado para ser alimentado por un generador de tensión, así como para conectarse a un circuito electrónico adecuado para medir el potencial resultante en el sensor. El sensor 8 comprende un electrodo, indicado por E, que se coloca en la llama o en su proximidad. El electrodo E, en una realización preferida diseñada como una estructura de electrodo único, puede servir convenientemente como un elemento de ignición de llama y como un elemento adecuado para medir el potencial generado en respuesta a la aplicación de una señal de tensión al electrodo durante el proceso de combustión, de acuerdo con el procedimiento de la presente invención. Se dispone una unidad de conmutación adecuada para conectar eléctricamente el electrodo E a los circuitos de control respectivos de las funciones que se han mencionado más arriba. Convenientemente, el electrodo E, cuando mide la señal de respuesta, es desconectado del generador de tensión (y es conectado al dispositivo de medición).

De acuerdo con lo que se conoce de la física de los plasmas que se desarrollan durante los procesos de combustión, si se introduce una carga externa en el plasma, la citada carga, debido al campo eléctrico que produce, provoca un movimiento de las cargas que constituyen el plasma; este movimiento aumenta a medida que aumenta la carga externa introducida. Sin embargo, existe un valor de campo eléctrico por encima del cual el flujo de partículas de carga no aumenta más (saturación). El movimiento es significativamente diferente para los electrones y para los iones: puesto que los electrones son mucho más ligeros y más pequeños, se mueven mucho más rápidamente y experimentan menos colisiones a lo largo de su recorrido. Esto significa que el fenómeno de saturación que se ha mencionado más arriba se produce mucho antes en el caso de los iones positivos, mientras que se produce más tarde para los electrones. El efecto macroscópico generado por la carga externa introducida debido al movimiento de las partículas de carga, es una alteración del campo eléctrico del plasma. Este campo eléctrico se propaga alrededor de la partícula a lo largo de una distancia del orden de la "Longitud de Debye". Esta distancia, como se ha mencionado más arriba, es mayor para los electrones, es decir, en los casos en que la carga introducida es positiva. Por otro lado, es más pequeño en el caso de iones positivos, es decir, cuando la carga introducida es negativa.

Volviendo al procedimiento de la invención, se aplica al electrodo E una señal de tensión eléctrica con una forma de onda determinada a lo largo del tiempo; este potencial es equivalente a la carga de interferencia que se ha mencionado en la descripción anterior. El electrodo asume un valor potencial determinado por el movimiento de las cargas de plasma causadas por la señal de tensión aplicada al electrodo y que responde a la dinámica que se ha descrito más arriba. Los cambios en este potencial son medidos a continuación por el circuito electrónico y procesados de la manera que se describirá a continuación.

El concepto subyacente del procedimiento de la invención es por lo tanto el hecho de que la tendencia de la señal de respuesta resultante en el electrodo E está determinada inequívocamente por la composición de la mezcla de combustible / aire antes de la combustión. El conocimiento de esta composición es esencial para poder predecir ciertos efectos clave del proceso de combustión, como las cantidades de CO₂ y CO producidas y la energía térmica producida. De esta forma, entre otras cosas, es posible compensar los efectos de gases distintos de los gases nominales a los que se hace referencia en el sector como G20 y G31. Por lo tanto, el conocimiento del número de aire (indicado en otro lugar por el símbolo " λ "), entendido como la relación entre la cantidad de aire en el proceso de combustión y la cantidad de aire para la combustión estequiométrica, permite producir un sistema para controlar la combustión de un aparato quemador de gas.

Más en particular, de acuerdo con la invención, se aplica una señal de tensión eléctrica periódica impulsada al electrodo E, y la citada señal tiene un efecto de interferencia sobre el movimiento de las cargas presentes en el plasma, de manera que el citado electrodo, una vez que el impulso aplicado ha cesado, asume un valor potencial determinado por el movimiento de las citadas cargas, que es medido por el circuito electrónico y se procesa de la manera que se describirá a continuación.

El procedimiento de la invención comprende esencialmente dos fases de macrooperación: una primera fase, indicada por A, de adquisición y procesamiento de datos relativos a las condiciones de operación aplicadas al quemador, y una segunda fase, indicada por B, de cálculo del número de aire λ o de la potencia térmica generada P, en una condición de operación real del quemador.

Ambas fases comprenden, a su vez, una secuencia de pasos operativos que se describirán en detalle a continuación.

En la descripción que sigue, se describirán las etapas que se refieren en particular al cálculo del número de aire λ , pero estas también se pueden aplicar de la misma manera a otros parámetros relacionados con el proceso de combustión.

Una primera etapa operativa de la fase A, indicada por A1, implica identificar y reproducir en el quemador una pluralidad (1, 2, ..., n) de condiciones de combustión, en cada una de las cuales se aplica una potencia respectiva P (P1, P2, ..., Pn) y para cada potencia (es decir, derivada de la combustión de un flujo correspondiente de mezcla combustible) se aplica un número de aire ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$), expresando el citado número de aire λ la relación entre la cantidad de aire en el proceso de combustión y la cantidad de aire para la combustión estequiométrica. Cada condición tam-

bién se puede repetir un número preestablecido de veces, con el fin de verificar que las mediciones realizadas no se vean afectadas por las condiciones de operación anómala del quemador o por deriva o por la variabilidad de la llama.

5 En una segunda etapa operativa subsiguiente indicada por A2, se aplica una señal de tensión eléctrica en cada una de las citadas condiciones de operación ($n * m$) (P_i, λ_j) al electrodo E.

A continuación se hará referencia a la elección de las condiciones de operación del quemador con valores de potencia y números de aire aplicados, entendiéndose que el procedimiento puede ser aplicado de manera similar con una elección alternativa de parámetros que caracterizan las condiciones de operación, por ejemplo con valores aplicados de concentración de energía y CO₂ (y / o CO).

10 En una tercera etapa A3, se realiza una medición, por ejemplo por medio de un muestreo, de la señal de tensión resultante en el electrodo E, calculando los parámetros respectivos de la forma de onda de la señal de respuesta para cada una de las citadas condiciones de operación aplicadas al quemador.

15 En una etapa operativo posterior adicional, indicada por A4, se calcula una función de interpolación o tabla de correlación, indicada por F, en base a los datos adquiridos previamente, adecuada para permitir la interpolación o correlación inequívoca de la potencia P, el número de aire λ y los parámetros característicos de la forma de onda de la señal de respuesta en el electrodo E en el proceso de combustión del quemador.

20 Convenientemente, se dispone que en la etapa operativa A2, en cada condición de operación preseleccionada del quemador (P_i, λ_j), se aplique una señal de tensión periódica impulsada S al electrodo E y se mide la tendencia a lo largo del tiempo de la señal de tensión eléctrica resultante S' en el electrodo (midiendo las dimensiones de los valores característicos de la señal), una vez que la aplicación de la señal impulsada S ha cesado.

25 La señal S comprende, durante el período de señal T, un primer impulso positivo N1 de amplitud preestablecida, seguido de un segundo impulso negativo N2 de amplitud preestablecida. Los tiempos de aplicación de los impulsos son preferiblemente los mismos, por ejemplo del orden de aproximadamente 10 milisegundos, siendo la duración del intervalo de tiempo entre el primer y el segundo impulso menor que la duración del intervalo de tiempo entre el segundo impulso y un primer impulso posterior, seleccionándose apropiadamente el periodo de la señal S, por ejemplo, preferiblemente en el orden de 50 milisegundos a 1 segundo, y más preferiblemente en el orden de aproximadamente 100 milisegundos. La amplitud del impulso de la señal S se selecciona de acuerdo con lo que convenga y es preferiblemente la misma en términos de valor absoluto para ambos impulsos N1 y N2.

30 Alternativamente, se puede disponer que la señal impulsada S no sea periódica. La figura 5 muestra la tendencia de la señal de tensión S' medida en el electrodo E después de la aplicación de los impulsos primero y segundo. Se ha observado que ambas formas de onda de la señal S' asociadas respectivamente con el primer y el segundo impulso tienen una tendencia exponencial decreciente en términos de valor absoluto con relación al potencial de tierra, con diferentes constantes de tiempo para cada una de ellas.

35 Las tendencias exponenciales tanto de la primera como de la segunda sección de la curva de la señal S' (como respuestas respectivamente al primer y segundo impulso) se caracterizan por constantes de tiempo respectivas τ_1 y τ_2 (o de forma equivalente por los gradientes respectivos a_1, a_2 de las tangentes en el origen de las curvas exponenciales respectivas). Las curvas exponenciales se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\text{impulso N1: } S'(t) = S_0 + K_1 e^{-t/\tau_1}$$

$$\text{impulso N2: } S'(t) = S_0 + K_2 e^{-t/\tau_2}$$

40 en las que K_1 y K_2 son dos constantes y S_0 representa una tensión residual que se ha observado en condiciones de operación y, por lo tanto, se introduce en cada una de las funciones exponenciales que caracterizan la respuesta a la señal S aplicada al electrodo E.

45 La figura 2 muestra esquemáticamente la tendencia de la función de correlación F relacionada con el trazado de los datos adquiridos en la fase A. El gráfico ilustra, a lo largo de los tres ejes cartesianos, la potencia (P), el tiempo (t) y la señal S' obtenida en las fases de adquisición de datos. Por ejemplo, para cada valor de potencia P aplicada, se informan las curvas de cada señal S' (caracterizadas por un par de valores para las constantes de tiempo τ_1, τ_2), medidas en la condición correspondiente del número de aire aplicado (P_i, λ_j).

Alternativamente, los valores asumidos por la función F se pueden representar en forma de una tabla de correlación, en la que los valores para la potencia P, el número de aire λ y las constantes de tiempo τ_1 y τ_2 están correlacionados para cada condición de operación aplicada al quemador.

La función de correlación o tabla F, obtenida en la fase A, sirve para correlacionar, de manera inequívoca, los parámetros significativos de las características de combustión (potencia y número de aire) con las constantes de tiempo respectivas de las funciones exponenciales características de la tendencia de la señal de respuesta S' medida en el electrodo E en el proceso de combustión del quemador.

5 Esta función de correlación o tabla F se utiliza de la manera que se describe a continuación, para evaluar el proceso de combustión en una condición de operación real del quemador, en otras palabras, para derivar los valores de los parámetros significativos del proceso de combustión (por ejemplo, potencia y número de aire) calculando los valores de las constantes de tiempo τ_1 y τ_2 que caracterizan la señal de respuesta S' con la señal S en esa condición de operación.

10 La segunda fase B proporciona los siguientes pasos operativos diseñados, por ejemplo, para calcular el número de aire en una condición de operación real del quemador.

Una de las aplicaciones posibles del procedimiento puede ser que la fase A se aplique a un aparato de muestra o caldera para identificar, mediante la función o tabla de correlación, la relación entre los parámetros de combustión, mientras que la fase B se aplica al mismo u otros aparatos para verificar y, si es necesario corregir, los parámetros de combustión en una condición de operación real del quemador respectivo.

15 Una primera etapa operativa, indicada por B1, proporciona la aplicación de la señal de tensión S al electrodo E y para la adquisición, en una segunda etapa operativa B2 de la señal eléctrica S' medida en el electrodo después de la aplicación de la señal S, de una manera completamente similar a la que se ha descrito para la fase A.

20 Una tercera etapa posterior B3 dispone el cálculo de las constantes de tiempo τ_1 y τ_2 (o equivalentemente, de los gradientes a_1 , a_2) que caracterizan las secciones respectivas de la curva relacionadas con la señal de respuesta S' a la señal impulsada S aplicada al electrodo E en la condición de operación real.

A partir del valor calculado de τ_2 es posible obtener, por medio de la función de correlación o tabla F, el valor de la potencia Px en el quemador que caracteriza la condición operativa en cuestión.

25 La figura 3 muestra el conjunto de curvas parametrizadas con el número de aire (λ_1 , λ_2 , λ_3 , ..., λ_n) que representan la tendencia de la constante τ_2 de acuerdo con los cambios en la potencia en el quemador. El gráfico de la figura 3 es, por lo tanto, una forma diferente de visualizar los datos presentes en la tabla o función F de la figura 2. Se debe observar que la potencia P es relativamente insensible a los cambios en el número de aire λ , y por lo tanto es posible estimar, con una buena aproximación, el valor de la potencia Px (o un rango limitado de valores de potencia) al cual corresponde el valor asumido por la constante τ_2 . Se puede hacer que, para un cierto valor de la constante τ_2 , el valor promedio de los valores de potencia visibles en el gráfico en τ_2 sea calculado.

30 Con el valor de la constante τ_1 , calculado en la etapa operativa B3, por otro lado, el valor del número de aire λ se lee por medio de la función o tabla F.

35 La figura 4 muestra el conjunto de curvas parametrizadas con el valor de potencia (P1, P2, ..., Pn) que representan la tendencia del número de aire λ de acuerdo con los cambios en la constante τ_1 . El gráfico de la figura 4 representa, por lo tanto, una forma diferente de visualizar los datos presentes en la tabla de correlación o la función F de la figura 2.

En el gráfico de la figura 4, con el fin de correlacionar de manera inequívoca la constante τ_1 con el número de aire λ (con referencia a la potencia P correspondiente), se prefiere excluir el área del gráfico que se refiere a valores de λ sustancialmente menores que 1.

40 Puesto que se ha observado que para valores de λ menores que 1, la tensión residual asume valores negativos marcadamente en desacuerdo con los valores asumidos para λ mayor que 1 (en un gráfico de tensión residual S' - número de aire λ , se observa una tendencia escalonada en la tensión residual en la etapa de valores de $\lambda < 1$ a $\lambda > 1$), en la fase de adquisición de datos A también se trazan las condiciones correspondientes a $\lambda < 1$, y se decide un valor umbral de tensión residual, debajo del cual se reconoce la combustión incorrecta.

45 De esto se deduce que por el valor de τ_1 calculado en la etapa B3, el valor de λ correspondiente a la potencia Px leída previamente en la función de correlación o en la tabla F se puede leer en el gráfico de la figura 4. El valor estimado del número de aire (λ_{estim}) que caracteriza el proceso de combustión de la condición operativa real analizada se lee a continuación. Se entiende que el procedimiento tiene una aplicación útil, incluso si uno se limita a identificar la potencia Px correlacionada con el valor de la constante de tiempo τ_2 como se ha explicado en las etapas anteriores.

50 Además, como se ha mencionado más arriba, es posible referirse en la fase B a una tabla de correlación, derivando de allí los valores de potencia (P_{estim}) y número de aire (λ_{estim}) correlacionado con los valores de las constantes de

tiempo tabuladas τ_1 y τ_2 , que son por lo tanto adecuados para caracterizar el proceso de combustión de la condición operativa real analizada.

5 Por medio de la función o tabla de correlación, se realiza un cálculo del valor del número de aire (λ_{estim}) correlacionado con el proceso de combustión de las condiciones de operación del quemador. Comparando λ_{estim} con el número de aire objetivo (λ_{ob}), es decir, el número adecuado para garantizar una combustión correcta y eficiente, es posible actuar sobre el sistema de control del quemador (actuando sobre el ventilador y / o la válvula moduladora de gas) para modificar las condiciones del proceso de combustión con el objetivo de acercarse al número de aire objetivo (λ_{ob}).

10 Puesto que pueden surgir fenómenos de deriva y afectar a las curvas que caracterizan la función de correlación o tabla F, producidos, por ejemplo, por el electrodo que se encuentra fuera de las tolerancias o por la degradación del electrodo debido al envejecimiento o desgaste, el procedimiento de la invención puede prever un ciclo de calibración o recentrado, que se puede basar en la observación de la corriente de ionización y / o en los valores de las constantes de tiempo características τ_1 y τ_2 (o de forma equivalente, en los valores de los gradientes respectivos a_1 , a_2).

15 El ciclo de calibración puede permitir, por ejemplo, que el quemador opere con mezclas de aire / combustible cada vez más ricas, aumentando el porcentaje del flujo de gas entregado al quemador. En estas condiciones, el número de aire λ tiende a reducirse gradualmente desde valores > 1 a valores < 1 , pasando por la condición de $\lambda = 1$, en la que se sabe que la corriente de ionización tiene un valor máximo y la constante de tiempo τ_1 tiene un valor mínimo. El ciclo dispone que, en función de la condición de operación identificada por $\lambda = 1$ (en la que se mide la corriente de ionización máxima o el valor mínimo de la constante característica τ_1), se comienza a aumentar la cantidad de aire suministrado, actuando de acuerdo con la velocidad del ventilador hasta que se alcanza un estado en el que el flujo de aire aumenta, por ejemplo, un 30%, alcanzando en este estado un valor de número de aire correspondientemente mayor ($\lambda = 1,3$); cuando la constante de tiempo τ_1 se usa, después de identificar el valor mínimo de τ_1 para $\lambda = 1$ es posible encontrar el valor de τ_1 correspondiente a la combustión en $\lambda = 1,3$ multiplicando el valor por una constante adecuadamente identificada.

25 Con respecto a esta condición operativa conocida, las curvas de la función de correlación o tabla F se pueden actualizar y calibrarse, recuperando cualquier desviación o derivación acumulada previamente.

30 Usando el procedimiento anterior, también es posible diagnosticar condiciones del aparato que difieren de las condiciones nominales, por ejemplo, causadas por el hecho de que el electrodo se encuentre fuera de las tolerancias o por la degradación del electrodo debido al envejecimiento. Para lograr este fin, es suficiente usar, en lugar de λ_j , un parámetro adecuado que represente la condición del aparato (nominal o anómala) existente en la condición "j".

También se debe hacer notar que, a diferencia de los procedimientos conocidos para monitorizar y controlar la combustión, el procedimiento de la invención, basado en mediciones de tensión, no está basado en la medición de la corriente de ionización y, por lo tanto, se ve menos afectado por problemas derivados del desgaste y envejecimiento de los electrodos.

35 Otra ventaja está relacionada con la velocidad con la que se obtiene la respuesta a la señal de tensión aplicada al electrodo, lo que hace que el procedimiento sea extremadamente rápido en comparación con las soluciones conocidas.

40 Otra ventaja adicional reside en el hecho de que el electrodo utilizado en el procedimiento de la invención hace posible usar potenciales de tensión bastante bajos. Esta propiedad hace que el electrodo sea menos costoso en comparación con las soluciones tradicionalmente propuestas.

Una ventaja adicional es que el procedimiento de la invención dispone ventajosamente el uso de un solo electrodo para aplicar la señal de tensión en la llama y recibir la señal de respuesta.

45 Un sistema para controlar y regular la combustión, para el quemador 1, que opera con el procedimiento de la invención proporciona, por ejemplo, las siguientes fases operativas, con referencia al gráfico de la figura 6, en el que la abscisa expresa el número de revoluciones (n) del ventilador, las ordenadas del cuadrante superior expresan la corriente (I) de actuación de la válvula de gas modulante, y las ordenadas del cuadrante inferior expresan el caudal (Q) del gas suministrado (correlacionado con la necesidad de potencia).

50 Las curvas de regulación C, C' de los parámetros que se han mencionado más arriba están predeterminadas típicamente en el circuito de control, como se ilustra en el diagrama. Por lo tanto, por ejemplo, un número de revoluciones n_1 y una corriente I_1 corresponden a una necesidad Q_1 .

Si la potencia necesaria cambia de Q_1 a Q_2 , el número de revoluciones aumenta a n_2 , en esta condición el circuito de control asocia el valor actual n_2 con el modulador. Estos valores están correlacionados con un número de aire objetivo (λ_{ob}) considerado óptimo para la combustión. En esta nueva condición de operación, el número de aire efectivo (λ_{estim}) se calcula utilizando el procedimiento que se ha descrito más arriba, y se realiza una comparación entre

5 λ_{ob} y λ_{estim} , haciendo las correcciones apropiadas a los parámetros de corriente I o de número de revoluciones n, para obtener un número de aire esencialmente coincidente con el número de aire objetivo. Preferiblemente, la corriente al modulador se altera, por ejemplo, incrementándola al valor I2'. En este punto, la curva operativa C se actualiza adicionalmente para el número de aire igual al número de aire objetivo, y por lo tanto se convierte en la curva C'.

10 La actualización de la curva de regulación se puede realizar, por ejemplo, acumulando un cierto número de puntos de corrección y calculando la curva de regresión que se correlaciona con ellos, convirtiéndose la citada curva en la nueva curva de regulación. Alternativamente, es posible realizar una corrección exclusivamente, en su caso, en cada punto de operación, en función de la comparación $\lambda_{ob} / \lambda_{estim}$ sin identificar una nueva curva de operación (por medio de regresión lineal).

15 El sistema de regulación que se ha descrito más arriba representa simplemente un ejemplo no limitativo para la aplicación del sistema de monitorización y control de combustión de la invención. Se entiende que mediante este procedimiento es posible disponer lógicas específicas para controlar y regular el quemador de acuerdo con las necesidades operativas y del sistema respectivas, proporcionando las citadas lógicas una comparación entre un número de aire objetivo, óptimo para la combustión, y el número de aire calculado por el procedimiento de la invención.

Por lo tanto, la invención alcanza los objetivos propuestos, superando las limitaciones señaladas con respecto a la técnica anterior, demostrando las ventajas que se han descrito con respecto a las soluciones conocidas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para monitorizar y controlar la combustión en un quemador de gas combustible de premezcla (1) con ventilador, del tipo que comprende un sensor con un electrodo (E) colocado en la llama o en las proximidades de la misma y adecuado para ser alimentado por un generador de tensión así como para conectarse a un circuito electrónico adecuado para medir el potencial resultante en el electrodo, el citado procedimiento comprende:
- una primera fase de adquisición y procesamiento de datos de una serie de condiciones de combustión del quemador, que comprende los siguientes pasos:
 - identificar una pluralidad de condiciones de combustión del quemador (1), en cada una de las citadas condiciones
 - aplicar en el quemador una potencia (P_1, P_2, \dots, P_n) derivada de la combustión de un caudal correspondiente de mezcla combustible, y aplicar a cada potencia un valor de número de aire ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$), expresando el citado número de aire la relación entre la cantidad de aire en el proceso de combustión y la cantidad de aire para la combustión estequiométrica,
 - aplicar, en cada una de las citadas condiciones de prueba ($n * m$) (P_i, λ_j), una señal de tensión eléctrica impulsada (S) al citado electrodo (E) y medir la tendencia en el tiempo de la señal eléctrica resultante (S') al electrodo una vez que ha cesado la aplicación de la señal impulsada (S), comprendiendo la citada señal aplicada al electrodo (E), en el período de la señal (S), un primer impulso (N1) de amplitud positiva, seguido por un segundo impulso (N2) de amplitud negativa,
 - identificar, para cada una de las citadas condiciones de combustión, la curva de la tendencia a lo largo del tiempo de la señal de respuesta (S') en el electrodo (E), expresándose la citada tendencia para cada impulso (N1, N2) mediante una función exponencial que disminuye en términos absolutos a lo largo del tiempo,
 - calcular, para una primera sección de la curva relacionada con el primer impulso (N1), así como para una segunda sección de la curva relacionada con el segundo impulso (N2), las constantes de tiempo primera y segunda (τ_1, τ_2) respectivas, características de la tendencia exponencial para las secciones de curva primera y segunda respectivas,
 - obtener de esta manera una función de interpolación o tabla de correlación (F), basada en los datos de prueba adquiridos, adecuada para interpolar o correlacionar inequívocamente al menos un parámetro significativo de las características de combustión (potencia o número de aire) con las constantes de tiempo respectivas de las funciones exponenciales características de la tendencia en la señal de respuesta medida en el electrodo, en el proceso de combustión del quemador,
 - comprendiendo el citado procedimiento una segunda fase de cálculo del número de aire (λ) en una condición de operación real del quemador, que comprende los siguientes pasos:
 - adquirir en la citada condición de operación la señal de respuesta eléctrica medida en el electrodo después de la aplicación de la señal impulsada,
 - calcular, para la citada condición de operación del quemador, las citadas constantes de tiempo primera y segunda (τ_1, τ_2) características de las respectivas secciones de curva relacionadas con la tendencia en la señal de tensión resultante en el electrodo, después de la aplicación de la citada señal impulsada,
 - calcular el valor estimado del número de aire (λ_{estim}) utilizando la función de interpolación o la tabla de correlación (F) que correlaciona la potencia (P) y el número de aire (λ) con las constantes de tiempo (τ_1, τ_2) característica de la curva relacionada con la tendencia en la señal de respuesta (S') medida en el electrodo (E).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se hace la provisión, en la citada segunda fase, para obtener preliminarmente el valor de potencia (Px) característico de la condición operativa del quemador, introduciendo en la citada función de interpolación o tabla de correlación (F) el valor de la segunda constante de tiempo (τ_2) calculada para la citada condición de operación, y para obtener posteriormente el valor estimado del número de aire (λ_{estim}) para la citada condición operativa, introduciendo en la citada función de interpolación o tabla de correlación (F) el valor de potencia (Px) y el valor de la primera constante de tiempo (τ_1) calculada para la citada condición de operación.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la señal impulsada (S) aplicada al electrodo (E) es periódica.
- 5 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que se hace la provisión para registrar el valor de una tensión residual (S_0), con el fin de expresar la función exponencial de la señal de respuesta (S') en el electrodo (E) con respecto a las constantes de tiempo (T_1 , T_2).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el citado quemador:
- una cámara de combustión,
 - un primer tubo adecuado para introducir aire en la citada cámara de combustión,

10

 - primeros medios de regulación asociados con el citado primer tubo, adecuados para variar la cantidad de aire introducido en el citado primer tubo,
 - un segundo tubo adecuado para introducir un gas combustible en la citada cámara de combustión,
 - segundos medios de regulación asociados con el citado segundo tubo, adecuados para variar la cantidad de gas introducido en el citado segundo tubo;

15
- comprendiendo el citado procedimiento las fases adicionales de:
- establecer uno de los citados medios de regulación primero y segundo en un primer valor de ajuste,
 - asociar, sobre la base de las curvas de regulación preestablecidas en el circuito de control, un valor de ajuste correspondiente para los otros medios de regulación, correlacionándose los citados

20

 - valores con un número de aire objetivo (λ_{ob}) considerado óptimo para la combustión,
 - calcular, en la condición de operación lograda, el valor real del número de aire (λ_{estim}) usando el procedimiento de una o más de las reivindicaciones precedentes,
 - comparar el número de aire objetivo (λ_{ob}) con el número de aire real (λ_{estim}) y corregir uno y / u otro de los citados primer y segundo medios de regulación de tal manera que se obtenga un número de

25

 - aire real (λ_{estim}) esencialmente coincidente con el número de aire objetivo (λ_{ob}).
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que los citados primeros medios de regulación comprenden un ventilador con una curva de regulación preseleccionada (número de revoluciones - flujo de aire), y los citados segundos medios de regulación comprenden una válvula de gas del tipo modulador con una curva de regulación preseleccionada (corriente - flujo de gas), siendo los citados valores de ajuste la
- 30
- velocidad del ventilador y / o la corriente piloto del modulador de la válvula.
7. Sistema para controlar la combustión en un quemador de gas combustible de premezcla (1) con ventilador de un aparato de gas combustible, que comprende un sensor (8) dispuesto en la proximidad de la llama del quemador con un electrodo (E) colocado en la llama o en su proximidad y adecuado para ser alimentado por un generador de tensión así como conectado también a un circuito electrónico adecuado para medir el potencial resultante en el electrodo (E), operando el citado sistema de acuerdo con el procedimiento de una o más de las reivindicaciones precedentes.
- 35

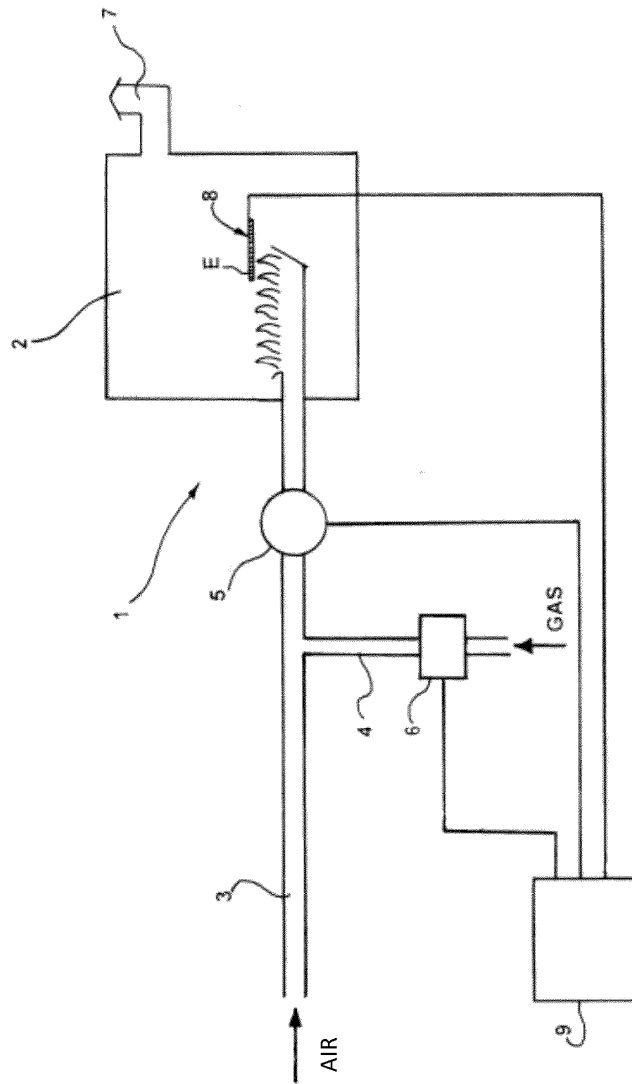


FIG.1

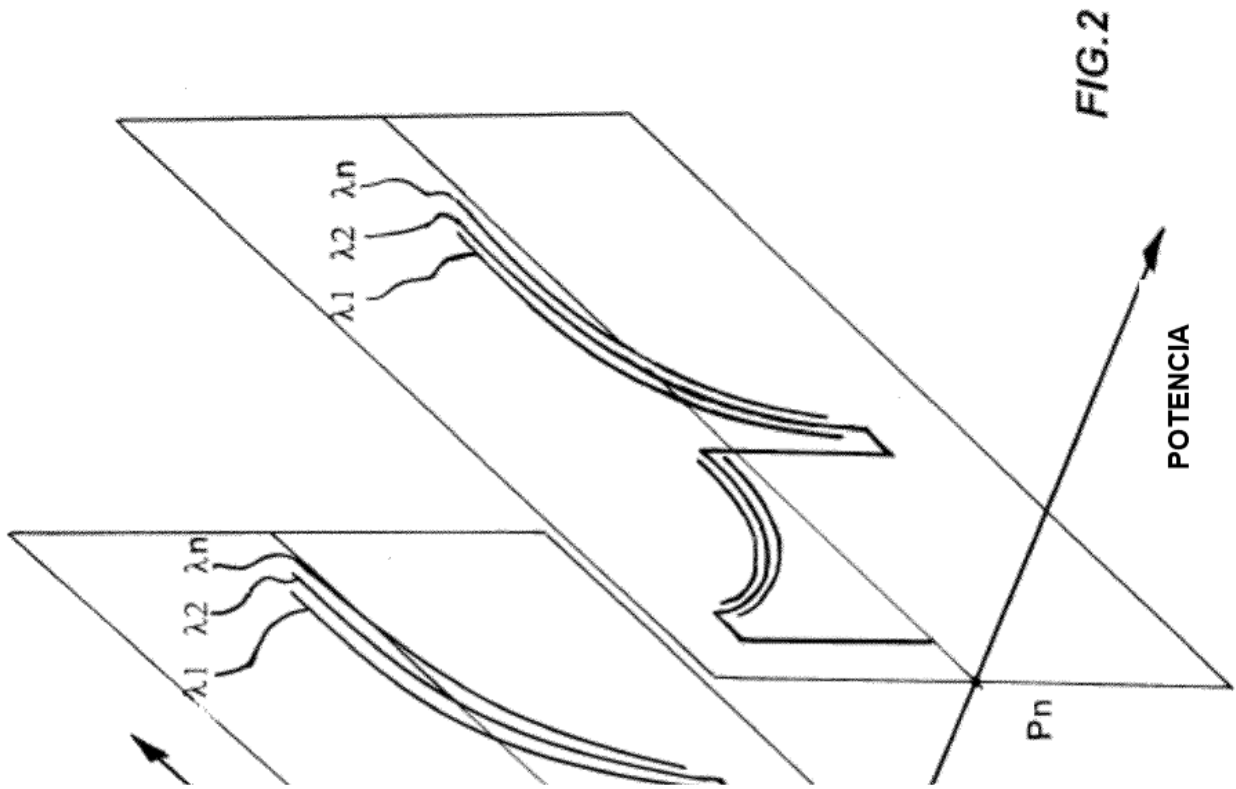


FIG.2

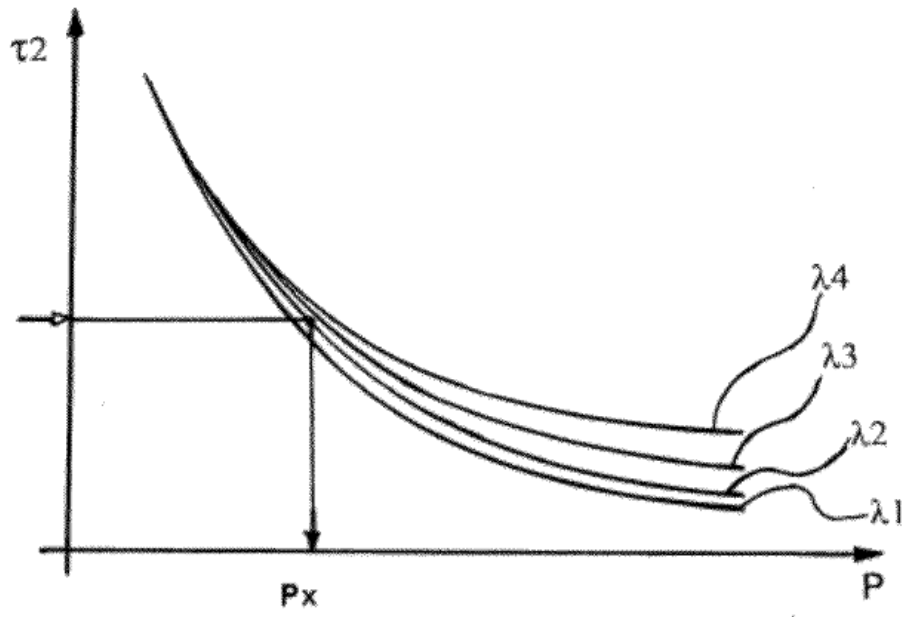


FIG.3

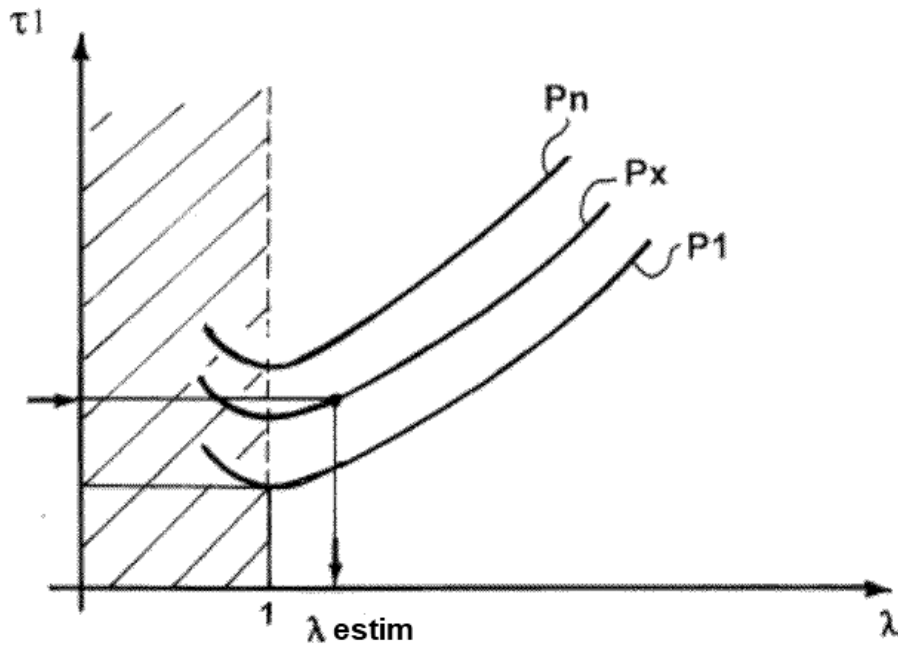


FIG.4

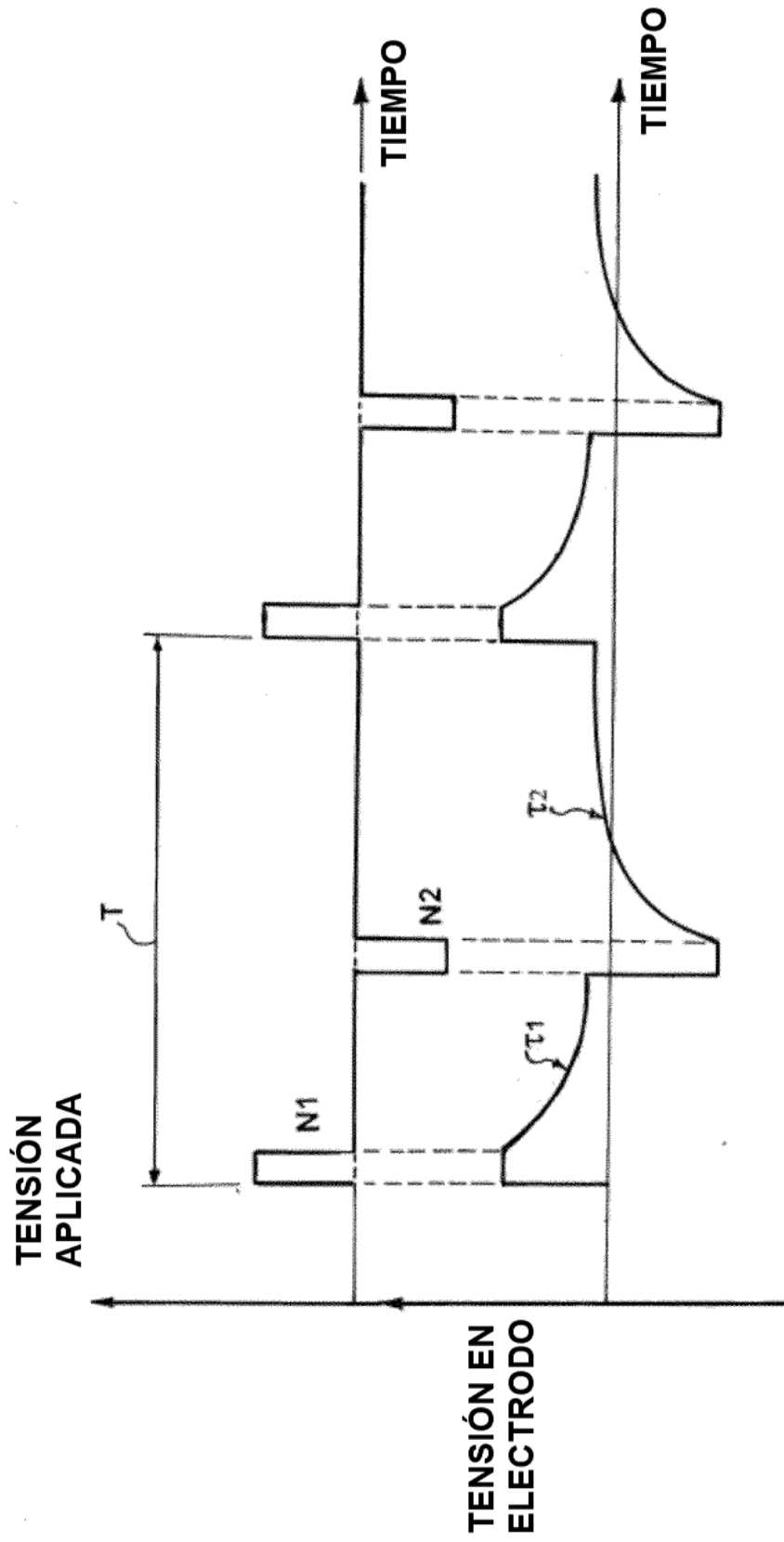


FIG.5

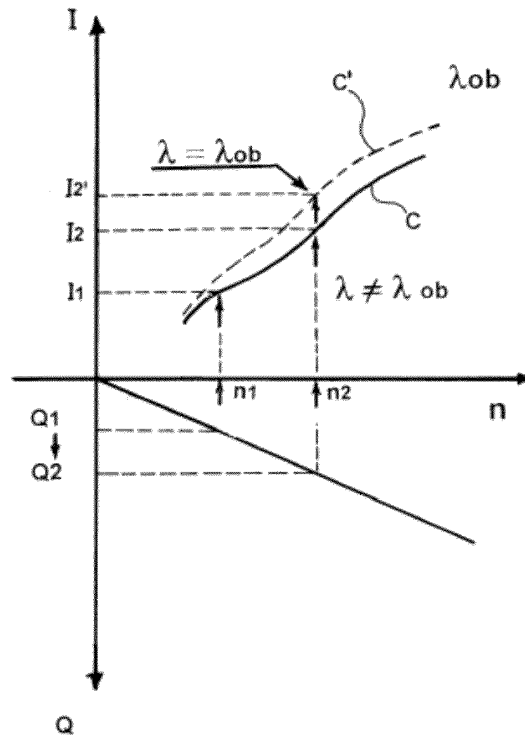


FIG.6