

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 473 592**

51 Int. Cl.:

F23N 5/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2006 E 06020672 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 1906092**

54 Título: **Procedimiento para la regulación de un proceso de combustión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.07.2014

73 Titular/es:

**STEAG POWITEC GMBH (100.0%)
Im Teelbruch 134b
45219 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**WINTRICH, FRANZ y
STEPHAN, VOLKER**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 473 592 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 proceso de combustión

5 La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de un proceso de combustión, con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

10 En un procedimiento de este tipo conocido por el documento JP 04-076307 A y de una instalación que funciona con el mismo se lleva a cabo una regulación por medio de un bucle de control construido de forma sencilla. El documento EP 0 955 499 A2 y el documento CH 663 999 A5 dan a conocer instalaciones y procedimientos correspondientes. Por medio de sensores adicionales podría tener lugar una optimización de la regulación cuando el comportamiento de transición del bucle de control se conociera con mayor exactitud.

15 La presente invención se basa en el objetivo de mejorar un procedimiento del tipo mencionado al principio en el sentido de que pueda desarrollarse de forma automatizada. Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Otras configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

20 Representándose para grupos de estados comparables el comportamiento del bucle de control real con respecto al comportamiento de un bucle de control con un regulador estándar, se proporcionan funciones de transición, por medio de las cuales son posibles mejores predicciones de estados futuros y una regulación optimizada.

25 La invención puede utilizarse en distintas instalaciones termodinámicas estacionarias, en particular centrales eléctricas, plantas de incineración de basuras y plantas de cemento.

A continuación se explica en detalle la invención por medio de un ejemplo de realización representado en el dibujo.

Muestran

30 la figura 1 una representación esquemática de una instalación,

la figura 2 una representación esquemática de la tabla de las parejas de variables de estado correlacionadas con los grupos asociados de estados comparables, y

35 la figura 3 una representación esquemática de un salto y la respuesta gradual en una pareja de variables de estado correlacionadas.

40 Una instalación 1, por ejemplo una central térmica de carbón, central eléctrica de petróleo o central eléctrica de gas, una planta de incineración de basuras o una planta de cemento, con generación de vapor integrada comprende un horno 3, por lo que debe entenderse también una parrilla, un regulador 5 convencional, al menos un sensor 7, al menos un dispositivo de ajuste 9, y un ordenador 11.

45 Al horno 3 se alimenta combustible u otro material que va a transformarse, denominado de forma abreviada como material G, por ejemplo carbón, petróleo, gas, basura, cal o similares, así como aire (u oxígeno) primario y aire (u oxígeno) secundario, denominado de forma abreviada como aire L, controlándose esta alimentación mediante los dispositivos de ajuste 9. La activación de un dispositivo de ajuste 9 se denomina acción. En el horno 3 tiene lugar un proceso de combustión, en el que como fin principal o secundario se genera vapor. Los sensores 7 registran, a lo largo del tiempo t, distintos datos de la instalación 1, por ejemplo la alimentación de material G y aire L, imágenes del cuerpo de llama F en el horno 3, la cantidad de vapor generada D o vaporización específica dD/dt, 50 concentraciones de gas y de sustancias nocivas en el gas de escape o temperaturas.

Mediante al menos el horno 3 como tramo (de regulación), el sensor 7 para el registro de la cantidad de vapor D o vaporización específica dD/dt, el regulador 5 y los dispositivos de ajuste 9 se define un bucle de control. Al ordenador 11 pueden estar conectados sensores 7 adicionales. Para la activación el ordenador 11 está conectado al 55 menos al regulador 5, opcionalmente también directamente a los dispositivos de ajuste 9. Los sensores 7 registran, tan adecuadamente como sea posible, el estado del sistema que está definido por distintas variables de estado. Algunas de las variables de estado, en concreto las magnitudes de ajuste o magnitudes de entrada x, están asociadas a los dispositivos de ajuste 11 individuales y sus posibilidades de activación. Otras variables de estado que pueden registrarse, por ejemplo la cantidad de vapor D o vaporización específica dD/dt son magnitudes de salida y, en las que se determina la desviación del valor real con respecto al valor teórico. Por otra parte, otras 60 variables de estado, por ejemplo el poder calorífico del material G, son magnitudes perturbadoras, que no pueden registrarse directamente.

El ordenador 11 optimizará la regulación efectuada por el regulador 5. Para ello se examina de acuerdo con la 65 invención el comportamiento del bucle de control, para registrar y aprender las funciones de transición en el sistema de la instalación 1.

5 Se muestra que determinadas parejas de variables de estado están correlacionadas, es decir, muestran en su comportamiento una relación más estrecha que otras combinaciones posibles. Para cada pareja de variables de estado correlacionadas, por ejemplo la cantidad de aire L alimentado como una magnitud de entrada x y la vaporización específica dD/dt como una magnitud de salida y, se traza una tabla, que establece variaciones dx/dt de la magnitud de entrada x en relación a variaciones dy/dt de la magnitud de salida y. En cambio, pueden estar también correlacionadas dos magnitudes de salida, por ejemplo el contenido en oxígeno y el contenido en dióxido de azufre en el gas de escape, de modo que obtienen una tabla propia.

10 Cada tabla contiene por ejemplo tres filas y tres columna, es decir, nueve celdas. Las tres columnas representan un aumento de la magnitud de entrada x ($dx/dt > 0$), una magnitud de entrada que permanece al menos aproximadamente constante x ($dx/dt = 0$) y una reducción de la magnitud de entrada x ($dx/dt < 0$). Las tres filas representan un aumento de la magnitud de salida y ($dy/dt > 0$), una magnitud de salida que permanece al menos aproximadamente constante y ($dy/dt = 0$) y una reducción de la magnitud de salida y ($dy/dt < 0$). Las celdas
15 individuales representan por lo tanto en cada caso un grupo determinado de estados Z, opcionalmente transitorios, que son comparables con respecto a las variaciones de las dos variables de estado x e y correlacionadas.

20 Para llenar las celdas de la tabla con contenidos, se aplica que el sistema se regula por un regulador estándar ficticio, en el presente caso un regulador PID. El regulador PID puede caracterizarse de manera en sí conocida por tres parámetros, en concreto el factor de refuerzo proporcional K_p , el tiempo de restitución T_N y el tiempo de acción derivada T_v . Estos tres parámetros se utilizan en cada celda. La respuesta gradual, es decir la respuesta del regulador PID a un salto en su entrada, muestra por ejemplo una sobreoscilación como estado transitorio con aproximación posterior al nuevo estado. La celda central reproduce el estado en el valor teórico.

25 Los parámetros en las tablas así preparadas se adaptan en el ordenador 11 a datos de estados reales, que se obtienen por ejemplo en primer lugar mediante una puesta en marcha especial de estados y más tarde se obtienen preferentemente a partir del funcionamiento en marcha. A este respecto los parámetros de cada celda se determinan de acuerdo con métodos estadísticos a partir de los datos de los estados correspondientes. Pueden usarse
30 procedimientos de aprendizaje corrientes. Para un mejor procesamiento para el ordenador 11 pueden ponerse en fila uno tras otro los parámetros de todas las celdas de todas las tablas. Este campo unidimensional se denomina genoma.

35 Con la tabla rellena el ordenador 11 puede encontrar ahora mejores predicciones y, por lo tanto, optimizar la regulación del regulador 5. Si varía el estado del sistema, por ejemplo mediante el aumento de una magnitud de salida y con una magnitud de entrada x constante, entonces el ordenador 11 busca la celda con el grupo de estados comparables Z, que a partir de su orden en las tablas es el siguiente al estado actual, es decir, en el ejemplo seleccionado $dx/dt = 0$ y $dy/dt > 0$. Por medio de los K_p , T_N y T_v almacenados el ordenador 11 puede estimar la evolución temporal adicional del estado. Teniendo en cuenta la información que se proporciona por sensores 7
40 adicionales, en particular la imagen del cuerpo de llama F junto con procesamiento de imágenes asociado, el ordenador 11, en el que preferentemente está implementada una red neuronal, puede predecir estados futuros, que determinan la acción adecuada y el regulador 5, en particular por medio de la variación de los valores teóricos, u opcionalmente activar directamente los dispositivos de ajuste 9, para contrarrestar de forma prematura la transición a estados indeseados. Con una regulación de este tipo pueden conseguirse distintos objetivos, por ejemplo mantener mínimas las desviaciones del valor real de la vaporización específica dD/dt con respecto al valor teórico o
45 minimizar las concentraciones de sustancias nocivas en el gas de escape.

50 La posibilidad de contrarrestar de forma prematura una transición a estados indeseados, es decir, limitar la repercusión de magnitudes de perturbación, permite hacer funcionar la instalación 1 de forma muy próxima a la vaporización específica dD/dt máxima permitida. Una magnitud de perturbación especialmente interesante es el poder calorífico del material G. En el caso de un poder calorífico decreciente con un flujo másico constante del material G disminuye la vaporización específica dD/dt, de modo que debería aumentarse el flujo másico. Esto mismo se aplica a un poder calorífico creciente. Con ayuda de la tabla y de las funciones de transición contenidas en la misma puede reconocerse de un mejor modo el estado actual y evaluarse de un mejor modo una variación del poder calorífico y sus repercusiones, de modo que puede reajustarse de forma prematura, sin que se varíe esencialmente
55 la vaporización específica dD/dt.

Lista de números de referencia

60	1	instalación
	3	horno
	5	regulador
	7	sensor
	9	dispositivo de ajuste
	11	ordenador
65	D	cantidad de vapor
	dD/dt	vaporización específica

	F	cuerpo de llama
	G	material
	L	aire
5	K_p	factor de refuerzo proporcional
	t	tiempo
	T_H	tiempo de restitución
	T_v	tiempo de acción derivada
	x	magnitud de entrada
	dx/dt	variación de la magnitud de entrada
10	y	magnitud de salida
	dy/dt	variación de la magnitud de salida
	Z	estado

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de un proceso de combustión en una instalación (1), en particular una central eléctrica, una planta de incineración de basuras o una planta de cemento, en la que se transforma material (G) con alimentación de aire (L) por medio del proceso de combustión y el estado del sistema en la instalación (1) se describe mediante variables de estado (x, y) y se regula al menos por medio de un bucle de control (3, 5, 7, 9), caracterizado por que para al menos una pareja de variables de estado correlacionadas (x, y) se definen grupos de estados (Z), que son comparables con respecto a variaciones (dx/dt, dy/dt) de las variables de estado correlacionadas (x, y), caracterizándose cada grupo de estados comparables (Z) con respecto a sus funciones de transición por parámetros (K_p , T_n , T_v) de un regulador estándar, y adaptándose los parámetros (K_p , T_n , T_v) a datos de estados reales, y por que en el caso de variaciones del estado del sistema en la instalación (1) se seleccionan los grupos más cercanos de estados comparables (Z) y se utilizan para la regulación sus funciones de transición caracterizadas por los parámetros (K_p , T_n , T_v).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que para cada pareja de variables de estado correlacionadas (x, y) las combinaciones posibles de variables de estado (x, y) que se aumentan, que permanecen al menos aproximadamente constantes y que se reducen definen en cada caso un grupo de estados comparables (Z), que se ordenan preferentemente en una tabla.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que se forman nueve combinaciones.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada grupo de estados comparables (Z) se caracteriza con respecto a sus funciones de transición por parámetros (K_p , T_n , T_v) de un regulador PID.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los parámetros (K_p , T_n , T_v) se adaptan estadísticamente a datos de estados reales.
6. Instalación (1), en particular central eléctrica, planta de incineración de basuras o planta de cemento, que se regula por medio de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, con un horno (3), en el que el material (G) se transforma con alimentación del aire (L) por medio del proceso de combustión, un regulador (5), al menos un sensor (7) para la medición de una variable de estado (x, y), al menos un dispositivo de ajuste (9), en la que al menos el horno (3), el regulador (5), el sensor (7) y el dispositivo de ajuste (9) definen el bucle de control (3, 5, 7, 9), y un ordenador (11), que optimiza la regulación efectuada por el regulador (5), caracterizada por que el ordenador (11) define los grupos de estados comparables (Z), adapta los parámetros (K_p , T_n , T_v) a datos de estados reales, en el caso de variaciones del estado del sistema en la instalación (1) selecciona los grupos más cercanos de estados comparables (Z) y usa sus funciones de transición caracterizadas por los parámetros (K_p , T_n , T_v) para predecir estados futuros y para la activación del regulador (5) y/o del dispositivo de ajuste (9).
7. Instalación de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por que en el ordenador (11) está implementada una red neuronal, por medio de la cual el ordenador (11) predice estados futuros, determina una acción adecuada y controla el regulador (5) y/o el dispositivo de ajuste (9).
8. Instalación de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada por que el ordenador (11) para predecir estados futuros además de las funciones de transición caracterizadas por los parámetros (K_p , T_n , T_v) incluye información adicional, en particular procedente del procesamiento de imágenes de la imagen de un cuerpo de llama (F), que se forma durante la conversión del material (G).
9. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizada por que el ordenador (11) activa el regulador (5) por medio de la variación de los valores teóricos de variables de estado (x, y).

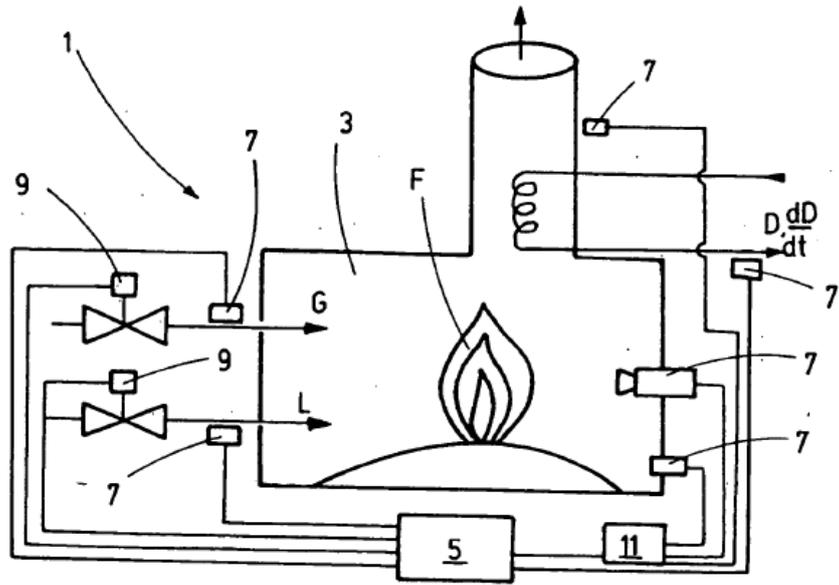


Fig.1

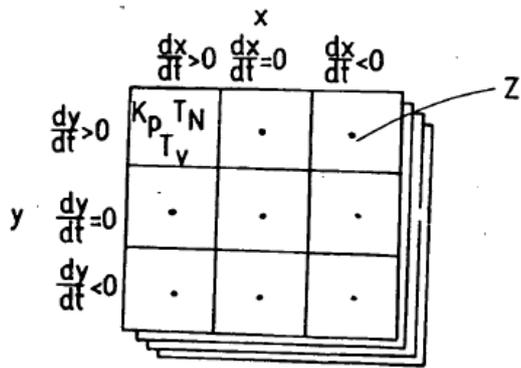


Fig.2

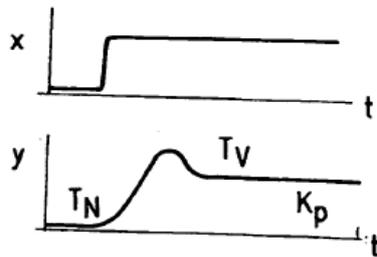


Fig.3