

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 908**

51 Int. Cl.:

F02C 7/228 (2006.01)

F02C 9/28 (2006.01)

F02C 9/34 (2006.01)

F23R 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2010 PCT/US2010/036069**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.12.2010 WO10138507**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2010 E 10721242 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2435681**

54 Título: **Método para estabilizar una cámara de combustión mediante puesta a punto por fraccionamiento de flujo de combustible**

30 Prioridad:

24.05.2010 US 786189

26.05.2009 US 181253 P

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

26.02.2019

73 Titular/es:

**ANSALDO ENERGIA IP UK LIMITED (100.0%)
5th Floor, North Side, 7/10 Chandos Street,
Cavendish Square
London W1G 9DQ, GB**

72 Inventor/es:

**DEMOUGEOT, NICOLAS;
GAUTHIER, DONALD;
RIZKALLA, HANY;
STUTTAFORD, PETER y
OUMEJJLOUD, KHALID**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 701 908 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para estabilizar una cámara de combustión mediante puesta a punto por fraccionamiento de flujo de combustible

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a poner a punto automáticamente un motor de turbina de gas. Más específicamente, se identifican un proceso y un sistema para proporcionar un sistema de control para poner a punto automáticamente el motor de turbina de gas ajustando incrementalmente uno o varios fraccionamientos de flujo de combustible dentro de una cámara de combustión o ajustando incrementalmente la temperatura del combustible gaseoso.

10

Antecedentes de la invención

15

Los motores de turbina de gas operan produciendo trabajo o empuje mecánico. Específicamente, los motores de turbina de gas terrestres tienen típicamente un generador acoplado para generar electricidad. El eje del motor de turbina de gas está acoplado al generador. La energía mecánica del eje se usa para accionar un generador para suministrar electricidad a al menos una red de potencia. El generador está en comunicación con uno o varios elementos de una red de potencia a través de un disyuntor principal. Cuando el disyuntor principal está cerrado, puede fluir corriente eléctrica desde el generador a la red de potencia cuando hay demanda de electricidad. La toma de corriente eléctrica del generador hace que se aplique una carga a la turbina de gas. Esta carga es esencialmente una resistencia aplicada al generador que la turbina de gas debe superar para mantener la salida eléctrica del generador.

20

25

Cada vez se usa más un sistema de control para regular la operación del motor de turbina de gas. En la operación, el sistema de control recibe una pluralidad de indicaciones que comunican las condiciones operativas actuales del motor de turbina de gas incluyendo las presiones, las temperaturas, los caudales de combustible y las frecuencias del motor. En respuesta, el sistema de control efectúa ajustes en las entradas del motor de turbina de gas, cambiando por ello el rendimiento del motor de turbina de gas en base a la pluralidad de indicaciones a la luz de tablas de consulta codificadas en el sistema de control. Con el tiempo, este rendimiento puede caer fuera de un rango operativo preferido debido a degradación mecánica del motor de turbina de gas o a cambios en las condiciones operativas tales como la temperatura ambiente o los constituyentes del combustible. Por ejemplo, el motor de turbina de gas puede empezar a operar superando los límites de emisiones regulados. Como tal, hay que efectuar múltiples puestas a punto manuales para actualizar el sistema de control. La puesta a punto manual requiere mucha mano de obra y puede crear ineficiencias relativas al mercado, tales como tiempo de parada prolongado del motor de turbina de gas y error del operador durante la puesta a punto. Además, dado que hay intervalos de tiempo específicos en los que la puesta a punto manual puede no estar disponible (por ejemplo, eventos de alta dinámica), pero donde realizar una operación de puesta a punto sería beneficioso como protección contra el daño potencial del equipo físico, la puesta a punto automática realizado durante dichos intervalos logrará los beneficios que no se logran típicamente con la puesta a punto manual.

30

35

40

45

Un ejemplo de una puesta a punto automática se describe en el documento US2006254279. Sin embargo, tal solución no es suficientemente eficiente y fiable.

Resumen de la invención

Según la presente invención, se facilita una nueva forma de supervisar condiciones operativas de un motor de turbina de gas y que responde a condiciones que exceden de límites superiores predeterminados. Inicialmente, varias condiciones operativas del motor pueden ser supervisadas. A modo de ejemplo, dichas condiciones operativas pueden incluir, aunque sin limitación, emisiones, y modos de dinámica de cámara de combustión, tales como Apagado por mezcla pobre (LBO), Tono frío (CT), Tono caliente (HT) y Chirrido. Cuando una condición operativa supervisada excede de uno o varios de los límites superiores predeterminados, se cambia un parámetro de motor para ajustar esta condición poniéndola dentro de los límites, poniendo a punto por ello el motor de turbina de gas.

50

55

Más específicamente, las fluctuaciones de presión, también llamadas dinámica de combustión, pueden ser detectadas (por ejemplo, utilizando transductores de presión) en cada cámara de combustión del motor de turbina de gas. A continuación, se puede aplicar una transformada de Fourier a las señales de presión para convertir las señales de presión a un formato de amplitud en función de la frecuencia. La amplitud máxima en la banda de frecuencia predeterminado, dentro de un período de tiempo, puede ser comparada con un límite de presión superior predeterminado, o límite de nivel de alarma. Inherente a la comparación, cuando se conoce que el límite superior de presión es excedido por la amplitud máxima, se lleva a cabo una acción correctiva apropiada. En algunos casos, la acción apropiada se lleva a cabo manualmente. En otro caso, el sistema de control implementa la acción apropiada. Por ejemplo, el sistema de control puede iniciar un proceso de alterar uno o varios fraccionamientos de flujo de combustible dentro de un circuito de combustible de la cámara de combustión. Un objeto de la presente invención es

60

65

proporcionar una invención implementada por ordenador, un sistema y un medio legible por ordenador para poner a punto una turbina de gas. Este objeto puede lograrse con los elementos de las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones se caracterizan por las reivindicaciones dependientes. En el sentido que se describe aquí, la expresión "incremento predefinido" no se interpreta como limitación, sino que puede abarcar un amplio rango de ajustes de los fraccionamientos de flujo de combustible. En un caso, el incremento predefinido es una cantidad de ajuste uniforme que se aplica sistemáticamente a uno o varios de los fraccionamientos de flujo de combustible. En otro caso, la cantidad predefinida es una cantidad de ajuste variada que se altera mediante fraccionamientos de flujo de combustible o mediante ajustes individuales de un fraccionamiento de flujo de combustible concreto. Alterando los fraccionamientos de flujo de combustible de esta manera, se cambia la mezcla de combustible-aire dentro de la cámara de combustión, afectando así a la firma de combustión. Al afectar a la firma de combustión, las fluctuaciones de presión se alteran.

Esta amplitud de dinámica de combustión alterada, una vez estabilizada, se compara de nuevo con el límite superior predeterminado para verificar si el fraccionamiento de flujo de combustible ajustado ha desplazado la amplitud dentro de un rango aceptable. Si la amplitud permanece por encima del límite superior predeterminado, el fraccionamiento de flujo de combustible se ajusta de nuevo por el incremento predefinido y el proceso se repite de forma recursiva cuando sea necesario. Ventajosamente, se hacen cambios en el fraccionamiento de flujo de combustible sistemáticamente y uniformemente en el mismo incremento predeterminado, ahorrando por ello tiempo de procesamiento para calcular un valor personalizado de un incremento cada vez que se excede el límite superior predeterminado.

Consiguientemente, en una realización ejemplar del proceso de puesta a punto automática, se facilita un sistema de control para supervisar y controlar el motor de turbina de gas. Este sistema de control gestiona en general la mayoría de los procesos implicados en la puesta a punto automática de la cámara de combustión, y puede denominarse un controlador de puesta a punto automática. Inicialmente, el proceso incluye supervisar la dinámica de combustión y las emisiones de la cámara de combustión con respecto a una pluralidad de condiciones. A la determinación de que una o varias de las condiciones exceden del límite superior predeterminado, un fraccionamiento de flujo de combustible en un circuito de combustible es ajustado en la cantidad predeterminada. El sistema de control, o controlador de puesta a punto automática, sigue supervisando la dinámica de combustión y ajustando dinámicamente el fraccionamiento de flujo de combustible en la cantidad predeterminada hasta que la dinámica de combustión cae por debajo del límite superior predeterminado.

Además, en una realización alternativa del proceso de puesta a punto automática, el motor de turbina de gas es supervisado y, en base a los datos recuperado de la supervisión, es ajustado automáticamente. En general, el ajuste automático implica incrementar o disminuir el fraccionamiento de flujo de combustible con el fin de mantener la dinámica de combustión y las emisiones dentro de un rango operativo preferido, o por encima/por debajo de un límite. En particular, el proceso alternativo incluye inicialmente detectar señales de presión en la cámara de combustión durante el paso de supervisión. Después de, o coincidiendo con, el paso de supervisión, se aplica un algoritmo a las señales de presión detectadas. En un caso, aplicar el algoritmo implica realizar una transformada de Fourier en las señales de presión para convertir las señales de presión a datos basados en frecuencia o un espectro. La amplitud de los datos basados en frecuencia es comparada con límites superiores predeterminados (amplitud) para diferentes condiciones conocidas. Si se determina que la amplitud de los datos basados en frecuencia excede de su respectivo límite superior predeterminado, se realiza un ajuste incremental en el fraccionamiento de flujo de combustible. En un caso, el ajuste incremental es un cambio en el fraccionamiento de flujo de combustible realizado en una cantidad fija y predeterminada. Este ajuste incremental puede aumentar o disminuir el fraccionamiento de flujo de combustible dependiendo de la banda de frecuencia que se inspeccione y/o el tipo de circuito de combustible que se ajuste. Este proceso alternativo se repite de forma recursiva hasta que los datos basados en frecuencia indican que el motor de turbina de gas está operando dentro de un rango propuesto.

En un caso, si el proceso alternativo se ha repetido de forma recursiva un número de veces de tal manera que el fraccionamiento de flujo de combustible para un circuito de combustible específico ha alcanzado un valor máximo permisible, un segundo fraccionamiento de flujo de combustible que afecta a un segundo circuito de combustible puede ser ajustada por una cantidad fija predeterminada. Si los datos basados en frecuencia medidos indican que el motor de turbina de gas está operando dentro de un rango propuesto, entonces el proceso alternativo finaliza. De otro modo, el segundo fraccionamiento de flujo de combustible se ajusta de forma recursiva por la misma cantidad fija predeterminada hasta que la amplitud de los datos basados en frecuencia pasa a niveles aceptables o se alcanza un valor máximo permisible del segundo fraccionamiento de flujo de combustible. En realizaciones, la cantidad fija predefinida puede variar en base al fraccionamiento de flujo de combustible que se esté supervisando, el número de incrementos de ajuste que han sido aplicados a un fraccionamiento concreto de flujo de combustible, u otras condiciones o parámetros que impactan en el ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible.

En otro caso, si el proceso alternativo ha sido repetido de forma recursiva un número de veces de tal manera que el fraccionamiento de flujo de combustible para un circuito de combustible específico ha alcanzado un valor máximo permisible, se interrumpe el ajuste incremental del fraccionamiento de flujo de combustible. Después de la interrupción del ajuste incremental, puede invocarse un ajuste de temperatura de gas para poner la operación del motor de turbina de gas dentro de un rango de rendimiento concreto. Si el ajuste de la temperatura de gas no pone a

punto adecuadamente el motor de turbina de gas, se comunica una indicación de alarma a un operador. Esta indicación de alarma puede ser comunicada a una consola, un buscador, un dispositivo móvil, u otra tecnología adaptada para recibir un mensaje electrónico y enviar una notificación al operador. El operador tendrá la opción de incrementar la temperatura de gas combustible o de incrementar la temperatura de encendido del motor. Si se selecciona esta opción, el controlador de puesta a punto automática ajustará incrementalmente alguno de estos parámetros y repetirá este proceso hasta que la unidad sea conforme con o se alcance un límite máximo. En caso de que este proceso no tenga éxito, una indicación de alarma puede alertar al operador de que la puesta a punto automática ha fallado al poner la operación del motor de turbina de gas dentro del rango propuesto, y que se recomiendan ajustes manuales en la cámara de combustión o el sistema de control antes de completar la puesta a punto.

Se expondrán ventajas y características adicionales de la presente invención en parte en una descripción que sigue, y en parte serán evidentes a los expertos en la técnica después del examen de lo que sigue a continuación, o pueden conocerse a partir de la puesta en práctica de la invención. La presente invención se describirá ahora con referencia especial a los dibujos acompañantes.

Breve descripción del dibujo

La presente invención se describe con detalle más adelante con referencia a las figuras anexas del dibujo, donde:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un entorno de puesta a punto ejemplar adecuado para uso en realizaciones de la presente invención.

La figura 2 es un gráfico ejemplar que ilustra ajustes recomendados de fraccionamiento de flujo de combustible para una condición de riqueza de combustible, según una realización de la presente invención.

La figura 3 es un gráfico ejemplar que ilustra ajustes recomendados de fraccionamiento de flujo de combustible para una cámara de combustión que está provista de dos orificios de inyección, según una realización de la presente invención.

Y la figura 4 es un diagrama de flujo de un método general para emplear un controlador de puesta a punto automática para implementar un proceso de puesta a punto que incluye recoger mediciones de una cámara de combustión y alterar los fraccionamientos de flujo de combustible en base a las mediciones, según una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La materia de la presente invención se describe con especificidad aquí con el fin de cumplir los requisitos normativos. Sin embargo, la descripción propiamente dicha no tiene la finalidad de limitar el alcance de esta patente.

Como apreciarán los expertos en la técnica, las realizaciones de la presente invención pueden realizarse, entre otros, como un método, sistema o producto de programa de ordenador. Consiguientemente, las realizaciones pueden tomar la forma de una realización de hardware, una realización de software, o una realización que combina software y hardware. En una realización, la presente invención toma la forma de un producto de programa de ordenador que incluye instrucciones utilizables por ordenador realizadas en uno o varios medios legibles por ordenador.

Los medios legibles por ordenador incluyen medios tanto volátiles como no volátiles, medios extraíbles y no extraíbles, y contemplan medios legibles por una base de datos, un interruptor y otros varios dispositivos de red. Los conmutadores de red, rúters y componentes relacionados son de naturaleza convencional, así como los medios de comunicar con ellos. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios legibles por ordenador incluyen medios de almacenamiento informático y medios de comunicaciones.

Los medios de almacenamiento informático, o medios legibles por máquina, incluyen medios implementados en cualquier método o tecnología para almacenar información. Los ejemplos de información almacenada incluyen instrucciones utilizables por ordenador, estructuras de datos, módulos de programación, y otras representaciones de datos. Los medios de almacenamiento informático incluyen, aunque sin limitación, RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD), medios holográficos u otro almacenamiento en disco óptico, cassetes magnéticas, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético, y otros dispositivos magnéticos de almacenamiento. Estos componentes de memoria pueden almacenar datos de forma momentánea, temporal o permanente.

Los medios de comunicaciones almacenan típicamente instrucciones utilizables por ordenador -incluyendo estructuras de datos y módulos de programación- en una señal de datos modulados. El término "señal de datos modulados" se refiere a una señal propagada que tiene una o varias de sus características establecidas o cambiadas para codificar información en la señal. Una señal de datos modulados ejemplar incluye una onda

portadora u otro mecanismo de transporte. Los medios de comunicaciones incluyen cualquier medio de distribución de información. A modo de ejemplo, pero no de limitación, los medios de comunicaciones incluyen medios de cable, tal como una red de cable o conexión de cable directa, y medios inalámbricos tales como acústicos, infrarrojos, por radio, microondas, de amplio espectro y otras tecnologías de medios inalámbricos. Se incluyen las combinaciones de los anteriores dentro del alcance de medios legibles por ordenador.

Como se ha descrito anteriormente, las realizaciones de la presente invención se refieren en general a poner a punto automáticamente un motor de turbina de gas. Con referencia a la figura 1, se ilustra un motor de turbina de gas 110 que acomoda una pluralidad de cámaras de combustión 115. En general, a efectos de explicación, el motor 110 de turbina de gas (TG) puede incluir cualesquiera cámaras de combustión de baja emisión. En un caso, estas cámaras de combustión de baja emisión se pueden disponer en una configuración de recipiente-anular alrededor del motor TG 110. Un tipo de motor TG (por ejemplo, motores TG para trabajos pesados) puede estar provisto típicamente, aunque sin limitación, de 6 a 18 cámaras de combustión individuales, cada una de ellas dotada de un revestimiento de cámara de combustión, cubierta de extremos, y carcasas. Otro tipo de motor TG (por ejemplo, motores TG para trabajos ligeros) puede estar provisto de menos cámaras de combustión. Consiguientemente, en base al tipo de motor TG, puede haber varios circuitos de combustible diferentes utilizados para operar el motor TG 110. Además, puede haber circuitos de combustible individuales que correspondan a cada una de la pluralidad de cámaras de combustión 115 montados en el motor TG 110. Como tal, se deberá apreciar y entender que el controlador de puesta a punto automática 150, y el proceso de puesta a punto ejecutado por él (véase el número de referencia 400 de la figura 4), pueden aplicarse a cualquier número de configuraciones de motores TG y que el tipo de motores TG descrito más adelante no se deberá interpretar como limitación del alcance de la presente invención.

Como se ha explicado anteriormente, la pluralidad de cámaras de combustión 115 (por ejemplo, cámaras de combustión de baja emisión) pueden ser propensas a elevados niveles de fluctuación de presión dentro del revestimiento de cámara de combustión. Esta fluctuación de presión se denomina "dinámica de combustión", por sí sola, la dinámica de combustión puede tener un impacto dramático en la integridad y duración de la pluralidad de cámaras de combustión 115, dando lugar eventualmente a fallo catastrófico. Esta dinámica de combustión puede mitigarse ajustando fraccionamientos de flujo de combustible del flujo de gas de la cámara de combustión entre varios grupos de boquillas dentro de la pluralidad de cámaras de combustión 115. En general, de ordinario se ajusta un fraccionamiento de flujo de combustible para cada una de la pluralidad de cámaras de combustión 115, de modo que las cámaras de combustión (quemadores) son puestas a punto de forma análoga, en contraposición a la puesta a punto al nivel de quemador individual. Estas diferentes "fraccionamientos de flujo de combustible" son puestas a punto ocasionalmente para asegurar el mantenimiento de niveles aceptables (convencionalmente niveles bajos) de la dinámica de combustión, promoviendo al mismo tiempo niveles de emisión aceptables. Los niveles de emisión aceptables se refieren a la cantidad de contaminante que genera el motor TG 110. Los programas, que controlan el fraccionamiento de flujo de combustible para cada circuito de combustible, están codificados típicamente en forma dura en un sistema de control (no representado) del motor TG 110. En un caso, estos programas son una función de una referencia que podría ser, entre otras cosas, una temperatura de referencia de entrada de turbina (TIRF) o una carga en el motor TG 110.

Con el tiempo, varios parámetros afectarán a la dinámica de combustión. En particular, los cambios de las condiciones ambientales y/o la variación de la composición de gas y/o el desgaste normal pueden degradar la operación del motor TG. Esta degradación da lugar a "repuesta a punto" regular de la cámara de combustión para mantener la dinámica de combustión y las emisiones dentro de límites aceptables. Como se explica en este documento, se usa un sistema de control de puesta a punto automática, o el controlador de puesta a punto automática 150 de la figura 1, para conocer el estado del motor TG 110 y la pluralidad de cámaras de combustión 115 en términos de parámetros tales como la dinámica de combustión, el flujo de aire, los flujos de combustible, las emisiones y la distribución de presión. En base a dichos parámetros, se logran los fraccionamientos de flujo de combustible adecuados ajustando incrementalmente los fraccionamientos de flujo de combustible hasta que se quita la alarma, donde la alarma se pone al detectar que una amplitud de un pulso de presión sobrepasa un límite superior predeterminado. Consiguientemente, las realizaciones de la presente invención se refieren al controlador de puesta a punto automática 150 y el proceso de puesta a punto asociado que permite la puesta a punto automática de la dinámica de combustión y emisiones usando pequeños cambios incrementales coherentes del fraccionamiento de flujo de combustible.

Un proceso de puesta a punto general realizado por el controlador de puesta a punto automática 150 puede incluir uno o varios de los pasos descritos inmediatamente a continuación. Inicialmente, varias configuraciones de señales de presión de la pluralidad de cámaras de combustión 115 son supervisadas y registradas. Estas señales de presión registradas son pasadas a través de una transformada de Fourier, donde las señales de presión son convertidas a un formato o espectro de datos de amplitud en función de frecuencia. La amplitud y las frecuencias son supervisadas entonces y la amplitud se compara con un límite superior predeterminado para cada banda de frecuencia predefinida. El límite superior predeterminado se define en general en términos de libras por pulgada cuadrada (psi) para una banda de frecuencia predefinida. Sin embargo, en otros casos, los límites superiores predeterminados pueden ser expresados en otros términos o unidades, donde otros tipos son dispositivos utilizados para medir el rendimiento de las cámaras de combustión 115 (por ejemplo, acelerómetros). Si se determina que una o varias de las amplitudes basadas en frecuencia exceden de su límite superior predeterminado respectivo para una

banda de frecuencia predeterminada, el controlador de puesta a punto automática 150 determina en primer lugar qué fraccionamiento de flujo de combustible ajustar, y, en segundo lugar, altera el fraccionamiento de flujo de combustible asociado con la banda de frecuencia específica. Este ajuste realizado en el fraccionamiento de flujo de combustible se ejecuta en una cantidad predefinida.

5 Una vez realizado el ajuste de fraccionamiento de flujo de combustible, el proceso se reanuda. Es decir, se repiten los pasos de supervisar y comparar la amplitud para un número de bandas de frecuencia predeterminadas con un límite superior predeterminado, y de ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible predeterminado si la amplitud de presión dinámica es superior al límite superior predeterminado. Específicamente, cuando se averigua que la
10 amplitud de presión dinámica está por encima del límite superior predeterminado, se realiza el mismo ajuste predeterminado en el fraccionamiento de flujo de combustible. El proceso de puesta a punto se repite según sea preciso hasta que la amplitud de presión dinámica caiga por debajo del límite superior predeterminado o hasta que el fraccionamiento de flujo de combustible ya no pueda ser ajustado más.

15 Si un primer fraccionamiento de flujo de combustible no puede ser ajustado más, entonces un segundo fraccionamiento de flujo de combustible es ajustado por una segunda tasa predefinida y el proceso de puesta a punto se repite, o se envía una indicación de alarma a un operador. Con respecto a regular el segundo fraccionamiento de flujo de combustible, el proceso de puesta a punto se repite hasta que la amplitud de presión
20 dinámica cae por debajo del límite superior predeterminado o el segundo fraccionamiento de combustible ya no puede ajustarse más. Si un segundo fraccionamiento de flujo de combustible no puede ser ajustado más, entonces se ajusta un tercero o más fraccionamientos de flujo de combustible.

Aunque un esquema para ajustar iterativamente fraccionamientos de flujo de combustible en sucesión se ha descrito inmediatamente antes, los expertos en la técnica deberán entender y apreciar que se puede usar otros tipos de
25 esquemas adecuados que ajustan fraccionamientos de flujo de combustible, y que las realizaciones de la presente invención no se limitan a los esquemas que se centran en un fraccionamiento de flujo de combustible a un tiempo. Por ejemplo, una realización del esquema de puesta a punto puede ajustar iterativamente un primer fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido hasta que la amplitud de presión dinámica cae por debajo del límite superior predeterminado o hasta que se alcanza un número concreto de iteraciones, lo que antes tenga lugar.
30 Si se alcanza el número concreto de iteraciones, el esquema de puesta a punto hace que un segundo fraccionamiento de flujo de combustible sea ajustado iterativamente por otro incremento predefinido hasta que la amplitud de presión dinámica caiga por debajo del límite superior predeterminado o hasta que se alcance otro número concreto de iteraciones, lo que antes tenga lugar. Si se alcanza el otro número concreto de iteraciones, el esquema de puesta a punto vuelve al primer fraccionamiento de flujo de combustible. Específicamente, el esquema
35 de puesta a punto hace que el primer fraccionamiento de flujo de combustible sea ajustado iterativamente de nuevo por el incremento predefinido hasta que la amplitud de presión dinámica caiga por debajo del límite superior predeterminado o hasta que se alcance un tercer número concreto de iteraciones, lo que antes tenga lugar. El esquema de puesta a punto puede volver entonces al segundo fraccionamiento de flujo de combustible o pasar a un tercer fraccionamiento de flujo de combustible para ajuste.

40 Con referencia a las figuras 1 y 4, ahora se describirá en detalle una realización ejemplar del proceso de puesta a punto. Inicialmente, la figura 1 ilustra un entorno de puesta a punto ejemplar 100 adecuado para uso en realizaciones de la presente invención. El entorno de puesta a punto ejemplar 100 incluye el controlador de puesta a punto automática 150, un dispositivo informático 140 y el motor TG 110. El controlador de puesta a punto automática
45 100 incluye un almacenamiento de datos 135 y una unidad de procesamiento 130 que soporta la ejecución del componente de adquisición 131, el componente de procesamiento 132, y el componente de ajuste 133. En general, la unidad de procesamiento 130 se realiza como alguna forma de una unidad de cálculo (por ejemplo, unidad central de procesamiento, microprocesador, etc) para soportar operaciones del componente o de los componentes 131, 132, y 133 que se ejecutan en ella. En el sentido en que se utiliza aquí, la expresión "unidad de procesamiento" se refiere en general a un dispositivo informático dedicado con potencia de procesamiento y memoria de almacenamiento, que soporta software operativo que subyace a la ejecución de software, aplicaciones y programas de ordenador. En un caso, la unidad de procesamiento 130 está configurada con elementos de hardware tangibles, o máquinas, que son integrales, o están acoplados operativamente, a un ordenador. En otro caso, la unidad de procesamiento puede abarcar un procesador (no representado) acoplado al medio legible por ordenador (explicado anteriormente). En general, el medio legible por ordenador guarda, al menos temporalmente, una pluralidad de
55 componentes de software de ordenador que son ejecutables por un procesador. En el sentido en que se utiliza aquí, el término "procesador" no se considera limitativo y puede abarcar cualesquiera elementos de la unidad de procesamiento que actúen en una capacidad computacional. En tal capacidad, el procesador puede estar configurado como un elemento tangible que procesa instrucciones. En una realización ejemplar, el procesamiento puede implicar tomar, descodificar/interpretar, ejecutar y escribir de nuevo instrucciones (por ejemplo, reconstruir los gestos físicos presentando animaciones de las configuraciones de movimiento).

Además, el controlador de puesta a punto automática 100 está provisto del almacenamiento de datos 135. En general, el almacenamiento de datos 135 está configurado para almacenar información asociada con el proceso de
65 puesta a punto o datos generados al supervisar el motor TG 100. En varias realizaciones, tal información puede incluir, sin limitación, datos de medición (por ejemplo, mediciones 121, 122, 123, y 124) proporcionadas por

sensores 120 acoplados al motor TG 110. Además, el almacenamiento de datos 135 puede estar configurado para buscar en él un acceso adecuado de información almacenada. Por ejemplo, en el almacenamiento de datos 135 se puede buscar programas con el fin de determinar qué fraccionamiento de flujo de combustible incrementar al comparar la amplitud de presión dinámica medida con un límite superior predeterminado correspondiente. Se entenderá y observará que la información almacenada en el almacenamiento de datos 135 puede ser configurable y puede incluir cualquier información relevante para el proceso de puesta a punto. El contenido y el volumen de tal información no tienen la finalidad de limitar el alcance de realizaciones de la presente invención de ninguna forma.

En realizaciones, el controlador de puesta a punto automática 100 registrará tablas de consulta (por ejemplo, utilizando el almacenamiento de datos 135 de la figura 1). Estas tablas de consulta pueden incluir diversa información relacionada con las condiciones operativas del motor TG y cámaras de combustión montadas en él. A modo de ejemplo, las tablas de consulta pueden incluir una curva operativa con una banda de tolerancia sugerida que define los límites exteriores de la operación eficiente. Al realizar el proceso de poner a punto automáticamente el motor TG, el controlador de puesta a punto automática puede ser reprogramado automáticamente para registrar aspectos del proceso de puesta a punto en la curva operativa. Es decir, la curva operativa en la tabla de consulta es alterada para reflejar apariciones durante el proceso de puesta a punto y sus resultados. Ventajosamente, a la curva operativa alterada puede accederse durante el procedimiento de puesta a punto siguiente, haciendo así más eficiente cada puesta a punto posterior (por ejemplo, reduce el número de incrementos de ajuste de flujo de combustible necesarios para poner una condición por debajo del límite superior predeterminado). De esta forma, la tabla de consulta (por ejemplo, la matriz operativa) puede desarrollarse automáticamente a través del ajuste incremental de un parámetro en un tiempo. Dado que el ajuste incremental se almacena en la curva operativa, el controlador de puesta a punto automática aprende el rendimiento de puesta a punto óptimo para cualquier sistema operativo concreto. Esto reduce en gran medida la cantidad de puesta a punto requerida que será beneficiosa para unidades en control automático de red (AGC) donde los puntos estables pueden ser infrecuentes o para unidades que experimentan repentinas variaciones cíclicas en las propiedades del combustible o las condiciones ambientales.

En algunas realizaciones, si la puesta a punto efectuada ajustando el fraccionamiento de flujo de combustible no alivia la alarma por emisiones o la dinámica, se puede suministrar una polarización incremental para ajustar la temperatura del combustible a partir del punto óptimo de puesta a punto de fraccionamiento de no conformidad identificado según la sección anterior. Sin embargo, si polarizar incrementalmente la temperatura del combustible no es una opción -debido a la capacidad de manipulación ausente o limitado de la temperatura del combustible- y la unidad permanece en modo de alarma, se puede pedir poder ajustar la curva de encendido del dispositivo TG. Si se concede la petición del operador, un se suministra una polarización incremental de temperatura de encendido a la curva de encendido de la unidad existente en el punto óptimo de no conformidad descrito en la sección anterior.

Con referencia continuada a la tabla de consulta almacenada en el controlador de puesta a punto automática 100, ahora se describirán variaciones de la configuración de la tabla de consulta. En un ejemplo, se proporciona un número de tablas de consulta que representan fraccionamientos en función de TIRF, o carga. Cada una de estas tablas de consulta se refiere a una combinación de un número de temperaturas ambiente y parámetros de gas. El "parámetro de gas" es característico de la composición y las propiedades del gas, y puede implementarse como un valor relativo en comparación con un valor nominal inicial. El ajuste de puesta a punto se realiza en un TIRF estable, o carga. Siempre que es necesario un ajuste de polarización incremental porque se superó un nivel de alarma o un nivel de emisiones, el algoritmo determina en primer lugar en qué conjunto de temperatura ambiente y parámetro de gas está operando la unidad, y luego qué fraccionamiento de combustible cambiar y en qué dirección. En segundo lugar, se registra el incremento de polarización deseado (hacia arriba o hacia abajo) y la corriente TIRF, o carga. El algoritmo determina entonces qué tabla será modificada dependiendo de la temperatura ambiente y el parámetro de gas registrados. Una vez definido, el algoritmo determina qué puntos del gráfico de fraccionamiento en función de TIRF encuadran el valor actual de TIRF. Después de identificar los dos puntos, el valor de polarización para los dos puntos se modifica incrementalmente (hacia arriba o hacia abajo), y el incremento se guarda en la tabla de consulta correcta.

Además, el entorno de puesta a punto ejemplar 100 incluye el dispositivo informático 140, que está acoplado operativamente a un dispositivo de presentación 145 para presentar una pantalla de interfaz de usuario (UI) 155 que avisa a un operador de un fallo de puesta a punto automática del motor TG 100. El dispositivo informático 140, representado en la figura 1, puede tomar la forma de varios tipos de dispositivos informáticos. A modo de ejemplo solamente y no limitación, el dispositivo informático 145 puede ser un ordenador personal, ordenador de sobremesa, ordenador portátil, dispositivo de mano, dispositivo electrónico de consumidor (por ejemplo, buscadoras), dispositivo de mano (por ejemplo, asistente digital personal), varios servidores, y análogos. Se deberá indicar, sin embargo, que la invención no se limita a la implementación en tales dispositivos informáticos, sino que puede implementarse en alguno de varios tipos diferentes de dispositivos informáticos dentro del alcance de las realizaciones de la presente invención.

Con referencia a la figura 4, un proceso de puesta a punto 200 se explicará ahora a la luz del entorno de puesta a punto ejemplar 100 de la figura 1. En general, la figura 4 es un diagrama de flujo de un método general 400 para emplear el controlador de puesta a punto automática 150 de la figura 1 para implementar un proceso de puesta a punto que incluye recoger mediciones de la pluralidad de cámaras de combustión 115 y alterar los fraccionamientos

de flujo de combustible en base a las mediciones, según una realización de la presente invención. Inicialmente, el método general 400 incluye supervisar datos que representan la dinámica de combustión del motor TG 100. En una realización, la dinámica de combustión 122 se mide con respecto a cada uno de la pluralidad de cámaras de combustión 115 usando los sensores 120 (por ejemplo, transductores de presión) que comunican los datos de medición al componente de adquisición 131. En otra realización, los sensores 120 comunican las emisiones 121 que son detectadas a partir del motor TG 100. En otras realizaciones, los datos de medición recogidos del motor TG 110 pueden incluir, aunque sin limitación, parámetros TG 123 y presiones de colector de gas 124.

En algunos casos, los datos recogidos del motor TG 100 están normalizados. Por ejemplo, los sensores 120 pueden estar configurados como transductores de presión que detectan fluctuaciones de presión en cada uno de la pluralidad de cámaras de combustión 115 e informan de dichas fluctuaciones como la dinámica de combustión 122. Las fluctuaciones pueden ser medidas en un período de tiempo y enviadas al componente de adquisición 131 en forma de una media móvil de variabilidad de presión.

El paso 430 del método general 430 se refiere a pasar los datos medidos a través de una transformada de Fourier, u otro algoritmo apropiado, con el fin de convertir los datos a una amplitud en función del formato de frecuencia (utilizando el componente de procesamiento 132 de la figura 1). Este formato de amplitud en función de frecuencia puede asumir varias configuraciones, tal como un gráfico, una gráfica o una matriz, y más adelante se denomina "espectro". En un ejemplo, cuando el formato de amplitud en función de frecuencia toma la configuración de una matriz, la matriz puede incluir las siguientes categorías de valores: identidad de la cámara de combustión, frecuencia y amplitud.

En realizaciones, el espectro puede estar dividido por rango de frecuencia, o discretizado, en un número de bandas de frecuencia, donde cada banda tiene su propio límite superior predeterminado en términos de amplitud. El espectro puede ser discretizado en cualquier número de bandas de frecuencia. En un ejemplo, el espectro está discretizado en 4-6 bandas de frecuencia, o ventanas, en base al tipo de motor TG 100 que se pone a punto, donde cada banda de frecuencia expresa un parámetro diferente. En la operación, cuando se supera el límite superior predeterminado (es decir, el límite de nivel de alarma) para una banda de frecuencia concreta, el programa indica al controlador de puesta a punto automática 150 qué fraccionamiento de flujo de combustible cambiar y en qué dirección (hacia arriba o hacia abajo) hacer un ajuste. Típicamente, el fraccionamiento de flujo de combustible apropiado a cambiar y la manera apropiada de hacer el ajuste se seleccionan en base al tipo de datos medidos que son procesados (por ejemplo, la dinámica de cámara de combustión o los niveles de emisiones) y la naturaleza de los datos medidos que son procesados (por ejemplo, el tono de la dinámica de cámara de combustión, el tipo de emisión, por ejemplo, NOx o Co).

En el paso 440, se identifica una amplitud de presión dinámica máxima dentro de cada una de las bandas de frecuencia. Esta amplitud de presión dinámica máxima puede determinarse seleccionando la amplitud de presión dinámica máxima para cada clase de datos medidos (dinámica de combustión 122) dentro de una o varias de las bandas de frecuencia. Tanto el límite superior predeterminado (es decir, el nivel límite de alarma) como la amplitud de presión dinámica máxima derivada de cada banda de frecuencia son medidos en términos de libras por pulgada cuadrada (psi).

Como se ilustra en el paso 450, la amplitud de presión dinámica máxima identificada se compara con un límite superior predeterminado apropiado. (No hay orden de prioridad específico para comparar o afrontar las frecuencias máximas atípicas). Este límite superior predeterminado se puede basar en un tipo de datos medidos que son evaluados y/o el circuito de combustible que se pone a punto. Después de la comparación, se determina si la amplitud de presión dinámica máxima excede del límite superior predeterminado, como se ilustra en el paso 460. Si la amplitud de presión dinámica máxima no excede del límite superior predeterminado, de tal manera que el motor TG 100 está operando dentro de un rango propuesto con respecto a los datos medidos concretos, el proceso de puesta a punto pasa a otra condición. Es decir, el proceso de puesta a punto pasa a supervisar y evaluar otro conjunto de datos medidos, como se ilustra en el paso 470. A modo de aclaración, la amplitud de presión dinámica es supervisada en una serie de celdas de frecuencia. Otros parámetros no son una función de las celdas de frecuencia, pero todavía están sujetos a límites de puesta a punto máximos.

Sin embargo, si la amplitud de presión dinámica máxima excede del límite superior predeterminado, se selecciona un fraccionamiento de flujo de combustible para ajuste. Esto se indica en el paso 480 de la figura 4. Como se ha explicado anteriormente, el fraccionamiento de flujo de combustible apropiado es seleccionado por un programa, como se explica más plenamente más adelante con referencia a las figuras 2 y 3. Este fraccionamiento de flujo de combustible seleccionado es ajustado entonces incrementalmente en una cantidad preespecificada, como se ilustra en el paso 490. El ajuste incremental del fraccionamiento de flujo de combustible puede ser realizado por el componente de ajuste 133 de la figura 1 transmitiendo un ajuste de polarización incremental 160 a al menos uno de la pluralidad de cámaras de combustión 115 montadas en el motor TG 100. En una realización, válvulas automáticas en las cámaras de combustión 115 ajustan el fraccionamiento de flujo de combustible para un circuito de combustible en cuestión en respuesta al reconocimiento del ajuste de polarización incremental entrante 160.

Esta cantidad predefinida se basa típicamente en la experiencia de pruebas y la identidad de la cámara de combustión (proporcionada por la matriz). En un ejemplo, la cantidad predefinida de ajuste incremental es un ajuste de 0,25% del fraccionamiento de flujo de combustible entre los orificios de inyección. Consiguientemente, incrementando o decrementando un fraccionamiento de flujo de combustible en la cantidad preespecificada, se altera la configuración de la distribución de flujo de combustible a través de puntos de inyección. Sin embargo, incluso aunque se cambie el fraccionamiento de flujo de combustible, el flujo total de combustible al circuito de combustible se mantiene constante en general.

Al aplicar el ajuste de polarización incremental 160, el controlador de puesta a punto automática 150 espera un período de tiempo antes de adquirir y procesar datos extraídos del motor TG 100. Esto se ilustra en el paso 500 de la figura 4. Esperar el período de tiempo asegura que el motor TG 100 se estabilice antes de la verificación para determinar si ajustar el fraccionamiento de flujo de combustible era suficiente para poner a punto el motor TG 100. En realizaciones, el período de tiempo de espera entre ajustes puede variar en base al tipo de parámetro, o los datos medidos, que son procesados. Por ejemplo, el período de tiempo requerido para estabilizar la dinámica de combustión puede ser menor que el período de tiempo requerido para estabilizar emisiones.

En el paso 510, se efectúa una determinación para conocer si se ha alcanzado un número máximo de incrementos. Si no se alcanza el número máximo de incrementos que el fraccionamiento de flujo de combustible puede ser ajustado, el proceso puede reiterar. Consiguientemente, el fraccionamiento de flujo de combustible puede ser ajustado al menos una vez más si el paso de comparación 450 indica que se precisa más ajuste incremental. Sin embargo, si no se ha alcanzado el número máximo de incrementos que el fraccionamiento de flujo de combustible puede ajustarse, entonces se puede ajustar otro fraccionamiento de flujo de combustible (determinado por el programa) o enviar una alerta a un operador. Esto se ilustra en el paso 520. En una realización, el componente de procesamiento 132 envía una indicación de alarma 180 al dispositivo informático 140. En respuesta a la alerta, el operador puede poner a punto manualmente el motor TG 100 o contactar con un técnico para que efectúe el servicio del motor TG 100.

En algunas realizaciones, enviar una alerta al operador es la primera acción que se realiza, ordenada por el programa. Es decir, si los datos medidos con respecto a un parámetro concreto, al procesar los datos a través de la transformada de Fourier, exceden de un límite superior predeterminado correspondiente, la primera acción que se lleva a cabo es notificar la discrepancia al operador, en contraposición a ajustar incrementalmente un fraccionamiento de flujo de combustible.

Otra realización permite al operador que permita que el controlador de puesta a punto automática 150 ajuste incrementalmente la temperatura de gas combustible y/o la temperatura de encendido para lograr la operación de conformidad.

Pasando ahora a la figura 2, se proporciona un gráfico ejemplar 200, o programa, que ilustra ajustes recomendados de fraccionamiento de flujo de combustible para una condición de riqueza de combustible, según una realización de la presente invención. Como se ilustra, el gráfico 200 incluye una indicación 210 del tipo de combustible consumido por el motor TG que se pone a punto. Además, el gráfico incluye una fila 220 que enumera las condiciones que son supervisadas. En este gráfico ejemplar 200, se supervisan cuatro condiciones, que son los parámetros A-D. Aunque se supervisan cuatro condiciones en este ejemplo, el número de condiciones supervisadas no se deberá interpretar como limitación, puesto que cualquier número de condiciones puede observarse para poner a punto automáticamente el motor TG. En general, los parámetros A-D pueden representar condiciones concretas que se miden usando transductores de presión, dispositivos de prueba de emisiones, acelerómetros y otros elementos que son capaces de supervisar la operación del motor TG. A modo de ejemplo, el parámetro A puede representar Apagado por mezcla pobre (LBO), el parámetro B 221 puede representar Tono frío (CT), el parámetro C puede representar Tono caliente (HT), y el parámetro D puede representar Óxidos de nitrógeno (NOx). Consiguientemente, en este ejemplo, los parámetros A-C se refieren a datos de presión, mientras que el parámetro D se refiere a una composición de gas. Típicamente, la composición de gas se determina supervisando los niveles de concentraciones de emisiones (por ejemplo, CO y NOx). Un proceso de puesta a punto con ajustes incrementales, similar al descrito anteriormente, puede ser usado en conexión con condiciones que impliquen emisiones.

Cada uno de los parámetros A-D es supervisado automáticamente durante el proceso de puesta a punto. Además, los datos supervisados durante el proceso de puesta a punto son procesados mediante la transformada de Fourier para determinar una amplitud máxima para cada condición. Si alguna de las amplitudes máximas relativas a estas condiciones excede o cae por debajo de un límite predeterminado individual mapeado a cada uno de los parámetros A-D, respectivamente, se llevan a cabo las acciones 230.

A modo de ejemplo, si la amplitud máxima para el parámetro B 221 (por ejemplo, la condición CT) excede de un límite superior predeterminado individual mapeado al parámetro B 221, se llevan a cabo las acciones 231, 232, y 233 en base a la orden 250. Específicamente, si la amplitud de presión dinámica máxima para el parámetro B 221 excede del límite superior predeterminado, el FRACCIONAMIENTO 2 232 es incrementado inicialmente en la cantidad incremental, como indica la orden 250. Entonces, al incrementar de forma recursiva el FRACCIONAMIENTO 2 232 en una cantidad incremental hasta que se alcanza el número máximo de ajustes para

dicho fraccionamiento de flujo de combustible, el FRACCIONAMIENTO 1 231 se disminuye. A continuación, si el ajuste del FRACCIONAMIENTO 1 231 es inefectivo, se lleva a cabo el FRACCIONAMIENTO 3 233. Por último, si el ajuste del FRACCIONAMIENTO 3 233 es inefectivo para reducir la amplitud de frecuencia máxima por debajo del límite superior predeterminado, se envía una alarma a un operador. Como se reconocerá en el campo relevante, el método ejemplar anterior es solamente un ejemplo de un proceso para poner a punto automáticamente un motor concreto, tal como el Motor 7FA, y habrá métodos diferentes, que incluyan diferentes parámetros supervisados y varios fraccionamientos de flujo de combustible, para poner a punto automáticamente otros motores.

Aunque se ha descrito una sola configuración de un programa (por ejemplo, gráfico 200) para seleccionar qué acciones tomar a la luz de los límites superiores predeterminados excedidos, los expertos en la técnica deberán entender y darse cuenta de que se pueden usar otros tipos de programación adecuada que proporcionen una jerarquía organizada de acciones, y que las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones y acciones del programa aquí descrito. Además, se deberá indicar que el controlador de puesta a punto automática puede ser usado con varios sistemas de combustión. Por lo tanto, la presente invención no se limita solamente a tres ajustes de fraccionamiento de combustible. La cantidad exacta de boquillas de combustible y fraccionamientos de flujo de combustible puede variar dependiendo de la configuración de la cámara de combustión y el tipo de motor TG que se ponga a punto. Así, para un sistema de combustión diferente, el número de puntos de ajuste podría ser mayor o menor que los ilustrados en la presente descripción sin apartarse de la esencia de la presente invención.

Además, el gráfico 200 ilustra ajustes en fraccionamientos de flujo de combustible en respuesta a múltiples bandas de frecuencia para varias condiciones supervisadas. En el caso de que múltiples frecuencias excedan de sus respectivos límites superiores predeterminados, el controlador de puesta a punto automática no da preferencia o prioridad para determinar qué frecuencia afrontar primero. Sin embargo, en otros casos, el controlador de puesta a punto automática 150 de la figura 1 utiliza algunas directrices preferentes para tomar decisiones acerca del orden en que se afrontan las frecuencias.

Con referencia a la figura 3, se representa un gráfico ejemplar 300 que ilustra los ajustes recomendados de fraccionamiento de flujo de combustible 320 para una cámara de combustión que está provista de dos orificios de inyección, según una realización de la presente invención. Dado que se han previsto solamente dos orificios de inyección, solamente hay un fraccionamiento de flujo de combustible que puede ser ajustado para distribuir combustible entre los orificios de inyección proporcionados. Además, en este ejemplo se miden dos condiciones 310 del motor TG que se pone a punto. Estas condiciones 310 las representan el Parámetro A y el Parámetro B. Si el Parámetro A o B excede de un límite superior predeterminado correspondiente, el programa indica cuál de los ajustes de fraccionamiento de flujo de combustible 320 realizar. Si ajustando el fraccionamiento de flujo de combustible preestablecida un número máximo recomendado de veces no poner el motor TG en un rango operativo normal, el paso siguiente implica enviar una alarma a un operador o llamar automáticamente a un técnico.

Pueden lograrse varios beneficios que surgen de la puesta a punto automática cuando la puesta a punto automática se compara con los procesos de puesta a punto actuales. Es decir, dado que el proceso de puesta a punto de la presente invención puede implementarse automáticamente, se superan las desventajas de la puesta a punto manual. Por ejemplo, la puesta a punto automática puede realizarse de forma rápida y a menudo, lo que evitará sustancialmente la degradación que se produciría antes de la puesta a punto manual. Además, la puesta a punto frecuente reduce el exceso de contaminantes/promueve las emisiones más bajas al mismo tiempo que mejora la duración del motor.

La presente invención se ha descrito en relación a realizaciones particulares, que en todos los aspectos tienen la finalidad de ser ilustrativas más bien que restrictivas. Realizaciones alternativas serán evidentes a los expertos en la técnica a la que pertenece la presente invención sin apartarse de su alcance.

Se apreciará por lo anterior que esta invención es adecuada para lograr todos los fines y objetos expuestos anteriormente, conjuntamente con otras ventajas que son obvias e inherentes al sistema y método.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una invención implementada por ordenador incluyendo un método computarizado, implementado por una unidad de procesamiento (150), para poner a punto automáticamente una cámara de combustión de un motor de turbina de gas (110), incluyendo el método:
- supervisar una o varias condiciones operativas del motor de turbina de gas (110);
- 10 determinar si la una o varias condiciones operativas han superado un valor umbral;
- y cuando se supera el valor umbral, ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido; donde el fraccionamiento de flujo de combustible controla una porción de un flujo total de combustible que es dirigido a cada boquilla de combustible del circuito de combustible de la cámara de combustión;
- 15 **caracterizándose** la invención porque:
- ajustar el fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido incluye:
- 20 en un caso, aplicar una cantidad uniforme de ajuste al fraccionamiento de flujo de combustible; en otro caso, aplicar una cantidad variable de ajuste al fraccionamiento de flujo de combustible; donde la cantidad variable de ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible se basa en al menos uno de un número de ajustes predefinidos previamente realizados en el fraccionamiento de flujo de combustible o en una identidad del fraccionamiento de flujo de combustible actualmente ajustado.
- 25 2. La invención de la reivindicación 1, donde supervisar una o varias condiciones operativas del motor de turbina de gas (110) incluye: registrar pulsos de presión de la cámara de combustión; y pasar los pulsos de presión registrados a través de una transformada de Fourier para formar lecturas de frecuencia asociadas con los pulsos de presión registrados.
- 30 3. La invención de cualesquiera reivindicaciones precedentes, donde determinar si la una o varias condiciones operativas han superado un valor umbral incluye: comparar una amplitud máxima de los pulsos de presión con límites superiores predeterminados asociados con al menos un modo de cámara de combustión; y detectar si la amplitud máxima excede de al menos uno de los límites superiores predeterminados.
- 35 4. La invención de cualesquiera reivindicaciones precedentes, incluyendo además verificar que el ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible redujo la una o varias condiciones operativas por debajo del valor umbral.
5. La invención de cualesquiera reivindicaciones precedentes, donde la verificación incluye:
- 40 pausar durante un período de tiempo de tal manera que las condiciones operativas del motor de turbina de gas se estabilicen; volver a registrar los pulsos de presión de la cámara de combustión; y determinar si una amplitud máxima posterior, derivada de los pulsos de presión reregistrados, excede de al menos uno de los límites superiores predeterminados.
- 45 6. La invención de cualesquiera reivindicaciones precedentes, incluyendo además, cuando se determina que la amplitud máxima posterior excede de al menos uno de los límites superiores predeterminados, implementar otro ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible por el incremento predefinido, o cuando se determina que la amplitud máxima posterior cae dentro de un rango operativo aceptable, interrumpir el ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible por el incremento predefinido.
- 50 7. La invención de cualesquiera reivindicaciones precedentes, donde la una o varias condiciones operativas incluyen emisiones del motor de turbina de gas (110) o donde la una o varias condiciones operativas incluyen dinámica de cámara de combustión que incluye apagado por mezcla pobre, tono frío, tono caliente y chirrido.
- 55 8. La invención de cualesquiera reivindicaciones precedentes, donde ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido incluye hacer una determinación de aumentar o disminuir el fraccionamiento de flujo de combustible como una función de la una o varias condiciones operativas que superan el valor umbral, o donde ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido incluye hacer una determinación de aumentar o disminuir el fraccionamiento de flujo de combustible como una función de un tipo
- 60 del fraccionamiento de flujo de combustible seleccionado para ajuste.
9. Un sistema para estabilizar automáticamente la dinámica de cámara de combustión o las emisiones de una turbina de gas empleando un proceso de puesta a punto, incluyendo el sistema:

un motor de turbina de gas (110) incluyendo uno o varios cámaras de combustión (115), cada uno de los cuales está provisto de un fraccionamiento de flujo de combustible, para controlar una porción de un flujo total de combustible que es dirigido a cada boquilla de combustible del circuito de combustible de la cámara de combustión; y

5 un controlador de puesta a punto automática (150) para llevar a cabo el proceso de puesta a punto, donde el controlador (150) está configurado para:

medir uno o varios parámetros (121, 122, 123, 124) del motor de turbina de gas (110), donde el uno o varios parámetros (121, 122, 123, 124) representan al menos uno de datos de presión o composición de gas;

10 derivar amplitudes a partir de una transformada de Fourier del uno o varios parámetros medidos (121, 122, 123, 124), respectivamente;

15 determinar si las amplitudes superan límites predefinidos mapeados al uno o varios parámetros medidos (121, 122, 123, 124); y

cuando se supera el límite predefinido, acceder a un programa para seleccionar un fraccionamiento de flujo de combustible apropiado a alterar; y

20 ajustar el fraccionamiento de flujo de combustible seleccionado en un incremento predefinido;

caracterizándose el sistema porque ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido incluye:

25 en un caso, aplicar una cantidad uniforme de ajuste al fraccionamiento de flujo de combustible seleccionado;

en otro caso, aplicar una cantidad variable de ajuste al fraccionamiento de flujo de combustible; donde la cantidad variable de ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible se basa en al menos uno de un número de ajustes predefinidos previamente realizados en el fraccionamiento de flujo de combustible o una identidad del fraccionamiento de flujo de combustible actualmente ajustado.

30 10. El sistema de la reivindicación 9, donde el acceso a un programa para seleccionar un fraccionamiento de flujo de combustible apropiado a alterar está configurado para:

35 identificar un parámetro disonante del uno o varios parámetros medidos (121, 122, 123, 124), donde una amplitud derivada del parámetro disonante supera un límite predefinido mapeado a él; y

seleccionar un primer fraccionamiento de flujo de combustible a alterar después de inspeccionar el programa con el parámetro disonante.

40 11. El sistema de cualesquiera reivindicaciones precedentes 9-10, donde el proceso de puesta a punto está configurado además para:

45 utilizar el programa para determinar una cantidad incremental para regular el primer fraccionamiento de flujo de combustible; y utilizar el programa para determinar una dirección en la que hacer el ajuste en el primer fraccionamiento de flujo de combustible.

50 12. El sistema de cualesquiera reivindicaciones precedentes 9-11, donde el proceso de puesta a punto está configurado además para:

después de hacer el ajuste en el primer fraccionamiento de flujo de combustible, determinar un número de ajustes hechos de forma recursiva en el primer fraccionamiento de flujo de combustible; y cuando el número de ajustes recursivos llega a un número permisible de iteraciones, realizar una acción preestablecida por un programa.

55 13. El sistema de cualesquiera reivindicaciones precedentes 9-12, donde

la configuración preestablecida por el programa incluye al menos uno de ajustar un segundo fraccionamiento de flujo de combustible, alertar a un operador, ajustar una temperatura de gas combustible, o ajustar una temperatura de encendido.

60 14. Uno o varios medios legibles por ordenador que, cuando son invocados por instrucciones ejecutables por ordenador, realizan un método para la puesta a punto automática de un motor de turbina de gas (110), incluyendo el método:

65 supervisar una o varias condiciones operativas del motor de turbina de gas (110);

ES 2 701 908 T3

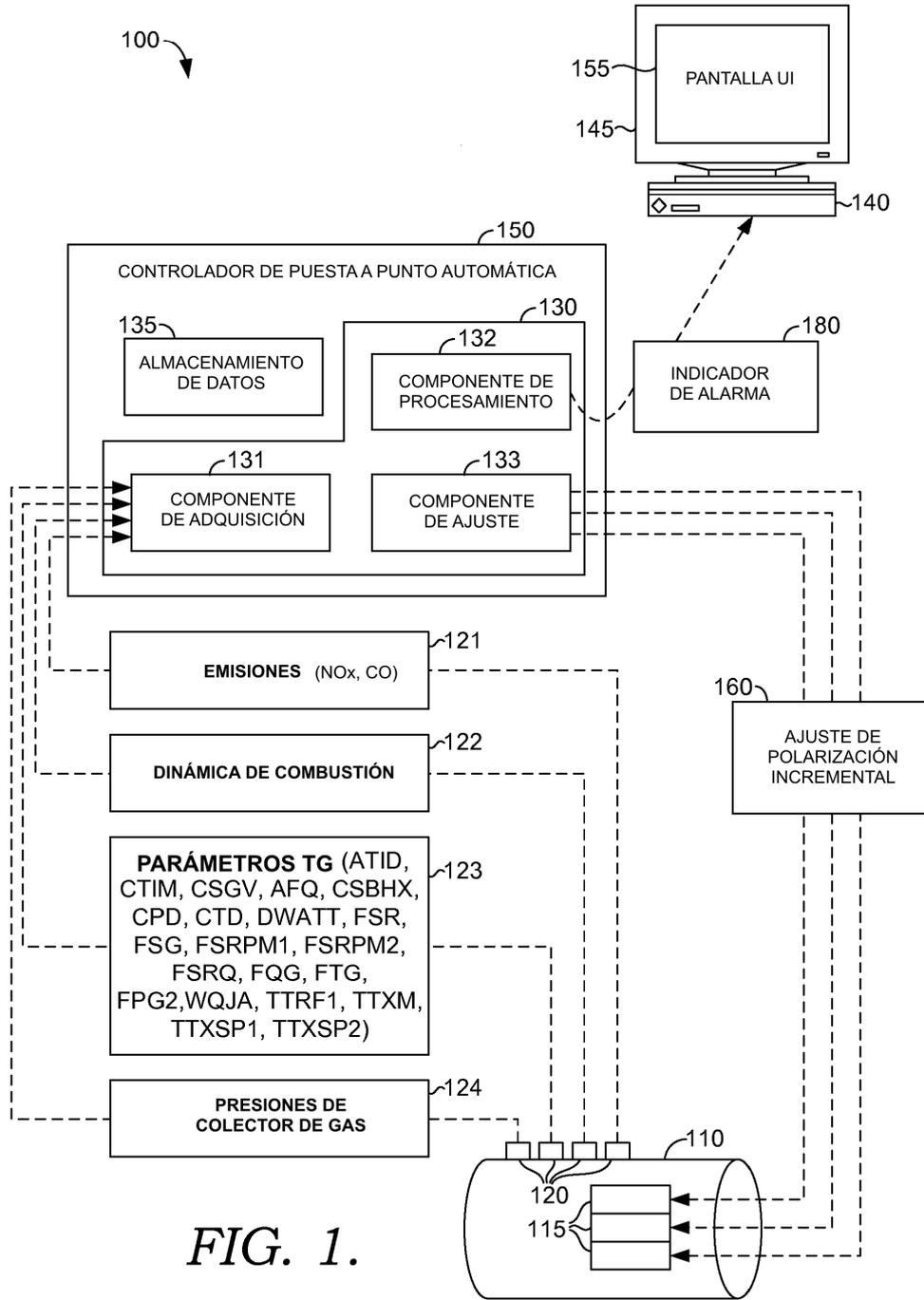
determinar si la una o varias condiciones operativas han superado un valor umbral; y

5 cuando el valor umbral se ha superado, ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido, donde el fraccionamiento de flujo de combustible controla una porción de un flujo total de combustible que es dirigido a cada boquilla de combustible del circuito de combustible de la cámara de combustión;

caracterizándose los medios porque ajustar un fraccionamiento de flujo de combustible en un incremento predefinido incluye:

10 en un caso, aplicar una cantidad uniforme de ajuste al fraccionamiento de flujo de combustible seleccionado;

15 en otro caso, aplicar una cantidad variable de ajuste al fraccionamiento de flujo de combustible; donde la cantidad variable de ajuste del fraccionamiento de flujo de combustible se basa en al menos uno de un número de ajustes predefinidos previamente realizados en el fraccionamiento de flujo de combustible o una identidad del fraccionamiento de flujo de combustible actualmente ajustado.



200

210	TIPO DE PROGRAMA DE COMBUSTIBLE											
220	PARA ↓	PARAM. A	221	PARA ↓	PARAM. B	231	PARA ↓	PARAM. C	232	PARA ↓	PARAM. D	
230	↑	FRACCIONAMIENTO 1	(1)	↓	FRACCIONAMIENTO 1	(2)	↑	FRACCIONAMIENTO 1	(3)	↓	FRACCIONAMIENTO 1	(1)
	↑	FRACCIONAMIENTO 2	(3)	↑	FRACCIONAMIENTO 2	(1)	↓	FRACCIONAMIENTO 2	(1)	↑	FRACCIONAMIENTO 2	(2)
	↓	FRACCIONAMIENTO 3	(2)	↓	FRACCIONAMIENTO 3	(3)	↑	FRACCIONAMIENTO 3	(2)	↑	FRACCIONAMIENTO 3	(3)

233 250

FIG. 2.

300

310	PARÁMETRO A	PARÁMETRO B
320	AUMENTAR FRACCIONAMIENTO DE FLUJO DE COMBUSTIBLE	DISMINUIR FRACCIONAMIENTO DE FLUJO DE COMBUSTIBLE

FIG. 3.

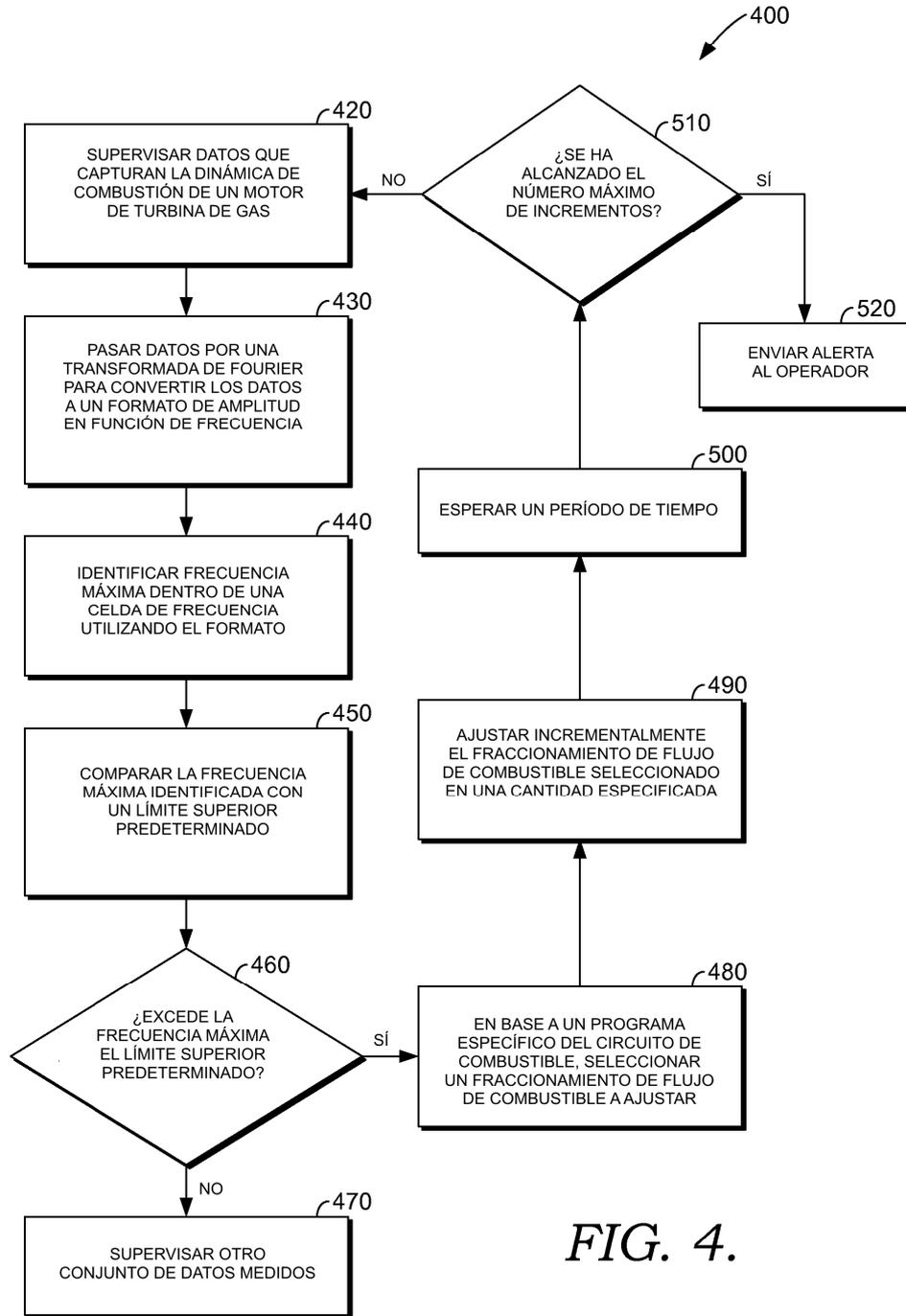


FIG. 4.