

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 444**

51 Int. Cl.:

**F23R 3/00** (2006.01)

**F23N 5/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2010 PCT/EP2010/054585**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2010 WO10115921**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2010 E 10713903 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2417395**

54 Título: **Procedimiento para analizar la tendencia de zumbido de una cámara de combustión y procedimiento para controlar una turbina de gas**

30 Prioridad:

**08.04.2009 EP 09157596**

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

**15.02.2019**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**BLOMEYER, MALTE y  
DEUKER, EBERHARD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 700 444 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 analizar la tendencia de zumbido de una cámara de combustión y procedimiento para controlar una turbina de gas.

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para analizar la tendencia de zumbido de una cámara de combustión y un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina de gas con una cámara de combustión, conforme al cual se evita el zumbido en la cámara de combustión. Procedimientos de este tipo se conocen por ejemplo, por la solicitud EP 1 327 824 A1.

10 En la combustión de una mezcla de combustible y de aire de combustión en una cámara de combustión, especialmente en una cámara de combustión de una turbina de gas, puede suceder que se produzcan oscilaciones de combustión. La aparición de oscilaciones de combustión también es conocida como "zumbido de la cámara de combustión". La cámara de combustión de la turbina de gas tiende a zumbar especialmente cuando la turbina de gas funciona con una temperatura de entrada a la turbina elevada a fin de alcanzar un grado de rendimiento térmico elevado. La elevada temperatura de entrada a la turbina puede ser generada mediante una correspondiente temperatura de combustión elevada en la cámara de combustión, lo cual provoca el zumbido de la cámara de combustión. Ante el zumbido de la cámara de combustión, aparecen fluctuaciones correlacionadas periódicamente, del volumen de combustión y de la presión estática en la cámara de combustión, donde las oscilaciones de combustión se basan en un efecto recíproco de la mezcla de combustible/aire de combustión suministrada a la cámara de combustión con el volumen de combustión momentáneo en la llama. Por el cambio del volumen de combustión, generado por ejemplo por un aumento de llegada de combustible a la cámara de combustión, pueden aparecer fluctuaciones de la presión, las cuales por su lado, pueden conducir a un cambio del volumen de combustión y así a la conformación de una oscilación de presión estable. Las oscilaciones de combustión generan un gran esfuerzo mecánico y térmico de la estructura de la cámara de combustión, así como de su sujeción de suspensión. Las oscilaciones de combustión pueden aparecer repentinamente con una intensidad capaz de dañar la estructura de la cámara de combustión misma u otros componentes de la turbina de gas. Habitualmente, si aparecen estados de funcionamiento de esta clase, la turbina de gas es aliviada con un gradiente de carga elevado, lo que desventajosamente reduce la potencia de funcionamiento de la turbina de gas.

15 El funcionamiento de la turbina de gas con suficiente distancia del límite de las oscilaciones de combustión autoexcitadas, presenta una solución. Por ejemplo, a causa de las cambiantes condiciones del entorno, el límite de las oscilaciones de combustión autoexcitadas, puede no obstante desplazarse desfavorablemente, de modo que para posibles condiciones desfavorables del entorno se debe poner a disposición temporalmente una distancia suficiente del límite de las oscilaciones de combustión autoexcitadas. En este caso, resulta desventajoso que de este modo, se debe marginar el margen de potencia superior de la turbina de gas y no se puede hacer andar.

20 Objeto de la presente invención consiste en crear un procedimiento para analizar la tendencia de zumbido de una cámara de combustión; un procedimiento para controlar un funcionamiento de una turbina de gas con una cámara de combustión; y un dispositivo de control para controlar un funcionamiento de una turbina de gas, donde con el procedimiento, la cámara de combustión puede funcionar de modo efectivo con una tendencia de zumbido suficientemente reducida.

25 El Procedimiento conforme a la invención para analizar la tendencia de zumbido de una cámara de combustión en un estado de funcionamiento presenta las siguientes etapas: operar la cámara de combustión en el estado de funcionamiento; detectar una variable termoacústica del volumen de gas de una cámara de combustión y/o la variable de vibración de la estructura de la cámara de combustión en el estado de funcionamiento y determinar un parámetro característico a partir de la variable termoacústica y/o la variable de vibración; determinar el espectro del parámetro característico en un estado de funcionamiento como la evolución de amplitud del parámetro característico en función del tiempo; Identificar una primera resonancia y una segunda resonancia del parámetro característico con ayuda del espectro; determinar el valor de amplitud de la primera resonancia y el valor de amplitud de la segunda resonancia; Calcular el valor de relación a partir de la división del valor de amplitud de la primera resonancia y del valor de amplitud de la segunda resonancia, como un parámetro de estabilidad; determinar el valor de distancia inferior y/o el valor de distancia superior, alrededor de los cuales el parámetro de estabilidad se encuentra por encima de un umbral inferior predeterminado, y/o por debajo de un umbral superior predeterminado, en donde los umbrales predeterminados están elegidos de modo que cuando la cámara de combustión se opera en un estado de funcionamiento con un nivel de tendencia de zumbido en el límite admitido, el parámetro de estabilidad se encuentra en este estado de funcionamiento en alguno de los mencionados umbrales; cuantificar la tendencia de zumbido mediante el valor de distancia inferior y/o el valor de distancia superior.

30 Los umbrales se pueden elegir en función de los estados de funcionamiento y de las condiciones del entorno. La variable de los valores de amplitud del parámetro característico se modifica moderadamente con la carga de combustión de la cámara de combustión y bajo restricciones es solo significativa para el análisis de la tendencia de zumbido de la cámara de combustión. Frecuentemente, el alcance del límite de zumbido está caracterizado porque

los valores de amplitud se elevan considerablemente de manera repentina. Entonces, durante la evolución moderada de los valores de amplitud no es posible darse cuenta que se está alcanzando peligrosamente al límite de zumbido. Si entonces, al alcanzar el límite de zumbido, las amplitudes ascienden bruscamente (por lo general en la fracción de un segundo), la turbina de gas solo puede ser protegida contra daños mecánicos, por medio de medidas drásticas con desventajas desde la perspectiva del operador, como por ejemplo una inmediata y considerable disminución de la carga. Aquí la invención aplica: Un acercamiento al límite de zumbido se puede reconocer en determinados casos cuando se modifica la forma del espectro del parámetro característico. De este modo, para la cuantificación de la tendencia de zumbido, se podría establecer, por ejemplo, una relación de las amplitudes de dos bandas de frecuencia. Mientras que la relación de las amplitudes se mantenga estable al aumentar la carga de combustión (a pesar del aumento de los valores de amplitud absolutos), no existe ningún peligro. Pero, si se modifica la relación, entonces se dé un acercamiento al límite o un alejamiento del mismo. A través de la cuantificación de la tendencia de zumbido, se puede reconocer una tendencia de acercamiento al límite de zumbido, y así, se pueden tomar medidas a tiempo para evitar el alcance del límite de zumbido y las desfavorables consecuencias que el mismo acarrea para el funcionamiento.

Se prefiere que el parámetro de estabilidad se calcule con el valor de relación obtenido de la división del valor de amplitud de la primera resonancia y del valor de amplitud de la segunda resonancia. Con el aumento de la carga de combustión de la cámara de combustión, se desplazan las posiciones de las frecuencias de las resonancias, donde para una presente cámara de combustión es posible predeterminar por ejemplo de manera experimental, bandas de frecuencia, en las cuales, en el funcionamiento de la cámara de combustión, aparecen las resonancias. De este modo, para identificar de manera simple las resonancias, se pueden examinar particularmente estas resonancias, de modo que no sea necesario el sondeo total del área de frecuencia.

Preferentemente, el parámetro de estabilidad se forma como el logaritmo del valor de relación. Además, esta previsto conforme a la invención que el parámetro de estabilidad se amortigüe en el tiempo con una función de amortiguamiento. Con ello, de manera ventajosa, se pueden encauzar modificaciones inestables excesivas del parámetro de estabilidad. Por ejemplo, se puede formar una función de amortiguamiento de modo que en un momento  $n$  se forme el parámetro de estabilidad, a partir de una media aritmética del valor de relación en el momento  $n$  y el valor de relación en el momento  $n-1$ .

Se prefiere que el parámetro característico sea medido simultáneamente en diferentes puntos y para cada punto se determine el espectro local, en donde los espectros locales tengan un envolvente que sea utilizado como el espectro. Con el espectro formado con el envolvente, está representado el completo estado de funcionamiento de la cámara de combustión, el cual eventualmente está determinado por falta de homogeneidad espacial. De este modo, es posible de forma ventajosa estimar la tendencia de zumbido de la cámara de combustión en un estado de funcionamiento, en el cual la cámara de combustión no presenta una presurización espacial homogénea. La cámara de combustión está diseñada preferentemente con simetría axial respecto a un eje, como una cámara de combustión anular y presenta distintos puntos en los cuales puede medirse el parámetro característico, en donde el número de los puntos de medición se reduce utilizando la simetría de los modos de oscilación. Además se prefiere que el parámetro característico sea la presión acústica en la cámara de combustión y/o la aceleración de la estructura de la cámara de combustión.

El Procedimiento conforme a la invención para controlar un funcionamiento de una turbina de gas con una cámara de combustión presenta las siguientes etapas: Realizar el mencionado procedimiento de análisis de la tendencia de zumbido de la cámara de combustión de la turbina de gas durante su funcionamiento; reducir la salida de potencia de la turbina de gas, tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que el parámetro de estabilidad ha alcanzado al menos uno de los umbrales.

De este modo el parámetro de estabilidad puede ser utilizado directamente como variable de ajuste para operar la turbina de gas. La carga momentánea de la turbina de gas se encuentra en directa correlación con el parámetro de estabilidad, de modo que con el parámetro de estabilidad se puede realizar una regulación de potencia de la turbina de gas en vistas de evitar el zumbido de la cámara de combustión.

El Procedimiento para controlar el funcionamiento de la turbina de gas presenta la siguiente etapa: controlar el funcionamiento de la turbina de gas de modo que la tendencia de zumbido sea reducida, tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que el parámetro de estabilidad ha alcanzado un valor de distancia predeterminado de al menos uno de los umbrales. De este modo, es posible de manera ventajosa, evitar una falla de la turbina de gas, antes de la aparición de una elevada tendencia de zumbido inadmisibles. Se prefiere que como medida para reducir la tendencia de zumbido, se reduzca la temperatura de salida de la turbina, mediante el cambio del flujo másico de aire de compresor en la cámara de combustión, como variable de control respecto a su valor teórico; y/o la temperatura del combustible en la cámara de compresión se modifique como variable de control respecto a su valor teórico; y/o la distribución espacial de la llegada de combustible a la cámara de combustión se modifique como variable de control respecto a su valor teórico; y/o, en la medida que hayan varias etapas de quemador, la separación en diferentes etapas del quemador se modifique como variable de control respecto a su valor teórico. De manera preferida, la variable de control se reajusta a su valor teórico, después de la manipulación

de la variable de control y tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que la tendencia de zumbido se ha continuado reduciendo.

Además, el procedimiento para controlar el funcionamiento de la turbina de gas presenta la siguiente etapa: controlar el funcionamiento de la turbina de gas de modo que el funcionamiento de la turbina sea optimizado, en especial en vistas a la salida de potencia, a la emisión y/o consumo de combustible; tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que el parámetro de estabilidad ha alcanzado un valor de distancia predeterminado, que define una tendencia de zumbido reducida, de al menos uno de los umbrales.

Para realizar el procedimiento antes mencionado, está dispuesto un dispositivo de control conforme a la invención para controlar un funcionamiento de una turbina de gas.

A continuación, de acuerdo con los dibujos esquemáticos incluidos, se explica en detalle una forma de ejecución preferida del procedimiento, conforme a la invención, para el análisis de la tendencia de zumbido en una cámara de combustión y de un procedimiento para el control del funcionamiento de una turbina de gas. Se muestran:

en la figura 1, un diagrama de un espectro de un parámetro característico de una cámara de combustión en diferentes estados de funcionamiento;

en la figura 2, un diagrama de la evolución en el tiempo de un parámetro de estabilidad con una temperatura de salida de la turbina en aumento;

en la figura 3, un diagrama de un proceso de control para una turbina de gas en condiciones del entorno que varían desfavorablemente, y

en la figura 4, un diagrama de un proceso de control para una turbina de gas en aumento de rendimiento.

En la figura 1 se muestra un sistema de coordenadas, en el cual están consignados los espectros 1, 1' y 1". El eje de abscisas 4 del sistema de coordenadas muestra una frecuencia en [Hz], donde el eje de ordenadas 5 del sistema de coordenadas muestra una amplitud como un valor adimensional. Los espectros 1, 1' y 1" son las evoluciones de amplitud de un parámetro característico a través de la frecuencia. El parámetro característico es la presión acústica en una cámara de combustión, que aparece durante el funcionamiento de la cámara de combustión. La presión acústica en la cámara de combustión puede ser medida, por ejemplo, con uno o varios micrófonos en la cámara de combustión.

El espectro 1 se manifiesta cuando la tendencia de zumbido de la cámara de combustión es reducida. Si el estado de funcionamiento de la cámara de combustión se modifica de modo que la tendencia de zumbido aumenta, entonces el espectro 1 se transforma en el espectro 1'. Si el estado de funcionamiento de la cámara de combustión continúa modificándose de modo que la tendencia de zumbido aumenta y se ubica justo en el límite aún admitido, entonces el espectro 1' se transforma en el espectro 1". Como una primera resonancia, los espectros 1, 1', 1" presentan un primer máximo de amplitud 2, 2', 2", y como una segunda resonancia, un segundo máximo de amplitud 3, 3', 3".

Como parámetro característico para cuantificar la tendencia de zumbido de la cámara de combustión, se forma el logaritmo natural de la relación tomado a partir del primer máximo de amplitud 2, 2', 2" y el segundo máximo de amplitud 3, 3', 3".

En la figura 2 se muestra un sistema de coordenadas, sobre cuya abscisa 8 está consignado el tiempo de 0 a 2 minutos. Como ordinal 6 izquierdo está consignado el parámetro de estabilidad y como el ordinal 7 derecho, una temperatura de salida de la turbina. En el punto temporal 0 minutos, la evolución 10 de la temperatura de salida de la turbina se encuentra en 579 °C. De ello resulta el estado de funcionamiento en la cámara de combustión, en la que domina la presión acústica, cuyo espectro 1 está representado en la figura 1. Con el primer máximo de amplitud 2 y el segundo máximo de amplitud 3 resulta para el espectro 1 el parámetro de estabilidad 6 con 0,6, tal como esté se muestra en el diagrama representado en la figura 2, con una curva de evolución 9 en el momento 0 minutos. Si ahora, en el funcionamiento de la turbina de gas aumenta la temperatura de salida de la turbina, tal como se muestra en la curva de evolución 10 en la figura 2, entonces, después de los 0,75 minutos, domina un estado de funcionamiento en la cámara de combustión, en la cual predomina una presión acústica conforme al espectro 1' en la figura 1. A partir del espectro 1' resulta, con el primer máximo de amplitud 1' y el segundo máximo de amplitud 3', el parámetro de estabilidad 6 con 0,3, como se muestra en la curva de evolución 9 en el momento 0,75 minutos en la figura 2. Finalmente, la evolución de la temperatura de salida de la turbina 10 se eleva hasta el primer nivel 11. Como se muestra en la figura 2, la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 está en descenso a través del tiempo, lo que representa un indicio de que la tendencia de zumbido de la cámara de combustión está en ascenso a través del tiempo.

En la figura 2, se muestra además la evolución de la aceleración 14 de la estructura de la cámara de combustión, la cual es esencialmente constante hasta que la temperatura de salida de la turbina 10 se incrementa hasta el primer nivel 11. Si la temperatura de salida de la turbina 10 se incrementa hasta un segundo nivel 12, entonces la evolución del parámetro de estabilidad 6 continúa descendiendo y finalmente surge zumbido en la cámara de combustión. El zumbido tiene por consecuencia que con las oscilaciones de combustión autoexcitadas que produce, la estructura de la cámara de combustión sufra fuertes oscilaciones, con lo cual la aceleración 14 se eleva repentinamente hacia un pico de aceleración 15. El pico de aceleración 15 es tan alto que hay que contar con un daño en la estructura de la cámara de combustión. Por ello, en vistas a evitar un daño de la estructura de la cámara de combustión, la turbina de gas se desconecta, lo que se muestra en una caída rápida de la evolución 10 de la temperatura de salida de la turbina, en la figura 2.

En el diagrama que se muestra en la figura 2, está indicado un umbral 16 del parámetro de estabilidad 6 en 0,1. La evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 se encuentra por debajo (en la figura 2 representado con 17) del umbral 16, en un primer momento 18 que se encuentra en 1,55 minutos. El primer momento 18 se anticipa 15 segundos al segundo momento 19, en el que aparece el pico de aceleración 15. Si durante el funcionamiento de la turbina de gas, el umbral 16 queda por debajo del parámetro de estabilidad 6, entonces queda, conforme a la figura 2, un tiempo de reacción de 15 segundos, durante el cual, en vistas a disminuir la tendencia de zumbido, el funcionamiento de la turbina de gas debe modificarse de tal modo que pueda evitarse el zumbido de la cámara de combustión y con ello la brusca desconexión de la turbina de gas que se podría generar.

Los diagramas en las figuras 3 y 4 son similares al diagrama en la figura 2 y muestran un funcionamiento de la turbina de gas bajo la condición de impedir el zumbido de la cámara de combustión. La tendencia de zumbido de la cámara de combustión puede incrementarse por ejemplo, cuando en un compresor de la turbina de gas, por causa de desgaste o suciedad, disminuye la relación de compresión. Además, la tendencia de zumbido de la cámara de combustión puede incrementarse si durante el funcionamiento de la turbina de gas aumenta la temperatura del entorno y con ello la temperatura en la entrada del compresor. Por ejemplo, si la turbina de gas funcionara en un nivel de la temperatura de salida de la turbina, como el que muestra, en la figura 3, la curva de evolución 10 en el origen de la abscisa. La tendencia de zumbido de la cámara de combustión se eleva, por ejemplo a causa de alguna de las influencias antes mencionadas, de modo que la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 cae. Sin una intervención en el funcionamiento de la turbina de gas, este proceso continuaría hasta que finalmente la cámara de combustión comenzaría a zumbir. En la figura 3, está indicado un segundo umbral 16' en 0,2, el cual se encuentra por encima del primer umbral 16 (umbral 16 en 0,1). Cuando la curva de evolución 8 del parámetro de estabilidad 6 ha alcanzado el umbral 16', en un tercer momento 20 se reduce por ejemplo, con ayuda de un dispositivo de regulación para la turbina de gas, la llegada de combustible a la cámara de combustión de modo que en el lapso de 3 segundos al momento 21, la evolución 10 de la temperatura de salida de la turbina 7 desciende a 1 kelvin. De este modo se frena e invierte el descenso de la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6, de modo que finalmente, en el quinto momento 22, la curva de evolución 9 del parámetro de estabilidad está nuevamente por debajo del umbral 16'. Si por ejemplo, al interceptar el zumbido de la cámara de combustión, el descenso de la temperatura de salida de la turbina 7 a 1 kelvin no ha sido suficiente para conseguir una distancia lo suficientemente grande del zumbido de la cámara de combustión, entonces, la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 vuelve a descender después del quinto momento 22 y se ubica por debajo del umbral 16'. En una medida análoga, como en el tercer momento 20, ahora la evolución 10 de la temperatura de salida de la turbina 7 desciende una vez más a 1 kelvin, con lo cual, la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 se frena y se invierte nuevamente, hasta que finalmente la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 se haya ubicado por debajo del umbral 16'.

La evolución 9 del parámetro de estabilidad 9 asciende ahora hasta que se haya alcanzado un umbral 16'' en 0,4. En este estado de funcionamiento, la tendencia de zumbido de la cámara de zumbido se considera como leve, de modo que el nivel de la temperatura de salida de la turbina 7 en su evolución 10 puede ser elevado de forma gradual, nuevamente al nivel original. Mediante estas intervenciones en el control del funcionamiento de la turbina de gas, por un lado, se impide el zumbido de la cámara de combustión, pero por otro se genera una descarga de rendimiento elevada de la turbina de gas.

En el diagrama representado en la figura 4, se muestra el funcionamiento de la turbina de gas, durante el cual, a través del aumento de la temperatura de salida de la turbina 10, debe lograrse una segregación de la salida de potencia de la turbina de gas. Mediante el alza de la evolución 10 de la temperatura de salida de la turbina, la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 cae hasta que este alcanza el umbral 16'. A través de un reinicio de la evolución 10 con forma de rampa de la temperatura de salida de la turbina 7 en 1 kelvin, se impide que el parámetro de estabilidad 6 alcance el umbral 16. Si no se lograra este descenso a 1 kelvin de la temperatura de salida de la turbina 7, entonces la evolución del parámetro de estabilidad 6 sería tal que se alcanzaría el umbral 16 en 0,1, con lo cual en este descenso 17 se produciría una desconexión brusca de la turbina de gas. Por medio del descenso de la evolución 10 de la temperatura de salida de la turbina 7 en 1 kelvin, se frena y se invierte la caída de la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6, de modo que a continuación la evolución 9 del parámetro de estabilidad 6 se ubica por debajo del umbral 16', en 0,2, y después también por debajo del umbral 16'' en 0,4. En este estado de funcionamiento, la tendencia de zumbido de la cámara de combustión se considera leve, de modo que la temperatura de salida de la turbina 7 continúa a través de la evolución 10 representada en la figura 4 al

## ES 2 700 444 T3

correspondiente nivel 10' requerido; donde la tendencia de zumbido de la cámara de combustión siempre permanece reducida de modo que no resulta necesario que se active una desconexión brusca de la turbina de gas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para analizar la tendencia de zumbido de una cámara de combustión en un estado de funcionamiento, con las siguientes etapas:

operar la cámara de combustión en el estado de funcionamiento;

5 detectar una variable termoacústica del volumen de gas de una cámara de combustión y/o la variable de vibración de la estructura de la cámara de combustión en el estado de funcionamiento y determinar un parámetro característico a partir de la variable termoacústica y/o la variable de vibración;

determinar el espectro (1, 1', 1'') del parámetro característico en un estado de funcionamiento como la evolución de amplitud del parámetro característico en función del tiempo;

10 Identificar una primera resonancia y una segunda resonancia del parámetro característico con ayuda del espectro (1, 1', 1'');

determinar el valor de amplitud (2, 2', 2'') de la primera resonancia y el valor de amplitud (3, 3', 3'') de la segunda resonancia;

15 Calcular un parámetro de estabilidad (9, 9') como función del valor de amplitud (2, 2', 2'') de la primera resonancia y el valor de amplitud (3, 3', 3'') de la segunda resonancia;

20 determinar el valor de distancia inferior y/o el valor de distancia superior, alrededor de los cuales el parámetro de estabilidad (9, 9') se encuentra por encima de un umbral (16) inferior predeterminado, y/o por debajo de un umbral superior predeterminado, en donde los umbrales (16) predeterminados están elegidos de modo que cuando la cámara de combustión se opera en un estado de funcionamiento con un nivel de tendencia de zumbido en el límite admitido, el parámetro de estabilidad (9, 9') se encuentra en este estado de funcionamiento en alguno de los mencionados umbrales (16);

cuantificar la tendencia de zumbido mediante el valor de distancia inferior y/o el valor de distancia superior, en donde el parámetro de estabilidad (9, 9') se amortigua en el tiempo con una función de amortiguamiento.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde el parámetro de estabilidad (9, 9') se calcula con el valor de relación obtenido de la división del valor de amplitud (2, 2', 2'') de la primera resonancia y del valor de amplitud (3, 3', 3'') de la segunda resonancia.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en donde el parámetro de estabilidad (9, 9') se forma como el logaritmo del valor de relación.

30 4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, en donde el parámetro característico se mide simultáneamente en diferentes puntos y para cada punto se determina el espectro local, en donde los espectros locales tienen un envolvente, el cual es utilizado como el espectro (1, 1', 1'').

35 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en donde la cámara de combustión está diseñada con simetría axial respecto a un eje, como una cámara de combustión anular y presenta distintos puntos en los cuales puede medirse el parámetro característico, en donde el número de los puntos de medición se reduce utilizando la simetría de los modos de oscilación.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el parámetro característico es la presión acústica en la cámara de combustión y/o la aceleración de la estructura de la cámara de combustión.

7. Procedimiento para controlar un funcionamiento de una turbina de gas con una cámara de combustión, con las siguientes etapas:

40 Realizar el procedimiento de análisis de la tendencia de zumbido de la cámara de combustión de la turbina de gas durante su funcionamiento según las reivindicaciones 1 a 6;

reducir la salida de potencia de la turbina de gas, tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que el parámetro de estabilidad (9, 9') ha alcanzado al menos uno de los umbrales (16).

45 8. Procedimiento según la reivindicación 7, en donde el parámetro de estabilidad se utiliza directamente como variable de ajuste para operar la turbina de gas.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en donde la carga momentánea de la turbina de gas se encuentra en directa correlación con el parámetro de estabilidad, de modo que con el parámetro de estabilidad se realiza una regulación de potencia de la turbina de gas en vistas de evitar el zumbido de la cámara de combustión.
- 5 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7-9, con la siguiente etapa: controlar el funcionamiento de la turbina de gas de modo que la tendencia de zumbido sea reducida, tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que el parámetro de estabilidad (9, 9') ha alcanzado un valor de distancia (16') predeterminado de al menos uno de los umbrales (16).
- 10 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en donde como medida para reducir la tendencia de zumbido, se reduce la temperatura de salida de la turbina (10), mediante el cambio del flujo másico de aire de compresor en la cámara de combustión, como variable de control respecto a su valor teórico (10'); y/o la temperatura del combustible en la cámara de compresión se modifica como variable de control respecto a su valor teórico; y/o la distribución espacial de la llegada de combustible a la cámara de combustión se modifica como variable de control respecto a su valor teórico.
- 15 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en donde hay varias etapas de quemador, se modifica la separación en diferentes etapas del quemador, como variable de control respecto a su valor teórico.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, en donde la variable de control (10) se reajusta a su valor teórico (10') después de la manipulación de la variable de control y tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que la tendencia de zumbido se ha continuado reduciendo.
- 20 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 13 con la siguiente etapa: controlar el funcionamiento de la turbina de gas de modo que el funcionamiento de la turbina sea optimizado, en especial en vistas a la salida de potencia, a la emisión y/o consumo de combustible; tan pronto como la cuantificación de la tendencia de zumbido muestre que el parámetro de estabilidad (9, 9') ha alcanzado un valor de distancia (16') predeterminado, que define una tendencia de zumbido reducida, de al menos uno de los umbrales (16).
- 25 15. Dispositivo de control para controlar un funcionamiento de una turbina de gas, donde el dispositivo de control está ajustado para llevar adelante un procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 11.



FIG 1

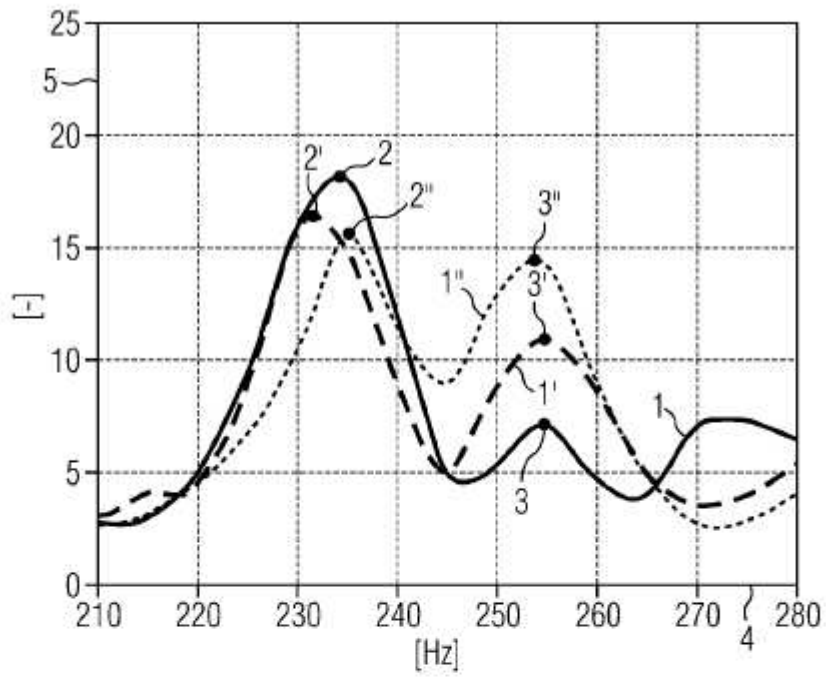


FIG 2

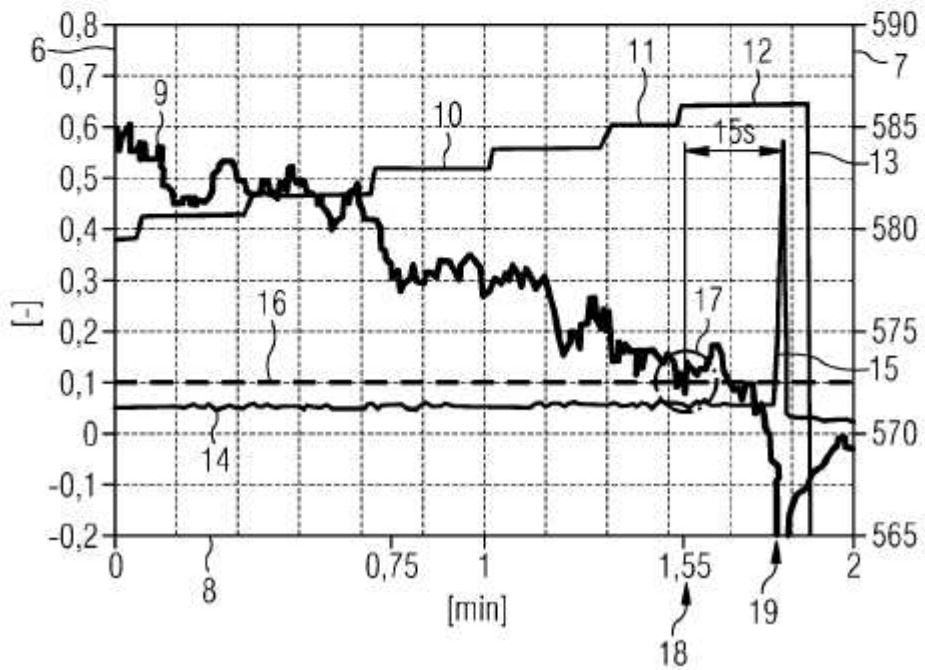


FIG 3

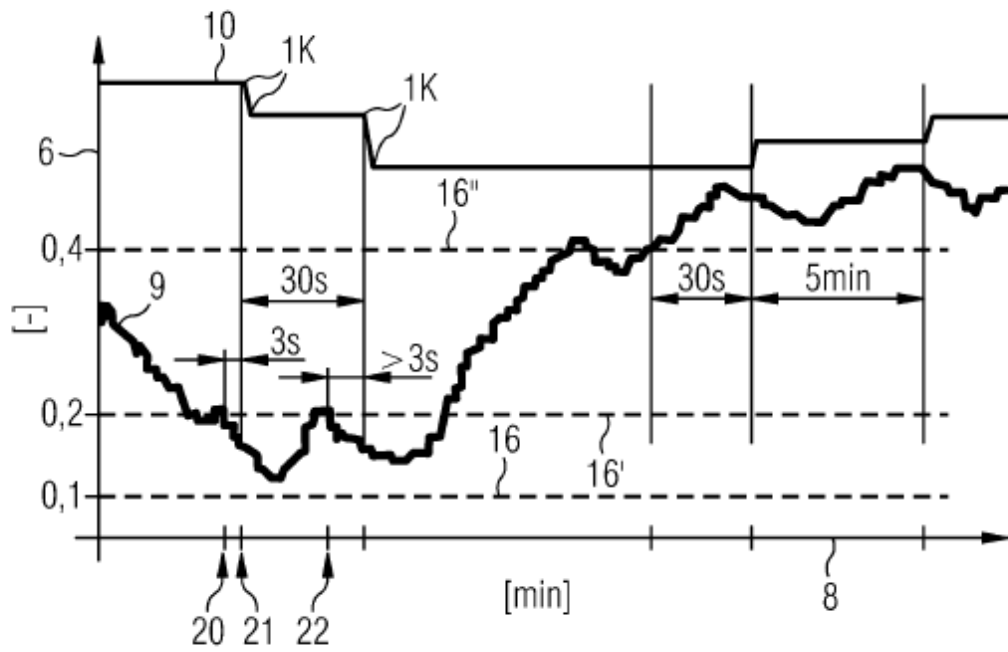


FIG 4

