

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 505**

51 Int. Cl.:

F02C 9/00 (2006.01)

F02C 9/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2015 PCT/EP2015/058637**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2015 WO15169586**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2015 E 15719438 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3140534**

54 Título: **Procedimiento para seleccionar puntos de funcionamiento de una turbina de gas**

30 Prioridad:

05.05.2014 EP 14166968

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

18.10.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**AMANN, CHRISTIAN;
BECKMANN, BJÖRN;
DEUKER, EBERHARD;
KADAU, KAI;
KOCK, BORIS FERDINAND;
ROLLMANN, GEORG;
SCHMITZ, SEBASTIAN y
ZWINGENBERG, MARCEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 686 505 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 seleccionar puntos de funcionamiento de una turbina de gas

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para seleccionar puntos de funcionamiento de una turbina de gas considerando al menos una variable de regulación, donde los puntos de funcionamiento están definidos al menos a través de combinaciones de parámetros de variables de ajuste.

10 Las turbinas de gas son turbomáquinas que usualmente presentan un compresor, una turbina y una disposición de quemadores, la cual comprende varios quemadores, así como al menos una cámara de combustión, donde los quemadores forman diferentes etapas del quemador, como por ejemplo una etapa del quemador piloto y varias etapas del quemador principales. Durante el funcionamiento de una turbina de gas, el compresor succiona aire ambiente y lo comprime. A continuación, el aire comprimido es conducido a los quemadores individuales y en éstos se mezcla con combustible. Seguidamente, la mezcla de combustible - aire generada se quema en la cámara de combustión. Los gases residuales de combustión calientes que se producen durante la combustión se suministran entonces a una turbina, donde éstos accionan los álabes guía. De este modo, energía térmica de los gases residuales de combustión se transforman en trabajo mecánico, el cual por una parte se utiliza para accionar el compresor y, por otra parte, para accionar un consumidor, como por ejemplo un generador para generar corriente eléctrica. Un procedimiento para seleccionar puntos de funcionamiento de una turbina de gas se describe en la solicitud WO2011/064343. Durante el funcionamiento de una turbina de gas debe prestarse atención a que valores de variables de regulación predeterminadas se ubiquen en rangos objetivo admisibles. Como variable de regulación importante puede mencionarse por una parte la estabilidad de combustión de la turbina de gas, la cual se denomina también como "comportamiento de ruido". Durante la combustión, inestabilidades son provocadas en particular debido a variaciones de liberación de calor resonantes y pueden causar oscilaciones y vibraciones de la cámara de combustión, las cuales reducen la vida útil de la cámara de combustión y acortan los intervalos de mantenimiento. De manera correspondiente debe asegurarse que no se superen valores límite admisibles. Otra variable de regulación importante se trata del comportamiento de emisión de la turbina de gas, el cual es influenciado por la estabilidad de combustión. De este modo, en muchos países no pueden superarse valores de emisión predeterminados. También aquí debe garantizarse que se observen los valores admisibles.

30 Una regulación adecuada de una o de más variables de regulación puede alcanzarse a través de la selección de puntos de funcionamiento adecuados de la turbina de gas, los cuales están definidos al menos por combinaciones de parámetros de variables de ajuste. Como variables de ajuste pueden nombrarse en particular un flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas y una división del flujo volumétrico de combustible total en las etapas del quemador individuales de la turbina de gas. Ambas variables de ajuste tienen una influencia determinante tanto sobre el comportamiento de emisión, como también sobre la estabilidad de combustión de la turbina de gas. Sin embargo, un problema reside en el hecho de que los puntos de funcionamiento adecuados varían de turbina de gas a turbina de gas inclusive cuando las turbinas de gas están realizadas con la misma construcción. El motivo para esa variación se encuentra particularmente en diferentes condiciones ambiente, una calidad variable del gas y exigencias específicas del cliente. Además, los puntos de funcionamiento de una instalación de turbina de gas, con el tiempo, pueden estar sujetos a modificaciones. Esto conduce al hecho de que la selección de puntos de funcionamiento adecuados debe tener lugar de forma separada para cada turbina de gas, al igual que un ajuste posterior de los puntos de funcionamiento.

40 Hasta el momento, la selección de puntos de funcionamiento adecuados de una turbina de gas tiene lugar de forma manual. De este modo, en primer lugar, se orienta con líneas de conducción y campos característicos de turbinas de gas ya existentes, que después se modifican. Sin embargo, debido al gran rango de parámetros y a la pluralidad de variables de influencia, una selección manual de puntos de funcionamiento requiere mucha experiencia y además insume una gran cantidad de tiempo. También es difícil reaccionar frente a desviaciones no previstas de las variables de regulación.

Tomando como base el estado del arte mencionado, un objeto de la presente invención consiste en crear un procedimiento alternativo de la clase mencionada en la introducción, el cual pueda ejecutarse de forma sencilla, rápida y económica.

50 Para solucionar dicho objeto, la presente invención crea un procedimiento de la clase mencionada en la introducción, el cual está caracterizado porque los puntos de funcionamiento se seleccionan automáticamente utilizando un procedimiento de interpolación que se basa en combinaciones de parámetros ya conocidas, donde como procedimiento de interpolación se utiliza un procedimiento de interpolación de Kriging. Con ese procedimiento de interpolación se han alcanzado muy buenos resultados. Como combinaciones de parámetros conocidas, según la invención, se consideran aquellas combinaciones de parámetros que son conocidas para los respectivos valores de las variables de regulación. A este respecto se considera ventajosa la utilización de un procedimiento de interpolación al seleccionar puntos de funcionamiento, de manera que se posibilita un muy buen equilibrio entre la exploración del rango de parámetros y el aprovechamiento de la información ya obtenida, lo cual conduce a una

exploración muy eficiente del rango de parámetros. En base a las combinaciones de parámetros ya existentes o iniciadas de las variables de ajuste, respectivamente puede calcularse el siguiente punto de funcionamiento, con la condición de que la mejora prevista asuma un punto máximo. De este modo, puntos de funcionamiento optimizados pueden localizarse automáticamente y seleccionarse dentro de duraciones cortas.

5 De manera preferente, las variables de ajuste comprenden un flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas y/o una división del flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas en etapas del quemador individuales de la turbina de gas y/o una temperatura de salida de la turbina de gas y/o una posición de álabes de prerrotación de la turbina de gas.

10 Preferentemente, las variables de regulación describen el comportamiento de emisión de la turbina de gas y/o la estabilidad de combustión de la turbina de gas, ya que dichas variables de regulación repercuten en particular en el comportamiento de funcionamiento de la turbina de gas.

En la selección de puntos de funcionamiento, de manera ventajosa, se considera la influencia de variables perturbadoras, como por ejemplo la temperatura ambiente y/o la humedad del aire del ambiente y/o la presión ambiente y/o la densidad y el valor calorífico del combustible, por mencionar sólo algunos ejemplos.

15 De acuerdo con una variante de la presente invención, las combinaciones de parámetros ya conocidas son aquellas que han sido determinadas a través de la variación manual de los parámetros, donde en el caso de la variación manual de los parámetros se parte preferentemente de combinaciones de parámetros conocidas de una turbina de gas ya existente.

20 Otras características y ventajas de la presente invención se aclaran mediante la siguiente descripción de un procedimiento según una forma de ejecución de la presente invención, haciendo referencia al dibujo que se adjunta, el cual se trata de un diagrama esquemático que representa una interpolación de Kriging para el caso unidimensional.

Conforme a Kriging, una mejora prevista se da a través de

$$EI(x) = (y_{\min} - \hat{y}(x)) * \Phi\left(\frac{y_{\min} - \hat{y}(x)}{\hat{s}(x)}\right) + \hat{s} * \phi\left(\frac{y_{\min} - \hat{y}(x)}{\hat{s}(x)}\right)$$

25 De este modo, x indica la regulación de parámetros, y_{min} el mínimo de la variable de regulación hallado hasta el momento, \hat{y} el valor de la variable de regulación para x pronosticado a través del interpolador Kriging, y \hat{s} la desviación estándar estimada de la variable de regulación, donde Φ , así como ϕ , son la función de distribución y la función de densidad de la distribución normal estándar.

30 El diagrama muestra a modo de ejemplo el modo de funcionamiento de la interpolación de Kriging para el caso unidimensional. Los puntos de funcionamiento BP1 a BP9 ya son conocidos. Esto significa que para los puntos de funcionamiento BP1 a BP9 se conocen los valores que asume la variable de regulación en esos puntos de funcionamiento. Los respectivos pares se representan a través de cruces correspondientes. Los valores de las variables de regulación para los puntos de funcionamiento BP1 o BP9 pueden haber sido determinados por ejemplo a través de la variación manual de los valores x. La línea continua que une unas con otras las cruces, representa la función de los valores de la variable de regulación, pronosticados a través del interpolador Kriging, para diferentes valores x. La línea discontinua representa un nivel de confianza inferior. Naturalmente, la inseguridad es mayor allí en donde se encuentra presente poca información, en este caso entre los puntos de funcionamiento BP7 y BP8, los cuales están más distanciados uno de otro en la dirección del eje x. Se representa además una barrera inferior que define la mejora prevista. De manera correspondiente, otro punto de funcionamiento BP10 puede encontrarse en un área en la cual no se hallaron valores particularmente reducidos para y, pero donde el contenido de información aún es reducido.

45 En el procedimiento según la invención, el procedimiento de Kriging representado a modo de ejemplo en el dibujo se aplica en el rango de parámetros multidimensional para, en base a puntos de funcionamiento ya conocidos, buscar sistemáticamente nuevos puntos de funcionamiento prometedores y, si se comprueba que éstos son adecuados, seleccionarlos de forma automática. De este modo, en principio puede considerarse cualquier cantidad deseada de variables de ajuste y variables de regulación. Los puntos de funcionamiento se definen a través de combinaciones de parámetros de las variables de ajuste. De manera alternativa pueden definirse puntos de funcionamiento a través de combinaciones de parámetros de variables de ajuste y variables perturbadoras.

ES 2 686 505 T3

Las variables de ajuste pueden comprender un flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas y/o una división del flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas en etapas del quemador individuales de la turbina de gas y/o una temperatura de salida de la turbina de gas y/o una posición de álabes de prerrotación de la turbina de gas, sólo por mencionar algunos ejemplos.

- 5 Las variables de regulación pueden describir por ejemplo el comportamiento de emisión de la turbina de gas y/o la estabilidad de combustión de la turbina de gas.

Son ejemplos de variables perturbadoras la temperatura ambiente y/o la humedad del aire del ambiente y/o la presión ambiente.

- 10 Si bien la invención fue ilustrada y descrita en detalle a través del ejemplo de ejecución preferente, la invención no se limita a los ejemplos descritos, de manera que el experto puede deducir otras variantes en base a ello, sin abandonar el alcance de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para seleccionar puntos de funcionamiento de una turbina de gas considerando al menos una variable de regulación, donde los puntos de funcionamiento están definidos a través de combinaciones de parámetros de variables de ajuste, donde los puntos de funcionamiento se seleccionan automáticamente utilizando un procedimiento de interpolación que se basa en combinaciones de parámetros ya conocidas, caracterizado porque como procedimiento de interpolación se utiliza un procedimiento de interpolación de Kriging.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las variables de ajuste comprenden un flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas o una división del flujo volumétrico de combustible total suministrado a la turbina de gas en etapas del quemador individuales de la turbina de gas o una temperatura de salida de la turbina de gas o una posición de álabes de prerrotación de la turbina de gas.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las variables de regulación describen el comportamiento de emisión de la turbina de gas y/o la estabilidad de combustión de la turbina de gas.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la selección de puntos de funcionamiento se considera la influencia de variables perturbadoras.
- 15 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque las variables perturbadoras comprenden la temperatura ambiente y/o la humedad del aire del ambiente y/o la presión ambiente.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las combinaciones de parámetros ya conocidas son aquellas que han sido determinadas a través de la variación manual de los parámetros.
- 20 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque en la variación manual de los parámetros se parte de combinaciones de parámetros conocidas de una turbina de gas ya existente.

